

对基准齿形符合 GB1356—78 的渐开线圆柱外啮合直齿、斜齿齿轮，其载荷作用于齿顶时的齿形系数  $Y_F$  值可由图 5—18 查得。若全齿高  $h \neq 2.25m$ ，应将查得的  $Y_F$  值乘以  $h/2.25m$ 。

内齿轮的齿形系数不仅与齿数和变位系数有关，而且与插齿刀的参数有关，为简化计算可近似地把内齿轮当作齿条（即齿数为  $\infty$ ）来处理。这样，对标准齿高的内齿轮，取  $Y_{F2} = 2.063$ 。对非标准齿高的内齿轮， $Y_{F2}$  可近似地按下式计算：

$$Y_{F2} = 2.063 - 1.226 \times \left( 2.25 - \frac{d_{f2} - d_{a2}}{2m} \right)$$

弯曲强度重合度系数  $Y_\epsilon$

$Y_\epsilon$  是考虑端面重合度  $\epsilon_a$  的影响，将载荷作用点由齿顶换算到外侧单齿啮合点的系数，其值为：

$$Y_\epsilon = 0.25 + \frac{0.75}{\epsilon_a}$$

$Y_\epsilon$  也可由图 5—19 查得。

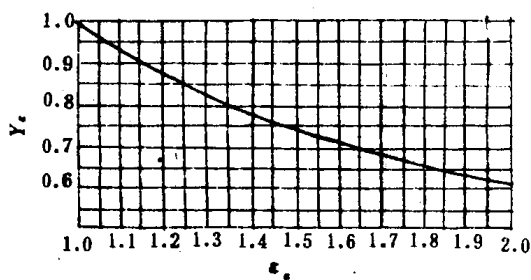


图 5—19 弯曲强度重合度系数  $Y_\epsilon$

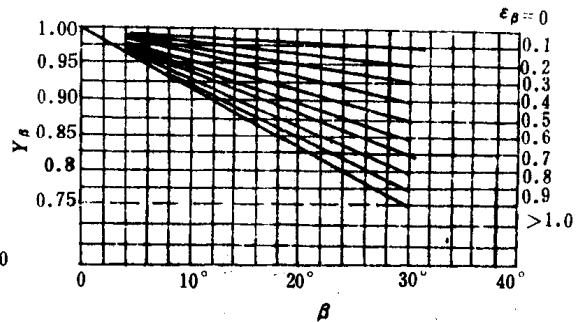


图 5—20 螺旋角系数  $Y_\beta$

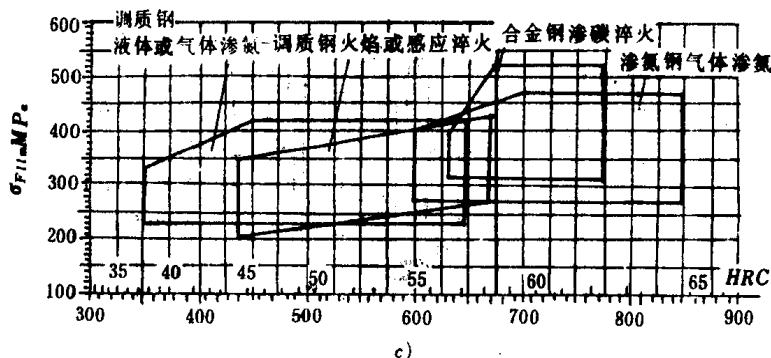
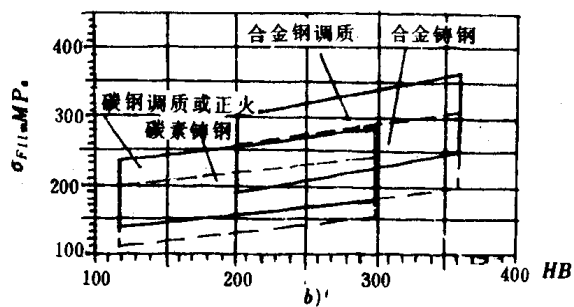
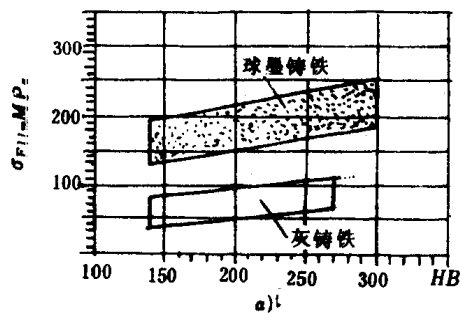


图 5—21 试验齿轮的弯曲疲劳极限应力  $\sigma_{Flim}$

a) 铸铁 b) 调质钢 c) 表面硬化钢

说明：对称循环载荷下工作的齿轮，其  $\sigma_{Flim}$  值应从图中选取的数值乘以 0.7。

弯曲强度寿命系数  $Y_N$

$Y_N$  是考虑由于齿轮设计寿命（通常以应力循环次数或工作小时数来表示）的不同而影响其齿根弯曲疲劳强度应力的系数。

通常，齿根弯曲疲劳的应力循环基数取  $N_0 = 3 \times 10^6$ ，所以当应力循环次数  $N \geq 3 \times 10^6$  时，即认为按无限寿命计算，此时取  $Y_N = 1$ 。

当应力循环次数  $N < 3 \times 10^6$  时，即认为应进行有限寿命计算，此时  $Y_N$  可由图 5-22 (a) 查得。

应力循环次数  $N = 60\gamma nt$

式中， $\gamma$ —齿轮每转中轮齿同一齿侧面的啮合次数； $n$ —齿轮转速，r/min； $t$ —工作时间，h。

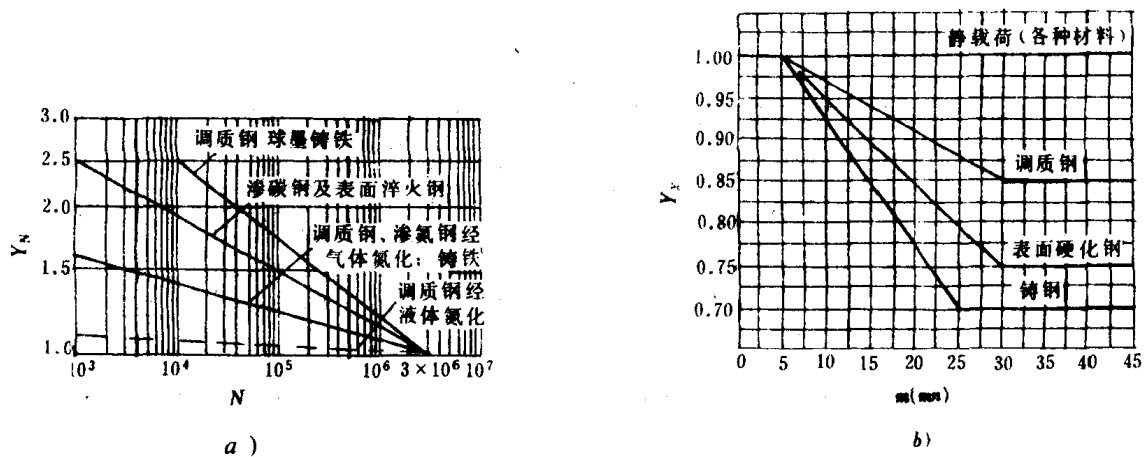


图 5-22 弯曲强度系数

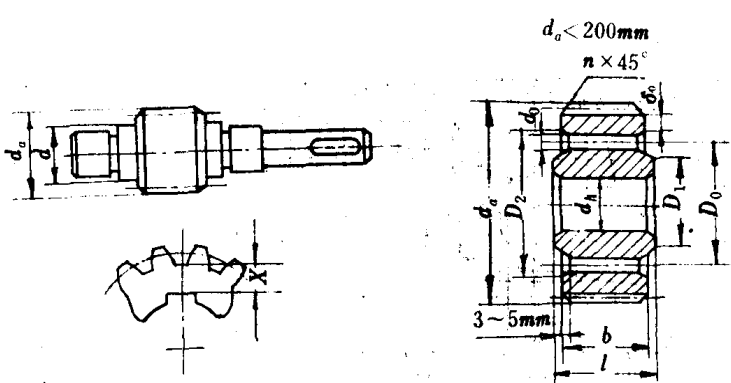
(a) 弯曲强度寿命系数  $Y_N$

(b) 弯曲强度尺寸系数  $Y_X$

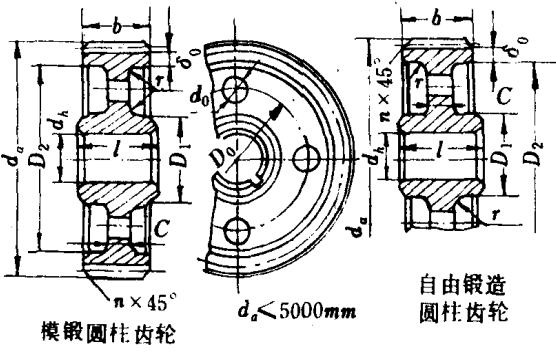
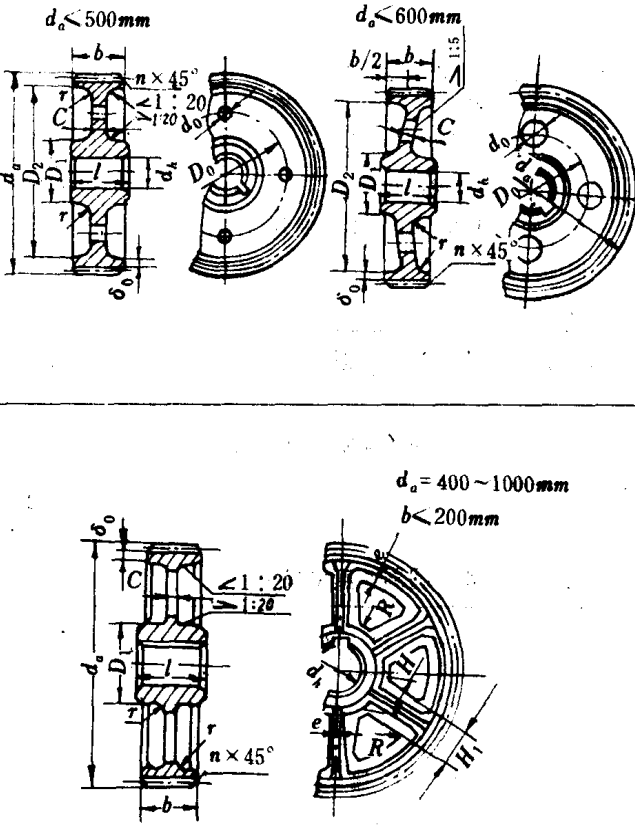
### 5.3.4 圆柱齿轮的结构

表 5-51

常用圆柱齿轮的结构

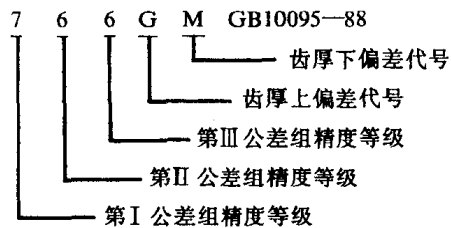
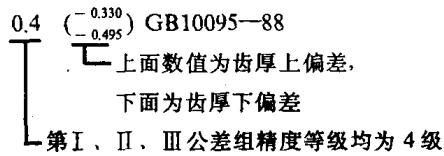
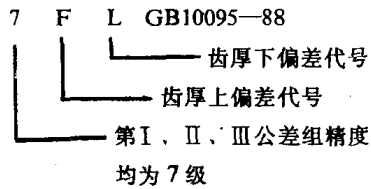
| 序号 | 齿坯      | 图 形 及 结 构 尺 寸, (mm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 锻 造 齿 轮 |  <p> <math>d_a &lt; 200\text{mm}</math><br/> <math>\alpha \times 45^\circ</math><br/> <math>D_1 = 1.6d_h</math><br/> <math>l = (1.2 \sim 1.5)d, l &gt; b</math><br/> <math>\delta_0 = 2.5m_n</math>, 但不小于 8~10mm<br/> <math>n = 0.5m_n</math><br/> <math>D_0 = 0.5(D_1 + D_2)</math><br/> <math>d_0 = 10 \sim 29\text{mm}</math> 当 <math>d_a</math> 较小时不钻孔         </p> <p>当 <math>d_a &lt; 2d</math> 或 <math>X &lt; 2.5m_n</math> 时，<br/>应将齿轮做成齿轮轴</p> |

续表 1

| 序号 | 齿坯               | 图 形 及 结 构 尺 寸 (mm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 锻<br>造<br>齿<br>轮 |  <p>模锻圆柱齿轮 <math>d_a &lt; 5000\text{mm}</math> 自由锻造圆柱齿轮</p> <p> <math>D_1 = 1.6d_h</math><br/> <math>l = (1.2 \sim 1.5)d_h, l &gt; b</math><br/> <math>\delta_0 = (2.5 \sim 4)m_n</math>, 但不小于 8~10mm<br/> <math>n = 0.5m_n, r \approx 0.5C</math><br/> <math>D_0 = 0.5(D_1 + D_2)</math><br/> <math>d_0 = 15 \sim 25\text{mm}</math><br/> <math>C = (0.2 \sim 0.3)b</math> (模锻)<br/> <math>C = 0.3b</math> (自由锻)         </p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2  | 铸<br>造<br>齿<br>轮 |  <p> <math>d_a &lt; 500\text{mm}</math> <math>d_a &lt; 600\text{mm}</math> </p> <p> <math>D_1 = 1.6d_h</math> (铸钢)<br/> <math>D_1 = 1.8d_h</math> (铸铁)<br/> <math>l = (1.2 \sim 1.5)d, l &gt; b</math><br/> <math>\delta_0 = (2.5 \sim 4)m_n</math>, 但不小于 8~10mm<br/> <math>n = 0.5m_n, r \approx 0.5C</math><br/> <math>D_0 = 0.5(D_1 + D_2)</math><br/> <math>d_0 = 0.25(D_2 - D_1)</math><br/> <math>C = 0.2b</math>, 但不小于 10mm         </p> <p> <math>d_a = 400 \sim 1000\text{mm}</math><br/> <math>b &lt; 200\text{mm}</math> </p> <p> <math>D_1 = 1.6d_h</math> (铸钢)<br/> <math>D_1 = 1.8d_h</math> (铸铁)<br/> <math>l = (1.2 \sim 1.5)d, l &gt; b</math><br/> <math>\delta_0 = (2.5 \sim 4)m_n</math>, 但不小于 8mm<br/> <math>n = 0.5m_n, r \approx 0.5C</math><br/> <math>C = H/5</math><br/> <math>S = H/6</math>, 但不小于 10mm<br/> <math>e = 0.8\delta_0</math><br/> <math>H = 0.8d, H_1 = 0.8H</math> </p> |

### 5.3.5 渐开线圆柱齿轮精度 (GB10095—88)

在齿轮工作图上, 应标注齿轮的精度等级、齿厚极限偏差的字母代号 (或偏差数值) 和标准号。其标注示例如下:



渐开线圆柱齿轮精度制标准 (GB10095—88) 适用于平行轴传动的渐开线圆柱齿轮及齿轮副, 其法向模数  $m_n > 1\text{mm}$ , 基准齿形按 GB1356—78《渐开线圆柱齿轮基准齿形》的规定。

#### ① 精度等级

精度等级分为 12 级, 其中第 1 级最高, 第 12 级最低。按误差特性及其对传动性能的影响, 将齿轮的各项公差分成三个组。如表 5—52。

表 5—52 公差组及其对传动性能的影响

| 公差组 | 公差及极限偏差项目                                   | 误差特性                 | 对传动性能的主要影响   |
|-----|---------------------------------------------|----------------------|--------------|
| I   | $F_p, F_p', F_{pk}, F_i', F_r, F_w$         | 以齿轮一转为期误差            | 传递运动的准确性     |
| II  | $f_i, f_i', f_f, f_{pi}, f_{pb}, f_{\beta}$ | 在齿轮一周内, 多次周期地重复出现的误差 | 传动的平稳性、噪声、振动 |
| III | $F_p, F_b, F_{px}$                          | 齿向线的误差               | 载荷分布的均匀性     |

根据使用的要求不同, 允许各公差组选用不同的精度等级。但在同一公差组内, 各项公差与极限偏差应保持相同的精度等级。

齿轮的精度等级应根据传动的用途、使用条件、传动功率和圆周速度以及其它经济、技术指标决定。齿轮第 II 组精度主要根据圆周速度决定其关系, 如表 5—53。表 5—54 列出了齿轮各精度等级的加工方法和适用范围。

表 5—53 圆柱齿轮第 II 组精度与圆周速度的关系

| 齿的形式 | 布氏硬度<br>HBS | 第 II 组 精 度 等 级 |    |    |    |   |     |
|------|-------------|----------------|----|----|----|---|-----|
|      |             | 5              | 6  | 7  | 8  | 9 | 10  |
|      |             | 圆 周 速 度, m/s   |    |    |    |   |     |
| 直 齿  | <350        | >15            | 18 | 12 | 6  | 4 | 1   |
|      | >350        | >15            | 15 | 10 | 5  | 3 | 1   |
| 非直齿  | <350        | >30            | 36 | 25 | 12 | 8 | 2   |
|      | >350        | >30            | 30 | 20 | 9  | 6 | 1.5 |



表 5—54

齿轮的精度等级和加工方法及使用范围

| 精度等级        |     | 5 级<br>(精密级)                                                 | 6 级<br>(高精度级)                                    | 7 级<br>(比较高的精度级)                                         | 8 级<br>(中等精度级)                                                     | 9 级<br>(低精度级)         |
|-------------|-----|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 加工方法        |     | 在周期性误差非常小的精密齿轮机床上范成加工                                        | 在高精度的齿轮机床上范成加工                                   | 在高精度的齿轮机床上范成加工                                           | 用范成法或仿型法加工                                                         | 用任意的方法加工              |
| 齿面最终精加工     |     | 精密磨齿。大型齿轮用精密滚齿滚切后,再研磨或剃齿                                     | 精密磨齿或剃齿                                          | 不淬火的齿轮推荐用高精度的刀具切削。淬火的齿轮需要精加工(磨齿、剃齿、研磨、珩齿)                | 不磨齿。必须时剃齿或研磨                                                       | 不需要精加工                |
| 齿面粗糙度       |     | $Ra0.4\mu m$                                                 | $Ra0.4\mu m$                                     | $Ra0.8\mu m$                                             | $Ra1.6\sim 3.2\mu m$                                               | $Ra6.3\mu m$          |
| 使用范围        |     | 精密的分度机构用齿轮④。用于高速,并对运转平稳性和噪声有比较高的要求的齿轮⑤。高速汽轮机用齿轮。8级或9级齿轮的标准齿轮 | 用于在高速下平稳地回转,并要求有最高的效率和低噪声的齿轮⑤。分度机构用齿轮④。特别重要的飞机齿轮 | 用于高速、载荷小或反转的齿轮⑤。机床的进给齿轮,需要运动有配合的齿轮④。中速减速齿轮。飞机齿轮。人字齿的中速齿轮 | 对精度没有特别要求的一般机械用齿轮。机床齿轮(分度机构除外)。特别不重要的飞机、汽车、拖拉机齿轮。起重机、农业机械、普通减速器用齿轮 | 用于对精度要求不高,并且在低速下工作的齿轮 |
| 圆周速度<br>m/s | 直齿轮 | 20 以上                                                        | 到 15                                             | 到 10                                                     | 到 6                                                                | 到 2                   |
|             | 斜齿轮 | 40 以上                                                        | 到 30                                             | 到 20                                                     | 到 12                                                               | 到 4                   |
| 效率 (%) ⑥    |     | 99 (98.5) 以上                                                 | 99 (98.5) 以上                                     | 98 (97.5) 以上                                             | 97 (96.5) 以上                                                       | 96 (95) 以上            |

注: ④ II 组精度可以降低 1 级。

⑤ I 组精度可以降低 1 级。

⑥ 括号内的效率是包括轴承损失的数值。

## ② 齿轮副侧隙

齿轮副的侧隙用选择适当的齿厚极限偏差和中心极限偏差来保证。GB10095—88 规定 14 种齿厚(或公法线长度)极限偏差,按偏差数值由小到大的顺序依次用字母 C、D、E……S 表示。如图 5—23。选择齿厚极限偏差时,应根据对侧隙的要求,从图 5—23 中选择两种代号,组成上偏差和下偏差(如 FL 的上偏差是  $-4f_{pt}$ ,下偏差是  $-16f_{pt}$ )。

## ③ 误差及侧隙的代号

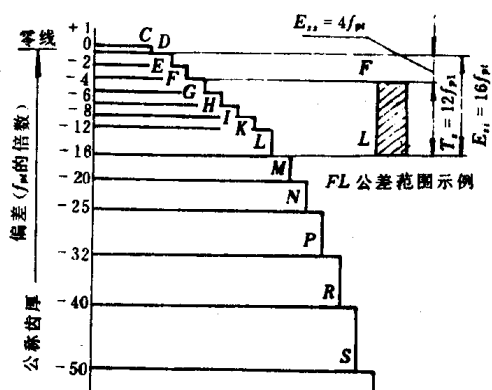


图 5—23 齿厚(或公法线平均长度)极限偏差

表 5—55

齿轮、齿轮副误差及侧隙的代号

| 序 号 | 名 称                                        | 代 号                                                  | 序 号 | 名 称                                                                      | 代 号                                                                    |
|-----|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1   | 切向综合误差<br>切向综合公差                           | $\Delta F'_i$<br>$F'_i$                              | 13  | 轴向齿距偏差<br>轴向齿距极限偏差                                                       | $\Delta F_{px}$<br>$\pm F_{px}$                                        |
| 2   | 切向一齿综合误差<br>切向一齿综合公差                       | $\Delta f'_i$<br>$f'_i$                              | 14  | 螺旋线波度误差<br>螺旋线波度公差                                                       | $\Delta f_{i\beta}$<br>$f_{i\beta}$                                    |
| 3   | 径向综合误差<br>径向综合公差                           | $\Delta F''_i$<br>$F''_i$                            | 15  | 齿厚偏差<br>齿厚极限偏差<br>上偏差<br>下偏差<br>公 差                                      | $\Delta E_s$<br>$E_{ss}$<br>$E_{si}$<br>$T_s$                          |
| 4   | 径向一齿综合误差<br>径向一齿综合公差                       | $\Delta f''_i$<br>$f''_i$                            | 16  | 公法线平均长度偏差<br>公法线平均长度极限偏差<br>上偏差<br>下偏差<br>公 差                            | $\Delta E_w$<br>$E_{ws}$<br>$E_{wi}$<br>$T_w$                          |
| 5   | 周节累积误差<br>K 个周节累积误差<br>周节累积公差<br>K 个周节累积公差 | $\Delta F_p$<br>$\Delta F_{pk}$<br>$F_p$<br>$F_{pk}$ | 17  | 齿轮副的切向综合误差<br>齿轮副的切向综合公差                                                 | $\Delta F'_{ic}$<br>$F'_{ic}$                                          |
| 6   | 齿圈径向跳动<br>齿圈径向跳动公差                         | $\Delta F_r$<br>$F_r$                                | 18  | 齿轮副的切向一齿综合误差<br>齿轮副的切向一齿综合公差                                             | $\Delta f'_{ic}$<br>$f'_{ic}$                                          |
| 7   | 公法线长度变动<br>公法线长度变动公差                       | $\Delta F_w$<br>$F_w$                                | 19  | 齿轮副的接触斑点                                                                 |                                                                        |
| 8   | 齿形误差<br>齿形公差                               | $\Delta f_f$<br>$f_f$                                | 20  | 齿轮副的侧隙<br>圆周侧隙<br>法向侧隙<br>最大极限侧隙<br>最小极限侧隙                               | $j_t$<br>$j_n$<br>$j_{tmax}$<br>$j_{nmax}$<br>$j_{tmin}$<br>$j_{nmin}$ |
| 9   | 周节偏差<br>周节极限偏差                             | $\Delta f_{pi}$<br>$\pm f_{pi}$                      | 21  | 齿轮副的中心距偏差<br>齿轮副的中心距极限偏差                                                 | $\Delta f_a$<br>$\pm f_a$                                              |
| 10  | 基节偏差<br>基节极限偏差                             | $\Delta f_{pb}$<br>$\pm f_{pb}$                      | 22  | 轴线的平行度误差<br>x 方向轴线的平行度误差<br>y 方向轴线的平行度误差<br>x 方向轴线的平行度公差<br>y 方向轴线的平行度公差 | $\Delta f_x$<br>$\Delta f_y$<br>$f_x$<br>$f_y$                         |
| 11  | 齿向误差<br>齿向公差                               | $\Delta F_\beta$<br>$F_\beta$                        |     |                                                                          |                                                                        |
| 12  | 接触线误差<br>接触线公差                             | $\Delta F_b$<br>$F_b$                                |     |                                                                          |                                                                        |

#### ④ 检验与公差

根据齿轮副的工作要求和生产规模, 在各公差组中, 可任选一个检验组来检定和验收齿轮的精度。各行业常见的检验组见表 5—56。对于各精度等级、齿轮各项误差的公差数值, 齿轮副各精度等级的极限偏差见表 5—57 至表 5—71。

表 5—56 各行业常用的检验组

| 齿轮用途  |     | 测量、分度、读数                                  | 透平机               | 航空、汽车、机床        |                                 | 拖拉机、减速器、一般机械        |          | 轧钢机                 |
|-------|-----|-------------------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------|----------|---------------------|
| 精度等级  |     | 3~5                                       | 3~6               | 4~6             | 6~8                             | 7~9                 | 10~12    | 6~8                 |
| 公差组   | I   | $F'_i$ 或 $F_p$                            | $F'_i$ 或 $F_p$    | $F''_i$ 与 $F_w$ | $F''_i$ 与 $F_w$ 或 $F_r$ 与 $F_w$ | $F_r$ 与 $F_w$       | $F_r$    | $F_p$               |
|       | II  | $f'_i$ 或 $f_r$ 与 $f_{pb}$                 | $f'_i$ 或 $f_{ip}$ | $f''_i$         | $f''_i$ 或 $f_r$ 与 $f_{pb}$      | $f_{pi}$ 与 $f_{pb}$ | $f_{pi}$ | $f_{pi}$ 与 $f_{pb}$ |
|       | III | $F_\beta$                                 | $F_{\beta\alpha}$ | $F_\beta$ 或斑点   | $F_\beta$ 或斑点                   | 斑点或 $F_\beta$       | 斑点       | 斑点                  |
| 齿轮副侧隙 |     | $E_{ss}$ 与 $E_{si}$ 或 $E_{ws}$ 与 $E_{wi}$ |                   |                 |                                 |                     |          |                     |

表 5—57 齿 坯 公 差

| 齿 轮 精 度 等 级 <sup>①</sup>            |                |            | 5   | 6   | 7   | 8 | 9   | 10 | 11   | 12 |
|-------------------------------------|----------------|------------|-----|-----|-----|---|-----|----|------|----|
| 孔                                   | 尺寸公差           |            | IT5 | IT6 | IT7 |   | IT8 |    | IT8  |    |
|                                     | 形状公差           |            |     |     |     |   |     |    |      |    |
| 轴                                   | 尺寸公差           |            | IT5 | IT6 | IT7 |   | IT8 |    | IT8  |    |
|                                     | 形状公差           |            |     |     |     |   |     |    |      |    |
| 顶 圆 直 径 <sup>②</sup>                |                |            | IT7 |     | IT8 |   | IT9 |    | IT11 |    |
| 基准面径向<br>圆跳动公差<br>(μm) <sup>③</sup> | 分<br>度<br>圆    | ~125       | 11  |     | 18  |   | 28  |    |      |    |
|                                     |                | >125~400   | 14  |     | 22  |   | 36  |    |      |    |
|                                     |                | >400~800   | 20  |     | 32  |   | 50  |    |      |    |
| 基准端面的<br>端面跳动公<br>差 (μm)            | 直<br>径<br>(mm) | >800~1600  | 28  |     | 45  |   | 71  |    |      |    |
|                                     |                | >1600~2500 | 40  |     | 63  |   | 100 |    |      |    |
|                                     |                | >2500~4000 | 63  |     | 100 |   | 160 |    |      |    |

注: ①当三个公差组的精度等级不同时, 按最高的精度等级确定公差值; ②当顶圆不作测量齿厚的基准时, 尺寸公差按 IT11 给定, 但不大于 0.1mm; ③当以顶圆作基准面时, 本栏就指顶圆的径向跳动。

表 5—58

周节累积公差  $F_p$  及 K 个周节累积公差  $F_{pk}$  值

(μm)

| L (mm) |      | 精 度 等 级 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|--------|------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 大于     | 到    | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11   | 12   |
| —      | 11.2 | 1.1     | 1.8 | 2.8 | 4.5 | 7   | 11  | 16  | 22  | 32  | 45  | 63   | 90   |
| 11.2   | 20   | 1.6     | 2.5 | 4.0 | 6   | 10  | 16  | 22  | 32  | 45  | 63  | 90   | 125  |
| 20     | 32   | 2.0     | 3.2 | 5.0 | 8   | 12  | 20  | 28  | 40  | 56  | 80  | 112  | 160  |
| 32     | 50   | 2.2     | 3.6 | 5.5 | 9   | 14  | 22  | 32  | 45  | 63  | 90  | 125  | 180  |
| 50     | 80   | 2.5     | 4.0 | 6.0 | 10  | 16  | 25  | 36  | 50  | 71  | 100 | 140  | 200  |
| 80     | 160  | 3.2     | 5.0 | 8.0 | 12  | 20  | 32  | 45  | 63  | 90  | 125 | 180  | 250  |
| 160    | 315  | 4.5     | 7.0 | 11  | 18  | 28  | 45  | 63  | 90  | 125 | 180 | 250  | 355  |
| 315    | 630  | 6.0     | 10  | 16  | 25  | 40  | 63  | 90  | 125 | 180 | 250 | 355  | 500  |
| 630    | 1000 | 8.0     | 12  | 20  | 32  | 50  | 80  | 112 | 160 | 224 | 315 | 450  | 630  |
| 1000   | 1600 | 10      | 16  | 25  | 40  | 63  | 100 | 140 | 200 | 280 | 400 | 560  | 800  |
| 1600   | 2500 | 11      | 18  | 28  | 45  | 71  | 112 | 160 | 224 | 315 | 450 | 630  | 900  |
| 2500   | 3150 | 14      | 22  | 36  | 56  | 90  | 140 | 200 | 280 | 400 | 560 | 800  | 1120 |
| 3150   | 4000 | 16      | 25  | 40  | 63  | 100 | 160 | 224 | 315 | 450 | 630 | 900  | 1250 |
| 4000   | 5000 | 18      | 28  | 45  | 71  | 112 | 180 | 250 | 355 | 500 | 710 | 1000 | 1400 |
| 5000   | 7200 | 20      | 32  | 50  | 80  | 125 | 200 | 280 | 400 | 560 | 800 | 1120 | 1600 |

注: 1.  $F_p$ 和 $F_{pk}$ 按分度圆弧长L查表。查 $F_p$ 时, 取 $L = \frac{1}{2} \pi d = \frac{\pi m_n Z}{2 \cos \beta}$ ; 查 $F_{pk}$ 时, 取 $L = \frac{K \pi m_n}{\cos \beta}$  (K为2到小于 $Z/2$

的整数)。2. 除特殊情况外, 对于 $F_{pk}$ , K值规定取小于 $Z/6$ 或 $Z/8$ 的最大整数。

表 5—59

齿圈径向跳动公差  $F_r$  值

(μm)

| 分度圆直径(mm) |     | 法向模数<br>(mm) | 精 度 等 级 |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------|-----|--------------|---------|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 大于        | 到   |              | 1       | 2   | 3  | 4  | 5  | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| —         | 125 | >1~3.5       | 3.6     | 5.5 | 9  | 14 | 22 | 36  | 50  | 63  | 80  | 100 | 125 | 160 |
|           |     | >3.5~6.3     | 4.5     | 7.0 | 11 | 18 | 28 | 45  | 63  | 80  | 100 | 125 | 160 | 200 |
|           |     | >6.3~10      | 5.0     | 8.0 | 13 | 20 | 32 | 50  | 71  | 90  | 112 | 140 | 180 | 224 |
| 125       | 400 | >1~3.5       | 4.0     | 6.0 | 10 | 16 | 25 | 40  | 56  | 71  | 90  | 112 | 140 | 180 |
|           |     | >3.5~6.3     | 5.0     | 8.0 | 13 | 20 | 32 | 50  | 71  | 90  | 112 | 140 | 180 | 224 |
|           |     | >6.3~10      | 5.5     | 9.0 | 14 | 22 | 36 | 56  | 80  | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
|           |     | >10~16       | 6.0     | 10  | 16 | 25 | 40 | 63  | 90  | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 |
|           |     | >16~25       | 8.0     | 13  | 20 | 32 | 50 | 80  | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 |
| 400       | 800 | >1~3.5       | 4.5     | 7.0 | 11 | 18 | 28 | 45  | 63  | 80  | 100 | 125 | 160 | 200 |
|           |     | >3.5~6.3     | 5.0     | 8.0 | 13 | 20 | 32 | 50  | 71  | 90  | 112 | 140 | 180 | 224 |
|           |     | >6.3~10      | 5.5     | 9.0 | 14 | 22 | 36 | 56  | 80  | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
|           |     | >10~16       | 7.0     | 11  | 18 | 28 | 45 | 71  | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
|           |     | >16~25       | 9.0     | 14  | 22 | 36 | 56 | 90  | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 |
|           |     | >25~40       | 11      | 18  | 28 | 45 | 71 | 112 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 |

表 5—60

径 向 综 合 公 差  $F_i'$  值

(μm)

| 分度圆直径(mm) |     | 法向模数<br>(mm) | 精 度 等 级 |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------|-----|--------------|---------|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 大于        | 到   |              | 1       | 2 | 3 | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| —         | 125 | >1~3.5       | —       | — | — | 20 | 32  | 50  | 71  | 90  | 112 | 140 | 180 | 224 |
|           |     | >3.5~6.3     | —       | — | — | 25 | 40  | 63  | 90  | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 |
|           |     | >6.3~10      | —       | — | — | 28 | 45  | 71  | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| 125       | 400 | >1~3.5       | —       | — | — | 22 | 36  | 56  | 80  | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
|           |     | >3.5~6.3     | —       | — | — | 28 | 45  | 71  | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
|           |     | >6.3~10      | —       | — | — | 32 | 50  | 80  | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 |
|           |     | >10~16       | —       | — | — | 36 | 56  | 90  | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 |
|           |     | >16~25       | —       | — | — | 45 | 71  | 112 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 |
| 400       | 800 | >1~3.5       | —       | — | — | 25 | 40  | 63  | 90  | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 |
|           |     | >3.5~6.3     | —       | — | — | 28 | 45  | 71  | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
|           |     | >6.3~10      | —       | — | — | 32 | 50  | 80  | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 |
|           |     | >10~16       | —       | — | — | 40 | 63  | 100 | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 | 450 |
|           |     | >16~25       | —       | — | — | 50 | 80  | 125 | 180 | 224 | 280 | 355 | 450 | 560 |
|           |     | >25~40       | —       | — | — | 63 | 100 | 160 | 224 | 280 | 355 | 450 | 560 | 710 |

表 5—61

齿 形 公 差  $f_f$  值

(μm)

| 分度圆直径(mm) |     | 法向模数<br>(mm) | 精 度 等 级 |     |     |      |    |    |    |    |     |     |     |     |
|-----------|-----|--------------|---------|-----|-----|------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 大于        | 到   |              | 1       | 2   | 3   | 4    | 5  | 6  | 7  | 8  | 9   | 10  | 11  | 12  |
| —         | 125 | >1~3.5       | 2.1     | 2.6 | 3.6 | 4.8  | 6  | 8  | 11 | 14 | 22  | 26  | 56  | 90  |
|           |     | >3.5~6.3     | 2.4     | 3.0 | 4.0 | 5.3  | 7  | 10 | 14 | 20 | 32  | 50  | 80  | 125 |
|           |     | >6.3~10      | 2.5     | 3.4 | 4.5 | 6.0  | 8  | 12 | 17 | 22 | 36  | 56  | 90  | 140 |
| 125       | 400 | >1~3.5       | 2.4     | 3.0 | 4.0 | 5.3  | 7  | 9  | 13 | 18 | 28  | 45  | 71  | 112 |
|           |     | >3.5~6.3     | 2.5     | 3.2 | 4.5 | 6.0  | 8  | 11 | 16 | 22 | 36  | 56  | 90  | 140 |
|           |     | >6.3~10      | 2.6     | 3.6 | 5.0 | 6.5  | 9  | 13 | 19 | 28 | 45  | 71  | 112 | 180 |
|           |     | >10~16       | 3.0     | 4.0 | 5.5 | 7.5  | 11 | 16 | 22 | 32 | 50  | 80  | 125 | 200 |
|           |     | >16~25       | 3.4     | 4.8 | 6.5 | 9.5  | 14 | 20 | 30 | 45 | 71  | 112 | 180 | 280 |
| 400       | 800 | >1~3.5       | 2.6     | 3.4 | 4.5 | 6.5  | 9  | 12 | 17 | 25 | 40  | 63  | 100 | 160 |
|           |     | >3.5~6.3     | 2.8     | 3.8 | 5.0 | 7.0  | 10 | 14 | 20 | 28 | 45  | 71  | 112 | 180 |
|           |     | >6.3~10      | 3.0     | 4.0 | 5.5 | 7.5  | 11 | 16 | 24 | 36 | 56  | 90  | 140 | 224 |
|           |     | >10~16       | 3.2     | 4.5 | 6.0 | 9.0  | 13 | 18 | 26 | 40 | 63  | 100 | 160 | 250 |
|           |     | >16~25       | 3.8     | 5.3 | 7.5 | 10.5 | 16 | 24 | 36 | 56 | 90  | 140 | 224 | 355 |
|           |     | >25~40       | 4.5     | 6.5 | 9.5 | 14   | 21 | 30 | 48 | 71 | 112 | 180 | 280 | 450 |

表 5—62

周节极限偏差  $\pm f_{pt}$  值( $\mu\text{m}$ )

| 分度圆直径(mm) |     | 法向模数<br>(mm)   | 精 度 等 级 |     |     |     |    |    |    |    |    |     |     |     |
|-----------|-----|----------------|---------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 大于        | 到   |                | 1       | 2   | 3   | 4   | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  | 11  | 12  |
| —         | 125 | $>1\sim 3.5$   | 1.0     | 1.6 | 2.5 | 4.0 | 6  | 10 | 14 | 20 | 28 | 40  | 56  | 80  |
|           |     | $>3.5\sim 6.3$ | 1.2     | 2.0 | 3.2 | 5.0 | 8  | 13 | 18 | 25 | 36 | 50  | 71  | 100 |
|           |     | $>6.3\sim 10$  | 1.4     | 2.2 | 3.6 | 5.5 | 9  | 14 | 20 | 28 | 40 | 56  | 80  | 112 |
| 125       | 400 | $>1\sim 3.5$   | 1.1     | 1.8 | 2.8 | 4.5 | 7  | 11 | 16 | 22 | 32 | 45  | 63  | 90  |
|           |     | $>3.5\sim 6.3$ | 1.4     | 2.2 | 3.6 | 5.5 | 9  | 14 | 20 | 28 | 40 | 56  | 80  | 112 |
|           |     | $>6.3\sim 10$  | 1.6     | 2.5 | 4.0 | 6.0 | 10 | 16 | 22 | 32 | 45 | 63  | 90  | 125 |
|           |     | $>10\sim 16$   | 1.8     | 2.8 | 4.5 | 7.0 | 11 | 18 | 25 | 36 | 50 | 71  | 100 | 140 |
|           |     | $>16\sim 25$   | 2.2     | 3.6 | 5.5 | 9   | 14 | 22 | 32 | 45 | 63 | 90  | 125 | 180 |
| 400       | 800 | $>1\sim 3.5$   | 1.2     | 2.0 | 3.2 | 5.0 | 8  | 13 | 18 | 25 | 36 | 50  | 71  | 100 |
|           |     | $>3.5\sim 6.3$ | 1.4     | 2.2 | 3.6 | 5.5 | 9  | 14 | 20 | 28 | 40 | 56  | 80  | 112 |
|           |     | $>6.3\sim 10$  | 1.8     | 2.8 | 4.5 | 7.0 | 11 | 18 | 25 | 36 | 50 | 71  | 100 | 140 |
|           |     | $>10\sim 16$   | 2.0     | 3.2 | 5.0 | 8.0 | 13 | 20 | 28 | 40 | 56 | 80  | 112 | 160 |
|           |     | $>16\sim 25$   | 2.5     | 4.0 | 6.0 | 10  | 16 | 25 | 36 | 50 | 71 | 100 | 140 | 200 |
|           |     | $>25\sim 40$   | 3.2     | 5.0 | 8.0 | 13  | 20 | 32 | 45 | 63 | 90 | 125 | 180 | 250 |

表 5—63

基节极限偏差  $\pm f_{pb}$  值( $\mu\text{m}$ )

| 分度圆直径(mm) |     | 法向模数<br>(mm)   | 精 度 等 级 |     |     |     |    |    |    |    |    |     |     |     |
|-----------|-----|----------------|---------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 大于        | 到   |                | 1       | 2   | 3   | 4   | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  | 11  | 12  |
| —         | 125 | $>1\sim 3.5$   | 1.0     | 1.4 | 2.4 | 3.6 | 5  | 9  | 13 | 18 | 25 | 36  | 50  | 71  |
|           |     | $>3.5\sim 6.3$ | 1.2     | 1.8 | 3.0 | 4.5 | 7  | 11 | 16 | 22 | 32 | 45  | 63  | 90  |
|           |     | $>6.3\sim 10$  | 1.4     | 2.0 | 3.2 | 5.0 | 8  | 13 | 18 | 25 | 36 | 50  | 71  | 100 |
| 125       | 400 | $>1\sim 3.5$   | 1.0     | 1.6 | 2.4 | 4.2 | 6  | 10 | 14 | 20 | 30 | 40  | 60  | 80  |
|           |     | $>3.5\sim 6.3$ | 1.2     | 2.0 | 3.2 | 5.0 | 8  | 13 | 18 | 25 | 36 | 50  | 71  | 100 |
|           |     | $>6.3\sim 10$  | 1.4     | 2.4 | 3.6 | 5.5 | 9  | 14 | 20 | 30 | 40 | 60  | 80  | 112 |
|           |     | $>10\sim 16$   | 1.6     | 2.6 | 4.2 | 6.5 | 10 | 16 | 22 | 32 | 45 | 63  | 90  | 125 |
|           |     | $>16\sim 25$   | 2.0     | 3.4 | 5.0 | 8.5 | 13 | 20 | 30 | 40 | 60 | 80  | 112 | 160 |
| 400       | 800 | $>1\sim 3.5$   | 1.2     | 1.8 | 3.0 | 4.5 | 7  | 11 | 16 | 22 | 32 | 45  | 63  | 90  |
|           |     | $>3.5\sim 6.3$ | 1.4     | 2.0 | 3.2 | 5.0 | 8  | 13 | 18 | 25 | 36 | 50  | 71  | 100 |
|           |     | $>6.3\sim 10$  | 1.6     | 2.6 | 4.2 | 6.5 | 10 | 16 | 22 | 32 | 45 | 63  | 90  | 125 |
|           |     | $>10\sim 16$   | 1.8     | 3.0 | 4.5 | 7.5 | 11 | 18 | 25 | 36 | 50 | 71  | 100 | 140 |
|           |     | $>16\sim 25$   | 2.4     | 3.6 | 5.5 | 9.5 | 14 | 22 | 32 | 45 | 63 | 90  | 125 | 180 |
|           |     | $>25\sim 40$   | 3.0     | 4.5 | 7.5 | 11  | 18 | 30 | 40 | 60 | 80 | 112 | 160 | 224 |

表 5—64

径 向 一 齿 综 合 公 差  $f_r'$  值( $\mu\text{m}$ )

| 分度圆直径(mm) |     | 法向模数<br>(mm)   | 精 度 等 级 |   |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|-----------|-----|----------------|---------|---|---|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 大于        | 到   |                | 1       | 2 | 3 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9   | 10  | 11  | 12  |
| —         | 125 | $>1\sim 3.5$   | —       | — | — | 7  | 10 | 14 | 20 | 28 | 36  | 45  | 56  | 71  |
|           |     | $>3.5\sim 6.3$ | —       | — | — | 8  | 13 | 18 | 25 | 36 | 45  | 56  | 71  | 90  |
|           |     | $>6.3\sim 10$  | —       | — | — | 10 | 14 | 20 | 28 | 40 | 50  | 63  | 80  | 100 |
| 125       | 400 | $>1\sim 3.5$   | —       | — | — | 8  | 11 | 16 | 22 | 32 | 40  | 50  | 63  | 80  |
|           |     | $>3.5\sim 6.3$ | —       | — | — | 10 | 14 | 20 | 28 | 40 | 50  | 63  | 80  | 100 |
|           |     | $>6.3\sim 10$  | —       | — | — | 11 | 16 | 22 | 32 | 45 | 56  | 71  | 90  | 112 |
|           |     | $>10\sim 16$   | —       | — | — | 13 | 18 | 25 | 36 | 50 | 63  | 80  | 100 | 125 |
|           |     | $>16\sim 25$   | —       | — | — | 16 | 22 | 32 | 45 | 63 | 80  | 100 | 125 | 160 |
| 400       | 800 | $>1\sim 3.5$   | —       | — | — | 9  | 13 | 18 | 25 | 36 | 45  | 56  | 71  | 90  |
|           |     | $>3.5\sim 6.3$ | —       | — | — | 10 | 14 | 20 | 28 | 40 | 50  | 63  | 80  | 100 |
|           |     | $>6.3\sim 10$  | —       | — | — | 11 | 16 | 22 | 32 | 45 | 56  | 71  | 90  | 112 |
|           |     | $>10\sim 16$   | —       | — | — | 14 | 20 | 28 | 40 | 56 | 71  | 90  | 112 | 140 |
|           |     | $>16\sim 25$   | —       | — | — | 18 | 25 | 36 | 50 | 71 | 90  | 112 | 140 | 180 |
|           |     | $>25\sim 40$   | —       | — | — | 22 | 32 | 45 | 63 | 90 | 112 | 140 | 180 | 224 |

表 5—65

中 心 距 极 限 偏 差  $\pm f_a$ ( $\mu\text{m}$ )

| 第Ⅱ 公差组精度等级                      |      |      | 1~2                     | 3~4                     | 5~6                     | 7~8                     | 9~10                    | 11~12                    |
|---------------------------------|------|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| $f_a$                           |      |      | $\frac{1}{2}\text{IT4}$ | $\frac{1}{2}\text{IT6}$ | $\frac{1}{2}\text{IT7}$ | $\frac{1}{2}\text{IT8}$ | $\frac{1}{2}\text{IT9}$ | $\frac{1}{2}\text{IT11}$ |
| 齿<br>轮<br>副<br>的<br>中<br>心<br>距 | 大于 6 | 到 10 | 2                       | 4.5                     | 7.5                     | 11                      | 18                      | 45                       |
|                                 | 10   | 18   | 2.5                     | 5.5                     | 9                       | 13.5                    | 21.5                    | 55                       |
|                                 | 18   | 30   | 3                       | 6.5                     | 10.5                    | 16.5                    | 26                      | 65                       |
|                                 | 30   | 50   | 3.5                     | 8                       | 12.5                    | 19.5                    | 31                      | 80                       |
|                                 | 50   | 80   | 4                       | 9.5                     | 15                      | 23                      | 37                      | 90                       |
|                                 | 80   | 120  | 5                       | 11                      | 17.5                    | 27                      | 43.5                    | 110                      |
|                                 | 120  | 180  | 6                       | 12.5                    | 20                      | 31.5                    | 50                      | 125                      |
|                                 | 180  | 250  | 7                       | 14.5                    | 23                      | 36                      | 57.5                    | 145                      |
|                                 | 250  | 315  | 8                       | 16                      | 26                      | 40.5                    | 65                      | 160                      |
|                                 | 315  | 400  | 9                       | 18                      | 28.5                    | 44.5                    | 70                      | 180                      |
|                                 | 400  | 500  | 10                      | 20                      | 31.5                    | 48.5                    | 77.5                    | 200                      |
|                                 | 500  | 630  | 11                      | 22                      | 35                      | 55                      | 87                      | 220                      |
|                                 | 630  | 800  | 12.5                    | 25                      | 40                      | 62                      | 100                     | 250                      |
|                                 | 800  | 1000 | 14.5                    | 28                      | 45                      | 70                      | 115                     | 280                      |
|                                 | 1000 | 1250 | 17                      | 33                      | 52                      | 82                      | 130                     | 330                      |
|                                 | 1250 | 1600 | 20                      | 39                      | 62                      | 97                      | 155                     | 390                      |
|                                 | 1600 | 2000 | 24                      | 46                      | 75                      | 115                     | 185                     | 460                      |
|                                 | 2000 | 2500 | 28.5                    | 55                      | 87                      | 140                     | 220                     | 550                      |
|                                 | 2900 | 3150 | 34.5                    | 67.5                    | 105                     | 165                     | 270                     | 676                      |

表 5-66

轴 心 线 平 行 度 公 差

|                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| $x$ 方向轴线平行度公差 $f_x = F_p$             | 对 $F_p$ 见表 5-67 |
| $y$ 方向轴线平行度公差 $f_y = \frac{1}{2} F_p$ |                 |

表 5-67

齿 向 公 差  $F_p$  值( $\mu\text{m}$ )

| 齿轮宽度<br>(mm) |     | 精 度 等 级 |     |     |     |    |    |    |    |    |     |     |     |
|--------------|-----|---------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 大于           | 到   | 1       | 2   | 3   | 4   | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  | 11  | 12  |
| —            | 40  | 2.8     | 3.6 | 4.5 | 5.5 | 7  | 9  | 11 | 18 | 28 | 45  | 71  | 112 |
| 40           | 100 | 4.0     | 5.0 | 6.0 | 8.0 | 10 | 12 | 16 | 25 | 40 | 63  | 100 | 160 |
| 100          | 160 | 5.0     | 6.0 | 8.0 | 10  | 12 | 16 | 20 | 32 | 50 | 80  | 125 | 200 |
| 160          | 250 | 6.0     | 7.5 | 10  | 12  | 16 | 19 | 24 | 38 | 60 | 105 | 160 | 240 |
| 250          | 400 | 7.0     | 9.0 | 12  | 14  | 18 | 24 | 28 | 45 | 75 | 120 | 190 | 300 |
| 400          | 630 | 8.5     | 11  | 14  | 17  | 22 | 28 | 34 | 55 | 90 | 140 | 220 | 360 |

表 5-68

接 触 斑 点

| 接触斑点       |   | 精 度 等 级 |    |    |    |            |            |            |            |    |    |    |    |
|------------|---|---------|----|----|----|------------|------------|------------|------------|----|----|----|----|
|            |   | 1       | 2  | 3  | 4  | 5          | 6          | 7          | 8          | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 按高度<br>不大于 | % | 65      | 65 | 65 | 60 | 55<br>(45) | 50<br>(40) | 45<br>(35) | 40<br>(30) | 30 | 25 | 20 | 15 |
| 按长度<br>不大于 | % | 95      | 95 | 95 | 90 | 80         | 70         | 60         | 50         | 40 | 30 | 30 | 30 |

注: 1. 接触斑点的分布位置应趋于齿面中部。齿顶和两端部棱边处不允许接触。2. 括号内数值, 用于轴向重合度  $\varepsilon_p > 0.8$  的斜齿轮。



表 5—69

齿厚极限偏差

|                |                 |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $C = +1f_{pi}$ | $G = -6f_{pi}$  | $L = -16f_{pi}$ |                 |
| $D = 0$        | $H = -8f_{pi}$  | $M = -20f_{pi}$ | $R = -40f_{pi}$ |
| $E = -2f_{pi}$ | $J = -10f_{pi}$ | $N = -25f_{pi}$ | $S = -50f_{pi}$ |
| $F = -4f_{pi}$ | $K = -12f_{pi}$ | $P = -32f_{pi}$ |                 |

注：公法线平均长度上偏差  $E_{ws} = E_{gs}\cos\alpha - 0.72F_s\sin\alpha$ （外齿轮）

公差  $T_w = T_g\cos\alpha - 1.44F_s\sin\alpha$

表 5—70

公法线长度变动公差  $F_w$  值( $\mu m$ )

| 分度圆直径<br>mm |      | 精 度 等 级 |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |
|-------------|------|---------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 大于          | 到    | 1       | 2   | 3   | 4   | 5  | 6  | 7  | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| —           | 125  | 2.0     | 3.0 | 5.0 | 8.0 | 12 | 20 | 28 | 40  | 56  | 80  | 112 | 160 |
| 125         | 400  | 2.5     | 4.0 | 6.5 | 10  | 16 | 25 | 36 | 50  | 71  | 100 | 140 | 200 |
| 400         | 800  | 3.0     | 5.0 | 8.0 | 12  | 20 | 32 | 45 | 63  | 90  | 125 | 180 | 250 |
| 800         | 1600 | 4.0     | 6.5 | 10  | 16  | 25 | 40 | 56 | 80  | 112 | 160 | 224 | 315 |
| 1600        | 2500 | 4.5     | 7.0 | 11  | 18  | 28 | 45 | 71 | 100 | 140 | 200 | 280 | 400 |
| 2500        | 4000 | 6.5     | 10  | 16  | 25  | 40 | 63 | 90 | 125 | 180 | 250 | 355 | 500 |

表 5—71

未列极限偏差、公差数值的计算式

| 名 称          | 代 号          | 计 算 式                         | 注                                                                                  |
|--------------|--------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 切向综合公差       | $F'_i$       | $F'_i = F_p + f_i$            | 当两齿轮的齿数比为不大于 3 的整数，且采用选配时， $F'_i$ 可比计算值压缩 25% 或更多。<br>$\beta$ ——分度圆螺旋角<br>按接触线长度查表 |
| 切向一齿综合公差     | $f'_i$       | $f'_i = 0.6(f_{pi} + f_i)$    |                                                                                    |
| 齿轮副的切向综合公差   | $F'_{ia}$    | $F'_{ia} = F'_{i1} + F'_{i2}$ |                                                                                    |
| 齿轮副的切向一齿综合公差 | $f'_{ic}$    | $f'_{ic} = f'_{i1} + f'_{i2}$ |                                                                                    |
| 螺旋线波度公差      | $f_{\beta}$  | $f_{\beta} = f'_i \cos\beta$  |                                                                                    |
| 轴向齿距极向偏差     | $\pm F_{px}$ | $F_{px} = F_{\beta}$          |                                                                                    |
| 接触线公差        | $F_b$        | $F_b = F_{\beta}$             |                                                                                    |

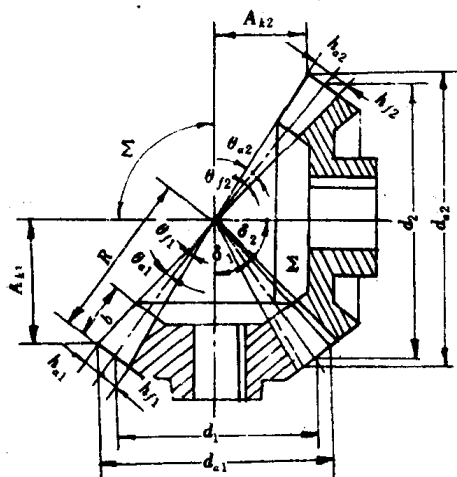
## 5.4 圆锥齿轮传动

### 5.4.1 圆锥齿轮传动的几何尺寸计算

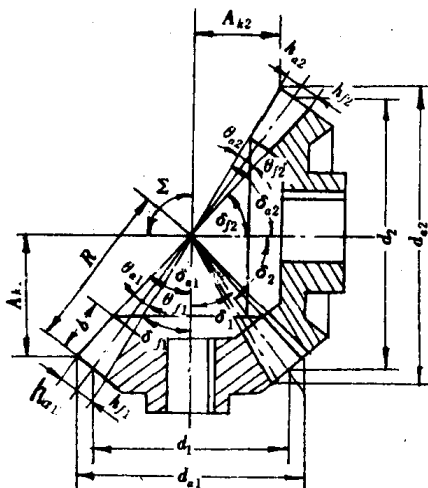
标准的及高变位的直齿圆锥齿轮及弧齿圆锥齿轮传动的几何尺寸计算公式如表 5—72、表 5—73。

表 5—72

标准及高变位直齿圆锥齿轮传动的几何尺寸计算



a) 正常收缩圆锥齿轮



b) 等顶隙收缩圆锥齿轮

| 名 称   | 代 号      | 小 齿 轮                                                                                                                           | 大 齿 轮                                   |
|-------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 分度圆直径 | $d$      | $d_1$ 根据强度计算确定                                                                                                                  | $d_2 = u d_1$                           |
| 齿 数   | $z$      | $z_1$ 按图 5-24 选取                                                                                                                | $z_2 = u z_1$                           |
| 大端模数  | $m$      | $m = d_1 / z_1 = d_2 / z_2$                                                                                                     |                                         |
| 节 锥 角 | $\delta$ | $\Sigma = 90^\circ$ 时 $\delta_1 = \arctg z_1 / z_2$                                                                             | $\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$        |
|       |          | $\Sigma \neq 90^\circ$ 时 $\delta_1 = \arctg \frac{\sin \Sigma}{u + \cos \Sigma}$                                                | $\delta_2 = \Sigma - \delta_1$          |
| 锥 距   | $R$      | $R = d_1 / 2 \sin \delta_1 = d_2 / 2 \sin \delta_2$                                                                             |                                         |
| 齿 宽   | $b$      | $b = \varphi_R R$                                                                                                               | $\varphi_R$ —齿宽系数 $\varphi_R \leq 0.33$ |
| 周 节   | $p$      | $p = \pi m$                                                                                                                     |                                         |
| 变位系数  | $x$      | $\Sigma = 90^\circ$ 时, $z_1 \geq 13$ , 推荐 $x_1 = -x_2 = 0.46 \left[ 1 - (z_1 / z_2)^2 \right]$                                  |                                         |
|       |          | $\Sigma \neq 90^\circ$ 时, $z_1 \geq 13$ , 推荐 $x_1 = -x_2 = 0.46 \left( 1 - \frac{z_1 \cos \delta_2}{z_2 \cos \delta_1} \right)$ |                                         |

续表 1

| 名 称           | 代 号         | 小 齿 轮                                                                           | 大 齿 轮                                                                           |
|---------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 齿 顶 高         | $h_a$       | $h_{a1} = m(1 + x_1)$                                                           | $h_{a2} = m(1 - x_1)$                                                           |
| 齿 根 高         | $h_f$       | $h_{f1} = m(1.2 - x_1)$                                                         | $h_{f2} = m(1.2 + x_1)$                                                         |
| 齿顶间隙          | $c$         | $c = 0.2m$                                                                      |                                                                                 |
| 齿 根 角         | $\theta_f$  | $\theta_{f1} = \operatorname{arctg} h_{f1} / R$                                 | $\theta_{f2} = \operatorname{arctg} h_{f2} / R$                                 |
| 齿 顶 角         | $\theta_a$  | 正常收缩齿 $\theta_{a1} = \operatorname{arctg} h_{a1} / R$                           | $\theta_{a2} = \operatorname{arctg} h_{a2} / R$                                 |
|               |             | 等齿顶隙 $\theta_{a1} = \operatorname{arctg} h_{f2} / R$                            | $\theta_{a2} = \operatorname{arctg} h_{f1} / R$                                 |
| 齿顶圆锥角         | $\delta_a$  | 正常收缩齿 $\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_{a1}$                                    | $\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_{a2}$                                          |
|               |             | 等齿顶隙 $\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_{f2}$                                     | $\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_{f1}$                                          |
| 齿根圆锥角         | $\delta_f$  | $\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_{f1}$                                          | $\delta_{f2} = \delta_2 - \theta_{f2}$                                          |
| 齿顶圆直径         | $d_a$       | $d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} \cos \delta_1$                                          | $d_{a2} = d_2 + 2h_{a2} \cos \delta_2$                                          |
| 节锥顶点到<br>轮冠距离 | $A_K$       | 当 $\Sigma = 90^\circ$ 时, $A_{K1} = \frac{d_2}{2} - h_{a1} \sin \delta_1$        | 当 $\Sigma' = 90^\circ$ 时, $A_{K2} = \frac{d_1}{2} - h_{a2} \sin \delta_2$       |
|               |             | 当 $\Sigma \neq 90^\circ$ 时, $A_{K1} = R \cos \delta_1 - h_{a1} \sin \delta_1$   | 当 $\Sigma \neq 90^\circ$ 时, $A_{K2} = R \cos \delta_2 - h_{a2} \sin \delta_2$   |
| 大端分度<br>圆弧齿厚  | $s$         | $s_1 = m \left( \frac{\pi}{2} + 2x_1 \operatorname{tg} \alpha + x_1 \right)$    | $s_2 = p - s_1$                                                                 |
| 分度圆弦齿厚        | $\bar{s}$   | $\bar{s}_1 = s_1 \left( 1 - \frac{s_1^2}{6d_1^2} \right)$                       | $\bar{s}_2 = s_2 \left( 1 - \frac{s_2^2}{6d_2^2} \right)$                       |
| 分度圆弦齿高        | $\bar{h}_a$ | $\bar{h}_{a1} = h_{a1} + \frac{s_1^2 \cos \delta_1}{4d_1}$                      | $\bar{h}_{a2} = h_{a2} + \frac{s_2^2 \cos \delta_2}{4d_2}$                      |
| 齿角 (供刨齿用)     |             | $\frac{3438}{R} \left( \frac{s_1}{2} + h_{f1} \operatorname{tg} \alpha \right)$ | $\frac{3438}{R} \left( \frac{s_2}{2} + h_{f2} \operatorname{tg} \alpha \right)$ |

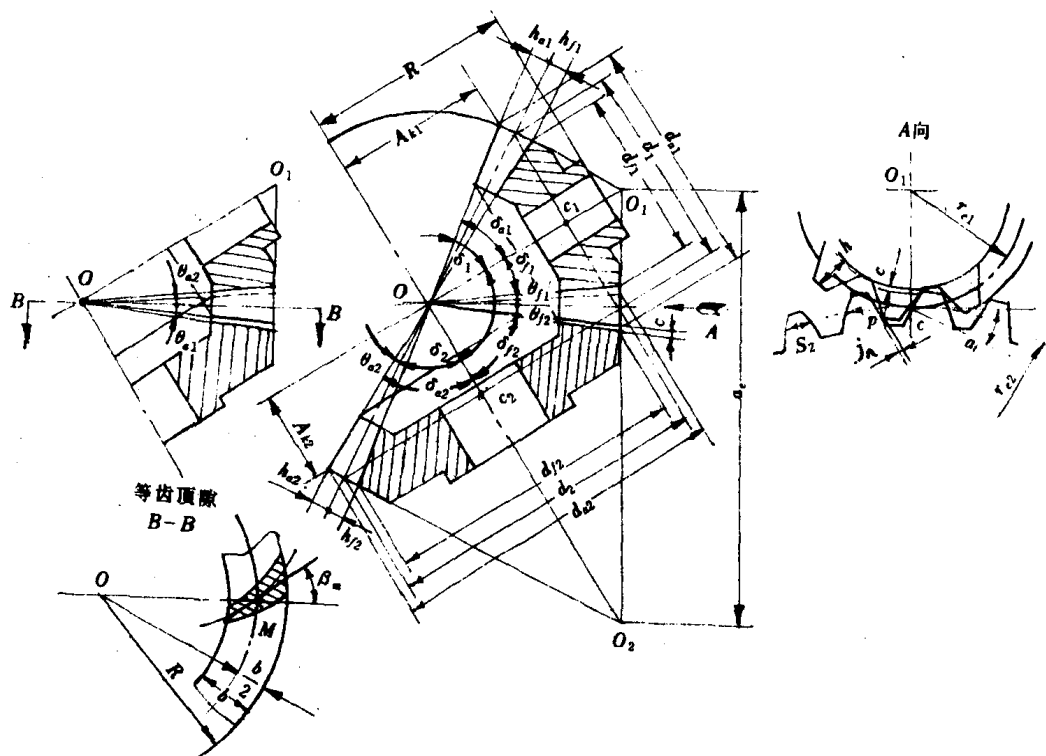
注: 1. 表中  $x_1$  是切向变位系数, 一般情况  $x_1 = 0$ , 当  $\frac{z_1}{z_2}$  较小时可按图 5—25 选取  $x_1$ 。

2. 当齿数很少 ( $z < 13$ ) 时, 应按下述公式计算最少齿数  $z_{\min}$  和最小变位系数  $x_{\min}$ :

$$\text{用刀尖无圆角的刀具加工时, } z_{\min} \approx \frac{2.4 \cos \delta}{\sin^2 \alpha}, \quad x_{\min} \approx 1.2 - \frac{z \sin^2 \alpha}{2 \cos \delta}$$

$$\text{用刀尖有 } 0.2m \text{ 的圆角的刀具加工时, } z_{\min} \approx \frac{2 \cos \delta}{\sin^2 \alpha}, \quad x_{\min} \approx 1 - \frac{z \sin^2 \alpha}{2 \cos \delta}$$

表 5-73

弧齿圆锥齿轮传动的几何尺寸计算 ( $\Sigma = 90^\circ$ ,  $\alpha = 20^\circ$ )

| 名 称   | 代 号        | $\beta_m = 0$ 的弧齿圆锥齿轮                                                  | $\beta_m = 35^\circ$ 的弧齿圆锥齿轮                       |
|-------|------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 分度圆直径 | $d$        | $d_1$ 按强度计算确定 $d_2 = u d_1$                                            |                                                    |
| 齿 数   | $z$        | $z_1$ 按图 5-24 选取, $z_2 = u z_1$                                        | $z_1$ 按图 5-26 选取, $z_2 = u z_1$                    |
| 大端模数  | $m$        | $m = d_1 / z_1 = d_2 / z_2$                                            |                                                    |
| 节 锥 角 | $\delta$   | $\delta_1 = \arctg z_1 / z_2$ , $\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$       |                                                    |
| 锥 距   | $R$        | $R = d_1 / 2 \sin \delta_1 = d_2 / 2 \sin \delta_2$                    |                                                    |
| 齿 宽   | $b$        | $b = \varphi_R R$ , 齿宽系数 $\varphi_R \leq 0.25$                         | $b = \varphi_R R$ , 齿宽系数 $\varphi_R \leq 0.3$      |
| 周 节   | $p$        | $p = \pi m$                                                            |                                                    |
| 工作齿高  | $h'$       | $h' = 2m$                                                              | 一般按表 5-74 选定                                       |
| 全 齿 高 | $h$        | $h = 2.2m$                                                             |                                                    |
| 齿 顶 高 | $h_a$      | $h_{a2} = 0.54m + \frac{0.46m}{(z_2/z_1)^2}$<br>$h_{a1} = h' - h_{a2}$ | 一般, $h_{a2} = 0.46m + \frac{0.39m}{(z_2/z_1)^2}$ ; |
| 齿 根 高 | $h_f$      | $h_{f1} = h - h_{a1}$ , $h_{f2} = h - h_{a2}$                          |                                                    |
| 齿顶间隙  | $c$        | $c = h - h'$                                                           |                                                    |
| 齿 根 角 | $\theta_f$ | $\theta_{f1} = \arctg h_{f1} / R$ , $\theta_{f2} = \arctg h_{f2} / R$  |                                                    |

续表 1

| 名 称        | 代 号        | $\beta_m = 0$ 的弧齿圆锥齿轮                                                                                                                 | $\beta_m^{\text{①}} = 35^\circ$ 的弧齿圆锥齿轮  |
|------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 齿 顶 角      | $\theta_a$ | 正常收缩齿 $\theta_{a1} = \text{arctgh} a_1 / R$                                                                                           | $\theta_{a2} = \text{arctgh} a_2 / R$    |
|            |            | 等齿顶隙 $\theta_{a1} = \text{arctgh} h_{f2} / R$                                                                                         | $\theta_{a2} = \text{arctgh} h_{f1} / R$ |
| 齿顶圆锥角      | $\delta_a$ | 正常收缩齿 $\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_{a1}$                                                                                          | $\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_{a2}$   |
|            |            | 等齿顶隙 $\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_{f2}$                                                                                           | $\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_{f1}$   |
| 齿根圆锥角      | $\delta_f$ | $\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_{f1}, \delta_{f2} = \delta_2 - \theta_{f2}$                                                          |                                          |
| 齿顶圆直径      | $d_a$      | $d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} \cos \delta_1, d_{a2} = d_2 + 2h_{a2} \cos \delta_2$                                                          |                                          |
| 节锥顶点到轮冠的距离 | $A_K$      | $A_{K1} = \frac{d_1}{2} - h_{a1} \sin \delta_1, A_{K2} = \frac{d_2}{2} - h_{a2} \sin \delta_2$                                        |                                          |
| 大端分度圆弧齿厚   | $s$        | $s_2 = \frac{\pi m}{2} + (h_{a1} - h_{a2}) \text{tg} \alpha / \cos \beta_m - x_2 m, s_1 = p - s_2$<br>切向变位系数 $x$ , 按图 5-25 确定, 多数情况为零 |                                          |
| 齿侧间隙       | $j_n$      | 当 $z > 12$ 时, 按上式计算 $s, x$ , 按图 5-27 确定                                                                                               |                                          |

① 弧齿锥齿轮螺旋线的方向, 应使小轮上的轴向力指向大端 (参看表 5-75)。

表 5-74

工 作 齿 高 全 齿 高

|           | 模数 $m < 1.3\text{mm}$ 的齿轮 | 模数 $m > 1.3\text{mm}$ 的齿轮 |
|-----------|---------------------------|---------------------------|
| 工作齿高 $h'$ | $1.700m$                  | $1.700m$                  |
| 全 齿 高     | $1.950m$                  | $1.888m$                  |

注: 当模数  $m > 2.5\text{mm}$  时, 为避免精切时刀尖参加切削, 粗切时可加深  $0.13\text{mm}$ 。

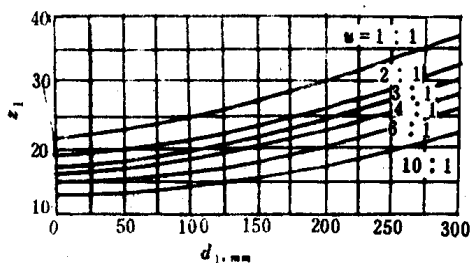


图 5-24 渗碳淬火的直齿或零度弧齿圆锥齿轮的小轮齿数 (如果硬度低时,  $z_1$  可比图中值大一倍)

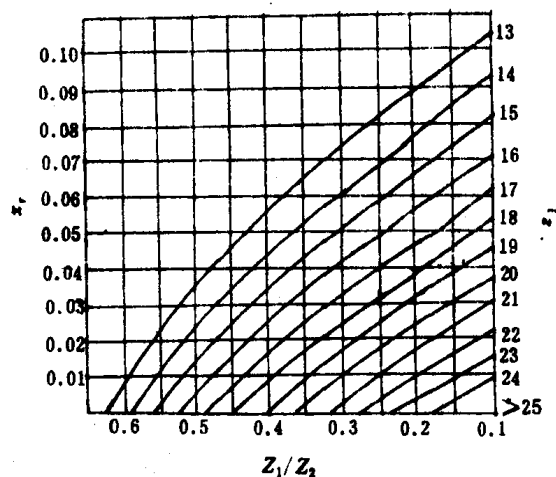


图 5-25 直齿及零度圆锥齿轮的切向变位系数  $x_t$

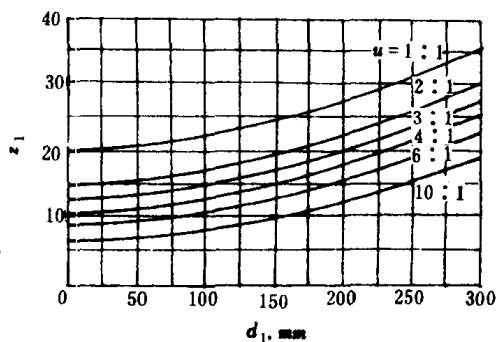


图 5—26 渗碳淬火的  $\beta_m=35^\circ$  弧齿圆锥轮的小轮齿数 (如果硬度值低时,  $z_1$  可比图中值大一倍)

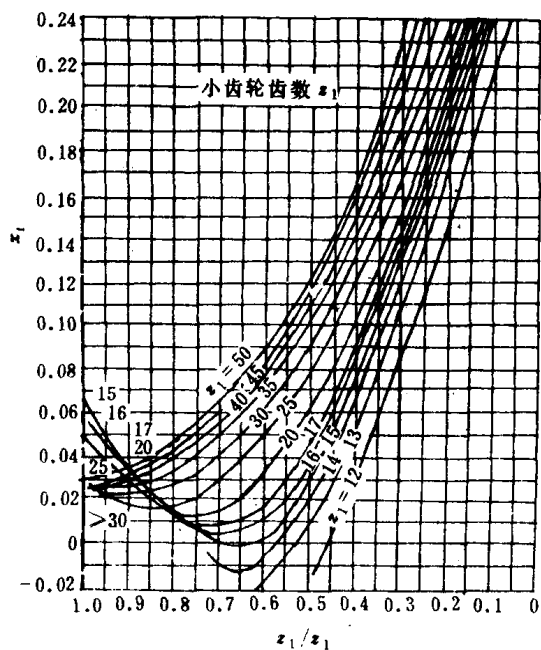


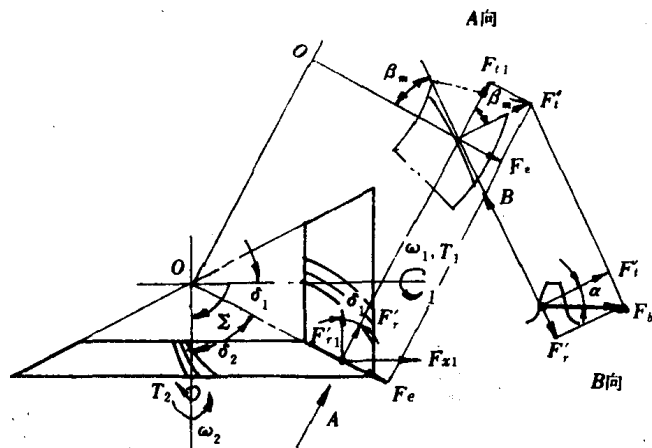
图 5—27 弧齿圆锥齿轮的切向变位系数  $x_t$

#### 5.4.2 圆锥齿轮传动的设计计算

##### ① 圆锥齿轮传动的作用力计算

表 5—75

圆锥齿轮传动的作用力



| 作用力           | 直齿及零度弧齿圆锥齿轮                                                                                                                    | 弧齿圆锥齿轮                                                                                       |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 平均分度圆上的圆周力, N | $F_{tm} = \frac{2T}{d_m} = \frac{2T}{d(1-0.5\varphi_R)}$ $d_m$ ——平均分度圆直径, m; $d_m = d(1-0.5\varphi_R)$<br>$T$ ——齿轮传递的额定转矩, N·m |                                                                                              |
| 径向力, N        | $F_r = F_{tm} \tan \alpha \cos \delta$                                                                                         | $F_r = \frac{F_{tm}}{\cos \beta_m} (\tan \alpha_n \cos \delta \mp \sin \beta_m \sin \delta)$ |

续表 1

| 作用力    | 直齿及零度弧齿圆锥齿轮                            |         | 弧齿圆锥齿轮                                                                                           |
|--------|----------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 轴向力, N | $F_x = F_{tm} \tan \alpha \sin \delta$ |         | $F_x^{④} = \frac{F_{tm}}{\cos \beta_m} (\tan \alpha_n \sin \delta \mp \sin \beta_m \cos \delta)$ |
| 外转矩    | 齿向                                     | 求 $F_t$ | 求 $F_x$                                                                                          |
| 顺时针 ⑥  | 右旋<br>左旋                               | +<br>-  | -<br>+                                                                                           |
| 逆时针    | 右旋<br>左旋                               | -<br>+  | +<br>-                                                                                           |

注: ④  $F_t$  指向轮心为正,  $F_x$  指向大端为正。  $F_t$ ,  $F_x$  公式中“ $\pm$ ”号按上表确定。

⑥ 外转矩的方向是由大端向锥顶方向观察。

② 初步确定主要尺寸

圆锥齿轮传动的主要尺寸, 可用类比法或按传动的结构要求初步确定; 也可用表 5—76 所列公式或图 5—28, 估算传动的主要尺寸, 必要时再进行精确验算。

表 5—76

圆锥齿轮传动简化设计计算公式

| 齿 轮 种 类                                | 接 触 强 度                                                                                                                      | 弯 曲 强 度                                                                                                                |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 直齿及零度齿                                 | $d_1 \geq \sqrt[3]{\left[ \frac{0.95 \times 10^6}{(1 - 0.5\varphi_R)[\sigma_{HP}]} \right]^2 \frac{KT_1}{\varphi_R u}}, (m)$ | $m \geq \sqrt[3]{\frac{4KT_1}{(1 - 0.5\varphi_R)^2 \varphi_R z_1^2 \sqrt{u^2 + 1}} \frac{Y_F}{[\sigma_{FP}]}}, (m)$    |
| $\beta_m = 30^\circ \sim 35^\circ$ 的弧齿 | $d_1 \geq \sqrt[3]{\left[ \frac{0.85 \times 10^6}{(1 - 0.5\varphi_R)[\sigma_{HP}]} \right]^2 \frac{KT_1}{\varphi_R u}}, (m)$ | $m \geq \sqrt[3]{\frac{3.67KT_1}{(1 - 0.5\varphi_R)^2 \varphi_R z_1^2 \sqrt{u^2 + 1}} \frac{Y_F}{[\sigma_{FP}]}}, (m)$ |

表中各式符号为:  $K$ —载荷系数, 当采用电动机、汽轮机或燃气轮机驱动时, 一般可取  $K = 1.3 \sim 1.6$ 。当载荷平稳, 传动精度较高, 速度较低以及齿轮对称轴承布置时应取较小值。采用多缸内燃机驱动时,  $K$  值应增大 1.2 倍左右。  $T_1$ —小齿轮传递的额定转矩,  $N \cdot m$ ;  $[\sigma_{HP}]$ —许用接触应力,  $P_a$ ,

$[\sigma_{HP}] = \frac{\sigma_{Hlim}}{1.1}$ 。计算时, 应取  $[\sigma_{HP1}]$  及  $[\sigma_{HP2}]$  中较小的值;  $u$ —齿数比  $u = Z_2 / Z_1$ ;  $\varphi_R$ —齿宽系

数;  $Y_F$ —齿形系数, 根据  $Z_e = \frac{Z}{\cos \delta \cdot \cos^3 \beta_m}$  查图 5—18;  $[\sigma_{FP}]$ —许用弯曲应力,  $P_a$ , 一般情况

下  $[\sigma_{FP}] = \frac{\sigma_{Flim}}{1.2}$ ; 在弯曲强度设计时, 应按  $\frac{Y_{F1}}{[\sigma_{FP1}]}$  及  $\frac{Y_{F2}}{[\sigma_{FP2}]}$  中之大者进行计算;  $d_1$ —小齿轮大端分度圆直径,  $m$ ;  $m$ —大端的模数,  $m$ ;

表 5—76 中的接触强度计算公式和图 5—28 计算图线适用于钢制齿轮; 对于钢—铸铁, 铸铁—铸铁齿轮传动, 应将求得的  $d_1$  分别乘以 0.9 及 0.83。

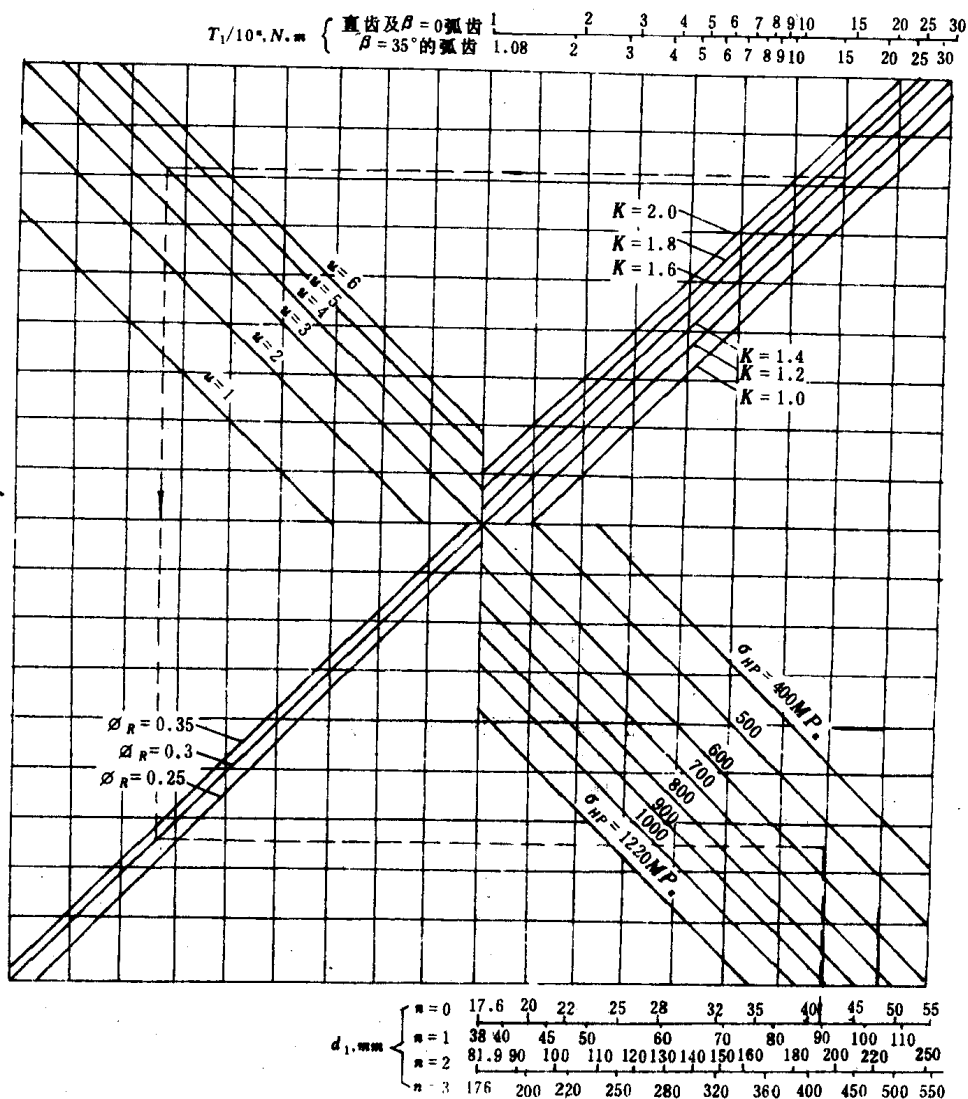


图5—28 按齿面接触强度确定 $d_1$ 的线图

例：已知钢制直齿圆锥齿轮传动， $T_1 = 140 \text{ N} \cdot \text{m}$ ， $K = 1.4$ ， $u = 4$ ， $\varphi_R = 0.3$ ， $[\sigma_{HP}] = 0.9 \times 600 = 540 \text{ MPa}$

由  $\frac{T_1}{10^n} = \frac{140}{10} = 14 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，在  $n = 1$  线上得  $d_1 = 89 \text{ mm}$

### ③ 强度校核

表 5—77

圆锥齿轮传动疲劳强度校核

| 齿面接触疲劳强度                                                                                                                              | 齿根弯曲疲劳强度                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\sigma_H = \sqrt{\frac{F_{tm} K_A K_V K_\beta}{b d_1 (1 - 0.5 \varphi_R)}} \frac{\sqrt{u^2 + 1}}{u} Z_E Z_H \leq [\sigma_{HP}]$ , Pa | $\sigma_F = \frac{F_{tm} K_A K_V K_\beta}{b m \cos \beta_m (1 - 0.5 \varphi_R)} Y_F Y_\beta \leq [\sigma_{FP}]$ , Pa |
| $\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim} Z_N Z_W}{S_{Hmin}}$ , Pa                                                                           | $\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{Flim} Y_N Y_X}{S_{Fmin} Y_{Jr}}$ , Pa                                                   |



表 5—77 中各式符号为:  $Z_E$ —材料弹性系数,  $\sqrt{Pa}$ , 见表 5—49;  $Z_H$ —节点区域系数, 根据  $x_1 + x_2 = 0$  及  $\beta = \beta_m$  查图 5—13。

$F_{tm}$ —平均分度圆上的圆周力,  $N$ , 按表 5—75 中公式求之;  $K_A$ —工况系数, 见表 5—47;

$K_v$ —动载系数, 根据平均分度圆的圆周速度, 近似地查图 5—11 来确定, 由于圆锥齿轮制造精度较低, 故需降低一级精度查取。

$K_\beta$ —载荷分布系数, 见表 5—78;  $b$ —齿宽,  $(m)$ ;  $d_1$ —小轮大端分度圆直径,  $(m)$ ;  $\varphi_R$ —齿宽系数;  $\mu$ —齿数比,  $\mu = \frac{Z_2}{Z_1}$ ;  $[\sigma_{HP}]$ —许用接触应力,  $Pa$ ;  $\sigma_{Hlim}$ —试验齿轮的接触疲劳极限应力,  $Pa$ , 查图 5—15;  $Z_N$ —接触强度寿命系数, 见图 5—16;  $Z_W$ —工作硬化系数, 见图 5—17;  $S_{Hmin}$ —最小安全系数, 一般取 1.1;

$m$ —大端模数,  $m$ ;  $\beta_m$ —平均分度圆外螺旋角;  $Y_\beta$ —螺旋角系数; 查图 5—20;  $Y_F$ —齿形系数, 根据当量齿数  $Z_e = \frac{Z}{\cos\delta\cos^3\beta_m}$  查图 5—18 确定, 不过因为圆锥齿轮齿根圆角半径较小, 应将查得的齿形系数  $Y'_F$  除以 0.9。当切向变位时, 齿形系数随之改变, 今再乘以校正系数  $C$  考虑之。即:  $Y_F = \frac{Y'_F}{0.9} C$  校正系数  $C$  根据切向变位系数查图 5—29。

$\sigma_{FP}$ —许用弯曲应力,  $Pa$ ;  $\sigma_{Flim}$ —试验齿轮的弯曲疲劳极限应力, 见图 5—21;  $Y_N$ —弯曲强度寿命系数见图 5—22 (a);  $Y_X$ —弯曲强度尺寸系数见图 5—22 (b);  $Y_{sr}$ —相对应力集中系数;  $S_{Fmin}$ —弯曲强度最小安全系数, 一般取 1.2。

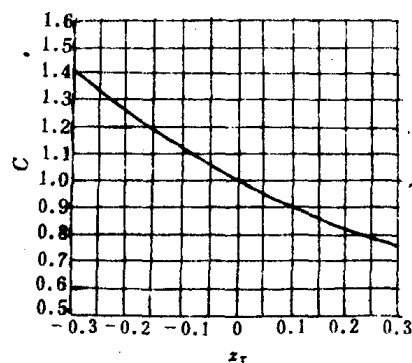


图 5—29 校正系数  $C$

表 5—78

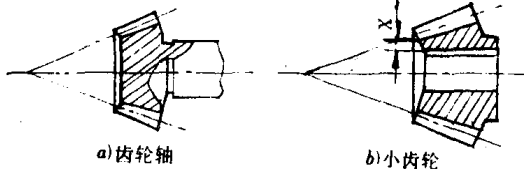
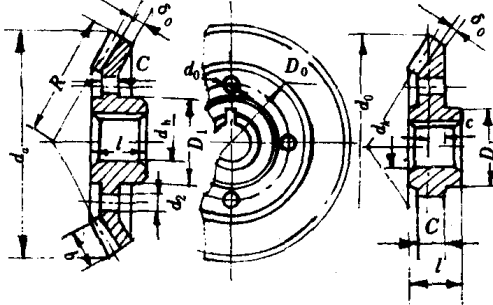
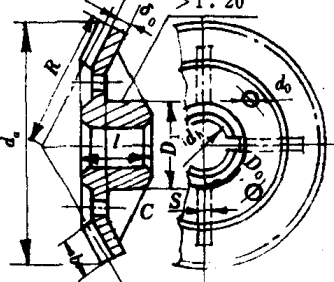
圆锥齿轮传动的载荷分布系数  $K_\beta$

| 应用范围 | 齿轮布置于两轴承之间 | 一齿轮悬臂布置   | 两齿轮悬臂布置   |
|------|------------|-----------|-----------|
| 一般工业 | 1.00~1.10  | 1.10~1.25 | 1.25~1.40 |
| 汽车工业 | 1.00~1.10  | 1.10~1.25 | —         |
| 航空工业 | 1.00~1.25  | 1.1~1.4   | 1.25~1.50 |

### 5.4.3 圆锥齿轮的结构

表 5—79

圆锥 齿 轮 的 结 构

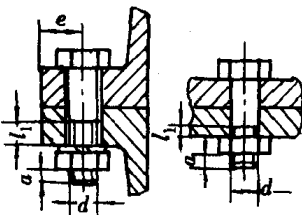
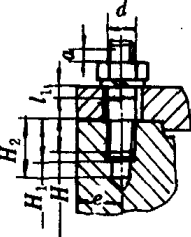
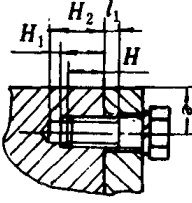
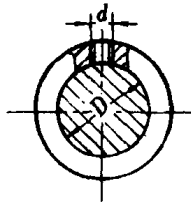
| 图 形                                                                                                                                                         | 结 构 尺 寸                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>a) 齿轮轴      b) 小齿轮</p>                                                 | <p>当齿轮小头处 <math>X &lt; 1.6m</math> (图 b) 时, 齿轮与轴作成整体 (图 a)</p> <p><math>m</math>——大头端面模数</p>                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p><math>d_o &lt; 500\text{mm}</math> 锻造圆锥齿轮</p>  <p>a) 模锻      b) 自由锻</p> | <p><math>D_1 = 1.6d_h</math></p> <p><math>l = (1 \sim 1.2) d_h</math></p> <p><math>\delta_o = (3 \sim 4) m</math>, 但不小于 <math>10\text{mm}</math></p> <p><math>C = (0.1 \sim 0.17) R</math></p> <p><math>D_o, d_o</math> 按结构而定</p>                                                                                                                                       |
| <p><math>d_o &gt; 300\text{mm}</math> 铸造圆锥齿轮</p>                         | <p><math>D_1 = 1.6d_h</math> (铸钢)</p> <p><math>D_1 = 1.8d_h</math> (铸铁)</p> <p><math>l = (1 \sim 1.2) d_h</math></p> <p><math>\delta_o = (3 \sim 4) m</math>, 但不小于 <math>10\text{mm}</math></p> <p><math>C = (0.1 \sim 0.17) R</math>, 但不小于 <math>10\text{mm}</math></p> <p><math>S = 0.8C</math>, 但不小于 <math>10\text{mm}</math></p> <p><math>D_o, d_o</math> 按结构而定</p> |

## 5.5 螺纹连接

### 5.5.1 普通螺纹连接的基本类型及应用

表 5—80

普通螺纹连接的基本类型及应用

|            | 螺 栓 连 接                                                                             | 双 头 螺 柱 连 接                                                                         | 螺 钉 连 接                                                                              | 紧 定 螺 钉 连 接                                                                           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 构<br><br>造 |  |  |  |  |

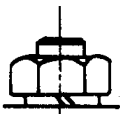
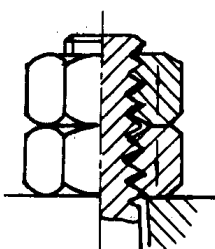
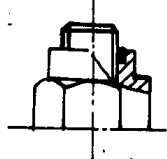
续表 1

|                  | 螺 栓 连 接                                                                                                                                                                                                                       | 双头螺柱连接                                                                                                                                                                                               | 螺 钉 连 接              | 紧定螺钉连接                            |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 尺<br>寸<br>关<br>系 | 螺纹余留长度 $l_1$<br>静载荷 $l_1 \geq (0.3 \sim 0.5) d$<br>冲击载荷或弯曲载荷 $l_1 \geq d$<br>变载荷 $l_1 \geq 0.75d$<br>铰制孔用螺栓 $l_1$ 应稍大于螺<br>纹收尾部分长度<br>螺纹伸出长度<br>$a \approx (0.2 \sim 0.3) d$<br>螺栓轴线到边缘的距离<br>$e = d + (3 \sim 6) \text{ mm}$ | 座端拧入深度 $H$ , 当螺孔为<br>铜或青铜 $H = d$<br>铸铁 $H = (1.25 \sim 1.5) d$<br>铝合金 $H = (1.5 \sim 2.5) d$<br>螺纹孔深度<br>$H_1 = H + (2 \sim 2.5) P$<br>钻孔深度<br>$H_2 = H_1 + (0.5 \sim 1) d$<br>$l_1$ 、 $a$ 、 $e$ 同左 |                      |                                   |
| 应<br>用           | 用于通孔, 损坏后容易更换                                                                                                                                                                                                                 | 多用于盲孔, 被连接<br>件需经常拆卸时                                                                                                                                                                                | 多用于盲孔, 被连接<br>件很少拆卸时 | 用以固定两个零件的<br>相对位置, 可传递不大<br>的力和转矩 |

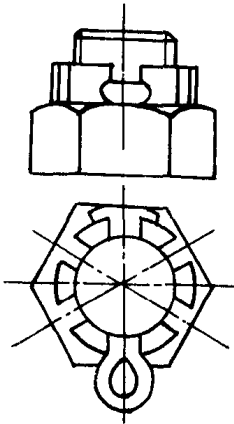
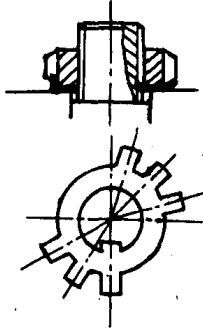
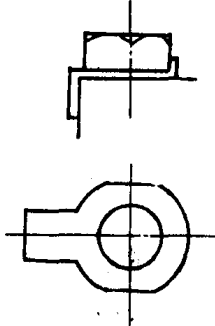
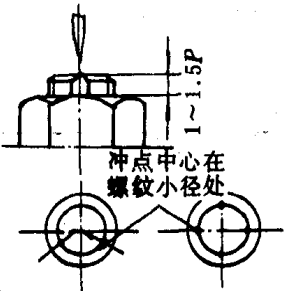
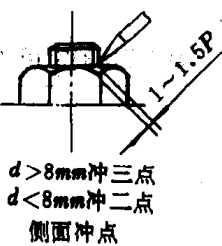
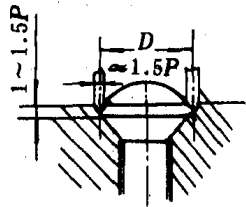
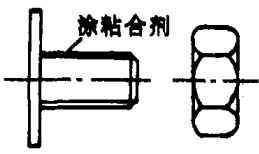
## 5.5.2 螺纹连接的常用防松方法

表 5—81

螺纹连接的常用防松方法

|                       |                                                                                             |                                                                                             |                                                                                                |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 摩<br>擦<br>力<br>防<br>松 | <br>弹簧垫圈 | <br>对顶螺母 | <br>弹性圈螺母 |
|                       | 弹簧垫圈材料为弹簧钢, 装配后<br>垫圈被压平, 其反弹力使螺纹间保<br>持压紧力和摩擦力                                             | 利用两螺母的作用使螺栓始终受<br>到附加的拉力和附加的摩擦力。由<br>于多用一个螺母, 且工作并不十分<br>可靠, 目前已很少采用                        | 螺栓旋入处嵌入纤维或尼龙来增<br>加摩擦力。该弹性圈还起防止液体<br>泄漏的作用                                                     |

续表 1

|                       |                                                                                                                        |                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 机<br>械<br>防<br>松      |  <p>槽形螺母和开口销</p>                      |  <p>圆螺母用止动垫圈</p>                                                                             |  <p>单耳止动垫圈</p>       |
|                       | 槽形螺母拧紧后, 用开口销穿过螺栓尾部小孔和螺母的槽, 也可以用普通螺母, 拧紧后再配钻开口销孔                                                                       | 使垫圈内舌嵌入螺栓(轴)的槽内, 拧紧螺母后将垫圈外舌之一褶嵌于螺母的一个槽内                                                                                                                                       | 将垫圈褶边以固定螺母和被连接件相对位置                                                                                     |
| 冲<br>边<br>法<br>防<br>松 |  <p>冲点中心在<br/>螺纹小径处</p> <p>端面冲点</p> |  <p><math>d &gt; 8\text{mm}</math> 冲三点<br/><math>d &lt; 8\text{mm}</math> 冲二点<br/>侧面冲点</p> |  <p>冲点中心在钉头直径上</p> |
|                       | 通常采用厌氧性粘合剂涂于螺纹旋合表面, 拧紧螺母后粘合剂能自行固化, 防松效果良好                                                                              |                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |
| 粘<br>合<br>法<br>防<br>松 |  <p>涂粘合剂</p>                        |                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |

### 5.5.3 螺纹连接的计算

#### ① 单个螺栓的计算

表 5—82

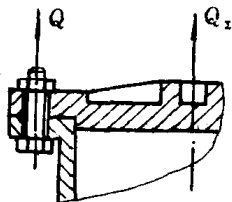
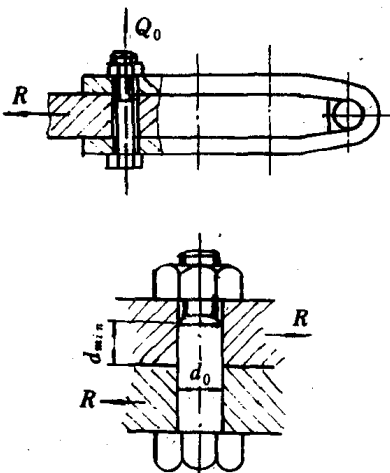
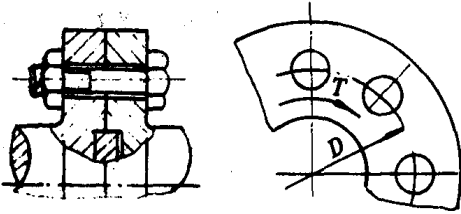
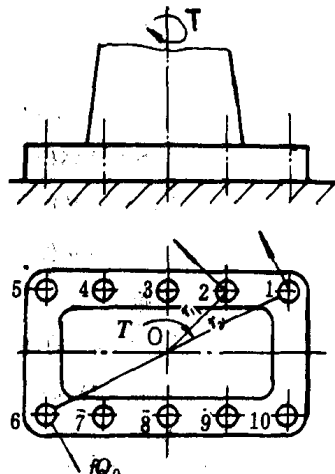
单个螺栓的强度计算公式

| 情 况              |                       | 计 算 项 目                            | 计 算 公 式                                                                                                                                                                     | 说 明                                                                                                                                                                      |
|------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 轴<br>向<br>载<br>荷 | 简<br>化<br>计<br>算<br>法 | 确定螺栓直径 $d$                         | $d_1 \geq \sqrt{\frac{1.3Q}{\sigma'_P}}$ $\sigma'_P = \frac{\sigma_s}{S'_P}$ <p>本方法用于初步估算直径或预紧不控制的结构</p>                                                                    | $Q$ —单个螺栓所受的轴向工作载荷, $N$ ;<br>$\sigma_s$ —螺栓材料的屈服极限, $MPa$ ;<br>$S'_P$ —安全系数<br>$d_1$ —螺纹小径, $mm$ , $d_1$ 查取螺栓标准直径 $d$                                                    |
|                  | 静<br>载<br>荷           | 螺栓所受总的拉力<br>校核螺栓的拉应力<br>确定螺栓直径 $d$ | $Q_\Sigma = (C_0 + C_e) Q$ $\sigma = \frac{1.66Q_\Sigma}{d^2} < \sigma_P = \frac{\sigma_s}{1.2 \sim 1.5}$ $d_1 \geq \sqrt{\frac{1.66Q_\Sigma}{\sigma_P}}$                   | $C_0$ —预紧系数,<br>$C_e$ —刚性系数,                                                                                                                                             |
|                  | 变<br>载<br>荷           | 校核最大拉应力<br>校核应力幅                   | $\sigma_{max} = \frac{1.66Q_\Sigma}{d^2} < \sigma_P = \frac{\sigma_s}{1.25 \sim 2.5}$ $\sigma_a = \frac{C_e Q}{1.57d^2} \leq \frac{\epsilon \sigma_{-1r}}{S_{ap} K_\sigma}$ | $\sigma_{-1r}$ —试件在拉压对称循环下的疲劳极限, $MPa$<br>$S_{ap}$ —安全系数, $S_{ap} = 2.5 \sim 4$<br>$\epsilon$ —尺寸系数<br>$K_\sigma$ —螺纹有效应力集中系数                                            |
| 横<br>向<br>载<br>荷 | 靠<br>摩<br>擦<br>力      | 校核螺栓的拉应力<br><br>确定螺栓直径 $d$         | $\sigma = \frac{1.66Q_0}{d^2} \leq \sigma_P$ $= \frac{\sigma_s}{1.2 \sim 1.5}$ $d_1 \geq \sqrt{\frac{1.66Q_0}{\sigma_P}}$                                                   | $Q_0$ —单个螺栓的预紧力, $N$                                                                                                                                                     |
|                  | 铰<br>制<br>孔           | 校核螺栓的剪应力<br>校核螺杆与孔壁接触面的挤压应力        | $\tau = \frac{R}{0.785nd^2} \leq \tau_P$ $\sigma_{jy} = \frac{R}{d\delta} \leq \sigma_{jyp}$                                                                                | $R$ —单个螺栓所受的横向载荷, $N$<br>$n$ —单个螺栓剪切面的数目<br>$d$ —螺栓抗剪切直径, $mm$<br>$\delta$ —被连接件中受挤压的孔壁的最小轴向长度, $mm$<br>$\tau_P$ —螺栓的许用剪应力, $MPa$<br>$\sigma_{jyp}$ —螺栓或孔壁的许用挤压应力, $MPa$ |

# ②螺栓组的计算

表 5—83

几种典型的预紧连接螺栓组的受力分析

| 连接受载情况和螺栓的布置方式                                                                                                   | 连接的工作要求                         | 螺栓的载荷计算                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>载荷垂直于连接的接合面，其合力通过接合面的形心</p>  | <p>连接应预紧，受载后应保接合面的紧密性</p>       | <p>各螺栓受力均等</p> $Q = \frac{Q_{\Sigma}}{Z}$ <p>式中 Z—螺栓的数量</p> <p><math>Q_{\Sigma}</math>—外载荷</p>                                                                                                                                                   |
| <p>载荷作用在连接的接合面内，并通过螺栓组的形心</p>  | <p>连接应预紧，受横向载荷后，被连接件不得有相对滑动</p> | <p>普通螺栓连接，各螺栓受力均等 <math>Q_0 = \frac{K_n R}{m f z}</math></p> <p>铰制孔螺栓连接，各螺栓受力均等 <math>F = \frac{R}{Z}</math></p> <p>式中 <math>K_n</math>—可靠性系数，通常取 <math>K_n = 1.1 \sim 1.3</math></p> <p><math>m</math>—摩擦面数</p> <p><math>f</math>—摩擦面间的摩擦系数</p> |
| <p>转矩 T 作用在连接接合面内</p>         | <p>连接应预紧，连接受转矩后，被连接件不得有相对滑动</p> | <p>普通螺栓连接，各螺栓受力均等 <math>Q_0 = \frac{K_n T}{Z r f}</math></p> <p>铰制孔螺栓连接，各螺栓受力均等 <math>r = \frac{T}{r Z}</math></p> <p><math>r = D/2</math></p>                                                                                                   |
| <p>转矩 T 作用在连接接合面内</p>         | <p>连接应预紧，连接受转矩后，被连接件不得有相对滑动</p> | <p>普通螺栓连接，各螺栓受力均等</p> $Q_0 = \frac{K_n T}{f(r_1 + r_2 + \dots + r_n)}$ <p>式中 <math>f</math>—接合面间的摩擦系数，</p> <p>铰制孔螺栓连接，距离螺栓组形心最远的螺栓的受力为 <math>F = \frac{T r_1}{r_1^2 + r_2^2 + \dots + r_n^2}</math></p>                                          |

续表 1

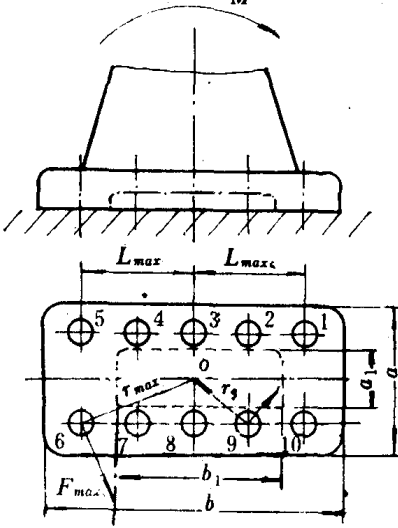
| 连接受载情况和螺栓的布置方式                                                                                   | 连接的工作要求                 | 螺栓的载荷计算                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 连接受倾复力矩 $M$<br> | 连接应预紧连接受载后, 接合面不允许开缝和压溃 | 螺栓的最大的工作载荷为<br>$Q_{max} = \frac{ML_{max}}{2i(L_1^2 + L_2^2 + \dots + L_i^2)}$ 式中 $i$ —每行螺栓的数量;<br>接合面挤压强度条式为<br>$\sigma_{js} = \frac{2iQ_0}{A} + \frac{M}{W} \leq \sigma_{jyp}$ 接合面不开缝的条件为<br>$\sigma_{js} = \frac{2iQ_0}{A} - \frac{M}{W} > 0$ 式中 $Q_0$ —每个螺栓的预紧力,<br>$N$<br>$A$ —接合面面积, $mm^2$<br>$A = ab - a_1b_1$<br>$W$ —接合面的抗弯截面系数,<br>$mm^3$ ;<br>$W = \frac{ab^2 - a_1b_1^2}{b}$ |

表 5—84

预紧系数  $C_0$ 

| 连接情况 | $C_0$ 值                                               |
|------|-------------------------------------------------------|
| 紧 固  | 静 载 荷<br>1.2~2.0<br>变 载 荷<br>2.0~4.0                  |
| 紧 密  | 软 垫<br>1.5~2.5<br>金属成型垫<br>2.5~3.5<br>金属平垫<br>3.5~4.5 |

表 5—85

刚性系数  $C_e$ 

| 连接型式           | $C_e$ 值 |
|----------------|---------|
| 杆杆螺栓           | 0.2     |
| 钢板连接+金属垫 (或无垫) | 0.2~0.3 |
| 钢板连接+皮革垫       | 0.7     |
| 钢板连接+铜皮石棉垫     | 0.8     |
| 钢板连接+橡胶垫       | 0.9     |

表 5—86

不控制预紧力的紧连接, 在静载荷时的许用轴向载荷 $Q_P$ 

(kN)

| 外 径<br>$d$ , mm | 材料及屈服强度 $\sigma_s$ , MPa |         |         |           |
|-----------------|--------------------------|---------|---------|-----------|
|                 | Q215A, 240               | 35, 320 | 45, 360 | 40Cr, 800 |
| M6              | 0.92                     | 1.20    | 1.35    | 2.45      |
| M8              | 1.75                     | 2.35    | 2.65    | 4.70      |
| M10             | 3.0                      | 3.95    | 4.45    | 7.75      |
| M12             | 4.55                     | 6.10    | 6.85    | 11.80     |
| M14             | 6.60                     | 8.85    | 9.95    | 16.80     |
| M16             | 9.65                     | 12.90   | 14.50   | 24        |
| M18             | 12.65                    | 16.90   | 19      | 32        |
| M20             | 17.40                    | 23.20   | 26      | 43        |
| M22             | 23.30                    | 31.00   | 35      | 58.00     |
| M24             | 29.60                    | 39.50   | 44.50   | 72.50     |
| M27             | 40                       | 53.50   | 60.50   | 101       |
| M30             | 51.50                    | 69      | 78      | 138       |
| M36             | 79                       | 113     | 119     | 200       |
| M42             | 115                      | 153     | 172     | 275       |
| M48             | 169                      | 230     | 254     | 360       |

表 5—87

预紧连接螺栓的安全系数 $S'_P$  (不控制预紧力时)

| 材 料   | 静 载 荷    |         |         | 变 载 荷    |         |         |
|-------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
|       | M6 ~ M16 | M16~M30 | M30~M60 | M6 ~ M16 | M16~M30 | M30~M60 |
| 碳 素 钢 | 4~3      | 3~2     | 2~1.3   | 10~6.5   | 6.5     | 6.5~10  |
| 合 金 钢 | 5~4      | 4~2.5   | 2.5     | 7.5~5    | 5       | 5~7.5   |

表 5—88

螺纹连接件常用材料及其拉伸机械性能

(MPa)

| 钢 号   | 拉伸强度 $\sigma_b$ | 屈服强度 $\sigma_s$ | 疲 劳 强 度           |                    |
|-------|-----------------|-----------------|-------------------|--------------------|
|       |                 |                 | 弯 曲 $\sigma_{-1}$ | 拉 压 $\sigma_{-1T}$ |
| 10    | 340~420         | 210             | 160~220           | 120~150            |
| Q215A | 340~420         | 220             |                   |                    |
| Q235A | 410~470         | 240             | 170~220           | 120~160            |
| 35    | 540             | 320             | 220~300           | 170~220            |
| 45    | 610             | 360             | 250~340           | 190~250            |
| 40Cr  | 750~1000        | 650~900         | 320~440           | 240~340            |

表 5—89

连接接合面摩擦系数 $f$ 

| 被 连 接 件 | 接合面的表面状态       | $f$       |
|---------|----------------|-----------|
| 钢或铸铁零件  | 干燥的机加工表面       | 0.10~0.16 |
|         | 有油的机加工表面       | 0.06~0.10 |
| 钢结构构件   | 经喷砂处理          | 0.45~0.55 |
|         | 涂富锌漆           | 0.35~0.40 |
|         | 轧制表面, 经钢丝刷清理浮锈 | 0.30~0.35 |



表 5—90

螺纹有效应力集中系数和尺寸系数

|                      |     |      |      |      |     |
|----------------------|-----|------|------|------|-----|
| 螺纹直径 $d$ (mm)        | 12  | 24   | 36   | 48   | 60  |
| 尺寸系数 $e$             | 1.0 | 0.75 | 0.65 | 0.58 | 0.5 |
| 材料的 $\sigma_b$ (MPa) | 400 | 600  | 800  | 1000 |     |
| 应力集中系数 $K_\sigma$    | 3   | 3.9  | 4.8  | 5.2  |     |

注: \* 辗压螺纹的  $K_\sigma$  应降低 20~30%。

表 5—91

螺栓连接的许用应力

|              |                                        |                                                                                                           |       |
|--------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 预紧螺栓受载情况     | 许 用 应 力                                |                                                                                                           |       |
| 受拉螺栓         | $\sigma_p = \frac{\sigma_s}{S_p}$      | 控制预紧力时, 对静载荷取 $S_p = 1.2 \sim 1.5$ ; 对变载荷取 $S_p = 1.25 \sim 2.5$ 。<br>不控制预紧力时, $S_p$ 值查表 5-133            |       |
| 受横向载荷的铰制孔用螺栓 | $\tau_p = \frac{\sigma_s}{2.5}$        | 被连接件为钢时, $\sigma_{jyp} = \frac{\sigma_s}{1.25}$<br>被连接件为铸铁时, $\sigma_{jyp} = \frac{\sigma_b}{2 \sim 2.5}$ | 静 载 荷 |
|              | $\tau_p = \frac{\sigma_s}{3.5 \sim 5}$ | $\sigma_p$ —按静载荷的 $\sigma_{jyp}$ 值降低 20~30%<br>$\sigma_{jyp}$ —按静载的 $\sigma_p$ 值降低 20~30%                 | 变 载 荷 |

#### 5.5.4 螺母、螺栓、螺钉和螺柱的机械性能等级

表 5—92

螺母的机械性能等级 (根据 GB3098.2—82)

| 螺母的机械性能等级 | 相配的螺栓、螺钉和螺柱               |                |
|-----------|---------------------------|----------------|
|           | 性能等级                      | 直径范围 mm        |
| 4         | 3.6, 4.6, 4.8             | >16            |
| 5         | 3.6, 4.6, 4.8<br>5.6, 5.8 | <16<br>所有的直径   |
| 6         | 6.8                       | 所有的直径          |
| 8         | 8.8                       | 所有的直径          |
| 9         | 8.8<br>9.8                | >16~<39<br><16 |
| 10        | 10.9                      | 所有的直径          |
| 12        | 12.9                      | <39            |

注: 1. 本表适用于由碳钢或合金钢制造的、对边宽度符合 GB3104—82 规定的、公称高度  $>0.8d$  (相当于 GB52—76)、螺纹直径为 3~39mm 的粗牙 6H 级螺母。

2. 螺母性能等级用螺栓性能等级标记的第一部分数字标记。该螺栓应为可与该螺母相配螺栓中最高性能等级的螺栓。

3. 性能等级较高的螺母, 可以替换性能等级较低的螺母。

4. 符合本表规定的螺纹组合件, 一般不会出现螺纹脱扣的失效形式。

表 5—93

螺栓、螺钉和螺柱的机械性能等级 (摘自 GB3098.1—82)

| 机 械 性 能                               |     | 机 械 性 能 等 级 |     |     |     |     |     |      |      |     |      |      |    |
|---------------------------------------|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|----|
|                                       |     | 3.6         | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.8 | 8.8  |      | 9.8 | 10.9 | 12.9 |    |
|                                       |     |             |     |     |     |     |     | <M16 | >M16 |     |      |      |    |
| 抗拉强度 $\sigma_b$ N/mm <sup>2</sup>     | 公称  | 300         | 400 |     | 500 |     | 600 | 800  | 800  | 900 | 1000 | 1200 |    |
|                                       | min | 330         | 400 | 420 | 500 | 520 | 600 | 800  | 830  | 900 | 1040 | 1220 |    |
| 维氏硬度 HV <sub>30</sub>                 | min | 95          | 115 | 121 | 148 | 154 | 178 | 234  | 252  | 274 | 318  | 372  |    |
|                                       | max | 206         |     |     |     |     | 227 | 304  | 329  | 347 | 388  | 423  |    |
| 布氏硬度 HB                               | min | 90          | 109 | 113 | 134 | 140 | 181 | 232  | 248  | 269 | 312  | 365  |    |
|                                       | max | 209         |     |     |     |     | 225 | 298  | 323  | 341 | 380  | 413  |    |
| 洛氏硬度 HR                               | min | HRB         | 52  | 67  | 70  | 80  | 83  | 89   | —    | —   | —    | —    | —  |
|                                       |     | HRC         | —   | —   | —   | —   | —   | —    | 22   | 25  | 28   | 34   | 39 |
|                                       | max | HRB         | 95  |     |     |     |     | 99   | —    | —   | —    | —    | —  |
|                                       |     | HRC         | —   |     |     | —   |     | —    | 32   | 35  | 37   | 41   | 44 |
| 屈服点 $\sigma_s$ N/mm <sup>2</sup>      | 公称  | 180         | 240 | 320 | 300 | 400 | 480 |      |      |     |      |      |    |
|                                       | min | 190         | 240 | 340 | 300 | 420 | 480 |      |      |     |      |      |    |
| 屈服强度 $\sigma_{0.2}$ N/mm <sup>2</sup> | 公称  | —           |     |     |     |     |     | 640  | 640  | 720 | 900  | 1080 |    |
|                                       | min | —           |     |     |     |     |     | 640  | 660  | 720 | 940  | 1100 |    |
| 伸长率 $\delta_5$ %                      | min | 25          | 22  | 14  | 20  | 10  | 8   | 12   | 12   | 10  | 9    | 8    |    |

注: 1. 性能等级的标记代号由“.”隔开的两部分数字组成: 第一部分数字(“.”前)表示公称抗拉强度 $\sigma_b$ 的 N/mm<sup>2</sup>数值的 1/100; 第二部分数字(“.”后)表示公称屈服点 $\sigma_s$ 或公称屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 与公称抗拉强度 $\sigma_b$ 比值(屈服比)的 10 倍。

2. 9.8 级仅用于螺纹直径  $d < 16\text{mm}$  的规格。

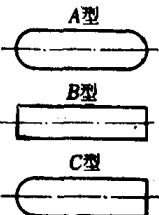
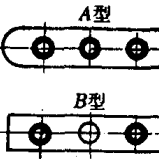
3. 当屈服点 $\sigma_s$ 不能测定时, 允许以测量屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 的方法代替。

## 5.6 键和键连接

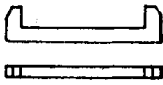
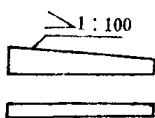
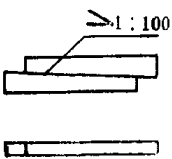
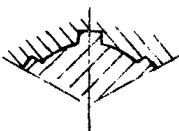
### 5.6.1 键的类型、特点和应用

表 5—94

键的类型、特点和应用

| 类 型         | 简 图                                                                                 | 标 准                                  | 特 点                                                                                                        | 应 用                                           |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 松<br>平<br>键 |  | GB1096<br>-79<br>薄型<br>GB1566<br>-79 | 靠侧面传递转矩。对中良好, 装拆方便。不能实现轴上零件的轴向固定<br>通常键与轴槽的配合较紧<br>A 型键在槽中轴向固定良好, 但槽在轴上引起的应力集中较大, B 型键的轴槽应力集中较小, C 型键在轴端固定 | 应用最广, 同时适用于高精度、高速或承受变载、冲击的场合。如在轴上固定齿轮、凸轮等回转零件 |
| 键           |  | GB1097<br>-79                        | 键用螺钉固定在轴上, 键与轴槽为间隙配合, 轴上零件能作轴向移动。为了拆御方便, 设有起键螺孔                                                            | 用于轴上零件轴向移动量不大的场合, 如变速箱中的滑移齿轮                  |

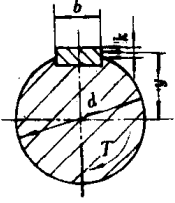
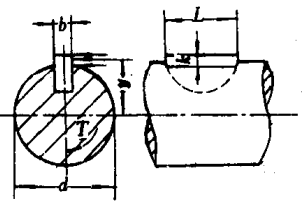
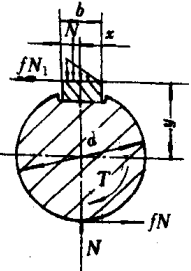
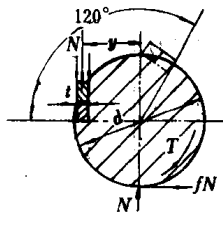
续表 1

| 类 型     | 简 图                                                                                          | 标 准                    | 特 点                                                                                                                                                            | 应 用                                    |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 松 键     | 滑 键<br>     |                        | 键固定在轮毂上, 轴上零件能带键作轴向移动                                                                                                                                          | 用于轴上零件轴向移动量较大的场合                       |
|         | 半圆键<br>     | GB1099-79              | 靠侧面传递转矩。安装方便, 结构紧凑, 可自动适应轮毂中键槽的斜度。缺点是键槽较深, 对轴的削弱较大                                                                                                             | 一般用于轻载, 用在轴端时, 多与圆锥面连接配合使用             |
| 紧 键     | 楔 键<br>     | GB1564-79<br>GB1565-79 | 靠键的上下两工作面传递转矩。键的上表面和轮毂的底面各有 1:100 的斜度, 装配时需打入, 工作面上受有预紧力的挤压作用。能轴向固定零件和传递单方向的轴向力。但使轴上零件与轴的配合产生偏心与偏斜                                                             | 用于精度要求不高、转速较低时传递较大的、双向的或有振动的转矩, 钩头供拆卸用 |
|         | 切向键<br>    | GB1974-80              | 由两个斜度为 1:100 的楔键组成。其上下两面(窄面)为工作面, 其中之一面在通过轴心线的平面内。工作上的压力沿轴的切线方向作用, 能传递很大的转矩, 但轴的削弱较严重<br>一个切向键只传递一个方向的转矩, 传递双向转矩时, 须用两个, 互成 120°~135°, 两个不够, 可用四个。切向键也能传单向的轴向力 | 用于传递转矩大、直径较大, 对中要求不严的场合                |
| 花 键 连 接 | 矩形花键<br>  | GB1144-87              | 加工方便, 可用磨削方法获得较高的精度, 但齿根部应力集中较大。其尺寸系列分轻载、中载、重载和补充系列四个。定心方式有按外径定心, 按内径定心和按齿侧定心三种                                                                                | 应用广泛                                   |
|         | 渐开线花键<br> | GB1104.1-72            | 齿廓为渐开线。受载时齿上有径向分力, 能起自动定心作用, 使各齿承载均匀, 齿根较厚, 强度高, 应力集中小。加工工艺与齿轮相同, 易获得较高精度, 但需专用设备。按齿形、分度圆的同心圆及外径定心                                                             | 用于载荷较大、定心精度要求较高以及尺寸较大的连接               |
|         | 三角花键<br>  | GB1145-74              | 内花键齿形为三角形, 外花键齿廓为压力角等于 45° 的渐开线, 加工方便, 齿细小, 且较多, 便于机构的调整与装配, 对轴的削弱较小。只采用齿形定心                                                                                   | 多用于轻载和直径小的静连接, 特别适用于轴与薄壁零件的连接          |

## 5.6.2 键连接的强度计算

表 5—95

键连接的挤压强度和耐磨性校核

| 键的类型 | 受力简图                                                                                | 计算内容          | 计算公式                                                                | 符号意义及系数选择                                                                                                                                                                                                                   |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 平键   |    | 键或键槽工作面的挤压或磨损 | 静连接<br>$\sigma_{jy} = \frac{2T}{dkl} \leq [\sigma_{jy}]$            | $T$ —转矩, $N \cdot mm$ ;<br>$d$ —轴的直径, $mm$ ;<br>$l$ —键的工作长度, $mm$ ;<br>$k$ —键与轮毂的接触高度, $mm$<br>平键 $k = \frac{h}{2}$ ;<br>半圆键 $k$ 查表<br>$b$ —键的宽度 $mm$ ;<br>$[\sigma_{jy}]$ —键连接的许用挤压应力, $MPa$ ,<br>$[p]$ —键连接的许用比压, $MPa$ , |
|      |                                                                                     | 动连接           | $p = \frac{12T}{dkl} < [p]$                                         |                                                                                                                                                                                                                             |
| 半圆键  |   | 同平键连接         | 同平键连接                                                               |                                                                                                                                                                                                                             |
| 楔键   |  | 键或键槽工作面的挤压    | $\sigma_{jy} = \frac{2T}{bl(6fd + b)} \leq [\sigma_{jy}]$           | $t$ —切向键工作面宽度, $mm$ ;<br>$c$ —切向键倒角宽度, $mm$ ;<br>$f$ —摩擦系数, 对钢和铸铁 $f = 0.12 \sim 0.17$                                                                                                                                      |
| 切向键  |  | 键或键槽工作面的挤压    | $\sigma_{jy} = \frac{T}{(0.5f + 0.45)dl(t - c)} \leq [\sigma_{jy}]$ | $t$ —切向键工作面宽度, $mm$ ;<br>$c$ —切向键倒角宽度, $mm$ ;<br>$f$ —摩擦系数, 对钢和铸铁 $f = 0.12 \sim 0.17$                                                                                                                                      |

续表 1

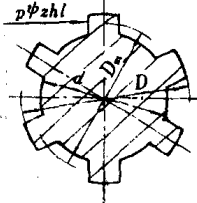
| 键的类型 | 受力简图                                                                              | 计算内容      | 计算公式                                                                | 符号意义及系数选择                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 花键   |  | 工作面的挤压或磨损 | 静连接<br>$\sigma_{jy} = \frac{2T}{\psi Z h l D_m} \leq [\sigma_{jy}]$ | $T$ —转矩, $N \cdot mm$ ;<br>$\psi$ —各齿间载荷分布不均匀系数, 通常取 $\psi = 0.7 \sim 0.8$ ;<br>$Z$ —齿数;<br>$h$ —齿的工作高度, $mm$ ;<br>$l$ —齿的工作长度, $mm$ ;<br>$D_m$ —平均直径, $mm$ ;<br>矩形花键: $D_m = \frac{D + d}{2}$ ;<br>$h = \frac{D - d}{2} - 2C$<br>$C$ —倒角尺寸;<br>渐开线和三角形花键:<br>$D_m = d$<br>渐开线花键: $h = m$ ;<br>三角形花键: $h = 0.8m$ ;<br>$m$ —模数;<br>$[\sigma_{jy}]$ —花键连接许用挤压应力, $MPa$ ;<br>$[p]$ —花键连接许用比压, $MPa$ . |
|      |                                                                                   | 动连接       | $p = \frac{2T}{\psi Z h l D_m} \leq [p]$                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

表 5-96

键连接的许用挤压应力  $[\sigma_{jy}]$  和许用比压  $[p]$ 

(MPa)

| 连接的工作方式                | 连接中较弱零件的材料 | 载荷性质    |         |       |
|------------------------|------------|---------|---------|-------|
|                        |            | 静载荷     | 轻微冲击载荷  | 冲击载荷  |
| 静连接, 用 $[\sigma_{jy}]$ | 锻钢, 铸钢     | 125~150 | 100~120 | 60~90 |
|                        | 铸铁         | 70~80   | 50~60   | 30~45 |
| 动连接, 用 $[p]$           | 锻钢, 铸钢     | 50      | 40      | 30    |

表 5—97

花键连接的许用挤压应力  $[\sigma_H]$  和许用比压  $[p]$ 

(MPa)

| 连接的工作情况                | 使用和制造情况 | 齿面热处理情况 |         |
|------------------------|---------|---------|---------|
|                        |         | 齿面未经热处理 | 齿面经过热处理 |
| 静连接, 用 $[\sigma_H]$    | 不良      | 35~50   | 40~70   |
|                        | 中等      | 60~100  | 100~140 |
|                        | 良好      | 80~120  | 120~200 |
| 不在载荷作用下移动的动连接, 用 $[p]$ | 不良      | 15~20   | 20~35   |
|                        | 中等      | 20~30   | 30~60   |
|                        | 良好      | 25~40   | 40~70   |
| 在载荷作用下移动的动连接, 用 $[p]$  | 不良      |         | 3~10    |
|                        | 中等      |         | 5~15    |
|                        | 良好      |         | 10~20   |

注: 1. 使用和制造情况不良, 系指受变载荷, 有双向冲击、振动频率高和振幅大、润滑不好(对动连接)、材料硬度不高和精度不高。

2. 同一情况,  $[\sigma_H]$  与  $[p]$  的较小值用于工作时间和较重要的场合。

## 5.6.3 矩形花键基本尺寸系列及公差

表 5—98

矩形花键基本尺寸系列 (摘自 GB1144—87)

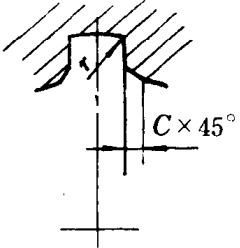
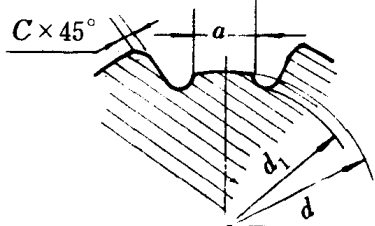
(mm)

| 小径 $d$ | 轻 系 列                                 |            |            |            | 中 系 列                                 |            |            |            |
|--------|---------------------------------------|------------|------------|------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|
|        | 规 格<br>$N \times d \times D \times B$ | 键 数<br>$N$ | 大 径<br>$D$ | 键 宽<br>$B$ | 规 格<br>$N \times d \times D \times B$ | 键 数<br>$N$ | 大 径<br>$D$ | 键 宽<br>$B$ |
| 11     |                                       |            |            |            | 6×11×14×3                             |            | 14         | 3          |
| 13     |                                       |            |            |            | 6×13×16×3.5                           |            | 16         | 3.5        |
| 16     |                                       |            |            |            | 6×16×20×4                             |            | 20         | 4          |
| 18     |                                       |            |            |            | 6×18×22×5                             |            | 22         | 5          |
| 21     |                                       |            |            |            | 6×21×25×5                             |            | 25         | 5          |
| 23     | 6×23×26×6                             | 6          | 26         | 6          | 6×23×28×6                             |            | 28         | 6          |
| 26     | 6×26×30×6                             |            | 30         | 6          | 6×26×32×6                             |            | 32         | 6          |
| 28     | 6×28×32×7                             |            | 32         | 7          | 6×28×34×7                             |            | 34         | 7          |
| 32     | 8×32×36×6                             |            | 36         | 6          | 8×32×38×6                             |            | 38         | 6          |
| 36     | 8×36×40×7                             |            | 40         | 7          | 8×36×42×7                             |            | 42         | 7          |
| 42     | 8×42×46×8                             |            | 46         | 8          | 8×42×48×8                             |            | 48         | 8          |
| 46     | 8×46×50×9                             |            | 50         | 9          | 8×46×54×9                             |            | 54         | 9          |
| 52     | 8×52×58×10                            | 8          | 58         | 10         | 8×52×60×10                            | 8          | 60         | 10         |
| 56     | 8×56×62×10                            |            | 62         | 10         | 8×56×65×10                            |            | 65         | 10         |
| 62     | 8×62×68×12                            |            | 68         | 12         | 8×62×12×12                            |            | 72         | 12         |

注: 按 GB1144—87 规定, 矩形花键为小径定心。

表 5—99

矩形花键横截面尺寸

|  |     |     |            |           |  |     |     |            |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|------------|-----------|
| 轻 系 列                                                                             |     |     |            |           | 中 系 列                                                                              |     |     |            |           |
| 规 格<br>$N \times d \times D \times B$                                             | $c$ | $r$ | 参 考        |           | 规 格<br>$N \times d \times D \times B$                                              | $c$ | $r$ | 参 考        |           |
|                                                                                   |     |     | $d_{1min}$ | $a_{min}$ |                                                                                    |     |     | $d_{1min}$ | $a_{min}$ |
|                                                                                   |     |     |            |           | 6×11×14×3                                                                          | 0.2 | 0.1 |            |           |
|                                                                                   |     |     |            |           | 6×13×16×3.5                                                                        |     |     |            |           |
|                                                                                   |     |     |            |           | 6×16×20×4                                                                          |     |     | 14.1       | 1.0       |
|                                                                                   |     |     |            |           | 6×18×22×5                                                                          |     |     | 16.6       | 1.0       |
|                                                                                   |     |     |            |           | 6×21×25×5                                                                          | 0.3 | 0.2 | 19.5       | 2.0       |
| 6×23×26×6                                                                         | 0.2 | 0.1 | 22         | 3.5       | 6×23×28×6                                                                          |     |     | 21.2       | 1.2       |
| 6×26×30×6                                                                         |     |     | 24.5       | 3.8       | 6×26×32×6                                                                          |     |     | 23.6       | 1.2       |
| 6×28×32×7                                                                         |     |     | 26.6       | 4.0       | 6×28×34×7                                                                          |     |     | 25.8       | 1.4       |
| 8×32×36×6                                                                         |     |     | 30.3       | 2.7       | 8×32×38×6                                                                          | 0.4 | 0.3 | 29.4       | 1.0       |
| 8×36×40×7                                                                         | 0.3 | 0.2 | 34.4       | 3.6       | 8×36×42×7                                                                          |     |     | 33.4       | 1.0       |
| 8×42×46×8                                                                         |     |     | 40.5       | 5.0       | 8×42×48×8                                                                          |     |     | 39.4       | 2.5       |
| 8×46×50×9                                                                         |     |     | 44.6       | 5.7       | 8×46×54×9                                                                          |     |     | 42.6       | 1.4       |
| 8×52×58×10                                                                        |     |     | 49.6       | 4.8       | 8×52×60×10                                                                         | 0.5 | 0.4 | 48.6       | 2.5       |
| 8×56×62×10                                                                        |     |     | 53.5       | 6.5       | 8×56×65×10                                                                         |     |     | 52.0       | 2.5       |
| 8×62×68×12                                                                        |     |     | 59.7       | 7.3       | 8×62×72×12                                                                         |     |     | 57.7       | 2.4       |
| 10×72×78×12                                                                       | 0.4 | 0.3 | 69.6       | 5.4       | 10×72×82×12                                                                        |     |     | 67.4       | 1.0       |
| 10×82×88×12                                                                       |     |     | 79.3       | 8.5       | 10×82×92×12                                                                        |     |     | 77.0       | 2.9       |
| 10×92×98×14                                                                       |     |     | 89.6       | 9.9       | 10×92×102×14                                                                       |     |     | 87.3       | 4.5       |
| 10×102×108×16                                                                     |     |     | 99.6       | 11.3      | 10×102×112×16                                                                      | 0.6 | 0.5 | 97.7       | 6.2       |
| 10×112×120×18                                                                     | 0.5 | 0.4 | 108.8      | 10.5      | 10×112×125×18                                                                      |     |     | 106.2      | 4.1       |

注:  $d_1$  和  $a$  值仅适用于展成法加工。

表 5—100

矩形内、外花键的尺寸公差带

| 内 花 键     |     |         |        | 外 花 键 |     |     | 装配型式 |    |    |     |
|-----------|-----|---------|--------|-------|-----|-----|------|----|----|-----|
| d         | D   | B       |        | d     | D   | B   |      |    |    |     |
|           |     | 拉削后不热处理 | 拉削后热处理 |       |     |     |      |    |    |     |
| — 般 用     |     |         |        |       |     |     |      |    |    |     |
| H7        | H10 | H9      | H11    | f7    | a11 | d10 | 滑动   |    |    |     |
|           |     |         |        | g7    |     | f9  | 紧滑动  |    |    |     |
|           |     |         |        | h7    |     | h10 | 固定   |    |    |     |
| 精 密 传 动 用 |     |         |        |       |     |     |      |    |    |     |
| H5        | H10 | H7      |        | f5    | a11 | d8  | 滑动   |    |    |     |
|           |     |         |        | g5    |     | f7  | 紧滑动  |    |    |     |
|           |     |         |        | h5    |     | h8  | 固定   |    |    |     |
| H6        |     |         |        |       |     | H7  |      | f6 | d8 | 滑动  |
|           |     |         |        |       |     |     |      | g6 | f7 | 紧滑动 |
|           |     |         |        |       |     |     |      | h6 | h8 | 固定  |

注：1. 精密传动用的内花键，当需要控制键侧配合间隙时，槽宽可选用H7，一般情况下可选用H9。

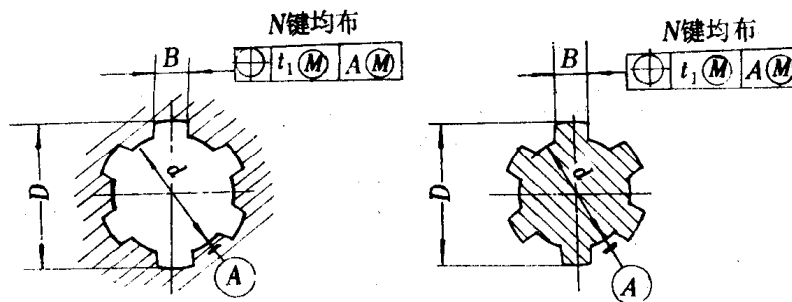
2. d为H6和H7的内花键，允许与提高一级的外花键配合。



表 5—101

矩形花键的位置度公差

(mm)

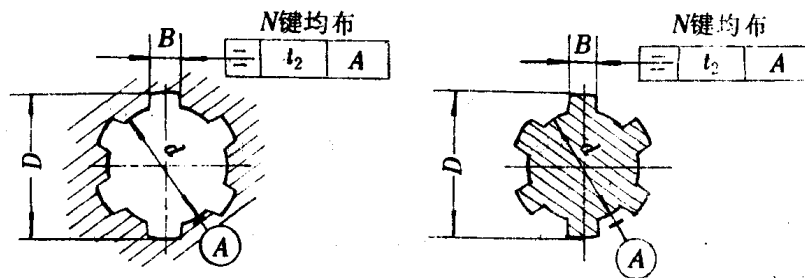


| 键槽宽或键宽 $B$ |       | 3     | 3.5~6 | 7~10  | 12~18 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            |       | $t_1$ |       |       |       |
| 键 槽        |       | 0.010 | 0.015 | 0.020 | 0.025 |
| 键          | 滑动、固定 | 0.010 | 0.015 | 0.020 | 0.025 |
|            | 紧滑动   | 0.006 | 0.010 | 0.013 | 0.016 |

表 5—102

矩形花键的对称度公差

(mm)



| 键槽宽或键宽 $B$ |  | 3     | 3.5~6 | 7~10  | 12~18 |
|------------|--|-------|-------|-------|-------|
|            |  | $t_2$ |       |       |       |
| 一 般 用      |  | 0.010 | 0.012 | 0.015 | 0.018 |
| 精密传动用      |  | 0.006 | 0.008 | 0.009 | 0.011 |

注：花键的等分度公差值等于键宽的对称度公差。

## 5.7 轴承

### 5.7.1 滑动轴承

#### ① 滑动轴承的分类、特点与应用

表 5-103

滑动轴承的分类、特点与应用

| 分 类                             |                            |                                                                                                              |                                                                                                   | 特 点                                                                                                                    |                                                   | 应 用                                          |
|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 不<br>完<br>全<br>润<br>滑<br>轴<br>承 | 一<br>般<br>滑<br>动<br>轴<br>承 | 径<br>向<br>轴<br>承                                                                                             | 对开式                                                                                               | 轴颈与轴承工作表面间的润滑油不能把两个表面完全隔开, 仍有直接接触之处。结构简单, 精度要求不高, 摩擦系数大, 磨损比较严重                                                        | 轴与轴瓦之间的间隙可以调整, 安装简单, 便于维修                         | 当机器装拆有困难时, 应采用这种形式                           |
|                                 |                            |                                                                                                              | 整体式                                                                                               |                                                                                                                        | 轴与轴瓦之间的间隙不能调整, 结构简单, 但轴颈只能从端部装卸                   | 一般用于转速低, 轻载而且允许装拆的机器上                        |
|                                 |                            |                                                                                                              | 自位式                                                                                               |                                                                                                                        | 轴瓦可在轴承座中适当地转动, 以适应轴在弯曲时所产生的偏斜                     | 用于传动轴有偏斜的地方, 其中有一种关节轴承适用于相互有摆动的杆件铰接处, 承受径向负荷 |
|                                 |                            | 推力轴承                                                                                                         |                                                                                                   |                                                                                                                        | 常用平面推力滑动轴承, 由于缺乏液体摩擦的条件, 而处于不完全润滑状态, 常与向心滑动轴承同时使用 | 用于承受轴向力的地方                                   |
|                                 | 含油轴承                       |                                                                                                              | 具有多孔性, 油可贮于孔隙中, 在较长工作时间内不添加润滑油而能自动润滑, 保证正常工作, 但由于其材质比较松软, 故负荷能力较低                                 | 用于轻载、低速和不易加油的地方和密封器件之中                                                                                                 |                                                   |                                              |
|                                 | 尼龙轴承                       |                                                                                                              | 与金属轴承比, 尼龙轴承重量轻, 维护简便, 化学稳定性好、耐磨性和耐疲劳强度较高, 且有减震、吸音, 自润滑性、绝缘和自熄性。但热膨胀系数较大、导热系数低、吸湿性较大、强度和尺寸稳定性不如金属 | 用于速度不高或散热条件好的地方, 工作温度不宜超过 65℃, 瞬时工作温度不超过 80℃                                                                           |                                                   |                                              |
|                                 | 液<br>体<br>润<br>滑<br>轴<br>承 | 静压轴承                                                                                                         |                                                                                                   | 轴颈与轴承被外界供给的一定压力的承载油膜完全隔开, 油膜的形成不受相对滑动速度的影响, 在各种速度 (包括速度为零) 下均有较大承载能力。轴的稳定性好, 可满足轴的高回转精度要求, 摩擦系数小, 机械效率高, 但液压系统较复杂, 要求高 | 主要用于: 1. 要求回转精度高; 2. 重载, 低速难于形成油膜等的地方, 如机床、重型电机等  |                                              |
| 动压轴承                            |                            | 轴颈与轴承工作表面间被油膜完全隔开。为达此状态, 必须具备: 1. 轴颈有足够的转速, 2. 有足够的供油量, 润滑油具有一定的粘度。3. 轴颈与轴承工作表面之间具有适当的间隙。多油楔动压轴承可满足轴的高精度回转要求 | 用于负载较轻、速度高的机械旋转轴上, 如高速或高精度的外圆磨床主轴上                                                                |                                                                                                                        |                                                   |                                              |

#### ② 常用轴瓦材料

表 5—104

常用金属轴承材料的许用值

| 轴瓦材料                       |                                                               | 最大许用值 <sup>1</sup>                            |            |                     | 最高<br>工作<br>温度<br>℃ | 硬度 <sup>2</sup><br>HB               | 性能比较 <sup>3</sup> |                                    |             |             | 备 注                                            |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------------------------|-------------|-------------|------------------------------------------------|
|                            |                                                               | [p]<br>MPa                                    | [v]<br>m/s | [pv]<br>MPa·<br>m/s |                     |                                     | 抗<br>咬<br>合<br>性  | 顺<br>嵌<br>应<br>藏<br>性 <sup>4</sup> | 耐<br>蚀<br>性 | 耐<br>疲<br>性 |                                                |
| 锡<br>铋<br>轴<br>承<br>合<br>金 | ZChSnSb12-4-10<br>ZChSnSb11-6<br>ZChSnSb8-4<br>ZChSnSb4-4     | 平稳载荷<br>25(40) 80 20(100)<br>冲击载荷<br>20 60 15 |            |                     | 150                 | $\frac{150}{20 \sim 30}$            | 1                 | 1                                  | 1           | 5           | 用于高速、重载下工作的重要轴承。变载荷下易于疲劳。价贵                    |
| 铅<br>承<br>铋<br>合<br>轴<br>金 | ZChPbSn16-16-2<br>ZChPbSn15-5-3<br>ZChPbSn15-10               | 15 12 10 (50)<br>5 8 5<br>20 15 15            |            |                     | 150                 | $\frac{150}{15 \sim 30}$            | 1                 | 1                                  | 3           | 5           | 用于中速、中等载荷的轴承。不宜受显著冲击。可作为锡铋轴承合金的代用品             |
| 锡<br>青<br>铜                | ZQSn10-1<br>ZQSn7-0.2<br>ZQSn5-5-5<br>ZQSn6-6-3<br>ZQSn4-4-17 | 15 10 15 (25)<br>8 3 15<br>8 3 15<br>10 5 10  |            |                     | 280                 | $\frac{200}{50 \sim 100}$           | 3                 | 5                                  | 1           | 1           | 用于中速、重载及受变载荷的轴承<br>用于中速、中载的轴承                  |
| 铅<br>青<br>铜                | ZQPb30                                                        | 25 12 30(90)                                  |            |                     | 280                 | $\frac{300}{40 \sim 280}$           | 3                 | 4                                  | 4           | 2           | 用于高速、重载轴承，能承受变载和冲击                             |
| 铝<br>青<br>铜                | ZQA19-4<br>ZQA110-3-2.5                                       | 15(30) 4(10) 12(60)<br>20 5 15                |            |                     | 280                 | $\frac{200}{100 \sim 120}$          | 5                 | 5                                  | 5           | 2           | 最宜用于润滑充分的低速重载轴承                                |
| 黄<br>铜                     | ZHSi80-3-3<br>ZHMn58-2-2                                      | 12 2 10<br>10 1 10                            |            |                     | 200                 | $\frac{200}{80 \sim 150}$           | 3                 | 5                                  | 1           | 1           | 用于低速、中载轴承                                      |
| 铝<br>承<br>基<br>合<br>轴<br>金 | 20%铝锡合金<br>铝硅合金                                               | 28~35 14                                      |            |                     | 140                 | $\frac{300}{45 \sim 50}$            | 4                 | 3                                  | 1           | 2           | 用于高速、中载轴承是较新的轴承材料。强度高、耐腐蚀、表面性能好，可用于增压强化柴油机轴承   |
| 三<br>镀<br>元<br>合<br>电<br>金 | 如铝-硅-铜镀层                                                      | 14~35                                         |            |                     | 170                 | 200~300                             | 1                 | 2                                  | 2           | 2           | 在钢背上镀铅锡青铜作中间层，再镀 10~30μm 三元减摩层，疲劳强度高，应急性、嵌藏性好。 |
| 银                          | 镀层                                                            | 28~35                                         |            |                     | 180                 | 300~400                             | 2                 | 3                                  | 1           | 1           | 钢背镀银，上附薄层铅、再镀铜，常用于飞机发动机、柴油机轴承                  |
| 铸<br>铁                     | HT150、HT250                                                   | 0.1~4 2~0.5                                   |            |                     |                     | $\frac{200 \sim 250}{160 \sim 180}$ | 4                 | 5                                  | 1           | 1           | 宜用于低速、轻载的不重要轴承，价廉                              |

注：1. ( ) 内为极限值，其余为一般值（润滑良好）。对于液体动压轴承，限制 [pv] 值无甚意义，因与散热等条件关系很大。

2. 分子为最小轴颈硬度，分母为合金硬度。

3. 性能比较：1—最佳；2—良；3—较好；4—一般；5—最差。

4. 顺应性是指轴承材料补偿对中误差和顺应其他几何误差的能力；嵌藏性是指轴瓦材料嵌藏污物和外来微粒防止刮伤和磨损的能力。弹性模量低的材料具有良好顺应性。顺应性好，一般嵌藏性也好。非金属材料则不然，如碳-石墨，弹性模量低，顺应性好，但质硬，嵌藏性不好。

### ③ 径向滑动轴承的验算

压强:  $p_{\max} = \frac{F_{\max}}{dL} < [p]$ , MPa

$d, L$ —轴颈的直径和工作长度, m

$[p]$ —压强的许用值 MPa, 见表 5—104

Pv 值:  $pv = \frac{Fn}{19100L} \leq [pv]$ , MPa·m/s

$n$ —轴与轴瓦的相对转速, r/min

$F_{\max}$ —轴承所受的最大径向载荷, N

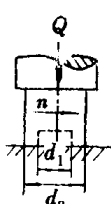
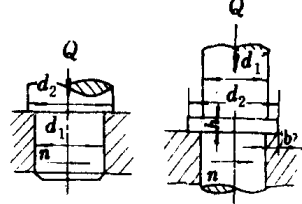
$F$ —轴承所受的平均径向载荷, N

$[pv]$ — $pv$  的许用值, MPa·m/s, 见表 5—104

### ④ 推力滑动轴承的验算

表 5—105

推力滑动轴承的结构及验算

| 种类   | 空心式                                                                                                                                                                                                                                                      | 圆环式                                                                                                                                                                                                                              |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 结构简图 |  <p>若结构上无限制, 应取 <math>d_1 = 0.5d_2</math>, 一般可取: <math>d_1 = (0.4 \sim 0.6)d_2</math></p>                                                                               |  <p><math>b = (0.1 \sim 0.3)d_1</math><br/><math>h = (0.12 \sim 0.15)d_1</math><br/><math>d_2 = (1.2 \sim 1.6)d_1</math></p>                   |
| 验算公式 | <p>压强: <math>P = \frac{4Q}{\pi(d_2^2 - d_1^2) \cdot Z} \leq [p]</math>, Pa</p> <p><math>Q</math>—轴承所受的轴向力, N<br/><math>d_2</math>—轴承环形工作面的外径, m<br/><math>d_1</math>—轴承环形工作面的内径, m<br/><math>Z</math>—环的数目<br/><math>[p]</math>—许用单位压力, Pa, 见表 5—106</p> | <p>Pv 值: <math>pv = \frac{Qn}{6000bz} \leq [pv]</math>, Pa·m/s</p> <p><math>b</math>—轴承环形工作宽度, m<br/><math>n</math>—轴颈转速, r/min<br/><math>v</math>—轴颈的圆周速度, m/s<br/><math>[pv]</math>—<math>pv</math> 的许用值, Pa·m/s, 见表 5—106</p> |

注: 实心推力轴承在接触面上压力分布极不均匀, 在中心处压力理论上达到无限大, 对润滑极为不利, 因此不推荐。

表 5—106

推力滑动轴承的  $[p]$ 、 $[pv]$  值

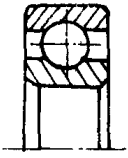
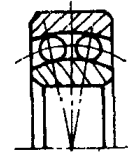
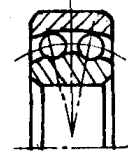
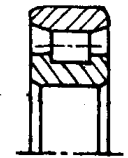
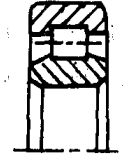
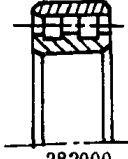
| 轴 材 料            | 未 淬 火 钢 |     |      | 淬 火 钢 |      |       |
|------------------|---------|-----|------|-------|------|-------|
| 轴承材料             | 铸 铁     | 青 铜 | 巴氏合金 | 青 铜   | 巴氏合金 | 淬火钢   |
| $[p]$ , MPa      | 2~2.5   | 4~5 | 5~6  | 7.5~8 | 8~9  | 12~15 |
| $[pv]$ , MPa·m/s | 1~2.5   |     |      |       |      |       |

## 5.7.2 滚动轴承

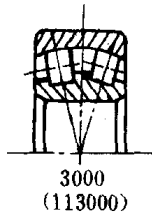
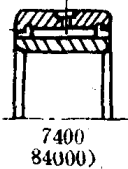
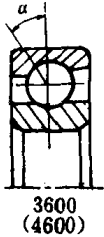
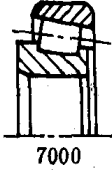
### ① 常用滚动轴承分类、特点及应用

表 5—107

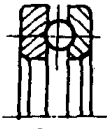
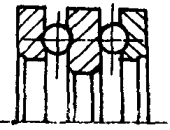
常用滚动轴承分类、特点及应用

| 简图及结构型式、代号                                                                                                | 类型名称及标准号                                                                                                 | 特 性                                                                                    | 应 用                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 向 心 轴 承                                                                                                   |                                                                                                          |                                                                                        |                                                                                             |
| <br>(150000)             | 单列向心球轴承<br>GB276—82 (0000)<br>外圈有止动槽的单列向心球轴承 GB277—82 (50000)<br>外圈有止动槽和一面带防尘盖的单列向心球轴承 GB274—82 (150000) | 承受径向负荷及径向和轴向同时作用的联合负荷；当加大轴承的径向游隙时，具有向心推力球轴承的性质；在转速较高不宜采用推力球轴承的情况下，可用此类轴承承受纯轴向力         | 适用于刚性较大的轴上。一般用于小功率电动机、变速箱、机床齿轮箱及一般机械上<br>带防尘盖的单列向心球轴承一般用于转速略低并且难以单独安装防尘装置以及不易对轴承进行加油和检查的机件中 |
| <br>1000                 | 双列向心球面球轴承（自动调心型）<br>GB281—84                                                                             | 主要承受径向负荷，在受径向负荷的同时，亦可承受较小的轴向负荷<br>能自动调心，允许内圈对外圈有相对倾斜 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 的情况下工作 | 适用于多支承传动轴、挠曲较大的轴以及不能精确对中的支承处。一般用于纺织机、造纸机及农业机械等                                              |
| <br>111000             | 圆锥孔（锥度 1:12）双列向心球面球轴承（自动调心型）<br>GB281—84                                                                 | 同上。可以调整径向游隙及轴向游隙                                                                       | 同上                                                                                          |
| <br>2000               | 外圈无挡边的单列向心短圆柱滚子轴承<br>GB283—81                                                                            | 只能承受径向负荷，内圈和外圈可分开安装，允许内圈轴线与外圈轴承倾斜 $2' \sim 4'$                                         | 适用于刚性较大，对中良好的轴。一般用于大功率电动机，机床主轴等                                                             |
| <br>32000              | 内圈无栏边的单列向心短圆柱滚子轴承<br>GB283—81                                                                            | 只能承受径向负荷，内圈和外圈可分开安装，允许内圈轴线与外圈轴承倾斜 $2' \sim 4'$                                         | 适用于刚性较大，对中良好的轴。一般用于大功率电动机，机床主轴等                                                             |
| <br>282000<br>(182000) | 双列向心短圆柱滚子轴承<br>GB285—81 (282000)<br>圆锥孔（锥度 1:12）双列向心短圆柱滚子轴承<br>GB285—81 (182000)                         | 只能承受径向负荷；不限制轴（外壳）的轴向位移；内圈和外圈可分开安装                                                      | 同前                                                                                          |

续表 1

| 简图及结构型式、代号                                                                                                 | 类型名称及标准号                                                                                                  | 特 性                                                                                              | 应 用                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>3000<br/>(113000)</p> | 双列向心球面滚子轴承<br>(自动调心型)<br>GB286—64 (3000)<br>圆锥孔 (锥度 1:12) 双<br>列向心球面滚子轴承 (自动<br>调心型)<br>GB286—64 (113000) | 主要承受径向负荷, 同时<br>也能承受任一方向较小的轴<br>向负荷; 能自动调心, 允许<br>内外圈轴线偏斜 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ ,<br>极限转速较低 | 适用于长轴和受外力作用<br>而有较大挠曲的多支点重载<br>轴。通常用于采煤用离心式<br>通风机、抽水机、齿轮减速<br>器、吊车车轮等                                               |
|  <p>7400<br/>(84000)</p>  | 滚针轴承<br>GB289—64 (74000)<br>无内圈滚针轴承<br>GB289—64 (84000)                                                   | 只能承受径向负荷; 在径<br>向负荷相同的情况下, 与其<br>他类型的轴承相比, 其外径<br>最小, 极限转速较低                                     | 适用于径向尺寸受限制的<br>机件中。如万向联轴节, 活<br>塞销、连杆销等                                                                              |
| 向 心 推 力 轴 承                                                                                                |                                                                                                           |                                                                                                  |                                                                                                                      |
|  <p>3600<br/>(4600)</p> | 单列向心推力球轴<br>( $\alpha = 12^{\circ}$ ; $\alpha = 26^{\circ}$ )<br>GB292—83                                 | 可同时承受径向和轴向负<br>荷, 也可承受纯轴向负荷;<br>极限转速较高                                                           | 适用于轴支点间的距离不<br>大而刚性较高的轴。如机床<br>主轴、电动机、蜗杆、汽车<br>前轮、减速器等机件                                                             |
|  <p>7000</p>            | 单列圆锥滚子轴承<br>GB297—64                                                                                      | 可同时承受以径向负荷为<br>主的径向与轴向负荷, 不宜<br>单独用来承受纯轴向负荷                                                      | 适用于刚性较大、跨距不<br>大的轴。单列圆锥滚子轴承<br>主要用于中、大功率的蜗杆、<br>减速箱, 汽车传动轴, 拖拉<br>机减速箱, 机床主轴等。大<br>锥角单列圆锥滚子轴承主要<br>用在承受大轴向负荷的机件<br>中 |
|  <p>27000</p>           | 大锥角单列圆锥滚子轴承<br>GB297—64                                                                                   | 可同时承受以轴向负荷为<br>主的轴向与径向负荷, 不宜<br>单独用来承受纯径向负荷                                                      |                                                                                                                      |

续表 2

| 简图及结构型式、代号                                                                                 | 类型名称及标准号            | 特 性         | 应 用                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------|------------------------------------|
| 推 力 轴 承                                                                                    |                     |             |                                    |
| <br>8000  | 单向推力球轴承<br>GB301—64 | 承受一方向的轴向负荷  | 适用于转速较低的机件中。如立式离心泵、起重机吊钩、机床主轴、千斤顶等 |
| <br>38000 | 双向推力球轴承<br>GB302—64 | 承受任一方向的轴向负荷 |                                    |

## ② 滚动轴承代号

表 5—108

滚动轴承国标代号组成

| 分段 | 前    |      | 中       |         |     |         |         |          |     | 后    |
|----|------|------|---------|---------|-----|---------|---------|----------|-----|------|
| 表示 | 数字   | 字母   | 数 字     |         |     |         |         |          |     | 字母   |
|    |      |      | 第七位     | 第六位     | 第五位 | 第四位     | 第三位     | 第二位      | 第一位 |      |
| 含义 | 游隙组别 | 精度等级 | 宽度系列    | 结构型式    |     | 类型      | 直径系列    | 内径代号     |     | 特殊要求 |
| 规定 |      |      | 表 5-111 | 表 5-107 |     | 表 5-107 | 表 5-110 | 见表 5-109 |     |      |

表 5—109

滚动轴承内径代号

| 内径尺寸 (mm) |            | 代 号 表 示 |                 |        | 举 例          |          |
|-----------|------------|---------|-----------------|--------|--------------|----------|
| 范围        | 特征         | 第三位     | 第二位             | 第一位    | 代 号          | 内 径      |
| ~ 10      | 整 数        | 0       | 直径系列代号          | 内 径    | 25           | 5        |
|           | 小 数        | 0       | 9               | 内径整数部分 | 96           | 6.3      |
|           | 小数(<3)     | 0       | 直径系列代号          | / 内径   | 100008 / 1.5 | 1.5      |
| 10~17     | 10         | 直径系列代号  | 0               | 0      | 300<br>302   | 10<br>15 |
|           | 12         |         |                 | 1      |              |          |
|           | 15         |         |                 | 2      |              |          |
|           | 17         |         |                 | 3      |              |          |
| 20~495    | 5 的倍数      | 直径系列代号  | 内径 / 5 的商       |        | 211          | 55       |
|           | 内径 / 5 为小数 | 9       | 内径 / 5 的商的最相近整数 |        | 910          | 49       |
| 500 以上    |            | 直径系列代号  | / 内径            |        | 10777 / 750  | 750      |

表 5—110

滚动轴承直径系列代号

| 系列名称     |           | 超轻      | 特轻      | 轻       | 中       | 重       | 特重 | 不定   | 内径非标准 |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|----|------|-------|
| 系列<br>代号 | 向心轴承角接触轴承 | 8, 9    | 1, 7    | 2 (5) * | 3 (6) * | 4       | —  | 7, 8 | 9     |
|          | 推力轴承      | —       | 9, 1    | 2       | 3       | 4       | 5  |      |       |
|          | 推力角接触轴承   | —       | 9, 1    | 2       | 3       | 4       | 5  |      |       |
| 举 例      |           | 7000800 | 2007100 | 200     | 300     | 400     | —  | 700  | 900   |
|          |           | 7000900 | 2097700 | 3500    | 3600    | —       | —  | 800  | —     |
|          |           | —       | 1008900 | 9039200 | 8300    | 9039400 | —  | —    | —     |
|          |           | —       | 9168100 | —       | —       | —       | —  | —    | —     |

注: \* 对于内径等于或大于10mm的轴承, 代号中右起第三位用数字“5”或“6”同时右起第七位用数字“0” (代号中不写出) 时, 分别表示轻宽或中宽系列; 对于内径小于 10mm 的轴承, 代号中右起第二位用数字“6”同时右起第七位用数字“0” (代号中不写出) 时, 表示中宽系列

表 5—111

滚动轴承宽度 (高度) 系列代号

| 系列名称     |                 | 特窄 (低)  | 窄 (低)                  | 正 常                 | 宽                    | 特 宽     |
|----------|-----------------|---------|------------------------|---------------------|----------------------|---------|
| 系列<br>代号 | 向心轴承<br>角接触轴承   | 8       | 7<br>0 (适于轻、<br>中、重系列) | 1<br>0 (适于特轻<br>系列) | 2<br>0 (适于轻、<br>中系列) | 3、4、5、6 |
|          | 推力轴承<br>推力角接触轴承 | 7       | 9                      | 1<br>0              | —                    | —       |
| 举 例      |                 | 8000200 | 200                    | 100                 | 2007100              | 3182100 |
|          |                 | 7008200 | 7000100                | 1000800             | 3500                 | 4074100 |
|          |                 | —       | 9009300                | 8200                | —                    | —       |
|          |                 | —       | 1008900                | —                   | —                    | —       |

### ③ 滚动轴承的选择

滚动轴承的类型选择参照表 5—153。其规格尺寸的选择方法如下:

#### A. 按疲劳寿命计算

滚动轴承的主要失效形式是疲劳点蚀。其寿命计算公式如下:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{\epsilon} \times 10^6 \text{ (转)}$$

$$\text{或, } L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P}\right)^{\epsilon} \text{ (小时)}$$

式中  $L_h$ —轴承的额定寿命, 可参考表 5—116;  $P$ —当量动载荷 N;  $n$ —轴承的转速 r/min;  $\epsilon$ —寿命指数, 对球轴承  $\epsilon=3$ , 对滚子轴承  $\epsilon=\frac{10}{3}$ ;  $C$ —额定动载荷 N, 可由轴承性能表中查取。

由表中查得的  $C$  值是在工作温度不超过 120℃, 载荷稳定情况下得出的。而实际情况下得到的额定动载荷  $C'$  修正如下:

$$C' = \frac{f_h \cdot f_p}{f_n \cdot f_T} P \text{ (N)}$$



式中,  $f_h$ —寿命系数, 查表 5-112  $f_n$ —速度系数, 查表 5-113;  $f_T$ —温度系数, 查表 5-114;  $f_F$ —负荷系数, 查表 5-115。表中查得的  $C$  应大于等于  $C'$ 。当量动载荷计算公式  $P = XF_r + YF_a$  (N)。式中  $F_r$ —轴承的实际径向负荷 (N);  $F_a$ —轴承实际轴向负荷 (N);  $X$ —径向系数, 见表 5-117;  $Y$ —轴向系数, 见表 5-117。

表 5-112

寿命系数  $f_h$

| $L_h$<br>(h) | $f_h$ |      | $L_h$<br>(h) | $f_h$ |      | $L_h$<br>(h) | $f_h$ |      | $L_h$<br>(h) | $f_h$ |      | $L_h$<br>(h) | $f_h$ |      |
|--------------|-------|------|--------------|-------|------|--------------|-------|------|--------------|-------|------|--------------|-------|------|
|              | 球轴承   | 滚子轴承 |              | 球轴承   | 滚子轴承 |              | 球轴承   | 滚子轴承 |              | 球轴承   | 滚子轴承 |              | 球轴承   | 滚子轴承 |
| 100          | 0.59  | 0.62 | 600          | 1.07  | 1.06 | 1500         | 1.45  | 1.39 | 5000         | 2.15  | 2.00 | 28000        | 3.82  | 3.36 |
| 150          | 0.68  | 0.69 | 650          | 1.09  | 1.03 | 1600         | 1.48  | 1.41 | 6000         | 2.30  | 2.11 | 32000        | 4.00  | 3.50 |
| 200          | 0.74  | 0.76 | 700          | 1.12  | 1.11 | 1700         | 1.51  | 1.45 | 7000         | 2.41  | 2.21 | 36000        | 4.16  | 3.60 |
| 250          | 0.81  | 0.81 | 800          | 1.17  | 1.15 | 1800         | 1.54  | 1.47 | 8000         | 2.52  | 2.30 | 40000        | 4.31  | 3.70 |
| 300          | 0.84  | 0.86 | 900          | 1.22  | 1.19 | 2000         | 1.59  | 1.52 | 10000        | 2.71  | 2.45 | 50000        | 4.64  | 4.00 |
| 350          | 0.87  | 0.90 | 1000         | 1.26  | 1.23 | 2400         | 1.69  | 1.60 | 12000        | 2.84  | 2.60 | 60000        | 4.94  | 4.33 |
| 400          | 0.94  | 0.94 | 1100         | 1.30  | 1.27 | 2800         | 1.78  | 1.67 | 14000        | 3.04  | 2.72 | 70000        | 5.19  | 4.46 |
| 450          | 0.97  | 0.97 | 1200         | 1.34  | 1.30 | 3200         | 1.86  | 1.75 | 16000        | 3.18  | 2.83 | 80000        | 5.43  | 4.59 |
| 500          | 1.00  | 1.00 | 1300         | 1.38  | 1.33 | 3600         | 1.93  | 1.80 | 20000        | 3.42  | 3.02 | 90000        | 5.65  | 4.77 |
| 550          | 1.03  | 1.03 | 1400         | 1.41  | 1.36 | 4000         | 2.00  | 1.87 | 24000        | 3.63  | 3.19 | 100000       | 5.85  | 4.90 |

表 5-113

速度系数  $f_n$

| $n$<br>r/min | $f_n$ |      | $n$<br>r/min | $f_n$ |      | $n$<br>r/min | $f_n$ |      | $n$<br>r/min | $f_n$ |      | $n$<br>r/min | $f_n$ |      |
|--------------|-------|------|--------------|-------|------|--------------|-------|------|--------------|-------|------|--------------|-------|------|
|              | 球轴承   | 滚子轴承 |              | 球轴承   | 滚子轴承 |              | 球轴承   | 滚子轴承 |              | 球轴承   | 滚子轴承 |              | 球轴承   | 滚子轴承 |
| 15           | 1.3   | 1.27 | 90           | 0.72  | 0.74 | 300          | 0.48  | 0.52 | 900          | 0.33  | 0.37 | 2200         | 0.25  | 0.28 |
| 25           | 1.11  | 1.09 | 100          | 0.69  | 0.72 | 350          | 0.46  | 0.50 | 1000         | 0.32  | 0.36 | 2400         | 0.24  | 0.27 |
| 33.3         | 1.0   | 1.0  | 110          | 0.67  | 0.70 | 400          | 0.44  | 0.49 | 1100         | 0.31  | 0.35 | 2600         | 0.23  | 0.27 |
| 40           | 0.94  | 0.95 | 120          | 0.65  | 0.68 | 450          | 0.42  | 0.46 | 1200         | 0.30  | 0.34 | 3000         | 0.22  | 0.26 |
| 45           | 0.91  | 0.91 | 130          | 0.64  | 0.66 | 500          | 0.41  | 0.45 | 1300         | 0.295 | 0.33 | 4000         | 0.20  | 0.24 |
| 50           | 0.88  | 0.88 | 150          | 0.61  | 0.63 | 550          | 0.39  | 0.43 | 1400         | 0.29  | 0.33 | 5000         | 0.19  | 0.23 |
| 55           | 0.85  | 0.85 | 170          | 0.58  | 0.61 | 600          | 0.38  | 0.42 | 1500         | 0.28  | 0.32 | 6000         | 0.18  | 0.22 |
| 60           | 0.83  | 0.84 | 200          | 0.55  | 0.58 | 650          | 0.37  | 0.41 | 1600         | 0.28  | 0.31 | 7000         | 0.17  | 0.21 |
| 70           | 0.78  | 0.80 | 230          | 0.53  | 0.56 | 700          | 0.36  | 0.40 | 1800         | 0.27  | 0.30 | 8000         | 0.16  | 0.20 |
| 80           | 0.75  | 0.77 | 260          | 0.51  | 0.54 | 800          | 0.35  | 0.39 | 2000         | 0.26  | 0.29 | 10000        | 0.15  | 0.18 |

表 5—114

温 度 系 数  $f_t$ 

| 轴承的工作<br>环境温度℃ | <100 | 125  | 150  | 175  | 200  | 225  | 250  | 300  | 350  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $f_t$          | 1    | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.75 | 0.70 | 0.60 | 0.50 |

表 5—115

负 荷 系 数  $f_F$ 

| 负 荷 性 质    | 设 备 举 例             | $f_F$   |
|------------|---------------------|---------|
| 平稳, 或有轻微冲击 | 电动机, 汽轮机, 通风机, 水泵   | 1.0~1.2 |
| 中等冲击力      | 车辆, 机床, 起重机, 冶金设备   | 1.2~1.5 |
| 强大冲击力      | 破碎机, 轧钢机, 石油钻机, 振动筛 | 1.5~3   |

表 5—116

各种设备轴承的使用寿命

| 设 备 种 类                                                                        | 使用寿命, h         |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 不常使用的设备, 如闸门开闭装置等<br>航空发动机和类似地要求质量轻的机械                                         | 500<br>500~2000 |
| 短期或间断使用的机械, 中断使用不致引起严重后果<br>例如: 一般手工操作的机械, 轻便手提式工具, 农业机械, 车间用升降滑车, 装配吊车等       | 4000~8000       |
| 间断使用的机械, 中断使用能引起严重后果<br>例如: 动力站的辅助机械, 农机的电动机, 皮带运输机, 车间的吊车, 不常用的机床等            | 8000~14000      |
| 每天 8h 工作和不经常满载工作的机械<br>例如: 机床, 齿轮传动装置, 中间传动轴, 一般机械, 木材加工机械, 连续使用的起重机等          | 14000~30000     |
| 24h 连续工作的机械<br>例如: 空气压缩机, 水泵, 固定电动机, 卷扬机, 输送滚子等                                | 50000~60000     |
| 24h 连续工作的机械, 中断使用将引起严重后果<br>例如: 电站的主要设备, 动力厂连续生产的机械, 矿井的水泵, 纤维和造纸机械, 船舶螺旋桨的轴承等 | 100000~200000   |

表 5—117

径向系数  $X$  和轴向系数  $Y$ 

| 轴 承 类 型                                                      | $\frac{iF_0}{C_0}$ | 单 列 轴 承                  |   |                            |                                        | 双 列 轴 承                  |                                         |                          |                                         | e                                     |
|--------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|---|----------------------------|----------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                              |                    | $\frac{F_a}{F_r} \leq e$ |   | $\frac{F_a}{F_r} \leq e$   |                                        | $\frac{F_a}{F_r} \leq e$ |                                         | $\frac{F_a}{F_r} \leq e$ |                                         |                                       |
|                                                              |                    | X                        | Y | X                          | Y                                      | X                        | Y                                       | X                        | Y                                       |                                       |
| 单列向心球轴承<br>0000 型                                            | 0.025              |                          |   |                            | 2.0                                    |                          |                                         |                          |                                         | 0.22                                  |
|                                                              | 0.04               |                          |   |                            | 1.8                                    |                          |                                         |                          |                                         | 0.24                                  |
|                                                              | 0.07               | 1                        | 0 | 0.56                       | 1.6                                    |                          |                                         |                          |                                         | 0.27                                  |
|                                                              | 0.13               |                          |   |                            | 1.4                                    |                          |                                         |                          | 0.31                                    |                                       |
|                                                              | 0.25               |                          |   |                            | 1.2                                    |                          |                                         |                          | 0.37                                    |                                       |
|                                                              | 0.5                |                          |   |                            | 1.0                                    |                          |                                         |                          | 0.44                                    |                                       |
| 向心推力球轴承<br>36000 型<br>$\alpha=12^\circ$                      | 0.025              |                          |   |                            | 1.61                                   |                          | 1.85                                    |                          | 2.62                                    | 0.34                                  |
|                                                              | 0.04               |                          |   |                            | 1.53                                   |                          | 1.75                                    |                          | 2.49                                    | 0.36                                  |
|                                                              | 0.07               | 1                        | 0 | 0.45                       | 1.40                                   | 1                        | 1.60                                    | 0.74                     | 2.28                                    | 0.39                                  |
|                                                              | 0.13               |                          |   |                            | 1.25                                   |                          | 1.44                                    |                          | 2.05                                    | 0.43                                  |
|                                                              | 0.25               |                          |   |                            | 1.12                                   |                          | 1.28                                    |                          | 1.82                                    | 0.49                                  |
|                                                              | 0.50               |                          |   |                            | 1.00                                   |                          | 1.15                                    |                          | 1.63                                    | 0.55                                  |
| 46000 型<br>$\alpha=26^\circ$<br>66000 型<br>$\alpha=36^\circ$ |                    | 1                        | 1 | 0.41                       | 0.85                                   | 1                        | 0.89                                    | 0.66                     | 1.38                                    | 0.70                                  |
|                                                              |                    |                          |   | 0.36                       | 0.64                                   |                          | 0.65                                    | 0.59                     | 1.05                                    | 1.00                                  |
| 双列向心球面球轴承                                                    |                    |                          |   |                            |                                        | 1                        | $0.42 \times \operatorname{ctg} \alpha$ | 0.65                     | $0.65 \times \operatorname{ctg} \alpha$ | $1.5 \times \operatorname{tg} \alpha$ |
| 双列向心球面滚子轴承                                                   |                    |                          |   |                            |                                        | 1                        | $0.45 \times \operatorname{ctg} \alpha$ | 0.67                     | $0.67 \times \operatorname{ctg} \alpha$ | $1.5 \times \operatorname{tg} \alpha$ |
| 圆锥滚子轴承                                                       |                    | 1                        | 0 | 0.4                        | $0.4 \times \operatorname{ctg} \alpha$ | 1                        | $0.45 \times \operatorname{ctg} \alpha$ | 0.67                     | $0.67 \times \operatorname{ctg} \alpha$ | $1.5 \times \operatorname{tg} \alpha$ |
| 推力向心滚子轴承                                                     |                    |                          |   | $\operatorname{tg} \alpha$ | 1                                      |                          |                                         |                          |                                         | $1.5 \times \operatorname{tg} \alpha$ |

注:  $i$ —滚动体列数。 $\alpha$ —接触角。

计算向心推力轴承的当量动载荷时, 须将轴承的径向力  $F_r$  所引起的轴向力  $S$  考虑在内, 其轴向力  $S$  的近似计算公式如下:

$$S = 1.25 \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot F_r$$

式中  $S$ —附加轴向力 (N);  $\beta$ —轴承的实际接触角;  $F_r$ —轴承径向负荷 (N)。

## B. 按静负荷选择

对于低速运转的轴承, 其失效形式是滚动体或内外滚道的塑性变形, 应按静负荷选择轴承的尺寸。如果轴承作用力变动较大, 尤其是受重大冲击负荷的轴承, 也要按静负荷进行验算。此外, 当轴承转速不高, 而且以转速衡量轴承的寿命很短时, 也要考虑轴承的静负荷能力。轴承的静负荷计算公式为:

$$C_0 > n_0 P_0 (N)$$

式中,  $C_0$ —额定静负荷 (N);  $P_0$ —当量静负荷 (N);  $n_0$ —安全系数, 见表 5—129。

当量静负荷按下述公式计算, 取其较大值

$$\left. \begin{aligned} P_0 &= X_0 F_r + Y_0 F_a \\ P_0 &= F_r \end{aligned} \right\}$$

式中,  $F_r$ —径向负荷 (N);  $F_a$ —轴向负荷 N;  $P_0$ —当量静负荷 (N);  $X_0$ —静径向系数, 见表 5—118  $Y_0$ —静轴向系数, 见表 5—118

表 5—118

$X_0, Y_0$

| 轴 承 类 型                     | 单 列 轴 承                        |                                  | 双 列 轴 承 |                                  |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------|----------------------------------|
|                             | $X_0$                          | $Y_0$                            | $X_0$   | $Y_0$                            |
| 单列向心球轴承                     | 0.6                            | 0.5                              |         |                                  |
| 单列向心推力球轴承                   |                                |                                  |         |                                  |
| 36000 型 $\alpha = 12^\circ$ | 0.5                            | 0.48                             | 1       | 0.96                             |
| 46000 型 $\alpha = 26^\circ$ | 0.5                            | 0.37                             | 1       | 0.74                             |
| 66000 型 $\alpha = 36^\circ$ | 0.5                            | 0.28                             | 1       | 0.56                             |
| 双列向心球面球轴承                   |                                |                                  | 1       | $0.44 \operatorname{ctg} \alpha$ |
| 双列向心球面滚子轴承                  |                                |                                  | 1       | $0.44 \operatorname{ctg} \alpha$ |
| 圆锥滚子轴承                      | 0.5                            | $0.22 \operatorname{atg} \alpha$ | 1       | $0.44 \operatorname{ctg} \alpha$ |
| 向心推力球面滚子轴承                  | $2.3 \operatorname{tg} \alpha$ | 1                                |         |                                  |

表 5—119

静 负 荷 的 安 全 系 数  $n_0$

|            | 使用要求, 负荷性质或使用的设备             | $n_0$   |
|------------|------------------------------|---------|
| 旋转的轴承      | 对旋转精度和运转平稳性要求较高、或承受强大的冲击负荷   | 1.2~2.5 |
|            | 一般情况                         | 0.8~1.2 |
|            | 对旋转精度和运转平稳性要求较低,或基本上消除了冲击和振动 | 0.5~0.8 |
| 非旋转及摆动的轴承  | 飞机变距螺旋桨叶片                    | $>0.5$  |
|            | 水坝闸门装置                       | $>1$    |
|            | 吊桥                           | $>1.5$  |
|            | 附加动负荷较小的大型起重机吊钩              | $>1$    |
|            | 附加动负荷很大的小型装卸起重机吊钩            | $>1.6$  |
| 推力向心球面滚子轴承 |                              | $>2$    |

### C. 滚动轴承的配合

表 5—120

向心轴承和向心推力轴承的配合

| 套圈负荷类型 | 配 合                                   |                                 |
|--------|---------------------------------------|---------------------------------|
|        | 内 圈 与 轴                               | 外 圈 与 外 壳                       |
| 局部负荷   | j5, js5, js6, h6, g6, f7,             | J6, Js6, J7, H6, H7, H8, H9, G7 |
| 循环负荷   | n5, n6, m5, m6, k5, K6, j5, js5, js6, | N6, N7, M6, M7, K6, K7,         |
| 摆动负荷   | j5, js5, js6                          | J6, Js6, J7                     |

表 5—121

推力轴承的配合

| 轴承工作条件       | 轴 与 轴 承 的 配 合 |        | 外壳与轴承的配合     |
|--------------|---------------|--------|--------------|
|              | 推力球轴承         | 推力滚子轴承 | 推力球轴承与推力滚子轴承 |
| 紧圈旋转<br>活圈旋转 | js6, k6       | m6, k6 | F9<br>J7     |

## 5.8 联轴器与离合器

### 5.8.1 联轴器

#### ①联轴器轴孔形式及代号

国家标准 GB3852—83 规定的联轴器轴孔形式见图 5—30。圆锥形轴孔用于重载、有冲击或反转场合。

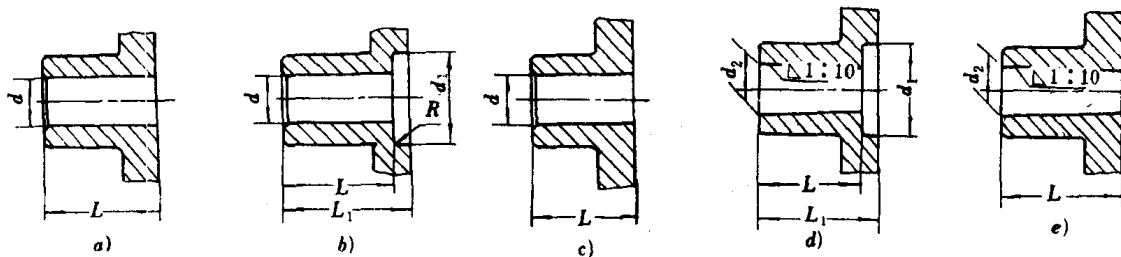


图 5—30 联轴器的轴孔型式

- a) Y 型长圆柱形轴孔   b) J 型有沉孔的短圆柱形轴孔   c) J<sub>1</sub> 型无沉孔的短圆柱形轴孔  
d) Z 型有沉孔的圆锥形轴孔   e) Z<sub>1</sub> 型无沉孔的圆锥形轴孔

## ②联轴器轴孔的键槽型式及其代号

国家标准 GB3852—83 规定的联轴器键槽的型式见图 5—31。其轴孔和键槽的尺寸见表 5—122、5—123。

键槽的位置公差按 GB1059—79 附录规定。 $120^\circ$ 、 $180^\circ$  布置的双键槽的倾斜度，按 GB1184—80《形状和位置公差未注公差》的规定，倾斜度公差按 7 或 8 级选取，未注明的按 9 级选取。

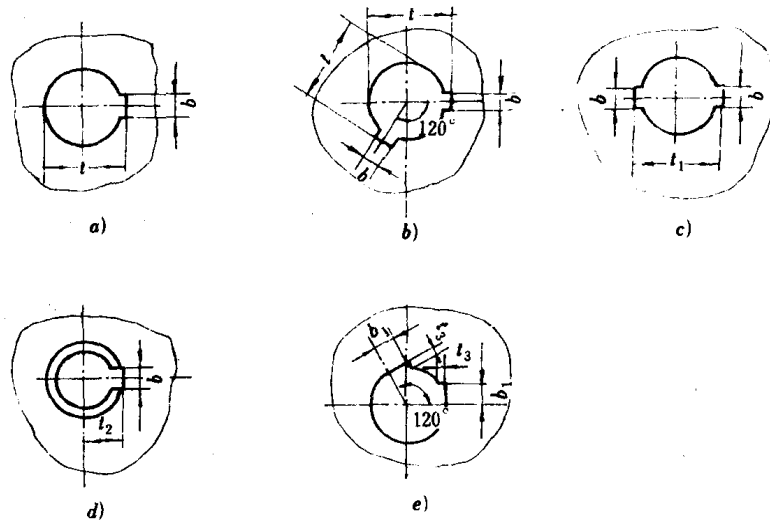
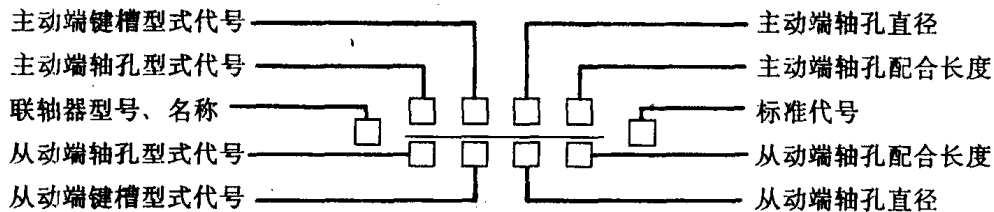


图 5—31 联轴器轴孔的键槽型式

- a) A 型平键单键槽 b) B 型  $120^\circ$  布置平键双键槽 c)  $B_1$  型  $180^\circ$  布置平键双键槽  
d) C 型圆锥形轴孔平键单键槽 e) D 型圆锥形轴孔普通切向键键槽

## ③联轴器轴孔和键槽的型式及尺寸的标注



对于 Y 型轴孔 A 型键槽的代号，其标记可以省略。当联轴器两端轴孔和键槽的型式与尺寸均相同时，可只标记一端，省略另一端。

例 1. GB4323—84TL4 弹性套柱销联轴器主动端： $J_1$  型轴孔，B 型键槽， $d=20\text{mm}$ ， $L=52\text{mm}$ 。  
从动端：J 型轴孔， $B_1$  型键槽， $d=22\text{mm}$ ， $L=38\text{mm}$

标注：TL4 联轴器  $\frac{J_1 B 20 \times 52}{J B_1 22 \times 38}$  GB4323—84

例 2. GB5014—85HL5 弹性柱销联轴器主动端：J 型轴孔，B 型键槽， $d=70\text{mm}$ ， $L=107\text{mm}$ 。  
从动端：J 型轴孔，B 型键槽， $d=70\text{mm}$ ， $L=107\text{mm}$ 。

标注：HL5 联轴器 JB70×107GB5014—85

表 5—122

圆柱形轴孔和键槽的尺寸

(mm)

| 直 径 $d$  |                  | 长 度  |      |       | 沉孔尺寸  |             | A 型、B 型、B <sub>1</sub> 型键槽 |                  |          |           |          |           | D 型键槽    |          |           |      |                  |      |      |      |
|----------|------------------|------|------|-------|-------|-------------|----------------------------|------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|------|------------------|------|------|------|
| 公称<br>尺寸 | 极限偏差<br>H7       | $L$  |      | $L_1$ | $d_1$ | $R$         | $b$                        |                  | $t$      |           | $t_1$    |           | $t_3$    |          | $b_1$     |      |                  |      |      |      |
|          |                  | 长系列  | 短系列  |       |       |             | 公称<br>尺寸                   | 极限偏差<br>P9       | 公称<br>尺寸 | 极限<br>偏差  | 公称<br>尺寸 | 极限<br>偏差  | 公称<br>尺寸 | 极限<br>偏差 |           |      |                  |      |      |      |
| 6        | +0.012<br>0      | 16   | —    | —     | —     | —           | 2                          | -0.006<br>-0.031 | 7        | +0.1<br>0 | 8        | +0.2<br>0 | —        | —        | —         |      |                  |      |      |      |
| 7        | +0.015<br>0      |      |      |       |       |             |                            |                  | 8        |           | 9        |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 8        | +0.015<br>0      | 20   | —    | —     | —     | —           | 2                          | -0.006<br>-0.031 | 9        | +0.1<br>0 | 10       | +0.2<br>0 | —        | —        | —         |      |                  |      |      |      |
| 9        |                  |      |      |       |       |             | 3                          |                  | 10.4     |           | 11.8     |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 10       |                  |      |      |       |       |             | 25                         |                  | 22       |           | —        |           |          |          |           | —    | 4                | 11.4 | 12.8 |      |
| 11       | +0.018<br>0      | 32   | 27   | —     | —     | 12.8        |                            | 14.6             |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 12       |                  |      |      |       |       | 13.8        | 15.6                       |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 14       |                  |      |      |       |       | 42          | 30                         | 42               | —        |           | —        |           |          |          |           | 16.3 | 18.6             |      |      |      |
| 16       | +0.021<br>0      | 52   | 38   | 52    | 38    |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           | 1.5  | 18.3             | 20.6 |      |      |
| 18       |                  |      |      |       |       | 62          | 44                         | 62               | 48       |           | 8        |           |          |          |           |      | -0.012<br>-0.042 | 20.8 | 23.6 |      |
| 19       |                  |      |      |       |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  | 21.8 | 24.6 |      |
| 20       | 22.8             | 25.6 |      |       |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 22       | 24.8             | 27.6 |      |       |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 24       | 82               | 60   | 82   | 55    | —     | 10          | -0.015<br>-0.051           | 27.3             | 30.6     |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 25       |                  |      |      |       |       |             |                            | 62               | 44       |           | 62       |           |          |          |           | 48   |                  | 8    | 28.3 | 31.6 |
| 28       |                  |      |      |       |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      | 31.3 | 34.6 |
| 30       | 33.3             | 36.6 |      |       |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 32       | +0.025<br>0      | 112  | 84   | 112   | 80    | 14          |                            | -0.018<br>-0.061 | 35.3     |           | 38.6     |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 35       |                  |      |      |       |       |             |                            |                  | 65       |           | 2        |           |          |          |           | 12   | 43.3             | 41.6 |      |      |
| 38       |                  |      |      |       |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  | 44.6 |      |      |
| 40       | 112              | 84   | 112  | 80    | 14    | 45.3        |                            |                  | 46.6     |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 42       |                  |      |      |       |       |             |                            |                  | 48.8     |           | 48.6     |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 45       |                  |      |      |       |       | +0.030<br>0 | 142                        |                  |          | 107       | 142      | 95        | —        | 16       | +0.2<br>0 | 52.6 | +0.4<br>0        |      |      |      |
| 48       | 18               | 51.8 | 55.6 |       |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 50       |                  | 20   | 53.8 | 57.6  |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 55       | 105              |      | 2.5  | 18    | 59.3  | 63.6        |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 56       |                  | 120  |      |       | —     | 20          | 60.3                       |                  | 64.6     |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 60       | -0.022<br>-0.074 |      | 64.4 | 68.8  |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 63       |                  | 74.9 | 67.4 | 71.8  |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 65       | 69.4             |      | 73.8 |       |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 70       | 8                | 75.9 | 79.8 |       |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 71       |                  | 80.8 |      |       |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |
| 75       |                  | 79.9 | 84.8 |       |       |             |                            |                  |          |           |          |           |          |          |           |      |                  |      |      |      |

表 5—123

圆锥形轴孔和键槽的尺寸

(mm)

| 直 径 $d_2$ |                   | 长 度         |     | 沉孔尺寸  |     | C 型 键 槽              |                      |                      |           |           |      |      |
|-----------|-------------------|-------------|-----|-------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| 公称尺寸      | 极限偏差<br>$J_{s10}$ | $L_1$       | $L$ | $d_1$ | $R$ | $b$                  |                      | $l_2$                |           |           |      |      |
|           |                   |             |     |       |     | 公称尺寸                 | 极限偏差<br>$p_9$        | 公称尺寸                 | 极限偏差      |           |      |      |
| 6         | $\pm 0.024$       | 12          | —   | —     | —   | —                    | —                    | —                    | —         |           |      |      |
| 7         | $\pm 0.029$       |             |     |       |     |                      |                      |                      |           |           |      |      |
| 8         |                   | 14          | —   | —     | —   | —                    | —                    |                      |           |           |      |      |
| 9         |                   |             |     |       |     |                      |                      |                      |           |           |      |      |
| 10        |                   | 17          | —   | —     | —   | 2                    | $+0.006$<br>$-0.031$ | 6.1                  | $\pm 0.1$ |           |      |      |
| 11        | 20                |             |     |       |     |                      |                      | —                    |           | —         | —    | 6.5  |
| 12        |                   | 3           | 7.9 |       |     |                      |                      |                      |           |           |      |      |
| 14        |                   |             | 8.7 |       |     |                      |                      |                      |           |           |      |      |
| 16        | $\pm 0.035$       | 30          | 42  | 38    | 1.5 | 4                    | 10.1                 |                      |           |           |      |      |
| 18        |                   |             |     |       |     |                      | 10.6                 |                      |           |           |      |      |
| 19        |                   |             |     |       |     |                      | 10.9                 |                      |           |           |      |      |
| 20        |                   |             |     |       |     |                      | 11.9                 |                      |           |           |      |      |
| 22        |                   | 38          | 52  |       |     | 48                   | 5                    | $-0.012$<br>$-0.042$ |           | 13.4      |      |      |
| 24        |                   |             |     |       |     |                      |                      | 13.7                 |           |           |      |      |
| 25        |                   |             |     |       |     |                      |                      | 15.2                 |           |           |      |      |
| 28        |                   |             |     |       |     |                      |                      | 15.8                 |           |           |      |      |
| 30        | $\pm 0.042$       | 44          | 62  | 55    |     |                      | 6                    | $-0.012$<br>$-0.042$ |           | 17.3      |      |      |
| 32        |                   |             |     |       |     |                      |                      |                      |           | 18.3      |      |      |
| 35        |                   |             |     |       |     |                      |                      |                      |           | 20.3      |      |      |
| 38        |                   |             |     |       |     |                      |                      |                      | 21.2      | $\pm 0.2$ |      |      |
| 40        | $\pm 0.050$       | 60          | 82  | 65    | 2.0 | $-0.015$<br>$-0.051$ | 22.2                 |                      |           |           |      |      |
| 42        |                   |             |     |       |     |                      | 84                   | 112                  | 80        |           | 12   | 23.7 |
| 45        |                   |             |     |       |     |                      |                      |                      |           |           |      | 25.2 |
| 48        |                   |             |     |       |     |                      |                      |                      |           |           |      | 26.2 |
| 50        | $\pm 0.050$       | 95          | 105 | 2.5   | 14  | $-0.018$<br>$-0.061$ | 29.2                 |                      |           |           |      |      |
| 55        |                   |             |     |       |     |                      | 29.7                 |                      |           |           |      |      |
| 56        |                   |             |     |       |     |                      | 107                  | 142                  | 120       |           | 18   | 31.7 |
| 60        |                   |             |     |       |     |                      |                      |                      |           |           |      | 32.2 |
| 63        |                   | 34.2        |     |       |     |                      |                      |                      |           |           |      |      |
| 65        |                   | $\pm 0.060$ |     |       | 107 |                      | 142                  | 120                  | 18        |           | 36.8 |      |
| 70        |                   |             |     |       |     |                      |                      |                      |           |           | 37.3 |      |
| 71        |                   |             |     |       |     |                      |                      |                      |           |           | 39.3 |      |
| 75        |                   |             |     |       |     |                      |                      |                      |           |           | 39.3 |      |



#### ④凸缘联轴器

##### A. 凸缘联轴器的强度计算

a 普通螺栓连接的受力和强度计算, 满足传递转矩所需的螺栓预紧力  $F$ :

$$F = \frac{4Te}{(D + D_1)n\mu} \quad (\text{N})$$

螺栓连接的强度计算

$$\sigma = \frac{5.2F}{\pi d_1^2} \leq [\sigma] \quad (\text{N/mm}^2)$$

式中,  $Te$ —联轴器的计算转矩 ( $\text{N} \cdot \text{mm}$ );  $D$ —半联轴器凸缘的外径 ( $\text{mm}$ );

$D_1$ —两半联轴器凸缘端面接触处的内径 ( $\text{mm}$ );  $\mu$ —摩擦系数, 一般可取  $\mu = 0.1 \sim 0.2$ ;  $n$ —螺栓数目;  $d_1$ —螺栓的螺纹小径, ( $\text{mm}$ );  $[\sigma]$ —螺栓材料许用应力, 对 45 钢控制预紧力时, 可取  $[\sigma] = 240 (\text{N/mm}^2)$

b. 铰制孔螺栓连接的受力和强度计算, 每个螺栓所受的剪切力  $F_s$ .

$$F_s = \frac{2T_e}{D_o n} \quad (\text{N})$$

螺栓的剪切强度条件

$$\tau = \frac{4F_s}{\pi d_o^2} \leq [\tau] \quad (\text{N/mm}^2)$$

螺栓连接的挤压强度条件

$$\sigma_p = \frac{F_s}{d_o h} \leq [\sigma_p] \quad (\text{N/mm}^2)$$

式中,  $D_o$ —螺栓中心分布圆直径 ( $\text{mm}$ );  $d_o$ —螺栓受剪面直径 ( $\text{mm}$ );  $[\tau]$ —螺栓的许用剪应力, 对 45 钢可取  $[\tau] = 90 (\text{N/mm}^2)$ ;  $h$ —螺栓与螺栓孔壁接触部分的较小高度 ( $\text{mm}$ );  $[\sigma_p]$ —螺栓联接的许用挤压应力。当半联轴器材料为铸铁时, 可取  $[\sigma_p] = 160 (\text{N/mm}^2)$ ; 当半联轴器材料为钢时, 可取  $[\sigma_p] = 220 (\text{N/mm}^2)$ 。

c. 凸缘联轴器的主要尺寸和特性

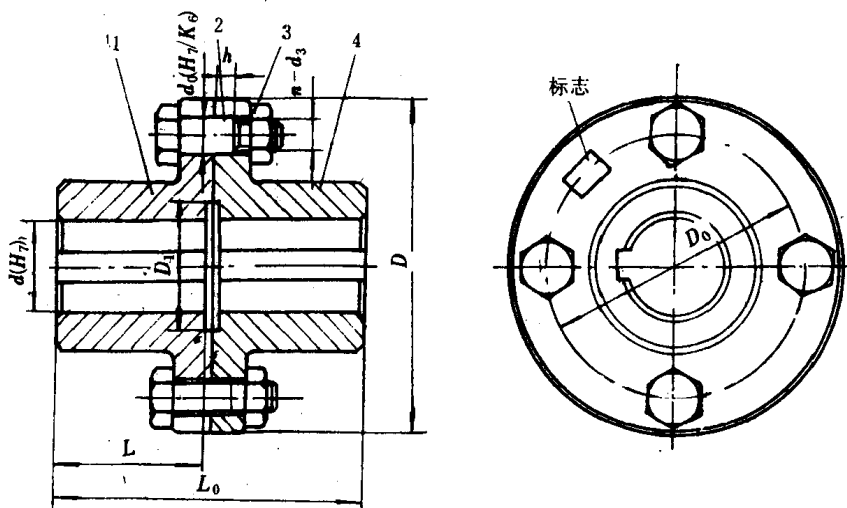


图 5—32 YL 型凸缘联轴器

1. 4-半联轴器 2. 螺栓 3. 尼龙锁紧螺母

凸缘联轴器是应用最广泛的一种固定式刚性联轴器。凸缘式联轴器有几种不同的对中方式，常用的有三种。图 5—32 为利用铰制孔螺栓对中；图 5—33 为凹凸榫对中；图 5—34 为用一对剖分环对中；图 5—35 为带有防护缘的凸缘联轴器。表 5—124 列出了国家标准 GB5843—86 凸缘联轴器的主要尺寸和特性参数。

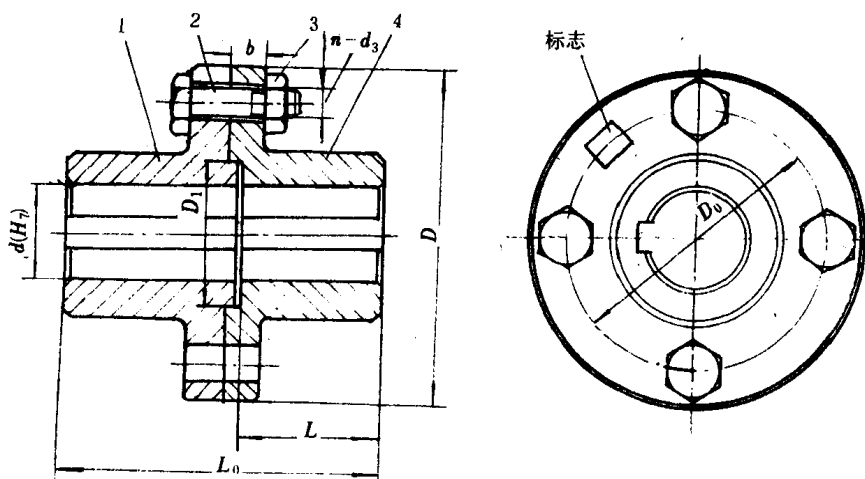


图 5—33 YLD 型凸缘联轴器

1. 4—半联轴器 2. 螺栓 3. 尼龙锁紧螺母

标记示例: YLD5 凸缘联轴器

主动端: Y 型轴孔、A 型键槽  $d=45$ 、 $L=84$

从动端: Y 型轴孔、A 型键槽  $d=45$ 、 $L=84$

YLD5 联轴器  $45 \times 84$  GB5843—86

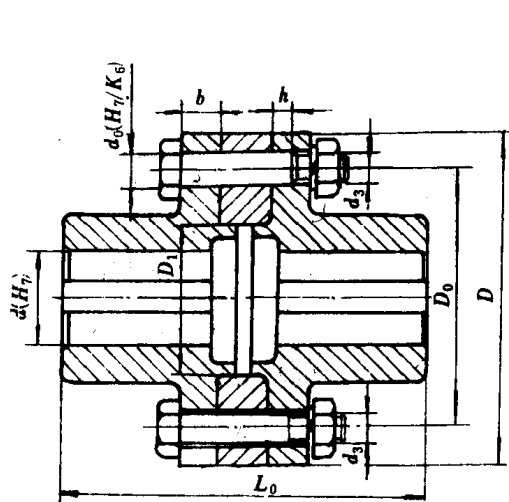


图 5—34 剖分环凸缘联轴器

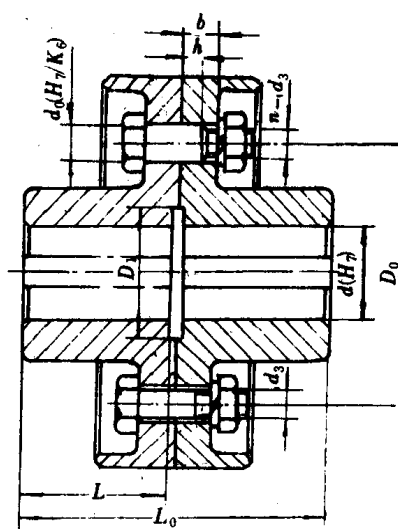


图 5—35 带防护缘凸缘联轴器

表 5—124

凸缘联轴器的主要尺寸和特性参数

| 型 号         | 许用<br>转矩<br>(T) | 许用转速<br>(n) |       | 轴孔直径<br>d(H7) |    | 轴孔长度<br>L |                    | D    | D <sub>0</sub> | 螺 栓       |                              | L <sub>0</sub>     |      | 质量                     | 转动惯量   |
|-------------|-----------------|-------------|-------|---------------|----|-----------|--------------------|------|----------------|-----------|------------------------------|--------------------|------|------------------------|--------|
|             |                 | (r / min)   |       | (mm)          |    |           |                    |      |                | 数量<br>(n) | 直径<br>d <sub>3</sub><br>(mm) | (mm)               |      |                        |        |
|             | (N · m)         | 铁           | 钢     | 铁             | 钢  | Y 型       | J、J <sub>1</sub> 型 | (mm) | Y 型            |           |                              | J、J <sub>1</sub> 型 | (kg) | (kg · m <sup>2</sup> ) |        |
| YL1<br>YLD1 | 10              | 8100        | 13000 | 10            | 10 | 25        | 22                 | 71   | 53             | 3<br>(3)  | M6                           | 54                 | 48   | 0.94                   | 0.0018 |
|             |                 |             |       | 11            | 11 |           |                    |      |                |           |                              | 68                 | 58   |                        |        |
|             |                 |             |       | 12            | 12 | 32        | 27                 |      |                |           |                              | 88                 | 64   |                        |        |
|             |                 |             |       | 14            | 14 |           |                    |      |                |           |                              | 108                | 80   |                        |        |
|             |                 |             |       | 16            | 16 | 42        | 30                 |      |                |           |                              | 128                | 92   |                        |        |
|             |                 |             |       | 18            | 18 |           |                    |      |                |           |                              | 148                | 104  |                        |        |
|             |                 |             |       | 19            | 19 | 52        | 38                 |      |                |           |                              | 168                | 124  |                        |        |
|             |                 |             |       | 20            | 20 |           |                    |      |                |           |                              | 188                | 140  |                        |        |
| —           | 22              |             |       |               |    |           |                    |      |                |           |                              |                    |      |                        |        |
| YL2<br>YLD2 | 16              | 7200        | 12000 | 12            | 12 | 32        | 27                 | 80   | 64             | 4<br>(4)  | M6                           | 68                 | 58   | 1.50                   | 0.0035 |
|             |                 |             |       | 14            | 14 |           |                    |      |                |           |                              | 88                 | 64   |                        |        |
|             |                 |             |       | 16            | 16 | 42        | 30                 |      |                |           |                              | 108                | 80   |                        |        |
|             |                 |             |       | 18            | 18 |           |                    |      |                |           |                              | 128                | 92   |                        |        |
|             |                 |             |       | 19            | 19 | 52        | 38                 |      |                |           |                              | 148                | 104  |                        |        |
|             |                 |             |       | 20            | 20 |           |                    |      |                |           |                              | 168                | 124  |                        |        |
|             |                 |             |       | —             | 22 |           |                    |      |                |           |                              |                    |      |                        |        |
| YL3<br>YLD3 | 25              | 6400        | 10000 | 14            | 14 | 32        | 27                 | 90   | 69             | 3<br>(3)  | M8                           | 68                 | 58   | 1.99                   | 0.0060 |
|             |                 |             |       | 16            | 16 |           |                    |      |                |           |                              | 88                 | 64   |                        |        |
|             |                 |             |       | 18            | 18 | 42        | 30                 |      |                |           |                              | 108                | 80   |                        |        |
|             |                 |             |       | 19            | 19 |           |                    |      |                |           |                              | 128                | 92   |                        |        |
|             |                 |             |       | 20            | 20 | 52        | 38                 |      |                |           |                              | 148                | 104  |                        |        |
|             |                 |             |       | 22            | 22 |           |                    |      |                |           |                              | 168                | 124  |                        |        |
|             |                 |             |       | —             | 24 | 62        | 44                 |      |                |           |                              | 188                | 140  |                        |        |
| —           | 25              |             |       |               |    |           |                    |      |                |           |                              |                    |      |                        |        |
| YL4<br>YLD4 | 40              | 5700        | 9500  | 18            | 18 | 42        | 30                 | 100  | 80             | 3<br>(3)  | M8                           | 88                 | 64   | 2.47                   | 0.0093 |
|             |                 |             |       | 19            | 19 |           |                    |      |                |           |                              | 108                | 80   |                        |        |
|             |                 |             |       | 20            | 20 | 52        | 38                 |      |                |           |                              | 128                | 92   |                        |        |
|             |                 |             |       | 22            | 22 |           |                    |      |                |           |                              | 148                | 104  |                        |        |
|             |                 |             |       | 24            | 24 | 62        | 44                 |      |                |           |                              | 168                | 124  |                        |        |
|             |                 |             |       | 25            | 25 |           |                    |      |                |           |                              | 188                | 140  |                        |        |
|             |                 |             |       | —             | 28 |           |                    |      |                |           |                              |                    |      |                        |        |
| YL5<br>YLD5 | 63              | 5500        | 9000  | 22            | 22 | 52        | 38                 | 105  | 85             | 4<br>(4)  | M8                           | 108                | 80   | 3.19                   | 0.013  |
|             |                 |             |       | 24            | 24 |           |                    |      |                |           |                              | 128                | 92   |                        |        |
|             |                 |             |       | 25            | 25 | 62        | 44                 |      |                |           |                              | 148                | 104  |                        |        |
|             |                 |             |       | 28            | 28 |           |                    |      |                |           |                              | 168                | 124  |                        |        |
|             |                 |             |       | 30            | 30 | 82        | 60                 |      |                |           |                              | 188                | 140  |                        |        |
| —           | 32              |             |       |               |    |           |                    |      |                |           |                              |                    |      |                        |        |
| YL6<br>YLD6 | 100             | 5200        | 8000  | 24            | 24 | 52        | 38                 | 110  | 90             | 4<br>(4)  | M8                           | 108                | 80   | 3.99                   | 0.017  |
|             |                 |             |       | 25            | 25 |           |                    |      |                |           |                              | 128                | 92   |                        |        |
|             |                 |             |       | 28            | 28 | 62        | 44                 |      |                |           |                              | 148                | 104  |                        |        |
|             |                 |             |       | 30            | 30 |           |                    |      |                |           |                              | 168                | 124  |                        |        |
|             |                 |             |       | 32            | 32 | 82        | 60                 |      |                |           |                              | 188                | 140  |                        |        |
| —           | 35              |             |       |               |    |           |                    |      |                |           |                              |                    |      |                        |        |

续表 1

| 型 号           | 许用<br>转矩<br>(T) | 许用转速<br>( <i>n</i> ) |      | 轴孔直径<br><i>d</i> (H7) |    | 轴孔长度<br><i>L</i> |                    | <i>D</i> | <i>D</i> <sub>0</sub> | 螺 栓                |                             | <i>L</i> <sub>0</sub> |      | 质量                     | 转动惯量  |
|---------------|-----------------|----------------------|------|-----------------------|----|------------------|--------------------|----------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------|------|------------------------|-------|
|               |                 | (r / min)            |      | (mm)                  |    |                  |                    |          |                       | 数量<br>( <i>n</i> ) | 直径<br><i>d</i> <sub>3</sub> | (mm)                  |      |                        |       |
|               | (N · m)         | 铁                    | 钢    | 铁                     | 钢  | Y 型              | J、J <sub>1</sub> 型 | (mm)     | (mm)                  |                    | Y 型                         | J、J <sub>1</sub> 型    | (kg) | (kg · m <sup>2</sup> ) |       |
| YL7<br>YLD7   | 160             | 4800                 | 7600 | 28                    | 28 | 62               | 44                 | 120      | 95                    | 4<br>(3)           | M10                         | 128                   | 92   | 5.66                   | 0.029 |
|               |                 |                      |      | 30                    | 30 | 82               | 60                 |          |                       |                    |                             | 168                   | 124  |                        |       |
|               |                 |                      |      | 32                    | 32 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | 35                    | 35 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | 38                    | 38 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | —                     | 40 | 112              | 82                 |          |                       |                    |                             | 228                   | 172  |                        |       |
| YL8<br>YLD8   | 250             | 4300                 | 7000 | 32                    | 32 | 82               | 60                 | 130      | 105                   | 4<br>(3)           | M10                         | 169                   | 125  | 7.29                   | 0.043 |
|               |                 |                      |      | 35                    | 35 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | 38                    | 38 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | 40                    | 40 | 112              | 84                 |          |                       |                    |                             | 229                   | 173  |                        |       |
|               |                 |                      |      | 42                    | 42 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | —                     | 45 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
| YL9<br>YLD9   | 400             | 4100                 | 6800 | 38                    | 38 | 82               | 60                 | 140      | 115                   | 6<br>(3)           | M10                         | 169                   | 125  | 9.53                   | 0.064 |
|               |                 |                      |      | 40                    | 40 | 112              | 84                 |          |                       |                    |                             | 229                   | 173  |                        |       |
|               |                 |                      |      | 42                    | 42 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | 45                    | 45 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | 48                    | 48 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | —                     | 50 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
| YL10<br>YLD10 | 630             | 3600                 | 6000 | 45                    | 45 | 112              | 84                 | 160      | 130                   | 6<br>(4)           | M12                         | 229                   | 173  | 12.46                  | 0.112 |
|               |                 |                      |      | 48                    | 48 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | 50                    | 50 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | 55                    | 55 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | —                     | 56 |                  |                    |          |                       |                    |                             |                       |      |                        |       |
|               |                 |                      |      | —                     | 60 | 142              | 107                |          |                       |                    |                             | 289                   | 219  |                        |       |

注: 1. 半联轴器材料为 HT200 或 ZG270—500、35 钢。

2. 联轴器重量和转动惯量是按材料为铸铁 (括弧内为铸钢), 最小轴孔, 最大轴伸长度的近似计算值。

3. 螺栓数量, 括号内为铰制孔用螺栓。

4. 联轴器的轴孔, 键槽型式和尺寸按 GB3852—83《联轴器轴孔、键槽型式和尺寸》的有关规定, 标准凸缘联轴器标记示例:  $L=44$

YL3 联轴器  $\frac{J30 \times 60}{J_1 B28 \times 44}$  GB5843—86 有对中槽的凸缘联轴器用 YLD 表示

主动端: J 型轴孔, A 型键槽,  $d=30$ ,  $L=60$ ;

从动端: J<sub>1</sub> 型轴孔, B 型键槽,  $d=28$ 。

### ⑤弹性套柱销联轴器

#### A. 弹性套柱销联轴器的强度计算

弹性套的挤压强度:

$$\sigma_p = \frac{2Tc}{0.8D_1Zd_6l_1} \leq [\sigma_p] \quad (\text{N/mm}^2)$$

柱销的弯曲强度条件:

$$\sigma = \frac{10Tc(L_l + 2C)}{0.8D_1Zd_6^3} \leq [\sigma] \quad (\text{N/mm}^2)$$

式中,  $T$ —联轴器的计算转矩(N.mm);  $D_1$ —弹性套中心的分布圆直径(mm);  $Z$ —柱销数;  $d_6$ —弹性套的内径(mm);  $l_1$ —弹性套的长度, (mm);  $[\sigma_p]$ —弹性套材料的许用挤压应力(N/mm<sup>2</sup>), 一般可取  $[\sigma_p]=2\text{N/mm}^2$ ;  $C$ —两半联轴器凸缘端面之间的间隙(mm);  $[\sigma]$ —柱销材料的许用弯曲应力(N/mm<sup>2</sup>), 一般取  $[\sigma]=(0.4\sim 0.5)\sigma_s$  ( $\sigma_s$  为柱销材料的屈服极限)对于 45 钢  $[\sigma]=80\sim 90\text{N/mm}^2$

#### B. 弹性套柱销联轴器的主要尺寸和参数

弹性套柱销联轴器的结构型式见图 5—36, 5—37, 主要尺寸和参数分别见表 5—125, 5—126。

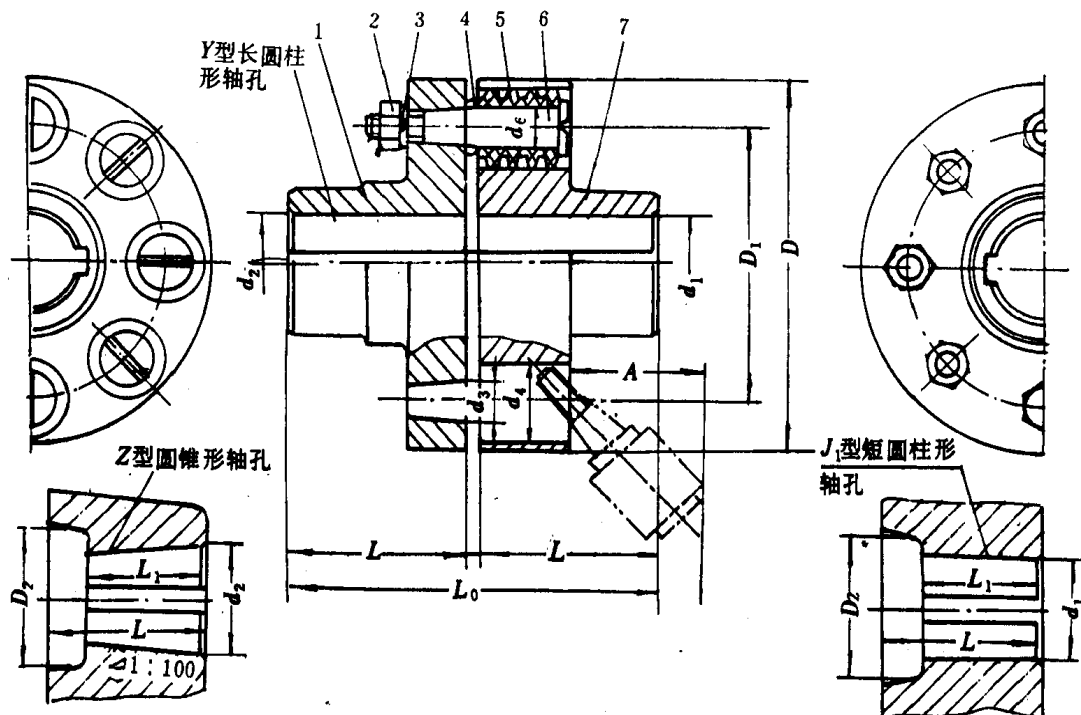


图 5—36 TL 型弹性套柱销联轴器

1、7—半联轴器 2—螺母 3—弹簧垫圈 4—挡圈 5—弹性套 6—柱销

标记示例: TL3 弹性套柱销联轴器 主动端: Z 型轴孔, C 型键槽,  $d_2=16$ ,  $L=30$ , 从动端: J 型轴孔, B 型键

槽,  $d_2=18$ ,  $L=42$ , TL3 联轴器  $\frac{ZC16 \times 30}{JB18 \times 42}$  GB4323—84

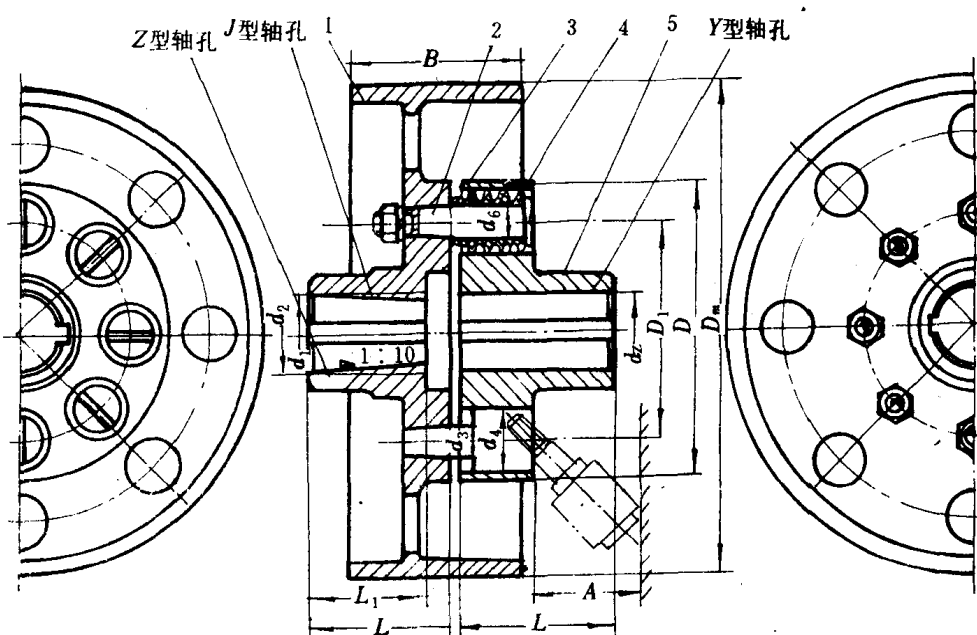


图 5—37 TLL 型带制动轮弹性套柱销联轴器

1—制动轮半联轴器 2—柱销 3—挡圈 4—弹性套 5—半联轴器

标记示例: TLL6 带制动轮弹性套柱销联轴器 主动端: J 型轴孔, B 型键槽,  $d_1=65$ ,  $L=142$  从动端, J 型轴孔,

B 型键槽,  $d_2=70$ ,  $L=107$ , TLL6 联轴器  $\frac{JB65 \times 142}{JB70 \times 107}$  GB4323—84

### TL 型弹性套柱销联轴器的主要尺寸和特性参数

表 5—125

(自 GB4332—84)

(mm)

| 型 号 | 许用转矩<br>[T]<br>N·m | 许用转速<br>r / min |      | 轴孔直径<br>$d_1, d_2, d_3$ |                | 轴孔长度                        |                |     | D   | A   | 质量<br>kg | 转动惯量<br>$kg \cdot m^2$ | 许用位移             |                       |
|-----|--------------------|-----------------|------|-------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|-----|-----|-----|----------|------------------------|------------------|-----------------------|
|     |                    | 铁               | 钢    | 铁                       | 钢              | Y 型 J, J <sub>1</sub> , Z 型 |                |     |     |     |          |                        | 径向<br>$\Delta Y$ | 周向<br>$\Delta \alpha$ |
|     |                    |                 |      |                         |                | L                           | L <sub>1</sub> | L   |     |     |          |                        |                  |                       |
| TL1 | 6.3                | 6600            | 8800 | 9                       | 9              | 20                          | 14             | —   | 71  | 18  | 1.16     | 0.0004                 | 0.2              | 1° 30'                |
|     |                    |                 |      | 10,11                   | 10,11          | 25                          | 17             |     |     |     |          |                        |                  |                       |
|     |                    |                 |      | 12                      | 12,14          | 32                          | 20             |     |     |     |          |                        |                  |                       |
| TL2 | 16                 | 5500            | 7600 | 12,14                   | 12,14          | 42                          | 30             | 42  | 80  | 35  | 1.64     | 0.001                  |                  |                       |
|     |                    |                 |      | 16                      | 16,18,19       |                             |                |     |     |     |          |                        |                  |                       |
| TL3 | 31.5               | 4700            | 6300 | 16,18,19                | 16,18,19       | 52                          | 38             | 52  | 95  | 106 | 1.90     | 0.002                  |                  |                       |
|     |                    |                 |      | 20                      | 20,22          |                             |                |     |     |     |          |                        |                  |                       |
| TL4 | 63                 | 4200            | 5700 | 20,22,24                | 20,22,24       | 62                          | 44             | 62  | 130 | 45  | 2.30     | 0.004                  |                  |                       |
|     |                    |                 |      | —                       | 25,28          |                             |                |     |     |     |          |                        |                  |                       |
| TL5 | 125                | 3600            | 4600 | 25,28                   | 25,28          | 82                          | 60             | 82  | 160 | 65  | 8.36     | 0.011                  |                  |                       |
|     |                    |                 |      | 30,32                   | 30,32,35       |                             |                |     |     |     |          |                        |                  |                       |
| TL6 | 250                | 3300            | 3800 | 32,35,38                | 32,35,38       | 112                         | 84             | 112 | 190 | 75  | 10.36    | 0.026                  |                  |                       |
|     |                    |                 |      | 40                      | 40,42          |                             |                |     |     |     |          |                        |                  |                       |
| TL7 | 500                | 2800            | 3600 | 40,42,45                | 40,42,45,48    | 142                         | 107            | 142 | 224 | 85  | 15.6     | 0.06                   |                  |                       |
|     |                    |                 |      | 45,48,50,55             | 45,48,50,55,56 |                             |                |     |     |     |          |                        |                  |                       |
| TL8 | 710                | 2400            | 3000 | —                       | 60,63          | 142                         | 107            | 142 | 250 | 95  | 25.4     | 0.13                   |                  |                       |
|     |                    |                 |      | 50,55,56                | 50,55,56       |                             |                |     |     |     |          |                        |                  |                       |
| TL9 | 1000               | 2100            | 2850 | 50,55,56                | 50,55,56       | 112                         | 84             | 112 | 250 | 65  | 30.9     | 0.20                   |                  |                       |
|     |                    |                 |      | 60,63                   | 60,63,65,70,71 |                             |                |     |     |     |          |                        | 142              | 107                   |

注: 1. 半联轴器材料: ZG270—500II, 35 或 HT200。

2. 表中联轴器, 转动惯量是近似值。

3. 短时过载不得超过许用转矩[T]的 2 倍。

4. 轴孔型式及长度 L, L<sub>1</sub> 可根据需要选取。

TLL 型带制动轮弹性套柱销联轴器的主要尺寸和特性参数

表 5—126

(摘自 GB4323—84)

(mm)

| 型 号  | 许用转矩[T]<br>N·m | 许用转速<br>[n]<br>r/min | 轴孔直径<br>$d_1, d_2, d_3$ | 轴孔长度 |                       |     | $D_0$ | $D$   | $B$ | $A$ | 质量<br>kg | 转动惯量<br>$\text{kg} \cdot \text{m}^2$ | 许用位移             |                       |        |
|------|----------------|----------------------|-------------------------|------|-----------------------|-----|-------|-------|-----|-----|----------|--------------------------------------|------------------|-----------------------|--------|
|      |                |                      |                         | Y 型  | J、J <sub>1</sub> 、Z 型 |     |       |       |     |     |          |                                      | 径向<br>$\Delta Y$ | 周向<br>$\Delta \alpha$ |        |
|      |                |                      |                         | $L$  | $L_1$                 | $L$ |       |       |     |     |          |                                      |                  |                       |        |
| TLL1 | 125            | 3800                 | 25,28                   | 62   | 44                    | 62  | 200   | 130   | 85  | 45  | 8.3      | 0.05                                 | 0.3              | 1° 30'                |        |
| TLL2 | 250            | 3000                 | 30,32,35                | 82   | 60                    | 82  | 250   | 160   | 105 |     | 15.3     | 0.15                                 |                  | 0.4                   | 1° 00' |
|      |                |                      | 32,35,38                |      |                       |     |       |       |     |     | 40,42    | 30.0                                 |                  |                       |        |
| TLL3 | 500            | 2400                 | 40,42,45,48             | 112  | 84                    | 112 | 315   | 190   | 132 | 65  | 39.6     | 0.50                                 | 0.4              |                       |        |
| TLL4 | 710            |                      | 45,48,50,55,56          |      |                       |     |       | 60,63 |     |     | 142      | 107                                  |                  | 142                   | 224    |
|      |                |                      | 50,55,56                | 112  | 84                    | 112 |       | 250   | 168 |     | 80       | 92.6                                 |                  | 1.63                  |        |
| TLL5 | 1000           |                      | 60,63,65,70             | 142  | 107                   | 142 |       |       |     |     |          |                                      |                  |                       | 400    |
| TLL6 | 2000           | 1900                 | 63,65,70,71,75          | 172  | 132                   | 172 |       |       |     |     |          |                                      |                  |                       |        |
|      |                |                      | 80,85,90,95             | 172  | 132                   | 172 |       |       |     |     |          |                                      |                  |                       |        |

注: 1. 半联轴器材料: ZG270~500II, 35或HT200, 带制动轮半联轴器材料ZG270—500II 或35, 外圆表面淬火硬度 HRC45~55, 深度 2~3mm。

2. 表中联轴器重量, 转动惯量是近似值。

3. 短时过载不得超过许用转矩[T]的 2 倍。

4. 轴孔型式及长度  $L$ ,  $L_1$  可根据需要选取。

#### ⑥弹性柱销联轴器

##### A. 弹性柱销联轴器的强度计算

$$\text{柱销的剪切强度 } \tau = \frac{8Tc}{\pi D_1 Z d_3^3} \leq [\tau] \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\text{柱销的挤压强度计算 } \sigma_p = \frac{4Tc}{D_1 Z d_3 l} \leq [\sigma_p] \quad \text{N/mm}^2$$

式中:  $Tc$ —联轴器的计算转矩 (N·mm);  $D_1$ —柱销中心分布圆直径(mm);  $d_3$ —柱销直径, (mm);  $Z$ —柱销数;  $l$ —柱销长度;  $[\tau]$ —尼龙柱销材料的许用剪应力, 可取 $[\tau]=11\text{N/mm}^2$ ;  $[\sigma_p]$ —尼龙柱销材料的许用压强可取 $[\sigma_p]=8\sim 11\text{N/mm}^2$ 。

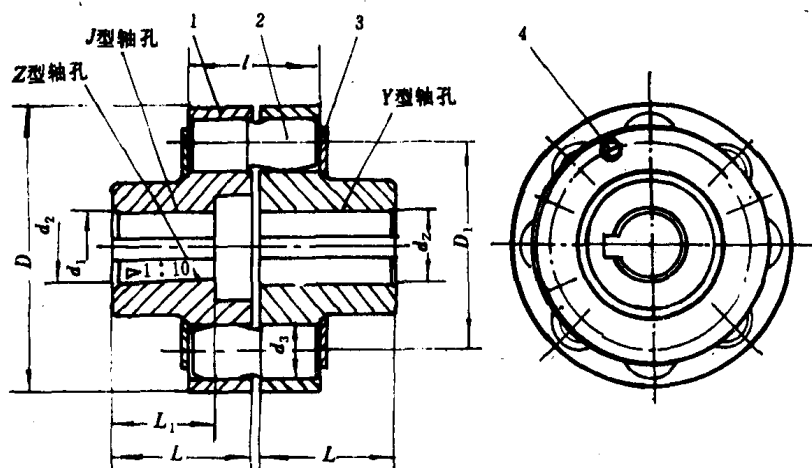


图 5—38 HL 型弹性柱销联轴器

1—半联轴器 2—柱销 3—挡板 4—螺钉

标记示例: HL7 弹性主销联轴器 主动端: Z 型轴孔, C 型键槽,  $d_2=75$ ,  $L_1=107$  从动端: J 型轴孔, B 型键

槽,  $d_2=70$ ,  $L=107$  HL7 联轴器  $\frac{\text{ZC75} \times 107}{\text{JB70} \times 107}$  GB5014—85

B. 弹性柱销联轴器的几何尺寸及特性参数.

弹性柱销联轴器的几何尺寸及特性见图 5—38 和图 5—39 以及表 5—127 和表 5—128

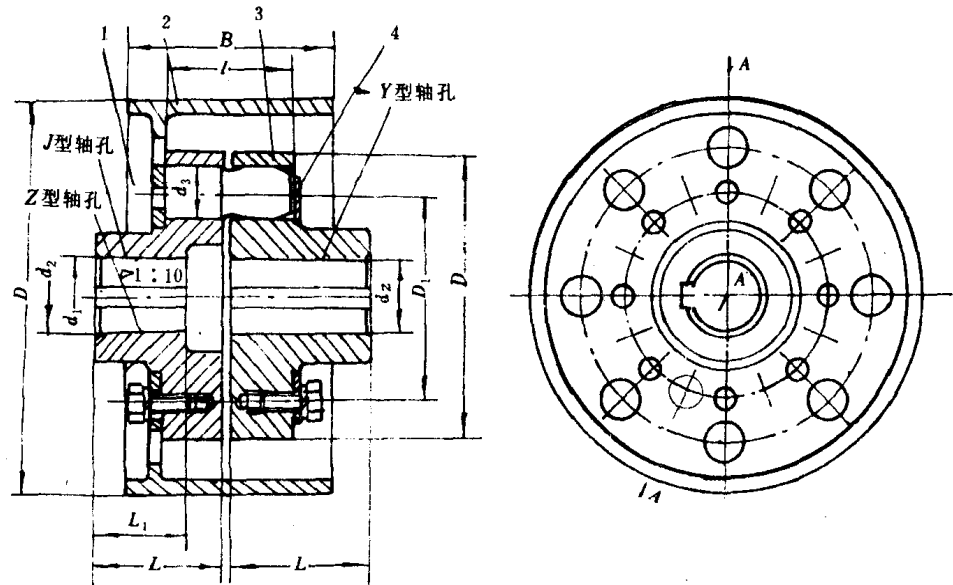


图 5—39 HLL 型带制动轮弹性柱销联轴器

1—半联轴器 2—制动轮 3—柱销 4—挡板

标记示例: HLL5 带制动轮弹性柱销联轴器 主动端: J 型轴孔, B 型键槽,  $d_1=60$ ,  $L_1=107$  从动端: J 型轴孔,

B 型键槽,  $d_2=55$ ,  $L_1=84$  HLL5 联轴器 JB60×107 JB55×84 GB5014—85

表 5—127 GB5014—85HLL 型带制动轮弹性柱销联轴器的主要尺寸和特性参数 (mm)

| 型号               | 许用<br>转矩<br>[T]<br>N·m | 许用<br>转速<br>[n]/r<br>min | 轴 孔 直 径<br>$d_1, d_2, d_3$ | 轴孔长度 |                       |     | $D_0$ | $D$ | $B$ | $d_3$ | $l$  | 转动惯量<br>$\text{kg} \cdot \text{m}^2$ | 质量<br>kg | 许用位移             |                       |                  |
|------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|------|-----------------------|-----|-------|-----|-----|-------|------|--------------------------------------|----------|------------------|-----------------------|------------------|
|                  |                        |                          |                            | Y 型  | J、J <sub>1</sub> 、Z 型 |     |       |     |     |       |      |                                      |          | 径向<br>$\Delta Y$ | 周向<br>$\Delta \alpha$ | 轴向<br>$\Delta X$ |
|                  |                        |                          |                            | $L$  | $L_1$                 | $L$ |       |     |     |       |      |                                      |          |                  |                       |                  |
| HLL <sub>1</sub> | 315                    | 5600                     | 20,22,24                   | 52   | 38                    | 52  | 200   | 120 | 85  | 20    | 56   | 2.18                                 | 11       | 0.15             | 0° 30'                | 1                |
|                  |                        |                          | 25,28                      | 62   | 44                    | 62  |       |     |     |       |      |                                      |          |                  |                       |                  |
|                  |                        |                          | 30,32,35                   | 82   | 60                    | 82  |       |     |     |       |      |                                      |          |                  |                       |                  |
| HLL <sub>2</sub> | 630                    | 5000                     | 30,32,35,38                | 82   | 60                    | 82  | 200   | 160 | 85  | 72    | 2.45 | 14                                   | 1.5      |                  |                       |                  |
|                  |                        |                          | 40,42,45,48                | 112  | 84                    | 112 |       |     |     |       |      |                                      |          |                  |                       |                  |
| HLL <sub>3</sub> | 630                    | 1900                     | 30,32,35,38                | 82   | 60                    | 82  | 315   | 160 | 132 | 30    | 90   | 18.08                                |          |                  |                       | 25               |
|                  |                        |                          | 40,42,45,48                | 112  | 84                    | 112 |       |     |     |       |      |                                      |          |                  |                       |                  |
| HLL <sub>4</sub> | 1250                   | 1900                     | 40,42,45,48,50,55,56       | 112  | 84                    | 112 | 315   | 195 | 132 | 30    | 90   | 16.6                                 |          |                  |                       | 40               |
|                  |                        |                          | 60,63                      | 142  | 107                   | 142 |       |     |     |       |      |                                      |          |                  |                       |                  |
| HLL <sub>5</sub> | 1225                   | 1400                     | 40,42,45,48,50,55,56       | 112  | 84                    | 112 | 400   | 195 | 168 | 30    | 90   | 49.2                                 | 59       |                  |                       |                  |
|                  |                        |                          | 60,63                      | 142  | 107                   | 142 |       |     |     |       |      |                                      |          |                  |                       |                  |



表 5-128

HL 型弹性柱销联轴器的主要尺寸和特性参数 GB5014-85

| 型 号 | 许用<br>转矩<br>[T]<br>N·m | 许用转速<br>[n]<br>r/min |      | 轴 孔 直 径<br>$d_1, d_2, d_3$ |                      | 轴孔长度 |                       |     | D   | $d_3$ | l   | 转动惯量<br>kg·m <sup>2</sup> | 质量<br>kg | 许用位移             |                       |                  |
|-----|------------------------|----------------------|------|----------------------------|----------------------|------|-----------------------|-----|-----|-------|-----|---------------------------|----------|------------------|-----------------------|------------------|
|     |                        | 钢                    | 铁    | 钢                          | 铁                    | Y 型  | J、J <sub>1</sub> 、Z 型 | L   |     |       |     |                           |          | 径向<br>$\Delta Y$ | 角向<br>$\Delta \alpha$ | 轴向<br>$\Delta X$ |
| HL1 | 160                    | 7100                 | 7100 | 12,14                      | 12,14                | 32   | 27                    | 32  | 90  | 15    | 40  | 0.0064                    | 2        |                  |                       | 0.5              |
|     |                        |                      |      | 16,18,19                   | 16,18,19             | 42   | 30                    | 42  |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
|     |                        |                      |      | 20,22,24                   | 20,22                | 52   | 38                    | 52  |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
| HL2 | 315                    | 5600                 | 5600 | 20,22,24                   | 20,22,24             | 52   | 38                    | 52  | 120 | 20    | 56  | 0.253                     | 5        | 0.15             |                       | 1                |
|     |                        |                      |      | 25,28                      | 25,28                | 62   | 44                    | 62  |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
|     |                        |                      |      | 30,32,35                   | 30,32                | 82   | 60                    | 82  |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
| HL3 | 630                    | 5000                 | 5000 | 30,32,35,38                | 30,32,35,38          | 82   | 60                    | 82  | 160 |       | 72  | 0.6                       | 8        |                  |                       |                  |
|     |                        |                      |      | 40,42,45,48                | 40,42                | 112  | 84                    | 112 |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
|     |                        |                      |      | 40,42,45,48,50,55,56       | 40,42,45,48,50,55,56 | 112  | 84                    | 112 |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
| HL4 | 1250                   | 4000                 | 2800 | 60,63                      | —                    | 142  | 107                   | 142 | 195 | 30    | 90  | 3.4                       | 22       | 0° 30'           |                       | 1.5              |
|     |                        |                      |      | 50,55,56,60,63,65,70,71,75 | 50,55,56,60,63,65,70 | 142  | 107                   | 142 |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
|     |                        |                      |      | 60,63,65,70,71,75,80       | 60,63,65,70,71,75,80 | 142  | 107                   | 142 |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
| HL5 | 2000                   | 3550                 | 2500 | 85                         | —                    | 172  | 132                   | 172 | 280 |       |     | 5.4                       | 30       |                  |                       |                  |
|     |                        |                      |      | 70,71,75                   | 70,71,75             | 142  | 107                   | 142 |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
|     |                        |                      |      | 80,85,90,95                | 80,85,90,95          | 172  | 132                   | 172 |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
| HL6 | 3150                   | 2800                 | 2100 | 100,110                    | 100                  | 212  | 167                   | 212 | 320 | 40    | 112 | 15.6                      | 53       | 0.20             |                       | 2                |
|     |                        |                      |      | 80,85,90,95                | 80,85,90,95          | 172  | 132                   | 172 |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
|     |                        |                      |      | 100,110,120,125            | 100,110              | 212  | 167                   | 212 |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
| HL7 | 6300                   | 2240                 | 1700 | 80,85,90,95                | 80,85,90,95          | 172  | 132                   | 172 | 360 |       |     | 41.1                      | 98       |                  |                       |                  |
|     |                        |                      |      | 100,110,120,125            | 100,110              | 212  | 167                   | 212 |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
|     |                        |                      |      | 100,110,120,125            | 100,110              | 212  | 167                   | 212 |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
| HL8 | 10000                  | 2120                 | 1600 | 80,85,90,95                | 80,85,90,95          | 172  | 132                   | 172 | 360 |       |     | 56.5                      | 119      |                  |                       |                  |
|     |                        |                      |      | 100,110,120,125            | 100,110              | 212  | 167                   | 212 |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |
|     |                        |                      |      | 100,110,120,125            | 100,110              | 212  | 167                   | 212 |     |       |     |                           |          |                  |                       |                  |

## 5.8.2 离合器

牙嵌式离合器的齿形种类和特性见表 5—129, 各种离合器的牙形尺寸见表 5—130 至表 5—133。

表 5—129

牙嵌式离合器的齿形种类和特性

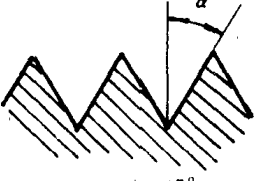
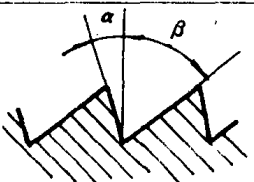
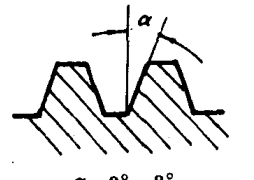
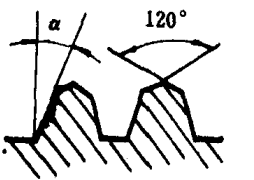
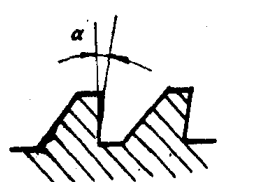
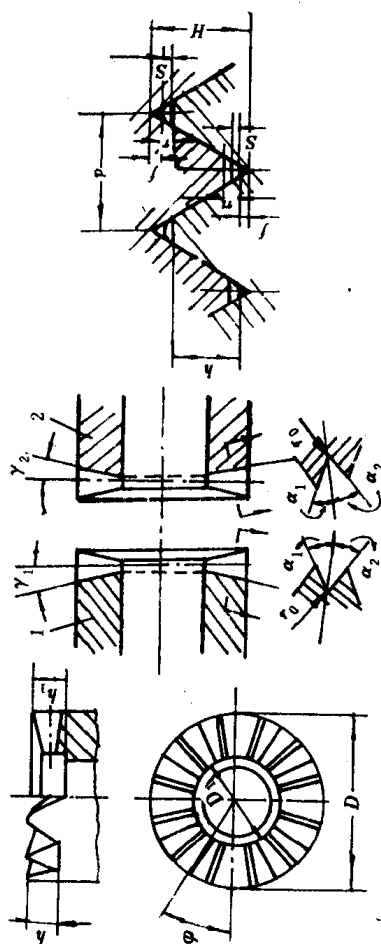
| 齿 形 和 角 度                                                                                                                                                        | 齿数 $z$ | 特 性 和 应 用 范 围                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------|
| 正三角牙<br><br>$\alpha = 30^\circ \sim 45^\circ$                                   | 15~60  | 可双向传动, 并可在低速运转中结合, 由于结合率高不易出现顶齿现象, 但结合后不能自锁, 传递转矩时的轴向分力较大       |
| 斜三角牙<br><br>$\alpha = 2^\circ \sim 8^\circ$<br>$\beta = 50^\circ \sim 70^\circ$ | 15~60  | 只能单向传动, 结合很容易。结合后轴向分力小。能达到自锁。其它性能同正三角形                          |
| 梯形牙<br><br>$\alpha = 2^\circ \sim 8^\circ$                                     | 3~15   | 可双向传动, 能自锁允许在低速下接合, 结合后牙间间隙很小, 由于牙的强度较高, 适用于传动惯性质量较大和传递转矩较大的场合  |
| 尖梯形牙<br><br>$\alpha = 2^\circ \sim 8^\circ$                                   | 3~15   | 牙齿强度高, 可双向传动, 结合比梯形牙容易, 适用于传动惯性质量较大和转速较高的场合下结合                  |
| 圆齿形牙<br><br>$\alpha = 1^\circ \sim 1.5^\circ$                                 | 3~15   | 传递转矩大, 只能单向传动, 并在静止中结合, 自锁性很好, 但需要的脱开力较大, 故多用于不常脱开的传动中          |
| 矩形牙<br>                                                                       | 3~15   | 可双向传动, 只能在静止状态或 10r/min 左右的转速差下结合, 传递转矩较大, 适用于各种手动调整机构和不常离合的传动中 |

表 5-130

正三角牙形尺寸



$$r_0 = 0.2, 0.5, 0.8$$

$$r \approx r_0$$

$$\alpha_1 = 30^\circ, S = 0.5r, f = r$$

$$\alpha_1 = 45^\circ, S = 0.3r, f = 0.4r$$

$$h = H - (2f + S)$$

$$\varphi = \frac{360^\circ}{z}, \alpha = \alpha_1 = \alpha_2 (30^\circ, 45^\circ)$$

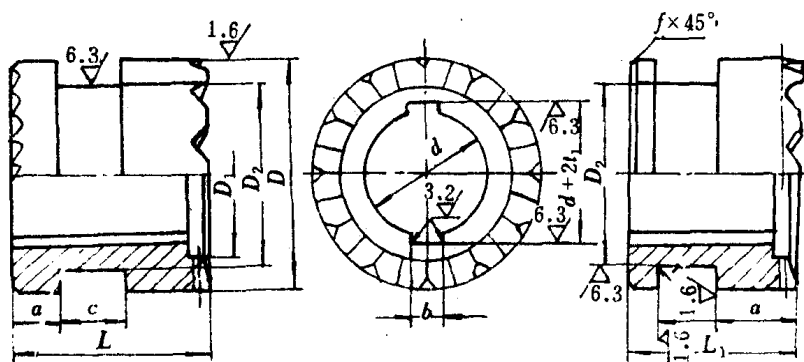
$$\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$$

| D   |    | D <sub>1</sub> | h <sub>1</sub> | α=30°, r=0.2 |        |      |      |      |      |        |      |      |      | α=45°, γ=0.2 |        |      |      |      |    |        |      |      |      |
|-----|----|----------------|----------------|--------------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|--------------|--------|------|------|------|----|--------|------|------|------|
|     |    |                |                | 齿数 z         | γ      | p    | H    | h    | 齿数 z | γ      | p    | H    | h    | 齿数 z         | γ      | p    | H    | h    |    |        |      |      |      |
| 32  | 22 | 5              |                | 24           | 6° 31' | 4.19 | 3.62 | 3.12 | 48   | 3° 15' | 2.10 | 1.81 | 1.31 | 24           | 3° 45' | 4.19 | 2.10 | 1.88 | 48 | 1° 52' | 2.10 | 1.05 | 0.83 |
| 40  | 28 |                |                |              |        | 5.24 | 4.53 | 4.03 |      |        | 2.62 | 2.27 | 1.77 |              |        | 5.24 | 2.62 | 2.40 |    |        | 2.62 | 1.31 | 1.09 |
| 45  | 32 |                |                |              |        | 5.89 | 5.10 | 4.60 |      |        | 2.95 | 2.55 | 2.05 |              |        | 5.89 | 2.92 | 2.73 |    |        | 2.95 | 1.48 | 1.26 |
| 55  | 40 |                |                | 36           | 4° 20' | 4.80 | 4.15 | 3.65 | 72   | 2° 10' | 2.40 | 2.07 | 1.57 | 36           | 2° 30' | 4.80 | 2.40 | 2.18 | 72 | 1° 15' | 2.40 | 1.20 | 0.98 |
| 60  | 45 |                |                |              |        | 5.24 | 4.53 | 4.03 |      |        | 2.62 | 2.27 | 1.77 |              |        | 5.24 | 2.62 | 2.40 |    |        | 2.62 | 1.31 | 1.09 |
| 65  | 50 |                |                |              |        | 5.67 | 4.91 | 4.51 |      |        | 2.84 | 2.45 | 1.95 |              |        | 5.67 | 2.84 | 2.62 |    |        | 2.84 | 1.42 | 1.20 |
| 75  | 55 |                |                | 48           | 3° 15' | 4.91 | 4.25 | 3.75 | 96   | 1° 37' | 2.45 | 2.12 | 1.62 | 48           | 1° 52' | 4.91 | 2.46 | 2.24 | 96 | 0° 57' | 2.16 | 1.23 | 1.01 |
| 85  | 60 |                |                |              |        | 5.56 | 4.81 | 4.31 |      |        | 2.78 | 2.40 | 1.90 |              |        | 5.56 | 2.78 | 2.56 |    |        | 2.78 | 1.39 | 1.17 |
| 90  | 65 |                |                |              |        | 5.89 | 5.10 | 4.60 |      |        | 2.95 | 2.55 | 2.05 |              |        | 5.89 | 2.95 | 2.73 |    |        | 2.95 | 1.48 | 1.26 |
| 100 | 70 |                |                | 48           | 3° 15' | 6.54 | 5.66 | 5.16 | 96   | 1° 37' | 3.27 | 2.83 | 2.33 | 48           | 1° 52' | 6.54 | 3.27 | 3.05 | 96 | 0° 57' | 3.27 | 1.64 | 1.42 |
| 110 | 80 |                |                |              |        | 7.20 | 6.23 | 5.73 |      |        | 3.60 | 3.12 | 2.62 |              |        | 7.20 | 3.60 | 3.38 |    |        | 3.60 | 1.80 | 1.58 |

表 5—131

 $\alpha = 30^\circ, 45^\circ$  三角牙牙嵌离合器尺寸

(mm)

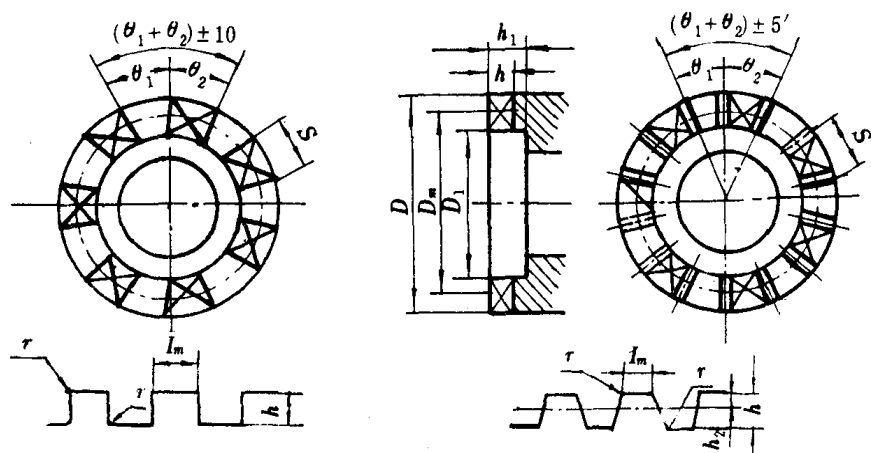


| $D$ | $D_1$ | $D_2$ | $a$ | $c$<br>(H9) | $L$ | $L_1$ | $r$ | $f$ | $d$<br>(H7) | $b$<br>(H9) | $t_1$<br>(H12 H13) | $T_p$<br>N · m(kgf · m) |
|-----|-------|-------|-----|-------------|-----|-------|-----|-----|-------------|-------------|--------------------|-------------------------|
| 32  | 22    | 25    | 13  | 8           | 32  | 25    | 0.2 | 0.5 | 16          | 4           | 1.6                | 25(2.5)                 |
| 40  | 28    | 30    | 15  | 10          | 40  | 30    | 0.3 |     | 20          | 5           | 2.1                | 45(4.5)                 |
| 45  | 32    | 35    | 15  | 15          | 45  | 30    |     |     | 22          |             |                    | 50(5)                   |
| 55  | 40    | 44    | 20  |             | 55  | 40    |     |     | 28          | 6           | 2.6                | 130(13)                 |
| 60  | 45    | 48    | 22  | 16          | 60  | 45    |     |     | 30          |             |                    | 160(16)                 |
| 65  | 50    | 55    | 23  | 18          | 64  | 50    |     | 1   | 32          | 8           | 3.1                | 180(18)                 |
| 75  | 55    | 60    | 28  |             | 74  | 55    |     |     | 38          | 10          |                    | 200(20)                 |
| 85  | 60    | 65    | 32  | 20          | 84  | 65    |     |     | 42          | 12          | 3.6                | 450(45)                 |
| 90  | 65    | 70    | 35  |             | 90  | 70    |     |     | 45          |             |                    | 550(55)                 |
| 100 | 70    | 80    | 40  |             | 100 | 80    |     |     | 50          |             |                    | 730(73)                 |
| 110 | 80    | 90    | 45  |             | 110 | 90    |     | 0.5 | 1.5         | 55          | 16                 |                         |
| 120 | 90    | 95    | 50  | 25          | 120 | 95    | 60  |     |             | 1300(130)   |                    |                         |
| 125 | 90    | 100   | 50  |             | 125 | 100   | 65  |     |             | 1700(170)   |                    |                         |
| 140 | 100   | 115   | 55  |             | 135 | 110   | 70  |     |             | 2200(220)   |                    |                         |
| 145 | 100   | 125   | 60  | 30          | 145 | 115   | 75  |     | 2600(260)   |             |                    |                         |
| 160 | 120   | 135   | 65  |             | 155 | 120   | 2   |     | 80          | 20          | 6.1                | 3000(300)               |
| 180 | 140   | 145   | 70  |             | 170 | 130   |     |     | 90          | 24          | 7.2                | 4500(450)               |
| 200 | 150   | 165   | 75  |             | 180 | 135   |     |     | 100         |             |                    | 6100(610)               |

注：许用转矩  $T_p$  为双键轴所能承受的转矩，牙的强度足够。

表 5—132

梯形牙和矩形牙尺寸及参数

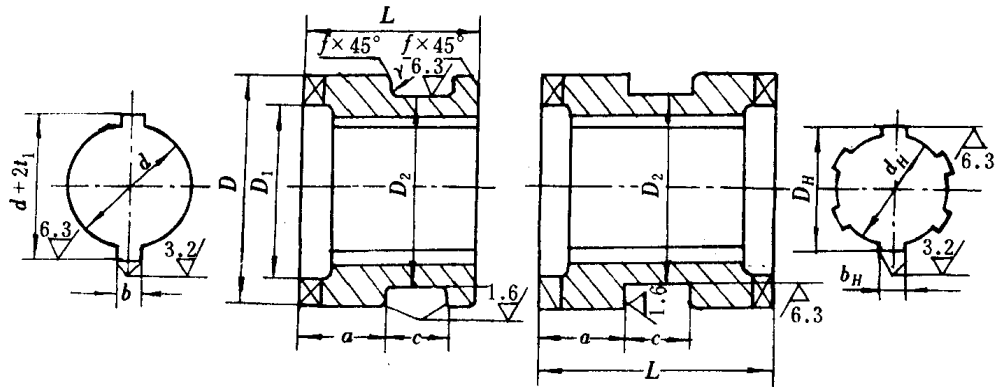


| D   | D <sub>1</sub> | 齿数<br>z | 矩 形 牙      |            |       | 梯 形 牙                                                         |            |       | h | h <sub>1</sub> | h <sub>2</sub> | r   |
|-----|----------------|---------|------------|------------|-------|---------------------------------------------------------------|------------|-------|---|----------------|----------------|-----|
|     |                |         | $\theta_1$ | $\theta_2$ | S     | $\theta_1 \begin{smallmatrix} -40' \\ -20' \end{smallmatrix}$ | $\theta_2$ | S     |   |                |                |     |
| 40  | 28             | 5       | 37°        | 35°        | 12.03 | 36°                                                           | 36°        | 12.36 | 5 | 6              | 2.1            | 0.5 |
| 50  | 35             |         |            |            | 15.04 |                                                               |            | 15.45 |   |                |                |     |
| 60  | 45             | 7       | 26° 43'    | 24° 43'    | 12.84 | 25° 43'                                                       | 25° 43'    | 13.35 | 6 | 8              | 2.6            | 0.8 |
| 70  | 50             |         |            |            | 14.98 |                                                               |            | 13.57 |   |                |                |     |
| 80  | 60             |         |            |            | 17.12 |                                                               |            | 17.80 |   |                |                |     |
| 90  | 65             |         |            |            | 19.26 |                                                               |            | 20.03 |   |                |                |     |
| 100 | 75             |         |            |            | 21.40 |                                                               |            | 22.25 |   |                |                |     |
| 120 | 90             | 9       | 21° 30'    | 18° 30'    | 19.29 | 20°                                                           | 20°        | 20.84 | 8 | 10             | 3.6            | 1   |
| 140 | 100            |         |            |            | 22.50 |                                                               |            | 24.31 |   |                |                |     |

表 5—133

梯形牙、矩形牙牙嵌离合器尺寸

(mm)



| D   | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> | a  | c  | L   | L <sub>1</sub> | r   | f   | 双 键       |           |                                | 花 键                    |                                        |                               | T <sub>p</sub><br>N·m<br>(kgf·m) |
|-----|----------------|----------------|----|----|-----|----------------|-----|-----|-----------|-----------|--------------------------------|------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
|     |                |                |    |    |     |                |     |     | d<br>(H7) | b<br>(H9) | t <sub>1</sub><br>(H12<br>H13) | D <sub>H</sub><br>(H7) | d <sub>H</sub><br>(b12,<br>c12~<br>13) | b <sub>H</sub><br>(D9<br>D10) |                                  |
| 40  | 28             | 30             | 15 | 10 | 40  | 30             | 0.5 | 0.5 | 20        | 5         | 2.1                            | 20                     | 16                                     | 4                             | 30<br>(3)                        |
| 50  | 35             | 38             | 20 |    | 50  | 38             | 0.8 |     | 25        | 6         | 2.6                            | 25                     | 21                                     | 5                             | 65<br>(6.5)                      |
| 60  | 45             | 48             | 22 | 16 | 60  | 45             | 1.0 | 1.0 | 32        | 8         | 3.1                            | 32                     | 26                                     | 6                             | 140<br>(14)                      |
| 70  | 50             | 54             | 27 |    | 70  | 50             |     |     | 35        |           |                                | 38                     | 32                                     |                               | 260<br>(26)                      |
| 80  | 60             | 60             | 30 | 20 | 80  | 60             | 1.2 | 1.0 | 40        | 10        | 3.6                            | 42                     | 36                                     | 7                             | 300<br>(30)                      |
| 90  | 65             | 70             | 35 |    | 90  | 70             |     |     | 45        | 12        |                                | 48                     | 42                                     | 8                             | 420<br>(42)                      |
| 100 | 75             | 80             | 40 |    | 100 | 80             |     |     | 50        | 14        |                                | 54                     | 46                                     | 9                             | 470<br>(47)                      |
| 120 | 90             | 100            | 50 |    | 120 | 100            | 1.5 | 1.5 | 60        | 16        | 5.1                            | 60                     | 52                                     | 10                            | 1100<br>(110)                    |
| 140 | 100            | 115            | 55 | 30 | 140 | 110            |     |     | 70        | 18        | 5.6                            | 72                     | 62                                     | 12                            | 1700<br>(170)                    |

注: 1. 表中许用转矩 $T_p$ 系按高速接合, 取离合器材料为45号钢计算牙面挤压强度而得。同时与同样材料的双键、花键轴的抗扭强度相适应, 若在低速或静止时接合, 牙面承载能力可提高2—3.5倍, 但必须验算轴的强度。

## 5.9 轴

### 5.9.1 轴的材料

表 5—134

轴的常用材料及其主要机械性能

| 材料牌号            | 热处理      | 毛坯直径<br>(mm)     | 硬度<br>HBS | 抗拉强度       | 屈服强度       | 弯曲疲<br>劳极限    | 扭转疲<br>劳极限  | 许用静<br>应力       | 许用疲<br>劳应力         | 备 注                         |
|-----------------|----------|------------------|-----------|------------|------------|---------------|-------------|-----------------|--------------------|-----------------------------|
|                 |          |                  |           | $\sigma_b$ | $\sigma_s$ | $\sigma_{-1}$ | $\tau_{-1}$ | $[\sigma_{+1}]$ | $[\sigma_{-1}]$    |                             |
|                 |          |                  |           | MPa 不小于    |            |               |             | MPa             | MPa                |                             |
| Q235A<br>Q235AF |          |                  |           | 440        | 240        | 180           | 105         | 176             | 120~138            | 用于不重要或<br>载荷不大的轴            |
| 20              | 正火       | 25               | <156      | 420        | 250        | 180           | 100         | 168             | 120~138            | 用于载 荷 不<br>大，要求韧性较<br>高的轴   |
|                 | 正火       | <100             | 103~156   | 400        | 220        | 165           | 95          | 160             | 110~127            |                             |
|                 |          | >100~300         |           | 380        | 200        | 155           | 90          | 152             | 103~119            |                             |
|                 |          | >300~500         |           | 370        | 190        | 150           | 85          | 148             | 100~115            |                             |
| 回火              | >500~700 |                  | 360       | 180        | 145        | 80            | 144         | 96~111          |                    |                             |
| 35              | 正火       | 25               | <187      | 540        | 320        | 230           | 130         | 216             | 153~176            | 应用较广泛                       |
|                 | 正火       | <100             | 149~187   | 520        | 270        | 210           | 120         | 208             | 140~161            |                             |
|                 |          | >100~300         |           | 500        | 260        | 205           | 115         | 200             | 136~158            |                             |
|                 |          | >300~500         | 143~187   | 480        | 240        | 190           | 110         | 192             | 126~146            |                             |
|                 | 回火       | >500~750         | 137~187   | 460        | 230        | 185           | 105         | 184             | 123~142            |                             |
|                 |          | >750~1000        |           | 440        | 220        | 175           | 100         | 176             | 116~134            |                             |
|                 | 调质       | <100<br>>100~300 | 156~207   | 560<br>540 | 300<br>280 | 230<br>220    | 130<br>125  | 224<br>216      | 153~177<br>146~169 |                             |
| 45              | 正火       | 25               | <241      | 610        | 360        | 260           | 150         | 244             | 173~200            | 应用最广泛                       |
|                 | 正火       | <100             | 170~217   | 600        | 300        | 240           | 140         | 240             | 160~184            |                             |
|                 |          | >100~300         |           | 580        | 290        | 235           | 135         | 238             | 156~180            |                             |
|                 |          | >300~500         | 162~217   | 560        | 280        | 225           | 130         | 224             | 150~173            |                             |
|                 | 回火       | >500~750         | 156~217   | 540        | 270        | 215           | 125         | 216             | 143~165            |                             |
| 40Cr            | 调质       | 25               |           | 1000       | 800        | 485           | 280         | 400             | 269~323            | 用于载 荷 较<br>大，而无很大冲<br>击的重要轴 |
|                 |          | <100             | 241~286   | 750        | 550        | 350           | 200         | 300             | 194~233            |                             |
|                 |          | >100~300         |           | 700        | 500        | 320           | 185         | 280             | 177~213            |                             |
|                 |          | >300~500         | 229~269   | 650        | 450        | 295           | 170         | 260             | 163~196            |                             |
|                 |          | >500~800         | 217~255   | 600        | 350        | 255           | 145         | 240             | 170~196            |                             |

续表 1

| 材料牌号          | 热处理            | 毛坯直径<br>(mm) | 硬度<br>HBS          | 抗拉强度<br>$\sigma_b$ | 屈服强度<br>$\sigma_s$ | 弯曲疲<br>劳极限<br>$\sigma_{-1}$ | 扭转疲<br>劳极限<br>$\tau_{-1}$ | 许用静<br>应力<br>$[\sigma_{+1}]$ | 许用疲<br>劳应力<br>$[\sigma_{-1}]$ | 备 注                                    |
|---------------|----------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|
|               |                |              |                    | MPa 不小于            |                    |                             |                           | MPa                          | MPa                           |                                        |
| 40MnB         | 调质             | 25           |                    | 1000               | 800                | 485                         | 280                       | 400                          | 269~323                       | 性能接近于<br>40Cr, 用于重要<br>的轴              |
|               |                | <200         | 241~286            | 750                | 500                | 335                         | 195                       | 300                          | 186~223                       |                                        |
| 40CrNi        | 调质             | 25           |                    | 1000               | 800                | 485                         | 280                       | 400                          | 269~323                       | 用于很重要的<br>轴                            |
| 38CrMo<br>AlA | 调质             | 30           | 229                | 1000               | 850                | 495                         | 285                       | 400                          | 198~275                       | 用于要求高耐<br>磨性、高强度且<br>热处理变形很小<br>的(氮化)轴 |
| 20Cr          | 渗碳<br>淬火<br>同火 | 15           | 表面                 | 850                | 650                | 375                         | 215                       | 340                          | 208~250                       | 用于要求强度<br>和韧性均较高的<br>轴(如某些齿轮<br>轴、蜗杆等) |
|               |                | 30           | HRC                | 650                | 400                | 280                         | 160                       | 260                          | 155~186                       |                                        |
|               |                | <60          | 56~62              | 650                | 400                | 280                         | 160                       | 260                          | 155~186                       |                                        |
| 20CrMnTi      | 渗碳<br>淬火<br>回火 | 15           | 表面<br>HRC<br>56~62 | 1100               | 850                | 525                         | 300                       | 440                          | 291~350                       |                                        |
| QT400-15      |                |              | 156~197            | 400                | 300                | 145                         | 125                       | 100                          |                               | 用于结构形状<br>复杂的轴                         |
| QT450-10      |                |              | 170~207            | 450                | 330                | 160                         | 140                       | 112                          |                               |                                        |
| QT500-7       |                |              | 187~255            | 500                | 380                | 180                         | 155                       | 125                          |                               |                                        |
| QT600-3       |                |              | 197~269            | 600                | 420                | 215                         | 185                       | 150                          |                               |                                        |

注: 1. 表中所列疲劳极限数值, 均按下式计算  $\sigma_{-1} \approx 0.27(\sigma_b + \sigma_s)$ ,  $\tau_{-1} \approx 0.156(\sigma_b + \sigma_s)$

2. 其他性能, 一般可取  $\tau_s \approx (0.55 \sim 0.62)\sigma_s$ ,  $\sigma_0 \approx 1.4\sigma_{-1}$ ,  $\tau_0 \approx 1.5\tau_{-1}$ .

3. 球墨铸铁  $\sigma_{-1} \approx 0.36\sigma_b$ ,  $\tau_{-1} \approx 0.31\sigma_b$ .

4. 许用静应力  $[\sigma_{+1}] = \sigma_b / [n]_{b+1}$ , 许用疲劳应力  $[\sigma_{-1}] = \sigma_{-1} / [n]_{-1}$ .

5. 选用  $[\sigma_{-1}]$  值时, 重要零件取较小值, 一般零件取较大值。



5.9.2 轴的初步计算

轴的外伸端直径计算公式见表 5—135。

表 5—135 按许用扭应力计算公式

|     | 公 式                                                                                                                                             | 说 明                                                                                                                                                                             |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 实心轴 | $d \geq \sqrt[3]{\frac{5T}{[\tau]}}$ 或 $d \geq A \sqrt[3]{\frac{P}{n}}$                                                                         | 式中<br>$d$ —计算剖面处轴的直径 mm<br>$T$ —轴传递的额定扭矩 N·mm<br>$T=9550000P/n$<br>$P$ —轴传递的额定功率 kW<br>$n$ —轴的转速 r/min                                                                          |
| 空心轴 | $d \geq \sqrt[3]{\frac{5T}{[\tau]}} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{(1-\nu^4)}}$ 或 $d \geq A \sqrt[3]{\frac{P}{n}} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{(1-\nu^4)}}$ | $[\tau]$ —轴的许用扭应力 MPa 见表 5—136<br>$A$ —按 $[\tau]$ 定的系数, 见表 5—136<br>$\nu$ —空心圆轴的内径 $d_0$ 与外径 $d$ 之比<br>$\nu = \frac{d_0}{d}$ , 数值 $\sqrt[3]{\frac{1}{(1-\nu^4)}}$ ,<br>见图 5—40. |

表 5—136 几种轴用材料的 $[\tau]$ 及  $A$  值

| 轴的材料                       | Q235,20 | 35      | 45      | 1Cr18Ni9Ti | 40Cr,<br>35SiMn,<br>38SiMnMo,<br>2Cr13,<br>42SiMn,<br>20CrMnTi |
|----------------------------|---------|---------|---------|------------|----------------------------------------------------------------|
| $[\tau]$ N/mm <sup>2</sup> | 12~20   | 20~30   | 30~40   | 15~25      | 40~52                                                          |
| $A$                        | 160~135 | 135~118 | 118~107 | 148~125    | 100.7~98                                                       |

注: 1. 当弯矩相对扭矩很小或只受扭矩时,  $[\tau]$ 取较大值,  $A$ 取较小值; 反之 $[\tau]$ 取较小值,  $A$ 取较大值。  
2. 当用 Q235 及 35SiMn 时,  $[\tau]$ 取较小值,  $A$ 取较大值。  
3. 计算的截面上有一个键槽,  $A$ 值增大4—5%, 有两个键槽 $A$ 值增大7—10%。

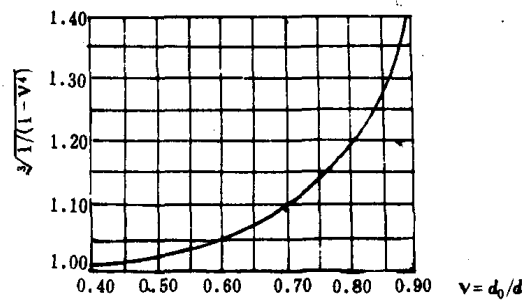


图 5—40

5.9.3 轴的结构设计

①轴上零件的固定

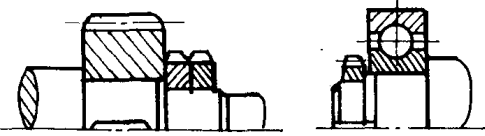
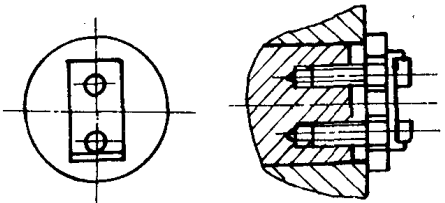
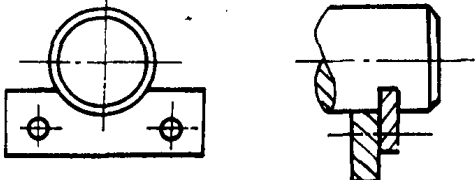
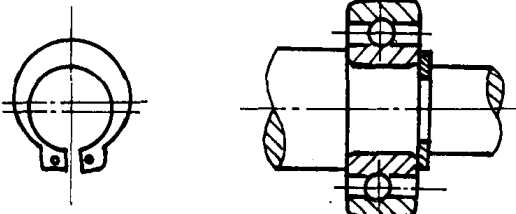
轴上零件的轴向固定方式见表 5—137。

表 5—137

轴上零件轴向固定方法及特点

| 固定方法     | 简 图 | 特 点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 轴肩、轴环、轴伸 |     | <p>结构简单，定位可靠，可承受较大的轴向力，常用于齿轮、链轮、带轮、联轴器和轴承的定位</p> <p>为保证零件紧靠定位面，应使 <math>r &lt; c_1</math> 或 <math>r &lt; R</math></p> <p>轴肩高度 <math>a</math> 应大于 <math>R</math> 或 <math>c_1</math>，通常取 <math>a = (0.07 \sim 0.1)d</math> 轴环宽度 <math>b \approx 1.4a</math></p> <p>与滚动轴承相配合处的 <math>a</math> 与 <math>r</math> 值应根据滚动轴承的类型与尺寸确定</p> <p>圆柱轴伸见(GB1569—90)</p> |
| 套筒       |     | <p>结构简单、定位可靠、轴上不需开槽、钻孔和切削螺纹，因而不影响轴的疲劳强度。一般用于零件间距较小场合，以免增加结构重量。轴的转速很高时不宜采用</p>                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 锁紧挡圈     |     | <p>结构简单，不能承受大的轴向力，不宜用于高速。常用于光轴上零件的固定</p> <p>螺钉锁紧挡圈的结构尺寸见 GB884—86</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 紧定螺钉     |     | <p>适用于轴向力很小，转速很低或仅为防止零件偶然沿轴向滑动的场合。为防止螺钉松动，可加锁圈</p> <p>紧定螺钉同时亦起周向固定作用</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 圆锥面      |     | <p>能消除轴与轮毂间的径向间隙，装拆较方便，可兼作周向固定，能承受冲击载荷。多用于轴端零件固定，常与轴端压板或螺母联合使用，使零件获得双向轴向固定</p> <p>圆锥形轴伸见 GB1570—90</p>                                                                                                                                                                                                                                                   |

续表 1

| 固定方法 | 简 图                                                                                 | 特 点                                                                                                                                                    |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 圆螺母  |    | <p>固定可靠, 装拆方便, 可承受较大轴向力。由于轴上切制螺纹, 使轴的疲劳强度降低。常用双圆螺母或圆螺母与止动垫圈固定轴端零件, 当零件间距较大时, 亦可用圆螺母代替套筒以减小结构重量</p> <p>圆螺母和止动垫圈的结构尺寸见 GB810—88, GB812—88 及 GB858—88</p> |
| 轴端挡圈 |    | <p>适用于固定轴端零件, 可承受剧烈振动和冲击载荷</p> <p>螺栓紧固轴端挡圈的结构尺寸见 GB892—86 (单孔) 及 JB/ZQ4349—86 (双孔)</p>                                                                 |
| 轴端挡板 |  | <p>适用于心轴和轴端固定见 JB/ZQ4348—86</p>                                                                                                                        |
| 弹性挡圈 |  | <p>结构简单紧凑, 只能承受很小的轴向力, 常用于固定滚动轴承</p> <p>轴用弹性挡圈的结构尺寸见 GB894.1—86</p>                                                                                    |

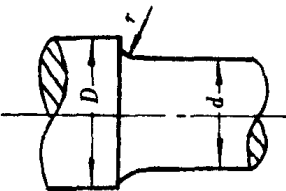
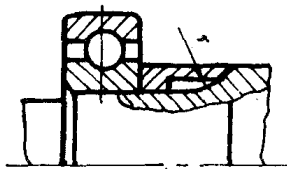
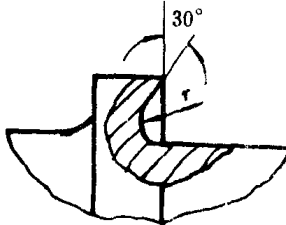
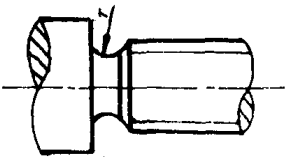
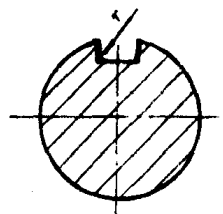
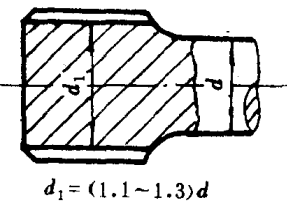
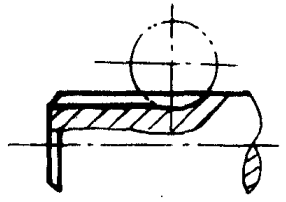
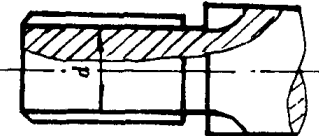
轴上零件的周向固定方式见键连接。

## ②提高轴疲劳强度的结构措施

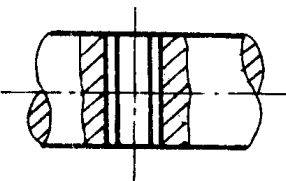
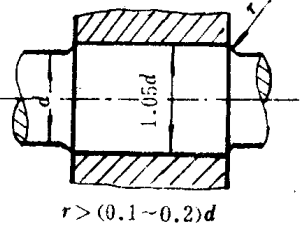
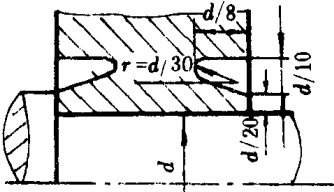
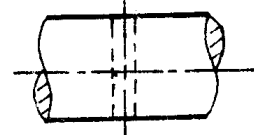
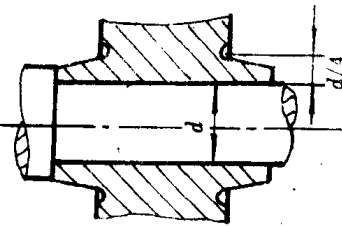
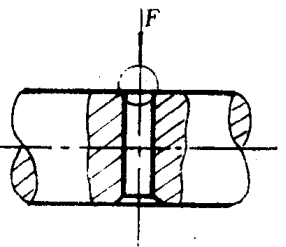
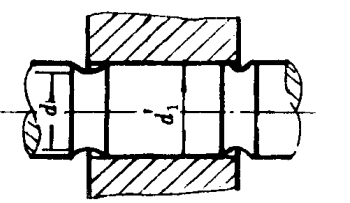
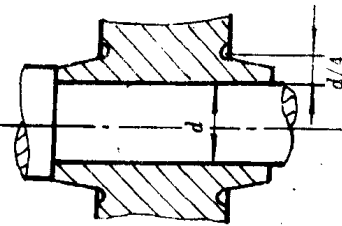
表 5—138, 列出了常用的降低集中应力的措施。

表 5—138

降低轴上应力集中的主要措施举例

| 结构名称 | 简图                                                                                  | 措施                                                | 结构名称 | 简图                                                                                   | 措施                                |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 圆    |    | 加大圆角半径 $r/d > 0.1$<br>减小直径差 $D/d < 1.15 \sim 1.2$ | 圆    |    | 加大圆角半径, 设中间环                      |
| 角    |   | 加内凹圆角                                             | 角    |   | 加退刀圆角                             |
| 键    |  | 底部加圆角                                             | 花    |  | 增大花键直径<br>$d_1 = (1.1 \sim 1.3)d$ |
| 槽    |  | 用圆盘铣刀                                             | 键    |  | 花键加退刀槽                            |

续表 1

| 结构名称 | 简图                                                                                  | 措施        | 结构名称 | 简图                                                                                   | 措施        |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 横    |    | 压入弹性小的衬套  | 过盈配合 |    | 轴上开卸载槽并辊压 |
|      |    | 盲孔改成通孔    |      |   | 轮毂上开卸载槽   |
|      |   |           |      |  |           |
| 孔    |  | 孔上倒角或滚珠辗压 |      |                                                                                      |           |
| 过盈配合 |  | 增大配合处直径   |      |  | 减小轮毂端部厚度  |
|      | $d_1 = (1.06 \sim 1.08) d$<br>$K\sigma$ 减小约 40%                                     |           | 说明   | $\kappa_\sigma$ ——弯曲时的有效应力集中系数                                                       |           |

### ③轴的加工和装配工艺性

轴的结构应考虑以下几个主要问题

- A. 考虑加工工艺所必需的结构要素（如中心孔、螺尾退刀槽、砂轮越程槽等）；
- B. 合理确定轴与零件的配合性质，加工精度和表面粗糙度；
- C. 轴的配合直径应按 GB2822—81 圆整为标准值
- D. 确定轴各段长度时，应尽可能使结构紧凑，同时要保证零件所需的滑动距离、装配或调整所需装配空间。
- E. 为便于导向和避免擦伤配合表面，轴的两端及有过盈配合的台阶处都应制成倒角。
- F. 为减少加工刀具种类和提高劳动生产率，轴上的圆角、倒角、键槽等应尽可能取相同尺寸。

### ④轴的典型结构举例

滚动轴承支承的轴的典型结构，如图 5—41。

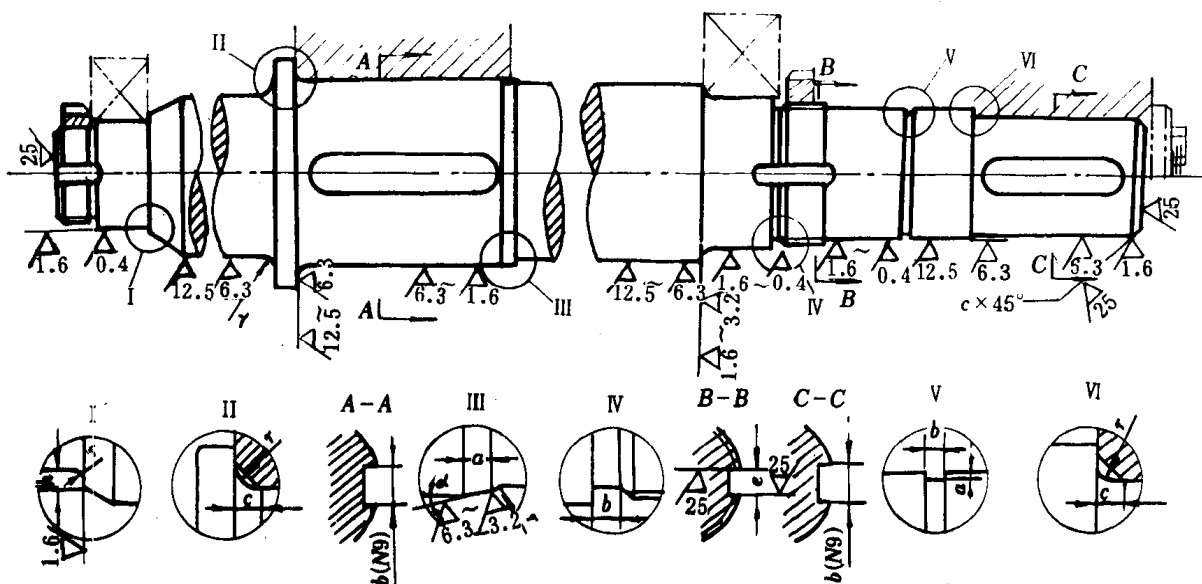


图 5—41 滚动轴承支承的轴的典型结构

### 5.9.4 轴的强度校核

轴上支承反力的作用点，根据轴承类型和组合确定。如图 5—42。

按许用弯曲应力计算的公式，计算危险截面的轴，（见表 5—139）。如果截面开一个键槽，其计算值加大 3~7%，有两个键槽时，其值增大 7~15%。

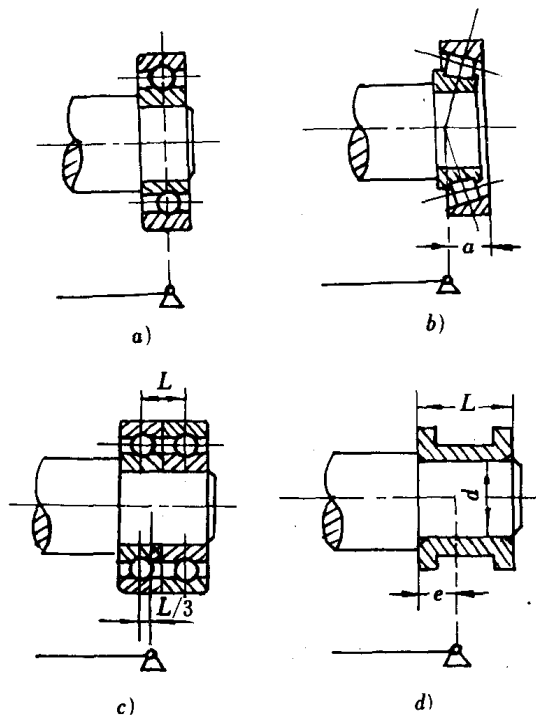


图 5—42 轴支承反力作用点

a) 向心轴承 b) 向心推力轴承 c) 两个向心轴承 d) 滑动轴承

当  $L/d < 1$ ,  $e = 0.5L$   $L/d > 1$ ,  $e = 0.5d$  但不小于  $(0.25 \sim 0.35)L$  对调心轴承  $e = 0.5L$

表 5—139

按许用弯曲应力计算公式

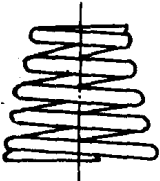
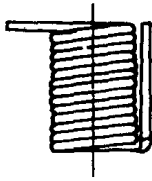
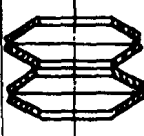
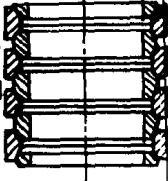
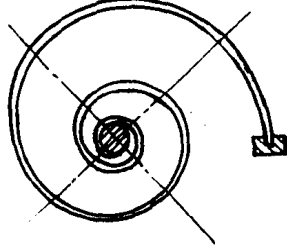
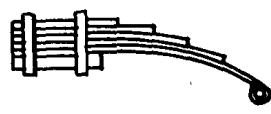
| 实 心 圆 轴                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 空 心 圆 轴                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\sigma = \frac{10\sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}}{d^3} \leq [\sigma_{-1}]$ $d \geq \sqrt[3]{\frac{10\sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}}{[\sigma_{-1}]}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $\sigma = \frac{10\sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}}{d^3} \times \frac{1}{(1 - \nu^4)} \leq [\sigma_{-1}]$ $d \geq \sqrt[3]{\frac{10\sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}}{[\sigma_{-1}]}} \times \sqrt[3]{\frac{1}{(1 - \nu^4)}}$ |
| <p>说 明</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                |
| <p><math>\sigma</math>—轴计算截面上的工作应力 MPa; <math>d</math>—轴的直径mm; <math>M</math>—轴计算截面上的合成弯矩 N·mm; <math>\alpha</math>—根据扭应力变化性质而定的校正系数。<br/> <math>T</math>—轴计算截面的扭矩 N·mm;<br/>           扭应力对称循环变化时 <math>\alpha = 1</math><br/>           扭应力脉动循环变化时 <math>\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{[\sigma_0]} \approx 0.7</math><br/>           扭应力不变时 <math>\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{[\sigma_{+1}]} \approx 0.65</math><br/> <math>\nu</math>—空心轴内径 <math>d_0</math> 与外径 <math>d</math> 之比, <math>\nu = d_0/d</math>, 数值 <math>\sqrt[3]{\frac{1}{(1 - \nu^4)}}</math> 见图 5—40<br/> <math>[\sigma_{-1}]</math> —许用疲劳应力 MPa 见表 5—134</p> |                                                                                                                                                                                                                |

## 5.10 弹簧

### 5.10.1 弹簧的分类

表 5—140

弹簧的主要类型

| 按形<br>状分    | 按<br>载<br>荷<br>分 | 拉 伸                                                                                                | 压 缩                                                                                                                                                                                                | 扭 转                                                                                                 | 弯 曲                                                                                         |
|-------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 螺<br>旋<br>形 |                  | 圆柱形螺旋<br>拉伸弹簧<br> | 圆柱形<br>螺旋压<br> 截锥形螺旋<br>压缩弹簧<br> | 圆柱形螺旋<br>扭转弹簧<br> |                                                                                             |
| 其<br>它      |                  |                                                                                                    | 碟形弹簧<br> 环形弹簧<br>            | 盘簧<br>          | 板簧<br> |

### 5.10.2 弹簧的材料

表 5—141

弹簧材料及许用应力 (按 GB1239—76)

| 类<br>别 | 牌 号                                    | 压缩弹簧许用切应<br>力 ( $\tau$ ), MPa |               |               | 许用弯曲<br>应力 ( $\sigma$ ) <sub>w</sub><br>MPa |                       | 切变模量 $G$<br>GPa            | 弹性模量 $E$<br>GPa          | 推荐硬<br>度范围<br>HRC | 推荐使<br>用温度<br>℃ | 特性及用途                                                                                              |
|--------|----------------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                        | I 类                           | II 类          | III 类         | II 类                                        | III 类                 |                            |                          |                   |                 |                                                                                                    |
| 钢<br>丝 | 碳素弹簧钢丝<br>I, II, III, III <sub>a</sub> |                               |               |               |                                             |                       | $0.5 < d < 4$<br>81.5~78.5 | $0.5 < d < 4$<br>204~202 | —                 | —40~<br>120     | 强度高, 加<br>工性能好, 但<br>淬透性差, 适<br>用于做小弹簧<br>(钢丝直径 $d$<br>$< 8\text{mm}$ 冷卷<br>弹簧), 或要<br>求不高的大弹<br>簧 |
|        | 特殊用途弹簧<br>钢丝甲、乙、<br>丙 65Mn             | $0.3\sigma_b$                 | $0.4\sigma_b$ | $0.5\sigma_b$ | $0.5\sigma_b$                               | $0.625$<br>$\sigma_b$ | $d > 4$<br>78.5            | $d > 4$<br>197           |                   |                 |                                                                                                    |



续表 1

| 类别                       | 牌 号                                | 压缩弹簧许用切应力 ( $\tau$ ), MPa |      |       | 许用弯曲应力 ( $\sigma$ ) <sub>w</sub> MPa |       | 切变模量 $G$ GPa | 弹性模量 $E$ GPa | 推荐硬度范围 HRC | 推荐使用温度 $^{\circ}\text{C}$ | 特性及用途                                                    |
|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|------|-------|--------------------------------------|-------|--------------|--------------|------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|
|                          |                                    | I 类                       | II 类 | III 类 | II 类                                 | III 类 |              |              |            |                           |                                                          |
| 钢<br><br><br><br>丝       | 60Si2Mn<br>50Si2MnA                | 471                       | 627  | 785   | 785                                  | 981   | 78.5         | 197          | 45~50      | -40~200                   | 弹性好, 回火稳定性好; 易脱碳, 用于受高负荷的弹簧                              |
|                          | 60Si2CrA                           |                           |      |       |                                      |       | 47~52        |              |            |                           | 有较好的弹性, 淬透性和回火稳定性                                        |
|                          | 70Si3MnA                           | 530                       | 706  | 883   | 883                                  | 1110  | 47~52        |              |            | -40~200                   | 强度高, 易脱碳, 有较好的弹性和回火稳定性                                   |
|                          | 65Si2MnWA<br>60Si2CrVA             | 560                       | 745  | 931   | 931                                  | 1167  | 47~52        |              |            | -40~250                   | 强度高, 耐高温, 弹性好, 淬透性好                                      |
|                          | 50CrVA                             | 442                       | 588  | 735   | 735                                  | 920   | 45~50        |              |            | -40~210                   | 有高的疲劳性能, 淬透性和回火稳定性好                                      |
|                          | 30W4Cr2VA                          |                           |      |       |                                      |       | 43~47        |              |            | -40~350                   | 高温时强度高, 淬透性好                                             |
| 不<br>锈<br>钢<br><br><br>丝 | 1Cr18Ni9<br>1Cr18Ni9Ti<br>2Cr18Ni9 | 324                       | 432  | 540   | 540                                  | 677   | 71.5         | 193          | —          | -250~300                  | 耐腐蚀, 耐高低温有良好工艺性, 但不能用淬火法硬化, 只能在固溶处理后, 通过加工来提高强度, 适用于做小弹簧 |
|                          | 4Cr13                              | 442                       | 588  | 735   | 735                                  | 920   | 75.5         | 215          | 48~53      | -40~30                    | 耐腐蚀, 耐高温适用于做大弹簧                                          |
|                          | Cr17Ni7Al<br>Cr15Ni7MoAl           | 471                       | 627  | 785   | 785                                  | 981   | 73.5         | 183          | —          | 300                       | 耐腐蚀, 加工性能好                                               |
|                          | Ni36CrTiAl                         | 442                       | 588  | 735   | 735                                  | 920   | 75.5         | 197          | —          | -40~250                   | 耐腐蚀, 弱磁性, 高弹性                                            |
|                          | Ni42CrTi                           | 412                       | 550  | 687   | 687                                  | 862   | 65.6         | 186          | —          | -60~100                   | 耐腐蚀, 加工性能好, 恒弹性                                          |
|                          | Co40CrNiMo                         | 500                       | 666  | 834   | 834                                  | 1000  | 76.5         | 197          | —          | -40~400                   | 耐腐蚀, 高强度, 无磁, 高弹性                                        |

续表 2

| 类别          | 牌 号                    | 压缩弹簧许用切应力 $[\tau]$ , MPa |      |       | 许用弯曲应力 $(\sigma)_w$ , MPa |       | 切变模量 $G$ , GPa | 弹性模量 $E$ , GPa | 推荐硬度范围 HRC      | 推荐使用温度 $^{\circ}\text{C}$      | 特性及用途                              |                                |
|-------------|------------------------|--------------------------|------|-------|---------------------------|-------|----------------|----------------|-----------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|             |                        | I 类                      | II 类 | III 类 | II 类                      | III 类 |                |                |                 |                                |                                    |                                |
| 青<br>铜<br>丝 | QSi3—1                 | 265                      | 353  | 442   | 442                       | 550   | 40.2           | 93             | HBS<br>90 ~ 100 | -40~<br>120                    | 强度, 弹性和耐磨性均高, 低温时不降低塑性, 耐腐蚀, 防磁好   |                                |
|             | QSn4-3<br>QSn0.5-0.1   |                          |      |       |                           |       | 39.2           |                |                 |                                |                                    |                                |
|             | QBe2                   | 353                      | 442  | 550   | 550                       | 735   | 42.2           | 129.5          | 37~40           | 强度, 弹性和耐磨性均好, 耐蚀, 无磁性, 导电性和弹性好 |                                    |                                |
| 轧<br><br>材  | 65Mn                   | 412                      | 550  | 687   | 687                       | 862   | 78.5           | 197            | 45~50           | -40~<br>120                    | 机械性能略大于碳素钢; 有过热敏感性和回火脆性            |                                |
|             | 55Si2Mn                | 442                      | 588  | 735   | 735                       | 912   |                |                |                 | -40~<br>200                    | 弹性极限, 淬透性和抗回火稳定性均较高, 过热敏感性较小, 但易脱碳 |                                |
|             | 60Si2Mn                | 471                      | 607  | 785   | 785                       | 981   |                |                |                 |                                | -40~<br>250                        | 有较好的弹性, 淬透性和回火稳定性              |
|             | 60Si2MnA               |                          |      |       |                           |       |                |                |                 |                                |                                    |                                |
|             | 60Si2MnA               | 529                      | 705  | 883   | 883                       | 1110  |                |                | 47~52           | -40~<br>200                    | 强度高, 易脱碳, 有较好的弹性和回火稳定性             |                                |
|             | 70Si2MnA               |                          |      |       |                           |       |                |                |                 |                                |                                    |                                |
|             | 65Si2MnWA<br>60Si2CrVA | 559                      | 745  | 931   | 931                       | 981   |                |                | -40~<br>250     | 强度高, 耐高温, 弹性好                  |                                    |                                |
|             | 50CrMn                 | 470                      | 627  | 785   | 785                       | 981   |                |                | 45~50           | -40~<br>210                    | 有高的疲劳性能, 弹性, 淬透性和回火稳定性好            |                                |
|             | 55SiMnVB<br>50CrVA     | 442                      | 588  | 735   | 735                       | 912   |                |                |                 | 43~47                          | -40~<br>500                        | 高的疲劳性, 淬透性和回火稳定性, 高温时强度高, 淬透性好 |
|             | 30W4Cr2VA              |                          |      |       |                           |       |                |                |                 |                                |                                    |                                |

注: 1.  $[\tau]$ ,  $(\sigma)_w$ ,  $G$  和  $E$  值是在常温下按表中推荐硬度范围的下限值。

2. 工作极限切应力: I 类弹簧:  $\tau_j < 1.67 [\tau]$ ; II 类  $\tau_j < 1.25 [\tau]$ ; III 类  $\tau_j < [\tau]$ 。工作极限弯曲应力:  $(\sigma)_w < 0.625 \sigma_b$ ; III 类  $(\sigma)_w < 0.8 \sigma_b$ 。

3. 拉伸弹簧的许用切应力  $[\tau]$  为表中的 80%。对于重要的其损坏会引起整个机械损坏的弹簧,  $[\tau]$  应适当降低。

4. 当工作温度大于 60 $^{\circ}\text{C}$  时, 切变模量  $G$  应进行修正, 参阅 GB1239—76。

表 5—142

弹簧钢丝的抗拉强度极限

(MPa)

| 碳 素 弹 簧 钢 丝  |      |                       |      | 特殊用途碳素弹簧钢丝   |      |      |      | 重要用途弹簧钢丝     |      |
|--------------|------|-----------------------|------|--------------|------|------|------|--------------|------|
| 钢丝直径<br>d,mm | I 组  | II .II <sub>a</sub> 组 | III组 | 钢丝直径<br>d,mm | 甲组   | 乙组   | 丙组   | 钢丝直径<br>d,mm | 65Mn |
| 0.15~0.3     | 2648 | 2207                  | 1710 |              |      |      |      |              |      |
| 0.35~0.6     | 2599 | 2159                  | 1667 | 0.2~0.5      | 2820 | 2700 | 2550 | 1~1.2        | 765  |
| 0.7~0.8      | 2550 | 2109                  | 1667 |              |      |      |      |              |      |
| 0.9          | 2500 | 2059                  | 1618 |              |      |      |      | 1.4~1.6      | 1716 |
| 1            | 2452 | 2010                  | 1618 | 0.6~0.8      | 2795 | 2648 | 2500 |              |      |
| 1.2          | 2355 | 1912                  | 1520 |              |      |      |      | 1.8~2        | 1667 |
| 1.4          | 2256 | 1863                  | 1471 |              |      |      |      |              |      |
| 1.5~1.6      | 2158 | 1814                  | 1422 | 0.9~1        | 2750 | 2599 | 2452 | 2.2~2.5      | 1618 |
| 1.8          | 2059 | 1765                  | 1373 |              |      |      |      |              |      |
| 2            | 1961 | 1765                  | 1373 |              |      |      |      | 2.8~3.2      | 1569 |
| 2.2          | 1863 | 1667                  | 1373 |              |      |      |      |              |      |
| 2.5          | 1765 | 1618                  | 1275 | 1.2          | —    | 2500 | 2355 | 3.5          | 1471 |
| 2.8          | 1716 | 1618                  | 1275 |              |      |      |      |              |      |
| 3            | 1667 | 1618                  | 1275 |              |      |      |      | 3.8~4.2      | 1422 |
| 3.2          | 1667 | 1520                  | 1177 |              |      |      |      |              |      |
| 3.5          | 1618 | 1520                  | 1177 |              |      |      |      | 4.5          | 1373 |
| 4            | 1569 | 1471                  | 1128 | 1.4~1.5      | —    | 2400 | 2256 |              |      |
| 4.5~5        | 1471 | 1373                  | 1079 |              |      |      |      | 5            | 1324 |
| 5.5~6        | 1422 | 1324                  | 1030 |              |      |      |      |              |      |
| 7~8          | —    | 1226                  | 981  |              |      |      |      | 5.5~6        | 1275 |

注：表中  $\sigma_b$  值均为下限值。

表 5—143

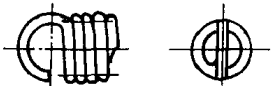
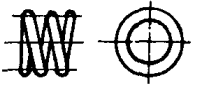
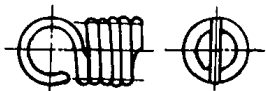
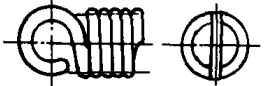
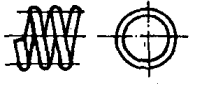
常用弹簧钢在油中能淬透的尺寸

| 钢 号                  | 碳素弹簧钢<br>(65,70) | 65Mn | 60Si2Mn | 50CrMn | 60Si2CrA<br>50CrVA | 65Si2MnWA<br>60Si2CrVA |
|----------------------|------------------|------|---------|--------|--------------------|------------------------|
| 在油中能淬透<br>的<br>尺寸 mm | 7                | 15   | 25      | 30     | 45                 | 50                     |

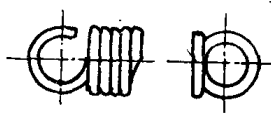
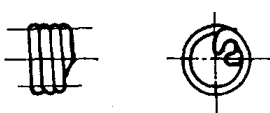
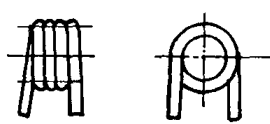
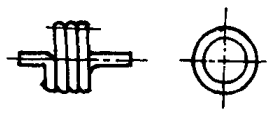
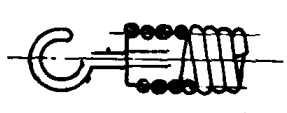
## 5.10.3 弹簧的结构型式

表 5—144

弹簧的结构型式及代号 (GB1239—76)

| 类<br>型                  | 代<br>号 | 结 构 简 图                                                                                                  | 类<br>型                  | 代<br>号 | 结 构 简 图                                                                                        |
|-------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 压<br>缩<br>弹<br>簧<br>(Y) | YI     | <br>两端圈并紧并磨平            | 拉<br>伸<br>弹<br>簧<br>(L) | LI     | <br>半圆钩环     |
|                         | YII    | <br>两端圈并紧不磨或磨平 (热卷弹簧) |                         | LII    | <br>圆钩环    |
|                         | YIII   | <br>两端圈并紧不磨           |                         | LIII   | <br>圆钩环压中心 |
|                         | YIV    | <br>两端圈不并紧            |                         |        |                                                                                                |

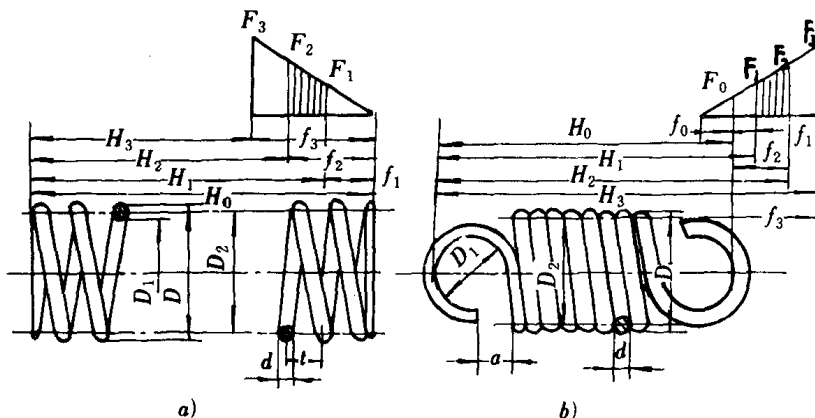
续表 1

| 类型                      | 代号    | 结 构 简 图                                                                                             | 类型                      | 代号   | 结 构 简 图                                                                                             |
|-------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 拉<br>伸<br>弹<br>簧<br>(L) | LIV   |  <p>偏心圆钩环</p>      | 扭<br>转<br>弹<br>簧<br>(N) | NI   |  <p>内臂扭转弹簧</p>    |
|                         | LV    |  <p>长臂半圆钩环</p>     |                         | NII  |  <p>外臂扭转弹簧</p>    |
|                         | LVI   |  <p>长臂小圆钩环</p>   |                         | NIII |  <p>中心臂扭转弹簧</p> |
|                         | LVII  |  <p>可调式</p>      |                         | NIV  |  <p>双扭式</p>     |
|                         | LVIII |  <p>两端具有可转钩环</p> |                         |      |                                                                                                     |

### 5.10.4 压、拉弹簧的设计计算

表 5-145

压、拉弹簧的设计计算公式



$F_1$ ——最小工作负荷, N, 一般  $F_1 \geq 0.2F_3$ ;  $F_2$ ——最大工作负荷, N;  $F_3$ ——工作极限负荷, N, I 类弹簧  $F_3 = 1.67F_2$ ; II 类  $F_3 = 1.25F_2$ ; III 类  $F_3 = F_2$ ;  $F_0$ ——拉伸弹簧的初拉力, N, 一般  $F_0 = (0.2 \sim 0.3)F_2$ ;  $f_0, f_1, f_2, f_3$ ——在  $F_0, F_1, F_2, F_3$  作用下弹簧的变形量, m;

$H_0$ ——自由高度或长度, m;  $H_1, H_2, H_3$ ——在  $F_1, F_2, F_3$  作用下弹簧的高度, m;  $d$ ——弹簧钢丝直径, m;  $D, D, D_1$ ——弹簧外、中、内径, m。

| 名 称                                 | 计 算 公 式                                                                          | 符 号 意 义 及 选 择                                                                                                            |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 弹簧钢丝直径 $d$<br>m<br>(在几何计算中单位一般用 mm) | $d \geq 1.6 \sqrt{\frac{F_2 K C}{[\tau]}}$                                       | $K$ ——曲度系数, 见表 5-146<br>$K = \frac{4C-1}{4C-1} + \frac{0.615}{C}$ $C$ ——弹簧指数, 见表 5-146<br>$[\tau]$ ——许用切应力, Pa, 见表 5-141 |
| 弹簧刚度 $k$<br>N/m                     | $k = \frac{GD_2}{8Cn}$                                                           | $G$ ——切变模量, GPa, 见表 5-141<br>$f_0$ ——弹簧初变形量, 对不需淬火的钢丝制成的拉伸弹簧 $f_0 = (0.25 \sim 0.43)f_2$ ; 对压缩弹簧及没有初变形的拉伸弹簧 $f_0 = 0$    |
| 有 效 圈 数 $n$                         | $n = \frac{GD_2(f_2 - f_0)}{8F_2C}$                                              |                                                                                                                          |
| 工作极限负荷下的变形量<br>$f_3, m$             | 压缩弹簧: $f_3 = \frac{8F_3C^4n}{GD_2}$<br>拉伸弹簧: $f_3 = \frac{8F_3C^4n}{GD_2} - f_0$ |                                                                                                                          |
| 最大工作负荷下的变形量<br>$f_2, m$             | 压缩弹簧: $f_2 = \frac{8F_2C^4n}{GD_2}$<br>拉伸弹簧: $f_2 = \frac{8F_2C^4n}{GD_2} - f_0$ |                                                                                                                          |

续表 1

| 名 称                          | 几 何 尺 寸 计 算 公 式 及 方 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 总圈数 $n_1$                    | 压缩弹簧: $n_1 = n + (2 \sim 2.5)$ 冷卷弹簧<br>$n_1 = n + (1.5 \sim 2)$ YII 型热卷弹簧<br>拉伸弹簧: $n_1 = n$                                                                                                                                                                                                                                      |
| 节距 $t, \text{mm}$            | 压缩弹簧: $t = (0.28 \sim 0.5)D_2$ 或查表 5—147<br>拉伸弹簧: $t = d$                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 自由高度或长度 $H_0, \text{mm}$     | 压缩弹簧: 两端圈磨平: 当 $n_1 = n + 1.5$ 时, $H_0 = tn + d$<br>当 $n_1 = n + 2$ 时, $H_0 = tn + 1.5d$<br>当 $n_1 = n + 2.5$ 时, $H_0 = tn + 2d$<br>两端圈不磨: 当 $n_1 = n + 2$ 时, $H_0 = tn + 3d$<br>当 $n_1 = n + 2.5$ 时, $H_0 = tn + 3.5d$<br>拉伸弹簧: LI 型 $H_0 = (n + 1)d + D_1$<br>LII 型 $H_0 = (n + 1)d + 2D_1$<br>LIII 型 $H_0 = (n + 1.5)d + 2D_1$ |
| 压缩弹簧并紧高度<br>$H_b, \text{mm}$ | 两端圈磨平: $H_b \approx (n_1 - 0.5)d$ ; 两端圈不磨: $H_b \approx (n_1 + 1)d$                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 弹簧展开长度 $L, \text{mm}$        | 压缩弹簧: $L = \frac{\pi D_2 n_1}{\cos \gamma^\circ}$<br>拉伸弹簧: $L = \pi D_2 n + \text{钩部展开长度}$                                                                                                                                                                                                                                        |
| 螺旋导角 $\gamma^\circ$          | $\gamma^\circ = \arctg \frac{t}{\pi D_2}$ , 对压缩弹簧推荐 $\gamma^\circ = 5^\circ \sim 9^\circ$                                                                                                                                                                                                                                         |

表 5—146

弹簧指数 C 及曲度系数 K

| 项目            | 参 数 选 取                     |     |      |                 |      |      |      |               |      |      |      |                 |      |      |      |              |      |      |      |             |      |      |      |              |  |  |  |  |
|---------------|-----------------------------|-----|------|-----------------|------|------|------|---------------|------|------|------|-----------------|------|------|------|--------------|------|------|------|-------------|------|------|------|--------------|--|--|--|--|
| 弹簧<br>指数<br>C | d,mm<br>$C = \frac{D_2}{d}$ |     |      | 0.2~0.4<br>7~14 |      |      |      | 0.5~1<br>5~12 |      |      |      | 1.2~2.2<br>5~10 |      |      |      | 2.5~6<br>4~9 |      |      |      | 7~16<br>4~8 |      |      |      | 18~50<br>4~6 |  |  |  |  |
| 曲度<br>系数<br>K | C                           | 4   | 4.1  | 4.2             | 4.3  | 4.4  | 4.5  | 4.6           | 4.7  | 4.8  | 4.9  | 5.0             | 5.2  | 5.4  | 5.5  | 5.6          | 5.8  | 6    | 6.2  | 6.4         | 6.5  | 6.6  | 6.8  | 7            |  |  |  |  |
|               | K                           | 1.4 | 1.59 | 1.38            | 1.37 | 1.36 | 1.35 | 1.34          | 1.33 | 1.32 | 1.32 | 1.31            | 1.30 | 1.29 | 1.28 | 1.27         | 1.26 | 1.25 | 1.24 | 1.24        | 1.23 | 1.23 | 1.22 | 1.21         |  |  |  |  |
|               | C                           | 7.2 | 7.4  | 7.5             | 7.6  | 7.8  | 8    | 8.5           | 9    | 9.5  | 10   | 11              | 12   | 14   |      |              |      |      |      |             |      |      |      |              |  |  |  |  |
|               | K                           | 1.2 | 1.2  | 1.2             | 1.19 | 1.19 | 1.18 | 1.17          | 1.16 | 1.15 | 1.14 | 1.13            | 1.12 | 1.10 |      |              |      |      |      |             |      |      |      |              |  |  |  |  |

表 5—147

常用压缩弹簧的基本性能 (摘自 GB2089—80)

| 材料<br>直径<br>$d$<br>(mm) | 弹簧中<br>径 $D_2$<br>(mm) | 工作极<br>限负荷<br>$F_p(N)$ | 一圈弹<br>簧工作<br>极限负<br>荷下变<br>形量 $f'$<br>(mm) | 节距<br>$t$<br>(mm) | 最大导<br>杆直径<br>$D_{max}$<br>(mm) | 最小导<br>套直径<br>$D_{min}$<br>(mm) | 材料<br>直径<br>$d$<br>(mm) | 弹簧中<br>径 $D_2$<br>(mm) | 工作极<br>限负荷<br>$F_p(N)$ | 一圈弹<br>簧工作<br>极限负<br>荷下变<br>形量 $f'$<br>(mm) | 节距<br>$t$<br>(mm) | 最大导<br>杆直径<br>$D_{max}$<br>(mm) | 最小导<br>套直径<br>$D_{min}$<br>(mm) |
|-------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 0.5                     | 3                      | 14.1                   | 0.62                                        | 1.19              | 1.9                             | 4.1                             | 0.9                     | 4                      | 54.3                   | 0.54                                        | 1.51              | 2.5                             | 5.5                             |
|                         | 3.5                    | 12.4                   | 0.872                                       | 1.48              | 2.4                             | 4.6                             |                         | 4.5                    | 10.0                   | 0.708                                       | 1.69              | 3.0                             | 6.0                             |
|                         | 4                      | 11.4                   | 1.167                                       | 1.81              | 2.9                             | 5.1                             |                         | 5                      | 46.3                   | 0.898                                       | 1.91              | 3.5                             | 6.5                             |
|                         | (4.5)                  | 10.1                   | 1.505                                       | 2.18              | 3.4                             | 5.6                             |                         | 6                      | 40.0                   | 1.346                                       | 2.41              | 4.1                             | 7.9                             |
|                         | 5                      | 9.24                   | 1.89                                        | 2.61              | 3.1                             | 6.1                             |                         | 7                      | 35.4                   | 1.887                                       | 3.01              | 5.1                             | 8.9                             |
|                         | 6                      | 7.88                   | 2.78                                        | 3.61              | 4.5                             | 7.5                             |                         | 8                      | 81.7                   | 2.525                                       | 3.72              | 6.1                             | 9.9                             |
|                         | 7                      | 6.86                   | 3.85                                        | 4.80              | 5.5                             | 8.5                             |                         | 9                      | 28.6                   | 3.25                                        | 4.53              | 7.1                             | 10.9                            |
|                         |                        |                        |                                             |                   |                                 |                                 |                         | 10                     | 26.1                   | 4.05                                        | 5.44              | 8.1                             | 11.9                            |
| 0.6                     | 3                      | 22.75                  | 0.483                                       | 1.14              | 1.8                             | 4.2                             | 1.0                     | 4.5                    | 65.0                   | 0.603                                       | 1.68              | 2.9                             | 6.1                             |
|                         | 3.5                    | 19.9                   | 0.683                                       | 1.36              | 2.3                             | 4.7                             |                         | 5                      | 60.2                   | 0.768                                       | 1.86              | 3.4                             | 6.6                             |
|                         | 4                      | 18.25                  | 0.92                                        | 1.63              | 2.8                             | 5.2                             |                         | 6                      | 52.5                   | 1.158                                       | 2.30              | 4                               | 8                               |
|                         | (4.5)                  | 16.6                   | 1.19                                        | 1.93              | 3.3                             | 5.7                             |                         | 7                      | 46.4                   | 1.625                                       | 2.82              | 5                               | 9                               |
|                         | 5                      | 15.2                   | 1.595                                       | 2.27              | 3.8                             | 6.2                             |                         | 8                      | 41.6                   | 2.175                                       | 3.44              | 6                               | 10                              |
|                         | 6                      | 13.04                  | 2.213                                       | 3.08              | 4.4                             | 7.6                             |                         | 9                      | 37.8                   | 2.80                                        | 4.14              | 7                               | 11                              |
|                         | 7                      | 11.38                  | 3.075                                       | 4.4               | 5.4                             | 8.6                             |                         | 10                     | 34.5                   | 3.525                                       | 4.94              | 8                               | 12                              |
|                         | 8                      | 10.1                   | 4.072                                       | 5.15              | 6.4                             | 9.6                             |                         | 12                     | 29.4                   | 5.182                                       | 6.80              | 9                               | 15                              |
| 0.7                     | 3.5                    | 31                     | 0.563                                       | 1.33              | 2.2                             | 4.8                             | 1.2                     | (14)                   | 25.6                   | 7.15                                        | 9.02              | 11                              | 17                              |
|                         | 4                      | 28                     | 0.762                                       | 1.55              | 2.7                             | 5.3                             |                         | 6                      | 80.0                   | 0.878                                       | 2.18              | 3.8                             | 8.2                             |
|                         | 4.5                    | 25.6                   | 0.99                                        | 1.81              | 3.2                             | 5.8                             |                         | 7                      | 73.5                   | 1.24                                        | 2.59              | 4.8                             | 9.2                             |
|                         | 5                      | 23.6                   | 1.248                                       | 2.10              | 3.7                             | 6.3                             |                         | 8                      | 66.2                   | 1.668                                       | 3.07              | 5.8                             | 10.2                            |
|                         | 6                      | 20.2                   | 1.855                                       | 2.78              | 4.3                             | 7.7                             |                         | 9                      | 60.2                   | 2.154                                       | 3.62              | 6.8                             | 11.2                            |
|                         | 7                      | 17.7                   | 2.58                                        | 3.59              | 5.3                             | 8.7                             |                         | 10                     | 55.3                   | 2.725                                       | 4.24              | 7.8                             | 12.2                            |
|                         | 8                      | 15.8                   | 3.425                                       | 4.54              | 6.3                             | 9.7                             |                         | 12                     | 47.3                   | 4.022                                       | 5.69              | 8.8                             | 15.2                            |
|                         | 9                      | 14.2                   | 4.4                                         | 5.62              | 7.3                             | 10.7                            |                         | 14                     | 41.3                   | 5.575                                       | 7.44              | 10.8                            | 17.2                            |
| 0.8                     |                        |                        |                                             |                   |                                 |                                 | 1.4                     | (16)                   | 36.7                   | 1.375                                       | 9.46              | 12.8                            | 19.2                            |
|                         | 4                      | 40.4                   | 0.645                                       | 1.52              | 2.6                             | 5.4                             |                         | 7                      | 110                    | 0.998                                       | 2.52              | 4.6                             | 9.4                             |
|                         | (4.5)                  | 37                     | 0.84                                        | 1.74              | 3.1                             | 5.9                             |                         | 8                      | 99                     | 1.348                                       | 2.91              | 5.6                             | 10.4                            |
|                         | 5                      | 34.1                   | 1.063                                       | 1.99              | 3.6                             | 6.4                             |                         | 9                      | 90.5                   | 1.75                                        | 3.36              | 6.6                             | 11.4                            |
|                         | 6                      | 29.5                   | 1.588                                       | 2.58              | 4.2                             | 7.8                             |                         | 10                     | 83.0                   | 2.205                                       | 3.87              | 7.6                             | 12.4                            |
|                         | 7                      | 26                     | 2.215                                       | 3.28              | 5.2                             | 8.8                             |                         | 12                     | 71.5                   | 3.276                                       | 5.0               | 8.6                             | 15.4                            |
|                         | 8                      | 23.1                   | 2.95                                        | 4.10              | 6.2                             | 9.8                             |                         | 14                     | 62.6                   | 4.564                                       | 6.51              | 10.6                            | 17.4                            |
|                         | 9                      | 20.9                   | 3.80                                        | 5.04              | 7.2                             | 10.8                            |                         | 16                     | 55.7                   | 6.05                                        | 8.18              | 12.6                            | 19.4                            |
| 0.8                     | (10)                   | 19.0                   | 4.725                                       | 6.10              | 8.2                             | 11.8                            |                         | 18                     | 50.2                   | 7.775                                       | 10.1              | 14.6                            | 21.4                            |
|                         |                        |                        |                                             |                   |                                 |                                 |                         | 20                     | 45.7                   | 9.70                                        | 12.6              | 15.6                            | 24.4                            |



续表 1

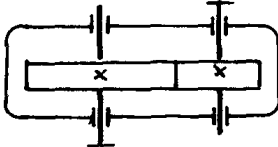
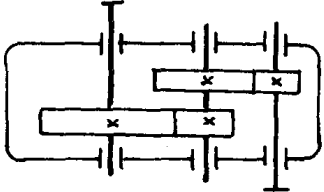
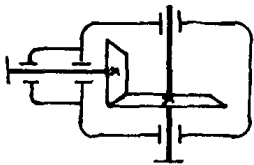
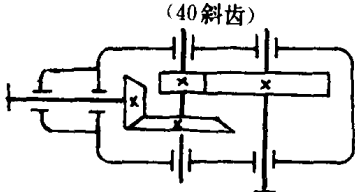
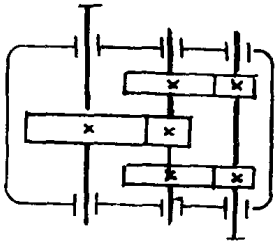
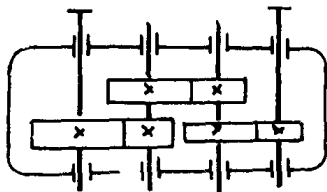
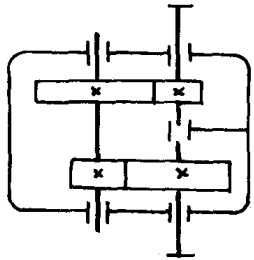
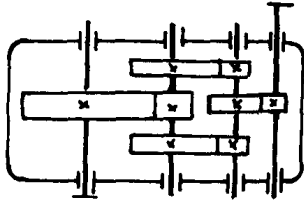
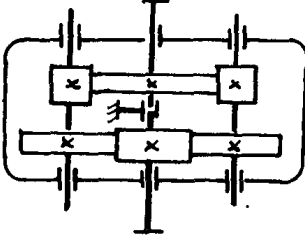
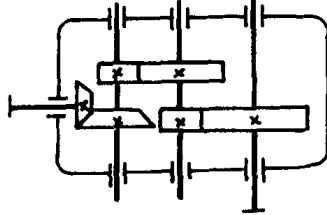
| 材料<br>直径<br>$d$<br>(mm) | 弹簧中<br>径 $D_2$<br>(mm) | 工作极<br>限负荷<br>$F_j$ (N) | 一圈弹<br>簧工作<br>极限负<br>荷下变<br>形量 $f'$<br>(mm) | 节距<br>$t$<br>(mm) | 最大导<br>杆直径<br>$D_{max}$<br>(mm) | 最小导<br>套直径<br>$D_{min}$<br>(mm) | 材料<br>直径<br>$d$<br>(mm) | 弹簧中<br>径 $D_2$<br>(mm) | 工作极<br>限负荷<br>$F_j$ (N) | 一圈弹<br>簧工作<br>极限负<br>荷下变<br>形量 $f'$<br>(mm) | 节距<br>$t$<br>(mm) | 最大导<br>杆直径<br>$D_{max}$<br>(mm) | 最小导<br>套直径<br>$D_{min}$<br>(mm) |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1.6                     | 8                      | 1.39                    | 1.106                                       | 2.84              | 5.4                             | 10.6                            | 2.5                     | 25                     | 174                     | 7.075                                       | 10.4              | 19.5                            | 30.5                            |
|                         | 9                      | 127.5                   | 1.446                                       | 3.22              | 6.4                             | 11.6                            |                         | (28)                   | 157                     | 9.009                                       | 12.6              | 22.5                            | 33.5                            |
|                         | 10                     | 118                     | 1.83                                        | 3.65              | 7.4                             | 12.6                            |                         | (30)                   | 148                     | 10.425                                      | 14.2              | 24.5                            | 35.5                            |
|                         | 12                     | 102                     | 2.725                                       | 4.66              | 8.4                             | 15.6                            |                         | (32)                   | 139                     | 11.950                                      | 15.9              | 25.5                            | 38.5                            |
|                         | 14                     | 89.4                    | 3.825                                       | 5.87              | 10.4                            | 17.6                            | 3.0                     | 14                     | 459                     | 1.585                                       | 4.77              | 9                               | 19                              |
|                         | 16                     | 79.6                    | 5.075                                       | 7.29              | 12.4                            | 19.6                            |                         | 16                     | 415                     | 2.145                                       | 5.49              | 11                              | 21                              |
|                         | 18                     | 71.9                    | 6.525                                       | 8.91              | 14.4                            | 21.6                            |                         | 18                     | 380                     | 2.80                                        | 6.13              | 13                              | 23                              |
|                         | (20)                   | 69.5                    | 8.15                                        | 10.7              | 15.4                            | 23.6                            |                         | 20                     | 350                     | 2.525                                       | 6.95              | 14                              | 26                              |
|                         | (22)                   | 60.2                    | 9.971                                       | 12.8              | 17.4                            | 26.6                            |                         | 22                     | 324                     | 4.35                                        | 7.87              | 16                              | 28                              |
|                         | 9                      | 171.5                   | 1.213                                       | 3.16              | 6.2                             | 11.8                            |                         | 25                     | 292                     | 5.75                                        | 9.43              | 19                              | 31                              |
|                         | 10                     | 159                     | 1.54                                        | 3.52              | 7.2                             | 12.8                            |                         | 28                     | 265                     | 7.325                                       | 11.2              | 22                              | 34                              |
|                         | 12                     | 137.3                   | 2.31                                        | 4.39              | 8.2                             | 15.8                            |                         | 30                     | 250                     | 8.5                                         | 12.5              | 24                              | 36                              |
|                         | 14                     | 121.8                   | 3.225                                       | 5.42              | 10.2                            | 17.8                            |                         | 32                     | 236                     | 9.75                                        | 13.9              | 25                              | 39                              |
|                         | 16                     | 100                     | 4.325                                       | 6.64              | 12.2                            | 19.8                            |                         | 35                     | 219                     | 11.8                                        | 16.2              | 28                              | 42                              |
| [1.8]                   | 18                     | 98.1                    | 5.55                                        | 8.02              | 14.2                            | 21.8                            |                         | 38                     | 203                     | 14.0                                        | 18.7              | 31                              | 45                              |
|                         | 20                     | 89.5                    | 6.95                                        | 9.59              | 15.2                            | 24.8                            | 3.5                     | 16                     | 595                     | 1.656                                       | 5.35              | 10.5                            | 21.5                            |
|                         | 22                     | 82.8                    | 8.50                                        | 11.3              | 17.2                            | 26.8                            |                         | 18                     | 546                     | 2.165                                       | 5.95              | 12.5                            | 23.5                            |
|                         | 25                     | 73.2                    | 11.12                                       | 14.3              | 20.2                            | 29.8                            |                         | 20                     | 505                     | 2.75                                        | 6.58              | 13.5                            | 26.5                            |
|                         | 10                     | 212                     | 1.348                                       | 3.51              | 7                               | 13                              |                         | 22                     | 409                     | 3.40                                        | 7.30              | 15.5                            | 28.5                            |
| 2.0                     | 12                     | 184.3                   | 2.033                                       | 4.28              | 8                               | 16                              |                         | 25                     | 424                     | 4.50                                        | 8.54              | 18.5                            | 31.5                            |
|                         | 14                     | 163                     | 2.85                                        | 5.20              | 10                              | 18                              |                         | 28                     | 386                     | 5.75                                        | 9.95              | 21.5                            | 34.5                            |
|                         | 16                     | 146                     | 3.825                                       | 6.28              | 12                              | 20                              |                         | 30                     | 365                     | 6.675                                       | 11.0              | 23.5                            | 36.5                            |
|                         | 18                     | 132.2                   | 4.923                                       | 7.52              | 14                              | 22                              |                         | 32                     | 346                     | 7.675                                       | 12.1              | 24.5                            | 39.5                            |
|                         | 20                     | 120.7                   | 6.175                                       | 8.92              | 15                              | 25                              |                         | 35                     | 320                     | 9.30                                        | 13.9              | 27.5                            | 42.5                            |
|                         | 22                     | 112                     | 7.575                                       | 10.5              | 17                              | 27                              |                         | 38                     | 297                     | 11.08                                       | 15.9              | 30.5                            | 45.5                            |
|                         | (25)                   | 99                      | 9.9                                         | 13.1              | 20                              | 30                              |                         | 40                     | 284                     | 12.35                                       | 17.3              | 32.5                            | 47.5                            |
|                         | (28)                   | 90                      | 12.58                                       | 16.1              | 23                              | 33                              | 4.0                     | 20                     | 705                     | 2.248                                       | 6.52              | 13                              | 27                              |
|                         | 12                     | 312                     | 1.408                                       | 4.08              | 7.5                             | 16.5                            |                         | 22                     | 657                     | 2.80                                        | 7.12              | 15                              | 29                              |
| 2.5                     | 14                     | 278                     | 1.995                                       | 4.73              | 9.5                             | 18.5                            |                         | 25                     | 595                     | 3.70                                        | 8.15              | 18                              | 32                              |
|                         | 16                     | 251                     | 2.675                                       | 5.51              | 11.5                            | 20.5                            |                         | 28                     | 545                     | 4.75                                        | 9.33              | 21                              | 35                              |
|                         | 18                     | 228.5                   | 3.475                                       | 6.40              | 13.5                            | 22.5                            |                         | 30                     | 515                     | 5.525                                       | 10.2              | 23                              | 37                              |
|                         | 20                     | 210                     | 4.375                                       | 7.40              | 14.5                            | 25.5                            |                         | 32                     | 488                     | 6.375                                       | 11.1              | 24                              | 40                              |
|                         | 22                     | 193                     | 5.375                                       | 8.52              | 16.5                            | 27.5                            |                         | 35                     | 452                     | 7.725                                       | 12.3              | 27                              | 43                              |

## 5.11 减速器

### 5.11.1 减速器的分类

表 5-148

减速器的分类

| 名 称         | 运 动 简 图                                                                                                    | 名 称                         | 运 动 简 图                                                                                                           |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 单级圆柱圆锥齿轮减速器 | $i < 8-10$<br>            | 两级圆柱圆锥齿轮减速器                 | $i = 8-60$<br>                 |
|             | $i = 8-60$<br>            | $i = 8-22$<br>斜齿、<br>圆弧齿~40 | (40斜齿)<br>                     |
| 两级圆柱圆锥齿轮减速器 | 分流式<br>$i = 8-60$<br>   | 三级圆柱圆锥齿轮减速器                 | 展开式<br>$i = 40 \sim 400$<br> |
|             | 同轴式<br>$i = 8-60$<br>   |                             | 分流式<br>$i = 40-400$<br>      |
|             | 同轴分流式<br>$i = 8-60$<br> |                             | $i = 25-75$<br>              |

续表 1

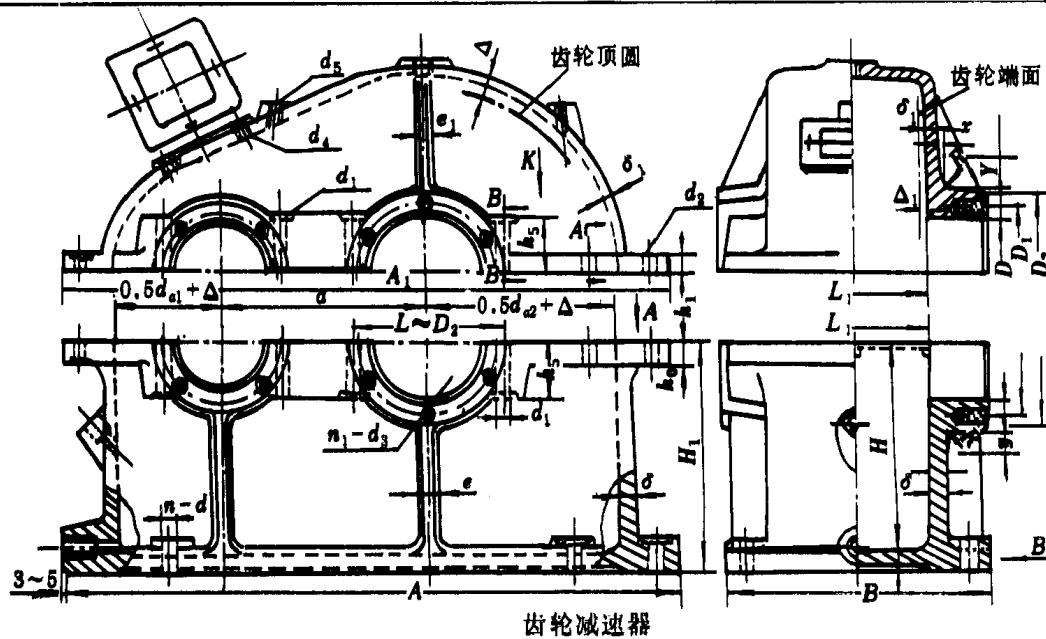
| 名 称                             |                    | 运 动 简 图 | 名 称                      | 运 动 简 图 |
|---------------------------------|--------------------|---------|--------------------------|---------|
| 蜗<br>轮<br>蜗<br>杆<br>减<br>速<br>器 | 蜗杆下置式<br>$i=10-80$ |         | 两级蜗杆减速器<br>$i=43-3600$   |         |
|                                 | 蜗杆上置式<br>$i=10-80$ |         |                          |         |
|                                 | $i=10-80$          |         | 两级齿轮-蜗杆减速器<br>$i=15-480$ |         |

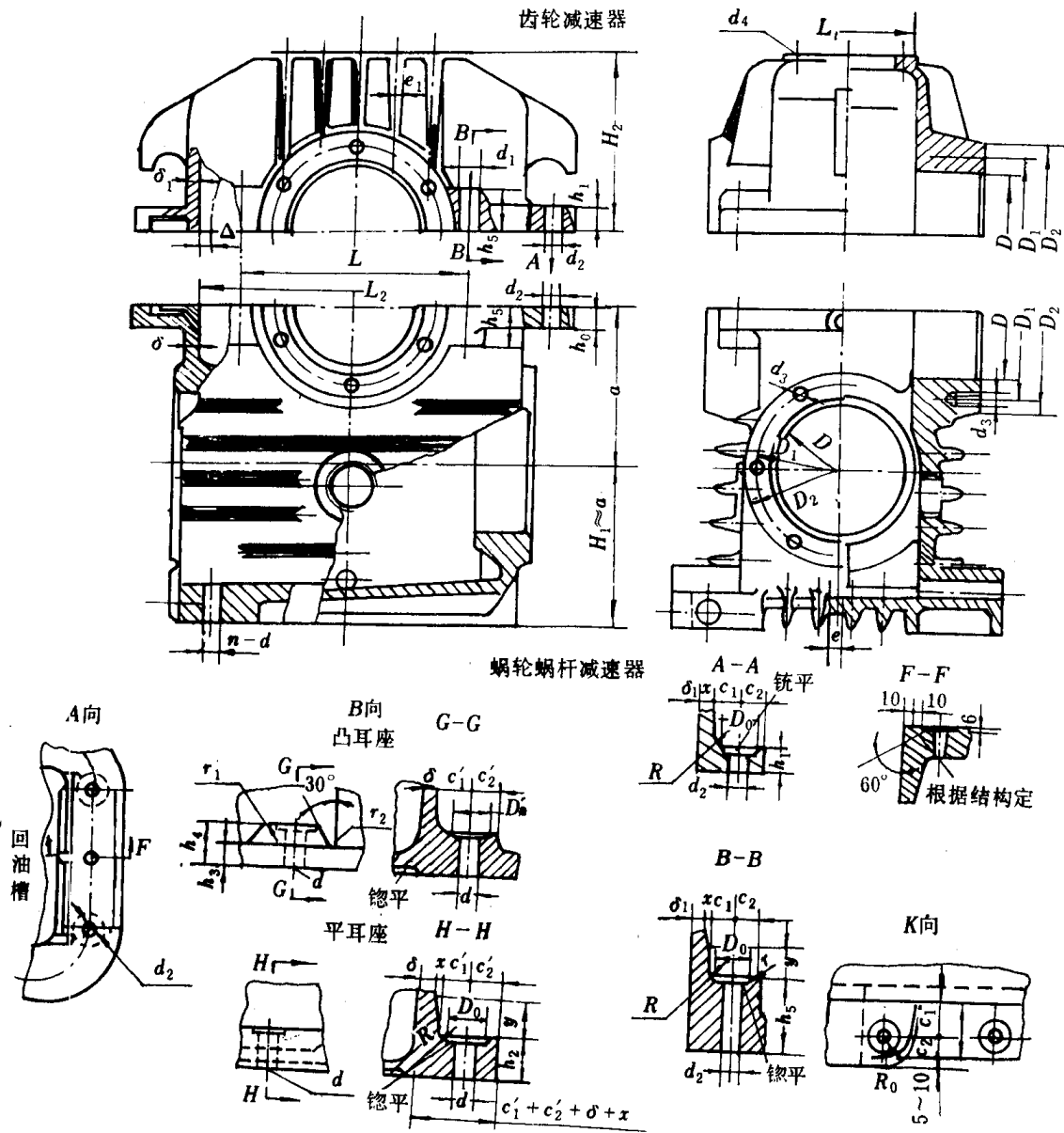
### 5.11.2 减速器的箱体尺寸

表 5-149

减速器的箱体尺寸

(mm)





续表 2

| 名 称         | 代 号        | 尺 寸                         |                         |                |                          | 备 注 |                                                      |
|-------------|------------|-----------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------|-----|------------------------------------------------------|
|             |            | 齿轮减速器箱体                     |                         | 蜗杆减速器箱体        |                          |     |                                                      |
| 底座壁厚        | $\delta$   | 级<br>数                      | 1                       | $0.025a+1>7.5$ | $(.04a+(2\sim 3))>8$     |     | $a$ 值对圆柱齿轮传动为低速级中心距; 对圆锥齿轮传动为大小齿轮平均节圆半径之和, 对蜗杆传动为中心距 |
|             |            |                             | 2                       | $0.025a+3>8$   |                          |     |                                                      |
|             |            |                             | 3                       | $0.025a+5$     |                          |     |                                                      |
| 箱盖壁厚        | $\delta_1$ | $(0.8\sim 0.85)\delta>8$    |                         | 蜗杆上置式          | $(0.8\sim 0.85)\delta>8$ |     |                                                      |
|             |            |                             |                         | 蜗杆下置式          | $\delta_1=\delta$        |     |                                                      |
| 底座上部凸缘厚度    | $h_0$      | $(1.5\sim 1.75)\delta$      |                         |                |                          |     |                                                      |
| 箱盖凸缘厚度      | $h_1$      | $(1.5\sim 1.75)\delta_1$    |                         |                | $(1.5\sim 1.75)\delta$   |     |                                                      |
| 底座下部凸缘厚度    | $h_2$      | 平耳座                         | $(2.25\sim 2.75)\delta$ |                |                          |     |                                                      |
|             | $h_3$      | 凸耳座                         | $1.5\delta$             |                |                          |     |                                                      |
|             | $h_4$      |                             | $(2.25\sim 2.75)\delta$ |                |                          |     |                                                      |
| 轴承座连接螺栓凸缘厚度 | $h_5$      | $(3\sim 4)d_1$              |                         |                |                          |     | 根据结构确定                                               |
| 底座加强筋厚度     | $e$        | $(.08\sim 0.85)\delta$      |                         |                |                          |     |                                                      |
| 箱盖加强筋厚度     | $e_1$      | $(0.8\sim 0.85)\delta_1$    |                         |                |                          |     |                                                      |
| 地脚螺栓直径      | $d$        | $(1.5\sim 2)\delta$         |                         |                |                          |     | 应校核强度                                                |
| 地脚螺栓数目      | $n$        | $n=\frac{L+B}{200\sim 300}$ |                         |                |                          |     | $L$ 、 $B$ ——底座的长度和宽度                                 |
| 轴承座连接螺栓直径   | $d_1$      | $0.75d$                     |                         |                |                          |     |                                                      |
| 底座与箱盖连接螺栓直径 | $d_2$      | $(0.5\sim 0.6)d$            |                         |                |                          |     |                                                      |
| 轴承盖固定螺栓直径   | $d_3$      | 表 5—156                     |                         |                |                          |     |                                                      |

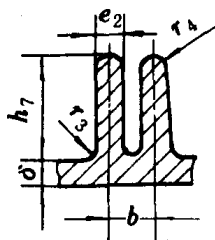
续表 3

| 名 称          | 代 号             | 尺 寸                                             |                                                  | 备 注               |
|--------------|-----------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|
|              |                 | 齿轮减速器箱体                                         | 蜗杆减速器箱体                                          |                   |
| 视孔盖固定螺栓直径    | $d_4$           | $(0.3 \sim 0.4)d$                               |                                                  |                   |
| 吊环螺钉直径       | $d_5$           | 0.8d 或按减速器质量确定                                  |                                                  |                   |
| 轴承盖螺钉分布圆直径   | $D_1$           | $D+2.5d_2$                                      |                                                  | $D$ 为轴承座镗孔直径      |
| 轴承座凸缘端面直径    | $D_2$           | $D_1+2.5d_3$                                    |                                                  |                   |
| 螺栓孔凸缘的配置尺寸   | $C_1C_2rD_0$    | 表 5—150                                         |                                                  |                   |
| 地脚螺栓孔凸缘的分配尺寸 | $C'_1C'_2D'_0$  | 表 5—151                                         |                                                  |                   |
| 铸造壁相交部分的尺寸   | $X、Y、R$         | 表 5—152                                         |                                                  |                   |
| 箱体内壁和齿顶的间隙   | $\Delta$        | $>1.2\delta$                                    |                                                  |                   |
| 箱体内壁与齿端面的间隙  | $\Delta_1$      | 最小值一般可取为 10~15                                  |                                                  |                   |
| 底座深度         | $H$             | $0.5d_a+(30 \sim 50)$                           |                                                  | $d_0$ ——齿顶圆直径     |
| 底座高度         | $H_1$           | $H_1 \approx a$ (多级减速器 $H_1 \approx a_{\max}$ ) |                                                  | 要考虑油池容量           |
| 箱盖高度         | $H_2$           |                                                 | $>\frac{d_{02}}{2} + \delta_1 \sigma + \delta_2$ | $d_{02}$ ——蜗轮最大直径 |
| 轴承座凸出部分宽度    | $l$             | $C_1+C_2+(5 \sim 10)$                           |                                                  |                   |
| 轴承座连接螺栓间的距离  | $L$             | $L \approx D_2$                                 |                                                  |                   |
| 箱体内壁横向宽度     | $L_1$           | 按结构确定                                           | $\approx D$                                      |                   |
| 其它圆角         | $R_0, r_1, r_2$ | $R_0 = C_2; r_1 = 0.25h_3; r_2 = h_3$           |                                                  |                   |

续表 4

注: 1. 箱体材料为灰铸铁。对于焊接箱体, 其参数可参考本表, 但壁厚可减少30~40%。

2. 对于有散热片的蜗轮减速器, 散热片尺寸按下列经验公式确定。



$$h_7 = (4 \sim 5)\delta$$

$$e_2 = \delta$$

$$r_3 = 0.5\delta$$

$$r_4 = 0.25\delta$$

$$b = 2\delta$$

表 5—150

螺栓孔凸缘的配置尺寸

| 代号         | M6 | M8 | M10 | M12 | M16 | M20 | M22<br>M24 | M27 | M30 |
|------------|----|----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|
| $C_{1min}$ | 12 | 15 | 18  | 22  | 26  | 30  | 36         | 40  | 42  |
| $C_{2min}$ | 10 | 13 | 14  | 18  | 21  | 26  | 30         | 34  | 36  |
| $D_0$      | 15 | 20 | 25  | 30  | 40  | 45  | 48         | 55  | 60  |
| $r_{min}$  | 3  | 3  | 4   | 4   | 5   | 5   | 8          | 8   | 8   |

表 5—151

地脚螺栓孔凸缘的配置尺寸

(mm)

| 代 号         | M16 | M20 | M24 | M30 | M36 | M42 | M48 | M56 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $C'_{1min}$ | 25  | 30  | 35  | 50  | 55  | 60  | 70  | 95  |
| $C'_{2min}$ | 22  | 25  | 30  | 50  | 55  | 60  | 70  | 95  |
| $D'_0$      | 45  | 48  | 60  | 85  | 100 | 110 | 130 | 170 |

 $r_{min}$ 

表 5—152

铸件交接处尺寸

(mm)

| 壁厚 $\delta$ | 10~15 | 15~20 | 20~25 | 25~30 | 30~35 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $X$         | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| $Y$         | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    |
| $R$         | 5     | 5     | 5     | 8     | >8    |

注: 表中所列过渡处的尺寸适用于  $h \approx (2 \sim 3)\delta$ , 当  $h > 3\delta$  时, 应加大表中数值。而当  $h < 2\delta$  时, 过渡处的尺寸由设计者自行考虑。

表 5—153

轴承座凸缘端面尺寸

(mm)

| 代 号            | 尺 寸 |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $D$            | 47  | 52 | 62  | 72  | 80  | 85  | 90  | 100 | 110 | 120 | 125 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 |
| $D_1$          | 68  | 72 | 85  | 95  | 105 | 110 | 115 | 125 | 140 | 150 | 155 | 160 | 170 | 185 | 195 | 205 | 215 | 225 | 235 |
| $D_2$          | 85  | 90 | 105 | 115 | 125 | 130 | 135 | 145 | 165 | 175 | 180 | 185 | 200 | 215 | 230 | 240 | 255 | 265 | 275 |
| $d_3$          | M8  | M8 | M8  | M10 | M10 | M10 | M10 | M10 | M12 | M12 | M12 | M12 | M12 | M16 | M16 | M16 | M16 | M16 | M16 |
| $d_3$ 数目 $n_1$ | 4   | 4  | 4   | 4   | 4   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   |

表 5—154

地 脚 螺 栓 尺 寸

(mm)

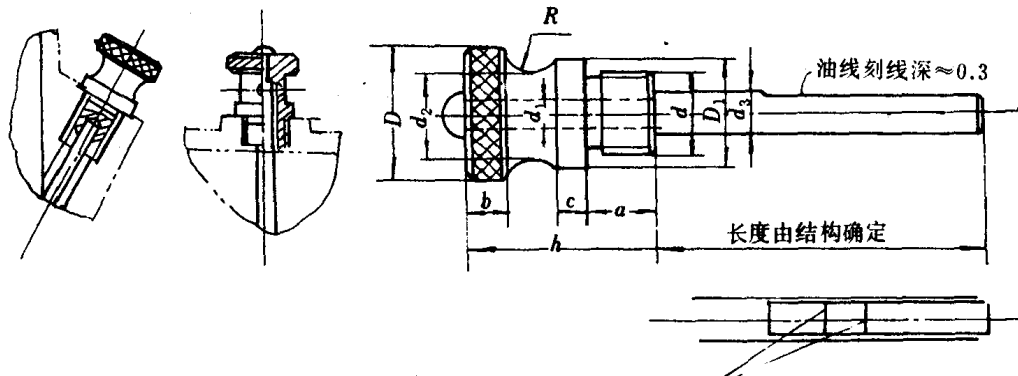
| 单 级     |          |          | 两 级      |          |          | 三 级      |          |          |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 中心距 $a$ | 螺栓直径 $d$ | 螺栓数目 $n$ | 总中心距 $a$ | 螺栓直径 $d$ | 螺栓数目 $n$ | 总中心距 $a$ | 螺栓直径 $d$ | 螺栓数目 $n$ |
| 100     | M16      | 4        | 250      | M20      | 6        | 500      | M20      | 8        |
| 150     | M16      | 6        | 350      | M20      | 6        | 650      | M24      | 8        |
| 200     | M16      | 6        | 425      | M20      | 6        | 750      | M24      | 10       |
| 250     | M20      | 6        | 500      | M24      | 8        | 825      | M30      | 10       |
| 300     | M24      | 6        | 600      | M24      | 8        | 950      | M30      | 10       |
| 350     | M24      | 6        | 650      | M30      | 8        | 1100     | M36      | 10       |
| 400     | M30      | 6        | 750      | M30      | 8        | 1250     | M36      | 10       |
| 450     | M30      | 6        | 850      | M36      | 8        | 1450     | M42      | 10       |
| 500     | M36      | 6        | 1000     | M36      | 8        | 1650     | M42      | 10       |
| 600     | M36      | 6        | 1150     | M42      | 8        | 1900     | M48      | 10       |
| 700     | M42      | 6        | 1300     | M42      | 8        | 2150     | M48      | 10       |
| 800     | M42      | 6        | 1500     | M48      | 10       |          |          |          |
| 900     | M48      | 6        | 1700     | M48      | 10       |          |          |          |
| 1000    | M48      | 6        | 2000     | M56      | 10       |          |          |          |



### 5.11.3 减速器附件

表 5—155

油 尺



| $d$ | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ | $h$ | $a$ | $b$ | $c$ | $D$ | $D_1$ | $R$ |
|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|
| M12 | 4     | 12    | 6     | 28  | 10  | 6   | 4   | 20  | 16    | 4   |
| M16 | 4     | 16    | 6     | 35  | 12  | 8   | 5   | 26  | 22    | 5   |
| M20 | 6     | 20    | 8     | 42  | 15  | 10  | 6   | 32  | 26    | 5.5 |

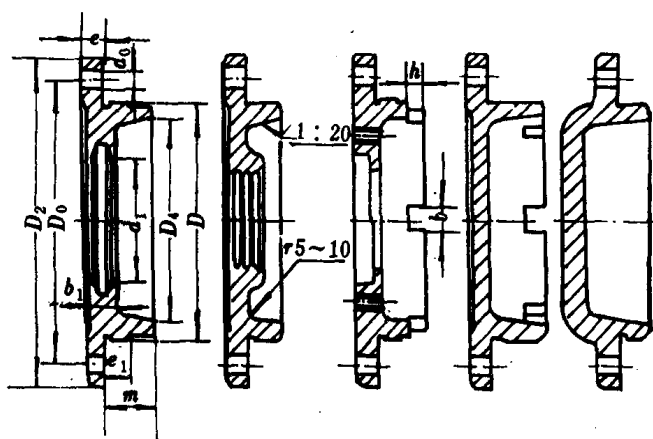
表 5—156

轴承盖固定螺栓直径

| 轴承座孔的直径 mm | 螺栓直径 $d_3$ mm | 轴承盖上螺钉数目 |
|------------|---------------|----------|
| 45~65      | 8             | 4        |
| 70~100     | 10            | 4        |
| 110~140    | 12            | 6        |
| 150~230    | 16            | 6        |
| 230 以上     | 20            | 8        |

表 5—157

螺栓联接式轴承盖



$d_0 = d_3 + 1 \text{ mm}$ ,  $d_3$ —端盖联接螺栓直径, 尺寸见右表

$$D_0 = D + 2.5d_3$$

$$D_2 = D_0 + 2.5d_3$$

$$e = 1.2d_3$$

$$e_1 > e$$

$m$  由结构确定

$$D_4 = D - (10 \sim 15) \text{ mm}$$

$b_1$ ,  $d_1$  由密封尺寸确定

$$b = 5 \sim 10 \text{ mm}$$

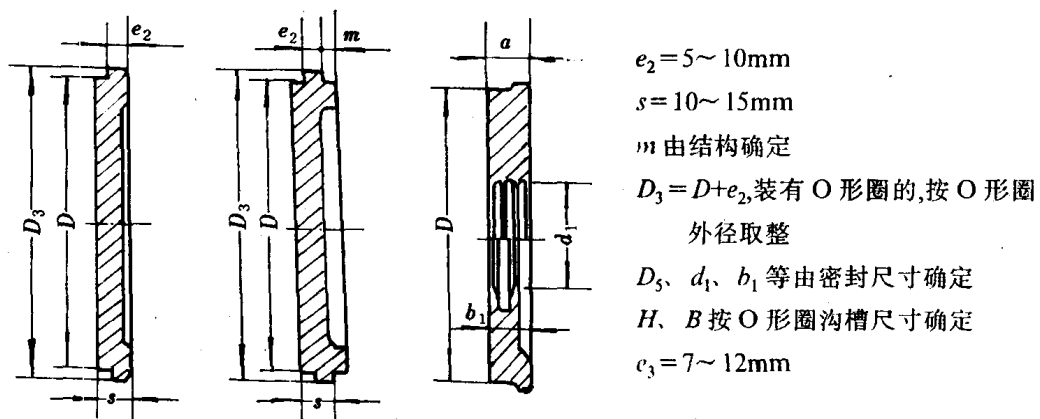
$$h = (0.8 \sim 1)b$$

| 轴承<br>外径<br>$D$ | 螺栓<br>直径<br>$d_3$ | 端盖上<br>螺栓<br>数目 |
|-----------------|-------------------|-----------------|
| 45~65           | 8                 | 4               |
| 70~100          | 10                | 4               |
| 110~140         | 12                | 6               |
| 150~230         | 16                | 6               |

注: 材料 HT150.

表 5—158

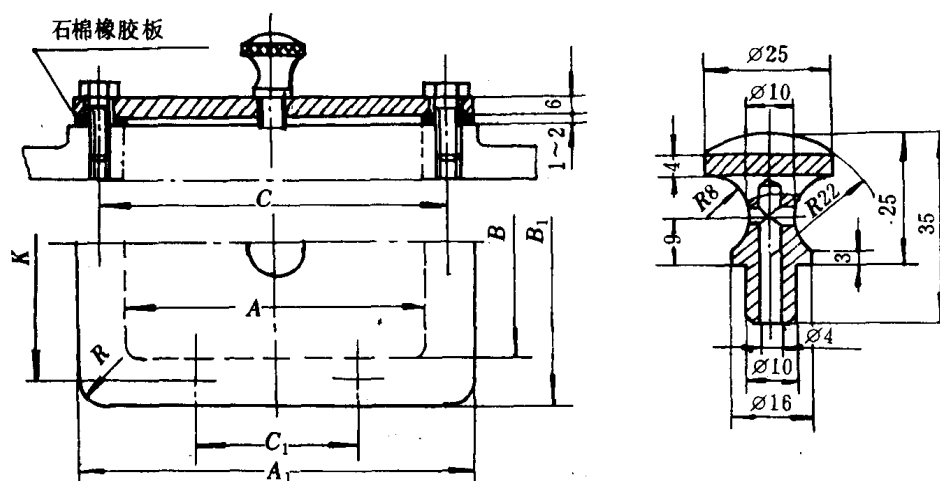
嵌 入 式 轴 承 盖



注: 材料 HT150.

表 5—159

视 孔 盖

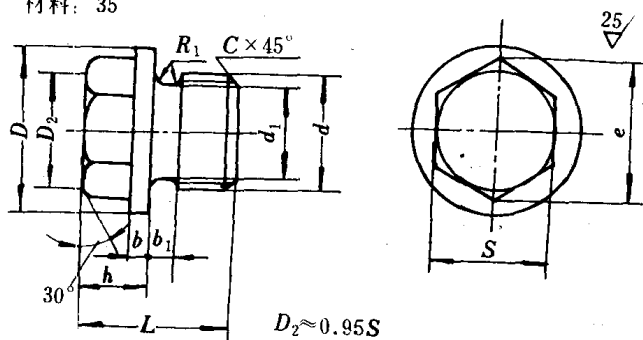


| $A$ | $B$ | $A_1$ | $B_1$ | $C$ | $C_1$ | $K$ | $R$ | 螺钉规格   | 螺钉数量 |
|-----|-----|-------|-------|-----|-------|-----|-----|--------|------|
| 100 | 70  | 130   | 100   | 115 | —     | 85  | 12  | M8×22  | 4    |
| 150 | 100 | 190   | 140   | 170 | 90    | 120 | 12  | M8×22  | 6    |
| 200 | 150 | 250   | 200   | 225 | 130   | 175 | 16  | M10×22 | 6    |

表 5-160

外六角螺塞(摘自 JB/ZQ4450-86 JB/ZQ445/86)

材料: 35



标记示例:

 $d$  为 M10×1 的外六角螺塞:

螺塞 M10×1 JB/ZQ4450-86

 $d$  为 G1/2A 的管螺纹外六角螺塞:

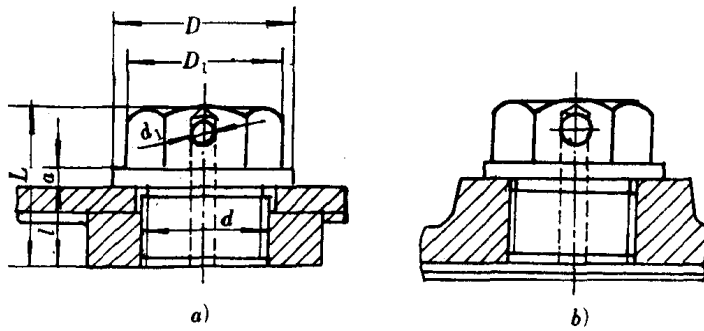
螺塞 G1/2A JB/ZQ4451-86

| $d$      | $d_f$ | $D$ | $e$  | $S$      |            | $L$        | $h$   | $b$   | $b_f$ | $R$   | $C$   | 质量<br>kg |       |       |       |
|----------|-------|-----|------|----------|------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
|          |       |     |      | 基本<br>尺寸 | 极限<br>偏差   |            |       |       |       |       |       |          |       |       |       |
| M8×1     | 6.5   | 14  | 12.7 | 11       | 0<br>-0.24 | 18         | 10    | 3     | 2     | 0.5   | 0.7   | 0.013    |       |       |       |
| M10×1    | 8.5   | 18  | 12.7 | 11       |            | 20         |       |       |       |       |       | 0.019    |       |       |       |
| M12×1.25 | 10.2  | 22  | 15   | 13       |            | 24         | 12    |       | 3     |       | 1.0   | 0.032    |       |       |       |
| M14×1.5  | 11.8  | 23  | 20.8 | 18       |            | 25         |       |       |       |       |       | 0.043    |       |       |       |
| M18×1.5  | 15.8  | 28  | 24.2 | 21       | 27         | 15         | 3     | 0.078 |       |       |       |          |       |       |       |
| M20×1.5  | 17.8  | 30  |      |          | 30         |            |       |       |       | 0.090 |       |          |       |       |       |
| M22×1.5  | 19.8  | 32  | 27.7 | 24       | 0<br>-0.28 | 32         |       | 16    | 4     | 1     | 0.110 |          |       |       |       |
| M24×2    | 21    | 34  | 31.2 | 27       |            | 35         |       |       |       |       | 0.145 |          |       |       |       |
| M27×2    | 24    | 38  | 34.6 | 30       |            | 38         | 17    | 5     |       |       | 4     | 1.5      | 0.196 |       |       |
| M30×2    | 27    | 42  | 39.3 | 34       |            | 0<br>-0.34 | 42    |       |       |       |       |          | 18    | 0.252 |       |
| M33×2    | 30    | 45  | 41.6 | 36       | 50         |            | 25    |       | 0.342 |       |       |          |       |       |       |
| M42×2    | 39    | 56  | 53.1 | 46       | 56         |            | 28    |       | 0.656 |       |       |          |       |       |       |
| M48×2    | 45    | 62  | 57.7 | 50       | 68         |            | 34    | 0.907 |       |       |       |          |       |       |       |
| M60×2    | 57    | 78  | 75   | 65       | -0.40      | 68         | 34    | 5     | 4     | 1     | 1.775 |          |       |       |       |
| G1/8A    | 8     | 16  | 11.5 | 10       | 0<br>-0.20 | 18         | 8     |       |       |       |       | 3        | 2     | 1.5   | 0.014 |
| G1/4A    | 11    | 20  | 15   | 13       | 0<br>-0.24 | 21         | 9     |       |       |       |       |          |       |       | 0.025 |
| G3/8A    | 14    | 25  | 20.8 | 18       | 22         | 10         | 0.044 |       |       |       |       |          |       |       |       |
| G1/2A    | 18    | 30  | 24.2 | 21       | 0<br>-0.28 | 28         | 13    | 4     | 3     |       | 2     | 0.086    |       |       |       |
| G3/4A    | 23    | 38  | 31.2 | 27       | 33         | 15         | 0.159 |       |       |       |       |          |       |       |       |
| G1A      | 29    | 45  | 39.3 | 34       | 0<br>-0.34 | 37         | 17    | 5     | 4     |       | 2.5   | 0.272    |       |       |       |
| G1 1/4A  | 38    | 55  | 47.3 | 41       |            | 48         | 23    |       |       |       |       | 0.553    |       |       |       |
| G1 1/2A  | 44    | 62  | 53.1 | 46       |            | 50         | 25    |       |       | 0.739 |       |          |       |       |       |
| G1 3/4A  | 50    | 68  | 57.7 | 50       |            | 57         | 27    |       |       | 1.013 |       |          |       |       |       |
| G2A      | 56    | 75  | 63.5 | 55       | 0<br>-0.40 | 60         | 30    | 6     |       |       |       | 1.327    |       |       |       |

技术要求: 表面发蓝处理。

表 5—161

简单式通气器

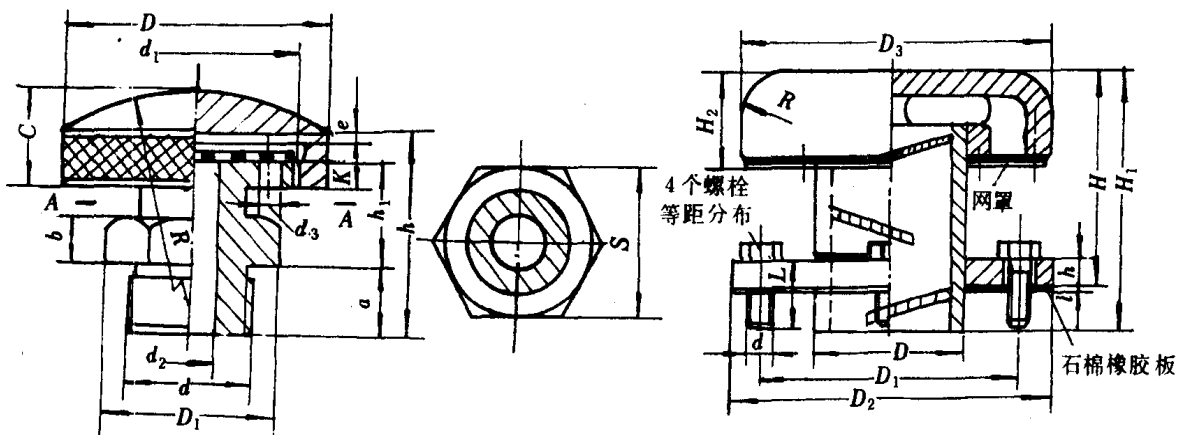


(mm)

| $d$      | $D$ | $D_1$ | $S$ | $L$ | $L$ | $a$ | $d$ |
|----------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| M10×1    | 13  | 11.5  | 10  | 16  | 8   | 2   | 3   |
| M12×1.25 | 18  | 16.5  | 14  | 19  | 10  | 2   | 4   |
| M10×1.5  | 22  | 19.6  | 17  | 23  | 12  | 2   | 5   |
| M20×1.5  | 30  | 25.4  | 22  | 28  | 15  | 4   | 6   |
| M22×1.5  | 32  | 25.4  | 22  | 29  | 15  | 4   | 7   |
| M27×1.5  | 38  | 31.2  | 27  | 34  | 18  | 4   | 8   |
| M30×2    | 42  | 36.9  | 32  | 36  | 18  | 4   | 8   |
| M33×2    | 45  | 36.9  | 32  | 38  | 20  | 4   | 8   |
| M36×3    | 50  | 41.6  | 36  | 46  | 25  | 5   | 8   |

表 5—162

通 气 器



续表 1

(mm)

A 型 通 气 器

| $d$     | $d_1$   | $d_2$ | $d_3$ | $D$ | $h$ | $a$ | $b$ | $C$ | $h_1$ | $R$ | $D_1$ | $S$ | $K$ | $e$ |
|---------|---------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-------|-----|-----|-----|
| M18×1.5 | M33×1.5 | 8     | 3     | 40  | 40  | 12  | 7   | 16  | 18    | 40  | 25.4  | 22  | 8   | 2   |
| M27×1.5 | M48×1.5 | 12    | 4.5   | 60  | 54  | 15  | 10  | 22  | 24    | 60  | 36.9  | 32  | 9   | 2   |
| M36×1.5 | M64×1.5 | 16    | 6     | 80  | 70  | 20  | 13  | 28  | 32    | 80  | 53.1  | 41  | 10  | 3   |

B 型 通 气 器

| $N_0$ | $D$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $H$ | $H_1$ | $H_2$ | $R$ | $h$ | 螺栓<br>$d \times L$ | 质量<br>kg |
|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-----|--------------------|----------|
| 1     | 60  | 100   | 125   | 125   | 77  | 95    | 35    | 20  | 6   | M10×25             | 2.26     |
| 2     | 114 | 200   | 250   | 260   | 165 | 195   | 70    | 40  | 10  | M20×50             | 14       |

## 6.1 铸造

## 6.1.1 砂型铸造

①造型和造芯方法的分类、特点及应用范围。见表6—1、6—2。

表6—1 造型方法的分类特点及应用范围

| 手 工 造 型        |                                                                             |                                                | 机 器 造 型              |                                                                                                                           |                                   |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 造型方法           | 主 要 特 点                                                                     | 应 用 范 围                                        | 造型方法                 | 主 要 特 点                                                                                                                   | 应 用 范 围                           |
| 两箱造型           | 造型操作方便，劳动量较小                                                                | 用于成批、大量生产的大、中、小件。干型及湿型均适用                      | 压实式                  | 压实比压较低(小于 $58.8\text{N}/\text{cm}^2$ 或 $6\text{kgf}/\text{cm}^2$ )，生产率较高，一般以压缩空气为动力                                       | 用于砂箱高度小于150mm的小件；采用湿型，用于大量、成批生产   |
| 劈箱造型<br>(劈模造型) | 将模型和砂箱分成相应的几块，分别在型板上造型；<br>造型、下芯、开箱方便，易于保证铸件尺寸精度；<br>但制造模型工作量较大，砂箱一般需经过机械加工 | 适于大型、复杂结构的箱体类铸件；用于成批、大量生产；<br>干型、湿型、流态砂、自硬砂均可用 | 震实式<br>(震压式)         | 这种机器应用较广，但是它的噪音大，劳动繁重，不易于自动化                                                                                              | 用于大量、成批生产的大、中、小件。采用湿型，砂箱高度可以比压实式高 |
|                |                                                                             |                                                | 射挤压式<br>(无砂箱<br>高压式) | 结合射砂微震、挤压造型进行串铸，不用砂箱，比压 $>196\text{N}/\text{cm}^2$ ( $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ )；<br>铸件精度高，表面光洁；<br>无噪音，生产率高，对型砂的流动性要求较高 | 用于小件的大量生产                         |
| 脱箱造型<br>(无箱造型) | 造型后将砂箱取下，造好砂型后用套箱或压铁加固                                                      | 用于小件成批、大量生产及小批或单件生产                            |                      |                                                                                                                           |                                   |
| 刮板造型           | 节省木材和制模工时；但造型操作麻烦，生产率低                                                      | 用于形状简单的旋转体或断面一致的单件或小批生产                        |                      |                                                                                                                           |                                   |

表 6—2

造芯方法的分类特点及应用范围

| 手 工 造 芯                        |                                       |                                  | 机 器 造 芯      |                                                                |                           |
|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 造芯方法                           | 主 要 特 点                               | 适 用 范 围                          | 造芯方法         | 主 要 特 点                                                        | 应 用 范 围                   |
| 芯盒造芯                           | 利用芯盒内壁的形状制造砂芯;<br>砂芯尺寸准确, 可以制造小而复杂的砂芯 | 适用于任何批量、任何尺寸和形状的砂芯               | 压 实 式        | 一般以压缩空气为动力 (同压实造型机);<br>生产率较高                                  | 用于小砂芯的大量、成批生产             |
| 刮板造芯*                          | 节省木材和制造芯盒的工时; 但操作麻烦, 生产率低             | 用于形状简单的旋转体或断面一致的大、中型, 单件、小批生产的砂芯 | 震实式<br>翻台震实式 | 这种机器应用较广, 但噪音大, 生产率不高, 对厂房基础要求高                                | 适用于内部不填焦炭块的中、大型砂芯的成批、大量生产 |
| 注: * 部分旋转体的砂芯, 可采用芯盒刮板综合方法来制造。 |                                       |                                  | 挤压式          | 利用机械传动, 将芯砂从成型管连续压出从而制成砂芯                                      | 用于大量生产的截面形状和尺寸不变的小砂芯      |
|                                |                                       |                                  | 射芯式          | 使芯砂悬浮在空气流内, 以高速射入芯盒内而制成砂芯;<br>砂芯紧实度均匀, 尺寸准确, 操作方便, 生产率高, 易于机械化 | 用于成批、大量生产中、小型的简单和较复杂的砂芯   |

②常用造型用砂的种类、特点和应用范围。见表 6—3。

表 6—3

常用非石英系砂的分类性能及应用

| 原砂名称     | 化学成分要求(%)                                                                                                                                                                                  | 物 理 性 能                                                  | 工 艺 特 点                         | 应 用 范 围              |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| 石灰石原砂    | CaO>48<br>SiO <sub>2</sub> <5<br>MgO<3                                                                                                                                                     | —                                                        | 石灰石颗粒形状以多角形为最佳, 由于硬度低, 要求一定的耐磨性 | 主要用于大、中型铸件、铸钢型砂和芯砂   |
| 锆砂 (锆英砂) | ZrO <sub>2</sub> >65<br>SiO <sub>2</sub> <33<br>TiO <sub>2</sub> <0.4<br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <0.2<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <0.15<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <0.3 | 莫氏硬度 7~8;<br>比重 4.5~4.7;<br>熔点 2400℃<br>(有少量杂质时降为 2000℃) | 除耐磨性高外, 有比石英砂高的导热性和小的膨胀系数 (1/3) | 大型铸钢件及合金钢铸件的特种芯砂或作涂料 |

③造型用粘结剂的种类及特性。见表 6—4。

表 6—4 粘结剂的种类和特性

| 粘结剂的种类 |        | 特 性                                                                                      | 粘结剂的种类                |              | 特 性                                                          |
|--------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------------------------------------------|
| 粘 土    | 普通粘土   | 耐火度 $>1580^{\circ}\text{C}$ 的, 适用于铸钢件;<br>耐火度 $1350\sim 1580^{\circ}\text{C}$ 的, 通常用于铸铁件 | 水 溶 性<br>有 机 粘 结<br>剂 | 亚硫酸盐<br>纸浆废液 | 属于亲水性有机粘结剂;<br>主要与其他粘结剂配合使用,<br>可作各种砂芯粘结材料                   |
|        | 膨 润 土  | 比其他矿物粘土具有较大的膨胀性和吸水能力, 即有较好的湿态粘结性能                                                        |                       |              |                                                              |
| 水玻璃    |        | 是一种矿物胶, 具有粘结能力, 能与空气中的二氧化碳反应析出硅酸凝胶体而硬化, 这种不需烘烤即迅速将砂粒粘结变硬的粘结剂, 在铸造生产中有很重要的意义              |                       | 糊 精          | 常与油类粘结剂配合使用;<br>在油类粘结剂中加入 $1\sim 2\%$ 糊精, 可提高芯砂的湿态强度, 避免砂芯变形 |
| 双快水泥   |        | 具有快凝、快硬的特点;<br>比表面积大 ( $5000\text{cm}^2/\text{g}$ 以上);<br>密度小(约 3.04);<br>配料时, 需加入萤石和硬石膏 |                       | 糖 浆          | 糖浆的粘结强度决定于糖分的含量, 含量高则粘结强度大;<br>糖浆常用于涂料中, 可提高涂料层的强度           |
| 油 类    | 桐油和亚麻油 | 属于干性植物油粘结材料, 主要用于作干强度高, 出砂性能好的砂芯                                                         | 合成树脂                  | 酚醛树脂         | 是一种热塑性树脂, 与乌洛托品(六次甲基四胺)相混后加热, 树脂继续缩聚形成体型结构的热固性树脂             |
|        | 合 脂    | 用作铸造粘结剂时, 必须用溶剂加以稀释, 适宜的稀释剂为油漆溶剂油或煤油                                                     |                       |              |                                                              |
|        | 改性米糠油  | 适用于各种形状比较复杂的, 干强度高的砂芯粘结材料                                                                |                       |              |                                                              |

### 6.1.2 铸造工艺参数

①不同合金和铸造方法的工艺要求。

不同合金和铸造方法能铸出的最小壁厚见表 6—5, 铸件最小铸孔见表 6—6, 内腔尺寸见表 6—7, 外壁、内壁与筋的厚度见表 6—8, 铸造内、外圆角见表 6—9, 表 6—10, 铸造斜度见表 6—11, 过渡斜度见表 6—12。



表 6—5

铸件的最小壁厚

(mm)

| 铸造方法 | 铸 件 尺 寸          | 铸 钢   | 灰 铸 铁 | 球 墨 铸 铁 | 可 锻 铸 铁 | 铝 合 金 | 镁 合 金 | 铜 合 金 |
|------|------------------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|
| 砂 型  | ~200×200         | 8     | ~6    | 6       | 5       | 3     |       | 3~5   |
|      | >200×200~500×500 | 10~12 | >6~10 | 12      | 8       | 4     | 3     | 6~8   |
|      | >500×500         | 15~20 | 15~20 |         |         | 6     |       |       |
| 金属型  | ~70×70           | 5     | 4     |         | 2.5~3.5 | 2~3   |       | 3     |
|      | >70×70~150×150   |       | 5     |         |         | 4     | 2.5   | 4~5   |
|      | >150×150         | 10    | 6     |         |         | 5     |       | 6~8   |

注: 1. 一般铸造条件下, 各种灰铸铁的最小允许壁厚:

HT100, HT150:  $\delta=4\sim6$ ; HT200:  $\delta=6\sim8$ ; HT250:  $\delta=8\sim15$ ; HT300, HT350,  $\delta>15$ .

2. 如有特殊需要, 在改善铸造条件下, 灰铸铁最小壁厚可达3mm, 可锻铸铁可小于3mm.

表 6—6

铸件最小铸孔

(mm)

| 材料       | 孔壁厚度                                        | < 25    |     | 26~ 50 |     | 51~ 75  |     | 76~ 100 |     | 101~ 150 |     | 151~ 200 |     | 201~ 300 |     | >301 |     |
|----------|---------------------------------------------|---------|-----|--------|-----|---------|-----|---------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|------|-----|
|          | 孔的深度                                        | 最 小 孔 径 |     |        |     |         |     |         |     |          |     |          |     |          |     |      |     |
| 碳钢与一般合金钢 |                                             | ✓       | ✓   | ✓      | ✓   | ✓       | ✓   | ✓       | ✓   | ✓        | ✓   | ✓        | ✓   | ✓        | ✓   | ✓    | ✓   |
|          | <100                                        | 75      | 55  | 75     | 55  | 90      | 160 | 70      | 100 | 80       | 120 | 100      | 140 | 120      | 160 | 140  | 180 |
|          | 101~ 200                                    | 75      | 55  | 90     | 70  | 100     | 190 | 80      | 110 | 90       | 140 | 120      | 160 | 140      | 180 | 160  | 210 |
|          | 201~ 400                                    | 105     | 80  | 115    | 90  | 125     | 230 | 100     | 135 | 110      | 165 | 140      | 195 | 170      | 215 | 190  | 255 |
|          | 401~ 600                                    | 125     | 100 | 135    | 110 | 145     | 270 | 120     | 165 | 140      | 195 | 170      | 225 | 200      | 255 | 230  | 295 |
|          | 600~ 1000                                   | 150     | 120 | 160    | 130 |         | 310 | 150     | 200 | 170      | 230 | 200      | 260 | 230      | 300 | 270  | 340 |
| 高锰钢      | 孔壁厚度                                        | < 50    |     |        |     | 51~ 100 |     |         |     | >101     |     |          |     |          |     |      |     |
|          | 最小孔径                                        | 20      |     |        |     | 30      |     |         |     | 40       |     |          |     |          |     |      |     |
| 灰铸铁      | 大量生产: 12~ 15, 成批生产: 15~ 30, 小批、单件生产: 30~ 50 |         |     |        |     |         |     |         |     |          |     |          |     |          |     |      |     |

注: 1. 不透圆孔最小容许铸造孔直径比表中值大20%, 矩形或方形孔其短边要大于表中值的20%, 而不透矩形或方形孔则要大40%。

2. 难加工的金属, 如高锰钢铸件等的孔应尽量铸出, 而其中需要加工的孔, 常用镶铸碳素钢的办法, 待铸出后, 再在镶铸的碳素钢部分进行加工。

3. 表中✓表示加工后孔径, ✓表示不加工的孔径。

表 6—7

铸件的 内腔 尺寸

(mm)

|  |  |                                                                             |       |          |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------|-------|----------|
|  |  | <p>内腔的最小尺寸与零件的尺寸及造型方法等有关, 大致比例如下:</p> $B > A$ $L < 3B$ <p>不用型芯所能铸出的凹腔尺寸</p> |       |          |
|  |  | 造型方法                                                                        | $H/D$ | $h/d$    |
|  |  | 机器造型                                                                        | 1     | 0.25~0.3 |
|  |  | 手工造型                                                                        | 0.5   | 0.2      |

表 6—8

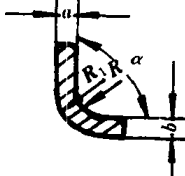
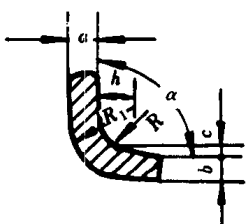
铸件的内外壁与筋的厚度

(mm)

| 零件质量(kg) | 零件最大外形尺寸 | 外壁厚度 | 内壁厚度 | 筋的厚度 | 零件举例                     |
|----------|----------|------|------|------|--------------------------|
| ~5       | 300      | 7    | 6    | 5    | 盖、拨叉、杠杆、端盖、轴套            |
| 6~10     | 500      | 8    | 7    | 5    | 盖、门、轴套、挡板、支架、箱体          |
| 11~60    | 750      | 10   | 8    | 6    | 盖、箱体、罩、电机支架、溜板箱体、支架、托架、门 |
| 61~100   | 1250     | 12   | 10   | 8    | 盖、箱体、搪模架、油缸体、支架、溜板箱体     |
| 101~500  | 1700     | 14   | 12   | 8    | 油盘、盖、壁、床鞍箱体、皮带轮、搪模架      |
| 501~800  | 2500     | 16   | 14   | 10   | 搪模架、箱体、床身、轮缘、盖、滑座        |
| 801~1200 | 3000     | 18   | 16   | 12   | 小立柱、箱体、滑座、床身、床鞍、油盘       |

表 6-9

铸造的内圆角

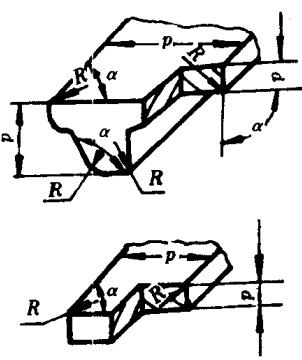
| <div><math>a \approx b</math><br/><math>R_1 = R + a</math></div>  <div><math>b &lt; 0.8a</math><br/><math>R_1 = R + b + c</math></div>  | $\frac{a+b}{2}$ | R, mm           |    |           |     |            |     |             |     |             |     |        |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|----|-----------|-----|------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|--------|---|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 | 内 圆 角, $\alpha$ |    |           |     |            |     |             |     |             |     |        |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 | < 50°           |    | 51° ~ 75° |     | 76° ~ 105° |     | 106° ~ 135° |     | 136° ~ 165° |     | > 165° |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 | 钢               | 铁  | 钢         | 铁   | 钢          | 铁   | 钢           | 铁   | 钢           | 铁   | 钢      | 铁 |
| < 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4               | 4               | 4  | 4         | 6   | 4          | 8   | 6           | 16  | 10          | 20  | 16     |   |
| 9~12                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4               | 4               | 4  | 4         | 6   | 6          | 10  | 8           | 16  | 12          | 25  | 20     |   |
| 13~16                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4               | 4               | 6  | 4         | 8   | 6          | 12  | 10          | 20  | 16          | 30  | 25     |   |
| 17~20                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 6               | 4               | 8  | 6         | 10  | 8          | 16  | 12          | 25  | 20          | 40  | 30     |   |
| 21~27                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 6               | 6               | 10 | 8         | 12  | 10         | 20  | 16          | 30  | 25          | 50  | 40     |   |
| 28~35                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 8               | 6               | 12 | 10        | 16  | 12         | 25  | 20          | 40  | 30          | 60  | 50     |   |
| 36~45                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 10              | 8               | 16 | 12        | 20  | 16         | 30  | 25          | 50  | 40          | 80  | 60     |   |
| 46~60                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 12              | 10              | 20 | 16        | 25  | 20         | 35  | 30          | 60  | 50          | 100 | 80     |   |
| 61~80                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 16              | 12              | 25 | 20        | 30  | 25         | 40  | 35          | 80  | 60          | 120 | 100    |   |
| 81~110                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 20              | 16              | 25 | 20        | 35  | 30         | 50  | 40          | 100 | 80          | 160 | 120    |   |
| 111~150                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 20              | 16              | 30 | 25        | 40  | 35         | 60  | 50          | 100 | 80          | 160 | 120    |   |
| 151~200                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 25              | 20              | 40 | 30        | 50  | 40         | 80  | 60          | 120 | 100         | 200 | 160    |   |
| 201~250                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 30              | 25              | 50 | 40        | 60  | 50         | 100 | 80          | 160 | 120         | 250 | 200    |   |
| 251~300                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 40              | 30              | 60 | 50        | 80  | 60         | 120 | 100         | 200 | 160         | 300 | 250    |   |
| > 300                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 50              | 40              | 80 | 60        | 100 | 80         | 160 | 120         | 250 | 200         | 400 | 300    |   |

| c 和 h<br>mm | $b/a$       |   | < 0.4      | 0.5~0.65   | 0.66~0.8 | > 0.8 |
|-------------|-------------|---|------------|------------|----------|-------|
|             | $\approx c$ |   | $0.7(a-b)$ | $0.8(a-b)$ | $a-b$    |       |
|             | $\approx h$ | 钢 | 8c         |            |          |       |
|             |             | 铁 | 9c         |            |          |       |

注: 对于锰钢件应比表中数值增大 1.5 倍。

表 6—10

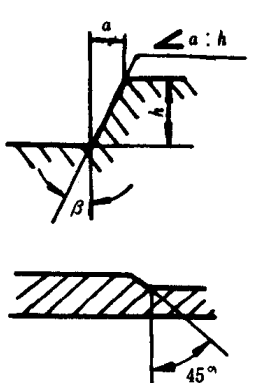
铸造外圆角(Q/ ZB157—73)

|  | 表面的最小<br>边 尺 寸<br>$p$ , mm | $R$ , mm        |                          |                           |                            |                            |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|
|                                                                                   |                            | 外 圆 角, $\alpha$ |                          |                           |                            |                            |               |
|                                                                                   |                            | $< 50^\circ$    | $51^\circ \sim 75^\circ$ | $76^\circ \sim 105^\circ$ | $106^\circ \sim 135^\circ$ | $136^\circ \sim 165^\circ$ | $> 165^\circ$ |
| $< 25$                                                                            |                            | 2               | 2                        | 2                         | 4                          | 6                          | 8             |
| $> 25 \sim 60$                                                                    |                            | 2               | 4                        | 4                         | 6                          | 10                         | 16            |
| $> 60 \sim 160$                                                                   |                            | 4               | 4                        | 6                         | 8                          | 16                         | 25            |
| $> 160 \sim 250$                                                                  |                            | 4               | 6                        | 8                         | 12                         | 20                         | 30            |
| $> 250 \sim 400$                                                                  |                            | 6               | 8                        | 10                        | 16                         | 25                         | 40            |
| $> 400 \sim 600$                                                                  |                            | 6               | 8                        | 12                        | 20                         | 30                         | 50            |
| $> 600 \sim 1000$                                                                 |                            | 8               | 12                       | 16                        | 25                         | 40                         | 60            |
| $> 1000 \sim 1600$                                                                |                            | 10              | 16                       | 20                        | 30                         | 50                         | 80            |
| $> 1600 \sim 2500$                                                                |                            | 12              | 20                       | 25                        | 40                         | 60                         | 100           |
| $> 2500$                                                                          |                            | 16              | 25                       | 30                        | 50                         | 80                         | 120           |

注：如果铸件按上表可选出许多不同的圆角“ $R$ ”时，应尽量减少或只取一适当的“ $R$ ”值以求统一。

表 6—11

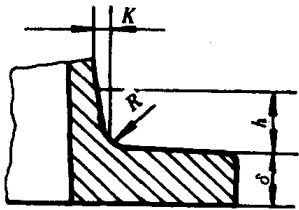
铸 造 斜 度

|  | 斜度 $a:h$     | 角 度 $\beta$                | 使 用 范 围                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                     | 1:5          | $11^\circ 30'$             | $h < 25\text{mm}$ 的钢和铁铸件             |
|                                                                                     | 1:10<br>1:20 | $5^\circ 30'$<br>$3^\circ$ | $h$ 在 $25 \sim 500\text{mm}$ 时的钢和铁铸件 |
|                                                                                     | 1:50         | $1^\circ$                  | $h > 500\text{mm}$ 时的钢和铁铸件           |
|                                                                                     | 1:100        | $30'$                      | 有色金属铸件                               |

注：当设计不同壁厚的铸件时(参见表中下图)，在转折点处的斜角最大增到  $30^\circ \sim 45^\circ$ 。

表 6—12

铸 造 过 渡 斜 度

|  | 铸铁和铸钢件的壁厚 $\delta$ | $K$ | $h$ | $R$ |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----|-----|-----|
|                                                                                   | 10~15              | 3   | 15  | 5   |
|                                                                                   | >15~20             | 4   | 20  | 5   |
|                                                                                   | >20~25             | 5   | 25  | 5   |
|                                                                                   | >25~30             | 6   | 30  | 8   |
|                                                                                   | >30~35             | 7   | 35  | 8   |
|                                                                                   | >35~40             | 8   | 40  | 10  |
|                                                                                   | >40~45             | 9   | 45  | 10  |
|                                                                                   | >45~50             | 10  | 50  | 10  |
|                                                                                   | >50~55             | 11  | 55  | 10  |
|                                                                                   | >55~60             | 12  | 60  | 15  |
|                                                                                   | >60~65             | 13  | 65  | 15  |
|                                                                                   | >65~70             | 14  | 70  | 15  |
|                                                                                   | >70~75             | 15  | 75  | 15  |

适用于减速机、机盖连接管、汽缸及其他各种机件连接法兰等铸件的过渡部分尺寸

②灰铸铁件的浇注温度，见表 6—13。

表 6—13

灰 铸 铁 件 的 浇 注 温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

| 铸件壁厚<br>(mm)                   | $\approx 4$ | 4~10      | 10~20     | 20~50     | 50~100    | 100~150   | >150      |
|--------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 浇注温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 1450~1360   | 1430~1340 | 1380~1320 | 1340~1300 | 1300~1230 | 1280~1200 | 1260~1180 |

③浇注系统

一般形式的浇注系统见表 6—14。为防止铸件产生缩孔，常在热节点附近设置冒口见表 6—15。

表 6—14

一般形式的浇注系统

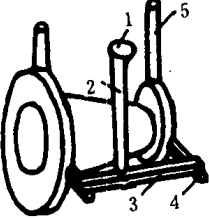
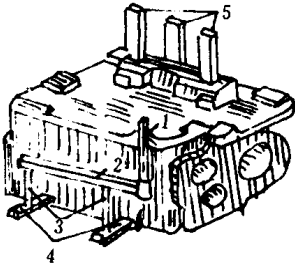
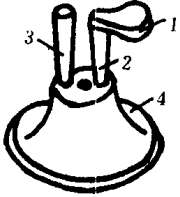
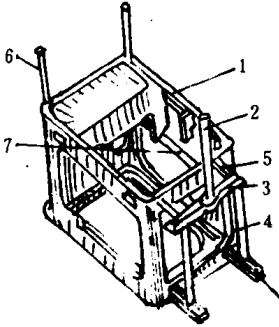
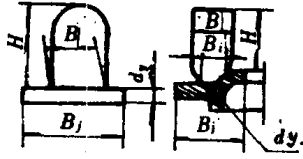
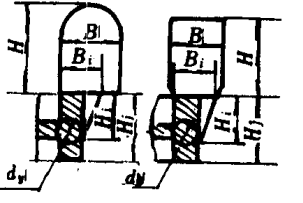
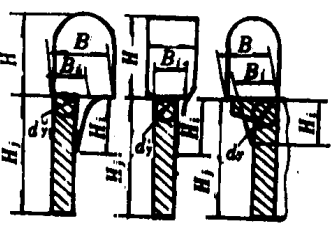
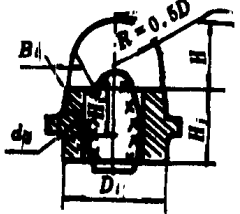
| 注入形式                                                                                                                                                    | 特 点                                                                 | 应用范围                           | 注入形式                                                                                                                                                                              | 特 点                                                                | 应用范围                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|  <p>中间注入式</p> <p>1—浇口杯;<br/>2—直浇口;<br/>3—横浇口;<br/>4—内浇口;<br/>5—出气口</p> | 由分型面注入, 造型操作方便                                                      | 各种合金和结构复杂的中小型铸件, 尤其适用于壁厚均匀的矮小件 |  <p>底部注入式</p> <p>1—直浇口;<br/>2—横浇口;<br/>3—分支直浇口;<br/>4—内浇口;<br/>5—出气口</p>                        | 金属液进入型腔平稳, 冲击力小, 不易氧化, 排气容易; 薄壁铸件不易充满, 补缩不良, 高铸件易产生氧化皮, 造成夹渣、冷隔等缺陷 | 易氧化的非铁合金及铸钢件, 以及要求较高和形状复杂的铸铁件 |
|  <p>顶部注入式</p> <p>1—浇口杯;<br/>2—直浇口;<br/>3—出气口;<br/>4—铸件</p>           | 金属液自上注入, 可防浇不足、冷隔, 自下而上顺序凝固, 利于补缩, 构造简单, 但铸件太高时, 易产生砂眼、铁豆、气孔、氧化皮等缺陷 | 简单矮小的铸件和要求致密、顶部补缩的中小厚度铸件       |  <p>阶梯注入式</p> <p>1—铸件;<br/>2—直浇口;<br/>3—横浇口;<br/>4—分支直浇口;<br/>5—内浇口;<br/>6—出气孔;<br/>7—加强筋</p> | 充型平稳, 热金属液集中在上部, 有利补缩, 减轻铸件局部加热; 但金属消耗多, 造型较麻烦                     | 形状复杂和高大的铸件                    |

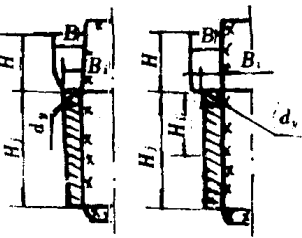
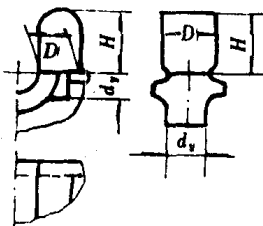
表 6—15

比例法确定的冒口形式与尺寸

(mm)

| 截面形状                                                                                | 冒口形式                | 冒口尺寸参数               |                        |                                               |                     |                     |                     |                   | 应用范围           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|----------------|
|                                                                                     |                     | $B_i$                | $H_i$                  | $D$ 或 $B$                                     |                     |                     |                     | $H$               |                |
|                                                                                     |                     |                      |                        | 当 $\frac{H_j}{d_y}$ 或 $\frac{B_j}{d_y}$ 为下列值时 |                     |                     |                     |                   |                |
|                                                                                     |                     |                      |                        | $< 2$                                         | $2 \sim 4$          | $4 \sim 6$          | $> 6$               |                   |                |
|    | 腰圆暗冒口               | —                    | —                      | $(1.4 \sim 2.0)d_y$                           | $(1.8 \sim 2.5)d_y$ | $(2.2 \sim 2.4)d_y$ | $(2.4 \sim 2.7)d_y$ | $(1.2 \sim 1.5)B$ | 杆状、板状铸件或扁平环形铸件 |
| 腰圆明冒口                                                                               | $(1.3 \sim 1.6)d_y$ | —                    | $(1.3 \sim 1.7)d_y$    | $(1.7 \sim 2.1)d_y$                           | $(2.1 \sim 2.3)d_y$ | $(2.3 \sim 2.6)d_y$ | $(1.2 \sim 1.6)B$   |                   |                |
|  | 腰圆暗冒口               | $(1.25 \sim 1.7)d_y$ | $H_i$ 应确保热节圆部位至冒口的顺序凝固 | $(1.6 \sim 2)d_y$                             | $(1.9 \sim 2.4)d_y$ | $(2.3 \sim 2.7)d_y$ | —                   | $(1.2 \sim 1.5)B$ | 齿轮、车轮、联轴节等类铸件  |
| 腰圆明冒口                                                                               | $(1.5 \sim 1.9)d_y$ |                      |                        | $(1.8 \sim 2.3)d_y$                           | $(2.2 \sim 2.5)d_y$ | —                   | $(1.2 \sim 1.7)B$   |                   |                |
|  | 腰圆暗冒口               | $(1.25 \sim 1.6)d_y$ | $(0.3 \sim 0.5)H_j$    | —                                             | $(1.7 \sim 2.3)d_y$ | $(2.1 \sim 2.5)d_y$ | $(2.3 \sim 2.8)d_y$ | $(1.3 \sim 1.5)B$ | 筒体或较高的法兰等类铸件   |
| 腰圆明冒口                                                                               | —                   |                      |                        | $(1.6 \sim 2.2)d_y$                           | $(2 \sim 2.4)d_y$   | $(2.2 \sim 2.7)d_y$ | $(1.3 \sim 1.7)B$   |                   |                |
|  | 半球形暗冒口              | $(1.2 \sim 1.4)d_y$  | $H_i$ 应确保热节圆部位至冒口的顺序凝固 | $R = (0.46 \sim 0.48) D_i$                    |                     |                     |                     | $(0.6 \sim 1)H_j$ | 轴毂类            |

续表 1

| 截面形状                                                                               | 冒口形式    | 冒口尺寸参数           |                    |                                               |          |          |                          | 应用范围              |                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------|--------------------|-----------------------------------------------|----------|----------|--------------------------|-------------------|------------------------------------|
|                                                                                    |         | $B_i$            | $H_i$              | $D$ 或 $B$                                     |          |          |                          |                   | $H$                                |
|                                                                                    |         |                  |                    | 当 $\frac{H_i}{d_y}$ 或 $\frac{B_i}{d_y}$ 为下列值时 |          |          |                          |                   |                                    |
|                                                                                    |         |                  |                    | $<2$                                          | $2\sim4$ | $4\sim6$ | $>6$                     |                   |                                    |
|   | 整圈环形明冒口 | $(1\sim1.8) d_y$ | $(0.5\sim0.8) H_i$ | —                                             | —        | —        | $B_i + (0.1\sim0.2) d_y$ | $(1.6\sim2.5) B$  | 细高状筒体（压力容器、各类缸体等要求较高的铸件须考虑足够的补贴斜度） |
|  | 圆柱形暗冒口  | —                | —                  | $D = (1.2\sim2.0) d_y$                        |          |          |                          | $(1.25\sim1.5) D$ | 铸件局部厚实部分（圆柱体成立方体）                  |
| 圆柱形明冒口                                                                             | —       | —                | $(1.2\sim1.4) D$   |                                               |          |          |                          |                   |                                    |

注：1. 腰圆冒口宽度  $B$  与长度  $L$  的比例： $L/B=1.5$ 。

2. 明冒口斜度为  $5^\circ$  或  $7^\circ$ 。

3. 采用石灰石原砂时，冒口高度适当增加。

### 6.1.3 特种铸造

① 压力铸造，压力铸造的比压见表 6—16，压铸充填速度见表 6—17，合金压铸温度见表 6—18，压铸型温度见表 6—19，压铸用涂料配制方法及应用见表 6—21。

表 6—16 压铸合金常用比压  $N/cm^2$  ( $kgf/cm^2$ )

| 压铸合金 | 铸件壁厚 < 3mm |            | 铸件壁厚 > 3mm |              |
|------|------------|------------|------------|--------------|
|      | 结构简单       | 结构复杂       | 结构简单       | 结构复杂         |
| 锌合金  | 2940 (300) | 4900 (500) | 4900 (500) | 5880 (600)   |
| 铝合金  | 2450 (250) | 4900 (500) | 4410 (450) | 7840 (800)   |
| 铝镁合金 | 2940 (300) | 5880 (600) | 4900 (500) | 8820 (900)   |
| 镁合金  | 2940 (300) | 4900 (500) | 4900 (500) | 7840 (800)   |
| 铜合金  | 4900 (500) | 8820 (900) | 7840 (800) | 10780 (1100) |



表 6—17

压铸充填速度

(m/s)

| 铸 造 合 金 | 铸 件 特 点 |       |       |
|---------|---------|-------|-------|
|         | 简单、薄壁   | 一般、薄壁 | 复杂、薄壁 |
| 锌 合 金   | 10~20   | 15~30 | 20~40 |
| 铝 合 金   | 10~15   | 15~45 | 30~60 |
| 镁 合 金   | 20~40   | 25~50 | 35~70 |
| 铜 合 金   | 10~20   | 15~30 | 20~40 |

表 6—18

合金的压铸温度

(℃)

| 铸 造 合 金 |       | 壁厚<3mm  |         | 壁厚>3mm  |         |
|---------|-------|---------|---------|---------|---------|
|         |       | 铸 件 结 构 |         |         |         |
|         |       | 简 单     | 复 杂     | 简 单     | 复 杂     |
| 锌 合 金   |       | 420~440 | 430~450 | 400~420 | 420~440 |
| 铝 合 金   | 含 硅 的 | 610~650 | 640~680 | 600~630 | 610~650 |
|         | 含 铜 的 | 630~660 | 660~700 | 600~640 | 630~660 |
|         | 含 镁 的 | 640~680 | 660~700 | 640~670 | 650~690 |
| 镁 合 金   |       | 640~680 | 660~700 | 640~670 | 650~690 |
| 铜 合 金   | 普通黄铜  | 910~930 | 940~980 | 900~930 | 900~950 |
|         | 硅 黄 铜 | 900~920 | 930~970 | 910~940 | 910~940 |

表 6—19

压铸型温度

(℃)

| 铸 造 合 金 |             | 壁厚<3mm  |         | 壁厚>3mm  |         |
|---------|-------------|---------|---------|---------|---------|
|         |             | 铸 件 结 构 |         |         |         |
|         |             | 简 单     | 复 杂     | 简 单     | 复 杂     |
| 锌 合 金   | 预 热<br>连续工作 | 130~180 | 150~200 | 110~140 | 120~150 |
|         |             | 180~200 | 190~220 | 140~170 | 150~200 |
| 铝 合 金   | 预 热<br>连续工作 | 150~180 | 200~230 | 120~150 | 150~180 |
|         |             | 180~240 | 250~280 | 150~180 | 180~200 |
| 铝镁合金    | 预 热<br>连续工作 | 170~190 | 220~240 | 150~170 | 170~190 |
|         |             | 200~220 | 260~280 | 180~200 | 200~240 |
| 镁 合 金   | 预 热<br>连续工作 | 150~180 | 200~230 | 120~150 | 150~180 |
|         |             | 180~240 | 250~280 | 150~180 | 180~220 |
| 铜 合 金   | 预 热<br>连续工作 | 200~230 | 230~250 | 170~200 | 200~230 |
|         |             | 300~325 | 325~350 | 250~300 | 300~350 |

表 6—20

压铸用涂料配制方法及应用

| 原材料                 | 配 比<br>(%)       | 配 制 方 法                                      | 应 用                |
|---------------------|------------------|----------------------------------------------|--------------------|
| 胶体石墨<br>(油剂)        | —                | 成 品                                          | 铝合金件或压射冲头、压室和易咬合部分 |
| 胶体石墨<br>(水剂)        | —                | 成 品                                          | 铝合金及钢铁合金件          |
| 天然蜂蜡                | —                | 块状或保持温度不高于 85℃ 的熔融状态                         | 锌合金铸件              |
| 氟 化 钠<br>水          | 3~5<br>97~95     | 将水加热至 70~80℃, 加入氟化钠, 搅拌均匀                    | 对合金冲刷, 产生粘附部位有特效   |
| 锭 子 油               | 30、50            | 成 品                                          | 锌合金压铸件润滑用          |
| 铝 粉<br>工业用猪油        | 12<br>80         | 将猪油熔化, 加入定量煤油, 依次加入铝粉、樟脑、银石墨粉, 进行充分搅拌, 冷却后使用 | 铝合金铸件, 对压铸螺纹、孔等有效  |
| 银石墨粉                | 1.5              |                                              |                    |
| 煤 油                 | 2.5              |                                              |                    |
| 结晶樟脑                | 4                |                                              |                    |
| 聚 乙 烯<br>煤 油        | 3~5<br>97~95     | 将聚乙烯小块泡在煤油中, 加热至 80℃ 左右                      | 铝合金及镁合金铸件, 效果显著    |
| 硅 橡 胶<br>汽 油<br>铝 粉 | 3~5<br>余量<br>1~3 | 硅橡胶放在汽油中溶解, 在使用时加入 1~3% 的铝粉                  | 铝合金铸件, 表面光洁        |

## ②熔模铸造

压型的分类、特点及应用见表 6—21, 模料配方及性能见表 6—22。

表 6—21

压型的分类、特点及应用

| 类 别              | 特 点                                                                                                    | 应 用                           |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 机械加工压型           | 用碳钢、铝、铜制造, 导热性好, 尺寸精确, 表面光洁, 还可镀铬抛光                                                                    | 生产批量大, 精度要求高的零件               |
| 铸<br>造<br>压<br>型 | 易熔合金<br>常用成分为: Sn42%, Bi58%; 熔点 138℃, 表面粗糙度可达 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$ 。精度比机械加工低, 制造成本低, 材料可回用 | 生产批量较大, 精度要求不高, 或形状复杂、加工困难的零件 |
|                  | 陶 瓷<br>型铸造<br>用陶瓷型铸造后经机械加工而成, 制造周期短, 使用寿命长, 表面质量低于机械加工压型                                               | 生产批量大, 精度要求较低, 或形状复杂、加工困难的零件  |
| 石膏压型             | 精度低, 表面粗糙, 使用寿命 30~100 次, 导热性差; 制造周期短, 成本低, 一般用于石蜡、硬脂酸模料                                               | 单件小批生产, 精度要求不高的零件             |
| 塑料压型             | 用环氧树脂加金属粉浇注成型; 制造周期短, 成本低, 精度低, 表面粗糙, 导热性差                                                             | 中等批量, 精度要求不高, 形状复杂、加工困难的零件    |

表 6—22

模 料 配 方 及 性 能

| 配 比 (%) |     |    |      |     |             | 性 能       |            |            |                                                     |                 |                  | 特 点                                       |
|---------|-----|----|------|-----|-------------|-----------|------------|------------|-----------------------------------------------------|-----------------|------------------|-------------------------------------------|
| 石蜡      | 硬脂酸 | 松香 | 地蜡   | 聚乙烯 | 其 他         | 熔点<br>(℃) | 软化点<br>(℃) | 收缩率<br>(%) | 抗拉强度<br>N/cm <sup>2</sup><br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 压射<br>温度<br>(℃) | 其 他              |                                           |
| 50      | 50  | —  | —    | —   | —           | 50~51     | ~31        | 0.6~0.9    | 59~98<br>(6.0~10)                                   | 12~48           | —                | 流动性好, 表面光洁, 灰分少; 但软化点低, 易变形, 天冷易开裂        |
| 40      | —   | 40 | 20   | —   | —           | 55~60     | ~35        | 0.5~0.7    | —                                                   | 47~52           | —                | 韧性好, 变形小, 涂挂性好, 回收简单; 但粘性大, 可用于形状复杂的小件    |
| 50      | 45  | —  | —    | 5   | —           | 68        | —          | 0.5~0.8    | 157~167<br>(16~17)                                  | —               | 比重<br>0.85~0.95  | 模料软化点高, 可在夏季使用                            |
| 95      | —   | —  | —    | —   | 低分子聚乙烯 5    | ~60       | —          | 1.16       | 221<br>(22.6)                                       | 65              | 硬度<br>(针入度)<br>6 | 热稳定性和强度较好, 表面光洁                           |
| 20      | 20  | 12 | —    | —   | 川 蜡<br>48   | 74.3      | ~48.2      | 0.58       | 157~167<br>(16~17)                                  | —               | —                | 热稳定性和强度较好, 表面光洁; 适用于形状复杂的铸件               |
| —       | —   | 81 | 14.3 | 3.1 | 酚醛树脂<br>1.6 | 230~240   | —          | —          | —                                                   | 85~100          | —                | 强度高, 软化点低, 表面光洁, 用于要求精度高的铸件; 但模料脆性大, 制料麻烦 |

## 6.2 锻造

### 6.2.1 常用锻造方法

表 6—23

常用锻造方法，特点及适用范围

| 加工方法 | 使用设备                               | 特点及适用范围                          | 加工方法 | 使用设备    | 特点及适用范围                                      |
|------|------------------------------------|----------------------------------|------|---------|----------------------------------------------|
| 自由锻  | 手工锻                                | 单件、小批                            | 模 锻  | 热模锻压力机  | 大、中批、中小型模锻件；大批量需配备制坯设备；亦可用于精密模锻              |
|      | 3tf(29KN)以下自由锻锤                    | 单件、小批、小型锻件                       |      | 平锻机     | 适用于局部锻粗的法兰轴和带孔模锻件的大批量生产；多模膛模锻                |
|      | 3tf(29KN)以上自由锻锤                    | 单件、小批、中型锻件                       |      | 螺旋压力机   | 大、中批、中小型模锻件；一般是单模膛模锻；可进行精密模锻；大型精密模锻件用液压螺旋压力机 |
|      | 1250tf(12250KN)以下自由锻水压机            | 单件、小批、中型锻件                       |      | 高速锤     | 中、小批，变形速率高；单模膛模锻；用于锻制低塑性合金锻件和薄壁高筋复杂模锻件       |
|      | 1250~12000tf(12250~117600KN)自由锻水压机 | 单件、小批、大型及特大型锻件                   |      | 多向模锻水压机 | 大批；可锻制不同方向具有多孔腔的复杂模锻件                        |
| 胎模锻  | 利用自由锻锤及水压机                         | 中小批、中小型锻件；用胎模成形，可提高锻件的质量和设备的生产效率 |      | 模锻水压机   | 小批；锻制大型非铁合金模锻件                               |
| 模 锻  | 有砧座模锻锤                             | 大批量、中小型模锻件；右在一台设备上拔长、聚料、预锻、终锻    |      |         |                                              |
|      | 无砧座模锻锤                             | 大、中批、中小型模锻件；单模膛模锻                |      |         |                                              |

### 6.2.2 锻造加热炉

火焰加热炉的应用范围及特点见表 6—24，钢的锻造温度范围见表 6—25。

表 6—24

火焰加热炉的应用范围及特点

| 分 类              |                  | 应 用 范 围                  |           |                                          | 特 点                               | 分 类              |                         | 应 用 范 围                  |           |                               | 特 点                                                     |
|------------------|------------------|--------------------------|-----------|------------------------------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                  |                  | 坯 料                      | 批 量       | 工 艺                                      |                                   |                  |                         | 坯 料                      | 批 量       | 工 艺                           |                                                         |
| 间<br>歇<br>式<br>炉 | 室式炉              | 中小件                      | 单件、<br>成批 | 自由锻                                      | 结 构 简<br>单, 适应面<br>广              | 连<br>续<br>式<br>炉 | 推杆式<br>半连续<br>炉和连<br>续炉 | 中小型<br>坯料圆<br>形或方<br>形断面 | 成批、<br>大量 | 模锻                            | 用推料机推<br>料, 有预热<br>和加热段,<br>炉底强度<br>大, 热效率<br>较高        |
|                  | 双室式<br>炉         | 中小件                      | 单件、<br>成批 | 自由锻                                      | 适应面广,<br>可用于预热,<br>多次加热及合<br>金钢加热 |                  | 转壁炉                     | 中小型<br>棒料, 端<br>部加热      | 成 批       | 平 锻、<br>磨 擦 压<br>力 机 上<br>模 锻 | 炉 壁 旋<br>转, 结构稍<br>复杂                                   |
|                  | 开隙式<br>炉         | 中小型<br>坯料及<br>杆料端<br>部加热 | 成 批       | 小型模<br>锻、胎模<br>锻、磨擦<br>压力机上<br>模锻、平<br>锻 | 无炉门, 多<br>采用上排烟                   |                  | 碟形转<br>底炉               | 中小型<br>坯料                | 成批、<br>大量 | 模 锻                           | 结 构 较<br>复杂, 可机械<br>化进出料                                |
|                  | 双开隙<br>式炉        | 中小型<br>坯料及<br>杆料端<br>部加热 | 成 批       | 小型模<br>锻、胎模<br>锻、磨擦<br>压力机上<br>模锻        | 无炉门,<br>可交替生<br>产, 应用较<br>广       |                  | 环形转<br>底炉               | 大中型<br>坯料                | 成批、<br>大量 | 模 锻                           | 结 构 较<br>复杂, 用机械<br>手进出料                                |
|                  | 台车式<br>炉         | 大、中<br>型坯料<br>和钢锭        | 单件、<br>小批 | 重型液<br>压机自<br>由锻                         | 便于装料<br>和出料                       |                  | 步进式<br>炉                | 大中型<br>板坯、<br>棒料等        | 成批、<br>大量 | 模锻、<br>轧 锻、<br>精 锻            | 没有滑道<br>印痕, 能四<br>面加热并便<br>于自动化,<br>结构复杂,<br>设备费用较<br>高 |
|                  | 敞焰无<br>氧化室<br>式炉 | 中小件                      | 成 批       | 精密锻<br>压                                 | 利用燃料<br>不完全燃<br>烧, 形成保<br>护气氛     |                  | 敞焰无<br>氧化室<br>式炉        | 中小件                      | 成 批       | 精密锻<br>压                      | 利用不完<br>全燃烧, 形<br>成保护气氛                                 |

表 6—25

钢的锻造温度范围

| 钢 种   | 始 锻 ℃     | 终 锻 ℃   |
|-------|-----------|---------|
| 普通碳素钢 | 1200~1300 | 700~750 |
| 优质碳素钢 | 1200~1250 | 800     |
| 合金结构钢 | 1150~1200 | 800~850 |
| 碳素工具钢 | 1050~1150 | 750~800 |
| 合金工具钢 | 1050~1150 | 700~850 |
| 高速工具钢 | 1100~1150 | 900     |
| 耐热钢   | 1100~1150 | 800~900 |
| 弹簧钢   | 1100~1150 | 800~850 |
| 轴承钢   | 1080      | 800     |

### 6.2.3 自由锻造

①自由锻造设备, 见表 6—26, 表 6—27。

表 6—26 空气锤吨位选择参考数据

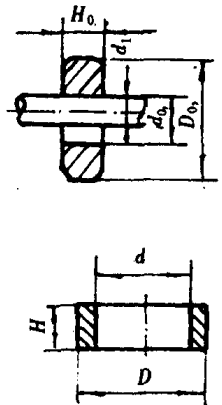
|           |     |     |      |      |      |      |      |      |
|-----------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 设备吨位 kg   | 65  | 75  | 150  | 200  | 250  | 400  | 560  | 750  |
| 能锻工件尺寸 mm | Φ85 | Φ85 | Φ145 | Φ170 | Φ175 | Φ220 | Φ280 | Φ300 |
| 最大锻件质量 kg | 2   | 2   | 4    | 7    | 8    | 18   | 30   | 40   |

表 6—27 蒸汽—空气锤吨位选用参考数据

|            |     |     |       |     |
|------------|-----|-----|-------|-----|
| 设备吨位 t     | 1   | 2   | 3     | 5   |
| 能锻钢锭质量 t   | 0.5 | 1.0 | 1.5~2 | 2.5 |
| 能锻粗毛坯直径 mm | 350 | 450 | 500   | 600 |

②自由锻造基本工序

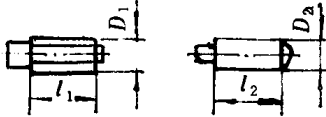
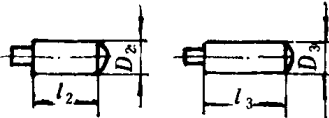
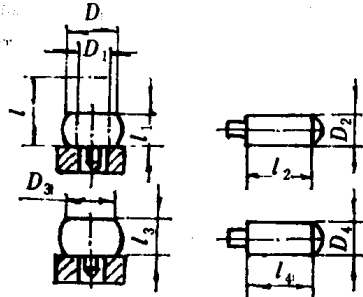
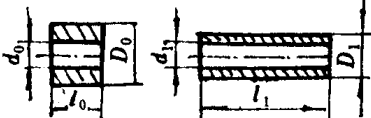
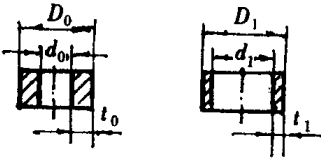
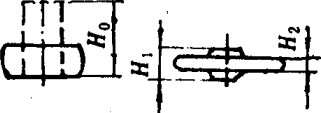
表 6—28 锻 造 工 序

| 工序名称 | 工 序 内 容                  | 工 序 要 点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 锻 粗  | 减小坯料高度、增大横截面             | 坯料的相对高度 $\left( = \frac{\text{坯料高度 } H}{\text{坯料直径 } D} \right)$ 应 $< 3$ ; 钢锭锻粗比 $\geq 2 \sim 2.5$                                                                                                                                                                                                                                |
| 拔 长  | 减小坯料截面、增加长度              | 为使锻件表面光滑, 送进量一般小于 $3/4$ 砧宽; 对于重要的锻件, 为了锻透, $\frac{\text{送进量 } l}{\text{坯料直径 } D}$ 应在 $0.5 \sim 0.8$ 范围内; 对于一般锻件, 该比值允许降低到 0.4                                                                                                                                                                                                     |
| 冲 孔  | 在坯料中冲出透孔或不透孔             | 坯料加热应均匀, 冲孔前必须锻粗, 使端面平整;<br>坯料直径应大于冲头直径的 $2.5 \sim 3$ 倍                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 扩 孔  | 减小空心坯料壁厚, 增大内外径          | 每次孔径增大约 $15 \sim 30 \text{mm}$ (锤上扩孔); 坯料尺寸应满足下列要求:<br><br>$\frac{D_0 - d_0}{H_0} < 5$<br>式中 $d_0 = d_1 + (20 \sim 50) \text{mm}$ ;<br>$H_0 = H - \mu(d - d_0)$ ;<br>新平砧: $\mu = 0.06$ ;<br>旧平砧: $\mu = 0.1$ ;<br>扩孔窄砧: $\mu = 0.02 \sim 0.03$ |
| 弯 曲  | 改变坯料轴线形状                 | 用于锻造单钩、吊钩等锻件;<br>弯曲计算中, 截面拉缩保险量一般加大 $10\% \sim 15\%$                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 扭 转  | 将坯料一部分相对于另一部分绕公共轴线旋转一定角度 | 常用来锻造曲柄在不同平面内的曲轴、连杆等锻件。坯料在扭转区域有长度缩短、横截面增大的现象                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 切 割  | 将坯料分离 (剁料) 或部分分离         | 用于下料相切割杆头等; 切割长轴类锻件时, 要考虑冷缩现象                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

③锻造比

表 6—29

自由锻造多工序锻造比

| 工序     | 简 图                                                                                 | 总 锻 比                                                                                                    |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 钢锭拔长   |    | $B_1 = \frac{D_1^3}{D_2^3}$                                                                              |
| 坯料拔长   |    | $B_2 = \frac{D_2^3}{D_3^3}$ 或 $B_2 = \frac{l_2}{l_3}$                                                    |
| 两次拔长   | 钢锭和坯料拔长同                                                                            | $B = B_1 B_2 = \frac{D_1^3}{D_2^3} \cdot \frac{D_2^3}{D_3^3} = \frac{D_1^3}{D_3^3}$                      |
| 两次镦粗拔长 |   | $B = B_1 + B_2 = \frac{D_1^3}{D_2^3} + \frac{D_2^3}{D_3^3}$<br>或 $B = \frac{l_2}{l_1} + \frac{l_4}{l_3}$ |
| 芯轴拔长   |  | $B = \frac{D_0^3 - d_0^3}{D_1^3 - d_1^3}$ 或 $B = \frac{l_1}{l_2}$                                        |
| 扩 孔    |  | $B = \frac{F_0}{F_1} \approx \frac{D_0^2 - d_0^2}{D_1^2 - d_1^2}$<br>或 $B = \frac{l_0}{l_1}$             |
| 镦 粗    |  | 轮毂 $B = \frac{H_0}{H_1}$<br>轮缘 $B = \frac{H_0}{H_2}$                                                     |

注: 1. 钢锭倒棱不计算在总锻比数值内。

2. 两次镦粗拔长和两次镦粗中间有拔长工序时, 总锻比等于各次分锻比之和, 但各分锻比都要  $> 2$ 。

3. 连续镦粗或连续拔长时, 总锻比等于分锻比的乘积。

## 6.2.4 模锻

①各类模锻工艺特征(见表 6—30)

表 6—30

各类模锻工艺特征

| 工艺类别     | 设备名称    | 设备特点            |                     | 工艺特征                                                                                            |
|----------|---------|-----------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |         | 行程次数<br>(次/min) | 工作速度<br>(m/s)       |                                                                                                 |
| 锤上模锻     | 有砧座锤    | 高<br>60~100     | 较高<br>6~8           | 行程不固定, 便于进行拔长、滚压; 适用于各类锻件                                                                       |
| 锤上模锻     | 无砧座锤    | 高<br>60~100     | 较高<br>6~8           | 上下模双向对击, 操作不太方便, 不宜于拔长、滚压; 适用于大型锻件单模膛模锻                                                         |
| 热模锻压力机模锻 | 热模锻压力机  | 较高<br>35~90     | 较低<br>0.5~0.8       | 行程固定, 金属在每一模膛中成形一次, 不宜拔长、滚压, 但可用于挤压; 适用于短轴类锻件                                                   |
| 平  锻     | 平  锻  机 | 较高<br>27~60     | 较低<br>$\approx 0.3$ | 行程固定, 金属在每一模膛中成形一次; 除积聚、锻粗外, 还可切边、穿孔; 适用于短轴类锻件                                                  |
| 螺旋压力机上模锻 | 摩擦螺旋压力机 | 低<br>10~40      | 较低<br>0.5~1.2       | 行程不固定, 金属冷却快, 不宜拔长、滚压; 一般用于中小型锻件单模膛模锻; 当所需吨位 $>1000\text{tf}$ ( $9800\text{kN}$ ) 时, 应采用液压螺旋压力机 |

## ②锤上模锻

A. 模锻件的余量和公差 (见表 6—65~6—67)

B. 模锻斜度

外壁斜度常用  $5^\circ$ 、 $7^\circ$ , 最大  $10^\circ$ , 内壁斜度常用  $7^\circ$ 、 $10^\circ$ , 最大  $12^\circ$  或  $15^\circ$ 

C. 圆角半径

外圆角半径  $r$  = 单位余量 + 零件圆角半径或倒角、内圆角半径  $R = (2\sim 3)r$ 。

标准圆角半径 (mm): 1、1.5、2、2.5、3、4、5、6、8、10、12.5、15、20、25、30。

D. 冲孔连皮

模锻只能锻制盲孔, 孔底需留出连皮, 孔径小于 25mm 时一般不宜冲孔。

## ③热模锻压力机上模锻

压力机吨位  $P = kF$  (tf) 或  $P = 9.8KF$  (kN),  $F$ ——锻件水平投影面积, 包括飞边桥部 ( $\text{cm}^2$ ),  $k$ ——系数, 结构钢锻件按钢种及复杂程度取 6.4~7.3。

## 6.3 焊接

## 6.3.1 手工电弧焊

## ① 电弧焊机

电弧焊机既可用于一般手工电弧焊, 也可用于自动埋弧焊、碳弧焊、碳弧气刨、等离子弧切割等方面的



系。电弧焊机中常用的是弧焊发电机、弧焊变压器和弧焊整流器。分别见表 6—31~表 6—33。

表 6—31

弧焊发电机常用型号和主要技术参数

| 型号           | AX-320 | AX4-300 | AX5-500    |
|--------------|--------|---------|------------|
| 技术参数         |        |         |            |
| 额定焊接电流 (A)   | 320    | 300     | 500        |
| 焊接电流调节范围 (A) | 45~320 | 45~375  | 60~600     |
| 空载电压 (V)     | 50~80  | 55~80   | 65~92      |
| 工作电压 (V)     | 30     | 25~35   | 25~40      |
| 额定负载持续率 (%)  | 50     | 60      | 60         |
| 电动机功率 (kW)   | 14     | 10      | 26         |
| 适应范围         | 手工焊电源  | 手工焊电源   | 手工焊自动埋弧焊电源 |

表 6—32

常用弧焊变压器的型号和主要技术参数

| 型号           | BX1-330 |         | BX3-300 |         | BX2-500     |
|--------------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| 技术参数         |         |         |         |         |             |
| 类 型          | 动铁式     |         | 动圈式     |         | 同体式         |
| 接 法          | I       | II      | I       | II      |             |
| 空载电压 (V)     | 70      | 60      | 75      | 60      | 80          |
| 焊接电流调节范围 (A) | 50~185  | 175~430 | 40~150  | 120~380 | 200~600     |
| 额定负载持续率 (%)  | 60      |         | 60      |         | 60          |
| 额定焊接电流 (A)   | 330     |         | 300     |         | 500         |
| 额定工作电压 (V)   | 22~37   |         | 22~35   |         | 45          |
| 适用范围         | 手弧焊电源   |         | 手弧焊电源   |         | 自动与半自动埋弧焊电源 |

表 6—33

常用弧焊整流器的型号和主要技术参数

| 型号<br>技术参数   | ZXG-200     | ZXG-300 |        | ZXG-400                    |
|--------------|-------------|---------|--------|----------------------------|
| 额定焊接电流 (A)   | 200         | 300     |        | 400                        |
| 焊接电流调节范围 (A) | 10~200      | 15~300  | 50~376 | 40~480(46~570)             |
| 空载电压 (V)     | 70          | 70      |        | 80 (65~83)                 |
| 工作电压 (V)     | 25~30       | 25~30   | 30     | 22~39 (22~43)              |
| 额定负载持续率 (%)  | 60          | 60      |        | 60                         |
| 适用范围         | 手工焊、钨极氩弧焊电源 |         |        | 手工焊电源，也可作钨极氩弧焊、埋弧焊、碳弧气刨用电源 |

## ②电焊条

### A. 焊条的分类 (见表 6—34)

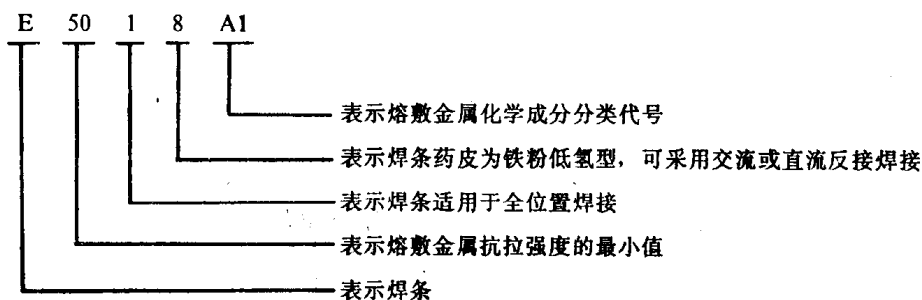
表 6—34 焊条按用途分类

| 类别 | 名称                         | 代号    | 类别 | 名称      | 代号 |
|----|----------------------------|-------|----|---------|----|
| 1  | 低碳钢和低合金高强度钢焊条<br>(简称结构钢焊条) | J     | 6  | 铸铁焊条    | Z  |
| 2  | 钼和铬钼耐热钢焊条                  | R     | 7  | 镍及镍合金焊条 | Ni |
| 3  | 低温钢焊条                      | W     | 8  | 铜及铜合金焊条 | T  |
| 4  | 不锈钢焊条                      | G 或 A | 9  | 铝及铝合金焊条 | L  |
| 5  | 堆焊焊条                       | D     | 10 | 特殊用途焊条  | TS |

### B. 焊条型号的表示方法

- 1) 字母“E”表示焊条;
- 2) 前两位数字表示熔敷金属抗拉强度的最小值, 单位为 MPa;
- 3) 第三位数字表示焊条的焊接位置, “0”及“1”表示焊条适用于全位置焊接 (平焊、立焊、仰焊及横焊), “2”表示焊条适用于平焊及平角焊;
- 4) 第三位和第四位数字组合时表示焊接电流种类及药皮类型;
- 5) 后缀字母为熔敷金属的化学成分分类代号, 并以短划“—”与前面数字分开, 如还具有附加化学成分时, 附加化学成分直接用元素符号表示, 并以短划“—”与前面后缀字母分开。

例:



### C. 焊条牌号的编制方法

- 1) 牌号前加“J”字, 表示结构钢焊条。
- 2) 牌号第一、第二位数字, 表示熔敷金属的抗拉强度等级, 其系列如表 6—35 所示。
- 3) 牌号第三位数字, 表示药皮类型和焊接电源种类, 见表 6—36。
- 4) 药皮中加铁粉名义熔敷效率 $>105\%$ 时, 在牌号末尾加注“Fe”字, 药皮类型称为铁粉 $\times\times$ 型。如“J $\times\times$ 6Fe”即为铁粉低氢钾型药皮、交直流两用的焊条牌号。
- 5) 结构钢焊条有特殊性能和用途的, 则在牌号后面加注起主要作用的元素或代表主要用途的符号。

例:

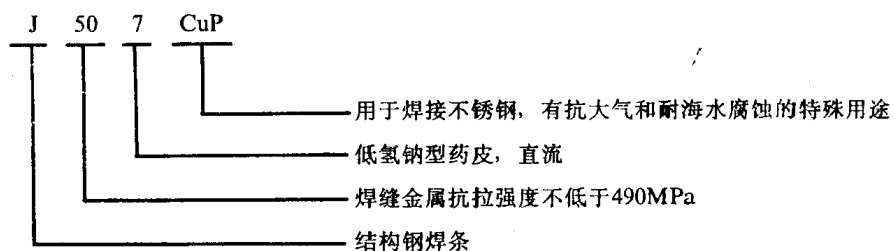


表 6—35

熔敷金属抗拉强度等级

| 牌 号  | 熔敷金属抗拉强度等级<br>MPa | 熔敷金属屈服点等级<br>MPa |
|------|-------------------|------------------|
| J42× | 420 (42)          | 330 (34)         |
| J50× | 490 (50)          | 410 (42)         |
| J55× | 540 (55)          | 440 (45)         |
| J60× | 590 (60)          | 530 (54)         |
| J70× | 690 (70)          | 590 (60)         |
| J75× | 740 (75)          | 640 (65)         |
| J80× | 780 (80)          | — —              |
| J85× | 830 (85)          | 740 (75)         |
| J10× | 980 (100)         | — —              |

表 6—36

焊条药皮类型和适用的焊接电源种类

| 牌 号   | 药皮类型     | 焊接电源  | 牌 号   | 药皮类型             | 焊接电源  |
|-------|----------|-------|-------|------------------|-------|
| × × 0 | 不属已规定的类型 | 不规定   | × × 5 | 高纤维素钠和<br>高纤维素钾型 | 直流或交流 |
| × × 1 | 高钛钠和高钛钾型 | 直流或交流 | × × 6 | 低氢钾型             | 直流或交流 |
| × × 2 | 钛钙型      | 直流或交流 | × × 7 | 低氢钠型             | 直 流   |
| × × 3 | 钛铁矿型     | 直流或交流 | × × 8 | 石墨型              | 直流或交流 |
| × × 4 | 氧化铁型     | 直流或交流 | × × 9 | 盐基型              | 直 流   |

D. 焊条的规格 (见表 6—37)

表 6—37

焊 条 的 规 格

(mm)

| 长度<br>直径 | 类别 | 低碳、低合金钢焊条 | 钼和铬钼耐热钢焊条 | 奥氏体不锈钢焊条    | 堆焊焊条        |
|----------|----|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 2.0      |    | 250、300   | 250、300   | 200、250、300 | —           |
| 2.5      |    | 250、300   | 250、300   | 250、300     | —           |
| 3.2      |    | 350、400   | 350、400   | 300、350     | 300、350     |
| 4.0      |    | 400、450   | 400、450   | 350、400     | 350、400、450 |
| 5.0      |    | 400、450   | 400、450   | 350、400     | 350、400、450 |
| 6.0      |    | 400、450   | 400、450   | 350、400     | 400、450     |
| 7.0      |    | —         | —         | —           | 400、450     |
| 8.0      |    | —         | —         | —           | 400、450     |

E. 焊条直径的选择 (见表 6—38、6—39)

表 6—38

焊 条 直 径 的 选 择

(mm)

| 钢板厚度 | 1.5 | 2 | 3 | 4~5 | 6~8 | 9~12 | 13~15 | 16~20 | >20  |
|------|-----|---|---|-----|-----|------|-------|-------|------|
| 焊条直径 | 1.6 | 2 | 3 | 3~4 | 4   | 4~5  | 5     | 5~6   | 6~10 |

表 6—39

常用低碳钢和低合金钢焊条使用简明表

| 型 号   | 牌 号     | 药皮类型     | 焊接电源  | 主 要 用 途                      |
|-------|---------|----------|-------|------------------------------|
| E4313 | J42i    | 高钛钠和高钛钾型 | 交流或直流 | 焊接一般低碳钢薄板结构                  |
| E4303 | J422    | 钛钙型      | 交流或直流 | 焊接较重要的低碳钢结构和同强度等级的低合金钢       |
| E4323 | J422 铁  | 铁粉钛钙型    | 交流或直流 | 焊接较重要的低碳钢结构的高效焊条             |
| E4323 | J422 铁重 | 铁粉钛钙型    | 交流或直流 | 焊接低碳钢结构的高效、高速重力焊条            |
| E4301 | J423    | 钛铁矿型     | 交流或直流 | 用于低碳钢结构的焊接                   |
| E4320 | J424    | 氧化铁型     | 交流或直流 | 用于低碳钢结构的焊接                   |
| E4327 | J424 铁  | 铁粉氧化铁型   | 交流或直流 | 焊接低碳钢结构                      |
| E4316 | J426    | 低氢钾型     | 交流或直流 | 焊接重要的低碳钢和某些低合金钢结构            |
| E4316 | J426 铁  | 铁粉低氢钾型   | 交流或直流 | 焊接重要的低碳钢和某些低合金钢结构            |
| E4315 | J427    | 低氢钠型     | 直 流   | 焊接重要的低碳钢和某些低合金钢结构            |
| E5024 | J501 铁  | 铁粉钛型     | 交流或直流 | 焊接低碳钢及相应强度的低合金钢结构            |
| E5003 | J502    | 钛钙型      | 交流或直流 | 焊接 16Mn 钢及相同强度等级低合金钢的一般结构    |
| E5001 | J503    | 钛铁矿型     | 交流或直流 | 焊接 16Mn 钢及相同强度等级低合金钢的一般结构    |
| E5016 | J506    | 低氢钾型     | 交流或直流 | 焊接中碳钢及某些重要的低合金钢结构, 如 16Mn 钢等 |

续表 1

| 型 号      | 牌 号    | 药皮类型 | 焊接电源  | 主 要 用 途                   |
|----------|--------|------|-------|---------------------------|
| E5016    | J506 下 | 低氢钾型 | 交流或直流 | 可用于相应强度等级的碳钢及低合金钢的立向下焊    |
| E5015    | J507   | 低氢钠型 | 直 流   | 焊接中碳钢及 16Mn 钢等重要低合金钢结构    |
| E5515    | J557   | 低氢钠型 | 直 流   | 焊接中碳钢及相应强度的低合金钢结构         |
| E6015-D1 | J607   | 低氢钠型 | 直 流   | 用于中碳钢及相应强度等级的低合金钢结构的焊接    |
| E6015-G  | J607Ni | 低氢钠型 | 直 流   | 用于相应强度等级的低合金钢结构           |
| E7015-D2 | J707   | 低氢钠型 | 直 流   | 焊接相应强度等级的低合金钢结构           |
| E8515-G  | J857   | 低氢钠型 | 直 流   | 用于相应强度等级的低合金钢结构的焊接        |
| E8515-G  | J857 铬 | 低氢钠型 | 直 流   | 用于相应强度等级的低合金钢受压容器和其它构件的焊接 |

## ③焊缝

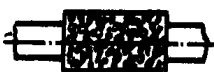
## A. 焊缝型式及符号 (见表 6-40)

表 6-40

焊 缝 形 式 及 符 号

| 序 号 | 焊 缝 名 称    | 焊 缝 型 式                                                                             | 符 号 |
|-----|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| (1) | I 形焊缝      |  |     |
| (2) | V 形焊缝      |  | ∇   |
| (3) | 钝边 V 形焊缝   |  | Y   |
| (4) | 单边 V 形焊缝   |  | V   |
| (5) | 钝边单边 V 形焊缝 |  | Y   |
| (6) | U 形焊缝      |  | U   |

续表 1

| 序 号  | 焊 缝 名 称  | 焊 缝 型 式                                                                              | 符 号 |
|------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| (7)  | 单边 U 形焊缝 |     | U   |
| (8)  | 喇叭形焊缝    |     | Y   |
| (9)  | 单边喇叭形焊缝  |     | Yr  |
| (10) | 角焊缝      |     | Δ   |
| (11) | 塞焊缝      |   | ⌋   |
| (12) | 点焊缝      |   | ○   |
| (13) | 缝焊缝      |   | ○   |
| (14) | 封底焊缝     |   | ∩   |
| (15) | 堆焊缝      |  | B   |

## B. 焊缝辅助符号

辅助符号是表示对焊缝辅助要求的符号, 见表 6—41。

表 6—41

焊缝辅助符号

| 序 号 | 名 称    | 型 式                                                                                 | 符 号 | 说 明                           |
|-----|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------|
| (1) | 平面符号   |    | —   | 表示焊缝表面齐平                      |
| (2) | 凹陷符号   |    | ⌒   | 表示焊缝表面凹陷                      |
| (3) | 凸起符号   |    | ⌒   | 表示焊缝表面凸起                      |
| (4) | 带垫板符号  |   | □   | 表示焊缝底面有垫板                     |
| (5) | 三面焊缝符号 |  | ⌌   | 要求三面焊缝符号的开口方向与三面焊缝的实际方向画的基本一致 |
| (6) | 周围焊缝符号 |  | ○   | 表示环绕工件周围焊缝                    |
| (7) | 现场符号   |  | △   | 表示在现场或工地上进行焊接                 |

### 6.3.2 二氧化碳保护焊

二氧化碳保护焊是以二氧化碳作为保护气体，依靠焊丝和焊件之间产生的电弧来熔化金属的一种熔化极气电焊。

①特点：成本低，生产率高，抗锈能力强，抗裂性能好。

②焊接材料：焊接用  $\text{CO}_2$  气的一般标准为： $\text{CO}_2 > 99\%$ ， $\text{O}_2 < 0.1$ ， $\text{H}_2\text{O} < 1.22\text{g}/\text{m}^3$ ；对于质量要求高的焊缝， $\text{CO}_2$  气纯度应  $> 99.5\%$ 。

常用焊丝牌号及用途见表 6—42。各种直径焊丝的适用范围见表 6—43。

表 6—42

常用 CO<sub>2</sub> 焊丝牌号及用途

| 焊 丝 牌 号   | 用 途                    | 焊 丝 牌 号      | 用 途             |
|-----------|------------------------|--------------|-----------------|
| H10MnSi   | 焊接低碳钢 ( 沸腾钢及碳量偏上限时慎用 ) | H04Mn2SiTiA  | 焊接低碳钢和某些低合金高强度钢 |
| H08MnSi   | 焊接低碳钢                  | H10MnSiMo    | 焊接某些低合金高强度钢     |
| H08MnSiA  | 焊接低碳钢                  | H08MnSiCrMo  | 焊接某些低合金高强度钢     |
| H08Mn2SiA | 焊接低碳钢和某些低合金高强度钢        | H08Cr3Mn2MoA | 焊接贝氏体钢          |

表 6—43

各种直径焊丝的适用范围

( mm )

| 焊丝直径    | 熔滴过渡形式 | 板厚    | 焊缝位置  |
|---------|--------|-------|-------|
| 0.5~0.8 | 短 路    | 1~2.5 | 全位置   |
|         | 颗 粒    | 2.5~4 | 水 平   |
| 1.0~1.4 | 短 路    | 2~8   | 全位置   |
|         | 颗 粒    | 2~12  | 水 平   |
| >1.6    | 短 路    | 3~12  | 立、横、仰 |
|         | 颗 粒    | >6    | 水 平   |

### 6.3.3 常用金属的焊接

#### ①低合金结构钢的焊接



表 6—44

低合金结构钢焊接材料选用表

| 强度等级 $\sigma_s$<br>N/mm <sup>2</sup><br>(kgf/mm <sup>2</sup> ) | 钢 号                         | 手工焊<br>电焊条                             | 埋 弧 自 动 焊                                                                  |                                   | 电 渣 焊                         |                        | CO <sub>2</sub> 气体<br>保护焊焊丝 |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------------|
|                                                                |                             |                                        | 焊 丝                                                                        | 焊剂                                | 焊 丝                           | 焊剂                     |                             |
| 294 (30)                                                       | 09Mn2<br>09Mn2Si<br>09MnV   | 结 422<br>结 428<br>结 426                | H08A<br><br>H08MnA                                                         | <br><br>431                       | <br><br>—                     | <br><br>—              | H10MnSi<br><br>H08Mn2Si     |
| 343 (35)                                                       | 16Mn<br>16MnRe<br>14MnNb    | 结 502*<br>结 503*<br>结 506<br><br>结 507 | 不开坡口对接:<br>H08A<br>中板开坡口:<br>H08MnA<br>H10MnSi<br>厚板深坡口:<br>H10Mn2         | <br><br><br>431                   | H08MnMoA<br>H10MnSi<br>H10Mn2 | <br><br>360<br>431     | H08Mn2Si                    |
| 392 (40)                                                       | 15MnV<br>15MnTi<br>14MnMoNb | 结 506<br>结 507<br>结 556<br>结 557       | 不开坡口对接:<br>H08MnA<br>中板开坡口:<br>H10MnSi<br>H10Mn2<br><br>厚板深坡口:<br>H08MnMoA | <br><br><br>431<br><br>250<br>350 | <br><br><br>H08Mn2MoVA        | <br><br><br>360<br>431 | H08Mn2Si                    |
| 441 (45)                                                       | 15MnVN<br>14MnVTiRe         | 结 556<br>结 557<br>结 606<br>结 607       | H08MnMoA<br>H10Mn2<br>H10Mn2Si                                             | 431<br>350                        | H10Mn2MoVA                    | 360<br>431             | —                           |
| 490 (50)                                                       | 18MnMoNb<br>14MnMoV         | 结 606<br>结 607                         | H08Mn2MoA<br>H08Mn2MoVA                                                    | 250<br>350                        | H10Mn2MoVA<br>H10Mn2Mo        | 360<br>431             | —                           |
| 539 (55)                                                       | 14MnMoVB                    | 结 607<br>结 707                         | H08Mn2MoVA<br>H10MnMoVA                                                    | 250<br>330<br>350                 | —                             | —                      | —                           |
| 588 (60)                                                       | 12Ni3CrMoV<br>12MnCrNiMoVCu | 65C-1<br>803                           | H10MnSiMoTiA<br>H08MnNi2CrMo                                               | 350<br>350                        | —                             | —                      | —                           |
| 686 (70)                                                       | 14MnMoNb8                   | H14                                    | H08Mn2Ni2CrMo                                                              | 350                               | H08Mn2Ni2CrMo                 | —                      | —                           |
| 784 (80)                                                       | 12Ni5CrMoV                  | 840                                    | H10Mn2Ni3CrMo                                                              | 804                               | —                             | —                      | —                           |

注: \* 只适用于焊板厚&lt;14mm 的焊件。

表 6—45

常用低合金钢的预热及焊后热处理

| 强度等级 $\sigma_s$<br>N/mm <sup>2</sup><br>(kgf/mm <sup>2</sup> ) | 钢 号                               | 板厚<br>(mm) | 预热温度         | 焊后热处理温度                                        |                                           |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------|--------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                |                                   |            |              | 电弧焊                                            | 电渣焊                                       |
| 294 (30)                                                       | 09Mn2<br>09Mn2Si<br>09MnV<br>12Mn | 一 般<br>无厚板 | 不预热          | 不热处理                                           | 不热处理                                      |
| 343 (35)                                                       | 16Mn<br>16MnRe<br>14MnNb          | <40<br>>40 | 不预热<br>>100℃ | 不热处理或 600~<br>650℃ 回火                          | 900~930℃ 正火<br>600~650℃ 回火                |
| 392(40)                                                        | 15MnV<br>15MnTi<br>14MnMoNb       | <32<br>>32 | 不预热<br>>100℃ | 不热处理或 560~<br>590℃ 或 630~650℃ 或<br>630~650℃ 回火 | 950~980℃ 正火<br>560~590℃ 或 630<br>~650℃ 回火 |
| 490 (50)                                                       | 18MnMoNb<br>14MnMoV               | —          | >150℃        | 600~650℃ 回火                                    | 950~980℃ 正火<br>600~650℃ 回火                |
| 539 (55)                                                       | 14MnMoVB                          | 无厚板        | >150℃        | —                                              | —                                         |
| 588 (60)                                                       | 12Ni3CrMoV<br>12MnCrNiMoVCu       | <35        | 80~120℃      | —                                              | —                                         |
| 686 (70)                                                       | 14MnMoNbB                         | —          | >150℃        | 600~630℃ 回火                                    | 600~630℃ 回火                               |
| 784 (80)                                                       | 12Ni5CrMoV                        | <50        | 120~140℃     | —                                              | —                                         |

## ② 铸铁的补焊

表 6—46

铸铁补焊的主要焊接方法及焊接材料

| 焊 接 方 法   | 焊 接 材 料                                         | 母 材                              |
|-----------|-------------------------------------------------|----------------------------------|
| 手工电弧焊 冷 焊 | 铸 308、铸 508<br>铸 408、铸 116、铸 117<br>铸 100、铸 507 | 灰铸铁<br>灰铸铁、球墨铸铁<br>灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁 |
| 手工电弧焊 半热焊 | 铸 208                                           | 灰铸铁                              |
| 手工电弧焊 热焊  | 石墨化型药皮铸铁芯焊条                                     | 灰铸铁                              |
| 气焊热焊      | 灰铸铁焊丝、球墨铸铁焊丝                                    | 灰铸铁、球墨铸铁                         |
| 钎 焊       | 黄铜丝<br>银锡钎料<br>Cu-Zn-Ni-Mn 钎料                   | 灰铸铁、可锻铸铁<br>灰铸铁<br>灰铸铁、可锻铸铁      |
| 气电焊       | 高钒钢焊丝<br>镍铁合金焊丝<br>低碳合金钢焊丝                      | 球墨铸铁、灰铸铁                         |

表 6—47

铸铁补焊工艺要点

| 焊 接 方 法 |     | 工 艺 要 点                                                                |
|---------|-----|------------------------------------------------------------------------|
| 手工电弧焊   | 冷 焊 | 较小的电流和较快的焊速，多层焊，尽量不在母材引弧，少熔化母材                                         |
|         | 半热焊 | 较大的焊接电流，慢速焊，弧长中等，连续焊，一般预热 400℃ 左右并在焊后保温缓冷                              |
|         | 热 焊 | 预热 500~650℃ 并保持零件温度在焊接过程中不低于 400℃；焊后 600~650℃ 保温退火以消除应力；连续焊，熔池温度过高时稍停顿 |
| 气 焊     | 热 焊 | 预热 600~680℃ 并保持零件温度在焊接过程中不低于 400℃；焊后 600~650℃ 保温退火以消除应力                |
|         | 不预热 | 开坡口用较大功率的焊炬，连续施焊                                                       |
| 钎 焊     |     | 缺陷处事先用机械法开适当的坡口，并预热清除油污                                                |
| 气 电 焊   |     | 与手工电弧焊冷焊相同，焊道长度可适当大些                                                   |

## ③铜及铜合金的焊接

铜及铜合金导热性强，液态时具有较强的吸气性及一定的氧化性，高温时合金元素易氧化烧损，使强度及塑性剧烈下降，引起焊接裂缝及气孔等缺陷。铜及铜合金气焊工艺要点见表 6—48，铜及铜合金手弧焊的工艺规范见表 6—49

表 6—48

铜及铜合金气焊工艺要点

| 材 料 | 焊 丝                     | 焊 粉                       | 火焰性质         | 预 热 温 度                         | 焊 后 处 理              |
|-----|-------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------------|----------------------|
| 紫铜  | 丝 201、丝 202、或母材切条       | 粉 301                     | 中 性          | 中、小件 400~500℃，<br>厚大件 600~700℃  | 500~600℃ 水韧处理        |
| 黄铜  | 丝 221<br>丝 222<br>丝 224 | 硼砂 20、<br>硼酸 80、<br>甲醇 25 | 中 性<br>或弱氧化焰 | 一般 400~500℃，厚度<br>>15mm 时为 550℃ | 350~400℃ 退火          |
| 锡青铜 | 锡青铜丝                    | 粉 301                     | 中 性          | 350~450℃                        | 焊接过程中不允许移动和冲击焊件，焊后缓冷 |
| 铝青铜 | 铝青铜丝                    | 粉 401                     | 中 性          | 500~600℃                        | 焊后锤击或退火              |

表 6—49

铜及铜合金手弧焊工艺规范

| 材 料   | 焊条牌号  | 焊 条 直 径 (mm) |         |         | 备 注                                      |
|-------|-------|--------------|---------|---------|------------------------------------------|
|       |       | 3.2          | 4.0     | 5.0     |                                          |
|       |       | 焊 接 电 流 (A)  |         |         |                                          |
| 紫 铜   | 铜 107 | 120~150      | 150~200 | 180~240 | 当板厚>4mm 时, 需<br>预 热 , 一 般 为 250~<br>600℃ |
|       | 铜 227 | 100~140      | 140~180 | 160~200 |                                          |
|       | 铜 237 | 90~130       | 110~160 | 150~200 |                                          |
| 黄 铜   | 铜 227 | 90~130       | 110~160 | 150~200 |                                          |
|       | 铜 237 |              |         |         |                                          |
| 锡 青 铜 | 铜 227 | 90~130       | 110~160 | 160~220 |                                          |
| 铝 青 铜 | 铜 237 | —            | 130~170 | 150~200 |                                          |

## ④铝及铝合金的焊接

铝及铝合金易氧化, 导热性强, 热容量和线膨胀系数大、熔点低, 高温强度小, 液态铝可溶解大量氢气, 固体铝几乎不溶解氢。因此熔化的焊缝金属经快速冷却与凝固时, 氢来不及析出, 容易在焊缝中聚集形成气孔。

## A. 焊接方法及工艺要点

几种焊接方法的适用范围见表 6—50。

## B. 焊接材料的选用

同种牌号的铝及铝合金焊接用焊丝见表 6—51。异种牌号铝及铝合金焊接用焊丝见表 6—52

表 6—50

几种铝及铝合金焊接方法的适用范围

| 焊接方法                                        | 适用厚度范围<br>(mm) |        | 焊接性能较好的<br>材 料 牌 号                  | 焊接方法        | 适用厚度范围<br>(mm) |        | 焊接性能较好的<br>材 料 牌 号                                         |
|---------------------------------------------|----------------|--------|-------------------------------------|-------------|----------------|--------|------------------------------------------------------------|
|                                             | 适宜范围           | 厚度界限   |                                     |             |                |        |                                                            |
| 钨极氩弧<br>焊(手工、<br>自动)                        | 1~10           | 0.5~25 | L1~ L6、 LF21、<br>LF5、 LF6、 LF2、 LF3 | 气 焊         | 0.5~10         | 0.3~25 | L1~L6、 LF21                                                |
|                                             |                |        |                                     | 手工电<br>弧焊   | 3~8            | —      |                                                            |
| 熔化极氩<br>弧焊(半自<br>动、自动)                      | >8             | 4~75   |                                     | 等 离 子<br>弧焊 | 1~10           | —      | L1~L6、 LF21、<br>LF5、 LF6、 LF2、<br>LF3                      |
| 熔 化 极<br>脉 冲 氩 弧<br>焊 ( 半 自<br>动 、 自<br>动 ) | >2             | 1.6~8  |                                     | 电 子 束<br>焊  | 3~75           | >3     | L1~L6、 LF21、<br>LF5、 LF6、 LF2、<br>LF3、 LY11、 LY12、<br>LY16 |

表 6—51

同种牌号的铝及铝合金焊接用焊丝

| 母材牌号 | L1 | L2 | L3~L5           | L6          | L7          | LF2                       | LF3                       | LF5                | LF11         |
|------|----|----|-----------------|-------------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|--------------|
| 焊丝牌号 | L1 | L2 | L2、L3、<br>丝 301 | L6<br>丝 301 | L5<br>丝 301 | LF3、LF5、<br>丝 313<br>LF11 | LF3、LF5、<br>丝 331<br>LF11 | LF5、LF6、<br>丝 331Z | LF5、<br>LF11 |

| 母材牌号 | LF6              | LF21                   | ZL104 | ZL101 | LD2 | LY12 | LY16 | LY17 |
|------|------------------|------------------------|-------|-------|-----|------|------|------|
| 焊丝牌号 | LF6 <sup>①</sup> | LF21<br>丝 331<br>丝 311 | ZL104 | ZL101 | LT1 | ⑥    | ⑦    | ⑧    |

注：①LF6 中增加钛至 0.15~0.24% 可提高抗裂性能。

② 试用焊丝成分：Cu6~7%，Mg2~3%，Ti~0.2%；余量为 Al。

③ 试用焊丝成分：Cu6~7%，Ni2~2.5%，Mg1.6~1.7%，Mn0.4~0.6%，Ti0.25~0.3%，余量为铝。

④ 试用焊丝成分：Mg6%，Zn3%，Cu1.5%，Mn0.2%，Ti0.2%，Cr0.25%，余量 Al；或 Mg3%，Zn6%，Ti0.5~1%，余量 Al。

表 6—52

异种牌号铝及铝合金焊接用焊丝

| 母 材      | ZL101           | ZL104           | LF6         | LF5、LF11 | LF3           | LF2         | LF21           | L6 | L3~L5 |
|----------|-----------------|-----------------|-------------|----------|---------------|-------------|----------------|----|-------|
| L2       | ZL101、<br>丝 311 | ZL104、<br>丝 311 | LF6         | LF5      | LF5           | LF3、<br>LF2 | LF21、<br>丝 311 | L2 | L2    |
| L3~L5    | ZL101、<br>丝 311 | ZL104、<br>丝 311 | LF6         | LF5      | LF5、<br>丝 311 | LF3、<br>LF2 | LF21、<br>丝 311 | L2 | —     |
| L6       | ZL101、<br>丝 311 | ZL104、<br>丝 311 | LF6         | LF5      | LF5、<br>丝 311 | LF3、<br>LF2 | LF21、<br>丝 311 | —  | —     |
| LF21     | ZL101、<br>丝 311 | ZL104、<br>丝 311 | LF21<br>LF6 | LF5      | LF5、<br>丝 331 | LF3、<br>LF2 | —              | —  | —     |
| LF2      | ZL101、<br>丝 311 | ZL104、<br>丝 311 | LF6         | LF5      | LF5、<br>丝 331 | —           | —              | —  | —     |
| LF3      | —               | —               | LF6         | LF5      | —             | —           | —              | —  | —     |
| LF5、LF11 | —               | —               | LF6         | —        | —             | —           | —              | —  | —     |

6.4 机械加工工艺

6.4.1 工艺规程的编制

①机械加工工艺过程卡

机械加工工艺过程卡是一种以工序为单位简要说明产品或零件、部件的加工（或装配）过程的一种工艺文件。

②机械加工工艺卡片

机械加工工艺卡片是按产品或零部件的某一工艺阶段编制的一种工艺文件。

③机械加工工序卡片

机械加工工序卡片是在工艺过程卡片或工艺卡片的基础上按每道工序所编制的一种工艺文件，见表 6—53，一般应具有工序简图。工序简图中以细实线画出工件轮廓，以粗实线画加工面，用规定的标准符号（表 6—54）标出定位基面和夹紧部位。

表 6—53 机 械 加 工 工 序 卡

| 机械加工工序卡片                                              |    |            |      |                   |                   |                 |              |        |        |    |
|-------------------------------------------------------|----|------------|------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------|--------|--------|----|
| <div>(工序简图)</div> <div>8 × 10 = 80</div> <div>∞</div> |    |            |      | 车 间               | 工 序 号             | 工序名称            |              | 材料牌号   |        |    |
|                                                       |    |            |      | 25 (1)            | 15 (2)            | (3) 25          |              | (4) 30 |        |    |
|                                                       |    |            |      | 毛坯种类              | 毛坯外形尺寸            |                 | 毛坯件数         |        | 每台件数   |    |
|                                                       |    |            |      | (5)               | (6) 30            |                 | (7) 20       |        | (8) 20 |    |
|                                                       |    |            |      | 设备名称              | 设备型号              |                 | 设备编号         |        | 同时加工件数 |    |
|                                                       |    |            |      | (9)               | (10)              |                 | (11)         |        | (12)   |    |
|                                                       |    |            |      | 夹 具 编 号           |                   | 夹 具 名 称         |              | 切 削 液  |        |    |
|                                                       |    |            |      | (13)              |                   | (14)            |              | (15)   |        |    |
|                                                       |    |            |      |                   |                   |                 |              | 工序工时   |        |    |
|                                                       |    |            |      |                   |                   |                 |              | 准终     | 单位     |    |
|                                                       |    |            |      | 45                |                   | 30              |              | (16)   | (17)   |    |
| 工步号                                                   | 16 | 工步内容       | 工艺设备 | 主轴转速<br>(r / min) | 切削速度<br>(m / min) | 走刀量<br>(mm / r) | 吃刀深度<br>(mm) | 走刀次数   | 工时定额   |    |
| (18)                                                  | 8  | (19)       | (20) | (21)              | (22)              | (23)            | (24)         | (25)   | 机动     | 辅助 |
|                                                       |    |            |      |                   |                   |                 |              |        |        |    |
|                                                       |    |            |      |                   |                   |                 |              |        |        |    |
|                                                       |    |            | 90   |                   |                   | 7 × 10 = 70     |              |        |        | 10 |
| 8                                                     |    | 9 × 8 = 72 |      |                   |                   |                 |              |        |        |    |

续表 1

| 分类    | 标注位置 | 独 立       |          | 联 动       |          |
|-------|------|-----------|----------|-----------|----------|
|       |      | 标注在视图轮廓线上 | 标注在视图正面上 | 标注在视图轮廓线上 | 标注在视图正面上 |
| 辅助定位点 |      |           |          |           |          |
| 机械夹紧  |      |           |          |           |          |

## 6.4.2 典型零件的机械加工工艺过程。

## ① 轴类零件 (图 6—1)

该零件属小批量生产, 因零件的各外圆直径差较小, 故选用圆棒料。图纸要求有关表面的基准轴线均为  $\phi 26_{-0.014}^0$  外圆轴线, 故对两端中心孔有较高要求。轴的工艺过程卡见表 6—55。

技术要求

① T235

② 45 钢

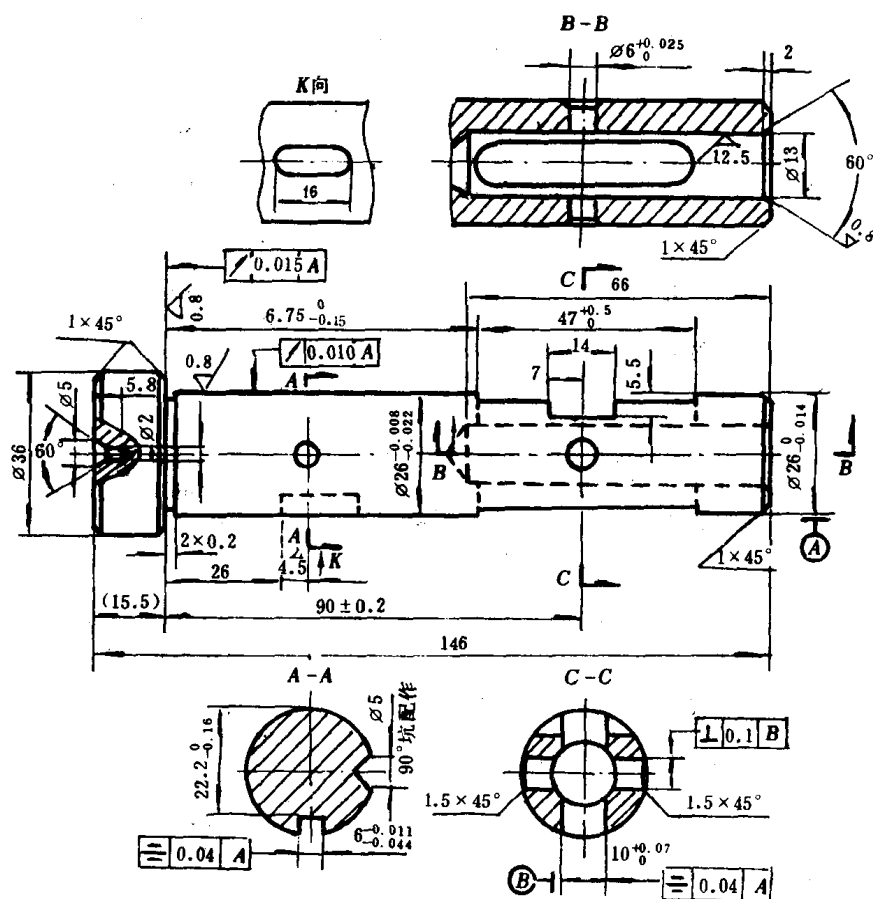
其余  $\sqrt{R_a}$ 

图 6—1 小轴

表 6—55

小 轴 机 械 加 工 工 艺 过 程 卡

|      |      |                                                                                                                                                                 |     |        |                      |      |       |                                                               |        |        |    |
|------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------|----------------------|------|-------|---------------------------------------------------------------|--------|--------|----|
| 厂 名  |      | 机械加工工艺过程卡片                                                                                                                                                      |     |        |                      | 产品型号 | HG-28 | 零件图号                                                          | 629    | 共 页    |    |
|      |      |                                                                                                                                                                 |     |        |                      | 产品名称 | 普通车床  | 零件名称                                                          | 小 轴    | 第 页    |    |
| 材料牌号 | 45 钢 | 毛坯种类                                                                                                                                                            | 圆棒料 | 毛坯外型尺寸 | $\phi 40 \times 153$ | 毛坯件数 | 1     | 每台件数                                                          | 1      | 备注     |    |
| 工序号  | 工序名称 | 工 序 内 容                                                                                                                                                         |     |        |                      | 车间   | 工段    | 工 艺 装 备                                                       |        | 工 时    |    |
|      |      |                                                                                                                                                                 |     |        |                      |      |       |                                                               |        | 准终     | 单件 |
| 1    | 落 料  | $\phi 40 \times 153$                                                                                                                                            |     |        |                      |      |       | 锯床                                                            |        |        |    |
| 2    | 粗 车  | 夹住毛坯外圆车端面、钻中心孔                                                                                                                                                  |     |        |                      | 金工   |       | C6140 型车床、三爪卡盘、偏刀、 $\phi 3$ 中心钻                               |        |        |    |
| 3    | 粗 车  | 夹住毛坯外圆，另一端用顶尖装夹，车 $\phi 26_{-0.014}^0$ 外圆至 $\phi 29 \times 130$                                                                                                 |     |        |                      | 金工   |       | C6140 型车床、三爪卡盘、偏刀                                             |        |        |    |
| 4    | 粗 车  | 夹住 $\phi 26$ 外圆，车端面（保证总长 $149_{+0.1}^0$ ）；车 $\phi 36$ 外圆至 $\phi 39$ ，钻中心孔                                                                                       |     |        |                      | 金工   |       | C6140 型车床、三爪卡盘、偏刀、 $\phi 3$ 中心钻                               |        |        |    |
| 5    | 热处理  | 调质 HBS235                                                                                                                                                       |     |        |                      |      |       |                                                               |        |        |    |
| 6    | 半精车  | 夹住 $\phi 20$ 外圆，车 $\phi 26$ 端面并修整中心孔                                                                                                                            |     |        |                      |      |       | C6140 型车床、 $\phi 3$ 中心钻                                       |        |        |    |
| 7    | 半精车  | 夹住 $\phi 36$ 外圆，另一端用顶尖装夹，车 $\phi 26_{-0.014}^0$ 外圆至 $\phi 26.3_{+0.10}^0 \times 130.5$ ，并割槽 $2 \times 0.4$                                                      |     |        |                      | 金工   | 车工    | C616 车床、2mm 割槽刀、偏刀、活络顶尖                                       |        |        |    |
| 8    | 半精车  | 夹住 $\phi 26.3$ 外圆，车端面（总长 146）并修中心孔，外圆倒角，车 $\phi 36$ 外圆至 $\phi 36.3_{+0.10}^0$                                                                                   |     |        |                      | 金工   | 车工    | C616 车床、 $\phi 3$ 中心钻、偏刀                                      |        |        |    |
| 9    | 钻孔   | 夹住 $\phi 26.3$ 外圆，钻 $\phi 13 \times 66$ 内孔至图样尺寸，车 $60^\circ \times 2$ 内锥面                                                                                       |     |        |                      | 金工   | 车工    | C616 车床、 $\phi 13\text{mm}$ 钻头、钻夹头                            |        |        |    |
| 10   | 粗 磨  | 两顶尖装夹，粗磨 $\phi 26_{-0.014}^0$ 至 $\phi 26.1_{+0.1}^0$                                                                                                            |     |        |                      | 金工   | 磨铣    | M1420 磨床、两只顶尖、GB 砂轮                                           |        |        |    |
| 11   | 铣    | 工件在 V 形块上定位，并限制其轴向位移，用压板夹紧<br>铣键槽 $6_{-0.044}^{-0.011} \times 16$ 至图样尺寸，并注意它的位置尺寸 26mm<br>铣槽 $10_{+0.07}^0 \times 47_{+0.5}^0$ 至图样尺寸，并注意它的位置尺寸 $67.5_{-0.15}^0$ |     |        |                      | 金工   |       | X61W、V 形块、压板、 $\phi 6\text{mm}$ 键槽铣刀、 $\phi 10\text{mm}$ 键槽铣刀 |        |        |    |
| 12   | 铣    | 工件在 V 形块上定位，并用端面及 $10_{+0.07}^0$ 槽为定位，限制其轴向和周向的移动和转动<br>铣 $14 \times 5.5$ 通槽，并注意其位置尺寸 $90 \pm 0.2$                                                              |     |        |                      | 金工   |       | X61W、V 形块压板、10mm 定位键、 $\phi 14\text{mm}$ 立铣刀                  |        |        |    |
| 13   | 精 磨  | 两顶尖装夹，磨 $\phi 36$ 、 $\phi 26_{-0.014}^0$ 至图样要求                                                                                                                  |     |        |                      | 金工   |       | M1420 磨床，两只顶尖、GB 砂轮                                           |        |        |    |
| 14   | 钳    | 在钻模上装夹工件，钻铰 $\phi 6_{+0.025}^0$ 至图样要求，去毛刺                                                                                                                       |     |        |                      | 金工   |       | 台钻，钻模 Z-28-629、钻头、铰刀                                          |        |        |    |
| 15   | 检 验  | 按图样要求检验，涂油入库                                                                                                                                                    |     |        |                      | 检    |       |                                                               |        |        |    |
|      |      |                                                                                                                                                                 |     |        |                      |      |       | 编制(日期)                                                        | 审核(日期) | 会签(日期) |    |
| 标记   | 处数   | 更改文件号                                                                                                                                                           | 签字  | 日期     | 标记                   | 处数   | 更改文件号 | 签定                                                            | 日期     |        |    |

## ② 齿轮加工工艺过程（图 6—2）

该齿轮的加工工艺过程卡见表 6—56。



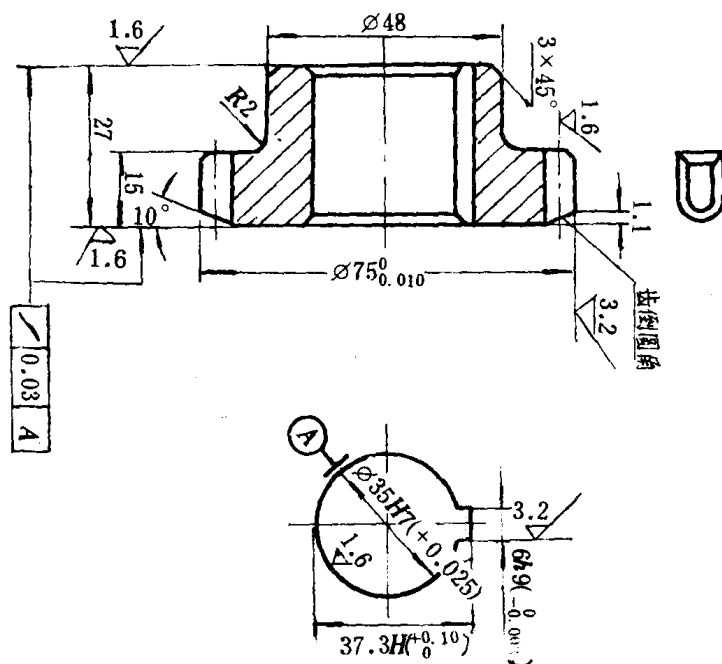


图 6-2 内轮

表 6-56

齿轮的机械加工工艺过程卡

| 厂 名  |      | 机械加工工艺过程卡片                                                                                                                                 |    |        | 产品型号                                          | C616   | 零件图号   | 共 页    |       |    |  |
|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|-----------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|----|--|
|      |      |                                                                                                                                            |    |        | 产品名称                                          | 普通车床   | 零件名称   | 齿 轮    | 第 1 页 |    |  |
| 材料牌号 | 40Cr | 毛坯种类                                                                                                                                       | 锻件 | 毛坯外型尺寸 | φ83× 33                                       | 每毛坯件数  | 1      | 每台件数   | 1     | 备注 |  |
| 工序号  | 工序名称 | 工 序 内 容                                                                                                                                    | 车间 | 工段     | 工 艺 装 备                                       | 工 时    |        |        |       |    |  |
|      |      |                                                                                                                                            |    |        |                                               | 准终     | 单件     |        |       |    |  |
| 1    | 粗 车  | 毛坯锻造                                                                                                                                       | 金工 |        | C620 普通车床、麻花钻 φ32                             |        |        |        |       |    |  |
| 2    | 热处理  | 正火                                                                                                                                         |    |        |                                               |        |        |        |       |    |  |
| 3    | 精 车  | 夹小圆、精车 φ75 <sup>0</sup> <sub>-0.10</sub> 齿外圆大端面及 φ35H7 内孔均车至图样要求，孔口倒角 1×45° 至图样要求<br>调头以齿外圆及大平面定位，车 φ48 外圆至图样要求。工艺要求：27 长两端面圆跳动控制在 0.015mm | 金工 |        | C620 普通车床、φ35H7 塞规<br><br>软爪卡盘                |        |        |        |       |    |  |
| 4    | 检 验  | 检验齿坯尺寸及形位公差要求                                                                                                                              |    |        |                                               |        |        |        |       |    |  |
| 5    | 滚 齿  | 以 φ35H7 内孔及右端大平面定位，滚齿，留剃齿余量 0.08~0.09mm                                                                                                    | 齿轮 |        | Y3150 滚齿机，φ35H7 滚齿，心轴留剃滚刀 m2.5α20° A 级        |        |        |        |       |    |  |
| 6    | 检 验  | 检验留剃余量、齿圈径向跳动                                                                                                                              |    |        |                                               |        |        |        |       |    |  |
| 7    | 倒 角  | 以 φ35H7 内孔及右端大平面定位，齿部右端倒 10° 圆角                                                                                                            | 齿轮 |        | 专用倒角机 φ35H7 倒角，心轴                             |        |        |        |       |    |  |
| 8    | 钳    | 修齿部毛刺                                                                                                                                      | 齿轮 |        |                                               |        |        |        |       |    |  |
| 9    | 剃齿   | 以 φ35H7 内孔及右端大平面定位，剃齿，留 0.01~0.02mm 剃齿量                                                                                                    | 齿轮 |        | Y5714 剃齿机，φ35H7 剃齿，心轴，剃齿刀 m2.5β15° A 级        |        |        |        |       |    |  |
| 10   | 检 验  | 检验剃齿余量，齿圈径向圆跳动，两端面圆跳动，齿向                                                                                                                   |    |        |                                               |        |        |        |       |    |  |
| 11   | 热处理  | 齿部高频淬火，G50                                                                                                                                 |    |        |                                               |        |        |        |       |    |  |
| 12   | 车    | 用浮动铰刀修正 φ35H7 孔径至图样要求                                                                                                                      | 金工 |        | 浮动铰刀 φ35H7                                    |        |        |        |       |    |  |
| 13   | 插 削  | 以 φ48 外圆及左端大平面定位于卡盘内，插 6 <sup>0</sup> <sub>-0.025</sub> 键槽至图样要求                                                                            | 金工 |        | B5032 插床、6 <sup>0</sup> <sub>-0.025</sub> 方塞规 |        |        |        |       |    |  |
| 14   | 钳    | 修键槽处毛刺                                                                                                                                     |    |        |                                               |        |        |        |       |    |  |
| 15   | 检 验  | 终结检验                                                                                                                                       |    |        |                                               |        |        |        |       |    |  |
|      |      |                                                                                                                                            |    |        |                                               | 编制(日期) | 审核(日期) | 会签(日期) |       |    |  |
| 标记   | 处数   | 更改文件号                                                                                                                                      | 签字 | 日期     | 标记                                            | 处数     | 更改文件号  | 签定     | 日期    |    |  |

## 6.4.3 尺寸偏差和经济精度 (表 6-57 至表 6-59)

表 6-57

外圆柱面的加工精度

| 直径基本尺寸<br>(mm) | 车       |              |      |      |     | 磨   |     |     |     | 研磨  | 用钢球或滚柱工具滚压 |     |     |     |     |
|----------------|---------|--------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
|                | 粗 车     | 半精车或<br>一次加工 | 精 车  | 一次加工 |     | 精 磨 |     |     |     |     |            |     |     |     |     |
|                |         |              |      | 粗 磨  | 精 磨 |     |     |     |     |     |            |     |     |     |     |
|                |         |              |      |      |     |     |     |     |     |     |            |     |     |     |     |
| 加工的公差等级 (μm)   |         |              |      |      |     |     |     |     |     |     |            |     |     |     |     |
|                | IT12~13 | IT12~13      | IT11 | IT10 | IT8 | IT7 | IT8 | IT7 | IT6 | IT5 | IT10       | IT8 | IT7 | IT6 | IT6 |
| 1~3            | 100~140 | 120          | 60   | 40   | 14  | 10  | 14  | 10  | 6   | 4   | 40         | 14  | 10  | 6   | 6   |
| >3~6           | 120~180 | 160          | 75   | 48   | 18  | 12  | 18  | 12  | 8   | 5   | 48         | 18  | 12  | 8   | 8   |
| >6~10          | 150~220 | 200          | 90   | 58   | 22  | 15  | 22  | 15  | 9   | 6   | 58         | 22  | 15  | 9   | 9   |
| >10~18         | 180~270 | 240          | 110  | 70   | 27  | 18  | 27  | 18  | 11  | 8   | 70         | 27  | 18  | 11  | 11  |
| >18~30         | 210~330 | 280          | 130  | 84   | 33  | 21  | 33  | 21  | 13  | 9   | 84         | 33  | 21  | 13  | 13  |
| >30~50         | 250~390 | 340          | 160  | 100  | 39  | 25  | 39  | 25  | 16  | 11  | 100        | 39  | 25  | 16  | 16  |
| >50~80         | 300~460 | 400          | 190  | 120  | 46  | 30  | 46  | 30  | 19  | 13  | 120        | 46  | 30  | 19  | 19  |
| >80~120        | 350~540 | 460          | 220  | 140  | 54  | 35  | 54  | 35  | 22  | 15  | 140        | 54  | 35  | 22  | 22  |
| >120~180       | 400~630 | 530          | 250  | 160  | 63  | 40  | 63  | 40  | 25  | 18  | 160        | 63  | 40  | 25  | 25  |
| >180~250       | 460~720 | 600          | 290  | 185  | 72  | 46  | 72  | 46  | 29  | 20  | 185        | 72  | 46  | 29  | 29  |
| >250~315       | 520~810 | 680          | 320  | 210  | 81  | 52  | 81  | 52  | 32  | 23  | 210        | 81  | 52  | 32  | 32  |
| >315~400       | 570~890 | 760          | 360  | 230  | 89  | 57  | 89  | 57  | 36  | 25  | 230        | 89  | 57  | 36  | 36  |
| >400~500       | 630~970 | 850          | 400  | 250  | 97  | 63  | 97  | 63  | 40  | 27  | 250        | 97  | 63  | 40  | 40  |

表 6—58

孔 的 加 工 精 度

| 孔径基本尺寸<br>(mm) | 加工的公差等级 (μm) |      |         |           |      |      |      |     |         |           |     |         |      |         |     |     |     | 用钢球或挤压杆校正, 用钢球或滚柱扩孔器扩孔 |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
|----------------|--------------|------|---------|-----------|------|------|------|-----|---------|-----------|-----|---------|------|---------|-----|-----|-----|------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                | 钻 孔          |      | 扩 孔     |           | 铰 孔  |      | 拉 孔  |     | 镗 孔     |           |     |         | 磨 孔  |         | 研 磨 |     |     |                        |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
|                | 无钻模          | 有钻模  | 粗扩      | 铸孔或锻孔的一次扩 | 精扩   | 半精铰  | 精铰   | 细铰  | 粗拉铸孔或锻孔 | 粗拉或钻孔后精拉孔 | 粗镗  | 半精镗     | 精镗   | 细镗(金刚镗) |     | 粗磨  | 精磨  |                        |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
|                |              |      |         |           |      |      |      |     |         |           |     |         |      |         |     |     |     |                        |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
|                |              |      |         |           |      |      |      |     |         |           |     |         |      |         |     |     |     |                        |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
|                |              |      |         |           |      |      |      |     |         |           |     |         |      |         |     |     |     |                        |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| 1~3            | IT12-13      | IT11 | IT12-13 | IT12-13   | IT10 | IT11 | IT10 | IT9 | IT8     | IT7       | IT6 | IT12-13 | IT11 | IT10    | IT9 | IT8 | IT7 | IT8                    | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT1 |

注: 1. 孔加工精度与工具的制造精度有关。

2. 用钢球或挤压杆校正适用于 50mm 以下的孔径。

表 6-59 平面的加工精度

| 高或厚的<br>基本尺寸<br>(mm) | 刨削, 用圆柱铣刀及端铣刀铣削    |         |         |         |      |      | 拉 削   |     |      |      | 磨 削  |       |     |     | 研     | 用钢球或滚柱<br>工具滚压 |       |     |     |     |      |       |     |  |
|----------------------|--------------------|---------|---------|---------|------|------|-------|-----|------|------|------|-------|-----|-----|-------|----------------|-------|-----|-----|-----|------|-------|-----|--|
|                      | 粗                  |         | 半精或一次加工 | 精       | 细    |      | 粗 拉   | 精 拉 | 一次加工 | 粗磨   | 精磨   | 细磨    | 磨   | 研   |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      | 加 工 的 公 差 等 级 (μm) |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
| 10~18                | IT14               | IT12-13 | IT11    | IT12-13 | IT11 | IT10 | IT8-9 | IT7 | IT6  | IT11 | IT10 | IT8-9 | IT7 | IT6 | IT8-9 | IT7            | IT8-9 | IT7 | IT6 | IT5 | IT10 | IT8-9 | IT7 |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         |         |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |
|                      |                    |         | </      |         |      |      |       |     |      |      |      |       |     |     |       |                |       |     |     |     |      |       |     |  |

注: 1. 表内资料适用于尺寸 $<1\text{m}$ , 结构刚性好的零件加工, 用光洁的加工表面作为定位基面和测量基面;

2. 端铣刀铣削的加工精度在相同的条件下大体上比圆柱铣刀铣削高一級;

3. 细加工仅用于端铣刀。

### 6.4.4 加工路线

表 6—60

外圆柱表面的加工路线

| 加 工 路 线                                                                                                                                                                | 尺 寸 精 度 | 表面粗糙度 $R_a$ ( $\mu\text{m}$ ) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------|
| 粗 车                                                                                                                                                                    | IT11 以下 | $>10\sim 80$                  |
| 粗车—半精车                                                                                                                                                                 | IT8~10  | $>2.5\sim 10$                 |
| 粗车—半精车— $\left\{\begin{array}{l} \text{精车} \\ \text{磨} \end{array}\right.$                                                                                             | IT7~8   | $>0.63\sim 5$                 |
| 粗车—半精车— $\left\{\begin{array}{l} \text{精车—细车 (适用于有色金属及合金)} \\ \text{粗磨—精磨} \\ \text{精车—滚压} \end{array}\right.$                                                         | IT6~7   | $>0.08\sim 1.25$              |
| 粗车—半精车—粗磨—精磨— $\left\{\begin{array}{l} \text{镜面磨削} \\ \text{研磨} \\ \text{超精加工} \\ \text{抛光} \end{array}\right.$                                                        | IT5     | $>0.04\sim 0.32$              |
| 粗车—半精车—粗磨—精磨— $\left\{\begin{array}{l} \text{镜面磨削} \\ \text{粗研磨—}\left\{\begin{array}{l} \text{精研磨} \\ \text{超精加工} \\ \text{抛光} \end{array}\right. \end{array}\right.$ | IT5 以上  | $0.01\sim 0.08$               |

表 6—61

平 面 的 加 工 路 线

| 加 工 路 线                                                                                                            | 尺 寸 精 度 | 表面粗糙度 $R_a$ ( $\mu\text{m}$ ) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------|
| 粗 刨<br>粗 铣                                                                                                         | IT11~13 | $10\sim 80$                   |
| 粗刨—半精刨<br>粗铣—半精铣<br>车平面                                                                                            | IT8~11  | $1.25\sim 10$                 |
| 拉 削                                                                                                                | IT7~9   |                               |
| 粗刨—半精刨— $\left\{\begin{array}{l} \text{宽刀精刨} \\ \text{高速精铣} \\ \text{磨} \\ \text{刮研} \end{array}\right.$<br>粗铣—半精铣 | IT6~9   | $0.16\sim 1.25$               |
| 粗拉—精拉                                                                                                              | IT6     | $0.08\sim 0.32$               |
| 精刨—半精刨— $\left\{\begin{array}{l} \text{粗磨—精磨} \end{array}\right.$<br>粗铣—半精铣                                        | IT5~6   | $0.98\sim 0.32$               |

表 6—62

孔 的 加 工 路 线

| 材 料  | 孔 径<br>(mm) | 加 工 路 线     |          |              | 表面粗糙度<br>R <sub>a</sub> (μm) | 尺寸精度    |           |
|------|-------------|-------------|----------|--------------|------------------------------|---------|-----------|
|      |             | 实心材料上加工孔    |          | 铸出或锻出孔       |                              |         |           |
| 铸铁、钢 | <30         | 不用钻模钻       |          | 粗扩、粗镗        | 10~80                        | IT12~13 |           |
| 铸铁、钢 | <30         | 用钻模钻        |          |              | 5~40                         | IT10~11 |           |
|      |             | 钻—扩         |          |              | 2.5~20                       |         |           |
|      | >30         | 钻—扩         |          | 镗            | 5~40                         |         |           |
|      |             | 钻—镗         |          | 粗镗—半精镗       | 2.5—20                       |         |           |
| 钢    | <20         | 钻—铰         |          |              | 1.25~10                      | IT9     |           |
| 铸 铁  | >25         |             |          |              |                              |         |           |
| 钢    | >20         | 钻—半精镗—精镗    |          | 粗镗—半精镗—精镗    | 1.25~5                       |         |           |
|      |             | 钻—扩（或镗）—铰   |          | 粗镗—半精镗—铰     | 0.63~5                       |         |           |
| 铸铁   | >25         | 钻—扩（或镗）—粗磨  |          | 精镗—半精镗—粗磨    | 0.63~5                       |         |           |
|      |             | 钻—拉         |          | 镗—拉          | 1.25~5                       |         |           |
| 铸铁、钢 | >12         | 钻—粗铰—精铰     |          |              | 0.63~2.5                     |         | IT7~8     |
|      | >12         | 钻—扩—粗铰—精铰   |          | 粗镗—半精镗—粗铰—精铰 | 0.32~2.5                     |         |           |
|      |             | 钻—拉         |          | 粗镗—半精镗—拉     | 0.32~2.5                     |         |           |
|      |             | 钻—镗—磨       |          | 粗镗—半精镗—磨     | 0.16~1.25                    |         |           |
| 铸铁、钢 |             | 7 级的最后工序    | 6 级精度的工序 | 光整加工         |                              | IT6~7   |           |
|      |             | 精镗、磨、精铰     | 细镗（金刚镗）  |              | 0.08~1.25                    |         |           |
|      |             |             | 珩磨       |              | 0.08~0.63                    |         |           |
|      |             |             | 手铰       |              | 0.16~1.25                    |         |           |
|      |             |             | 研磨       |              | 0.04~0.32                    |         |           |
|      |             |             |          | 精珩磨          | 0.01~0.32                    |         |           |
|      |             |             |          | 精研磨          | 0.01~0.16                    |         |           |
|      |             |             |          | 超精加工         | 0.01~0.16                    |         |           |
|      |             | 在精磨或精镗后直接挤孔 |          |              |                              |         | 0.08~1.25 |

#### 6.4.5 加工余量

##### ① 铸件的机械加工余量

A. 铸件尺寸精度，铸件尺寸公差代号为 CT，公差等级为 16 级，见表 6—63。

B. 铸件机械加工余量见表 6—64。

##### ② 锻件的机械加工余量

钢质模锻件的公差及机械加工余量见表 6—65~6—67。模锻件的公差等级分两级，普通级和精密级。采用一般模锻方法达到的精度为普通级。

##### ③ 工序间加工余量

孔加工余量见表 6—68~6—69，轴的加工余量见表 6—70，平面加工余量见表 6—71~表 6—75；齿轮加工余量见表 6—76~6—77，花键精加工余量见表 6—78，热处理后所留加工余量分别见表 6—79~6—83。

(mm)

表 6—63 铸件尺寸公差数值

| 毛坯铸件基本尺寸   | 公差等级 CT |   |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |    |    |    |    |
|------------|---------|---|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
|            | 1       | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 0~10       | —       | — | 0.18 | 0.26 | 0.36 | 0.52 | 0.74 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.8 | 4.2 | —  | —  | —  | —  |
| 10~16      | —       | — | 0.20 | 0.28 | 0.38 | 0.54 | 0.78 | 1.1 | 1.6 | 2.2 | 3.0 | 4.4 | —  | —  | —  | —  |
| 16~25      | —       | — | 0.22 | 0.30 | 0.42 | 0.58 | 0.82 | 1.2 | 1.7 | 2.4 | 3.2 | 4.6 | 6  | 8  | 10 | 12 |
| 25~40      | —       | — | 0.24 | 0.32 | 0.46 | 0.64 | 0.90 | 1.3 | 1.8 | 2.6 | 3.6 | 5.0 | 7  | 9  | 11 | 14 |
| 40~63      | —       | — | 0.26 | 0.36 | 0.50 | 0.70 | 1.0  | 1.4 | 2.0 | 2.8 | 4.1 | 5.6 | 8  | 10 | 12 | 16 |
| 63~100     | —       | — | 0.28 | 0.40 | 0.56 | 0.78 | 0.91 | 1.6 | 2.2 | 3.2 | 4.4 | 6   | 9  | 11 | 14 | 18 |
| 100~160    | —       | — | 0.30 | 0.44 | 0.62 | 0.88 | 1.2  | 1.8 | 2.5 | 3.6 | 5.0 | 7   | 10 | 12 | 16 | 20 |
| 160~250    | —       | — | 0.34 | 0.50 | 0.70 | 1.0  | 1.4  | 2.0 | 2.8 | 4.0 | 5.6 | 8   | 11 | 14 | 18 | 22 |
| 250~400    | —       | — | 0.40 | 0.56 | 0.78 | 1.1  | 1.6  | 2.2 | 3.2 | 4.4 | 6.2 | 9   | 12 | 16 | 20 | 25 |
| 400~630    | —       | — | —    | 0.64 | 0.90 | 1.2  | 1.8  | 2.6 | 3.6 | 5   | 7   | 10  | 14 | 18 | 22 | 28 |
| 630~1000   | —       | — | —    | —    | 1.00 | 1.4  | 2.0  | 2.8 | 4.0 | 6   | 8   | 11  | 16 | 20 | 25 | 32 |
| 1000~1600  | —       | — | —    | —    | —    | 1.6  | 2.2  | 3.2 | 4.6 | 7   | 9   | 13  | 18 | 23 | 29 | 37 |
| 1600~2500  | —       | — | —    | —    | —    | —    | 2.6  | 3.8 | 5.4 | 8   | 10  | 15  | 21 | 26 | 33 | 42 |
| 2500~4000  | —       | — | —    | —    | —    | —    | —    | 4.4 | 6.2 | 9   | 12  | 17  | 24 | 30 | 38 | 49 |
| 4000~6300  | —       | — | —    | —    | —    | —    | —    | —   | 7.0 | 10  | 14  | 20  | 28 | 35 | 44 | 56 |
| 6300~10000 | —       | — | —    | —    | —    | —    | —    | —   | —   | 11  | 16  | 23  | 32 | 40 | 50 | 64 |

注: 1. CT1 和 CT2 没有规定公差值, 是为将来可能要求更精密的公差保留的;

2. CT13 到 CT16 小于或等于 16mm 的铸件基本尺寸, 其公差值需单独标注, 可提高 2~3 级; 壁厚尺寸公差一般可降低一级;

3. 公差值应对称分布, 即公差的一半取正值另一半取负值。

表 6—64

铸件机械加工余量表

(mm)

| 零件基本尺寸     | 铸 件 等 级 |     |     |     |      |      |      |    |      |      |      | 浇注位置 |      |
|------------|---------|-----|-----|-----|------|------|------|----|------|------|------|------|------|
|            |         |     |     |     |      |      |      |    |      |      |      |      |      |
|            | 5       | 6   | 7   | 8   | 9    | 10   | 11   | 12 | 13   |      |      |      |      |
| <50        | 3.5     | 4.5 | 5.5 | 6.0 | 6.5  | 7.0  | 7.5  |    |      |      |      |      | 顶、侧面 |
|            | 2.5     | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5  | 5.0  | 5.5  |    |      |      |      |      | 底 面  |
| >50~120    | 4.5     | 5.0 | 6.0 | 6.5 | 7.0  | 7.5  | 8.0  |    |      |      |      |      | 顶、侧面 |
|            | 3.0     | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0  | 5.5  | 6.0  |    | 8.5  | 9.0  | 10.0 | 7.0  | 底 面  |
| >120~250   | 5.5     | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5  | 8.0  | 8.5  |    |      |      |      |      | 顶、侧面 |
|            | 3.5     | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5  | 6.0  | 6.5  |    | 9.0  | 7.0  | 7.5  |      | 底 面  |
| >250~630   | 6.0     | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.0  | 8.5  | 9.0  |    |      |      |      |      | 顶、侧面 |
|            | 4.0     | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0  | 6.5  | 7.0  |    | 10.0 | 8.0  | 12.0 | 9.0  | 底 面  |
| >630~1000  |         | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.5  | 9.0  | 11.0 |    |      |      |      |      | 顶、侧面 |
|            |         | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.5  | 7.0  | 8.0  |    | 11.0 | 9.0  | 13.0 | 10.0 | 底 面  |
| >1000~1600 |         |     | 7.5 | 8.5 | 9.0  | 10.0 | 12.0 |    |      |      |      |      | 顶、侧面 |
|            |         |     | 5.5 | 6.5 | 7.0  | 8.0  | 9.0  |    | 12.0 | 10.0 | 14.0 | 11.0 | 底 面  |
| >1600~2500 |         |     | 8.0 | 8.5 | 10.0 | 11.0 | 13.0 |    |      |      |      |      | 顶、侧面 |
|            |         |     | 6.0 | 6.5 | 7.5  | 9.0  | 10.0 |    | 14.0 | 11.0 | 16.0 | 13.0 | 底 面  |
| >2500~4000 |         |     |     |     | 11.0 | 12.0 | 14.0 |    |      |      |      |      | 顶、侧面 |
|            |         |     |     |     | 9.0  | 10.0 | 11.0 |    | 16.0 | 13.0 | 18.0 | 15.0 | 底 面  |
| >4000~6300 |         |     |     |     | 12.0 | 13.0 | 15.0 |    |      |      |      |      | 顶、侧面 |
|            |         |     |     |     | 10.0 | 11.0 | 12.0 |    | 18.0 | 15.0 | 20.9 | 17.0 | 底 面  |
| >6300      |         |     |     |     |      |      | 16.0 |    |      |      |      |      | 顶、侧面 |
|            |         |     |     |     |      |      | 13.0 |    | 20.0 | 17.0 | 22.0 | 19.0 | 底 面  |



表 6-65

例: 当锻件重为 60N, 材质系数为  $M$ , 锻件复杂系数为  $S_2$ , 锻件尺寸为 160, 平直分模线时各类公差查法看箭头。

注: 锻件的高度台阶尺寸公差, 按  $\pm 1/2$  的比例分配。内表面尺寸公差, 正负符号与表中相反。

表 6-66

模锻件内外表面加工余量(JB3834-85)

| 锻件重量<br>(N) |      | 一般加工精度 $F_1$ |  | 磨削加工精度 $F_2$ |  | 锻件形状<br>复杂系数 $S_1 S_3$ |  | 锻件单边余量 (mm)   |         |         |                    |         |         |         |         |      |      |
|-------------|------|--------------|--|--------------|--|------------------------|--|---------------|---------|---------|--------------------|---------|---------|---------|---------|------|------|
|             |      |              |  |              |  |                        |  | 水 平 方 向       |         |         |                    |         |         |         |         |      |      |
|             |      |              |  |              |  |                        |  | 厚度(直径)<br>方 向 |         | 大于      | 0                  | 315     | 400     | 630     | 800     | 1250 | 1600 |
| 大于          | 至    |              |  |              |  |                        |  | 至             | 315     | 400     | 630                | 800     | 1250    | 1600    | 2500    |      |      |
| 0           | 4    |              |  |              |  |                        |  | 1.0-15        | 1.0-15  | 1.5-2.0 | 2.0-2.5            |         |         |         |         |      |      |
| 4           | 10   |              |  |              |  |                        |  | 1.5-2.0       | 1.0-2.0 | 1.5-2.0 | 2.0-2.5            | 2.0-3.0 |         |         |         |      |      |
| 10          | 18   |              |  |              |  |                        |  | 1.5-2.0       | 1.7-20  | 1.5-2.0 | 2.0-2.7            | 2.0-3.0 |         |         |         |      |      |
| 18          | 32   |              |  |              |  |                        |  | 1.7-2.2       | 1.7-2.2 | 2.0-2.5 | 2.0-2.7            | 2.0-3.0 | 2.5-3.5 |         |         |      |      |
| 32          | 50   |              |  |              |  |                        |  | 1.7-2.2       | 1.7-2.2 | 2.0-2.5 | 2.0-2.7            | 2.5-3.5 | 2.5-4.0 |         |         |      |      |
| 50          | 100  |              |  |              |  |                        |  | 2.0-2.5       | 2.0-2.5 | 2.0-2.5 | 2.3-3.0<br>2.3-3.0 | 2.5-3.5 | 2.7-4.0 | 3.0-4.5 |         |      |      |
| 100         | 200  |              |  |              |  |                        |  | 2.0-2.5       | 2.0-2.5 | 2.0-2.7 | 2.3-3.0<br>2.3-3.0 | 2.5-3.5 | 2.7-4.0 | 3.0-4.5 |         |      |      |
| 200         | 500  |              |  |              |  |                        |  | 2.3-3.0       | 2.0-3.0 | 2.5-3.0 | 2.5-3.5            | 2.7-4.0 | 3.0-4.5 | 3.5-4.5 |         |      |      |
| 500         | 1500 |              |  |              |  |                        |  | 2.5-3.2       | 2.5-3.5 | 2.5-3.5 | 2.7-3.5            | 2.7-4.0 | 3.0-4.5 | 3.5-4.5 | 4.0-5.5 |      |      |
| 1500        | 2500 |              |  |              |  |                        |  | 3.0-4.0       | 2.5-3.5 | 2.5-3.5 | 2.7-4.0            | 3.0-4.5 | 3.0-4.5 | 3.5-5.0 | 4.0-5.5 |      |      |
|             |      |              |  |              |  |                        |  | 3.4-4.5       | 2.7-3.5 | 2.7-3.5 | 3.0-4.0            | 3.0-4.5 | 3.5-4.5 | 4.0-5.0 | 4.5-6.0 |      |      |
|             |      |              |  |              |  |                        |  | 4.0-5.5       | 2.7-4.0 | 3.0-4.0 | 3.0-4.5            | 3.5-4.5 | 3.5-5.0 | 4.0-5.5 | 4.5-6.0 |      |      |

注: 本表适用于在热模锻压力机、模锻锤、平锻机及螺旋压力机上生产的模锻件。

例: 当锻件重为30N在1600T热模锻压力机上生产, 零件无磨削加工工序, 锻件复杂系数为 $S_1$ , 锻件长度为480mm时查出该零件余量是: 厚度方向为1.7~2.2mm, 水平方向为2.0~2.7mm。

表 6—67

锻件内孔直径的机械加工余量(JB3834-85)

(mm)

| 孔 径 |     | 孔 深  |     |     |     |     |
|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 大 于 | 到   | 大于 0 | 63  | 100 | 140 | 200 |
|     |     | 至 63 | 100 | 140 | 200 | 280 |
|     | 25  | 2.0  | —   | —   | —   | —   |
| 25  | 40  | 2.0  | 2.6 | —   | —   | —   |
| 40  | 63  | 2.0  | 2.6 | 3.0 | —   | —   |
| 63  | 100 | 2.5  | 3.0 | 3.0 | 4.0 | —   |
| 100 | 160 | 2.6  | 3.0 | 3.4 | 4.0 | 4.6 |
| 160 | 250 | 3.0  | 3.0 | 3.4 | 4.0 | 4.6 |

表 6—68

扩孔、镗孔、铰孔的加工余量

(mm)

| 直 径      | 扩 或 镗   | 粗 铰      | 精 铰  |
|----------|---------|----------|------|
| 3~6      |         | 0.1      | 0.04 |
| >6~10    | 0.8~1.0 | 0.1~0.15 | 0.05 |
| >10~18   | 1.0~1.5 | 0.1~0.15 | 0.05 |
| >18~30   | 1.5~2.0 | 0.15~0.2 | 0.06 |
| >30~50   | 1.5~2.0 | 0.2~0.3  | 0.08 |
| >50~80   | 1.5~2.0 | 0.3~0.5  | 0.10 |
| >80~120  | 1.5~2.0 | 0.5~0.7  | 0.15 |
| >120~180 | 1.5~2.0 | 0.5~0.7  | 0.2  |
| >180~260 | 2.0~3.0 | 0.5~0.7  | 0.2  |

表 6—69

磨 孔 余 量

(mm)

| 孔的直径     | 热处理状态 | 孔 的 长 度 |         |          |          |          |
|----------|-------|---------|---------|----------|----------|----------|
|          |       | <50     | >50~100 | >100~200 | >200~300 | >300~500 |
| <10      | 未淬硬   | 0.2     |         |          |          |          |
|          | 淬 硬   | 0.2     |         |          |          |          |
| >10~18   | 未淬硬   | 0.2     | 0.3     |          |          |          |
|          | 淬 硬   | 0.3     | 0.4     |          |          |          |
| >18~30   | 未淬硬   | 0.3     | 0.3     | 0.4      |          |          |
|          | 淬 硬   | 0.3     | 0.4     | 0.4      |          |          |
| >30~50   | 未淬硬   | 0.3     | 0.3     | 0.4      | 0.4      |          |
|          | 淬 硬   | 0.4     | 0.4     | 0.4      | 0.5      |          |
| >50~80   | 未淬硬   | 0.4     | 0.4     | 0.4      | 0.4      |          |
|          | 淬 硬   | 0.4     | 0.5     | 0.5      | 0.5      |          |
| >80~120  | 未淬硬   | 0.5     | 0.5     | 0.5      | 0.5      | 0.6      |
|          | 淬 硬   | 0.5     | 0.5     | 0.6      | 0.6      | 0.7      |
| >120~180 | 未淬硬   | 0.6     | 0.6     | 0.6      | 0.6      | 0.6      |
|          | 淬 硬   | 0.6     | 0.6     | 0.6      | 0.6      | 0.7      |
| >180~260 | 未淬硬   | 0.6     | 0.6     | 0.7      | 0.7      | 0.7      |
|          | 淬 硬   | 0.7     | 0.7     | 0.7      | 0.7      | 0.8      |

表 6—70

轴的机械加工余量(外旋转表面)

(mm)

| 基 本<br>尺 寸          | 表面的加工方法 | 轴 的 长 度                            |           |           |           |           |            |
|---------------------|---------|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|                     |         | <120                               | >120~260  | >260~500  | >500~800  | >800~1250 | >1250~2000 |
|                     |         | 直径上的余量 (分子系用中心孔安装时)<br>(分母系用夹盘安装时) |           |           |           |           |            |
|                     |         | 车 削 提 高 精 度 的 轧 钢 件                |           |           |           |           |            |
| <30                 | 粗车和一次车  | 1.2/1.1                            | 1.7/—     | —         | —         | —         | —          |
|                     | 精车      | 0.25/0.25                          | 0.3/—     | —         | —         | —         | —          |
|                     | 细车      | 0.12/0.12                          | 0.15/—    | —         | —         | —         | —          |
| >30~50              | 粗车和一次车  | 1.2/1.1                            | 1.5/1.4   | 2.2/—     | —         | —         | —          |
|                     | 精车      | 0.3/0.25                           | 0.3/0.25  | 0.35/—    | —         | —         | —          |
|                     | 细车      | 0.15/0.12                          | 0.16/0.13 | 0.20/—    | —         | —         | —          |
| >50~80              | 粗车和一次车  | 1.5/1.1                            | 1.7/1.5   | 2.3/2.1   | 3.1/—     | —         | —          |
|                     | 精车      | 0.25/0.20                          | 0.3/0.25  | 0.3/0.3   | 0.4/—     | —         | —          |
|                     | 细车      | 0.14/0.12                          | 0.15/0.13 | 0.17/0.16 | 0.25/—    | —         | —          |
| >80~120             | 粗车和一次车  | 1.6/1.2                            | 1.7/1.3   | 2.0/1.7   | 2.5/2.3   | 3.3/—     | —          |
|                     | 精车      | 0.25/0.25                          | 0.3/0.25  | 0.3/0.3   | 0.3/0.3   | 0.35/—    | —          |
|                     | 细车      | 0.14/0.13                          | 0.15/0.13 | 0.16/0.15 | 0.17/0.17 | 0.20/—    | —          |
| 车 削 一 般 精 度 的 轧 钢 料 |         |                                    |           |           |           |           |            |
| <30                 | 粗车和一次车  | 1.3/1.1                            | 1.7/—     | —         | —         | —         | —          |
|                     | 半精车     | 0.45/0.45                          | 0.50/—    | —         | —         | —         | —          |
|                     | 精车      | 0.25/0.20                          | 0.25/—    | —         | —         | —         | —          |
|                     | 细车      | 0.13/0.12                          | 0.15/—    | —         | —         | —         | —          |
| >30~50              | 粗车和一次车  | 1.3/1.1                            | 1.6/1.4   | 2.2/—     | —         | —         | —          |
|                     | 半精车     | 0.45/0.45                          | 0.45/0.45 | 0.45/—    | —         | —         | —          |
|                     | 精车      | 0.25/0.20                          | 0.25/0.25 | 0.30/—    | —         | —         | —          |
|                     | 细车      | 0.13/0.12                          | 0.14/0.13 | 0.16/—    | —         | —         | —          |
| >50~80              | 粗车和一次车  | 1.5/1.1                            | 1.7/1.5   | 2.3/2.1   | 3.1/—     | —         | —          |
|                     | 半精车     | 0.45/0.45                          | 0.50/0.45 | 0.50/0.50 | 0.55/—    | —         | —          |
|                     | 精车      | 0.25/0.20                          | 0.30/0.25 | 0.30/0.30 | 0.35/—    | —         | —          |
|                     | 细车      | 0.13/0.12                          | 0.14/0.13 | 0.18/0.16 | 0.20/—    | —         | —          |
| >80~120             | 粗车和一次车  | 1.8/1.2                            | 1.9/1.3   | 2.1/1.7   | 2.6/2.3   | 3.4/—     | —          |
|                     | 半精车     | 0.50/0.45                          | 0.50/0.45 | 0.50/0.50 | 0.50/0.50 | 0.55/—    | —          |
|                     | 精车      | 0.25/0.25                          | 0.25/0.25 | 0.30/0.25 | 0.30/0.30 | 0.35/—    | —          |
|                     | 细车      | 0.15/0.12                          | 0.16/0.13 | 0.16/0.14 | 0.18/0.17 | 0.20/—    | —          |

续表 1

| 基 本<br>尺 寸    | 表面的加工方法 | 轴 的 长 度             |           |           |           |           |            |
|---------------|---------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|               |         | <120                | >120~260  | >260~500  | >500~800  | >800~1250 | >1250~2000 |
|               |         | 直 径 上 的 余 量         |           |           |           |           |            |
|               |         | 车 削 提 高 精 度 的 轧 钢 件 |           |           |           |           |            |
| >120~180      | 粗车和一次车  | 2.0/1.3             | 2.1/1.4   | 2.3/1.8   | 2.7/2.3   | 3.5/3.2   | 4.8/—      |
|               | 半精车     | 0.50/0.45           | 0.50/0.45 | 0.50/0.50 | 0.50/0.50 | 0.60/0.55 | 0.65/—     |
|               | 精车      | 0.30/0.25           | 0.30/0.25 | 0.30/0.25 | 0.30/0.30 | 0.35/0.30 | 0.40/—     |
|               | 细车      | 0.16/0.13           | 0.16/0.13 | 0.17/0.15 | 0.18/0.17 | 0.21/0.20 | 0.27/—     |
| >180~260      | 粗车和一次车  | 2.3/1.4             | 2.4/1.5   | 2.6/1.8   | 2.9/2.4   | 3.6/3.2   | 5.0/4.6    |
|               | 半精车     | 0.50/0.45           | 0.50/0.45 | 0.50/0.50 | 0.55/0.50 | 0.60/0.55 | 0.65/0.65  |
|               | 精车      | 0.30/0.25           | 0.30/0.25 | 0.30/0.25 | 0.30/0.30 | 0.35/0.35 | 0.40/0.40  |
|               | 细车      | 0.17/0.13           | 0.17/0.14 | 0.18/0.15 | 0.19/0.17 | 0.22/0.20 | 0.27/0.26  |
| 模 锻 毛 坯 的 车 削 |         |                     |           |           |           |           |            |
| <18           | 粗车和一次车  | 1.5/1.4             | 1.9/—     | —         | —         | —         | —          |
|               | 精车      | 0.25/0.25           | 0.30/—    | —         | —         | —         | —          |
|               | 细车      | 0.14/0.14           | 0.15/—    | —         | —         | —         | —          |
| >18~30        | 粗车和一次车  | 1.6/1.5             | 2.0/1.8   | 2.3/—     | —         | —         | —          |
|               | 精车      | 0.25/0.25           | 0.30/0.25 | 0.30/—    | —         | —         | —          |
|               | 细车      | 0.14/0.14           | 0.15/0.14 | 0.16/—    | —         | —         | —          |
| >30~50        | 粗车和一次车  | 1.8/1.7             | 2.3/2.0   | 3.0/2.7   | 3.5/—     | —         | —          |
|               | 精车      | 0.30/0.25           | 0.30/0.30 | 0.30/0.30 | 0.35/—    | —         | —          |
|               | 细车      | 0.15/0.15           | 0.16/0.15 | 0.19/0.17 | 0.21/—    | —         | —          |
| >50~80        | 粗车和一次车  | 2.2/2.0             | 2.9/2.6   | 3.4/2.9   | 4.2/3.6   | 5.0/—     | —          |
|               | 精车      | 0.30/0.30           | 0.30/0.30 | 0.35/0.30 | 0.40/0.35 | 0.45/—    | —          |
|               | 细车      | 0.16/0.16           | 0.18/0.17 | 0.20/0.18 | 0.22/0.20 | 0.26/—    | —          |
| >80~120       | 粗车和一次车  | 2.6/2.3             | 3.3/3.0   | 4.3/3.8   | 5.2/4.5   | 6.3/5.2   | 8.2/—      |
|               | 精车      | 0.30/0.30           | 0.30/0.30 | 0.40/0.35 | 0.45/0.40 | 0.50/0.45 | 0.60/—     |
|               | 细车      | 0.17/0.17           | 0.19/0.18 | 0.23/0.21 | 0.26/0.24 | 0.30/0.26 | 0.38/—     |
| >120~180      | 粗车和一次车  | 3.2/2.8             | 4.6/4.2   | 5.0/4.5   | 6.2/5.6   | 7.5/6.7   | —          |
|               | 精车      | 0.35/0.30           | 0.40/0.30 | 0.45/0.40 | 0.50/0.45 | 0.60/0.55 | —          |
|               | 细车      | 0.20/0.20           | 0.24/0.22 | 0.25/0.23 | 0.30/0.27 | 0.35/0.32 | —          |
| 磨 削           |         |                     |           |           |           |           |            |
| <30           | 热处理后粗磨  | 0.30                | 0.60      | —         | —         | —         | —          |
|               | 精车后粗磨   | 0.10                | 0.10      | —         | —         | —         | —          |
|               | 粗磨后精磨   | 0.06                | 0.06      | —         | —         | —         | —          |
| >30~50        | 热处理后粗磨  | 0.25                | 0.50      | 0.85      | —         | —         | —          |
|               | 精车后粗磨   | 0.10                | 0.10      | 0.10      | —         | —         | —          |
|               | 粗磨后精磨   | 0.06                | 0.06      | 0.06      | —         | —         | —          |

表 6—71

平面粗刨后精铄的加工余量

(mm)

| 平面长度     | 平 面 宽 度 |          |         |
|----------|---------|----------|---------|
|          | <100    | >100~200 | >200    |
| <100     | 0.6~0.7 | —        | —       |
| >100~250 | 0.6~0.8 | 0.7~0.9  | —       |
| >250~500 | 0.7~1.0 | 0.75~1.0 | 0.8~1.1 |
| >500     | 0.8~1.0 | 0.9~1.2  | 0.9~1.2 |

表 6—72

铄平面的加工余量

(mm)

| 零件厚度           | 荒 铄 后 粗 铄                   |                  |                  |                     |                  |                  | 粗 铄 后 半 精 铄   |                  |                  |                     |                  |                  |
|----------------|-----------------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|
|                | 宽度 $\leq 200$               |                  |                  | 宽度 $> 200 \sim 400$ |                  |                  | 宽度 $\leq 200$ |                  |                  | 宽度 $> 200 \sim 400$ |                  |                  |
|                | 加 工 表 面 不 同 长 度 下 的 加 工 余 量 |                  |                  |                     |                  |                  |               |                  |                  |                     |                  |                  |
|                | $\leq 100$                  | $> 100 \sim 250$ | $> 250 \sim 400$ | $\leq 100$          | $> 100 \sim 250$ | $> 250 \sim 400$ | $\leq 100$    | $> 100 \sim 250$ | $> 250 \sim 400$ | $\leq 100$          | $> 100 \sim 250$ | $> 250 \sim 400$ |
| $> 6 \sim 30$  | 1.0                         | 1.2              | 1.5              | 1.2                 | 1.5              | 1.7              | 0.7           | 1.0              | 1.0              | 1.0                 | 1.0              | 1.0              |
| $> 30 \sim 50$ | 1.0                         | 1.5              | 1.7              | 1.5                 | 1.5              | 2.0              | 1.0           | 1.0              | 1.2              | 1.0                 | 1.2              | 1.2              |
| $> 50$         | 1.5                         | 1.7              | 2.0              | 1.7                 | 2.0              | 2.5              | 1.0           | 1.3              | 1.5              | 1.3                 | 1.5              | 1.5              |

表 6—73

磨平面的加工余量

(mm)

| 零件厚度              | 第 一 种                       |                     |                     |                        |                     |                     |
|-------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
|                   | 经热处理及未经热处理零件的终磨             |                     |                     |                        |                     |                     |
|                   | 宽度 $\leq 200$               |                     |                     | 宽度 $\geq 200 \sim 400$ |                     |                     |
|                   | 加 工 表 面 不 同 长 度 下 的 加 工 余 量 |                     |                     |                        |                     |                     |
|                   | $\leq 100$                  | $\geq 100 \sim 250$ | $\geq 250 \sim 400$ | $\leq 100$             | $\geq 100 \sim 250$ | $\geq 250 \sim 400$ |
| $\geq 6 \sim 30$  | 0.3                         | 0.3                 | 0.5                 | 0.3                    | 0.5                 | 0.5                 |
| $\geq 30 \sim 50$ | 0.5                         | 0.5                 | 0.5                 | 0.5                    | 0.5                 | 0.5                 |
| $\geq 50$         | 0.5                         | 0.5                 | 0.5                 | 0.5                    | 0.5                 | 0.5                 |

| 零件厚度              | 第 二 种                       |                     |                     |                        |                     |                     |               |                     |                     |                        |                     |                     |
|-------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
|                   | 热 处 理 后                     |                     |                     |                        |                     |                     |               |                     |                     |                        |                     |                     |
|                   | 粗 磨                         |                     |                     |                        |                     |                     | 半 精 磨         |                     |                     |                        |                     |                     |
|                   | 宽度 $\leq 200$               |                     |                     | 宽度 $\geq 200 \sim 400$ |                     |                     | 宽度 $\leq 200$ |                     |                     | 宽度 $\geq 200 \sim 400$ |                     |                     |
|                   | 加 工 表 面 不 同 长 度 下 的 加 工 余 量 |                     |                     |                        |                     |                     |               |                     |                     |                        |                     |                     |
|                   | $\leq 100$                  | $\geq 100 \sim 250$ | $\geq 250 \sim 400$ | $\leq 100$             | $\geq 100 \sim 250$ | $\geq 250 \sim 400$ | $\leq 100$    | $\geq 100 \sim 250$ | $\geq 250 \sim 400$ | $\leq 100$             | $\geq 100 \sim 250$ | $\geq 250 \sim 400$ |
| $\geq 6 \sim 30$  | 0.2                         | 0.2                 | 0.3                 | 0.2                    | 0.3                 | 0.3                 | 0.1           | 0.1                 | 0.2                 | 0.1                    | 0.2                 | 0.2                 |
| $\geq 30 \sim 50$ | 0.3                         | 0.3                 | 0.3                 | 0.3                    | 0.3                 | 0.3                 | 0.2           | 0.2                 | 0.2                 | 0.2                    | 0.2                 | 0.2                 |
| $\geq 50$         | 0.3                         | 0.3                 | 0.3                 | 0.3                    | 0.3                 | 0.3                 | 0.2           | 0.2                 | 0.2                 | 0.2                    | 0.2                 | 0.2                 |

表 6—74

平 面 的 刮 研 余 量

(mm)

| 加工面长度      | 加 工 面 宽 度 |          |           |
|------------|-----------|----------|-----------|
|            | <100      | >100~300 | >300~1000 |
|            | 加 工 余 量   |          |           |
| <300       | 0.15      | 0.15     | 0.20      |
| >300~1000  | 0.20      | 0.20     | 0.25      |
| >1000~2000 | 0.25      | 0.25     | 0.30      |

表 6—75

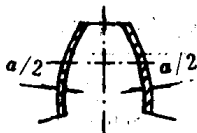
端 面 的 加 工 余 量

(mm)

| 零件长度(全长) | 粗车后的精车端面     |         |          | 磨    削 |          |
|----------|--------------|---------|----------|--------|----------|
|          | 余量(按端面最大直径取) |         |          |        |          |
|          | <30          | >30~120 | >120~260 | <120   | >120~260 |
| <10      | 0.5          | 0.6     | 1.0      | 0.2    | 0.3      |
| >10~18   | 0.5          | 0.7     | 1.0      | 0.2    | 0.3      |
| >18~50   | 0.6          | 1.0     | 1.2      | 0.2    | 0.3      |
| >50~80   | 0.7          | 1.0     | 1.3      | 0.3    | 0.4      |
| >80~120  | 1.0          | 1.0     | 1.3      | 0.3    | 0.5      |
| >120~180 | 1.0          | 1.3     | 1.5      | 0.3    | 0.5      |

表 6—76

精滚齿或精插齿的加工余量



| 模 数     | 2   | 3    | 4   | 5    | 6   | 7    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|---------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 余 量 $a$ | 0.6 | 0.75 | 0.9 | 1.05 | 1.2 | 1.35 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | 2.2 |

表 6—77

磨 齿 的 加 工 余 量

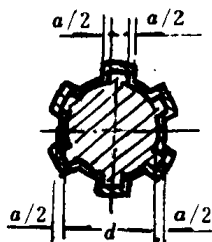
(mm)

| 模 数     | 2    | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10  | 11   | 12  |
|---------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|
| 余 量 $a$ | 0.15 | 0.2 | 0.23 | 0.26 | 0.29 | 0.32 | 0.35 | 0.38 | 0.4 | 0.45 | 0.5 |

表 6—78 (1)

精 铣 花 键 轴 的 加 工 余 量

(mm)



| 花键轴的<br>公称直径<br>$d$ | 花 键 的 长 度 |          |          |          | 花键轴的<br>公称直径<br>$d$ | 花 键 的 长 度 |          |          |          |
|---------------------|-----------|----------|----------|----------|---------------------|-----------|----------|----------|----------|
|                     | <100      | >100~200 | >200~350 | >350~500 |                     | <100      | >100~200 | >200~350 | >350~500 |
|                     | 余 量 $a$   |          |          |          |                     | 余 量 $a$   |          |          |          |
| 10~18               | 0.4~0.6   | 0.5~0.7  | —        | —        | >30~50              | 0.6~0.8   | 0.7~0.9  | 0.8~1.0  | —        |
| >18~30              | 0.5~0.7   | 0.6~0.8  | 0.7~0.9  | —        | >50                 | 0.7~0.9   | 0.8~1.0  | 0.9~1.2  | 1.2~1.5  |

表 6—78 (2)

磨 花 键 轴 的 加 工 余 量

(mm)

| 花键轴的<br>公称直径<br>$d$ | 花 键 的 长 度  |          |          |          | 花键轴的<br>公称直径<br>$d$ | 花 键 的 长 度 |          |          |          |
|---------------------|------------|----------|----------|----------|---------------------|-----------|----------|----------|----------|
|                     | <100       | >100~200 | >200~350 | >350~500 |                     | <100      | >100~200 | >200~350 | >350~500 |
|                     | 余 量 -- $a$ |          |          |          |                     | 余 量 $a$   |          |          |          |
| 10~18               | 0.1~0.2    | 0.2~0.3  | —        | —        | >30~50              | 0.2~0.3   | 0.2~0.4  | 0.3~0.5  | —        |
| >18~30              | 0.1~0.2    | 0.2~0.3  | 0.2~0.4  | —        | >50                 | 0.2~0.4   | 0.3~0.5  | 0.3~0.5  | 0.4~0.6  |

表 6—79

调 质 件 的 加 工 余 量

(mm)

| 直 径    | 长 度     |          |           |         |
|--------|---------|----------|-----------|---------|
|        | < 500   | 500~1000 | 1000~1800 | >1800   |
| 10~20  | 2.0~2.5 | 2.5~3.0  | —         | —       |
| 22~45  | 2.5~3.0 | 3.0~3.5  | 3.5~4.0   | —       |
| 48~70  | 2.5~3.0 | 3.0~3.5  | 4.0~4.5   | 5.0~6.0 |
| 75~100 | 3.0~3.5 | 3.0~3.5  | 5.0~5.5   | 6.0~7.0 |

表 6—80

不 渗 碳 局 部 加 工 余 量

(mm)

| 设计要求渗碳深度 | 不渗碳表面每面的留余量 |
|----------|-------------|
| 0.2~0.4  | 1.1+淬火时留余量  |
| 0.4~0.7  | 1.4+淬火时留余量  |
| 0.7~1.1  | 1.8+淬火时留余量  |
| 1.1~1.5  | 2.2+淬火时留余量  |
| 1.5~2.0  | 2.7+淬火时留余量  |



表 6-81

轴、杆类零件外圆热处理后的磨削余量

(mm)

| 直径或厚度   | 长         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |  | 度 |  |  |  |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|---|--|--|--|
|         | <50       | 51~100    | 101~200   | 201~300   | 301~450   | 451~600   | 601~800   | 801~1000  | 1001~1300 | 1301~1600 | 1601~2000 |  |   |  |  |  |
| <5      | 0.35~0.45 | 0.45~0.55 | 0.55~0.65 |           |           |           |           |           |           |           |           |  |   |  |  |  |
| 6~10    | 0.30~0.40 | 0.40~0.50 | 0.50~0.60 | 0.55~0.65 |           |           |           |           |           |           |           |  |   |  |  |  |
| 11~20   | 0.25~0.35 | 0.35~0.45 | 0.45~0.55 | 0.50~0.60 | 0.55~0.65 |           |           |           |           |           |           |  |   |  |  |  |
| 21~30   | 0.30~0.40 | 0.30~0.40 | 0.35~0.45 | 0.40~0.50 | 0.45~0.55 | 0.50~0.60 | 0.55~0.65 |           |           |           |           |  |   |  |  |  |
| 31~50   | 0.35~0.45 | 0.35~0.45 | 0.35~0.45 | 0.40~0.50 | 0.40~0.50 | 0.40~0.50 | 0.50~0.60 | 0.60~0.70 |           |           |           |  |   |  |  |  |
| 51~80   | 0.40~0.50 | 0.40~0.50 | 0.40~0.50 | 0.40~0.50 | 0.40~0.50 | 0.40~0.50 | 0.50~0.60 | 0.55~0.65 | 0.60~0.70 | 0.70~0.80 | 0.85~1.00 |  |   |  |  |  |
| 81~120  | 0.50~0.60 | 0.50~0.60 | 0.50~0.60 | 0.50~0.60 | 0.50~0.60 | 0.50~0.60 | 0.60~0.70 | 0.65~0.75 | 0.65~0.80 | 0.75~0.90 | 0.85~1.00 |  |   |  |  |  |
| 121~180 | 0.60~0.70 | 0.60~0.70 | 0.60~0.70 | 0.60~0.70 | 0.60~0.70 |           |           |           |           |           |           |  |   |  |  |  |
| 181~260 | 0.70~0.90 | 0.70~0.90 | 0.70~0.90 | 0.70~0.90 |           |           |           |           |           |           |           |  |   |  |  |  |

注: 1. 粗磨后需人工时效的零件应较上表增加 50%;

2. 此表为断面均匀、全部淬火的零件的余量, 特殊零件另行协商解决;

3. 全长三分之一以下局部淬火者可取下限, 淬火长度大于三分之一按全长处理;

4.  $\phi 80\text{mm}$  以上短实心轴可取下限;

5. 高频淬火件可取下限。

表 6—82

轴、套、环类零件内孔热处理后的磨削余量

(mm)

| 孔径公称尺寸 | <10           | 11~18         | 19~30         | 31~50         | 51~80         | 81~120        | 121~180       | 181~260       | 261~360       | 361~500       |
|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 一般孔余量  | 0.20~<br>0.30 | 0.25~<br>0.35 | 0.30~<br>0.45 | 0.35~<br>0.50 | 0.40~<br>0.60 | 0.50~<br>0.75 | 0.60~<br>0.90 | 0.65~<br>1.00 | 0.80~<br>1.00 | 0.85~<br>1.30 |
| 复杂孔余量  | 0.25~<br>0.40 | 0.35~<br>0.45 | 0.40~<br>0.50 | 0.50~<br>0.65 | 0.60~<br>0.80 | 0.70~<br>1.00 | 0.80~<br>1.20 | 0.90~<br>1.35 | 1.05~<br>1.50 | 1.15~<br>1.75 |

注：1. 碳素钢工件一般均用水或水—油淬，孔变形较大，应选用上限；薄壁零件 $\left(\frac{\text{外径}}{\text{内径}} < 2\right)$ 应取上限；

2. 合金钢薄壁零件 $\left(\frac{\text{外径}}{\text{内径}} < 1.25\right)$ 应取上限；

3. 合金钢零件渗碳后采用二次淬火者应取上限；

4. 同一工件上有大小不同的孔时，应以大孔计算；

5. “一般孔”指零件形状简单、对称，孔是光滑圆孔或花键孔；“复杂孔”指零件形状复杂，不对称、壁薄、孔形不规则；

6.  $\frac{\text{外径}}{\text{内径}} < 1.5$  的高频淬火件，内孔留余量应减少 40~50%，外圆加大 30~40%。

表 6—83

渗碳零件磨削余量

(mm)

| 公称渗碳深度   | 0.3       | 0.5       | 0.9       | 1.3       | 1.7       |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 放磨量      | 0.15~0.20 | 0.20~0.25 | 0.25~0.30 | 0.35~0.40 | 0.45~0.50 |
| 实际工艺渗碳深度 | 0.4~0.6   | 0.7~1.0   | 1.0~1.4   | 1.5~1.9   | 2.0~2.5   |

## 6.5 冲压

### 6.5.1 常用冲压材料种类及其特性

表 6—84

黑色金属的机械性能

| 材料名称                   | 牌 号                                          | 材料状态         | 抗剪强度<br>$\tau$ (MPa) | 抗拉强度<br>$\sigma_b$ (MPa) | 延 伸 率<br>$\delta_{10}$ (%) | 屈服强度<br>$\sigma_s$ (MPa) |
|------------------------|----------------------------------------------|--------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 电工用钝铁<br>$C < 0.025\%$ | DT1、DT2、DT3                                  | 已退火          | 180                  | 230                      | 26                         | —                        |
| 电工硅铁                   | D11、D12、D21<br>D31、D32<br>D41~48<br>D310~340 | 已退火          | 190                  | 230                      | 26                         | —                        |
|                        |                                              | 未退火          | 460                  |                          |                            |                          |
| 碳素结构钢                  | Q215A                                        | 未退火          | 270~340              | 340~420                  | 26~31                      | 220                      |
|                        | Q235A                                        |              | 310~380              | 380~470                  | 21~25                      | 240                      |
| 优 质<br>碳素结构钢           | 08F                                          | 已退火          | 220~310              | 280~390                  | 32                         | 180                      |
|                        | 08                                           |              | 260~360              | 330~450                  | 32                         | 200                      |
|                        | 10F                                          |              | 220~340              | 280~420                  | 30                         | 190                      |
|                        | 10                                           |              | 260~340              | 300~440                  | 29                         | 210                      |
|                        | 15F                                          |              | 250~370              | 320~460                  | 28                         | —                        |
|                        | 15                                           |              | 270~380              | 340~480                  | 26                         | 230                      |
|                        | 20F                                          |              | 280~390              | 340~480                  | 26                         | 230                      |
|                        | 20                                           |              | 280~400              | 360~510                  | 25                         | 250                      |
|                        | 65Mn                                         | 已退火          | 600                  | 750                      | 12                         | 400                      |
| 碳素工具钢                  | T7~T12<br>T7A~T12A                           | 已退火          | 600                  | 750                      | 10                         | —                        |
| 锰 钢                    | 10Mn2                                        |              | 320~460              | 400~580                  | 22                         | 230                      |
| 合金结构钢                  | 25CrMnSiA<br>25CrMnSi                        | 已低温<br>退火    | 400~560              | 500~700                  | 18                         |                          |
|                        | 30CrMnSiA<br>30CrMnSi                        |              | 440~600              | 550~750                  | 16                         |                          |
| 弹 簧 钢                  | 60Si2Mn<br>60Si2MnA<br>65Si2MnWA             | 已低温退火        | 720                  | 900                      | 10                         |                          |
|                        |                                              | 冷作硬化         | 640~960              | 800~1200                 | 10                         |                          |
| 不 锈 钢                  | 1Cr13                                        | 已退火          | 320~380              | 400~470                  | 21                         |                          |
|                        | 2Cr13                                        |              | 320~400              | 400~500                  | 20                         |                          |
|                        | 1Cr18Ni9                                     | 经热处理         | 460~520              | 580~640                  | 35                         | 200                      |
|                        | 2Cr18Ni9                                     | 冷辗压的<br>冷作硬化 | 800~880              | 1000~1100                | 38                         | 220                      |
|                        | 1Cr18Ni9Ti                                   | 经热处理<br>退火   | 430~550              | 540~700                  | 40                         | 200                      |

表 6—85

轧制薄钢板的规格和厚度公差 (极限偏差) (GB708—65)

(mm)

| 钢板厚度      | A           |        |                | B      |                | C       |        | 热 轧 钢 板                                                                                                                                                                                                                                    | 冷 轧 钢 板                                                                                                                                                     |
|-----------|-------------|--------|----------------|--------|----------------|---------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | 高级精度        |        | 较高精度           |        | 普通精度           |         |        |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |
|           | 冷轧优质<br>钢 板 |        | 冷轧和热轧          |        | 普通和优质钢板        |         |        |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |
|           | 全部宽度        |        | 全部宽度           |        | 宽度<1000        | 宽度≥1000 |        |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |
| 0.20~0.40 | ± 0.03      | ± 0.04 | ± 0.06         | ± 0.04 | ± 0.06         | ± 0.06  | ± 0.06 | △500×1000,△500×1500,800×2000,850×1700,<br>500×2000,△600×1200,△850×2000,△900×1500,<br>600×1500,600×1800,△900×1800,△900×2000,<br>600×2000,710×1000,△1000×1500,△1000×2000,<br>710×1420,710×2000,<br>750×1000,△750×1500,<br>750×2000,△800×1500 | 500×1000, 500×1500, 850×1500, 900×1500,<br>600×1200, 600×1800, 900×1800, 1000×1500,<br>600×1200, 710×1420, 1000×2000,<br>750×1500, 800×1500,                |
| 0.45~0.50 | ± 0.04      | ± 0.05 | ± 0.07         | ± 0.05 | ± 0.07         | ± 0.07  | ± 0.07 |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |
| 0.55~0.60 | ± 0.05      | ± 0.06 | ± 0.08         | ± 0.06 | ± 0.08         | ± 0.08  | ± 0.08 |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |
| 0.70~0.75 | ± 0.06      | ± 0.07 | ± 0.09         | ± 0.07 | ± 0.09         | ± 0.09  | ± 0.09 |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |
| 0.80~0.90 | ± 0.06      | ± 0.08 | +0.10          | ± 0.08 | +0.10          | ± 0.10  | ± 0.10 | 1. 同上规格有△标记者<br>2. 另有 600×1420,850×1500,880×1700                                                                                                                                                                                           | 1. 同上规格<br>2. 另有 710×2000, 750×2000, 1100×2200,<br>800×2000, 850×2000, 1250×2500,<br>900×2000, 1100×2000, 1250×2000,                                        |
| 1.0~1.1   | ± 0.07      | ± 0.09 | ± 0.12         | ± 0.09 | ± 0.12         | ± 0.12  | ± 0.12 |                                                                                                                                                                                                                                            | 同上规格<br>但: 1. 下列规格此处则没有<br>900×1500, 1000×1500<br>2. 增加: 500×2000, 1400×2800<br>1400×3000, 1400×3500                                                        |
| 1.2~1.25  | ± 0.09      | ± 0.11 | ± 0.13         | ± 0.11 | ± 0.13         | ± 0.13  | ± 0.13 | 1. 同料厚 0.2~0.75 的规格<br>2. 另有 600×1420                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                             |
| 1.4       | ± 0.10      | ± 0.12 | ± 0.15         | ± 0.12 | ± 0.15         | ± 0.15  | ± 0.15 | 850×1500<br>900×1000                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                             |
| 1.5       | ± 0.11      | ± 0.12 | ± 0.15         | ± 0.12 | ± 0.15         | ± 0.15  | ± 0.15 |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |
| 1.6~1.8   | ± 0.12      | ± 0.14 | ± 0.16         | ± 0.14 | ± 0.16         | ± 0.16  | ± 0.16 |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |
| 2.0       | ± 0.13      | ± 0.15 | +0.15<br>-0.18 | ± 0.15 | +0.15<br>-0.18 | ± 0.18  | ± 0.18 | 1. 同上规格有△标记者<br>2. 另有 500×500,600×600,600×1500,<br>750×2000,800×2000,850×1500,<br>1000×3000,1100×2200,1100×3000,<br>1100×4000,1250×2500,1250×3000,<br>1250×4000,1400×3000,1400×4000,                                                       | 500×500, 500×1000,<br>500×1500, 500×2000,<br>600×600, 600×1200,<br>600×1800, 600×2000,<br>710×1420, 750×1500,<br>800×1500, 850×1500,<br>900×1800, 1000×2000 |
| 2.2       | ± 0.14      | ± 0.16 | +0.15<br>-0.19 | ± 0.16 | +0.15<br>-0.19 | ± 0.19  | ± 0.19 |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |
| 2.5       | ± 0.15      | ± 0.17 | +0.16<br>-0.20 | ± 0.17 | +0.16<br>-0.20 | ± 0.20  | ± 0.20 |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |
| 2.8~3.0   | ± 0.16      | ± 0.18 | +0.17<br>-0.22 | ± 0.18 | +0.17<br>-0.22 | ± 0.22  | ± 0.22 | 和料厚 2.00~2.80 的规格相同, 但<br>1. 下列规格此处则没有<br>500×1500, 600×1500, 1000×1500,<br>2. 增加 750×1000, 1400×2800<br>1000×4000, 1400×3500                                                                                                              |                                                                                                                                                             |
| 3.2~3.5   | ± 0.18      | ± 0.20 | +0.18<br>-0.25 | ± 0.20 | +0.18<br>-0.25 | ± 0.25  | ± 0.25 |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |
| 3.8~4.0   | ± 0.20      | ± 0.22 | +0.20<br>-0.30 | ± 0.22 | +0.20<br>-0.30 | ± 0.30  | ± 0.30 |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |

表 6—86

锌和酸洗钢板的规格和厚度公差 (极限偏差) (YB181—65)

(mm)

| 材 料 厚 度                        | 公 差<br>(极限偏差) | 常用的钢板的宽度×长度                                                                     |
|--------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 0.25, 0.30, 0.35<br>0.40, 0.45 | ± 0.05        | 510× 710 850× 1700<br>710× 1420 900× 1800<br>750× 1500 900× 2000                |
| 0.50, 0.55                     | ± 0.05        | 710× 1420 900× 1800<br>750× 1500 900× 2000<br>750× 1800 1000× 2000<br>850× 1700 |
| 0.60, 0.65                     | ± 0.06        |                                                                                 |
| 0.70, 0.75                     | ± 0.07        |                                                                                 |
| 0.80, 0.90                     | ± 0.08        |                                                                                 |
| 1.00, 1.10                     | ± 0.09        | 710× 1420 750× 1800<br>750× 1500 850× 1700<br>900× 1800 1000× 2000              |
| 1.20, 1.30                     | ± 0.11        |                                                                                 |
| 1.40, 1.50                     | ± 0.12        |                                                                                 |
| 1.60, 1.80                     | ± 0.14        |                                                                                 |
| 2.00                           | ± 0.16        |                                                                                 |

表 6—87

电工用硅钢薄板的厚度公差 (极限偏差) (YB73—70)

(mm)

| 材<br>料<br>厚<br>度 | 牌 号                                                           | 材料厚度公差 (极限偏差) |        |          |                |          |        |
|------------------|---------------------------------------------------------------|---------------|--------|----------|----------------|----------|--------|
|                  |                                                               | 热轧钢板          |        | 冷轧钢板     |                |          |        |
|                  |                                                               | 普 通           | 较 高    | 宽度 < 600 |                | 宽度 > 600 |        |
|                  |                                                               |               |        | 普 通      | 较 高            | 普 通      | 较 高    |
| 0.1              | DG41, DR41, DR42<br>DH41, DH42                                | ± 0.02        | —      | —        | —              | —        | —      |
| 0.2              | DG41, DR41, DR42<br>DH41, DH42                                | ± 0.02        | —      | ± 0.02   | —              | ± 0.02   | —      |
|                  | DG310, DH310                                                  |               |        |          |                |          |        |
| 0.3              | D31, D32, D41, D42<br>D43, D44                                | ± 0.04        | ± 0.03 | ± 0.020  | +0.01<br>-0.02 | ± 0.03   | ± 0.02 |
|                  | DG41, DR41, DR42<br>DH41, DH42                                |               |        |          |                |          |        |
| 5                | D310, D320, D330<br>D340                                      |               |        |          |                |          |        |
|                  | DH310                                                         |               |        |          |                |          |        |
| 0.5              | D11, D12, D13, D21<br>D22, D23, D31                           | ± 0.05        | ± 0.04 | ± 0.03   | +0.02<br>-0.03 | ± 0.04   | ± 0.03 |
|                  | D31, D32, D41, D43<br>D44                                     |               |        |          |                |          |        |
|                  | D1100, D1200, D1300<br>D3100, D3200, D310<br>D320, D330, D340 |               |        |          |                |          |        |

注: 1. 钢号第二个字母“G”、“R”、“H”表示检验钢板时磁场条件“高”、“弱”、“中”。

2. 没有第二个字母表示频率为 50 周波时在强磁场下检验的钢板。

3. 钢号第一位数字 (1、2、3、4) 表示钢板含硅量等级。

4. 钢号第二位数字 (1、2、3、4) 表示保证的钢板电磁性能。

5. 钢号第三位数字 (0、00) 表示冷轧钢板的晶粒取向度。

表 6—88

非金属材料的抗剪强度  $\tau_0$ 

| 材 料 名 称       | 抗剪强度 $\tau_0$ (MPa) |          |
|---------------|---------------------|----------|
|               | 用管状凸模裁切时            | 用普通凸模冲裁时 |
| 纸胶板           | 100~130             | 140~200  |
| 布胶板           | 90~100              | 120~180  |
| 玻璃布胶板         | 120~140             | 160~185  |
| 金属箔的玻璃布胶板     | 130~150             | 160~220  |
| 金属箔的纸胶板       | 110~130             | 140~200  |
| 玻璃纤维丝胶板       | 100~110             | 140~160  |
| 石棉纤维塑料        | 80~90               | 120~180  |
| 有机玻璃          | 70~80               | 90~100   |
| 聚氯乙烯塑料, 透明橡胶  | 60~80               | 100~130  |
| 赛璐珞           | 40~60               | 80~100   |
| 氯乙烯           | 30~40               | 50       |
| 石棉橡胶          | 40                  | —        |
| 石棉板           | 40~50               | —        |
| 橡 皮           | 1~6                 | 20~80    |
| 人造橡胶、硬橡胶      | 40~70               | —        |
| 柔软的皮革         | 6~8                 | 30~50    |
| 硝过的及铬化的皮革     | —                   | 45~55    |
| 未硝过的皮革        | —                   | 80~100   |
| 云 母 (厚 0.5mm) | 80                  | 60~100   |
| 云 母 (厚 0.2mm) | 50                  | 60~100   |
| 人造云母          | 120~150             | 140~180  |
| 桦木胶合板         | 20                  | —        |
| 松木胶合板         | 10                  | —        |
| 其他木板的胶合板      | 16~20               | —        |
| 马粪纸           | 20~35               | 30~60    |
| 硬马粪纸          | 70                  | 60~100   |
| 厚纸板           | 30~40               | 40~80    |
| 绝缘纸板          | 40~70               | 60~100   |
| 红纸板           | —                   | 140~200  |
| 纸 (普通的)       | 20~40               | 20~30    |
| 纸 (硬的)        | 30~50               | 45~40    |
| 漆布、绝缘漆布       | 30~60               | —        |
| 绝缘板           | 150~160             | 180~240  |

## 6.5.2 压力机

表 6—89

几种压力机的主要技术参数

| 名 称          |    | 开式双柱可倾式压力机 |                 |               | 单柱固定台压力机 | 开式双柱固定台压力机 | 闭式单点压力机               | 闭式双点压力机                  | 闭式双动拉伸压力机               | 双盘摩擦压力机    |
|--------------|----|------------|-----------------|---------------|----------|------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|------------|
| 型 号          |    | J23—63     | JH23—16         | JG23—40       | J11—50   | JD21—100   | JA31—160B             | J36—250                  | JA45—100                | J53—63     |
| 公称压力 (tf)    |    | 6.3        | 16              | 40            | 50       | 100        | 160                   | 250                      | 内滑块 100<br>外滑块 63       | 63         |
| 滑块行程 (mm)    |    | 35         | 50<br>压力行程 3.17 | 100<br>压力行程 7 | 10~90    | 10~120     | 160<br>压力行程 8.16      | 400<br>压力行程 11           | 内滑块 420<br>外滑块 260      | 270        |
| 行程次数 (1/min) |    | 170        | 150             | 80            | 90       | 75         | 32                    | 17                       | 15                      | 22         |
| 最大闭合高度 (mm)  |    | 150        | 220             | 300           | 270      | 400        | 480                   | 750                      | 内滑块 580<br>外滑块 530      | 最小闭合高度 100 |
| 最大装模高度 (mm)  |    | 120        | 180             | 220           | 190      | 300        | 375                   | 590                      | 内滑块 480<br>外滑块 430      |            |
| 闭合高度调节量 (mm) |    | 35         | 45              | 80            | 75       | 85         | 120                   | 250                      | 100                     |            |
| 立柱间距离 (mm)   |    | 150        | 220             | 300           |          | 480        | 750                   |                          | 950                     |            |
| 导轨间距离 (mm)   |    |            |                 |               |          |            | 590                   | 2640                     | 780                     | 350        |
| 工作台尺寸 (mm)   | 前后 | 200        | 300             | 150           | 450      | 600        | 790                   | 1250                     | 900                     | 450        |
|              | 左右 | 310        | 450             | 300           | 650      | 1000       | 710                   | 2780                     | 950                     | 400        |
| 垫板尺寸 (mm)    | 厚度 | 30         | 40              | 80            | 80       | 100        | 105                   | 160                      | 100                     |            |
|              | 孔径 | 140        | 210             | 200           | 130      | 200        | 430×430               |                          | 555                     | 80         |
| 模柄孔尺寸 (mm)   | 直径 | 30         | 40              | 50            | 50       | 60         | 打料孔<br>φ75            |                          | 50                      | 60         |
|              | 深度 | 55         | 60              | 70            | 80       | 80         |                       |                          | 60                      | 80         |
| 电动机功率 (kW)   |    | 0.75       | 1.5             | 4             | 5.5      | 7.5        | 12.5                  | 33.8                     | 22                      | 4          |
| 备 注          |    |            |                 | 备有辊式送料装置      |          |            | 需压缩空气, 备有 25tf 纯气式拉伸垫 | 气垫顶出力 6.3tf, 气垫行程 200 mm | 气垫顶出力 10tf, 气垫行程 210 mm |            |

### 6.5.3 冲裁

选用合理的冲裁间隙，使冲裁件具有良好的断面质量，在设计模具时，普遍采用经验数据，见表 6—90、6—91。

表 6—90 冲裁间隙（双面）适用较高精度 (mm)

| 材料厚度<br>$t$ | T8、45、1Cr18Ni9 |            | Q215、Q235<br>35CrMo<br>QSnP10-1、D41 |            | 08F、10、15、H62、<br>T1、T2、T3 |            | L2、L3、L4、L5 |            | 红纸板、胶纸<br>板、胶布板 |            | 纸、皮革、<br>云母纸 |            |
|-------------|----------------|------------|-------------------------------------|------------|----------------------------|------------|-------------|------------|-----------------|------------|--------------|------------|
|             | $Z_{\min}$     | $Z_{\max}$ | $Z_{\min}$                          | $Z_{\max}$ | $Z_{\min}$                 | $Z_{\max}$ | $Z_{\min}$  | $Z_{\max}$ | $Z_{\min}$      | $Z_{\max}$ | $Z_{\min}$   | $Z_{\max}$ |
| 0.35        | 0.03           | 0.05       | 0.02                                | 0.05       | 0.01                       | 0.03       | —           | —          | —               | —          | —            | —          |
| 0.5         | 0.04           | 0.08       | 0.03                                | 0.07       | 0.02                       | 0.04       | 0.02        | 0.03       | 0.01            | 0.02       | 0.005        | 0.015      |
| 0.8         | 0.09           | 0.12       | 0.06                                | 0.10       | 0.04                       | 0.07       | 0.025       | 0.045      | 0.015           | 0.035      | 0.005        | 0.015      |
| 1.0         | 0.11           | 0.15       | 0.08                                | 0.12       | 0.05                       | 0.08       | 0.04        | 0.06       | 0.02            | 0.04       | 0.01         | 0.02       |
| 1.2         | 0.14           | 0.18       | 0.10                                | 0.14       | 0.07                       | 0.10       | 0.05        | 0.07       | 0.03            | 0.06       | 0.015        | 0.03       |
| 1.5         | 0.19           | 0.23       | 0.13                                | 0.17       | 0.08                       | 0.12       | 0.06        | 0.10       | 0.04            | 0.07       | 0.015        | 0.035      |
| 1.8         | 0.23           | 0.27       | 0.17                                | 0.22       | 0.12                       | 0.16       | 0.07        | 0.11       | 0.05            | 0.09       | 0.02         | 0.04       |
| 2.0         | 0.28           | 0.32       | 0.20                                | 0.24       | 0.13                       | 0.18       | 0.08        | 0.12       | 0.06            | 0.10       | 0.025        | 0.045      |
| 2.5         | 0.37           | 0.43       | 0.25                                | 0.31       | 0.16                       | 0.22       | 0.11        | 0.17       | 0.08            | 0.12       | 0.03         | 0.05       |
| 3.0         | 0.48           | 0.54       | 0.33                                | 0.39       | 0.21                       | 0.27       | 0.14        | 0.20       | 0.10            | 0.14       | 0.04         | 0.06       |
| 3.5         | 0.58           | 0.65       | 0.42                                | 0.49       | 0.25                       | 0.33       | 0.18        | 0.26       | 0.13            | 0.19       | —            | —          |
| 4.0         | 0.68           | 0.76       | 0.52                                | 0.60       | 0.32                       | 0.40       | 0.21        | 0.29       | 0.16            | 0.22       | —            | —          |

表 6—91 冲裁间隙（双面）适用较低精度 (mm)

| 材料厚度<br>(mm) | 08、10、35、<br>09Mn、Q235 |            | 16Mn       |            | 40、50      |            | 65Mn       |            |
|--------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|              | $Z_{\min}$             | $Z_{\max}$ | $Z_{\min}$ | $Z_{\max}$ | $Z_{\min}$ | $Z_{\max}$ | $Z_{\min}$ | $Z_{\max}$ |
| 小于 0.5       | 无 间 隙                  |            |            |            |            |            |            |            |
| 0.5          | 0.040                  | 0.060      | 0.040      | 0.060      | 0.040      | 0.060      | 0.040      | 0.060      |
| 0.6          | 0.048                  | 0.072      | 0.048      | 0.072      | 0.048      | 0.072      | 0.048      | 0.072      |
| 0.7          | 0.064                  | 0.092      | 0.064      | 0.092      | 0.064      | 0.092      | 0.064      | 0.092      |
| 0.8          | 0.072                  | 0.104      | 0.072      | 0.104      | 0.072      | 0.104      | 0.064      | 0.092      |
| 0.9          | 0.090                  | 0.126      | 0.090      | 0.126      | 0.090      | 0.126      | 0.090      | 0.126      |
| 1.0          | 0.100                  | 0.140      | 0.100      | 0.140      | 0.100      | 0.140      | 0.090      | 0.126      |
| 1.2          | 0.126                  | 0.180      | 0.132      | 0.180      | 0.132      | 0.180      |            |            |
| 1.5          | 0.132                  | 0.240      | 0.170      | 0.240      | 0.170      | 0.230      |            |            |
| 1.75         | 0.220                  | 0.320      | 0.220      | 0.320      | 0.220      | 0.320      |            |            |
| 2.0          | 0.246                  | 0.360      | 0.260      | 0.380      | 0.260      | 0.380      |            |            |



续表 1

| 材料厚度<br>(mm) | 08、10、35、<br>09Mn、Q235 |            | 16Mn       |            | 40、50      |            | 65Mn       |            |
|--------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|              | $Z_{\min}$             | $Z_{\max}$ | $Z_{\min}$ | $Z_{\max}$ | $Z_{\min}$ | $Z_{\max}$ | $Z_{\min}$ | $Z_{\max}$ |
| 小于 0.5       | 无 间 隙                  |            |            |            |            |            |            |            |
| 2.1          | 0.260                  | 0.380      | 0.280      | 0.400      | 0.280      | 0.400      |            |            |
| 2.5          | 0.360                  | 0.500      | 0.380      | 0.540      | 0.380      | 0.540      |            |            |
| 2.75         | 0.400                  | 0.560      | 0.420      | 0.600      | 0.420      | 0.600      |            |            |
| 3.0          | 0.460                  | 0.640      | 0.480      | 0.660      | 0.480      | 0.660      |            |            |
| 3.5          | 0.540                  | 0.740      | 0.580      | 0.780      | 0.580      | 0.780      |            |            |
| 4.0          | 0.640                  | 0.880      | 0.680      | 0.920      | 0.680      | 0.920      |            |            |

注：冲裁皮革、石棉和纸板时，间隙取 08 钢的 25%。

#### ①冲裁模刃口尺寸计算

落料件尺寸由凹模尺寸决定，冲孔件，孔的尺寸由凸模尺寸决定，故设计落料模时，以凹模为基础，间隙取在凸模上，冲裁间隙通过减小凸模刃口尺寸来取得，设计冲孔模时，以凸模为基准，间隙取在凹模上，冲裁间隙通过增大凹模刃口尺寸来取得。

根据冲模在使用过程中的磨损规律，设计落料模时，凹模基本尺寸应取接近或等于工件的最小极限尺寸；设计冲孔模时，凸模基本尺寸则应取接近或等于工件孔的最大极限尺寸。这样做的好处是：凸、凹模在磨损到一定程度时，仍能冲出合格的零件。值得注意的是，在落料中，工件尺寸取决于凹模尺寸，因此，工件的公差尺寸的大部分应移到凹模上，作为磨损量使用。

按工件精度和模具可能磨损程度，这种留量在公差范围内的 0.5~1.0 之间。高精度的工件其公差小，故模具磨损留量应尽量用全部公差值。

磨损留量用  $x\Delta$  表示，其中  $\Delta$  为工件的公差值， $x$  称磨损系数，其值在 0.5~1 之间，与工件制造精度有关，可查表 6—92 或按下列关系选取：

|              |          |
|--------------|----------|
| 工件精度 IT10 以上 | $x=1$    |
| 工件精度 IT11~13 | $x=0.75$ |
| 工件精度 IT14    | $x=0.5$  |

不管落料还是冲孔，冲裁间隙一律采用最小合理间隙值。

冲模刃口尺寸的制造偏差方向的取法，原则上应单向注向金属实体内部，即对于凹模（内表面）刃口尺寸制造偏差取正值（ $+\delta_{\text{凹}}$ ）；对于凸模（外表面）刃口尺寸制造偏差取负值（ $-\delta_{\text{凸}}$ ）。但对刃口尺寸磨损后不变化的尺寸，制造偏差取双向偏差（ $\pm\delta_{\text{凹}}$ 、 $\pm\delta_{\text{凸}}$ ），见表 6—93。

冲模刃口尺寸制造偏差的大小可以这样确定：对于形状简单的圆形、方形刃口，其制造偏差值可按 IT6~IT7 级来选取或按表 2-7 取值；对于形状复杂的刃口制造偏差可按工件相应部位公差值的  $\frac{1}{4}$  来选取；对于刃口尺寸磨损后无变化的制造偏差值可取工件相应部位公差值的  $\frac{1}{8}$  并冠以（ $\pm$ ）；如果工件没有标注公差，则可按 IT14 级取值。如果工件公差是依双向偏差标的，则应换算成单向标注。磨损后无变化的尺寸除外。冲裁模的加工方法不同，则刃口尺寸的计算方法也不同，故需要区分情况灵活对待。

表 6—92

磨 损 系 数  $x$

| 材料厚度 $t$<br>(mm) | 非 圆 形                 |           |       | 圆 形   |       |
|------------------|-----------------------|-----------|-------|-------|-------|
|                  | 1                     | 0.75      | 0.5   | 0.75  | 0.5   |
|                  | 零 件 公 差 $\Delta$ (mm) |           |       |       |       |
| ~1               | <0.16                 | 0.17~0.35 | >0.36 | <0.16 | >0.16 |
| >1~2             | <0.20                 | 0.21~0.41 | >0.42 | <0.20 | >0.20 |
| >2~4             | <0.24                 | 0.25~0.49 | >0.50 | <0.24 | >0.24 |
| >4               | <0.30                 | 0.31~0.59 | >0.60 | <0.30 | >0.30 |

表 6—93

规则形状 (圆形、方形) 凸、凹模刃口制造偏差

(mm)

| 基 本 尺 寸  | 凸模偏差 $\delta_{\text{凸}}$ | 凹模偏差 $\delta_{\text{凹}}$ |
|----------|--------------------------|--------------------------|
| <18      | -0.020                   | +0.020                   |
| >18~30   |                          | +0.025                   |
| >30~80   |                          | +0.030                   |
| >80~120  | -0.025                   | +0.035                   |
| >120~180 | -0.030                   | +0.040                   |
| >180~260 |                          | +0.045                   |
| >260~360 | -0.035                   | +0.050                   |
| >360~500 | -0.040                   | +0.060                   |
| >500     | -0.050                   | +0.070                   |

A. 凸、凹模刃口尺寸计算方法

根据凸、凹模加工制造方法的不同，其刃口尺寸的计算方法也不同，遵照计算原则，参看公差带图 6-3 可按下述方法进行计算。

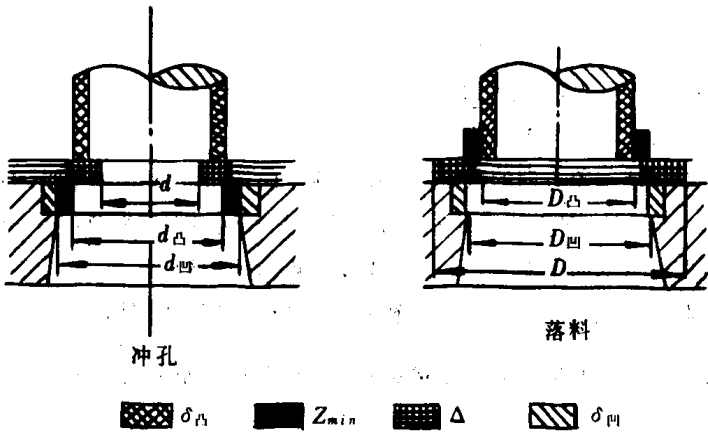


图 6—3 冲模刃口尺寸公差带图

a. 凸模和凹模分开加工制造时，凸、凹模刃口尺寸的计算方法

这种方法主要适用于圆形或简单形状刃口。设计时需在图纸上分别标注凸模和凹模刃口尺寸及制造公差。并且保证冲模的制造公差与冲裁间隙之间满足下列条件：

$$|\delta_{凹}| + |\delta_{凸}| \leq Z_{max} - Z_{min}$$

或取

$$\delta_{凹} = 0.6 (Z_{max} - Z_{min})$$

$$\delta_{凸} = 0.4 (Z_{max} - Z_{min})$$

凸模和凹模刃口尺寸计算公式。

1. 落料: 设工件尺寸为  $D - \Delta$ 。如果工件尺寸标注的是其它偏差形式, 则应换算成单向负偏差值。

$$D_{凹} = (D - x\Delta) + \delta_{凹}$$

$$\begin{aligned} D_{凸} &= (D_{凹} - Z_{min}) - \delta_{凸} \\ &= (D - x\Delta - Z_{min}) - \delta_{凸} \end{aligned}$$

2. 冲孔: 设工件尺寸为  $d + \Delta$ 。如果工件尺寸标注的是其它偏差形式, 则应换算成单向正偏差值。

$$d_{凸} = (d + x\Delta) - \delta_{凸}$$

$$\begin{aligned} d_{凹} &= (d_{凸} + Z_{min}) + \delta_{凹} \\ &= (d + x\Delta + Z_{min}) + \delta_{凹} \end{aligned}$$

b. 凸模和凹模配合加工时刃口尺寸计算方法见图 6—4、6—5, 计算公式见表 6—94。

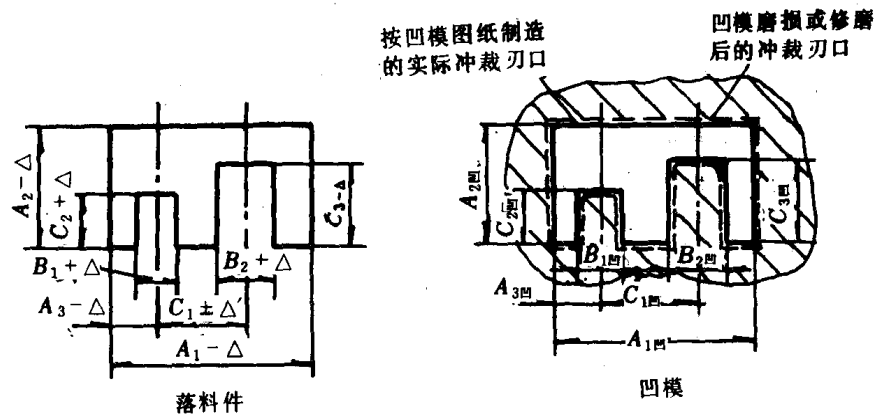


图 6—4 落料件和凹模尺寸

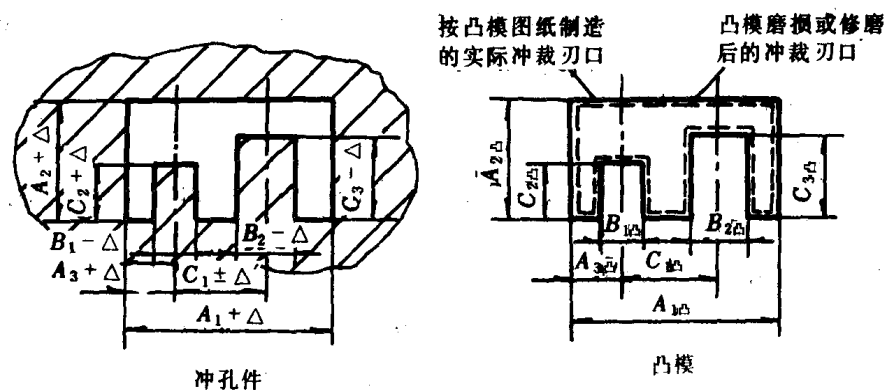


图 6—5 冲孔件和凸模尺寸

表 6—94

配合加工法凸、凹模尺寸及其公差的计算公式

| 工序性质 | 工件尺寸<br>(图 6—4)<br>(图 6—5) |                 | 凸 模 尺 寸                                     | 凹 模 尺 寸                                                                   |                                                                |
|------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 落料   | $A_{-\Delta}$              |                 | 按凹模尺寸配制, 其双面间隙为<br>$Z_{\min} \sim Z_{\max}$ | $A_{\text{凹}} = (A - x\Delta) + \delta_{\text{凹}}$ (磨损后尺寸可能变大)            |                                                                |
|      | $B^{+\Delta}$              |                 |                                             | $B_{\text{凹}} = (B + x\Delta) - \delta_{\text{凹}}$ (磨损后尺寸可能变小)            |                                                                |
|      | C                          | $C^{+\Delta}$   |                                             | $C_{\text{凹}} = (C + \frac{1}{2}\Delta) \pm \delta_{\text{凹}}$ (磨损后尺寸无变化) |                                                                |
|      |                            | $C_{-\Delta}$   |                                             | $C_{\text{凹}} = (C - \frac{1}{2}\Delta) \pm \delta_{\text{凹}}$            |                                                                |
|      |                            | $C \pm \Delta'$ |                                             | $C_{\text{凹}} = C \pm \delta_{\text{凹}}$                                  |                                                                |
| 冲孔   | $A^{+\Delta}$              |                 | 按凸模尺寸配制, 其双面间隙<br>$Z_{\min} \sim Z_{\max}$  |                                                                           |                                                                |
|      | $B_{-\Delta}$              |                 |                                             |                                                                           |                                                                |
|      | C                          | $C^{+\Delta}$   |                                             |                                                                           | $C_{\text{凸}} = (C + \frac{1}{2}\Delta) \pm \delta_{\text{凸}}$ |
|      |                            | $C_{-\Delta}$   |                                             |                                                                           | $C_{\text{凸}} = (C - \frac{1}{2}\Delta) \pm \delta_{\text{凸}}$ |
|      |                            | $C \pm \Delta'$ |                                             |                                                                           | $C_{\text{凸}} = C \pm \delta_{\text{凸}}$                       |

表中  $A_{\text{凸}}$ 、 $B_{\text{凸}}$ 、 $C_{\text{凸}}$ ——凸模刃口尺寸 (mm);

$A_{\text{凹}}$ 、 $B_{\text{凹}}$ 、 $C_{\text{凹}}$ ——凹模刃口尺寸 (mm);

$A$ 、 $B$ 、 $C$ ——工件基本尺寸 (mm);

$\Delta$ ——工件公差 (mm);

$\Delta'$ ——工件的偏差, 对称偏差时  $\Delta' = \frac{1}{2} \Delta$  (mm);

$\delta_{\text{凸}}$ 、 $\delta_{\text{凹}}$ ——凸、凹模制造公差 (mm)。

当标注形式为  $+\delta_{\text{凹}}$  (或  $-\delta_{\text{凸}}$ ) 时,  $\delta_{\text{凸}} = \delta_{\text{凹}} = \frac{\Delta}{4}$ ;

当标注形式为  $+\delta_{\text{凹}}$  (或  $\pm \delta_{\text{凸}}$ ) 时,  $\delta_{\text{凸}} = \delta_{\text{凹}} = \frac{\Delta}{8} + \frac{\Delta'}{4}$ ;

$x$ ——磨损系数, 其值见表 6—92。

## ② 冲压力的计算

冲压力是冲裁力、卸料力、推件力和顶出力的总称。它是冲裁时选择冲床吨位、进行模具强度、刚度校核的重要依据。

### A. 平刃口冲裁力可按下式计算:

$$P = KLt\tau \text{ (N)}$$

式中,  $P$ ——冲裁力 (N);  $L$ ——冲裁件周边长度 (mm);  $\tau$ ——材料抗剪强度 (MPa);  $t$ ——材料厚度 (mm);  $K$ ——系数, 通常  $K=1.3$ 。

系数  $K$  是考虑到实际生产中各种因素的影响,

同一种材料, 其强度极限有如下关系  $\sigma_b \approx 1.3\tau$ 。故冲裁力可按下式计算:

$$P = Lt\sigma_b \text{ (N)}$$

如果冲裁圆形零件则冲裁力可简化为:

$$P = \pi dt\sigma_b \text{ (N)}$$

### B. 卸料力、推件力、顶件力的计算

卸料力是将箍在凸模上的板料卸下时所需要的力；推料力是将落料件顺着冲裁方向从凹模洞口推出时所需的力；顶件力是将落料件逆着冲裁方向顶出凹模刃口时所需的力，它们一般采用经验公式来计算：

$$P_x = K_x P \text{ (N)}, P_t = n K_t P \text{ (N)}, P_d = K_d P \text{ (N)}$$

式中， $P_x$ 、 $P_t$ 、 $P_d$ ——分别为卸料力、推件力和顶件力；

$K_x$ 、 $K_t$ 、 $K_d$ ——分别为卸料力、推件力、顶件力系数，见表 6—95。

表 6—95 系数  $K_x$ 、 $K_t$ 、 $K_d$  值

| 材料种类及厚度 (mm) |          | $K_x$       | $K_t$     | $K_d$     |
|--------------|----------|-------------|-----------|-----------|
| 钢            | <0.1     | 0.065~0.075 | 0.1       | 0.14      |
|              | >0.1~0.5 | 0.045~0.055 | 0.063     | 0.08      |
|              | >0.5~2.5 | 0.04~0.05   | 0.055     | 0.06      |
|              | >2.5~6.5 | 0.03~0.04   | 0.045     | 0.05      |
|              | >6.5     | 0.02~0.03   | 0.025     | 0.03      |
| 铝及铝合金        |          | 0.025~0.08  | 0.03~0.07 | 0.03~0.07 |
| 紫铜、黄铜        |          | 0.02~0.06   | 0.03~0.09 | 0.03~0.09 |

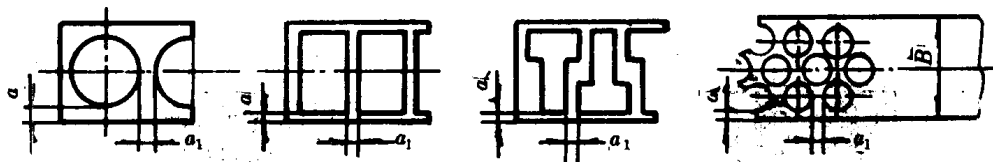
### 3 冲裁件的结构工艺性

#### A. 冲裁工作的排样方法

表 6—96

冲裁金属材料的搭边值

(mm)



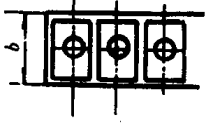
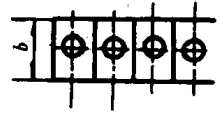
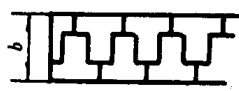
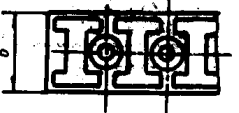
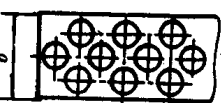
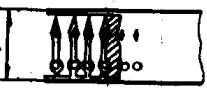
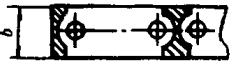
| 材料厚度<br>$t$ | 手 工 送 料 |       |       |       |         |       | 自 动 送 料 |       |
|-------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|
|             | 圆 形     |       | 非 圆 形 |       | 往 复 送 料 |       | $a$     | $a_1$ |
|             | $a$     | $a_1$ | $a$   | $a_1$ | $a$     | $a_1$ |         |       |
| ~1          | 1.5     | 1.5   | 2     | 1.5   | 3       | 2     |         |       |
| 大于 1~2      | 2       | 1.5   | 2.5   | 2     | 3.5     | 2.5   | 3       | 2     |
| 大于 2~3      | 2.5     | 2     | 3     | 2.5   | 4       | 3.5   |         |       |
| 大于 3~4      | 3       | 2.5   | 3.5   | 3     | 5       | 4     | 4       | 3     |
| 大于 4~5      | 4       | 3     | 5     | 4     | 6       | 5     | 5       | 4     |
| 大于 5~6      | 5       | 4     | 6     | 5     | 7       | 6     | 6       | 5     |
| 大于 6~8      | 6       | 5     | 7     | 6     | 8       | 7     | 7       | 6     |
| 8 以上        | 7       | 6     | 8     | 7     | 9       | 8     | 8       | 7     |

注：1. 冲非金属材料（皮革、纸板、石棉板等）时，搭边值应乘 1.5~2。

2. 有侧刃的搭边  $a' = 0.75a$ 。

表 6—97

排 样 方 式

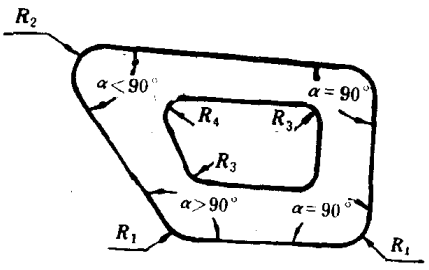
|       | 有 废 料 排 样                                                                           | 少、无废料排样                                                                              |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 直 排   |    |    |
| 斜 排   |    |    |
| 对 排   |   |   |
| 混 合 排 |  |  |
| 多 排   |  |  |
| 裁 搭 边 |  |  |

### B. 对冲裁零件的形状与尺寸要求

冲裁件零件力求简单, 对称, 最好采用圆形、矩形等规则的几何形状, 或由这些简单几何形状所组成。

冲裁件的外形或内孔的转角处, 应避免有尖锐的角, 以便于冲模加工。减少因热处理时的应力集中或冲裁时尖角处开裂, 同时防止模具尖角部位刃口过快磨损, 冲模转角处最小圆角半径见表 6—98。

表 6—98 转角处最小圆角半径 ( $t$  = 料厚 mm)

|  | 落 料                 |                     | 冲 孔                 |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                                                                   | $\alpha > 90^\circ$ | $\alpha < 90^\circ$ | $\alpha > 90^\circ$ | $\alpha < 90^\circ$ |
|                                                                                   | $R_1 > 0.25t$       | $R_2 > 0.5t$        | $R_3 > 0.3t$        | $R_4 > 0.6t$        |

尽量避免冲裁孔径很小的孔, 因为小孔和深孔冲裁难度较大。各种材料允许最小孔径见表 6—99, 冲裁模采用凸模护套结构时, 最小冲孔尺寸见表 6—100。表中所列数值均指冲单孔, 冲多孔时, 表中数值应放大孔至边距必须大于四倍孔径, 以防止工件边缘发生凸起现象。

表 6—99 用普通冲模 (自由凸模) 冲孔的最小孔径值 ( $t$  = 料厚, mm)

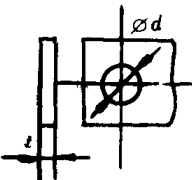
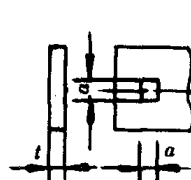
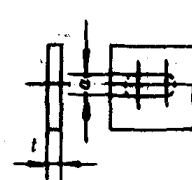
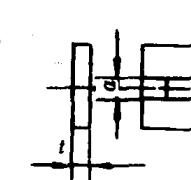
| 序<br>号 | 材料种类    | 材料抗拉强度<br>$\sigma_b$<br>(MPa) | 圆孔 (直径 $d$ )<br> | 方孔 (边长 $a$ )<br> | 长圆孔 (孔宽 $a$ )<br> | 矩形孔 (孔宽 $a$ )<br> |
|--------|---------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 钢       | 400                           | $d > t$                                                                                             | $a > 0.9t$                                                                                          | $a > 0.7t$                                                                                            | $a > 0.8t$                                                                                             |
| 2      |         | 400~700                       | $d > 1.3t$                                                                                          | $a > 1.2t$                                                                                          | $a > 0.9t$                                                                                            | $a > t$                                                                                                |
| 3      |         | >700                          | $d > 1.5t$                                                                                          | $a > 1.35t$                                                                                         | $a > 1.1t$                                                                                            | $a > 1.2t$                                                                                             |
| 4      | 黄铜、铜    |                               | $d > 0.9t$                                                                                          | $a > 0.8t$                                                                                          | $a > 0.65t$                                                                                           | $a > 0.7t$                                                                                             |
| 5      | 铝、锌     |                               | $d > 0.8t$                                                                                          | $a > 0.7t$                                                                                          | $a > 0.6t$                                                                                            | $a > 0.6t$                                                                                             |
| 6      | 纸板、纸、皮革 |                               | $d > 0.5t$                                                                                          | $a > 0.4t$                                                                                          | $a > 0.35t$                                                                                           | $a > 0.4t$                                                                                             |

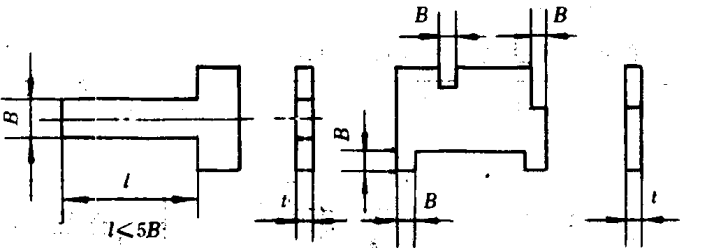
表 6—100 采用凸模护套冲孔的最小尺寸 (单孔) (mm)

| 材 料     | 圆 形 $d$  | 矩 形 $a$  |
|---------|----------|----------|
| 硬钢      | $>0.5t$  | $>0.4t$  |
| 黄铜、软钢   | $>0.35t$ | $>0.3t$  |
| 紫铜、铝、 锌 | $>0.30t$ | $>0.28t$ |
| 夹纸、夹布胶板 | $>0.30t$ | $>0.25t$ |

冲裁件上应避免有细长的悬臂和狭长的槽, 防止因凸模过细冲裁时折断。如果工件需要这些形状, 其宽度和深度值  $B$  不应小于表 6—101 所列数值。悬臂长  $L < 5B$ 。

冲裁件的孔与孔之间, 孔至边缘之间的距离不应过小, 否则冲模的强度及工件的质量都不易保证。其具体数值见图 6—6。

表 6—101 冲裁件的凸出或凹入部分的宽度和深度

|  | 材 料     | $B$             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------|
|                                                                                     | 硬钢      | $2 \sim 2.3t$   |
|                                                                                     | 黄铜、软钢   | $1.4 \sim 1.5t$ |
|                                                                                     | 紫铜、铝、 锌 | $1.1 \sim 1.2t$ |
|                                                                                     | 夹纸、夹布胶板 | $0.9 \sim 1.0t$ |

在弯曲件和拉深件上冲孔时, 其孔边至工件直壁之间应保持一定距离, 使孔边处于工件变形区之外, 防止冲孔时因变形部位变形而折断凸模, 其值  $C > R + 0.5t$ 。见图 6—7。拉深工件底部的孔可在拉深过程结束时接着冲孔, 也可用单独工序冲孔。但凸缘上的孔只能在拉深结束后, 用单独工序冲出。

如果用条料冲裁其端部带圆弧的工件时 (图 6—8), 其端部圆弧半径应大于条料宽度  $B$  的一半。  $R < \frac{1}{2}B$  时, 由于条料宽度公差及送进导向误差, 将使圆弧不能与两边相切, 容易形成毛刺和凸肩。如果工件圆弧半径  $R > \frac{1}{2}B$ , 可采用图 6—8 (a)、(c) 的凸模结构形式。

C. 冲裁件的尺寸精度

普通冲裁件的尺寸精度一般在 IT10~IT11 级以下, 粗糙度低于  $\frac{1}{2}$ 。冲孔精度比落料精度高一级。对于冲裁工件精度要求高于 IT10 级的, 就需要采用整修或其它精密冲裁方法加工。冲裁件的经济精度、尺寸公差、中心距公差、孔对外缘轮廓的偏移公差及角度公差见表 6—102~表 6—106。



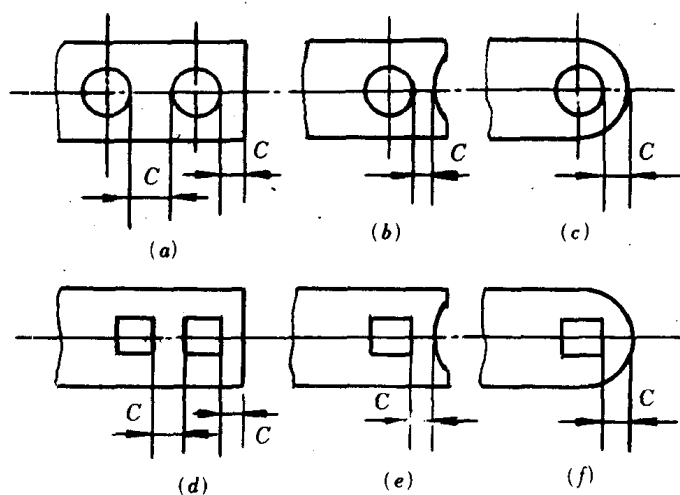


图 6—6 冲裁件的孔间距与孔边距

(a)  $C > t$  (b)  $C > 0.7t$  (c)  $C > 1.2t$  (d)  $C > t$   
(e)  $C > 0.8t$  (f)  $C > 1.3t$

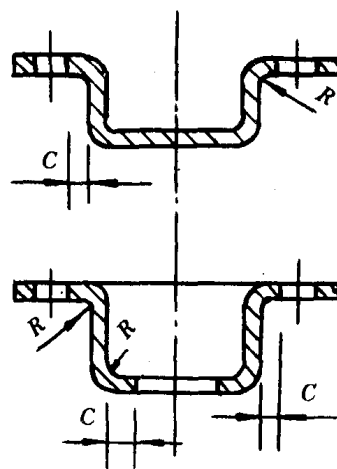


图 6—7 弯曲件和拉伸件上冲孔位置

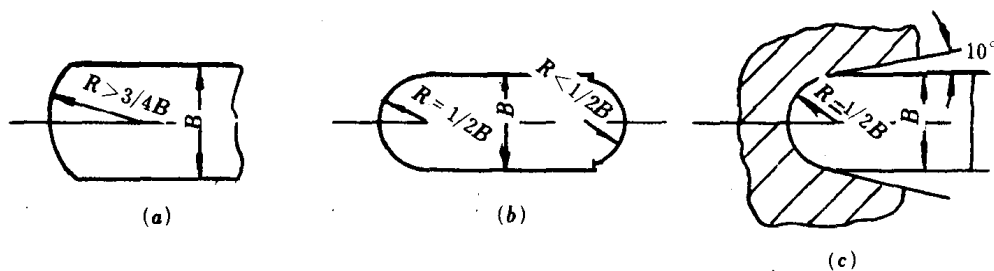


图 6—8 条料端部圆弧结构工艺性

(a) 好 (b) 不好 (c) 良好

表 6—102

冲裁金属工件内孔所能达到的经济精度

| 材料厚度<br>$t$<br>(mm) | 工 件 基 本 尺 寸 (mm) |           |           |           |        |        |        |         |          |          |          |          |
|---------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                     | <3               | >3~6      | >6~10     | >10~18    | >18~30 | >30~50 | >50~80 | >80~120 | >120~180 | >180~260 | >260~360 | >360~500 |
|                     | 精 度 等 级          |           |           |           |        |        |        |         |          |          |          |          |
| <1                  | IT12~IT11        |           | IT11~IT10 |           |        |        |        |         |          |          |          |          |
| >1~2                | IT13             | IT12~IT11 |           | IT11~IT10 |        |        |        |         |          |          |          |          |
| >2~3                | IT13~IT12        |           | IT12~IT11 |           |        |        |        |         |          |          |          |          |
| >3~5                | —                | IT13~IT12 |           | IT12~IT11 |        |        |        |         |          |          |          |          |

表 6—103

冲裁件外形与内孔尺寸的公差

(mm)

| 材料厚度    | 普通冲裁模               |                     |                     |          | 高级冲裁模                |                     |                     |          |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|----------------------|---------------------|---------------------|----------|
|         | 工 件 尺 寸             |                     |                     |          |                      |                     |                     |          |
|         | < 10                | 10~ 50              | 50~ 150             | 150~ 300 | < 10                 | 10~ 50              | 50~ 150             | 150~ 300 |
| 0.2~0.5 | $\frac{0.08}{0.05}$ | $\frac{0.01}{0.08}$ | $\frac{0.14}{0.12}$ | 0.02     | $\frac{0.025}{0.02}$ | $\frac{0.03}{0.04}$ | $\frac{0.05}{0.08}$ | 0.08     |
| 0.5~1   | $\frac{0.12}{0.05}$ | $\frac{0.16}{0.08}$ | $\frac{0.22}{0.12}$ | 0.30     | $\frac{0.03}{0.02}$  | $\frac{0.04}{0.04}$ | $\frac{0.06}{0.08}$ | 0.10     |
| 1~2     | $\frac{0.18}{0.06}$ | $\frac{0.22}{0.12}$ | $\frac{0.30}{0.16}$ | 0.50     | $\frac{0.04}{0.03}$  | $\frac{0.06}{0.06}$ | $\frac{0.08}{0.10}$ | 0.12     |
| 2~4     | $\frac{0.24}{0.08}$ | $\frac{0.28}{0.12}$ | $\frac{0.40}{0.20}$ | 0.70     | $\frac{0.06}{0.04}$  | $\frac{0.08}{0.08}$ | $\frac{0.10}{0.12}$ | 0.15     |
| 4~6     | $\frac{0.30}{0.10}$ | $\frac{0.35}{0.15}$ | $\frac{0.50}{0.25}$ | 1.00     | $\frac{0.10}{0.06}$  | $\frac{0.12}{0.10}$ | $\frac{0.15}{0.15}$ | 0.20     |

注：1. 表中分子为外形的公差值，分母为内孔的公差值。

2. 普通冲裁模，即指模具工作部分取IT7~8级制造精度，高级冲裁模，即指模具工作部分取IT5~6级以上的制造精度，并采取措施避免热处理变形。

表 6—104

冲裁件孔中心距公差

(mm)

| 材<br>料<br>厚<br>度 | 普通冲裁模        |            |            | 高级冲裁模      |            |            |
|------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                  | 孔中心距基本尺寸 $L$ |            |            |            |            |            |
|                  | < 50         | 50~150     | 150~300    | < 50       | 50~150     | 150~300    |
| < 1              | $\pm 0.1$    | $\pm 0.15$ | $\pm 0.20$ | $\pm 0.03$ | $\pm 0.05$ | $\pm 0.08$ |
| 1~2              | $\pm 0.12$   | $\pm 0.20$ | $\pm 0.30$ | $\pm 0.04$ | $\pm 0.06$ | $\pm 0.10$ |
| 2~4              | $\pm 0.15$   | $\pm 0.25$ | $\pm 0.35$ | $\pm 0.06$ | $\pm 0.08$ | $\pm 0.12$ |
| 4~6              | $\pm 0.20$   | $\pm 0.30$ | $\pm 0.40$ | $\pm 0.08$ | $\pm 0.10$ | $\pm 0.15$ |

注：使用本表时，所有的孔应同时冲出。

表 6—105

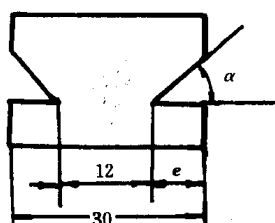
孔对外缘轮廓的偏移公差

(mm)

| 模具型式和定位方法 | 模具精度 | 工 件 尺 寸     |            |            |
|-----------|------|-------------|------------|------------|
|           |      | < 30        | 30~100     | 100~200    |
| 复合模       | 高级的  | $\pm 0.015$ | $\pm 0.02$ | $\pm 0.02$ |
|           | 普通的  | $\pm 0.02$  | $\pm 0.03$ | $\pm 0.04$ |
| 有导正销的连续模  | 高级的  | $\pm 0.05$  | $\pm 0.10$ | $\pm 0.12$ |
|           | 普通的  | $\pm 0.10$  | $\pm 0.15$ | $\pm 0.20$ |
| 无导正销的连续模  | 高级的  | $\pm 0.10$  | $\pm 0.15$ | $\pm 0.25$ |
|           | 普通的  | $\pm 0.20$  | $\pm 0.30$ | $\pm 0.40$ |
| 外形定位的冲孔模  | 高级的  | $\pm 0.08$  | $\pm 0.12$ | $\pm 0.18$ |
|           | 普通的  | $\pm 0.15$  | $\pm 0.20$ | $\pm 0.30$ |

表 6—106

冲裁件的角度公差



例：冲制如左图所示零件，其短边长度

$$e = \frac{30 - 12}{2} = 9$$

则  $\alpha$  角的公差为  $\pm 2^\circ 30'$ （一般精度）

| 精度等级  | 短 边 长 度 $e$ (mm) |           |               |               |               |               |           |         |          |          |          |          |       |
|-------|------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|---------|----------|----------|----------|----------|-------|
|       | 1~3              | >3~6      | >6~10         | >10~18        | >18~30        | >30~50        | >50~80    | >80~120 | >120~180 | >180~260 | >260~360 | >360~500 | >500  |
|       | 公 差 $\pm \Delta$ |           |               |               |               |               |           |         |          |          |          |          |       |
| IT5~6 | $2^\circ 30'$    | $2^\circ$ | $1^\circ 30'$ | $1^\circ 50'$ | $1^\circ$     | $50'$         | $40'$     | $30'$   | $25'$    | $20'$    | $15'$    | $12'$    | $10'$ |
| IT7~8 | $4^\circ$        | $3^\circ$ | $2^\circ 30'$ | $2^\circ$     | $1^\circ 30'$ | $1^\circ 15'$ | $1^\circ$ | $50'$   | $40'$    | $30'$    | $25'$    | $20'$    | $15'$ |

注：IT7~8级精度为一般精度；IT5~6级精度为较高精度。

## ④凹模设计

A. 凹模刃口形式（见图 6-9）及尺寸（见表 6—107）

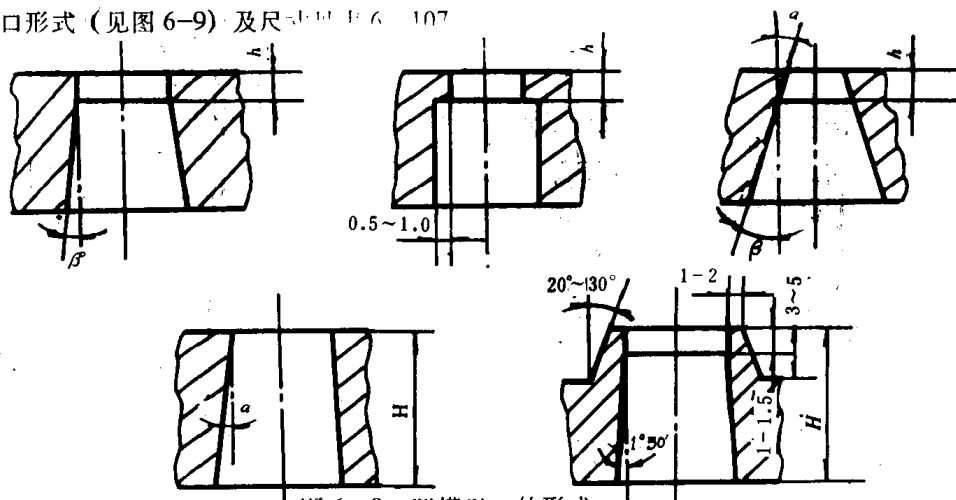


图 6—9 凹模刃口的形式

表 6—107

凹 模 刃 口 尺 寸

mm

| 材 料 厚 度 $t$    | 主 要 参 数 | $\alpha$ | $\beta$   | $h$   | 备 注                                                            |
|----------------|---------|----------|-----------|-------|----------------------------------------------------------------|
| $< 0.5$        |         | $15'$    | $2^\circ$ | $> 4$ | $\alpha$ 值仅适用于钳加工。电加工制造凹模时，一般 $\alpha' = 4' \sim 20'$ (复合模取小值) |
| $0.5 \sim 1$   |         |          |           | $> 5$ |                                                                |
| $1.0 \sim 2.5$ |         |          |           | $> 6$ |                                                                |
| $2.5 \sim 6.0$ |         | $30'$    | $3^\circ$ | $> 8$ |                                                                |
| $> 6.0$        |         |          |           | —     |                                                                |

B. 凹模外形尺寸

凹模厚度:  $H = kb$  ( $H > 15\text{mm}$ )

式中,  $k$ ——系数, 其值见表 6—108;  $b$ ——最大孔口尺寸 (mm)。

凹模壁厚:  $c = (1.5 \sim 2) H$ ,  $c > 30 \sim 40\text{mm}$ 。

表 6—108

系数  $k$  的数值

| 料 厚 $t$<br>(mm) | 0.5  | 1    | 2    | 3    | $> 3$ |
|-----------------|------|------|------|------|-------|
| $b$ (mm)        |      |      |      |      |       |
| $< 50$          | 0.3  | 0.35 | 0.42 | 0.50 | 0.60  |
| $50 \sim 100$   | 0.2  | 0.22 | 0.28 | 0.35 | 0.42  |
| $100 \sim 200$  | 0.15 | 0.18 | 0.20 | 0.24 | 0.30  |
| $> 200$         | 0.10 | 0.12 | 0.15 | 0.18 | 0.22  |

⑤ 凸模设计

图 6—10 (a) 适用于  $d = 1 \sim 8\text{mm}$ ; (b) 适用于  $d = 1 \sim 15\text{mm}$ 。

图 6—11 适用于  $d = 8 \sim 30\text{mm}$ 。以上三种凸模都有标准尺寸, 设计时供参考。

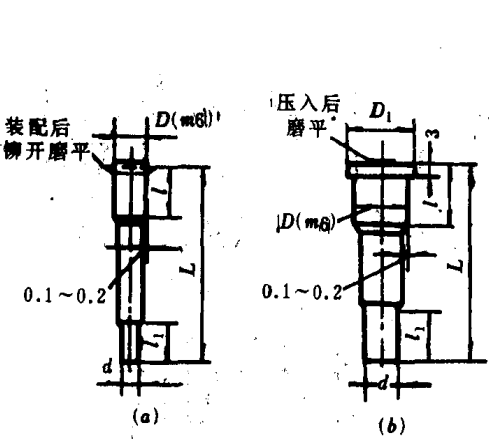


图 6—10 标准圆凸模

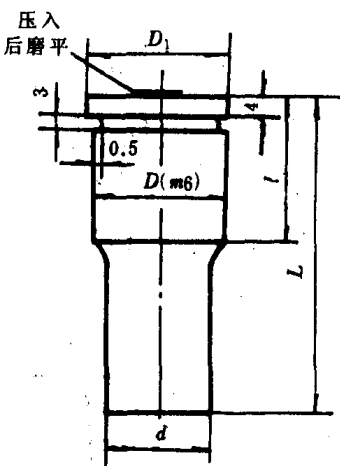


图 6—11 标准圆凸模

⑥模具其它尺寸 (见图 6—12 和表 6—109、6—110)。

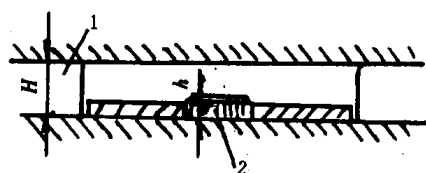


图 6—12

1—导轨；2—挡料销。

表 6—109

导轨厚度  $H$  与固定挡料销高度  $h$

(mm)

| 板料厚度<br>$t$<br>(mm) | $h$<br>(mm) | 厚 度 $H$   |          |            |          |
|---------------------|-------------|-----------|----------|------------|----------|
|                     |             | 固 定 挡 料 销 |          | 有刃的或伸缩式挡料销 |          |
|                     |             | 模 具 长 度   |          | 模 具 长 度    |          |
|                     |             | 200mm 以下  | 200mm 以上 | 200mm 以下   | 200mm 以上 |
| 0.3~1               | 2           | 6         | 8        | 4          | 5        |
| 1~2                 | 3           | 8         | 10       | 5          | 6        |
| 2~3                 | 4           | 10        | 12       | 6          | 8        |
| 3~4                 | 4           | 12        | 15       | 8          | 10       |
| 4~5                 | 5           | 15        | 15       | 10         | 12       |

表 6—110

凸模与固定卸料板间的单边间隙

(mm)

| 板料厚度 $t$ (mm) | 0.2 以下 | 0.2~0.5 | 0.5~1 | 1~3 | 3~5 | 5~8 | 8~10 | 10~15 |
|---------------|--------|---------|-------|-----|-----|-----|------|-------|
| 用导柱时          | 0.1    | 0.2     | 0.5   | 1   | 2   | 3   | 4    | 5     |
| 用卸料板导向时与凸模的配合 | h6     | h6      | g6    | g6  | f9  | f9  | f9   | f9    |

### 6.5.4 弯曲

#### ① 弯曲件的结构工艺性

##### A. 最小弯曲半径 (见表 6—111)

表 6—111 最小弯曲半径数值

| 材 料                | 退 火 状 态      |               | 冷作硬化状态        |              |
|--------------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
|                    | 弯 曲 线 的 位 置  |               |               |              |
|                    | 垂直纤维         | 平行纤维          | 垂直纤维          | 平行纤维         |
| 铝                  | 0.1 <i>t</i> | 0.35 <i>t</i> | 0.5 <i>t</i>  | 1.0 <i>t</i> |
| 紫 铜                | 0.1 <i>t</i> | 0.35 <i>t</i> | 1.0 <i>t</i>  | 2.0 <i>t</i> |
| 软 黄 铜              | 0.1 <i>t</i> | 0.35 <i>t</i> | 0.35 <i>t</i> | 0.8 <i>t</i> |
| 半硬黄铜               | 0.1 <i>t</i> | 0.35 <i>t</i> | 0.5 <i>t</i>  | 1.2 <i>t</i> |
| 磷 铜                | —            | —             | 1.0 <i>t</i>  | 3.0 <i>t</i> |
| 08, 10, Q195, Q215 | 0.1 <i>t</i> | 0.4 <i>t</i>  | 0.4 <i>t</i>  | 0.8 <i>t</i> |
| 15, 20, Q235       | 0.1 <i>t</i> | 0.5 <i>t</i>  | 0.5 <i>t</i>  | 1.0 <i>t</i> |
| 25, 30, Q255       | 0.2 <i>t</i> | 0.6 <i>t</i>  | 0.6 <i>t</i>  | 1.2 <i>t</i> |
| 35, 40, Q275       | 0.3 <i>t</i> | 0.8 <i>t</i>  | 0.8 <i>t</i>  | 1.5 <i>t</i> |
| 45, 50             | 0.5 <i>t</i> | 1.0 <i>t</i>  | 1.0 <i>t</i>  | 1.7 <i>t</i> |
| 55, 60             | 0.7 <i>t</i> | 1.3 <i>t</i>  | 1.3 <i>t</i>  | 2.0 <i>t</i> |

注 \* 1. 当弯曲线与纤维方向成一定角度时, 可采用垂直和平行纤维方向二者的中间值。

2. 在冲裁或剪切后没有退火的毛坯弯曲时, 应作为硬化的金属选用。

3. 弯曲时应使有毛刺的一边处于弯角的内侧。

4. 表中  $t$  为板料厚度。

##### B. 弯曲件直边高度

直边高度  $H > 2t$ 。若  $H < 2t$  应预先压槽或加高直边, 弯曲后再切除 (见图 6—13)。弯曲侧边带斜角件时 (图 6—14),

$$H = (2-4)t > 3\text{mm}$$

##### C. 弯曲件孔边距离 (图 6—15)

$$t > 2\text{mm} \quad L > 2t$$

$$t < 2\text{mm} \quad L > t$$

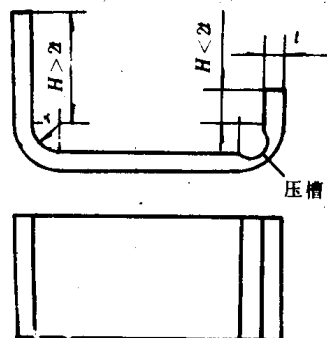


图 6—13 弯曲件直边的高度

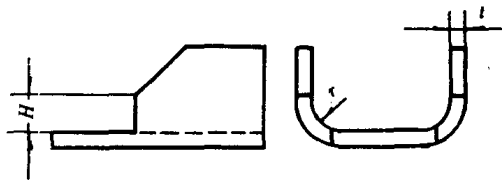


图 6—14 弯曲件侧边的高度

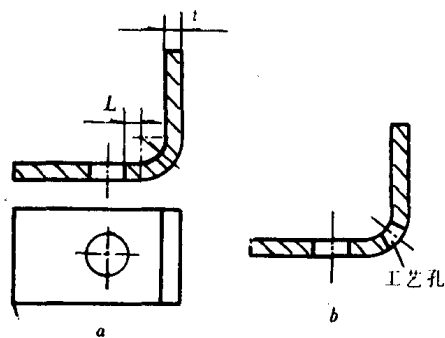


图 6—15 弯曲件孔边距

#### D. 连接带和定位工艺孔

有缺口的零件，弯曲后再冲缺口；对复杂零件应预先加定位工艺孔（见图 6—16）。

E. 对称性工件，圆角半径应成对相等设置，见图 6—17。即：

$$r_1 = r_2; \quad r_3 = r_4$$

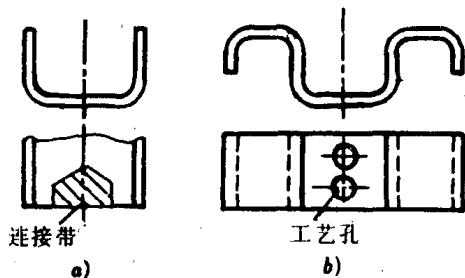


图 6—16 连接带与定位工艺孔

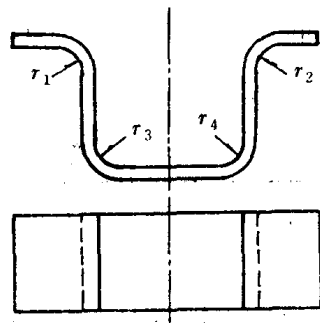


图 6—17 对称性工件圆角半径

#### ② 弯曲件的回弹

$\frac{r}{t} < 5$  的软材料在  $90^\circ$  单角校正时，回弹角见表 6—112。

表 6—112

单角  $90^\circ$  校正弯曲时的回弹角  $\Delta\alpha$

| 材 料       | $r/t$                       |                        |                                |
|-----------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|
|           | $<1$                        | $1 \sim 2$             | $2 \sim 3$                     |
| Q215、Q235 | $-1^\circ \sim 1^\circ 30'$ | $0^\circ \sim 2^\circ$ | $1^\circ 30' \sim 2^\circ 30'$ |
| 紫铜、铝、黄铜   | $0^\circ \sim 1^\circ 30'$  | $0^\circ \sim 3^\circ$ | $2^\circ \sim 4^\circ$         |

$\frac{r}{t} > 10$  时，则分别计算出凸模圆角部分的夹角和圆角半径  $a_\rho$  和  $r_\rho$ 。

$$r_\rho = \frac{1}{\frac{1}{r} + 3\frac{\sigma_s}{Et}}; \quad a_\rho = \frac{r}{r_\rho} a$$

式中，

$r$ ——工件圆角半径； $a$ ——工件圆角半径  $r$  所对弧长的中心角； $E$ ——弹性模量； $\sigma_s$ ——屈服强度。

#### ③ 弯曲件尺寸计算

$r > 0.5t$  的弯曲件, 毛坯长度尺寸为:

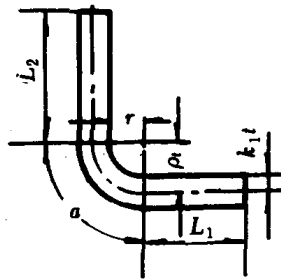


图 6—18 毛坯长度

$$L = L_1 + L_2 + \frac{\pi\alpha}{180^\circ} \rho$$
$$= L_1 + L_2 + \frac{\pi\alpha}{180^\circ} (r + K_1 t)$$

式中  $L$ ——毛坯展开长度;  $\rho = (r + K_1 t)$ ——中性层曲率半径;  $K_1$ ——系数, 其值见表6—113;  $\alpha$ ——弯曲中心角;  $L_1$ 、 $L_2$ ——工件平直部分长度。

如果弯曲角 $\theta$ 为 $90^\circ$ , 则弯曲中心角 $\alpha = 180^\circ - 90^\circ = 90^\circ$ , 毛坯长度为:

$$L = L_1 + L_2 + \frac{\pi}{2} (r + K_1 t) = L_1 + L_2 + 1.57(r + K_1 t)$$

表 6—113 弯曲角为  $90^\circ$  时  $K_1$  值 (10~20 号钢)

| $r/t$ | 0.1  | 0.25 | 0.5  | 1.0  | 2.0   | 3.0  | 4.0   | $>4$ |
|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|
| $K_1$ | 0.32 | 0.35 | 0.38 | 0.42 | 0.455 | 0.47 | 0.475 | 0.50 |

$r < 0.5t$  的弯曲件, 其毛坯长度确定见表 6—114。

表 6—114  $r < 0.5t$  弯曲件展开长度公式

| 简 图  |                        |                         |                                          |
|------|------------------------|-------------------------|------------------------------------------|
| 计算公式 | $L = L_1 + L_2 + 0.4t$ | $L = L_1 + L_2 - 0.43t$ | $L = L_1 + L_2 + L_3 + 0.6t$<br>一次同时弯两个角 |

④弯曲力的计算

A. 自由弯曲



$$V\text{形件 } P_{\text{自}} = \frac{0.6KBt^2\sigma_b}{r+t} \text{ (N)}$$

$$U\text{形件 } P_{\text{自}} = \frac{0.7KBt^2\sigma_2}{r+t} \text{ (N)}$$

式中,  $B$ ——弯曲件宽度;  $r$ ——弯曲件内弯曲半径;  $K$ ——安全系数  $K=1.3$ ;  $\sigma_b$ ——抗拉强度;  $P_{\text{自}}$ ——自由弯曲时所需弯曲力;  $t$ ——材料厚度。

B. 校正弯曲力  $P_{\text{校}}$

$$P_{\text{校}} = F \cdot q$$

式中,  $F$ ——校正部分投影面积;  $q$ ——单位校正力, 其值见表 6—115。

表 6—115 单位校正力  $q$  值 (MPa)

| 材 料      | 材 料 厚 度 (mm) |       |        |         |
|----------|--------------|-------|--------|---------|
|          | <1           | 1~3   | 3~6    | 6~10    |
| 铝        | 15~20        | 20~30 | 30~40  | 40~50   |
| 黄 铜      | 20~30        | 30~40 | 40~60  | 60~80   |
| 10~20 号钢 | 30~40        | 40~60 | 60~80  | 80~100  |
| 25~30 号钢 | 40~50        | 50~70 | 70~100 | 100~120 |

#### ⑤凸凹模间隙

单边间隙一般为:  $Z = t_{\text{max}} + ct$

式中,  $c$ ——间隙系数, 可按表 6—116 选取;  $t_{\text{max}}$ ——材料最大厚度。

表 6—116 U 形件弯曲模凸、凹模的间隙系数  $c$  值

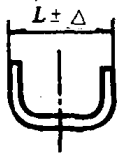
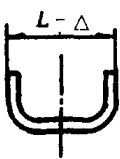
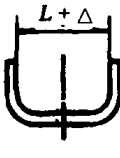
| 弯曲件高度<br>$H$<br>(mm) | $b/H < 2$        |              |              |              | $b/H \geq 2$ |              |              |                |               |
|----------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|---------------|
|                      | 材 料 厚 度 $t$ (mm) |              |              |              |              |              |              |                |               |
|                      | $< 0.5$          | $0.6 \sim 2$ | $2.1 \sim 4$ | $4.1 \sim 5$ | $< 0.5$      | $0.6 \sim 2$ | $2.1 \sim 4$ | $4.1 \sim 7.5$ | $7.6 \sim 12$ |
| 10                   | 0.05             | 0.05         | 0.04         | —            | 0.10         | 0.10         | 0.08         | —              | —             |
| 20                   | 0.05             | 0.05         | 0.04         | 0.03         | 0.10         | 0.10         | 0.08         | 0.06           | 0.06          |
| 35                   | 0.07             | 0.05         | 0.04         | 0.03         | 0.15         | 0.10         | 0.08         | 0.06           | 0.06          |
| 50                   | 0.10             | 0.07         | 0.05         | 0.04         | 0.20         | 0.15         | 0.10         | 0.06           | 0.06          |
| 70                   | 0.10             | 0.07         | 0.05         | 0.05         | 0.20         | 0.15         | 0.10         | 0.10           | 0.08          |
| 100                  | —                | 0.07         | 0.05         | 0.05         | —            | 0.15         | 0.10         | 0.10           | 0.08          |
| 150                  | —                | 0.10         | 0.07         | 0.05         | —            | 0.20         | 0.15         | 0.10           | 0.10          |
| 200                  | —                | 0.10         | 0.07         | 0.07         | —            | 0.20         | 0.15         | 0.15           | 0.10          |

#### ⑥凸凹模工作部分的尺寸与公差

凸凹模宽度尺寸计算公式见表 6—117。

表 6—117

U 形弯曲凸凹模宽度尺寸计算

| 尺寸标注方法                                                                              | 凹模尺寸 $L_{凹}$                            | 凸模尺寸 $L_{凸}$                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
|    | $L_{凹} = (L - 0.5\Delta) + \delta_{凹}$  | 凸模尺寸 $L_{凸}$ 按凹模配作, 保证双面间隙 $Z$          |
|    | $L_{凹} = (L - 0.75\Delta) + \delta_{凹}$ |                                         |
|   | 凹模尺寸 $L_{凹}$ 按凸模配作, 保证双面间隙 $Z$          | $L_{凸} = (L + 0.5\Delta) - \delta_{凸}$  |
|  |                                         | $L_{凸} = (L + 0.75\Delta) - \delta_{凸}$ |

注: 表中  $\delta_{凸}$ ,  $\delta_{凹}$  为凸凹模制造公差, 可采用 IT7~IT9 级

⑦弯曲凹模深度 (见表 6—118)

表 6—118

弯曲 U 形件的凹模深度  $L_0$ 

(mm)

| 弯曲件边长 $L$ | 材 料 厚 度 $t$ |     |      |      |       |
|-----------|-------------|-----|------|------|-------|
|           | <1          | 1~2 | >2~4 | >4~6 | >6~10 |
| <50       | 15          | 20  | 25   | 30   | 35    |
| 50~75     | 20          | 25  | 30   | 35   | 40    |
| 75~100    | 25          | 30  | 35   | 40   | 40    |
| 100~150   | 30          | 35  | 40   | 50   | 50    |
| 150~200   | 40          | 45  | 55   | 65   | 65    |

### 6.5.5 拉延

①旋转体拉延件毛坯尺寸的确定

表 6—119

无凸缘圆筒形拉伸件的修边余量  $\delta$ 

(mm)

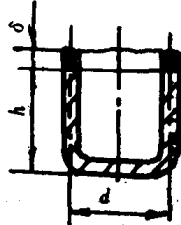
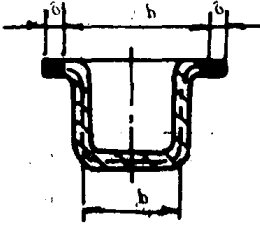
| 工件高度 $h$        | 工件的相对高度 $h/d$   |                 |                 |               | 附 图                                                                                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | $>0.5 \sim 0.8$ | $>0.8 \sim 1.6$ | $>1.6 \sim 2.5$ | $>2.5 \sim 4$ |                                                                                     |
| $<10$           | 1.0             | 1.2             | 1.5             | 2             |  |
| $>10 \sim 20$   | 1.2             | 1.6             | 2               | 2.5           |                                                                                     |
| $>20 \sim 50$   | 2               | 2.5             | 3.3             | 4             |                                                                                     |
| $>50 \sim 100$  | 3               | 3.8             | 5               | 6             |                                                                                     |
| $>100 \sim 150$ | 4               | 5               | 6.5             | 8             |                                                                                     |
| $>150 \sim 200$ | 5               | 6.3             | 8               | 10            |                                                                                     |
| $>200 \sim 250$ | 6               | 7.5             | 9               | 11            |                                                                                     |
| $>250$          | 7               | 8.5             | 10              | 12            |                                                                                     |

表 6—120

有凸缘圆筒形拉伸件的修边余量  $\delta$ 

(mm)

| 凸缘直径 $d_{\text{凸}}$ | 凸缘的相对直径 $d_{\text{凸}}/d$ |               |               |        | 附 图                                                                                  |
|---------------------|--------------------------|---------------|---------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | 1.5 以下                   | $>1.5 \sim 2$ | $>2 \sim 2.5$ | $>2.5$ |                                                                                      |
| $<25$               | 1.8                      | 1.6           | 1.4           | 1.2    |  |
| $>25 \sim 50$       | 2.5                      | 2.0           | 1.8           | 1.6    |                                                                                      |
| $>50 \sim 100$      | 3.5                      | 3.0           | 2.5           | 2.2    |                                                                                      |
| $>100 \sim 150$     | 4.3                      | 3.6           | 3.0           | 2.5    |                                                                                      |
| $>150 \sim 200$     | 5.0                      | 4.2           | 3.5           | 2.7    |                                                                                      |
| $>200 \sim 250$     | 5.5                      | 4.6           | 3.8           | 2.8    |                                                                                      |
| $>250$              | 6                        | 5             | 4             | 3      |                                                                                      |

A. 修边余量 (可查表 6—119、6—120)

B. 毛坯尺寸确定

按变形前后表面积相等的计算原则来计算拉伸件毛坯尺寸。

② 旋转体拉伸件的拉伸系数及拉伸次数

A. 筒形件拉伸时的拉伸系数见表 6—121、6—122, 拉伸次数见表 6—123。

表 6—121

圆筒形件带压边圈时的拉伸系数

| 拉伸系数  | 毛 坯 相 对 厚 度 $(t/D) \times 100$ |           |           |           |           |           |
|-------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       | 2.0—1.5                        | 1.5—1.0   | 1.0—0.6   | 0.6—0.3   | 0.3—0.15  | 0.15—0.08 |
| $m_1$ | 0.48—0.50                      | 0.50—0.53 | 0.53—0.55 | 0.55—0.58 | 0.58—0.60 | 0.60—0.63 |
| $m_2$ | 0.73—0.75                      | 0.75—0.76 | 0.76—0.78 | 0.78—0.79 | 0.79—0.80 | 0.80—0.82 |
| $m_3$ | 0.76—0.78                      | 0.78—0.79 | 0.79—0.80 | 0.80—0.81 | 0.81—0.82 | 0.82—0.84 |
| $m_4$ | 0.78—0.80                      | 0.80—0.81 | 0.81—0.82 | 0.82—0.83 | 0.83—0.85 | 0.85—0.86 |
| $m_5$ | 0.80—0.82                      | 0.82—0.84 | 0.84—0.85 | 0.85—0.86 | 0.86—0.87 | 0.87—0.88 |

注: 1. 表中拉伸数据适用于 08、10 和 15Mn 等普通拉伸碳钢及软黄铜 H62。对拉伸性能较差的材料, 拉伸钢如 20、25、Q215、Q235、硬铝等应比表中数值大 1.5~2.0%; 而对塑性更好的, 如 05、08、10 等深拉钢及软铝应比表中数值小 1.5~2.0%。

2. 表中数据适用于未经中间退火的拉伸。若采用中间退火工序时, 可取较表中数值小 2~3%。

3. 表中较小值适用于大的凹模圆角半径 ( $r_d = 8 \sim 15t$ ), 较大值适用于小的凹模圆角半径 ( $r_d = 4 \sim 8t$ )。

表 6—122

圆筒形件不带压边圈时的拉延系数

| 拉延系数  | 毛 坯 的 相 对 厚 度 $(t/D) \times 100$ |      |      |      |      |
|-------|----------------------------------|------|------|------|------|
|       | 1.5                              | 2.0  | 2.5  | 3.0  | >3   |
| $m_1$ | 0.65                             | 0.60 | 0.55 | 0.53 | 0.50 |
| $m_2$ | 0.80                             | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.70 |
| $m_3$ | 0.84                             | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.75 |
| $m_4$ | 0.87                             | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.78 |
| $m_5$ | 0.90                             | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.82 |
| $m_6$ | —                                | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.85 |

注：此表适用于 08、10 及 15Mn 等材料。

表 6—123

拉延件相对高度  $h/d$  与拉延次数的关系(无凸缘圆筒形件) (材料: 08F、10F)

| 拉延次数 | 毛 坯 的 相 对 厚 度 $(t/D) \times 100$ |           |           |           |           |           |
|------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|      | 2~1.5                            | 1.5~1.0   | 1.0~0.6   | 0.6~0.3   | 0.3~0.15  | 0.15~0.08 |
| 1    | 0.94~0.77                        | 0.84~0.65 | 0.71~0.57 | 0.62~0.5  | 0.52~0.45 | 0.46~0.38 |
| 2    | 1.88~1.54                        | 1.60~1.32 | 1.36~1.1  | 1.13~0.94 | 0.96~0.83 | 0.9~0.7   |
| 3    | 3.5~2.7                          | 2.8~2.2   | 2.3~1.8   | 1.9~1.5   | 1.6~1.3   | 1.3~1.1   |
| 4    | 5.6~4.3                          | 4.3~3.5   | 3.6~2.9   | 2.9~2.4   | 2.4~2.0   | 2.0~1.5   |
| 5    | 8.9~6.6                          | 6.6~5.1   | 5.2~4.1   | 4.1~3.3   | 3.3~2.7   | 2.7~2.0   |

注：大的  $h/d$  值适用于第一道工序的大凹模圆角 ( $r \approx (8 \sim 15)t$ )。

小的  $h/d$  值适用于第一道工序的小凹模圆角 ( $r \approx (4 \sim 8)t$ )。

B. 带突缘筒形件第一次拉延的相对高度可查表 6—124，第一次拉延的许可拉伸系数可查表 6—125，突缘件以后各次许可拉伸系数可查表 6—126。

表 6—124

带突缘件第一次拉延的许可相对高度  $h_1/d_1$  值

| 相对突缘直径 $d_1/d$ | 相 对 料 厚 $(t/d_0) \times 100$ |           |           |           |           |
|----------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                | 2.0~1.5                      | 1.5~1.0   | 1.0~0.6   | 0.6~0.3   | 0.3~0.15  |
| 1.1 以下         | 0.90~0.75                    | 0.82~0.65 | 0.70~0.57 | 0.62~0.50 | 0.52~0.45 |
| 1.3 以下         | 0.80~0.65                    | 0.72~0.56 | 0.60~0.50 | 0.53~0.45 | 0.47~0.40 |
| 1.5 以下         | 0.70~0.58                    | 0.63~0.50 | 0.53~0.45 | 0.48~0.40 | 0.42~0.35 |
| 1.8 以下         | 0.58~0.48                    | 0.53~0.42 | 0.44~0.37 | 0.39~0.34 | 0.35~0.29 |
| 2.0 以下         | 0.51~0.42                    | 0.46~0.36 | 0.38~0.32 | 0.34~0.29 | 0.30~0.25 |
| 2.2 以下         | 0.45~0.35                    | 0.40~0.31 | 0.33~0.27 | 0.29~0.25 | 0.26~0.22 |
| 2.5 以下         | 0.35~0.28                    | 0.32~0.25 | 0.27~0.22 | 0.23~0.20 | 0.21~0.17 |
| 2.8 以下         | 0.27~0.22                    | 0.24~0.19 | 0.21~0.17 | 0.18~0.15 | 0.16~0.13 |
| 3.0 以下         | 0.22~0.18                    | 0.20~0.16 | 0.17~0.14 | 0.15~0.12 | 0.13~0.10 |

注： $t/d_0$  值从 (2.0~1.5)% 到 (0.3~0.15)% 时，圆角半径  $r = (10 \sim 12)t \sim (20 \sim 25)t$  范围内变化； $r$  大， $h_1/d_1$  也增大。

表 6—125

突缘件第一次拉伸的许可拉伸系数 ( $m_1$ )

| 相对突缘直径 $d_1/d$ | 材料相对厚度 $(t/d_0) \times 100$ |         |         |         |          |
|----------------|-----------------------------|---------|---------|---------|----------|
|                | 2.0~1.5                     | 1.5~1.0 | 1.0~0.6 | 0.6~0.3 | 0.3~0.15 |
| 1.1 以下         | 0.51                        | 0.53    | 0.55    | 0.57    | 0.59     |
| 1.3 以下         | 0.49                        | 0.51    | 0.53    | 0.54    | 0.55     |
| 1.5 以下         | 0.47                        | 0.49    | 0.50    | 0.51    | 0.52     |
| 1.8 以下         | 0.45                        | 0.46    | 0.47    | 0.48    | 0.48     |
| 2.0 以下         | 0.42                        | 0.43    | 0.44    | 0.45    | 0.45     |
| 2.2 以下         | 0.40                        | 0.41    | 0.42    | 0.42    | 0.42     |
| 2.5 以下         | 0.37                        | 0.38    | 0.38    | 0.38    | 0.38     |
| 2.8 以下         | 0.34                        | 0.35    | 0.35    | 0.35    | 0.35     |
| 3.0 以下         | 0.32                        | 0.33    | 0.33    | 0.33    | 0.33     |

表 6—126

突缘件以后各次许可拉伸系数 ( $m_n$ )

| 拉伸系数 $m_n$ | 毛料的相对厚度 $(t/d_0) \times 100$ |         |         |         |          |
|------------|------------------------------|---------|---------|---------|----------|
|            | 2~1.5                        | 1.5~1.0 | 1.0~0.6 | 0.6~0.3 | 0.3~0.15 |
| $m_2$      | 0.73                         | 0.75    | 0.76    | 0.78    | 0.80     |
| $m_3$      | 0.75                         | 0.78    | 0.79    | 0.80    | 0.82     |
| $m_4$      | 0.78                         | 0.80    | 0.82    | 0.83    | 0.84     |
| $m_5$      | 0.80                         | 0.82    | 0.84    | 0.85    | 0.86     |

注：在应用中间退火的情形下，可以将以后各次的拉伸系数减小 5%~8%。

### ③压边力

拉伸时是否采用压边圈，可按表 6—127 确定。压边力计算及单位压边力  $q$  可查表 6—128、6—129。图 6—19 为带压边圈的拉伸模。

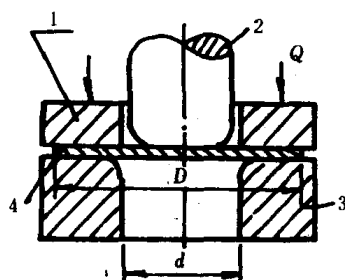


图 6—19 带压边圈的拉伸模

1. 压边圈 2. 凸模 3. 凹模 4. 毛坯

表 6—127

采用或不采用压边圈的条件

| 拉伸方法  | 第一次拉伸              |       | 以后各次拉伸             |       |
|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
|       | $(t/D) \times 100$ | $m_1$ | $(t/D) \times 100$ | $m_n$ |
| 用压边圈  | < 1.5              | < 0.6 | < 1                | < 0.8 |
| 可用可不用 | 1.5~2.0            | 0.6   | 1~1.5              | 0.8   |
| 不用压边圈 | > 2.0              | > 0.6 | > 1.5              | > 0.8 |

表 6—128

计 算 压 边 力 的 公 式

| 拉 延 情 况   | 公 式                                                  |
|-----------|------------------------------------------------------|
| 任何形状拉延件   | $Q = Fq$                                             |
| 筒形件第一次拉延  | $Q = \frac{\pi}{4} [D^2 - (d_1 + 2r_d)^2] q$         |
| 筒形件以后各次拉延 | $Q_n = \frac{\pi}{4} [d_{n-1}^2 - (d_n + 2r_d)^2] q$ |

注:  $F$ —压边的面积;

$q$ —单位压边力;

$d_1 \dots d_n$ —拉延件直径;

$r_d$ —凹模圆角半径。

表 6—129

单 位 压 边 力  $q$ 

| 材 料 名 称      |                    | 单位压边力 $q$ (kg/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------|--------------------|---------------------------------|
| 铝            |                    | 0.08~0.12                       |
| 紫铜、硬铝 (已退火的) |                    | 0.12~0.18                       |
| 黄 铜          |                    | 0.15~0.20                       |
| 软 钢          | $t < 0.5\text{mm}$ | 0.25~0.30                       |
|              | $t > 0.5\text{mm}$ | 0.20~0.25                       |
| 镀 锡 钢 板      |                    | 0.25~0.30                       |
| 耐 热 钢 (软化状态) |                    | 0.28~0.35                       |
| 高合金钢、高锰钢、不锈钢 |                    | 0.30~0.45                       |

#### ④拉延模工作部分尺寸确定

##### A. 凹模、凸模圆角半径确定

a. 首次拉延时, 凹模圆角半径  $r_{\text{凹}}$ , 可参照表 6—130 确定。

表 6—130

首次拉延凹模的圆角半径  $r_{\text{凹}}$ 

(mm)

| 拉延方式 | 毛 坯 的 相 对 厚 度 $t/D \times 100$ |                  |                    |
|------|--------------------------------|------------------|--------------------|
|      | $< 2.0 \sim 1.0$               | $< 1.0 \sim 0.3$ | $< 0.3 \sim 0.1^*$ |
| 无凸缘  | $(4 \sim 6)t$                  | $(6 \sim 8)t$    | $(8 \sim 12)t$     |
| 有凸缘  | $(6 \sim 12)t$                 | $(10 \sim 15)t$  | $(15 \sim 20)t$    |

注: 1. 有“\*”者最好用球面压边圈。

2. 对于有色金属和拉延钢取偏小值; 对于其它黑色金属取偏大值。

中间工序拉延时, 凹模圆角半径应逐渐减小, 一般取  $r_{\text{凹}n} = (0.6 \sim 0.8)r_{\text{凹}(n-1)}$ 。

一般  $r_{\text{凹}}$  不应小于材料厚度的两倍。

b. 凸模圆角半径  $r_{\text{凸}}$

除最末一次外, 其它各次拉延时  $r_{\text{凸}}$  为:

$$r_{\text{凸}} = (0.6 \sim 1)r_{\text{凹}}$$

最后一次，凸模圆角半径应与工件圆角半径相等。  
 C. 有压边圈的拉延模，相邻两次拉延工序的凸、凹模圆角半径相互关系见图 6—20。

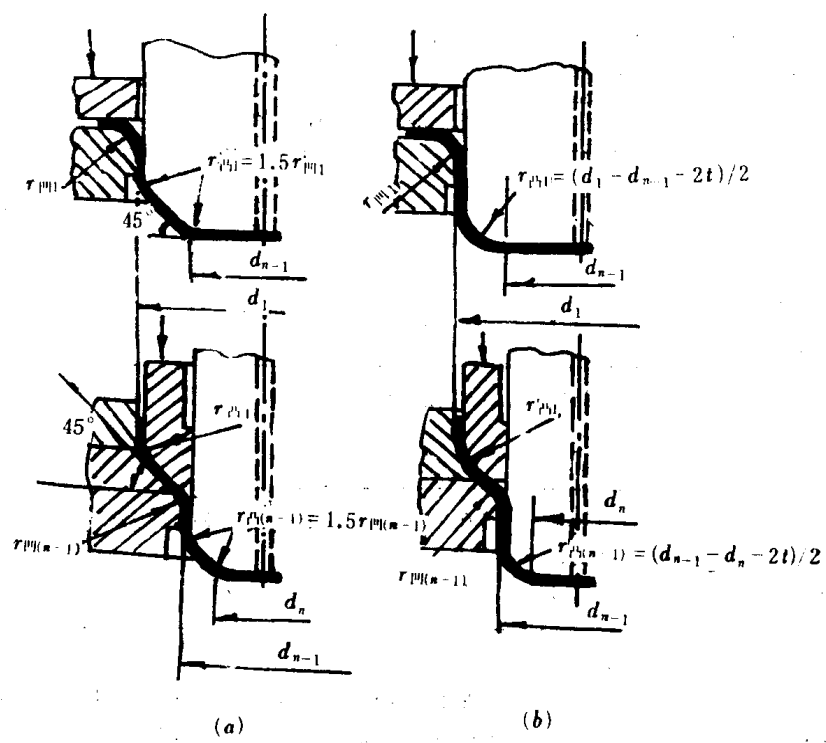


图 6—20 凸模与凹模圆角半径的相互关系

图 6—20 (a)一般用来拉延中、大型尺寸圆筒件。图 6—20 (b)用于拉延较小( $d<100\text{mm}$ )的零件及带凸缘与形状复杂的零件。

B. 间隙与通气孔

表 6—131 是推荐的凸模通气孔直径。凸模与凹模之间的间隙，可采用表 6—132 的数值。

表 6—131 气 孔 直 径

| 凸模直径 (mm) | 气孔直径 (mm) |
|-----------|-----------|
| 50 以下     | 4.5       |
| 50~100    | 6         |
| 100~200   | 8         |
| 200 以上    | 9         |

表 6—132

凸 模 与 凹 模 的 间 隙

| 板料厚度 $t$ , (mm) | 第一次拉延               | 后续拉延                | 校形拉延*               |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 0.40 以下         | $(1.07 \sim 1.09)t$ | $(1.08 \sim 1.1)t$  | $(1.04 \sim 1.05)t$ |
| 0.40~1.3        | $(1.08 \sim 1.1)t$  | $(1.09 \sim 1.12)t$ | $(1.05 \sim 1.06)t$ |
| 1.3~3.5         | $(1.1 \sim 1.12)t$  | $(1.12 \sim 1.14)t$ | $(1.07 \sim 1.09)t$ |
| 3.5 以上          | $(1.12 \sim 1.14)t$ | $(1.15 \sim 1.2)t$  | $(1.08 \sim 1.1)t$  |

注: \* 用于对直径或壁厚要求高的直壁零件, 或者为了改进表面质量。

知道板料厚度为正公差(+)和零件精度要求时, 对筒形件拉延, 凸模与凹模的间隙可采用表 6—133 的间隙值。 $\alpha$  值可查表 6—134。

表 6—133

凸 模 与 凹 模 的 间 隙

| 工 序    | 拉延件精度等级                    |                                       |
|--------|----------------------------|---------------------------------------|
|        | 1T8 和 1T9 级                | 1T11、1T12 和 1T13 级                    |
| 第一次拉延  | $Z = t + \delta + \alpha$  | $Z = t + \delta + (1.5 \sim 2)\alpha$ |
| 中间拉延工序 | $Z = t + \delta + 2\alpha$ | $Z = t + \delta + (2.5 \sim 3)\alpha$ |
| 最后一次拉延 | $Z = t + \delta$           | $Z = t + \delta + 2\alpha$            |

注: 括弧内下限值用于相当厚的材料。上限值用于相当薄( $t/D_0 = 1 \sim 0.2\%$ )的材料。

表 6—134

$\alpha$  值

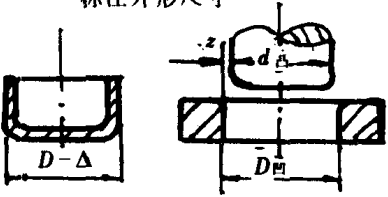
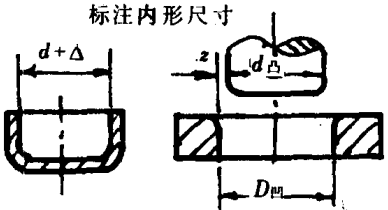
| 厚度 $t$ , mm    | 0.2  | 0.5  | 0.8  | 1.0  | 1.2  | 1.5  | 1.8  | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 4.0  | 5.0  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\alpha$ 值, mm | 0.05 | 0.10 | 0.12 | 0.15 | 0.17 | 0.19 | 0.21 | 0.22 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 |

C. 凸、凹模尺寸及制造公差

凸凹模尺寸计算公式见表 6—135, 圆形拉伸模凸、凹模制造公差可查表 6—136。

表 6—135

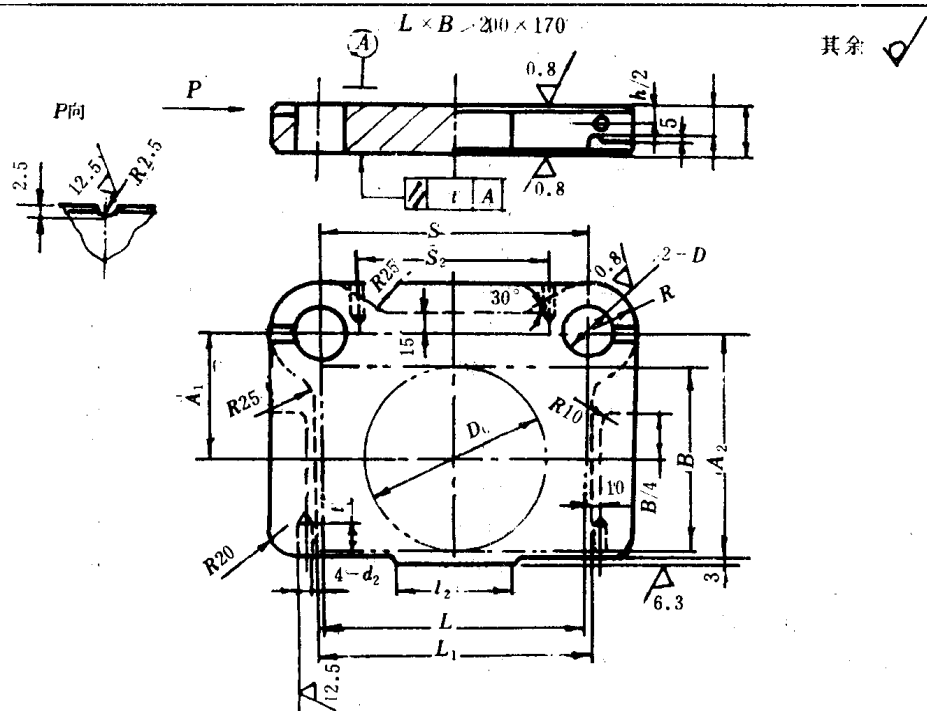
拉延模工作部分尺寸计算公式

| 尺寸标注方式                                                                                            | 凹模尺寸 $D_{\text{凹}}$                                        | 凸模尺寸 $d_{\text{凸}}$                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <p>标注外形尺寸</p>  | $D_{\text{凹}} = (D - 0.75\Delta)^{+\delta_{\text{凹}}}$     | $d_{\text{凸}} = (D - 0.75\Delta - 2Z) - \delta_{\text{凸}}$ |
| <p>标注内形尺寸</p>  | $D_{\text{凹}} = (d + 0.4\Delta + 2Z)^{+\delta_{\text{凹}}}$ | $d_{\text{凸}} = (d + 0.4\Delta) - \delta_{\text{凸}}$       |





续表 1



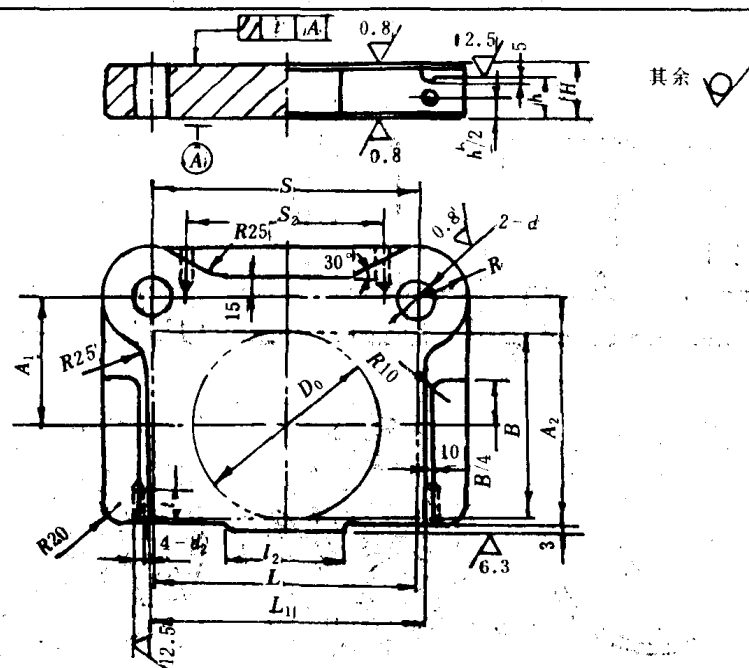
| 凹模周界 |     |                | H  | h  | L <sub>1</sub> | S   | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | R  | l <sub>2</sub> | D (H7) |             | d <sub>2</sub> | t  | S <sub>2</sub> | 质量<br>kg≈ |
|------|-----|----------------|----|----|----------------|-----|----------------|----------------|----|----------------|--------|-------------|----------------|----|----------------|-----------|
| L    | B   | D <sub>0</sub> |    |    |                |     |                |                |    |                | 基本尺寸   | 偏差          |                |    |                |           |
| 200  | 140 |                | 40 |    | 210            | 210 | 95             | 170            |    | 80             | 42     |             |                |    |                |           |
|      |     |                | 45 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 240  |     |                | 40 |    | 250            | 240 |                |                |    | 100            |        |             |                |    |                |           |
|      |     |                | 45 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 170  | 170 | 170            | 40 |    | 180            | 180 | 115            | 205            | 42 | 80             | 42     |             |                |    |                |           |
|      |     |                | 45 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 200  |     |                | 40 |    | 210            | 210 |                |                |    | 80             |        |             |                |    |                |           |
|      |     |                | 45 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 240  | 170 |                | 45 |    | 250            | 240 | 115            | 205            |    | 100            |        |             |                |    | 150            |           |
|      |     |                | 50 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 280  |     |                | 45 |    | 290            | 280 |                |                |    | 80             |        |             |                |    |                |           |
|      |     |                | 50 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 200  | 200 | 200            | 45 | 40 | 210            | 210 | 130            | 235            | 45 |                | 45     | +0.025<br>0 | 12             | 28 | 120            |           |
|      |     |                | 50 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 240  |     |                | 45 |    | 250            | 240 |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
|      |     |                | 50 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 280  | 200 |                | 45 | 40 | 290            | 280 | 130            | 235            |    |                |        |             |                |    | 180            |           |
|      |     |                | 50 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 320  |     |                | 45 |    | 330            | 310 |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
|      |     |                | 50 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 240  | 240 | 240            | 45 | 40 | 250            | 240 | 155            | 280            | 50 |                | 50     |             |                |    | 200            |           |
|      |     |                | 50 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 280  |     |                | 45 |    | 290            | 280 |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
|      |     |                | 50 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 320  | 240 |                | 55 | 45 | 330            | 310 | 155            | 280            |    |                |        |             |                |    | 280            |           |
|      |     |                | 50 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 400  |     |                | 55 |    | 410            | 390 |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
|      |     |                | 50 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 280  | 280 | 280            | 50 | 45 | 290            | 280 | 175            | 320            | 55 |                | 55     | +0.030<br>0 |                |    | 170            |           |
|      |     |                | 55 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 320  |     |                | 50 |    | 330            | 310 |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
|      |     |                | 55 |    |                |     |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |
| 400  | 280 |                | 50 | 45 |                |     | 175            | 320            |    |                |        |             | 17.5           | 40 | 200            |           |
|      |     |                | 55 |    | 410            | 390 |                |                |    |                |        |             |                |    |                |           |

标注方法: 后侧滑动导柱上模座 (L) × (B) × (H) GB2855-5-81

材料: HT200 铸铁

ZG310-570 铸钢

QT400-15 球墨铸铁



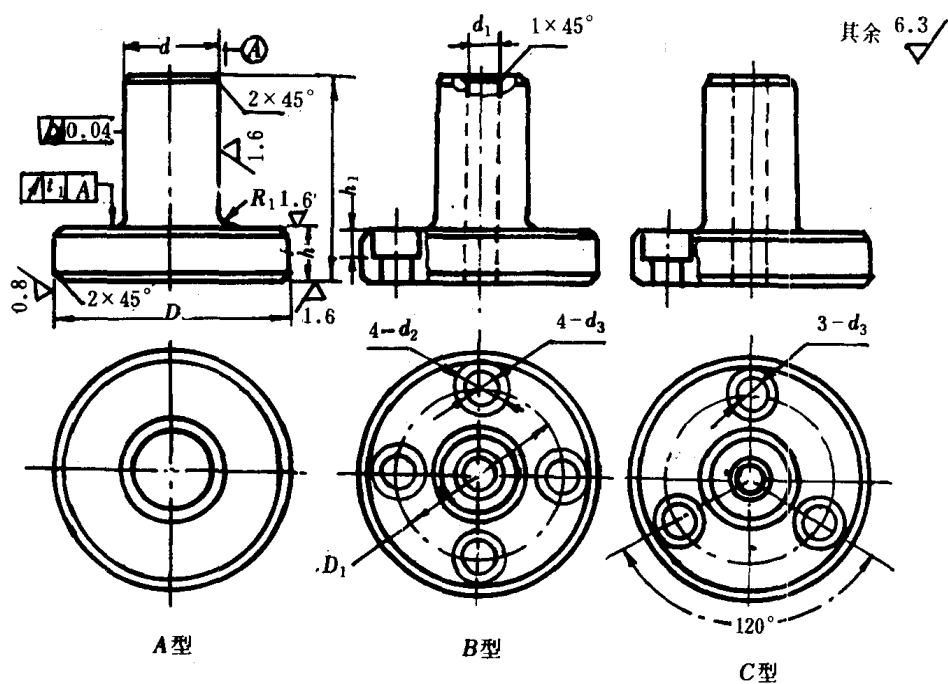
| 凹模周界 |     |                | H  | h  | L <sub>1</sub> | S   | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | R   | l <sub>2</sub> | d (R7) |                  | d <sub>2</sub> | t  | S <sub>2</sub> | 质量<br>kg≈        |    |    |    |     |     |     |     |
|------|-----|----------------|----|----|----------------|-----|----------------|----------------|-----|----------------|--------|------------------|----------------|----|----------------|------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| L    | B   | D <sub>0</sub> |    |    |                |     |                |                |     |                | 基本尺寸   | 偏差               |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 200  | 140 |                | 45 | 35 | 210            | 210 | 95             | 170            | 42  | 80             | 28     |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 55 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 240  |     |                | 45 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 55 |    | 250            | 240 |                |                |     | 100            |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 170  | 170 | 170            | 45 |    |                | 180 | 180            | 115            |     | 205            |        |                  |                |    |                |                  | 80 |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 55 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 200  |     |                | 45 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 55 |    | 210            | 210 |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 240  |     |                | 50 |    | 250            | 240 |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 60 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 280  |     |                | 50 |    | 290            | 280 |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 60 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 200  | 200 | 200            | 50 | 40 | 210            | 210 | 130            | 235            | 45  | 80             | 32     | -0.025<br>-0.050 | 12             | 28 |                | 120              |    |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 60 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 240  |     |                | 50 |    |                | 250 |                |                | 240 |                |        |                  |                |    |                | 150              |    |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 60 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 280  |     |                | 55 |    |                | 290 |                |                | 280 |                |        |                  |                |    | 180            |                  |    |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 65 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 320  |     |                | 55 |    |                | 330 |                |                | 310 |                |        |                  |                |    | 200            |                  |    |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 65 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 240  | 240 | 240            | 55 |    |                | 250 | 240            | 155            | 280 | 50             | 100    |                  |                |    | 35             | -0.025<br>-0.050 | 14 | 32 |    | 140 |     |     |     |
|      |     |                | 65 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 280  |     |                | 55 |    |                | 290 | 280            |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     | 180 |     |     |
|      |     |                | 65 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 320  |     | 60             |    |    | 330            | 310 | 175            |                |     | 320            |        |                  |                |    |                |                  |    |    | 55 | 40  |     | 200 |     |
|      |     | 70             |    |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 400  |     | 60             |    |    |                | 410 |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     | 390 |     | 280 |
|      |     | 70             |    |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 280  | 280 | 280            | 60 | 45 | 290            | 280 |                | 17.5           | 40  |                |        | 170              |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 70 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 320  |     |                | 60 |    |                | 330 |                |                |     |                | 310    |                  | 200            |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 70 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
| 400  |     |                | 60 |    |                | 410 | 390            |                |     |                |        |                  | 270            |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |
|      |     |                | 70 |    |                |     |                |                |     |                |        |                  |                |    |                |                  |    |    |    |     |     |     |     |

标注方法: 后侧滑动导柱下模座 (L) × (B) × (H) GB2855·6-81

材 料: HT200 铸铁

ZG310-570 铸钢

QT400-15 球墨铸铁 GB1348-78

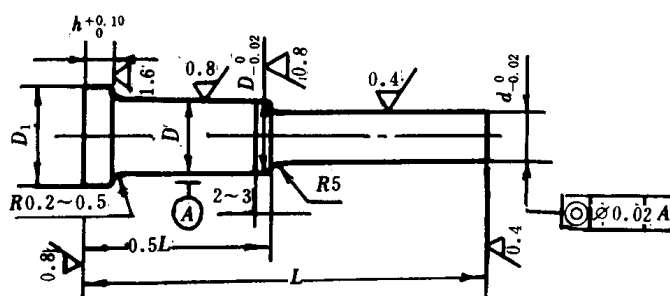
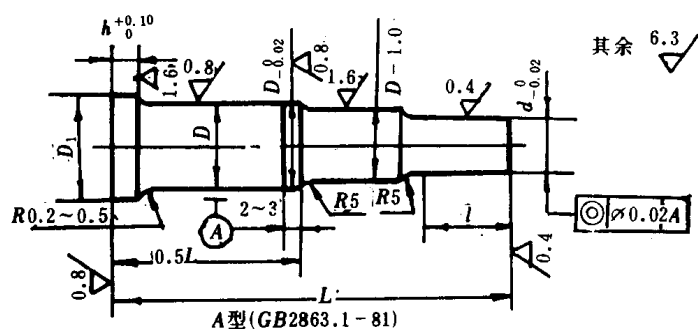


| 材 料                 |      | Q235A, Q275A     |                  |     |                  |             |
|---------------------|------|------------------|------------------|-----|------------------|-------------|
| $d$<br>( $d_{11}$ ) | 基本尺寸 | 30               | 40               | 50  | 60               | 70          |
|                     | 极限偏差 | -0.065<br>-0.195 | -0.080<br>-0.240 |     | -0.100<br>-0.290 |             |
| $D$<br>( $h_6$ )    | 基本尺寸 | 75               | 85               | 100 | 115              | 136         |
|                     | 极限偏差 | 0<br>-0.019      | 0<br>-0.022      |     |                  | 0<br>-0.025 |
| $H$                 |      | 64               | 78               |     | 90               | 98          |
| $h$                 |      | 16               | 18               |     | 20               | 22          |
| $d_1$               |      | 11               | 13               | 17  |                  | 21          |
| $D_1$               |      | 52               | 62               | 72  | 87               | 102         |
| $d_3$               |      | 9                | 11               |     | 13.5             |             |
| $d_2$               |      | 15               | 18               |     | 22               |             |
| $h_1$               |      | 9                | 11               |     | 13               |             |

表 6—140

圆 形 凸 模 型 式 和 尺 寸

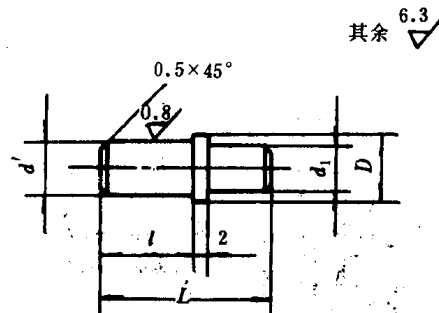
(mm)



| 材料  | 9Mn2V、Cr12MoV、Cr12                    |      |                  | 热处理   | 硬度 HRC58—62, 尾部回火 HRC40—50 |                                     |      |                  |       |
|-----|---------------------------------------|------|------------------|-------|----------------------------|-------------------------------------|------|------------------|-------|
|     | T10A、Cr6WV                            |      |                  |       | 硬度 HRC56—60, 尾部回火 HRC40—50 |                                     |      |                  |       |
| A 型 | <i>d</i>                              |      | 1—2              | >2—3  | >3—4                       | >4—6                                | >6—8 | >8—9             | >9—11 |
|     | <i>D</i><br>( <i>m</i> <sub>6</sub> ) | 基本尺寸 | 4                | 5     | 6                          | 8                                   | 10   | 12               | 14    |
|     |                                       | 极限偏差 | +0.012<br>+0.004 |       |                            | +0.015、<br>+0.006                   |      | +0.018<br>+0.007 |       |
|     | <i>D</i> <sub>1</sub>                 |      | 7                | 8     | 9                          | 11                                  | 13   | 15               | 17    |
|     | <i>l</i>                              |      | 5—6              | 8     | 10—12                      | 12( <i>L</i> ≤50)、15( <i>L</i> >50) |      |                  |       |
|     | <i>h</i>                              | I    | 3                |       |                            |                                     |      |                  |       |
|     |                                       | II   |                  |       |                            | 5                                   |      |                  |       |
|     | <i>L</i>                              |      | 30—50            | 30—58 | 36—60                      | 40—70                               |      |                  | 45—80 |

续表 1

| 材料  | 9Mn2V, Cr12MoV, Cr12 |      |                  | 热处理                | 硬度 HRC58-62, 尾部回火 HRC40-50 |                              |        |                  |        |
|-----|----------------------|------|------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|--------|------------------|--------|
|     | T10A, Cr6WV          |      |                  |                    | 硬度 HRC56-60, 尾部回火 HRC40-50 |                              |        |                  |        |
| A 型 | $d$                  |      | >11-13           | >13-15             | >15-18                     | >18-20                       | >20-24 | >24-26           | >26-30 |
|     | $D$<br>( $m_6$ )     | 基本尺寸 | 16               | 18                 | 20                         | 22                           | 25     | 30               | 32     |
|     |                      | 极限偏差 | +0.018<br>+0.007 |                    |                            | +0.021<br>+0.008             |        |                  |        |
|     | $D_1$                |      | 19               | 22                 | 24                         | 26                           | 30     | 35               | 38     |
|     | $l$                  |      |                  | 14(L<55), 18(L>55) |                            | 15(L<55), 20(L<80), 30(L>80) |        |                  |        |
|     | $h$                  | I    | 3                |                    |                            |                              |        |                  |        |
|     |                      | II   | 6                |                    |                            |                              |        |                  |        |
|     | $L$                  |      | 45-80            | 45-90              |                            | 52-100                       |        |                  |        |
| B 型 | $d$                  |      | 3-4              | >4-6               | >6-8                       | >8-9                         | >9-11  | >11-13           |        |
|     | $D(m_6)$             | 基本尺寸 | 6                | 8                  | 10                         | 12                           | 14     | 16               |        |
|     |                      | 极限偏差 | +0.012<br>+0.004 | +0.015<br>+0.006   |                            | +0.018<br>+0.007             |        |                  |        |
|     | $D_1$                |      | 9                | 11                 | 13                         | 15                           | 17     | 19               |        |
|     | $h$                  | I    | 3                |                    |                            |                              |        |                  |        |
|     |                      | II   |                  | 5                  |                            |                              |        | 6                |        |
|     | $L$                  |      | 36-50            | 40-55              |                            |                              |        |                  |        |
| B 型 | $d$                  |      | >13-15           | >15-18             | >18-20                     | >20-24                       | >24-26 | >26-30           |        |
|     | $D$<br>( $m_6$ )     | 基本尺寸 | 18               | 20                 | 22                         | 25                           | 30     | 32               |        |
|     |                      | 极限偏差 | +0.018<br>+0.007 | +0.021<br>+0.008   |                            |                              |        | +0.025<br>+0.009 |        |
|     | $D_1$                |      | 22               | 24                 | 26                         | 30                           | 35     | 38               |        |
|     | $h$                  | I    | 3                |                    |                            |                              |        |                  |        |
|     |                      | II   | 6                |                    |                            |                              |        |                  |        |
|     | $L$                  |      | 40-70            |                    |                            | 50-70                        |        |                  |        |



| d(d9)   |                  | D  | d <sub>1</sub> | l  | L  | 重量<br>kg≈ | d(d9)   |                  | D  | d <sub>1</sub> | l  | L  | 重量<br>kg≈ |
|---------|------------------|----|----------------|----|----|-----------|---------|------------------|----|----------------|----|----|-----------|
| 基 本 尺 寸 | 偏 差              |    |                |    |    |           | 基 本 尺 寸 | 偏 差              |    |                |    |    |           |
| 4       |                  | 6  | 3.5            | 10 | 22 |           | 10      | -0.040           | 12 | 8              | 18 | 30 |           |
|         |                  |    |                | 12 | 24 |           |         | -0.076           |    |                | 20 | 32 |           |
| 6       | -0.030<br>-0.060 | 8  | 5.5            | 10 | 22 |           | 12      | -0.050<br>-0.093 | 14 | 10             | 22 | 34 |           |
|         |                  |    |                | 12 | 24 |           |         |                  |    |                | 24 | 36 |           |
|         |                  |    |                | 14 | 26 |           |         |                  |    |                | 28 | 40 |           |
|         |                  |    |                | 16 | 28 |           |         |                  |    |                | 24 | 36 |           |
| 8       | -0.040<br>-0.076 | 10 | 7              | 12 | 24 |           | 16      | -0.065<br>-0.117 | 18 | 14             | 28 | 40 |           |
|         |                  |    |                | 14 | 26 |           |         |                  |    |                | 35 | 50 |           |
|         |                  |    |                | 16 | 28 |           |         |                  |    |                | 35 | 50 |           |
|         |                  |    |                | 18 | 30 |           |         |                  |    |                | 40 | 55 |           |
| 10      |                  | 12 | 8              | 14 | 26 |           | 20      | -0.065<br>-0.117 | 23 | 15             | 45 | 60 |           |
|         |                  |    |                | 16 | 28 |           |         |                  |    |                |    |    |           |

标注方法: 挡料销 (d) × (L) GB2866 • 581

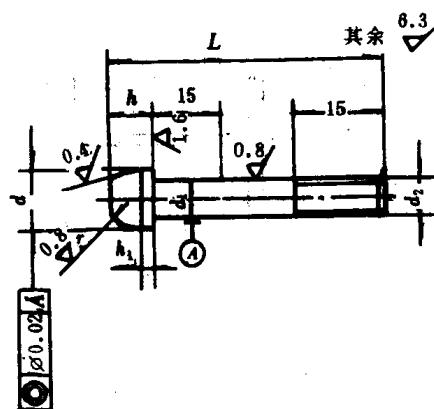
注: 材料: 45 号钢 GB699—65.

热处理: 淬火 HRC43~48.

表 6—142

长 螺 母 固 定 导 正 销

(mm)



| $d$ (h9) |             | $d_1$ (k6) |                  | $d_2$ | $h$ | $r$ | $L$   |
|----------|-------------|------------|------------------|-------|-----|-----|-------|
| 基本尺寸     | 偏 差         | 基本尺寸       | 偏 差              |       |     |     |       |
| >4~6     | 0<br>-0.030 | 4          | +0.009<br>+0.001 | M4    | 4   | 1   | 设计时确定 |
| >6~8     | 0<br>-0.036 | 5          |                  | M5    | 5   |     |       |
| >8~10    |             | 6          |                  | M6    |     | 2   |       |
| >10~12   | 0<br>-0.043 |            |                  |       |     |     |       |

标注方法: 导正销 ( $d$ )  $\times$  ( $d_2$ )

注: \*  $h_1$  的尺寸按工件厚度自行设计。

材料: 9Mn2V 钢或 Cr12 钢 GB1299—77。

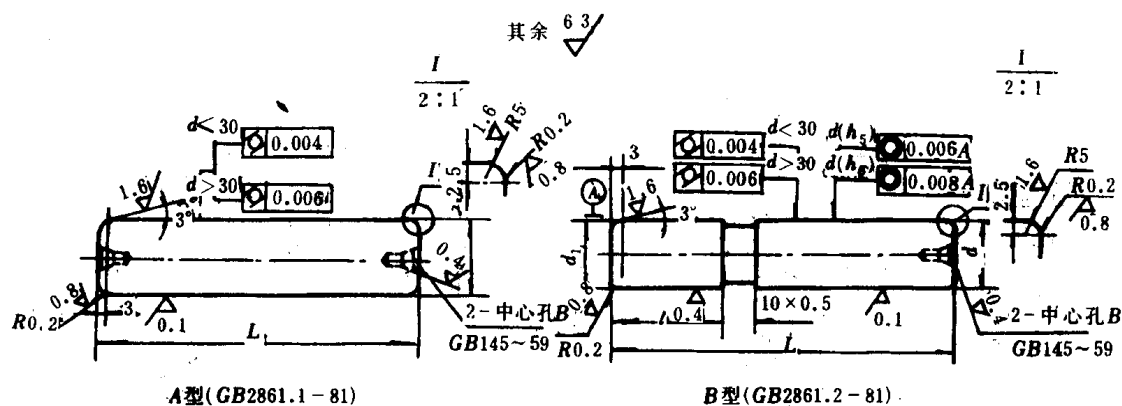
热处理: 淬火 HRC52~56。



表 6—143

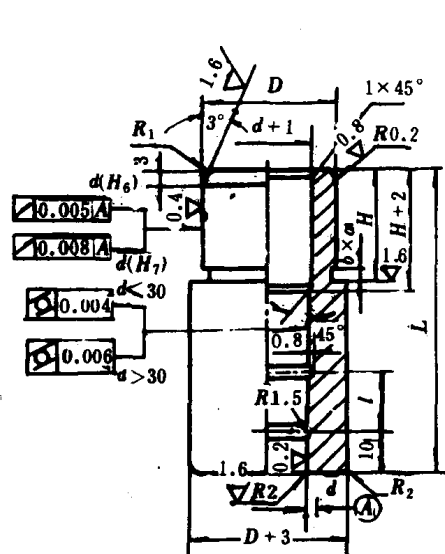
滑 动 导 柱 型 式 和 尺 寸

(mm)

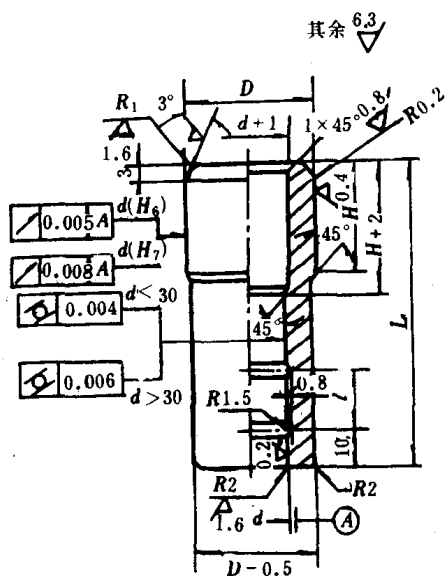


| 材 料                |          |       | 20 钢             |             |                  | 热 处 理          |                |                | 渗碳深度 0.8—1.2, 硬度 HRC58—62 |                |                |                |                      |                      |             |  |
|--------------------|----------|-------|------------------|-------------|------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|-------------|--|
| A 型                |          |       |                  |             |                  |                |                |                |                           |                |                |                |                      |                      |             |  |
| d                  | 基本尺寸     |       | 16               | 18          | 20               | 22             | 25             | 28             | 32                        | 35             | 40             | 45             | 50                   | 55                   | 60          |  |
|                    | 极限<br>偏差 | $h_5$ | 0<br>-0.008      | 0<br>-0.009 |                  |                |                | 0<br>-0.011    |                           |                |                | 0<br>-0.013    |                      |                      |             |  |
|                    |          | $h_6$ | 0<br>-0.011      | 0<br>-0.013 |                  |                |                | 0<br>-0.016    |                           |                |                | 0<br>-0.019    |                      |                      |             |  |
| L                  |          |       | 90—<br>110       | 90—<br>130  | 100—<br>130      | 100—<br>150    | 110—<br>180    | 130—<br>200    | 150—<br>210               | 160—<br>230    | 180—<br>260    | 200—<br>290    | 200—<br>300          | 220—<br>320          | 250—<br>320 |  |
| B 型                |          |       |                  |             |                  |                |                |                |                           |                |                |                |                      |                      |             |  |
| d                  | 基本尺寸     |       | 16               | 18          | 20               | 22             | 25             | 28             | 32                        | 35             | 40             | 45             | 50                   | 55                   | 60          |  |
|                    | 极限<br>偏差 | $h_5$ | 0<br>-0.008      | 0<br>-0.009 |                  |                |                | 0<br>-0.011    |                           |                |                | 0<br>-0.013    |                      |                      |             |  |
|                    |          | $h_6$ | 0<br>-0.011      | 0<br>-0.013 |                  |                |                | 0<br>-0.016    |                           |                |                | 0<br>-0.019    |                      |                      |             |  |
| $d_1$<br>( $r_6$ ) | 基本尺寸     |       | 16               | 18          | 20               | 22             | 25             | 28             | 32                        | 35             | 40             | 45             | 50                   | 55                   | 60          |  |
|                    | 极限<br>偏差 |       | +0.034<br>+0.023 |             | +0.041<br>+0.028 |                |                |                | +0.050<br>+0.034          |                |                |                | +0.060<br>+0.041     |                      |             |  |
| L                  |          |       | 90—<br>110       | 90—<br>130  | 100—<br>130      | 100—<br>150    | 110—<br>180    | 130—<br>200    | 150—<br>210               | 160—<br>230    | 180—<br>260    | 200—<br>290    | 200—<br>300          | 220—<br>320          | 250—<br>320 |  |
| I                  |          |       | 25、30<br>40      | 25、30<br>40 | 30、35<br>40      | 30、35<br>40、45 | 35、40<br>45、50 | 40、45<br>50、55 | 45、50<br>55、60            | 50、55<br>60、65 | 55、60<br>65、70 | 60、65<br>70、75 | 60、65<br>70、75<br>80 | 65、70<br>75、80<br>90 | 70、90       |  |

注：导柱直径偏差为  $k6$  时，表面粗糙度可为  $R_3$ 。



A 型(GB2861.6-81)



B 型(GB2861.7-81)

| 材 料                |          |                | 20 钢             |       |                  | 热处理   |       |             | 渗碳深度 0.8-1.2, 硬度 HRC58-62 |         |         |                  |         |         |         |
|--------------------|----------|----------------|------------------|-------|------------------|-------|-------|-------------|---------------------------|---------|---------|------------------|---------|---------|---------|
| d                  | 基本尺寸     |                | 16               | 18    | 20               | 22    | 25    | 28          | 32                        | 35      | 40      | 45               | 50      | 55      | 60      |
|                    | 极限<br>偏差 | H <sub>6</sub> | +0.011<br>0      |       | +0.013<br>0      |       |       | +0.016<br>0 |                           |         |         | +0.019<br>0      |         |         |         |
|                    |          | H <sub>7</sub> | +0.018<br>0      |       | +0.021<br>0      |       |       | +0.025<br>0 |                           |         |         | +0.030<br>0      |         |         |         |
| D(r <sub>e</sub> ) | 基本尺寸     |                | 25               | 28    | 32               | 35    | 38    | 42          | 45                        | 50      | 55      | 60               | 65      | 70      | 76      |
|                    | 极限偏差     |                | +0.041<br>+0.028 |       | +0.050<br>+0.034 |       |       |             | +0.060<br>+0.041          |         |         | +0.062<br>+0.043 |         |         |         |
| L                  | A 型      |                | 60 65            | 60-70 | 65 70            | 65-85 | 80-95 | 85-110      | 100-115                   | 105-125 | 115-140 | 125-150          | 125-160 | 150-170 | 160 170 |
|                    | B 型      |                | 40-65            | 40-70 | 45-70            | 50-85 | 55-95 | 60-110      | 65-115                    | 70-125  | 115-140 | 125-150          | 125-160 | 150-170 | 160 170 |
| H                  | A 型      |                | 18 23            | 18-28 | 23 28            | 23-33 | 28-38 | 33-43       | 38-48                     | 43 48   | 43-53   | 48-58            | 48-63   | 53-73   | 58 73   |
|                    | B 型      |                | 18 23            | 18-28 | 23-28            | 25-38 | 27-38 | 30-43       | 30-48                     | 33-48   | 43-53   | 48-58            | 48-63   | 53-73   | 58 73   |

注: 较大的 L 对应较大的 H, l=8-25, b=2-4, a=0.5-1, 油槽数 2-3.

### 螺钉固定导正销

[illegible]

| $D$ (h9) |             | $D_1$ (h6) |             | $d$ | $d_1$ | $H$ | $h$ | $h_1$ | $R$ |
|----------|-------------|------------|-------------|-----|-------|-----|-----|-------|-----|
| 基本尺寸     | 偏 差         | 基本尺寸       | 偏 差         |     |       |     |     |       |     |
| 12~14    | 0<br>-0.043 | 10         | 0<br>-0.009 | M6  | 7     | 14  | 8   | 4     | 2   |
| >14~18   |             | 12         | 0<br>-0.011 | M8  | 9     |     |     | 16    |     |
| >18~22   | 14          | M10        |             |     |       | 16  | 20  |       |     |
| >22~26   | 0<br>-0.052 |            |             | 16  | M12   |     |     | 19    |     |
| >26~30   |             | 18         |             | 26  |       | 28  |     |       |     |
| >30~40   | 0<br>-0.062 | 22         | 0<br>-0.013 |     | 26    |     | 12  | 12    | 8   |
| >40~50   |             | 26         |             | 28  |       |     |     |       |     |

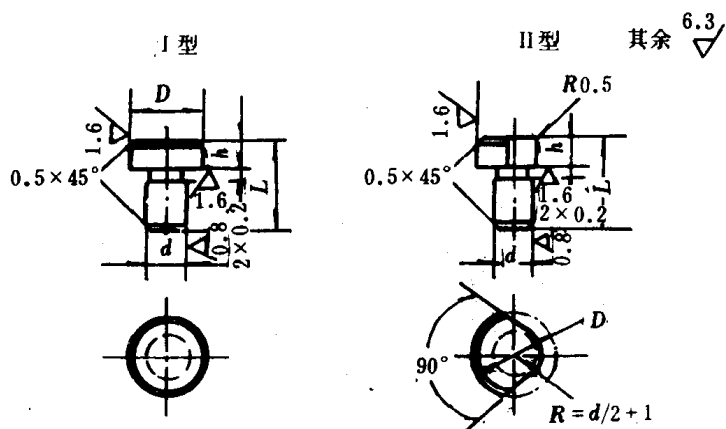
标注方法: 导正销 (D) × (H)

注: \*  $h_2$  尺寸可按工件厚度自行设计。材料: 9Mn2V 钢或 Cr12 钢 GB1299—77 热处理: 淬火 HRC52~56

表 6—146

固 定 挡 料 销

(mm)



| D (h11) |             | d (m6)           |                  | h                | L  | 每 100 件重量 kg≈ |      |
|---------|-------------|------------------|------------------|------------------|----|---------------|------|
| 基本尺寸    | 偏差          | 基本尺寸             | 偏差               |                  |    | I 型           | II 型 |
| 4       | 0           | 3                | +0.010           | 2                | 8  |               |      |
| 6       | -0.08       |                  | +0.004           |                  |    |               |      |
| 8       | 0<br>-0.10  | 4                | +0.012<br>0.004  | 3                | 10 |               |      |
| 10      |             | 6                |                  | 2                |    |               |      |
| 12      | 0<br>-0.12  |                  |                  | 8                | 3  | 14            |      |
|         |             | 5                |                  |                  |    |               |      |
|         |             | 3                |                  |                  |    |               |      |
| 15      | 0<br>-0.110 | 10               | +0.015           | 5                |    |               |      |
|         |             |                  | +0.005           | 5                |    |               |      |
|         |             |                  | 18               | +0.015<br>+0.006 | 3  | 18            |      |
| 6       |             |                  |                  |                  |    |               |      |
| 3       |             |                  |                  |                  |    |               |      |
| 18      | 12          | +0.018<br>+0.007 | 6                |                  |    |               |      |
|         |             |                  |                  |                  |    |               |      |
| 20      | 0<br>-0.130 | 10               | +0.015<br>+0.006 | 8                | 20 |               |      |
| 25      |             | 14               | +0.018           |                  |    |               |      |
|         |             | 12               | +0.007           |                  |    |               |      |
|         |             | 18               | +0.021<br>+0.008 | 22               |    |               |      |

标注方法: 挡料销 ( $D$ )  $\times$  ( $h$ ) GB2866 · 11—81

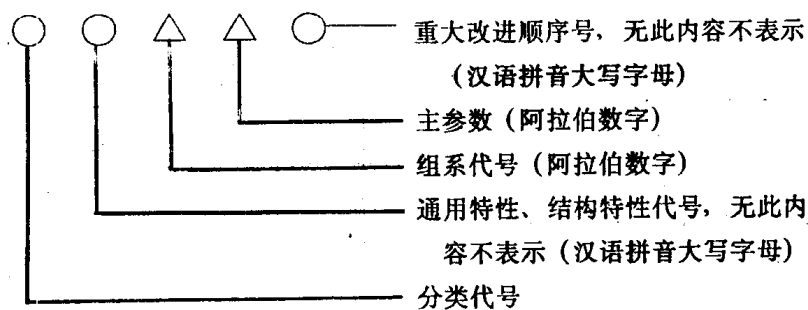
材料: 45 号钢 GB699—65 热处理: 淬火 HRC43~48

## 金属切削机床及设备

### 7.1 金属切削机床

#### 7.1.1 金属切削机床型号及其分类

##### ①机床基本型号的含义



##### ②机床的分类及其代号

表 7—1

机床的分类及其代号

| 类<br>别 | 车<br>床 | 钻<br>床 | 镗<br>床 | 磨<br>床 |    |    | 齿工<br>轮机<br>加床 | 螺工<br>纹机<br>加床 | 铣<br>床 | 刨<br>插<br>床 | 拉<br>床 | 特工<br>种机<br>加床 | 切<br>断<br>机<br>床 | 其<br>它<br>机<br>床 |
|--------|--------|--------|--------|--------|----|----|----------------|----------------|--------|-------------|--------|----------------|------------------|------------------|
| 代号     | C      | Z      | T      | M      | 2M | 3M | Y              | S              | X      | B           | L      | D              | G                | Q                |

##### ③机床特性代号

通用特性代号含义见表 7—2。结构特性代号是为了区分主参数相同, 而结构性能不同的机床, 其代号没有统一规定, 但不能使用通用特性用过的字母。

表 7—2

通用特性及其代号

| 通用特性 | 高<br>精<br>度 | 精<br>密 | 自<br>动 | 半<br>自<br>动 | 自<br>动<br>换<br>刀 | 数<br>控 | 仿<br>形 | 轻<br>型 | 加<br>重<br>型 | 简<br>式 |
|------|-------------|--------|--------|-------------|------------------|--------|--------|--------|-------------|--------|
| 代 号  | G           | M      | Z      | B           | H                | K      | F      | Q      | C           | J      |

#### ④机床组、系代号及主参数

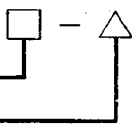
常用机床的组、系代号，主参数表示意义及折算系数见表 7-3。

#### ⑤专用机床的型号

型号的表示方法是：

设计单位代号（汉语拼音）

设计顺序号（设计单位编排）



#### ⑥组合机床及自动线的型号表示方法

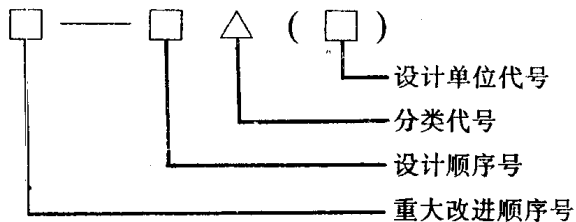


表 7-3

常用机床组系代号及主参数

| 类          | 组 | 系 | 机 床 名 称  | 折算系数            | 主 参 数     |
|------------|---|---|----------|-----------------|-----------|
| 车<br><br>床 | 1 | 2 | 单轴横切自动车床 | 1               | 最大棒料直径    |
|            | 1 | 3 | 单轴转塔自动车床 |                 |           |
|            | 3 | 0 | 回轮车床     |                 |           |
|            | 3 | 1 | 滑板转塔车床   | $\frac{1}{10}$  | 最大车削直径    |
|            | 5 | 1 | 单柱立式车床   | $\frac{1}{100}$ |           |
|            | 5 | 2 | 双柱立式车床   |                 |           |
|            | 6 | 1 | 卧式车床     | $\frac{1}{10}$  | 床身上最大回转直径 |
|            | 6 | 2 | 马鞍车床     |                 |           |
| 钻<br><br>床 | 3 | 0 | 摇臂钻床     | 1               | 最大钻孔直径    |
|            | 4 | 0 | 台式钻床     |                 |           |
|            | 5 | 1 | 方柱立式钻床   |                 |           |
| 镗<br>床     | 4 | 1 | 单柱坐标镗床   | $\frac{1}{10}$  | 工作台面宽度    |
|            | 6 | 1 | 卧式铣镗床    |                 | 镗轴直径      |

续表 1

| 类                          | 组 | 系 | 机 床 名 称  | 折算系数            | 主 参 数    |
|----------------------------|---|---|----------|-----------------|----------|
| 磨<br>床                     | 1 | 0 | 无心外圆磨床   | 1               | 最大磨削直径   |
|                            | 1 | 3 | 外圆磨床     | $\frac{1}{10}$  |          |
|                            | 1 | 4 | 万能外圆磨床   |                 |          |
|                            | 2 | 1 | 内圆磨床     |                 | 最大磨削孔径   |
|                            | 6 | 0 | 万能工具磨床   |                 | 最大回转直径   |
|                            | 7 | 1 | 卧轴矩台平面磨床 |                 | 工作台面宽度   |
|                            | 7 | 4 | 立轴圆台平面磨床 | 工作台面直径          |          |
| 齿<br>轮<br>加<br>工<br>机<br>床 | 3 | 1 | 滚齿机      | $\frac{1}{10}$  | 最大工件直径   |
|                            | 4 | 2 | 剃齿机      |                 |          |
|                            | 5 | 1 | 插齿机      |                 |          |
|                            | 6 | 0 | 花键轴铣床    |                 | 最大铣削直径   |
|                            | 7 | 1 | 锥形砂轮磨齿机  |                 | 最大工件直径   |
| 铣<br>床                     | 5 | 0 | 立式升降台铣床  | $\frac{1}{10}$  | 工作台面宽度   |
|                            | 6 | 0 | 卧式升降台铣床  |                 |          |
|                            | 6 | 1 | 万能升降台铣床  |                 |          |
| 刨<br>床                     | 2 | 0 | 龙门刨床     | $\frac{1}{100}$ | 最大刨削宽度   |
|                            | 5 | 0 | 插床       | $\frac{1}{10}$  | 最大插削长度   |
|                            | 6 | 0 | 牛头刨床     |                 | 最大刨削长度   |
| 拉<br>床                     | 6 | 1 | 卧式内拉床    | $\frac{1}{10}$  | 额定拉力(kN) |
| 锯<br>床                     | 6 | 0 | 圆锯机      | $\frac{1}{100}$ | 最大圆锯片直径  |
|                            | 7 | 0 | 弓锯机      | $\frac{1}{10}$  | 最大锯削长度   |

各类组合机床及自动线的分类代号见表 7—4。

表 7—4

组合机床及自动线的分类代号

| 分 类 | 大型组合<br>机床 | 小型组合<br>机床 | 自动换刀数<br>控组合机床 | 大型组合机<br>床自动线 | 小型组合机<br>床自动线 | 自动换刀数控<br>组合机床自动线 |
|-----|------------|------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|
| 代 号 | U          | H          | K              | UX            | HX            | KX                |

注: N>1.7kW 为大型, 否则为小型。

### 7.1.2 机床的选用原则

①机床技术规格应能满足加工零件的要求

②满足零件加工精度和表面粗糙度要求

通用机床应该具有的工作精度, 均有标准规定。

③满足生产率和经济要求

是否采用高效机床取决于生产性质。盲目采用高效机床会造成机床利用率低、经济效益差等情况。

### 7.1.3 机床的技术性能

常用机床的主要技术规格以及工作精度见表 7—5~7—32。

表 7—5

纵 切 自 动 车 床

(mm)

| 机床名称           | 型 号    | 技 术 参 数 |        |             |                    |           | 工 作 精 度 |          |            |            |                                 |
|----------------|--------|---------|--------|-------------|--------------------|-----------|---------|----------|------------|------------|---------------------------------|
|                |        | 最 大 加 工 |        | 刀<br>架<br>数 | 主 轴 转 速<br>(r/min) |           | 圆度      | 圆柱度*     | 直径的<br>同一度 | 长度的<br>同一度 | 表面粗<br>糙 度<br>( $\mu\text{m}$ ) |
|                |        | 直径      | 长度     |             | 级数                 | 范围        |         |          |            |            |                                 |
| 精密单轴纵<br>切自动车床 | CM1107 | 7       | 50     | 5           | 18                 | 1125~2000 | 0.005   | 0.005/10 | 0.008      | 0.02       | Ra0.8                           |
|                | CM1113 | 13      | 80     | 5           | 21                 | 600~6000  | 0.005   | 0.005/20 | 0.008      | 0.02       |                                 |
|                | CM1116 | 16      | 80~150 | 5           | 26                 | 590~6000  | 0.007   | 0.007/25 | 0.012      | 0.025      |                                 |
|                | CM1120 | 20      |        | 5           | 28                 | 490~5500  | 0.007   | 0.007/30 | 0.012      | 0.025      |                                 |

表 7—6

单轴六角自动车床

(mm)

|              |       | 技 术 参 数 |    |                        |                    |                              | 工 作 精 度 |         |            |            |
|--------------|-------|---------|----|------------------------|--------------------|------------------------------|---------|---------|------------|------------|
|              |       | 最 大 加 工 |    |                        | 主 轴 转 速<br>(r/min) |                              | 圆度      | 圆柱度*    | 直径的<br>同一度 | 长度的<br>同一度 |
|              |       | 直径      | 长度 | 螺 纹                    | 级数                 | 范 围                          |         |         |            |            |
| 单轴六角<br>自动车床 | C1312 | 12      | 50 | M8                     | 8                  | 顺时针 865~4520<br>逆时针 135~2270 |         | 0.01/40 | 0.02       | 0.08       |
|              | C1316 | 16      | 50 | 钢 M8<br>铜 M10          | 10<br>80           | 顺时针 561~4466<br>逆时针 83~3289  |         | 0.01/40 | 0.02       | 0.08       |
|              | C1318 | 18      | 50 | 钢 M18×1.5<br>铜 M22×1.5 | 8<br>48            | 顺时针 695~3620<br>逆时针 110~1820 | 0.01    | 0.01/40 | 0.02       | 0.08       |
|              | C1325 | 25      | 80 | 钢 M18×1.5<br>铜 M22×1.5 | 44<br>132          | 顺时针 241~3510<br>逆时针 35~840   |         | 0.01/65 | 0.02       | 0.08       |
|              | C1336 | 36      | 80 | 钢 M22×1.5<br>铜 M27×1.5 | 44<br>132          | 顺时针 178~2600<br>逆时针 26~616   |         | 0.01/65 | 0.025      | 0.10       |

注: \* 圆柱度数值中的分母指测量长度。



表 7—7

六 角 车 床

(mm)

| 机床名称    | 型 号      | 技 术 参 数              |                      |                   |                 |          | 工 作 精 度 |      |             |                    |
|---------|----------|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------|----------|---------|------|-------------|--------------------|
|         |          | 棒料<br>加工<br>最大<br>直径 | 卡盘<br>加工<br>最大<br>直径 | 床身上<br>最大回<br>转直径 | 主轴转速<br>(r/min) |          | 圆度      | 圆柱度  | 直径的<br>同一度  | 端面的<br>平面度         |
|         |          |                      |                      |                   | 级数              | 范围       |         |      |             |                    |
| 回轮车床    | C3025    | 25                   |                      |                   | 8               | 92~2480  |         |      |             |                    |
| 滑鞍转塔车床  | C3116    | 16                   |                      |                   | 6               | 170~3100 |         |      |             |                    |
|         | C3163    | 63                   | 320                  | 500               | 12              | 25~1120  | 0.01    | 0.01 | 转塔<br>0.02  | 100 直径<br>上为 0.015 |
|         | C3180    | 80                   | 400                  | 600               | 12              | 20~900   |         |      | 上滑板<br>0.03 |                    |
| 半自动转塔车床 | CB3463-1 | 63                   | 320                  | 520               | 16              | 35~1058  |         |      |             | (只许凹)              |

表 7—8

立 式 车 床

(mm)

| 机床名称   | 型 号     | 技 术 参 数 |      |                    |                      |           | 工 作 精 度 |                  |                        |
|--------|---------|---------|------|--------------------|----------------------|-----------|---------|------------------|------------------------|
|        |         | 最 大 加 工 |      | 工件最大<br>质量<br>(kg) | 工 作 台 转 速<br>(r/min) |           | 圆度      | 圆柱度 <sup>①</sup> | 端面 <sup>②</sup><br>平面度 |
|        |         | 直径      | 高度   |                    | 级数                   | 范 围       |         |                  |                        |
| 单柱立式车床 | C5110A  | 1000    | 800  | 2000               | 16                   | 10~315    | 0.01    | 0.02             | 0.04                   |
|        | C5112A  | 1250    | 1000 | 3200               | 16                   | 8~250     | 0.015   | 0.03             | 0.05                   |
|        | C5116A  | 1600    | 1300 | 5000               | 16                   | 5~160     | 0.015   | 0.03             | 0.05                   |
|        | C5120C  | 2000    | 1600 | 12000              | 16                   | 2.5~125   | 0.02    | 0.03             | 0.06                   |
| 双柱立式车床 | C5225   | 2500    | 1600 | 10000              | 16                   | 2~63      | 0.02    | 0.04             | 0.06                   |
|        | C5231   | 3150    | 2000 | 32000              | 18                   | 1~50      | 0.025   | 0.05             | 0.08                   |
|        | CQ5240A | 4000    | 1600 | 10000              | 16                   | 2~63      | 0.025   | 0.05             | 0.08                   |
|        | C5250   | 5000    | 2500 | 63000              | 无级                   | 0.34~25.4 | 0.03    | 0.05             | 0.10                   |
|        | C5263   | 6300    | 3200 | 63000              | 无级                   | 0.28~21   | 0.03    | 0.05             | 0.10                   |
|        | C5280   | 8000    | 3200 | 80000              | 无级                   | 0.23~16.8 | 0.04    | 0.05             | 0.12                   |
|        | CQ52100 | 10000   | 4000 | 150000             | 无级                   | 0.23~14   | 0.04    | 0.05             | 0.12                   |
|        | CJ52125 | 12500   | 5000 | 180000             | 无级                   | 0.19~11.1 | 0.05    | 0.05             | 0.16                   |

注: ①测量长度为最大加工高度的一半,且 $\leq 1.5\text{m}$ ; ②直径为最大切削直径的  $1/4$ 。

表 7—9

落 地 车 床

(mm)

| 机床名称     | 型 号    | 技 术 参 数      |         |            |                |       |                 |            | 工 作 精 度 |                  |                              |                            |           |
|----------|--------|--------------|---------|------------|----------------|-------|-----------------|------------|---------|------------------|------------------------------|----------------------------|-----------|
|          |        | 最大工件<br>回转直径 |         | 最大加工<br>长度 | 最大工件质量<br>(kg) |       | 主轴转速<br>(r/min) |            | 圆度      | 圆柱度 <sup>①</sup> | 平面<br>度 <sup>②</sup><br>(mm) | 表面粗糙度<br>( $\mu\text{m}$ ) |           |
|          |        | 床身<br>上      | 地坑<br>中 |            | 顶卡             | 悬卡    | 级数              | 范围         |         |                  |                              | 外圆                         | 端面        |
| 落地<br>车床 | C6031A | 2500         | 3150    | 2500       | 16000          | 5000  | 无级              | 0.8 ~ 64   | 0.04    | 0.04 / 300       | 0.08                         | $R_a 1.6$                  | $R_a 3.2$ |
|          | C6040B | 2500         | 4000    | 2500       | 20000          | 6300  | 无级              | 0.63~63    | 0.04    | 0.04 / 300       | 0.08                         | $R_a 1.6$                  | $R_a 3.2$ |
|          | C6063  | 3150         | 6300    | 8000       | 75000          | 22000 | 无级              | 0.3 ~ 33.6 | 0.05    | 0.05 / 300       | 0.08                         | $R_a 1.6$                  | $R_a 3.2$ |

注: ①数值的分母为测量长度; ②平面度测量范围为地坑中最大工件回转直径的  $2/3$ , 但不超过  $3\text{m}$ 。

表 7-10 卧式车床 (mm)

| 机床名称 | 型 号      | 技 术 参 数 |     |     |                   |            |         |                              |                              |    |             | 工 作 精 度 |          |           |       |                                   |         |
|------|----------|---------|-----|-----|-------------------|------------|---------|------------------------------|------------------------------|----|-------------|---------|----------|-----------|-------|-----------------------------------|---------|
|      |          | 最大加工直径  |     |     |                   | 最大加<br>工长度 | 加 工 螺 纹 |                              |                              |    | 主轴转速(r/min) |         | 圆 度      | 圆 柱 度     | 平 面 度 | 表 面<br>粗 糙 度<br>( $\mu\text{m}$ ) | 螺 距 误 差 |
|      |          | 床身上     | 刀架上 | 棒料  | 公制                |            | 模数      | 英制<br>( $\alpha/\text{in}$ ) | 径节<br>( $\alpha/\text{in}$ ) | 级数 | 范围          |         |          |           |       |                                   |         |
|      |          |         |     |     |                   |            |         |                              |                              |    |             |         |          |           |       |                                   |         |
| 卧式车床 | C6127    | 270     | 150 | 30  | 700               | 0.3~6      | —       | 4~32                         | —                            | 8  | 65~1150     |         |          |           |       |                                   |         |
|      | C616     | 320     | 175 | 29  | 750               | 0.5~9      | 0.5~9   | 2~38                         | —                            | 12 | 45~1980     |         |          |           |       |                                   |         |
|      | C6132D   | 350     | 190 | 50  | 900               | 0.45~20    | 0.25~10 | $1\frac{3}{4}$ ~80           | $3\frac{1}{2}$ ~160          | 16 | 20~1600     |         |          |           |       |                                   |         |
|      | C6136A   | 360     | 200 | 36  | 650               | 0.3~10     | —       | $1\frac{1}{2}$ ~24           | —                            | 8  | 42~980      |         |          |           |       |                                   |         |
|      | C618-1   | 360     | 200 | 36  | 650               | 0.3~1      | —       | 2~24                         | —                            | 8  | 42~980      |         |          |           |       |                                   |         |
|      | CA6140   | 400     | 210 | 50  | 650 <sup>①</sup>  | 10~192     | 0.25~48 | 2~24                         | 1~96                         | 24 | 10~1400     |         |          |           |       |                                   |         |
|      | CY6140   | 400     | 220 | 52  | 750 <sup>②</sup>  | 0.5~224    | 0.5~112 | $1/8$ ~72                    | $1/4$ ~56                    | 24 | 9~1600      |         |          |           |       |                                   |         |
|      | CY6140C  | 400     | 220 | 52  | 3000 <sup>③</sup> | 0.5~224    | 0.5~112 | $1/8$ ~72                    | $1/4$ ~56                    | 24 | 9~1600      | 0.01    | 0.03/300 | 0.02/300  | Ra1.6 | 0.04/300<br>0.015/50              |         |
|      | C620-1   | 400     | 200 | 37  | 650 <sup>①</sup>  | 1~192      | 0.5~48  | 2~24                         | 1~96                         | 21 | 12~1200     |         |          |           |       |                                   |         |
|      | CA6150   | 500     | 300 | 50  | 650 <sup>②</sup>  | 1~192      | 0.25~48 | 2~24                         | 1~96                         | 24 | 10~1400     |         |          |           |       |                                   |         |
|      | C6150    | 500     | 280 | 54  | 650 <sup>①</sup>  | 1~80       | 0.5~40  | $7/16$ ~40                   | $7/8$ ~80                    | 18 | 20~1250     |         |          |           |       |                                   |         |
|      | CY6150B  | 500     | 300 | 82  | 750 <sup>②</sup>  | 0.5~224    | 0.5~112 | $1/8$ ~72                    | $1/4$ ~56                    | 24 | 9~1600      |         |          |           |       |                                   |         |
|      | CA6161   | 610     | 370 | 50  | 650 <sup>①</sup>  | 1~192      | 0.25~48 | 2~24                         | 1~96                         | 24 | 8~1120      |         |          |           |       |                                   |         |
|      | C630     | 615     | 345 | 70  | 1210 <sup>④</sup> | 1~224      | 0.25~56 | 2~28                         | 1~112                        | 18 | 14~750      |         |          |           |       |                                   |         |
|      | CW6163   | 630     | 350 | 78  | 1400 <sup>⑤</sup> | 1~240      | 0.5~120 | 1~14                         | 1~28                         | 18 | 6~800       |         |          |           |       |                                   |         |
|      | C6180    | 800     | 520 | 80  | 1350              | 1~240      | 0.5~120 | 1~14                         | 1~28                         | 18 | 6~800       |         |          |           |       |                                   |         |
|      | CW61100B | 1000    | 630 | 126 | 1300 <sup>⑥</sup> | 1~120      | 0.5~60  | $1/4$ ~28                    | $1/2$ ~56                    | 21 | 1.6~315     | 0.02    | 0.04/300 |           |       |                                   |         |
|      | CW61125B | 1250    | 880 | 126 | 1300 <sup>⑥</sup> | 1~120      | 0.5~60  | $1/4$ ~28                    | $1/2$ ~56                    | 21 | 1.6~315     |         |          |           |       |                                   |         |
|      | CM6125   | 250     | 140 | 23  | 350               | 0.5~5      | 0.3~2   | 5~28                         | —                            | 14 | 63~3150     |         |          |           |       | 0.018/300                         |         |
|      | CM6132   | 320     | 175 | 38  | 750               | 0.5~6      | 0.5~6   | $3\frac{1}{2}$ ~48           | —                            | 18 | 30~1820     | 0.005   | 0.02/300 | 0.015/300 | Ra0.8 | 0.01/50                           |         |
|      | CM6140   | 400     | 210 | 50  | 900               | 1~192      | 0.25~48 | 2~24                         | 1~96                         | 24 | 10~1400     |         |          |           |       |                                   |         |
|      | CM6150   | 500     | 300 | 50  | 900               | 1~192      | 0.25~48 | 2~24                         | 1~96                         | 24 | 10~1400     |         |          |           |       |                                   |         |

注: ①另有900、1400、1900; ②另有1000、1500、2000; ③另有4000、5000; ④另有2610、3810; ⑤另有2000、2900、3850、4500、4900、5900; ⑥另有2800、4800、7800、9800、13800。

(mm)

马 鞍 车 床

表 7-11

| 机床名称 | 型 号    | 技 术 参 数 |     |    |        |         |         |                  | 工 作 精 度 |      |            |            |                                |            |
|------|--------|---------|-----|----|--------|---------|---------|------------------|---------|------|------------|------------|--------------------------------|------------|
|      |        | 最大加工直径  |     |    | 最大加工长度 | 加 工 螺 纹 |         | 主 轴 转 速(r / min) |         | 圆 度  | 圆 柱 度      | 平 面 度      | 表 面 粗 糙 度<br>( $\mu\text{m}$ ) | 螺 纹 精 度    |
|      |        |         |     |    |        |         |         | 级数               | 范围      |      |            |            |                                |            |
|      |        | 马鞍上     | 刀架上 | 棒料 |        | 公制      | 模数      |                  |         |      |            |            |                                |            |
| 马鞍车床 | CW6232 | 550     | 160 | 52 | 685    | 0.75~16 | 0.5~4   | 18               | 15~1800 | 0.01 | 0.03 / 300 | 0.02 / 300 | Ra1.6                          | 0.015 / 30 |
|      | CW6236 | 540     | 200 | 39 | 750    | 0.45~20 | 0.5~10  | 12               | 30~1400 |      |            |            |                                |            |
|      | CA6240 | 630     | 210 | 50 | 650    | 1~192   | 0.25~48 | 24               | 10~1400 |      |            |            |                                |            |
|      | CA6250 | 720     | 300 | 50 | 650    | 1~192   | 0.25~48 | 24               | 10~1400 |      |            |            |                                |            |
|      | CA6261 | 830     | 370 | 50 | 650    | 1~192   | 0.25~48 | 24               | 8~1120  |      |            |            |                                |            |
|      | CW6263 | 800     | 350 | 78 | 600    | 1~240   | 0.5~120 | 18               | 6~800   |      |            |            |                                |            |
|      | CW6280 | 1000    | 480 | 80 | 1350   | 1~240   | 0.5~120 | 18               | 6~800   |      |            |            |                                |            |

仿 形 及 多 刀 车 床

表 7-12

(mm)

| 机床名称   | 型 号     | 技 术 参 数 |      |                |          |     | 工 作 精 度 |               |                            |       |       |            |
|--------|---------|---------|------|----------------|----------|-----|---------|---------------|----------------------------|-------|-------|------------|
|        |         | 最大加工    |      | 主 轴 转 速(r/min) |          |     | 圆 度     | 圆 柱 度         | 粗 糙 度<br>( $\mu\text{m}$ ) | 仿形误差  | 平 面 度 |            |
|        |         |         |      | 直 径            | 长 度      | 级 数 |         |               |                            |       |       | 范 围        |
|        |         |         |      |                |          |     |         |               |                            |       |       |            |
| 仿形车床   | CB7106  | 60      | 400  | 12             | 365~2800 |     |         | 0.008         |                            |       | 0.04  |            |
|        | CE7112  | 125     | 710  | 9              | 320~2000 |     |         |               |                            |       |       |            |
|        | CE7120  | 200     | 500  | 8              | 125~1400 |     |         |               |                            |       |       |            |
|        | CE7132A | 320     | 1500 | 4              | 125~355  |     |         |               |                            |       |       |            |
| 卡盘多刀车床 | CA7620  | 200     | 100  | 4              | 180~710  |     |         | 0.015<br>0.02 | 0.03 / 300                 | Ra3.2 |       | 0.02 / 200 |
|        | C7632   | 320     | 350  | 8              | 80~500   |     |         |               |                            |       |       |            |

表 7-13 钻 床 (mm)

| 机 床 名 称 | 型 号      | 技 术 参 数 |             |              |             |            |
|---------|----------|---------|-------------|--------------|-------------|------------|
|         |          | 最大钻孔直径  | 主轴端面至底座平面距离 | 主轴中心线至立柱表面距离 | 主轴转速(r/min) |            |
|         |          |         |             |              | 级 数         | 范 围        |
| 摇臂钻床    | Z3025(I) | 25      | 235~1015    | 300~1000     | 16          | 32~2500    |
|         | Z3032(I) | 32      | 205~985     | 300~1000     | 16          | 32~2500    |
|         | Z3040(I) | 40      | 350~1250    | 350~1600     | 16          | 25~2000    |
|         | Z3050    | 50      | 320~1220    | 350~1600     | 16          | 25~2000    |
|         | Z3063    | 63      | 400~1600    | 450~2050     | 16          | 20~1600    |
|         | Z3080    | 80      | 550~2000    | 500~2500     | 16          | 16~1250    |
|         | Z30100   | 100     | 750~2500    | 570~3150     | 22          | 8~1000     |
| 台式钻床    | Z4002A   | 2       | 20~120      | 80           | 3           | 3000~8700  |
|         | Z4006    | 6       | 95~225      | 139.5        | 4           | 1500~15000 |
|         | Z4012    | 12      | 170~335     | 200          | 5           | 450~4000   |
|         | Z4016B   | 16      | 200~560     | 240          | 5           | 335~3150   |
|         | Z4020    | 20      | 200~500     | 200          | 4           | 450~4000   |
| 立式钻床    | Z5125    | 25      | 710         | 280          | 9           | 50~2000    |
|         | Z5132A   | 32      | 730         | 315          | 12          | 45~2000    |
|         | Z5135    | 35      | 1130        | 300          | 9           | 68~1100    |
|         | Z5140    | 40      | 1150        | 335          | 12          | 31.5~1400  |
|         | Z5150    | 50      | 750         | 335          | 12          | 31.5~1400  |
|         | Z5163    | 63      | 735~1250    | 375          | 12          | 22.4~1000  |
|         | ZQ5180A  | 80      | 1190        | 375          | 12          | 22.4~1000  |

表 7-14

坐 标 镗 床

(mm)

| 机床名称   | 型 号    | 技 术 参 数 |      |    |        |         |                 |                |                    |               |      | 机床精度       | 工 作 精 度 |       |       |           |
|--------|--------|---------|------|----|--------|---------|-----------------|----------------|--------------------|---------------|------|------------|---------|-------|-------|-----------|
|        |        | 工作台尺寸   |      |    | 最大加工直径 |         | 主轴端面至工<br>作台面距离 | 主轴中心线<br>至立柱距离 | 工作台<br>荷 重<br>(kg) | 主轴转速(r / min) |      |            | 工作台行程   |       | 圆度    | 表面粗<br>糙度 |
|        |        | 宽度      | 长度   | 钻孔 | 镗孔     | 级数      |                 |                |                    | 范 围           | 纵向   |            | 横向      |       |       |           |
|        |        |         |      |    |        |         |                 |                |                    |               |      |            |         |       |       |           |
| 单柱坐标镗床 | T4120B | 200     | 400  | 10 | 32     | 50~400  | 250             | 100            | 无级                 | 200~3000      | 250  | 160        | 0.004   | 0.005 | Ra0.8 |           |
|        | T4132B | 320     | 500  | 15 | 100    | 80~510  | 345             | 200            | 无级                 | 100~2000      | 400  | 250        | 0.004   | 0.005 |       |           |
|        | T4145  | 450     | 700  | 25 | 150    | 最小 150  | 480             | 250            | 无级                 | 40~2000       | 600  | 400        | 0.005   | 0.005 |       |           |
|        | T4163  | 630     | 1100 | 40 | 250    | 260~740 | 700             | 600            | 无级                 | 55~2000       | 1000 | 600        | 0.006   | 0.006 |       |           |
| 双柱坐标镗床 | T4240  | 400     | 560  | 25 | 150    | 10~500  | 立柱间距 560        | 350            | 8                  | 45~1250       | 500  | 主轴箱<br>350 | 0.006   | 0.005 | Ra0.8 |           |
|        | T4263  | 630     | 900  | 35 | 250    | 20~670  | 253             | 500            | 18                 | 32~1600       | 800  | 630        | 0.006   | 0.002 |       |           |
|        | TG4280 | 800     | 1120 | 40 | 300    | 870     | 立柱间距 1120       | 1000           | 16                 | 18~1800       | 1000 | 800        | 0.003   | 0.005 |       |           |
|        | T42200 | 2000    | 3000 | 60 | 400    | 1300    | 2760            | 3000           | 无级                 | 6~1360        | 3000 | 2000       | 0.01    | 0.006 |       |           |

表 7-15

卧 式 镗 床

(mm)

| 机床名称 | 型 号   | 技 术 参 数 |              |            |             |          |       | 工 作 精 度 |        |          |            |
|------|-------|---------|--------------|------------|-------------|----------|-------|---------|--------|----------|------------|
|      |       | 最大镗孔直径  | 主轴中心线至工作台面距离 | 工作台荷重 (kg) | 主轴转速(r/min) |          | 工作台行程 | 圆度      | 圆柱度    | 平面度      | 表面粗糙度 (μm) |
|      |       |         |              |            |             |          |       |         |        |          |            |
|      |       |         |              |            | 级数          | 范 围      | 纵向    | 横向      |        |          |            |
| 卧式镗床 | T68   | 240     | 30~800       | 2000       | 18          | 20~1000  | 1140  | 850     | 0.0075 | 0.01/300 | Ra1.6      |
|      | T6111 | 600     | 0~1100       | 4000       | 23          | 6.3~1000 | 1300  | 1300    |        |          |            |
|      | T6112 | 350     | 0~1400       | 5000       | 24          | 4~800    | 1600  | 1400    |        |          |            |
|      | T6113 | 350     | 0~1400       | 4000       | 18          | 6.6~755  | 1500  | 1500    |        |          |            |

表 7-16

无心磨床

(mm)

| 机床名称 | 型 号    | 技 术 参 数 |     |         |     |         |     |                    |       |                    |                    | 工 作 精 度 |           |                            |
|------|--------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------------------|-------|--------------------|--------------------|---------|-----------|----------------------------|
|      |        | 磨 削 尺 寸 |     | 砂 轮 尺 寸 |     | 导 轮 尺 寸 |     | 导 轮 回 转 角 度<br>(°) |       | 砂 轮 转 速<br>(r/min) | 导 轮 转 速<br>(r/min) | 圆 度     | 圆 柱 度     | 表面粗糙度<br>( $\mu\text{m}$ ) |
|      |        |         |     |         |     |         |     |                    |       |                    |                    |         |           |                            |
|      |        | 直 径     | 长 度 | 直 径     | 宽 度 | 直 径     | 宽 度 | 垂 直                | 水 平   |                    |                    |         |           |                            |
| 无心磨床 | M1010  | 0.5~10  | 80  | 200     | 50  | 125     | 50  | -2~+5              | 0~+3  | 3320               | 45~240             |         | 0.002/40  | Ra0.2                      |
|      | M1020  | 0.5~20  | 80  | 300     | 100 | 200     | 100 | -2~+4              | -1~+3 | 2130               | 20~210             |         | 0.002/75  |                            |
|      | M1040  | 2~40    | 140 | 350     | 125 | 250     | 125 | -2~+4              | 0~+3  | 1860               | 20~180             | 0.002   | 0.003/100 |                            |
|      | M1050A | 5~50    | 120 | 400     | 150 | 300     | 150 | -2~+5              | -1~+3 | 1668               | 20~200             |         | 0.003/120 |                            |
|      | M1080  | 5~80    | 180 | 500     | 150 | 300     | 150 | -2~+5              | 0~+3  | 1300               | 13~94              |         | 0.003/120 |                            |
|      | M10100 | 10~100  | 250 | 500     | 200 | 350     | 200 | -2~+5              | 0~+3  | 1250               | 10~200             | 0.003   | 0.004/150 |                            |
|      | M10200 | 10~200  | 300 | 600     | 300 | 400     | 380 | -2~+5              | -2~+3 | 1110               | 12~120             | 0.003   | 0.004/200 |                            |
|      | M10400 | 100~400 | 490 | 750     | 500 | 500     | 500 | 0~+5               | 0~+3  | 870                | 4~44               | 0.003   | 0.005/300 |                            |

表 7—17

外 圆 磨 床

(mm)

| 机床名称    | 型 号      | 技 术 参 数 |        |                   |     |                |            |            | 工 作 精 度 |          |            |           |        |             |          |
|---------|----------|---------|--------|-------------------|-----|----------------|------------|------------|---------|----------|------------|-----------|--------|-------------|----------|
|         |          | 磨削直径范围  |        | 最大磨削长度            |     | 最大工件质量<br>(kg) | 回转角度(°)    |            |         | 砂轮<br>宽度 | 外圆磨削       |           |        | 内孔磨削        |          |
|         |          |         |        |                   |     |                |            |            |         |          | 圆度         | 圆柱度       | 粗糙度 Ra | 圆度          | 圆柱度      |
|         |          | 外圆      | 内孔     | 外圆                | 内孔  | 工作台            | 头架         | 砂轮架        | 圆度      | 圆柱度      | 粗糙度 Ra     | 圆度        | 圆柱度    | 表面粗糙度<br>Ra |          |
| 外圆磨床    | M1312    | 5~125   |        | 250               |     | 10             | +10<br>-90 | ±180       | 40      | 0.003    | 0.003/160  | 0.32      |        |             |          |
|         | MMB1320A | 5~200   |        | 500               |     | 20             | +3<br>-6.5 | +8<br>-5   | 50      | 0.003    | 0.001/300  | 0.04      |        |             |          |
|         | M131     | 8~315   |        | 1000 <sup>①</sup> |     | 150            | +3<br>-6   |            | 63      | 0.005    | 0.008/750  | 0.32      |        |             |          |
|         | M1332    | 8~320   |        | 500 <sup>②</sup>  |     | 150            | +2<br>-9   |            | 63      | 0.003    | 0.005/320  | 0.32      |        |             |          |
|         | MMB1332A | 5~320   |        | 500 <sup>③</sup>  |     | 20             | +7<br>-6.5 | +8<br>-5   | 50      | 0.003    | 0.001/300  | 0.04      |        |             |          |
|         | MQ1350A  | 25~500  |        | 1000 <sup>④</sup> |     | 1000           | +4<br>-7   |            | 75      | 0.005    | 0.008/750  | 0.32      |        |             |          |
|         | M1380A   | 100~800 |        | 5000              |     | 5000           | 2° 30'     |            | 75      | 0.005    | 0.012/1500 | 0.32      |        |             |          |
|         | 万能外圆磨床   | M1412   | 5~125  | 10~40             | 350 | 50             | 10         | +10<br>-90 | ±180    | 32       | 0.003      | 0.005/320 | 0.32   | 0.005       | 0.005/25 |
| MMB1412 |          | 5~125   | 10~40  | 250               | 40  | 10             | +10<br>-90 | ±180       | 40      | 0.003    | 0.001/150  | 0.04      | 0.002  |             | 0.16     |
| MG1412  |          | 5~125   | 10~40  | 250               | 40  | 10             | +10<br>-90 | ±180       | 40      | 0.005    | 0.002/150  | 0.01      | 0.0015 | 0.005/25    | 0.04     |
| M1420   |          | 8~200   | 18~80  | 500               | 90  | 20             | ±7<br>-6   | 360<br>+30 | 40      | 0.003    | 0.005/320  | 0.32      | 0.005  | 0.005/50    | 0.63     |
| M120W   |          | 7~200   | 18~50  | 500               | 75  | 50             | +7<br>-6   | ±180       | 40      | 0.003    | 0.005/320  | 0.32      | 0.005  | 0.005/50    | 0.63     |
| MM1420  |          | 8~200   | 18~80  | 500               | 90  | 20             | ±7<br>+3   | 360<br>+30 | 40      | 0.003    | 0.001/300  | 0.04      | 0.002  | 0.005/50    | 0.16     |
| M131W   |          | 8~315   | 13~125 | 1000 <sup>⑤</sup> | 125 | 150            | -6<br>+3   | ±30        | 50      | 0.005    | 0.008/750  | 0.32      | 0.005  | 0.005/50    | 0.63     |
| M1432A  |          | 8~320   | 16~125 | 500 <sup>⑥</sup>  | 125 | 150            | +3<br>-9   | ±30        | 50      | 0.003    | 0.005/320  | 0.32      | 0.005  | 0.010/100   | 0.63     |
| MBG1432 |          | 8~320   | 15~125 | 500 <sup>⑦</sup>  | 80  | 30             | +3<br>-6   | ±30        | 50      | 0.005    | 0.002/300  | 0.01      | 0.0015 |             | 0.04     |
| M1450A  |          | 25~500  | 30~200 | 1500 <sup>⑧</sup> | 400 | 1000           | +2<br>-9   | ±30        | 75      | 0.005    | 0.008/750  | 0.32      | 0.005  | 0.015/150   | 0.63     |

注: ①另有规格1500; ②另有规格750、1000、1500; ③另有规格1500、2000、3000; ④另有规格1500、2000、3000; ⑤另有规格500、750、1000、1500、2000、2500、3000; ⑥另有规格750; ⑦另有规格2000、2500。

表 7—18 内 圆 磨 床 (mm)

| 机床名称 | 型 号   | 技 术 参 数 |     |          |     | 加 工 精 度             |       |           |     |
|------|-------|---------|-----|----------|-----|---------------------|-------|-----------|-----|
|      |       | 磨削尺寸    |     | 最大工件回转直径 |     | 主轴最大<br>回转角度<br>(°) | 圆 度   | 圆 柱 度     | 平面度 |
|      |       | 直径      | 长度  | 罩内       | 无罩  |                     |       |           |     |
| 内圆磨床 | M2110 | 12~100  | 130 | 240      | 500 | 8                   | 0.003 | 0.005/100 | 0.4 |
|      | M2120 | 50~200  | 200 | 400      | 650 | 30                  | 0.003 | 0.008/150 | 0.4 |
|      | M2125 | 250     | 250 | 400      | 600 | 30                  | 0.003 | 0.008/150 | 0.4 |

表 7—19 工 具 磨 床 (mm)

| 机床名称   | 型 号    | 技 术 参 数 |     |                 |             |       | 加 工 精 度 |       |                 |      |
|--------|--------|---------|-----|-----------------|-------------|-------|---------|-------|-----------------|------|
|        |        | 磨 削 尺 寸 |     | 最大工件回转<br>直径×长度 | 回 转 角 度 (°) |       | 圆 度     | 圆 柱 度 | 表面粗糙度<br>Ra(μm) |      |
|        |        |         |     |                 |             |       |         |       |                 | 工作 台 |
|        |        | 直径      | 长度  |                 | 水平          | 垂直    |         |       |                 |      |
| 万能工具磨床 | M6020A | 5~50    | 380 | 200×500         | ± 90        | ± 90  | —       | 0.003 | 0.015 / 100     | 0.2  |
|        | M6020B | 200     | 300 | 200×400         | ± 45        | ± 105 |         | 0.003 | 0.015 / 100     | 0.4  |
|        | M6025A | 250     | 400 | 250×650         | ± 60        | 360   | ± 15    | 0.003 | 0.015 / 100     | 0.4  |

表 7—20 平 面 磨 床 (mm)

| 机床名称     | 型 号    | 技 术 参 数 |                  |          |      |       |     | 加 工 精 度    |                 |
|----------|--------|---------|------------------|----------|------|-------|-----|------------|-----------------|
|          |        | 加 工 范 围 |                  | 工作 台 行 程 |      | 磨头移动量 |     | 平行度        | 表面粗糙度<br>Ra(μm) |
|          |        | 长度      | 宽度               | 高度       | 纵向   | 横向    | 垂直  |            |                 |
| 卧轴矩台平面磨床 | MM7112 | 350     | 125              | 300      | 380  | 170   | 330 | 0.002/200  | 0.16            |
|          | M7120A | 630     | 200              | 320      | 780  | 250   | 345 | 0.005/300  | 0.20            |
|          | MM7120 | 630     | 200              | 320      | 750  | 220   | 360 | 0.003/300  | 0.16            |
|          | MG7120 | 630     | 200              | 320      | 800  | 220   | 360 | 0.005/1000 | 0.05            |
|          | MM7125 | 630     | 250              | 400      | 750  | 300   | 450 | 0.003/300  | 0.16            |
|          | M7130  | 1000    | 300 <sup>①</sup> | 400      | 1100 | 350   | 400 | 0.005/300  | 0.20            |
|          | M7132  | 1600    | 320 <sup>②</sup> | 400      | 1650 | 350   | 440 | 0.005/300  | 0.20            |
|          | M7140  | 630     | 400 <sup>③</sup> | 355      | 750  | 450   | 420 | 0.005/300  | 0.20            |
|          | M7150A | 2000    | 500 <sup>④</sup> | 600      | 2000 | 580   | 630 | 0.005/300  | 0.20            |

注: 另有规格①1600; ②2000; ③800、1000; ④3000。



表 7—21

滚 齿 机

(mm)

| 机床名称 | 型 号     | 技 术 参 数 |    |      |                       |         |            | 工 作 精 度 |                       |
|------|---------|---------|----|------|-----------------------|---------|------------|---------|-----------------------|
|      |         | 最 大 加 工 |    |      |                       | 加工齿数    | 滚刀工作台最小中心距 | 等级      | 表面粗糙度<br>Ra( $\mu$ m) |
|      |         | 直径      | 模数 | 齿宽   | 螺旋角<br>( $^{\circ}$ ) |         |            |         |                       |
| 滚齿机  | YB3112  | 125     | 2  | 100  | $\pm 60$              | 6~325   | 15         | 7       | 1.6                   |
|      | YBA3120 | 200     | 4  | 160  | $\pm 45$              | 5~250   | 10         | 7       | 1.6                   |
|      | YBA3132 | 320     | 6  | 230  | $\pm 30$              | 7~80    | 60         | 7       | 1.6                   |
|      | Y3150   | 500     | 6  | 240  | $\pm 45$              |         | 30         | 7       | 1.6                   |
|      | Y3150E  | 500     | 8  | 250  | $\pm 45$              | 7~250   | 30         | 7       | 1.6                   |
|      | YM3180  | 800     | 8  | 300  | $\pm 60$              | 12~400  | 50         | 6       | 1.6                   |
|      | Y3180H  | 800     | 10 | 300  | $\pm 45$              | 8~250   | 50         | 7       | 1.6                   |
|      | Y31125E | 1250    | 16 | 450  | $\pm 45$              | 最少 12 齿 | 100        | 7       | 1.6                   |
|      | Y31200A | 2000    | 24 | 1200 | $\pm 45$              | 15~400  | 130        | 7       | 1.6                   |

表 7—22

剃 齿 机

(mm)

| 机床名称 | 型 号     | 技 术 规 格 |    |     |                               |             |          | 工 作 精 度  |                        |
|------|---------|---------|----|-----|-------------------------------|-------------|----------|----------|------------------------|
|      |         | 最 大 加 工 |    |     | 刀架最大<br>回转角<br>( $^{\circ}$ ) | 工作台最<br>大行程 | 顶尖<br>距离 | 精度<br>等级 | 表面粗糙<br>度 Ra( $\mu$ m) |
|      |         | 直径      | 模数 | 齿宽  |                               |             |          |          |                        |
| 剃齿机  | Y4232C  | 320     | 6  | 90  | $\pm 30$                      | 100         | 400      | 6        | 0.8                    |
|      | YA4250C | 500     | 8  | 140 | $\pm 30$                      | 150         | 500      | 6        | 0.8                    |

表 7—23

插 齿 机

(mm)

| 机床名称 | 型 号    | 最 大 加 工 |    |     |       | 工 作 精 度 |                       |
|------|--------|---------|----|-----|-------|---------|-----------------------|
|      |        | 直径      | 模数 | 齿宽  | 内齿轮直径 | 等级      | 表面粗糙度<br>Ra( $\mu$ m) |
|      |        |         |    |     |       |         |                       |
| 插齿机  | YM5116 | 160     | 1  | 25  | 120   | 6       | 1.6                   |
|      | Y5120A | 200     | 4  | 50  | 220   | 7       | 1.6                   |
|      | Y5132C | 320     | 6  | 80  | 320   | 7       | 1.6                   |
|      | Y5150A | 500     | 8  | 100 | 500   | 7       | 1.6                   |
|      | Y54    | 450     | 6  | 105 | 400   | 7       | 1.6                   |
|      | YQ5180 | 800     | 10 | 100 | 900   | 7       | 1.6                   |
|      | Y51125 | 1250    | 12 | 160 | 1250  | 7       | 1.6                   |
|      | Y51160 | 1600    | 12 | 170 | 1600  | 7       | 1.6                   |

表 7—24

花 键 轴 铣 床

(mm)

| 机床名称  | 型 号    | 技 术 参 数 |      |      |                 | 工 作 精 度 |          |                       |
|-------|--------|---------|------|------|-----------------|---------|----------|-----------------------|
|       |        | 最大加工    |      | 加工齿数 | 工件中心到铣<br>刀中心距离 | 周节误差    | 平行度      | 表面粗糙度<br>Ra( $\mu$ m) |
|       |        | 直径      | 长度   |      |                 |         |          |                       |
| 花键轴铣床 | Y6012  | 125     | 400  | 4~36 | 30~150          | 0.02    | 0.05/300 | 1.6                   |
|       | YB6016 | 160     | 600  | 4~36 | 50~140          | 0.02    | 0.05/300 | 1.6                   |
|       | YB6020 | 200     | 2300 | 4~50 | 50~160          | 0.035   | 0.02/100 | 1.6                   |

表 7-25 齿 轮 磨 床 (mm)

| 机床名称    | 型 号     | 技 术 参 数 |     |     |            |        | 工 作 精 度 |            |         |        | 表面粗糙度<br>Ra(μm) |
|---------|---------|---------|-----|-----|------------|--------|---------|------------|---------|--------|-----------------|
|         |         | 最 大 加 工 |     |     |            | 加工齿数   | 等 级     | 周节累积<br>误差 | 基节偏差    | 齿形精度   |                 |
|         |         | 直径      | 模数  | 齿宽  | 螺旋角<br>(°) |        |         |            |         |        |                 |
|         |         |         |     |     |            |        |         |            |         |        |                 |
| 锥形砂轮磨齿机 | Y7132A  | 320     | 6   | 100 | ± 45       | 9~120  | 5       | 0.019      | ± 0.009 | 0.012  | 0.4             |
|         | YC7150  | 500     | 12  | 150 | ± 45       | 12~140 | 5       | 0.036      | ± 0.009 | 0.0115 | 0.4             |
|         | Y7163A  | 630     | 12  | 150 | ± 45       | 14~180 | 5       | 0.034      | ± 0.009 | 0.012  | 0.4             |
| 蜗杆砂轮磨齿机 | Y7215   | 150     | 1.5 | 75  | 0          | 12~180 | 5       | 0.0105     | ± 0.005 | 0.008  | 0.4             |
|         | YA7232A | 320     | 5   | 100 | ± 45       | 13~246 | 5       | 0.03       | ± 0.007 | 0.009  | 0.8             |

表 7-26 螺 纹 磨 床 (mm)

| 机床名称   | 型 号    | 技 术 参 数 |      |       |             |         |        | 工作精度等级 |
|--------|--------|---------|------|-------|-------------|---------|--------|--------|
|        |        | 最大安装尺寸  |      |       | 螺 纹 加 工 最 大 |         |        |        |
|        |        | 直 径     | 长 度  | 直 径   | 长 度         | 螺 距     | 模 数    |        |
|        |        |         |      |       |             |         |        |        |
| 螺纹磨床   | S7320  | 200     | 750  | 2~150 | 500         | 0.25~24 |        | 6      |
|        | S7332  | 320     | 1000 | 6~320 | 1000        | 1~40    | 1~16   | 6      |
| 万能螺纹磨床 | S7512  | 125     | 300  | 5~80  | 170         | 0.25~38 |        | 6      |
|        | S7520W | 200     | 500  | 2~150 | 400         | 0.25~24 | 0.3~14 | 6      |

表 7-27

升降台铣床

(mm)

| 机床名称    | 型 号    | 技 术 参 数 |      |                    |                   |                   |         |     | 工 作 精 度 |                                                                                                |
|---------|--------|---------|------|--------------------|-------------------|-------------------|---------|-----|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |        | 工作台工作面  |      | 立铣头回<br>转角度<br>(°) | 主轴端面至工<br>作台距离    | 主轴中心线至<br>垂直导轨距离  | 工作台最大行程 |     |         |                                                                                                |
|         |        |         |      |                    |                   |                   | 纵向      | 横向  |         | 垂直                                                                                             |
|         |        | 宽度      | 长度   |                    |                   |                   |         |     |         |                                                                                                |
| 立式升降台铣床 | X5012  | 125     | 500  | ± 45               | 0~250             | 155               | 250     | 100 | 250     | 试件<br>长度=1/2纵向行程<br>宽度=1/8纵向行程<br>高度=1/8纵向行程<br>平面度0.02<br>平行度0.03<br>垂直度0.02<br>粗糙度 Ra1.6(μm) |
|         | X5025  | 250     | 1100 | ± 45               | 40~440            | 300               | 630     | 235 | 400     |                                                                                                |
|         | X5030K | 300     | 1000 | ± 30               | 80~440            | 390               | 480     | 250 | 360     |                                                                                                |
|         | X5034  | 340     | 1400 | ± 45               | 60~490            | 380               | 800     | 300 | 430     |                                                                                                |
|         | X5042  | 425     | 2000 | ± 45               | 0~500             | 450               | 1250    | 410 | 410     |                                                                                                |
| 机床名称    | 型 号    | 技 术 参 数 |      |                    |                   |                   |         |     | 工 作 精 度 |                                                                                                |
|         |        | 工作台工作面  |      | 工作台回<br>转角度<br>(°) | 工作台中心线<br>至垂直导轨距离 | 主轴中心线至<br>工作台台面距离 | 工作台最大行程 |     |         |                                                                                                |
|         |        |         |      |                    |                   |                   | 纵向      | 横向  |         | 垂直                                                                                             |
|         |        | 宽度      | 长度   |                    |                   |                   |         |     |         |                                                                                                |
| 卧式升降台铣床 | X60    | 200     | 800  |                    | 135~295           | 0~300             | 500     | 160 | 300     | 试件<br>长度=1/2纵向行程<br>宽度=1/8纵向行程<br>高度=1/8纵向行程<br>平面度0.02<br>平行度0.03<br>垂直度0.02<br>粗糙度 Ra1.6(μm) |
|         | X61    | 250     | 1000 |                    | 165~355           | 30~380            | 620     | 185 | 350     |                                                                                                |
|         | X6025  | 250     | 1100 |                    | 145~425           | 10~410            | 700     | 280 | 400     |                                                                                                |
|         | X6030  | 300     | 1120 |                    | 75~425            | 30~430            | 650     | 250 | 400     |                                                                                                |
|         | X62    | 320     | 1250 |                    | 215~470           | 30~390            | 700     | 255 | 360     |                                                                                                |
| 万能升降台铣床 | X6034  | 340     | 1400 |                    | 230~530           | 40~470            | 800     | 300 | 430     |                                                                                                |
|         | X60W   | 200     | 800  | ± 45               |                   | 0~300             | 500     | 160 | 300     |                                                                                                |
|         | X6120  | 200     | 900  | ± 45               | 150~360           | 20~360            | 500     | 190 | 340     |                                                                                                |
|         | X61W   | 250     | 1000 | ± 45               | 175~355           | 30~340            | 620     | 185 | 310     |                                                                                                |
|         | XQ6125 | 250     | 1030 |                    | 165~315           | 50~420            | 470     | 150 | 370     |                                                                                                |
|         | X6130  | 300     | 1100 | ± 45               | 160~440           | 10~410            | 700     | 280 | 400     |                                                                                                |
|         | X62W   | 320     | 1250 | ± 45               | 215~470           | 30~350            | 700     | 255 | 320     |                                                                                                |
|         | X63W   | 400     | 1600 | ± 45               | 255~570           | 30~380            | 900     | 315 | 350     |                                                                                                |

表 7—28

龙门插床

(mm)

| 机床名称 | 型 号     | 技 术 参 数 |      |                    | 工 作 精 度              |           |           |
|------|---------|---------|------|--------------------|----------------------|-----------|-----------|
|      |         | 最大加工尺寸  |      | 工件最<br>大质量<br>(kg) | 工作台<br>速度<br>(m/min) | 直线度       | 平行度       |
|      |         |         |      |                    |                      |           |           |
|      |         | 宽度      | 长度   | 高度                 |                      |           |           |
| 悬臂刨床 | B1010A  | 1000    | 3000 | 800                | 6~90                 | 0.02/1500 | 0.03/1500 |
|      | B1012A  | 1250    | 4000 | 1000               | 6~90                 | 0.02/2000 | 0.03/2000 |
|      | B1016A  | 1600    | 4000 | 1000               | 4~80                 | 0.02/2000 | 0.03/2000 |
| 龙门刨床 | BQ2010  | 1000    | 4000 | 800                | 5~20                 | 0.02/2000 | 0.03/2000 |
|      | B2010A  | 1000    | 2000 | 800                | 4.5~90               | 0.02/1500 | 0.03/1500 |
|      | B2012A  | 1250    | 4000 | 1000               | 6~90                 | 0.02/2000 | 0.03/2000 |
|      | BM2016  | 1600    | 4000 | 1400               | 5~75                 | 0.02/2000 | 0.03/2000 |
|      | BQ2020A | 2000    | 4000 | 1600               | 4~80                 | 0.02/2000 | 0.03/2000 |
|      | B2025A  | 2500    | 8000 | 2000               | 3~60                 | 0.02/2000 | 0.03/2000 |
|      | BQ2031A | 3150    | 8000 | 2000               | 3~60                 | 0.02/2000 | 0.03/2000 |

0.02/300

表 7—29

插 床

(mm)

| 机床名称 | 型 号    | 技 术 参 数 |                |             |               |       |      | 工 作 精 度 |                 |             |            |
|------|--------|---------|----------------|-------------|---------------|-------|------|---------|-----------------|-------------|------------|
|      |        | 最大插削长度  | 最大工件质量<br>(kg) | 工作台面至滑架下端距离 | 滑枕倾斜角度<br>(°) | 工作台行程 |      | 工作台直径   | 平 面 度           | 垂 直 度       |            |
|      |        |         |                |             |               | 纵向    | 横向   |         |                 | 对基面         | 纵横向        |
| 插 床  | B5020  | 200     | 4              | 320         | 0~8           | 500   | 500  | 500     | 0.015 / 150×120 | 0.015 / 120 | 0.02 / 120 |
|      | B5032  | 320     | 5              | 490         | 0~8           | 630   | 560  | 630     | 0.015 / 150×200 | 0.02 / 200  | 0.02 / 200 |
|      | BA5050 | 500     | 16             | 710         | 0~10          | 900   | 710  | 1120    | 0.025 / 300×300 | 0.03 / 300  | 0.03 / 300 |
|      | BA5063 | 630     | 20             | 800         | 0~10          | 1120  | 800  | 1120    | 0.025 / 300×380 | 0.04 / 380  | 0.03 / 300 |
|      | BA5080 | 800     | 25             | 1000        | 0~10          | 1250  | 1000 |         | 0.03 / 300×480  | 0.045 / 480 | 0.03 / 300 |

表 7—30

牛 头 刨 床

(mm)

| 机床名称 | 型 号    | 技 术 参 数 |       |     |       |     | 工 作 精 度 |      |      |      | 试 件 尺 寸<br>长×宽×高 |
|------|--------|---------|-------|-----|-------|-----|---------|------|------|------|------------------|
|      |        | 最大刨削长度  | 工作台行程 |     | 工作台尺寸 |     | 平面度     | 平行度  |      | 垂直度  |                  |
|      |        |         | 横向    | 垂直  | 长度    | 宽度  |         | 对基面  | 两侧面  |      |                  |
|      |        |         |       |     |       |     |         |      |      |      |                  |
| 牛头刨床 | B6025A | 250     | 300   | 220 | 250   | 180 | 0.02    | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 150×40×25        |
|      | BA6035 | 350     | 368   | 270 | 350   | 270 | 0.025   | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 210×60×35        |
|      | B6050  | 500     | 500   | 300 | 480   | 360 | 0.025   | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 300×80×50        |
|      | B6063  | 630     | 630   | 360 | 630   | 400 | 0.025   | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 380×105×63       |
|      | B6080  | 800     | 710   | 300 | 800   | 450 | 0.03    | 0.04 | 0.06 | 0.03 | 480×135×70       |
|      | B690   | 900     | 750   | 320 | 900   | 450 | 0.03    | 0.04 | 0.06 | 0.03 | 540×150×75       |
|      | B6100  | 1000    | 800   | 300 | 1000  | 500 | 0.03    | 0.04 | 0.06 | 0.03 | 600×170×80       |

表 7—31

拉 床

(mm)

| 机床名称  | 型 号    | 技 术 参 数     |        |                   |      | 工作精度           |
|-------|--------|-------------|--------|-------------------|------|----------------|
|       |        | 额定拉力<br>(N) | 滑枕最大行程 | 滑枕工作速度<br>(m/min) | 花盘孔径 | 孔中心线对<br>基面垂直度 |
| 卧式内拉床 | L6110  | 100         | 1250   | 2~11              | 100  | 0.08/200       |
|       | L6120  | 200         | 1600   | 1.5~11            | 130  |                |
|       | L6140A | 400         | 2000   | 1.5~7             | 150  |                |

表 7—32

锯 床

(mm)

| 机 床 名 称 | 型 号   | 技 术 参 数 |             | 工 作 精 度  |
|---------|-------|---------|-------------|----------|
|         |       | 最大切料直径  | 切削速度(m/min) | 端面对母线垂直度 |
| 卧式带锯床   | G5025 | 250     | 20~70       | 0.30/100 |
| 卧式圆锯床   | G6010 | 350     | 12~400      |          |
|         | G6014 | 500     | 12~400      |          |
|         | G6020 | 700     | 5.6~17      |          |
| 卧式弓锯床   | G7116 | 160     | 28          | 0.04/100 |
|         | G7125 | 250     | 27          |          |

#### 7.1.4 组合机床

##### ①组合机床及其特点

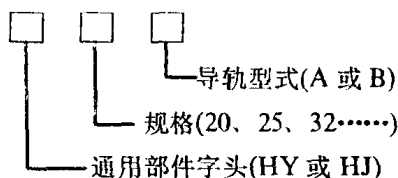
组合机床是由通用部件拼装而成的高效率专用机床。它能够进行多刀、多面、多工位加工，并且自动化程度高，因而比通用机床生产率高、劳动强度低。通用部件是由专门厂生产的，因此组合机床设计和制造周期短，经济效益好，通用部件的质量可靠。由于加工质量靠工艺装备保证，对操作工人技术水平要求不高。当产品更改时，通用部件可以重复利用。组合机床可以完成钻孔、扩孔、铰孔、镗孔、攻丝、车削端面以及铣面、倒角、切槽等工序。

##### ②通用部件简介

###### A. 滑台

滑台安装尺寸在 GB3668.4—83 中有具体规定。其规格以滑台宽度 1/10 表示，宽度有 125、160、

200、250、320、400、500、630、800。驱动型式分液压(HY)和机械(HJ)两种。导轨型式有双矩形(A)和单矩形(B)。滑台型号含意如下



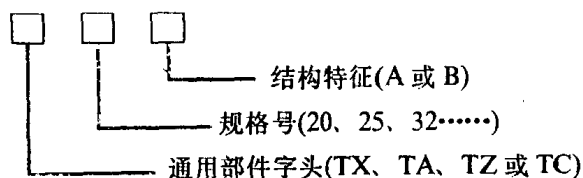
#### B. 动力箱 TD

动力箱安装尺寸在 GB3668.5—83 中有具体规定。规格以底平面尺寸的 1/10 表示。规格种类与滑台相同。传动型式有齿轮(A)和联轴器(B)两种。

#### C. 切削头

通用部件中的切削头有铣削头 TX、镗削头 TZ、镗车头 TC。其规格以底平面尺寸的 1/10 表示，规格系列与滑台相同。钻削头最大规格为 400mm，其余各切削头最大规格为 630mm。

切削头及动力箱的型号含意如下：



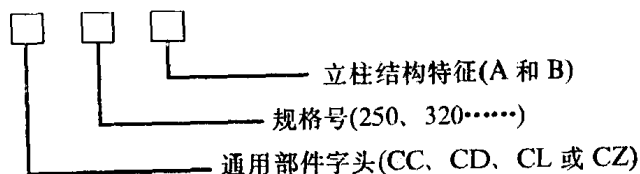
A 型铣削头主轴采用 3182100 系列轴承，精度较高；B 型铣削头主轴采用圆锥滚子轴承，抗振性较好。

A 型镗车头由交换挂轮变速；B 型镗车头由滑移齿轮和挂轮变速。

切削头安装尺寸在 GB3668.9—83 中作有具体规定。

#### D. 支承件

支承件有滑台侧底座 CC(安装尺寸见 GB3668.6—83)、中间底座 CD(GB3668.7—83)、立柱 CL(GB3668.7—83)、立柱侧底座 CD(GB3668.8—83)等。它们的规格以相配滑台的滑鞍宽度 1/10 表示，其型号的含意如下：



A 型立柱配置液压滑台。B 型立柱配置机械滑台。

#### E. 回转工作台

工作台直径有 320、400、500、630、800(安装尺寸见 GB3668.3—83)。

#### ③组合机床配置型式

##### A. 单工位

如图 7—1 所示。加工精度较高，但生产率低，适用于大、中型箱体类零件的加工。

## B. 多工位

如图 7—2 所示，图 a 为直线移动工作台，图 b 具有回转工作台，图 c 为中央立柱式，图 d 为鼓轮式。这类机床生产率高，适用于大批量生产中加工中小零件。

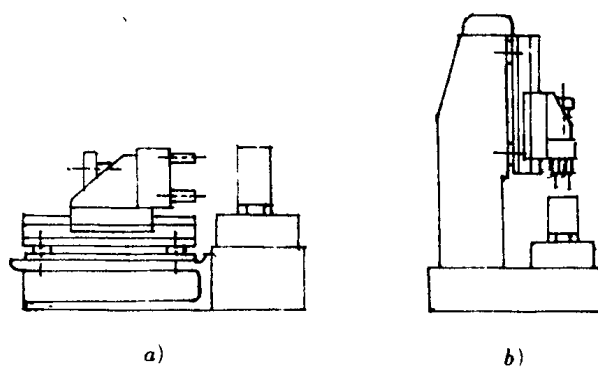


图 7—1 单工位组合机床

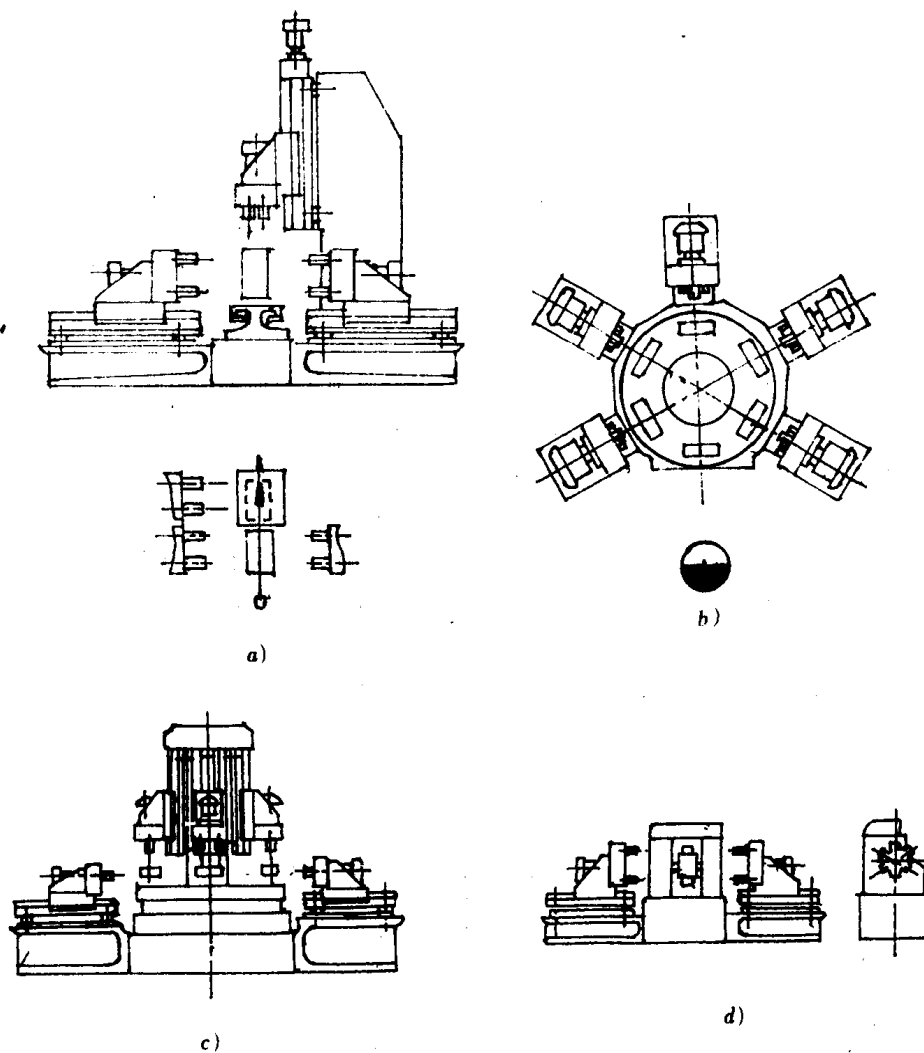


图 7—2 多工位组合机床



#### ④组合机床加工精度

##### A. 孔加工

尺寸精度: 采用铰孔或精镗时, 精度可达 IT6 级。加工有色金属, 采用精密夹具, 经过 3~4 次加工, 精度可以稳定达到 IT6 级。

表面粗糙度: 铰孔或精镗后表面粗糙度为  $Ra1.6$ 。加工有色金属可达  $Ra0.8\sim0.4$ 。

同轴度: 当两面多轴加工时, 同轴度一般为 0.05mm。当从一面精镗, 并且采用固定式夹具, 镗杆两端都有精密导向装置, 同轴度可达 1000mm 长度内 0.015—0.03mm。当从两面对同一轴线上的孔加工时, 并有中间精密导向装置, 其同轴度可达 0.015~0.03mm。

平行度: 孔对孔以及孔对基面的平行度, 在 1000mm 长度内可达 0.02—0.05mm。

垂直度: 孔中心线对基面以及相对另一孔中心线, 其垂直度可达在 100mm 长度内偏差 0.02mm。

位置精度: 固定式夹具加工时, 孔距和孔至基面尺寸精度为  $\pm 0.025\sim\pm 0.05\text{mm}$ 。用活动式模板加工时, 位置精度为  $\pm 0.05\text{mm}$ 。多工位加工采用回转工作台时, 精度可达  $\pm 0.1\text{mm}$ , 鼓轮式机床加工精度为  $\pm 0.2\text{mm}$ 。

螺孔位置精度: 一般可达  $\pm 0.25\text{mm}$ , 机床精度较高时可达  $\pm 0.15\text{mm}$ 。

##### B. 平面加工

平面度可达 100mm, 长度内 0.02~0.05mm, 表面粗糙度  $Ra3.2$ 。对基面的平行度在 0.05mm 内, 到基面的尺寸差在 0.05mm 以内。

##### C. 止口加工

多轴加工, 死挡铁停留, 止口深度尺寸可达 0.15~0.25mm; 单轴加工, 加工工件表面定位, 一般精度可以达到 0.08~0.10mm。条件良好时, 精度可达 0.02~0.045mm。

## 7.2 刀具

### 7.2.1 刀具选择的依据

刀具是影响切削加工的重要工具。合理地选用刀具, 是保证产品质量和提高切削效率的重要途径。在选择刀具材料、型式和结构时, 除应考虑工件的材料、形状、尺寸、精度、表面粗糙度等因素外, 还应考虑零件的生产批量、生产率、使用机床的类型、选择的工艺方案等因素。

### 7.2.2 常用刀具材料

目前, 常用的刀具材料是高速钢和硬质合金两大类。

高速钢刀具刃磨性能好, 强度和韧性较高, 常用于制造形状复杂、受冲击载荷的刀具。但高速钢热硬性差, 不适宜制造高速切削刀具。常用的高速钢牌号及机械性能见表 7—33。

硬质合金刀具硬度高, 耐磨性和热硬性好, 具有一定的使用强度。缺点是韧性差、性脆。目前, 硬质合金是制造高速切削刀具的主要材料。常用硬质合金的牌号、性能、用途见表 7—34、7—35。

### 7.2.3 硬质合金焊接刀片

硬质合金焊接刀片共有六个类型: A、B、C、D、E、F。刀片型号的表示方法是: 字母与第一位数字表示刀片形状, 后两位数字代表刀片的主要尺寸(如长度)。型号最后如有一字母(A、B、C等)时, 表示主要尺寸相同, 其余尺寸不同。最后如有字母 Z, 表示左刀片。例如, A125A, 表示为 A1 型刀片(长方形), 刀片长度为 25mm, 且与 A125 不同。硬质合金焊接刀片的型号及用途见表 7—36。硬质合金车刀的主要结构参数推荐数值见表 7—37~7—39。

表 7—33

常用高速钢的牌号及机械性能

| 类 型                   | 牌 号 *            |            | 硬 度 HRC |       |       | 抗弯强度<br>$\sigma_{bb}$<br>(GPa) | 冲击韧性<br>$\alpha_{kH}$<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------------------|------------|---------|-------|-------|--------------------------------|-----------------------------------------------|
|                       | YB12-77 牌号       | 美国 AISI 代号 | 国内有关厂代号 | 室 温   | 500℃  | 600℃                           |                                               |
| 普<br>通<br>高<br>速<br>钢 | W18Cr4V          | (T1)       |         | 63~66 | 56    | 48.5                           | 0.176~0.314                                   |
|                       | W6Mo5Cr4V2       | (M2)       |         | 63~66 | 55~56 | 47~48                          | 0.294~0.392                                   |
|                       | W14Cr4VMnRe      |            |         | 64~66 | —     | 50.5                           | ~0.245                                        |
| 高 性 能 高 速 钢           | 95W18Cr4V        |            |         | 67~68 | 59    | 52                             | 0.166~0.216                                   |
|                       | W12Cr4V4Mo       | (EV4)      |         | 65~67 | —     | 51.7                           | ~0.245                                        |
|                       | W6Mo5Cr4V3       | (M3)       |         | 65~67 | —     | 51.7                           | ~0.245                                        |
|                       | W6Mo5Cr4V2Co8    | (M36)      |         | 66~68 | —     | 54                             | ~0.294                                        |
|                       | W2Mo9Cr4VCo8     | (M42)      |         | 67~70 | 60    | 55                             | 0.225~0.294                                   |
|                       | W6Mo5Cr4V2Al     | (M2A1)     | (S01)   | 67~69 | 60    | 55                             | 0.225~0.294                                   |
|                       | W10Mo4Cr4V3Al    |            | (5F6)   | 67~69 | 60    | 54                             | 0.196~0.274                                   |
|                       | W6Mo5Cr4V5SiNbAl |            | (B201)  | 66~68 | 57.7  | 50.9                           | 0.255~0.265                                   |
|                       | W12Mo3Cr4V3N     |            | (V3N)   | 67~70 | 61    | 55                             | 0.147~0.392                                   |
|                       |                  |            |         |       |       |                                |                                               |

注: \* 牌号中化学元素后面数字表示含量大致百分比, 未注者约在 1% 左右。

表 7—34

常用硬质合金的牌号和性能

| 类型                | 牌号            | 成 分 (%) |     |              |    |              | 物理机械性能        |                 |                    |                             | 使用性能                                |                               | 相当<br>ISO 牌号 |     |
|-------------------|---------------|---------|-----|--------------|----|--------------|---------------|-----------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--------------|-----|
|                   |               | WC      | TiC | TaC<br>(NbC) | Co | 其它           | 比重            | 导热系数<br>(W/m·K) | 硬度<br>HRA<br>(HRC) | 抗弯强度<br>$\sigma_{bb}$ (GPa) | 加工材料<br>类 别                         | 耐 磨 性<br>耐 切 削 速 度<br>耐 进 给 量 |              |     |
| 钨<br>钴<br>类       | YG3           | 97      | —   | —            | 3  | —            | 14.9~<br>15.3 | 87.92           | 91(78)             | 1.08                        | 短切屑<br>的黑色金<br>属；有色<br>金属；非<br>金属材料 | ↑ ↓ ↑ ↓                       | K 类          | K01 |
|                   | YG6X          | 93.5    | —   | 0.5          | 6  | —            | 14.6~<br>15.0 | 75.55           | 91(78)             | 1.37                        |                                     |                               |              | K05 |
|                   | YG6           | 94      | —   | —            | 6  | —            | 14.6~<br>15.0 | 75.55           | 89.5(75)           | 1.42                        |                                     |                               |              | K10 |
|                   | YG8           | 92      | —   | —            | 8  | —            | 14.5~<br>14.9 | 75.36           | 89(74)             | 1.47                        |                                     |                               |              | K20 |
|                   | YG8C          | 92      | —   | —            | 8  | —            | 14.5~<br>14.9 | 75.36           | 88(72)             | 1.72                        |                                     |                               |              | K30 |
| 钨<br>钛<br>钴<br>类  | YT30          | 66      | 30  | —            | 4  | —            | 9.3~<br>9.7   | 20.93           | 92.5<br>(80.5)     | 0.88                        | 长切屑<br>的黑色金<br>属                    | ↑ ↓ ↑ ↓                       | P 类          | P01 |
|                   | YT15          | 79      | 15  | —            | 6  | —            | 11~<br>11.7   | 33.49           | 91(78)             | 1.13                        |                                     |                               |              | P10 |
|                   | YT14          | 78      | 14  | —            | 8  | —            | 11.2~<br>12.0 | 33.49           | 90.5<br>(77)       | 1.77                        |                                     |                               |              | P20 |
|                   | YT5           | 85      | 5   | —            | 10 | —            | 12.5~<br>13.2 | 62.80           | 89<br>(74)         | 1.37                        |                                     |                               |              | P30 |
| 添加钽、<br>(钨)类      | YG6A<br>(YA6) | 91      | —   | 5            | 6  | —            | 14.6~<br>15.0 | —               | 91.5(79)           | 1.37                        | 长切屑<br>或短切屑<br>的黑色金<br>属和有色<br>金属   | —                             | KM 类         | K10 |
|                   | YG8A          | 91      | —   | 1            | 8  | —            | 14.5~<br>14.9 | —               | 89.5<br>(75)       | 1.47                        |                                     |                               |              | K10 |
|                   | YW1           | 84      | 6   | 4            | 6  | —            | 12.8~<br>13.3 | —               | 91.5<br>(79)       | 1.18                        |                                     |                               |              | M10 |
|                   | YW2           | 82      | 6   | 4            | 8  | —            | 12.6~<br>13.0 | —               | 90.5<br>(77)       | 1.32                        |                                     |                               |              | M20 |
| 碳化<br>钛<br>基<br>类 | YN05          | —       | 79  | —            | —  | Ni7<br>Mo14  | 5.56          | —               | 93.3<br>(82)       | 0.78~<br>0.93               | 长切屑<br>的黑色金<br>属                    | —                             | P 类          | P01 |
|                   | YN10          | 15      | 62  | 1            | —  | Ni12<br>Mo10 | 6.3           | —               | 92<br>(80)         | 1.08                        |                                     |                               |              | P01 |

注：Y—硬质合金；G—钴；T—钛；X—细颗粒合金；C—粗颗粒合金；A—含TaC(NbC)的YG类合金；W—通用合金；N—不含钴，用镍作粘结剂的合金。

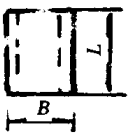
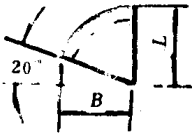
表 7—35

常用硬质合金牌号的选用

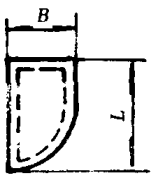
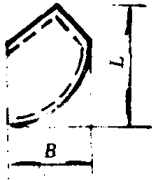
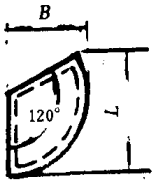
| 牌 号          | 用 途                                    |
|--------------|----------------------------------------|
| YG3          | 铸铁、有色金属及其合金的精加工、半精加工、要求无冲击             |
| YG6X         | 铸铁、冷硬铸铁高温合金的精加工、半精加工                   |
| YG6          | 铸铁、有色金属及其合金的半精加工与粗加工                   |
| YG8          | 铸铁、有色金属及其合金的粗加工。也能用于断续切削               |
| YT30         | 碳素钢、合金钢的精加工                            |
| YT15<br>YT14 | 碳素钢、合金钢连续切削时粗加工、半精加工及精加工、也可用于断续切削时的精加工 |
| YT5          | 碳素钢、合金钢的粗加工。可用于断续切削                    |
| YA6          | 冷硬铸铁、有色金属及其合金的半精加工。也可用于合金钢的半精加工        |
| YW1          | 不锈钢、高强度钢与铸铁的半精加工与精加工                   |
| YW2          | 不锈钢、高强度钢与铸铁的粗加工与半精加工                   |
| YN05         | 低碳钢、中碳钢、合金钢的高速精车，系统刚性较好的细长轴精加工         |
| YN10         | 碳钢、合金钢、工具钢淬硬钢连续表面的精加工                  |

表 7—36

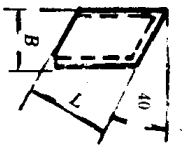
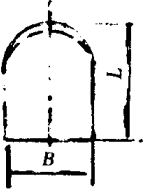
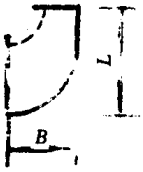
硬质合金刀片的型号及用途(摘自 YB850—75)

| 型式 | 简 图                                                                                                 | 型 号                                                                                                           | 用 途                                                         |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| A1 |                  | A106、A108、A110、A112<br>A114、A116、A118、A118A<br>A120、A122、A122A、A125<br>A125A、A130、A136、A140<br>A150、A160、A170 | 用于制造外圆车刀、<br>精宽车刀、槽宽 12mm<br>以上的切槽刀、通孔镗<br>刀、大直径工件的切断<br>刀等 |
| A2 | <br>左右向图形对称，图为右向 | A208、A208Z、A210、A210Z<br>A212、A212Z、A216、A216Z<br>A220、A220Z、A225、A225Z                                       | 用于制造端面车刀、<br>深孔镗刀等                                          |

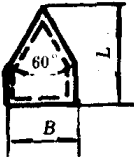
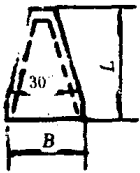
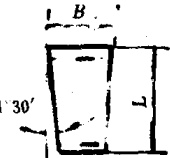
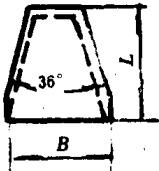
续表 1

| 型式 | 简 图                                                                                                     | 型 号                                                                                                                                                       | 用 途                               |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| A3 |  <p>左右向图形对称，图为右向</p>   | A310、A312、A312Z、A315<br>A315Z、A320、A320Z、A325<br>A325Z、A330、A330Z、A340<br>A340Z                                                                           | 用于制造外圆车刀、<br>端面车刀、倒棱刀、螺<br>纹车刀    |
| A4 |  <p>左右向图形对称，图为右向</p>  | A406、A408、A410、A410Z、A412<br>A412Z、A416、A416Z、A420、<br>A420Z、A425、A425Z、A430、<br>A430Z、A430A、A430AZ、A440<br>A440Z、A440A、A440AZ、A450<br>A450Z、A450A、A450AZ | 用于制造外圆车刀、<br>端面车刀、倒棱刀、深<br>孔镗刀、镗刀 |
| A5 |  <p>左右向图形对称，图为右向</p> | A515、A515Z<br>A518、A518Z                                                                                                                                  | 用于制造外圆车刀、<br>镗刀、面铣刀、自动机<br>床车刀    |
| A6 |  <p>左右向图形对称，图为右向</p> | A612、A612Z<br>A615、A615Z<br>A618、A618Z                                                                                                                    | 用于制造外圆车刀、<br>镗刀、面铣刀               |

续表 2

| 型式 | 简 图                                                                                                      | 型 号                                                                                                  | 用 途                           |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| B1 |  <p>左右向图形对称, 图为右向</p>   | B108、B112、B112Z、B116、<br>B116Z、B120、B120Z、B120A<br>B120AZ、B125、B125Z、<br>B125A、B125AZ、B130、<br>B130Z | 用于制造成型车刀、<br>燕尾槽刨刀、燕尾槽铣<br>刀  |
| B2 |                        | B208、B210、B212、<br>B214、B216、B220、<br>B225、B228                                                      | 用于制造圆弧成型车<br>刀、半圆槽切刀、圆角<br>车刀 |
| B3 |  <p>左右向图形对称, 图为右向</p> | B312、B312Z、B315<br>B315Z、B318、B318Z、<br>B322、B322Z                                                   | 用于制造凸圆弧成型<br>车刀               |
| B4 |                       | B428、B433、B446                                                                                       | 用于制造凹圆弧成型<br>车刀和轮缘车刀          |

续表 3

| 型式 | 简 图                                                                                 | 型 号                                               | 用 途                |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|
| C1 |    | C110, C116, C120,<br>C122, C125                   | 用于制造螺纹车刀和<br>精车刀   |
| C2 |   | C215, C218, C222,<br>C228, C236                   | 用于制造梯形螺纹车<br>刀和精车刀 |
| C3 |  | C303, C304, C305, C306,<br>C308, C310, C312, C316 | 用于制造切断刀和切<br>槽刀    |
| C4 |  | C420, C425, C430,<br>C435, C442, C450             | 用于制造加工三角皮<br>带轮切槽刀 |

续表 4

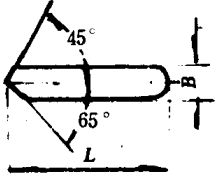
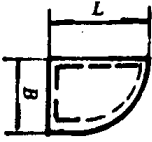
| 型式 | 简 图                                                                                               | 型 号                                                                                | 用 途                     |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| C5 |                  | C539, C545                                                                         | 用于制造加工面粉的<br>轧辊拉丝刀和精车刀  |
| D1 | <br>左右图形对称, 图为右向 | D110, D110Z, D112, D112Z,<br>D115, D115Z, D120, D120Z,<br>D125, D125Z, D130, D130Z | 用于制造外圆车刀、<br>镗刀、面铣刀、划钻等 |

表 7—37

硬质合金车刀的前角和后角参考值

| 被 加 工 材 料                                     |                                       | 前 角 $\gamma_0$             | 后 角 $\alpha_0$          |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 结构钢、合金钢及铸钢件                                   | $\sigma_b < 0.78\text{GPa}$           | $10^\circ \sim 15^\circ$   | $6^\circ \sim 8^\circ$  |
|                                               | $\sigma_b = 0.78 \sim 0.98\text{GPa}$ | $5^\circ \sim 10^\circ$    | $6^\circ \sim 8^\circ$  |
| 高强度钢及表面有夹杂的铸钢件<br>$\sigma_b > 0.98\text{GPa}$ |                                       | $-50^\circ \sim -10^\circ$ | $6^\circ \sim 8^\circ$  |
| 耐热钢 $\sigma_b = 0.69 \sim 0.98\text{GPa}$     |                                       | $10^\circ \sim 12^\circ$   | $8^\circ \sim 10^\circ$ |
| 不锈钢 1Cr18Ni9Ti                                |                                       | $15^\circ \sim 30^\circ$   | $8^\circ \sim 10^\circ$ |
| 淬火钢 HRC40 以上                                  |                                       | $-5^\circ \sim -10^\circ$  | $8^\circ \sim 10^\circ$ |
| 铬锰钢                                           |                                       | $-2^\circ \sim -5^\circ$   | $8^\circ \sim 10^\circ$ |
| 铸铁                                            |                                       | $5^\circ \sim 15^\circ$    | $6^\circ \sim 8^\circ$  |
| 铸造黄铜                                          |                                       | $-3^\circ \sim 10^\circ$   | $4^\circ \sim 6^\circ$  |
| 铝合金                                           |                                       | $20^\circ \sim 30^\circ$   | $8^\circ \sim 12^\circ$ |

注：材料硬度高时，前角取表中小值，硬度低时取较大值；精加工时后角取较大值，粗加工时取小值。



表 7—38

主 偏 角 参 考 值

| 工 作 条 件                                       | 主 偏 角 $K_r$              |
|-----------------------------------------------|--------------------------|
| 系统刚性好、切深较小、走刀量较大、工件材料硬度高                      | $10^\circ \sim 30^\circ$ |
| 系统刚性较好( $\frac{l}{d} < 6$ )、加工盘套之类的工件         | $30^\circ \sim 45^\circ$ |
| 系统刚性较差( $\frac{l}{d} = 6 \sim 12$ )、切深较大或有冲击时 | $60^\circ \sim 75^\circ$ |
| 系统刚性差( $\frac{l}{d} > 12$ )、车台阶轴、切槽及切断        | $90^\circ \sim 93^\circ$ |

表 7—39

刃 倾 角、副 偏 角 参 考 值

| 工 作 条 件      | 刃 倾 角 $\lambda_s$          | 副 偏 角 $K'_r$             |
|--------------|----------------------------|--------------------------|
| 宽刃车刀及具有修光刃车刀 |                            | $0^\circ$                |
| 切槽刀、切断刀      | $0^\circ$                  | $1^\circ \sim 3^\circ$   |
| 精 车          | $0^\circ \sim 4^\circ$     | $5^\circ \sim 10^\circ$  |
| 粗 车          | $-5^\circ \sim -10^\circ$  | $10^\circ \sim 15^\circ$ |
| 精 镗          | $0^\circ \sim 4^\circ$     |                          |
| 粗 镗          | $-5^\circ \sim -10^\circ$  | $15^\circ \sim 20^\circ$ |
| 有中间切入的切削     |                            | $30^\circ \sim 45^\circ$ |
| 断续切削以及加工淬火钢  | $-10^\circ \sim -30^\circ$ |                          |

## 7.2.4 硬质合金可转位刀片 (表 7—40)

表 7-1-40

可转位刀片型号

| 号    | 位         | 1   | 2    | 3  | 4    | 5    | 6      | 7    | 8    | 9     | 10  |
|------|-----------|-----|------|----|------|------|--------|------|------|-------|-----|
| 举 例  | T         | N   | U    | M  | 16   | 04   | 08     | E    | R    | A2    |     |
| 表达特性 | 刀片形状      | 法后角 | 精度等级 | 类型 | 刀片长度 | 刀片厚度 | 刀尖圆角半径 | 刃口形状 | 切削方向 | 槽型及宽度 |     |
| 代号   | 形 状       | 代号  | 法后角  | 代号 | 精度   | 代号   | Rmm    | 代号   | 形状   | 代号    | 方向  |
| T    | 等边三角形     | A   | 3°   | G  | 精密   | 00   | 尖角     | F    | 尖刃   | R     | 右   |
| W    | 偏 8° 三角形  | B   | 5°   | M  | 中等   | 02   | 0.2    | E    | 倒圆   | L     | 左   |
| F    | 80° 凸三角形  | C   | 7°   | U  | 普通   | 04   | 0.4    | T    | 倒棱   | N     | 左、右 |
| S    | 正方形       | D   | 15°  |    |      | 06   | 0.6    | S    | 倒圆倒棱 |       |     |
| P    | 等五边形      | E   | 20°  |    |      | 08   | 0.8    |      |      |       |     |
| H    | 等六边形      | F   | 25°  |    |      | 12   | 1.2    |      |      |       |     |
| O    | 等八边形      | G   | 30°  |    |      |      |        |      |      |       |     |
| L    | 矩形        | N   | 0°   |    |      |      |        |      |      |       |     |
| R    | 圆形        | P   | 11°  |    |      |      |        |      |      |       |     |
| V    | 35° 菱形    | O   | 其它   |    |      |      |        |      |      |       |     |
| D    | 55° 菱形    |     |      |    |      |      |        |      |      |       |     |
| E    | 75° 菱形    |     |      |    |      |      |        |      |      |       |     |
| C    | 80° 菱形    |     |      |    |      |      |        |      |      |       |     |
| M    | 86° 菱形    |     |      |    |      |      |        |      |      |       |     |
| K    | 55° 平行四边形 |     |      |    |      |      |        |      |      |       |     |
| B    | 82° 平行四边形 |     |      |    |      |      |        |      |      |       |     |
| A    | 85° 平行四边形 |     |      |    |      |      |        |      |      |       |     |

| 以主切削刃尺寸整数表示, 个位数前加 0, 圆刀片用直径表示, 如 7.9 为 0712 为 12 | 以刀片厚度尺寸整数表示, 个位数前加 "0", 如: 3.18 为 037.9 为 07 | 代号 | Rmm | 形状   | 代号 | 方向  |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|----|-----|------|----|-----|
|                                                   |                                              | 00 | 尖角  | 尖刃   | F  | 右   |
|                                                   |                                              | 02 | 0.2 | 倒圆   | E  | 左   |
|                                                   |                                              | 04 | 0.4 | 倒棱   | T  | 左、右 |
|                                                   |                                              | 06 | 0.6 | 倒圆倒棱 | S  |     |
|                                                   |                                              | 08 | 0.8 |      |    |     |
|                                                   |                                              | 12 | 1.2 |      |    |     |

| 代号 | 意 义       |
|----|-----------|
| N  | 无槽、无中心孔   |
| A  | 无槽、有中心孔   |
| R  | 一面有槽、无中心孔 |
| M  | 一面有槽、有中心孔 |
| F  | 两面有槽、无中心孔 |
| G  | 两面有槽、有中心孔 |
| X  | 其它        |

| 代号 | 法后角 | 精度 |
|----|-----|----|
| A  | 3°  | 精密 |
| B  | 5°  | 中等 |
| C  | 7°  | 普通 |
| D  | 15° |    |
| E  | 20° |    |
| F  | 25° |    |
| G  | 30° |    |
| N  | 0°  |    |
| P  | 11° |    |
| O  | 其它  |    |

| 代号 | 形 状       |
|----|-----------|
| T  | 等边三角形     |
| W  | 偏 8° 三角形  |
| F  | 80° 凸三角形  |
| S  | 正方形       |
| P  | 等五边形      |
| H  | 等六边形      |
| O  | 等八边形      |
| L  | 矩形        |
| R  | 圆形        |
| V  | 35° 菱形    |
| D  | 55° 菱形    |
| E  | 75° 菱形    |
| C  | 80° 菱形    |
| M  | 86° 菱形    |
| K  | 55° 平行四边形 |
| B  | 82° 平行四边形 |
| A  | 85° 平行四边形 |

|   |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|
| J |  | H |  | K |  | Y |  | A |  |
| W |  | M |  | V |  | Z |  | U |  |
| C |  | D |  | O |  | G |  | P |  |
|   |  |   |  |   |  |   |  | G |  |

断屑槽宽度  
系列 1、2、3、4、5、6、7

\* 铣削刀片用二个字母表示  
安装主偏角和刀片修光刃的  
法后角。  
\*\* 无特殊要求, 该代号可  
省略不用。

\* 铣削刀片用二个字母表示  
安装主偏角和刀片修光刃的  
法后角。

\*\* 无特殊要求, 该代号可  
省略不用。

### 7.2.5 麻花钻(表 7—41~7—42)

表 7—41

麻花钻的直径分级

(mm)

|      |      |      |      |       |       |       |       |      |      |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 0.10 | 0.38 | 1.20 | 2.90 | 9.0   | 14.75 | 21.25 | 27.75 | 37.0 | 50.0 |
| 0.11 | 0.40 | 1.25 | 3.00 | 9.2   | 15.00 | 21.50 | 28.00 | 37.5 | 50.5 |
| 0.12 | 0.42 | 1.30 | 3.20 | 9.5   | 15.25 | 21.75 | 28.25 | 38.0 | 51.0 |
| 0.13 | 0.45 | 1.35 | 3.30 | 9.8   | 15.50 | 22.00 | 28.50 | 38.5 | 51.5 |
| 0.14 | 0.48 | 1.40 | 3.50 | 10.0  | 15.75 | 22.25 | 28.75 | 39.0 | 52.0 |
| 0.15 | 0.50 | 1.45 | 3.80 | 10.2  | 16.00 | 22.50 | 29.00 | 39.5 | 54.0 |
| 0.16 | 0.52 | 1.50 | 4.00 | 10.5  | 16.25 | 22.75 | 29.25 | 40.0 | 55.0 |
| 0.17 | 0.55 | 1.55 | 4.20 | 10.7  | 16.50 | 23.00 | 29.50 | 40.5 | 56.0 |
| 0.18 | 0.58 | 1.60 | 4.50 | 10.8  | 16.75 | 23.25 | 30.00 | 41.0 | 58.0 |
| 0.19 | 0.60 | 1.65 | 4.80 | 11.0  | 17.00 | 23.50 | 30.25 | 41.5 | 60.0 |
| 0.20 | 0.68 | 1.70 | 5.00 | 11.2  | 17.25 | 23.75 | 30.50 | 42.0 | 62.0 |
| 0.21 | 0.70 | 1.75 | 5.20 | 11.5  | 17.50 | 24.00 | 30.75 | 42.5 | 65.0 |
| 0.22 | 0.75 | 1.80 | 5.80 | 11.8  | 17.75 | 24.25 | 31.00 | 43.0 | 68.0 |
| 0.23 | 0.78 | 1.85 | 6.00 | 12.0  | 18.00 | 24.50 | 31.25 | 43.5 | 70.0 |
| 0.24 | 0.80 | 1.90 | 6.20 | 12.2  | 18.25 | 24.75 | 31.50 | 44.0 | 72.0 |
| 0.25 | 0.82 | 1.95 | 6.50 | 12.5  | 18.50 | 25.00 | 31.75 | 44.5 | 75.0 |
| 0.26 | 0.85 | 2.00 | 6.70 | 12.7  | 18.75 | 25.25 | 32.0  | 45.0 | 78.0 |
| 0.27 | 0.88 | 2.05 | 6.80 | 12.8  | 19.00 | 25.50 | 32.5  | 45.5 | 80.0 |
| 0.28 | 0.90 | 2.10 | 7.00 | 13.0  | 19.25 | 25.75 | 33.0  | 46.0 | —    |
| 0.29 | 0.92 | 2.20 | 7.20 | 13.2  | 19.50 | 26.00 | 33.5  | 46.5 | —    |
| 0.30 | 0.95 | 2.30 | 7.50 | 13.5  | 19.75 | 26.25 | 34.0  | 47.0 | —    |
| 0.31 | 0.98 | 2.40 | 7.80 | 13.8  | 20.00 | 26.50 | 34.5  | 47.5 | —    |
| 0.32 | 1.00 | 2.50 | 8.00 | 13.9  | 20.25 | 26.75 | 35.0  | 48.0 | —    |
| 0.33 | 1.05 | 2.60 | 8.20 | 14.0  | 20.50 | 27.00 | 35.5  | 48.5 | —    |
| 0.34 | 1.10 | 2.70 | 8.50 | 14.25 | 20.75 | 27.25 | 36.0  | 49.0 | —    |
| 0.35 | 1.15 | 2.80 | 8.80 | 14.50 | 21.00 | 27.50 | 36.5  | 49.5 | —    |

表 7—42

麻花钻的类型和用途

| 标准代号      | 品 种            | 直径范围(mm)<br>莫氏圆锥                                                                                                                              | 用 途                                       |
|-----------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| GB6135-85 | 粗 直 柄<br>小麻花钻  | 0.1~0.35                                                                                                                                      | 在自动机床上可用同一规格的<br>弹簧夹头装夹不同直径的钻<br>头钻小孔     |
| GB6134-35 | 直 柄 小<br>麻花钻   | 0.2~1.95                                                                                                                                      | 在台钻或其他机床上, 用钻<br>夹头装夹钻头, 钻小孔              |
| GB1435-85 | 直 柄 短<br>麻 花 钻 | 0.5~40                                                                                                                                        | 在自动机床、六角车床或手<br>动工具上用钻夹头装夹钻头,<br>钻浅孔或打中心孔 |
| GB1436-85 | 直柄麻花钻          | 2~20                                                                                                                                          | 在各种机床上, 用钻模或不<br>用钻模钻孔                    |
| GB1437-85 | 直 柄 长<br>麻 花 钻 | 2~20                                                                                                                                          | 在各种机床上, 用钻模或不<br>用钻模钻较深的孔                 |
| GB1438-85 | 锥柄麻花钻          | $\frac{3 \sim 14}{1}$ , $\frac{14.5 \sim 23}{2}$ $\frac{23.5 \sim 31.5}{3}$<br>$\frac{32 \sim 50.5}{4}$ $\frac{51 \sim 78}{5}$ $\frac{80}{6}$ | 在各种机床上, 用钻模或不<br>用钻模钻孔                    |
| GB1439-85 | 锥柄长<br>麻花钻     | $\frac{5 \sim 14}{1}$ $\frac{14.5 \sim 23}{2}$ $\frac{23.5 \sim 31.5}{3}$<br>$\frac{32 \sim 50}{4}$                                           | 在各种机床上, 用钻模或不<br>用钻模钻较深的孔                 |
| GB1440-85 | 锥柄加<br>长麻花钻    | $\frac{6 \sim 14}{1}$ $\frac{14.5 \sim 23}{2}$ $\frac{23.5 \sim 30}{3}$                                                                       | 同 上                                       |
| GB1441-85 | 粗锥柄<br>麻花钻     | $\frac{12 \sim 14}{2}$ $\frac{18.5 \sim 23}{3}$ $\frac{27 \sim 31.5}{4}$<br>$\frac{40.5 \sim 50.5}{5}$ $\frac{65 \sim 75}{6}$                 | 在有振动和较强负荷的条件<br>下钻孔用                      |
| GB6136-85 | 直柄超长<br>麻花钻    | 2~14                                                                                                                                          | 用于一般直柄麻花钻钻不到<br>的箱体上的浅孔                   |
| GB6137-85 | 锥柄超长<br>麻花钻    | $\frac{9 \sim 11.5}{1}$ $\frac{12 \sim 14}{1.2}$ $\frac{14.5 \sim 23}{2}$<br>$\frac{23.5 \sim 30}{3}$ $\frac{31 \sim 50}{4}$                  | 用于一般锥柄麻花钻钻不到<br>的箱体上的浅孔                   |

### 7.2.6 中心钻、扩孔钻及铰钻 (表 7—43~7—46)

表 7—43

中心钻的类型和尺寸(GB6078—85)

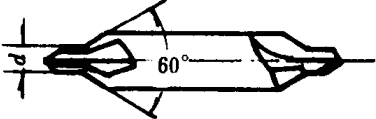
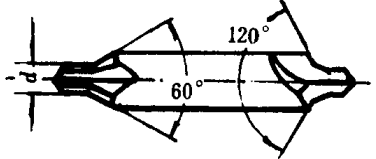
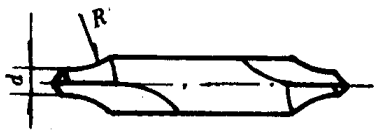
| 类 型 | 名 称      | 简 图                                                                                | 尺寸范围(mm)     |
|-----|----------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| A 型 | 不带护锥的中心钻 |  | $d=1\sim 10$ |
| B 型 | 带护锥的中心钻  |  | $d=1\sim 10$ |
| R 型 | 弧形中心钻    |  | $d=1\sim 10$ |

表 7—44

标准扩孔钻的类型和尺寸

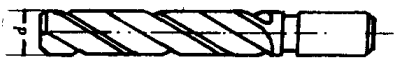
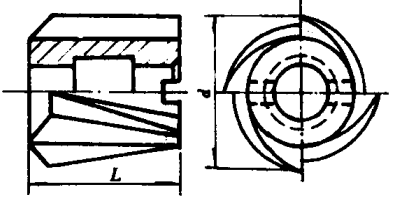
| 标准代号      | 品种名称  | 简 图                                                                                 | 直径范围(mm)                                 | 莫氏圆锥             |
|-----------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------|
| GB4256—84 | 直柄扩孔钻 |  | 3~20                                     |                  |
| GB1141—84 | 锥柄扩孔钻 |  | 7.5~14<br>>14~23<br>>23~31.5<br>>31.5~50 | 1<br>2<br>3<br>4 |
| GB1142—84 | 套式扩孔钻 |  | 25~100                                   |                  |

表 7—45

扩孔钻直径分级(推荐值)

(mm)

|     |       |       |      |      |      |      |      |       |
|-----|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| 3.0 | 7.00  | 13.00 | 19.0 | 25.0 | 33.0 | 40.0 | 49.6 | 80.0  |
| 3.3 | 7.80  | 13.75 | 19.7 | 25.7 | 33.6 | 41.6 | 50.0 | 85.0  |
| 3.5 | 8.00  | 14.00 | 20.0 | 26.0 | 34.0 | 42.0 | 52.0 | 90.0  |
| 3.8 | 8.80  | 14.75 | 20.7 | 27.0 | 34.6 | 43.6 | 55.0 | 95.0  |
| 4.0 | 9.00  | 15.00 | 21.0 | 27.7 | 35.0 | 44.0 | 58.0 | 100.0 |
| 4.3 | 9.80  | 15.75 | 21.7 | 28.0 | 35.6 | 44.6 | 59.0 | —     |
| 4.5 | 10.00 | 16.00 | 22.0 | 29.0 | 36.0 | 45.0 | 60.0 | —     |
| 4.8 | 10.75 | 16.75 | 22.7 | 29.7 | 37.0 | 45.6 | 62.0 | —     |
| 5.0 | 11.00 | 17.00 | 23.0 | 30.0 | 37.6 | 46.0 | 65.0 | —     |
| 5.8 | 11.75 | 17.75 | 23.7 | 31.0 | 38.0 | 47.0 | 70.0 | —     |
| 6.0 | 12.00 | 18.00 | 24.0 | 31.6 | 39.0 | 47.6 | 72.0 | —     |
| 6.8 | 12.75 | 18.70 | 24.7 | 32.0 | 39.6 | 48.0 | 75.0 | —     |

表 7—46

铰钻的类型及应用范围

| 标准代号      | 名 称                    | 尺 寸 (mm)                                      | 应用范围                                  |
|-----------|------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| GB4258-84 | 60°、90°、120°<br>直柄锥面铰钻 | 钻头直径: 8、10、12.5、<br>16、20、25                  | 1. 铰圆锥头埋头螺头及铆钉<br>用的圆锥形埋头孔<br>2. 倒角   |
| GB1143-84 | 60°、90°、120°<br>锥柄锥面铰钻 | 钻头直径: 16、20、25、31.5、<br>40、50、63、80           | 1. 铰圆锥头埋头螺头及条钉<br>用的圆锥形埋头孔<br>2. 倒角   |
| GB4260-84 | 带导柱直柄平底铰<br>钻          | 钻头直径: 2.5~20<br>导柱直径: 1.2~11                  | 1. 铰螺钉及螺栓头部用的圆<br>柱形埋头孔<br>2. 铰凸台部的端面 |
| GB4263-84 | 带导柱直柄 90°<br>锥面铰钻      | 钻头直径: 2.4~17<br>导柱直径: 1.2~9                   | 铰沉头螺钉沉头座的 90°<br>锥面                   |
| GB4264-84 | 带可换导柱锥柄<br>90° 锥面铰钻    | 钻头直径 13~40<br>导柱直径 6.6~22<br>钻柄锥度 莫氏 2~3 号    | 铰沉头螺钉沉头座的 90°<br>锥面                   |
| GB4261-84 | 带可换导柱锥柄平<br>底铰钻        | 钻头直径: 15~60<br>导柱直径: 6.2~39<br>钻柄锥度: 莫氏 2~4 号 | 1. 铰螺钉及螺栓头部用的圆<br>柱形埋头孔<br>2. 铰凸台部的端面 |

## 7.2.7 铰刀(表 7—47~7—49)

表 7—47

常用铰刀的类型和用途

| 标准代号      | 品 种                 | 直径范围(mm)、锥度               | 用 途                                |
|-----------|---------------------|---------------------------|------------------------------------|
| GB1131-84 | 手用铰刀                | 直径 1~71                   | 在单件或小批生产加工和装配工作中使用                 |
| GB1132-84 | 直柄机用铰刀              | 直径 1~20                   | 成批生产条件下在机床上使用                      |
| GB1133-84 | 锥柄机用铰刀              | 直径 5.5~50                 | 成批生产条件下在机床上使用                      |
| GB4243-84 | 锥柄长刃<br>机用铰刀        | 直径 7~50                   | 成批生产条件下在机床上铰削带槽的孔                  |
| GB1135-84 | 套式机用铰刀              | 直径 25~100                 | 成批生产条件下把铰刀套在专用的 1:30 锥度心轴上铰削直径较大的孔 |
| GB1136-84 | 手用 1:50 锥度<br>销子铰刀  | 直径 0.6~50                 | 装配工作中, 铰削圆锥销的锥度孔                   |
| GB1137-84 | 长刃 1:50 锥度<br>销子铰刀  | 直径 0.6~50                 | 装配工作中, 铰削长度较长的圆锥销的锥度孔              |
| GB1138-84 | 锥柄机用 1:50<br>锥度销子铰刀 | 直径 5~50                   | 装配工作中在机床上铰削, 配铰大直径圆锥销的锥度孔          |
| GB1139-84 | 直柄莫氏圆锥<br>和公制圆锥铰刀   | 锥度 莫氏 0~6 号<br>公制 4 号、6 号 | 手工铰制莫氏圆锥孔和公制圆锥孔                    |
| GB1140-84 | 锥柄莫氏圆锥<br>和公制圆锥铰刀   | 锥度 莫氏 0~6 号<br>公制 4 号、6 号 | 成批生产条件下在机床上铰制莫氏圆锥孔和公制圆锥孔           |
| GB1134-84 | 带刃倾角锥<br>柄机用铰刀      | 直径 8~32                   | 成批生产条件下在机床上铰余量较大的通孔                |
| GB4244-84 | 带刃倾角直<br>柄机用铰刀      | 直径 5.5~20                 | 成批生产条件下在机床上铰余量较大的通孔                |
| GB4251-84 | 硬质合金直<br>柄机用铰刀      | 直径 6~20                   | 成批生产条件下在机床上用较高的速度铰孔                |
| GB4252-84 | 硬质合金锥<br>柄机用铰刀      | 直径 8~40                   | 成批生产条件下在机床上用较高的速度铰孔                |
| GB3869-85 | 可调节手用铰刀             | 直径: 6.5~100               | 修配时铰削工件上的通孔                        |

表 7—48

铰刀的直径偏差

(mm)

| 直 径    | 精 度 等 级 |        |        |
|--------|---------|--------|--------|
|        | H7      | H8     | H9     |
|        | 直 径 偏 差 |        |        |
| 1~3    | +0.008  | +0.011 | +0.021 |
|        | +0.004  | +0.006 | +0.012 |
| 3.5~6  | +0.010  | +0.015 | +0.025 |
|        | +0.005  | +0.008 | +0.014 |
| 7~10   | +0.012  | +0.018 | +0.030 |
|        | +0.006  | +0.010 | +0.017 |
| 11~18  | +0.015  | +0.022 | +0.036 |
|        | +0.008  | +0.012 | +0.020 |
| 19~30  | +0.017  | +0.028 | +0.044 |
|        | +0.009  | +0.016 | +0.025 |
| 32~50  | +0.021  | +0.033 | +0.052 |
|        | +0.012  | +0.019 | +0.030 |
| 52~80  | +0.025  | +0.039 | +0.062 |
|        | +0.014  | +0.022 | +0.036 |
| 85~100 | +0.029  | +0.045 | +0.073 |
|        | +0.016  | +0.026 | +0.042 |

表 7—49

硬质合金铰刀的直径偏差

(mm)

| 直 径    | 精 度 等 级 |        |        |
|--------|---------|--------|--------|
|        | H7      | H8     | H9     |
|        | 直 径 偏 差 |        |        |
| 5.3~6  | +0.012  | +0.018 | +0.030 |
|        | +0.007  | +0.011 | +0.019 |
| >6~10  | +0.015  | +0.022 | +0.036 |
|        | +0.009  | +0.014 | +0.023 |
| >10~18 | +0.018  | +0.027 | +0.043 |
|        | +0.011  | +0.017 | +0.027 |
| >18~30 | +0.021  | +0.033 | +0.052 |
|        | +0.013  | +0.021 | +0.033 |
| >30~40 | +0.025  | +0.039 | +0.062 |
|        | +0.016  | +0.025 | +0.040 |



## 7.2.8 铣刀 (表 7—50~7—51)

表 7—50

常用铣刀的类型和用途

| 标准代号                   | 品 种                       | 直径范围(mm)及锥度                                                      | 用 途                          |
|------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| GB1110—85              | 直柄立铣刀                     | 直径: 2~71                                                         | 用于铣削平面、台阶、沟槽等                |
| GB6116—85              | 削平型直柄立铣刀                  | 直径: 2~71                                                         |                              |
| GB1106—85              | 莫氏锥柄立铣刀                   | 直径: 6~63 锥度 1 <sup>#</sup> ~5 <sup>#</sup>                       |                              |
| GB1109—85              | 短莫氏锥柄立铣刀                  | 直径: 6~63 锥度 1 <sup>#</sup> ~5 <sup>#</sup>                       |                              |
| GB1114—85              | 套式立铣刀                     | 直径: 40、50、63、80、100、125、160                                      | 用于半精铣平面                      |
| GB1129—85              | 镶齿套式面铣刀                   | 直径: 80、100、125、160、200、250                                       | 用于铣削较宽的平面, 刀齿磨损后可以调节端面和径向伸出量 |
| GB1115—85              | 圆柱铣刀                      | 直径: 50、63、80、100                                                 | 用于铣削平面                       |
| GB1117—85              | 直齿三面刃铣刀                   | 直径: 50、63、80、100、125、160、200                                     | 用于加工凹槽和台阶, 直齿用于半精铣, 错齿用于粗铣。  |
| GB1118—85              | 错齿三面刃铣刀                   | 直径: 50、63、80、100、125、160、200                                     |                              |
| GB1125—85              | 凹半圆铣刀                     | 凹半径R: 1、1.25、1.6、2、2.5、3、4、5、6、8、10、12、16、20<br>直径: 50、63、80、100 | 用于铣削凸半圆形的工件                  |
| GB1124—85              | 凸半圆铣刀                     | 凸半径R: 1、1.25、1.6、2、2.5、3、4、5、6、8、10、12、16、20<br>直径: 50、63、80、100 | 用于铣削凹半圆形的工件                  |
| GB6123—85<br>GB6124—85 | 直柄 T 型槽铣刀<br>削平型直柄 T 型槽铣刀 | T 型槽基本尺寸<br>5、6、8、10、12、14、18、22、28、36                           | 用于加工 T 型槽                    |
| GB6338—86<br>GB6339—86 | 直柄燕尾槽铣刀<br>削平型直柄燕尾槽铣刀     | 直径: 16、20、25、32<br>角度: 45°、50°、55°、60°                           |                              |

续表 1

| 标准代号                                | 品 种                       | 直径范围(mm)及锥度                                                                                                                                                                                                              | 用 途                                                     |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| GB6126—85                           | 单角铣刀                      | 直径: 40、50、63、80、100<br>角度: $18^\circ$ 、 $22^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $50^\circ$ 、 $55^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $65^\circ$ 、 $70^\circ$                                                  | 用于铣削角度槽                                                 |
| GB6127—85                           | 不对称双角铣刀                   | 直径: 40、50、63、80、100<br>角度: $55^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $65^\circ$ 、 $70^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $80^\circ$ 、 $85^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $100^\circ$                                                                           | 用于加工各种刀具的刃沟                                             |
| GB6128—85                           | 对称双角铣刀                    | 直径: 50、63、80、100<br>角度: $18^\circ$ 、 $22^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $50^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $90^\circ$                                                                               | 用加工有螺旋角的铣刀刃沟                                            |
| GB1128—85                           | 镶齿三面刃铣刀                   | 直径: 80、100、125、160、200、250、315                                                                                                                                                                                           | 用于加工凹槽和台阶, 刀齿磨损后, 铣刀宽度可以调整                              |
| GB1120—85<br>GB1121—85<br>GB6120—85 | 锯片铣刀<br>粗 齿<br>细 齿<br>中 齿 | 直径: 32、40、50、63、80、100、125、160、200、250、315                                                                                                                                                                               | 用于铣削窄而深的槽或锯断工作, 细齿适用于锯切黑色金属, 粗齿适用于锯切有色金属                |
| GB1122—85                           | 螺钉槽铣刀                     | 直径: 40、60、75                                                                                                                                                                                                             | 用于切窄槽                                                   |
| GB1112—81                           | 直柄键槽铣刀                    | 直径: 2、3、4、5、6、8、10、12、14、16、18、20                                                                                                                                                                                        | 用于加工圆头封闭或半封闭式的键槽, 键槽铣刀在圆周及端面上都有切削刃, 工作时可以垂直进给也可以沿工件轴线进给 |
| GB1113—81                           | 锥柄键槽铣刀                    | 直径: 14、16、18、20、22、25、28、32、36、40、45、50                                                                                                                                                                                  |                                                         |
| GB1127—81                           | 半圆键槽铣刀                    | 宽度×直径: $1\times 4$ 、 $1.5\times 7$ 、 $2\times 7$ 、 $2\times 10$ 、 $2.5\times 10$ 、 $3\times 13$ 、 $3\times 16$ 、 $4\times 19$ 、 $5\times 19$ 、 $5\times 22$ 、 $6\times 22$ 、 $6\times 25$ 、 $8\times 28$ 、 $10\times 32$ | 用于铣削半圆键槽                                                |
| GB5342—85                           | 可转位面铣刀                    | 直径: 50、63、80、100、125、160、200、250、315、400、500                                                                                                                                                                             | 加工钢用 YT14 刀片, 加工铸铁用 YG8 刀片                              |
| GB5340—85                           | 可转位立铣刀                    | 直径: 12、14、16、18、20、25、32、40、50                                                                                                                                                                                           |                                                         |
| GB5341—85                           | 可转位三面刃铣刀                  | 直径: 100、125、160、200、250                                                                                                                                                                                                  |                                                         |

表 7—51

铣 刀 直 径 的 选 择

(mm)

## 1. 圆柱铣刀

|      |       |        |         |
|------|-------|--------|---------|
| 铣削深度 | 70    | 90     | 100     |
| 铣削宽度 | 5     | 8      | 10      |
| 铣刀直径 | 60~75 | 90~110 | 110~130 |

## 2. 套式面铣刀

|      |       |       |         |         |         |         |         |
|------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 铣削深度 | 4     | 4     | 5       | 6       | 6       | 8       | 10      |
| 铣削宽度 | 40    | 60    | 90      | 120     | 180     | 26      | 350     |
| 铣刀直径 | 60~75 | 75~90 | 110~130 | 150~175 | 200~250 | 300~350 | 400~500 |

## 3. 三面刃圆盘铣刀

|      |       |        |         |         |
|------|-------|--------|---------|---------|
| 铣削深度 | 8     | 12     | 20      | 40      |
| 铣削宽度 | 20    | 25     | 35      | 50      |
| 铣刀直径 | 60~75 | 90~110 | 110~150 | 175~200 |

## 4. 槽铣刀及切断铣刀

|      |       |       |    |     |
|------|-------|-------|----|-----|
| 铣削深度 | 4     | 4     | 5  | 10  |
| 铣削宽度 | 5     | 10    | 12 | 25  |
| 铣刀直径 | 40~60 | 60~75 | 75 | 110 |

### 7.2.9 丝锥与板牙(表 7—52、7—53)

表 7—52

常用丝锥的类型和用途

| 标准代号      | 品 种            | 尺寸范围     | 用 途                                           |
|-----------|----------------|----------|-----------------------------------------------|
| GB3464—83 | 机用、手用丝锥        | M1~M100  | 最普通的一种丝锥，可用于各方面。在齿尖强度上比螺旋槽丝锥优越，适合于不易发生堵屑条件下应用 |
| GB3465—83 | 长柄机用丝锥         | M3~M24   |                                               |
| GB3506—83 | 螺旋槽丝锥          | M3~M33   | 用于盲孔，切屑成螺旋状连续向柄外排出                            |
| GB3466—83 | 长柄螺母丝锥         | M3~M52   | 主要用于螺母攻丝                                      |
| GB976—83  | 短柄螺母丝锥         | M2~M52   |                                               |
|           | 锥度螺纹丝锥         | 1/16"~2" | 加工锥度螺纹                                        |
|           | 锥管螺纹丝锥         | 1/8"~2"  | 加工锥管螺纹                                        |
|           | 管接头用锥管<br>螺纹丝锥 | 1/4"~2"  | 主要加工可锻铸铁管接头                                   |
|           |                |          |                                               |
|           | 圆管螺纹丝锥         | 1/8"~2"  | 加工圆管螺纹                                        |

表 7—53

常用板牙的种类和用途

| 标准代号     | 品 种      | 尺寸范围    | 用 途                |
|----------|----------|---------|--------------------|
| GB970—83 | 手用、机用圆板牙 | M1~M68  | 加工普通螺纹             |
|          | 可调圆板牙    | M3~M20  | 一般用于校正螺纹           |
|          | 英制管螺纹圆板牙 | 1/8"~2" | 加工英制螺纹、圆柱管螺纹、圆锥管螺纹 |

## 7.2.10 齿轮加工刀具

### ① 齿轮滚刀

齿轮滚刀有Ⅰ型和Ⅱ型两种基本型式：Ⅰ型适用于 JB3227—83《高精度齿轮滚刀通用技术条件》所规定的 AAA 级滚刀及 GB6084—85《齿轮滚刀通用技术条件》所规定的 AA 级滚刀；Ⅱ型适用于 GB6084—85《齿轮滚刀通用技术条件》所规定的 AA、A、B、C 四种精度的滚刀。

滚刀的基本型式和尺寸见表 7—54。滚刀一般作成单头、右旋、容屑槽为平行于其轴线的直槽。

表 7—54 齿轮滚刀的基本型式和尺寸 (GB6083—85) (mm)

| 模数系列                                                                              |                                                                    | Ⅰ 型                                                    |                                        |        |                        |                 | Ⅱ 型      |        |        |                        |                  |    |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------|------------------------|-----------------|----------|--------|--------|------------------------|------------------|----|----|
| 1                                                                                 | 2                                                                  | 顶圆 $d_e$                                               | 宽度 $L$                                 | 内孔 $D$ | 齿边宽度<br>( $a_{\min}$ ) | 齿数<br>( $z/r$ ) | 顶圆 $d_e$ | 宽度 $L$ | 内孔 $D$ | 齿边宽度<br>( $a_{\min}$ ) | 齿 数<br>( $z/r$ ) |    |    |
| 1<br>1.25<br><br>1.5<br>2<br><br>2.5<br><br>3<br><br>3.25<br>3.5<br>3.75<br><br>4 | 1.75<br><br>2.25<br><br>2.75<br><br>3.25<br>3.5<br>3.75<br><br>4.5 | 63                                                     | 63                                     | 27     | 5                      | 16              | 50       | 32     | 22     | 5                      | 12               |    |    |
|                                                                                   |                                                                    |                                                        |                                        |        |                        |                 |          | 40     |        |                        |                  |    |    |
|                                                                                   |                                                                    | 71                                                     | 71                                     | 32     |                        |                 | 63       | 50     | 27     |                        |                  |    |    |
|                                                                                   |                                                                    | 80                                                     | 80                                     |        |                        |                 | 71       | 56     |        |                        |                  |    |    |
|                                                                                   |                                                                    | 90                                                     | 90                                     | 40     |                        |                 | 63       | 32     |        |                        |                  |    |    |
|                                                                                   |                                                                    |                                                        |                                        |        |                        | 80              | 71       |        |        |                        |                  |    |    |
|                                                                                   |                                                                    | 100                                                    | 100                                    |        |                        | 90              | 80       |        |        |                        |                  |    |    |
|                                                                                   |                                                                    | 112                                                    | 112                                    |        |                        | 90              | 90       |        |        |                        |                  |    |    |
|                                                                                   |                                                                    | 5<br><br>6<br><br>6.5<br>7<br><br>8<br><br>9<br><br>10 | 5.5<br><br>6.5<br>7<br><br>9<br><br>10 | 125    |                        | 125             | 50       | 12     | 100    |                        | 100              | 40 | 10 |
|                                                                                   |                                                                    |                                                        |                                        |        |                        |                 |          |        |        |                        |                  |    |    |
| 140                                                                               | 140                                                                |                                                        |                                        | 118    | 118                    |                 |          |        |        |                        |                  |    |    |
|                                                                                   |                                                                    |                                                        |                                        | 118    | 125                    |                 |          |        |        |                        |                  |    |    |
|                                                                                   |                                                                    |                                                        |                                        | 60     | 125                    | 132             |          |        |        |                        |                  |    |    |
| 160                                                                               | 160                                                                |                                                        |                                        |        | 140                    | 150             |          |        |        |                        |                  |    |    |
| 180                                                                               | 180                                                                |                                                        |                                        |        |                        |                 |          |        |        |                        |                  |    |    |
| 200                                                                               | 200                                                                |                                                        |                                        |        | 150                    | 170             | 50       |        |        |                        |                  |    |    |

注：1. 滚刀的轴台直径由工具厂自行决定，其尺寸应尽可能取得大一些。

2. 按用户要求，滚刀可作成左旋。

3. 键槽的尺寸和偏差按《铣刀和铣刀刀杆的互换尺寸》（此标准为国标报批稿，未正式公布，供参考）。

齿轮滚刀的精度为 AA、A、B、C 四个等级，分别用于加工精度按 JB179—83《渐开线圆柱齿轮精度》中规定的 7、8、9、10 四个精度等级的圆柱齿轮。

②直齿插齿刀，其结构及应用范围见表 7—55、7—56。

表 7—55 直齿插齿刀的型式、主要规格及应用范围

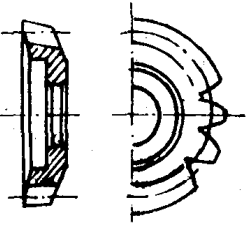
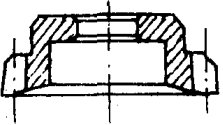
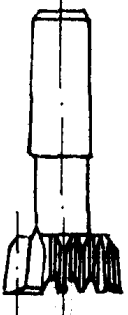
| 型式       | 名称      | 简 图                                                                                 | 公称分圆直径 (mm) 和模数                                                                                                                      | 应 用 范 围                                                |
|----------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| I<br>型   | 盘形直齿插齿刀 |    | $d=75 \quad m=1\sim 4$<br>$d=100 \quad m=1\sim 6$<br>$d=125 \quad m=4\sim 8$<br>$d=160 \quad m=6\sim 10$<br>$d=200 \quad m=8\sim 12$ | 适用于加工普通直齿外齿轮和大直径内齿轮<br>精度等级为 AA、A、B，分别用于加工 6、7、8 级精度齿轮 |
| II<br>型  | 碗形直齿插齿刀 |   | $d=50 \quad m=1\sim 3.5$<br>$d=75 \quad m=1\sim 4$<br>$d=100 \quad m=1\sim 6$<br>$d=125 \quad m=4\sim 8$                             | 适用于加工塔形直齿齿轮<br>精度等级为 AA、A、B，分别用于加工 6、7、8 级精度齿轮         |
| III<br>型 | 锥柄直齿插齿刀 |  | $d=25 \quad m=1\sim 2.75$<br>$d=38 \quad m=1\sim 3.75$                                                                               | 适用于加工直齿内齿轮<br>精度等级为 A、B，分别用于加工 7、8 级精度齿轮               |

表 7—56 小模数直齿插齿刀的型式和精度

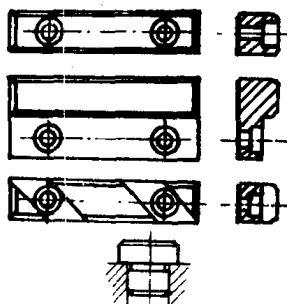
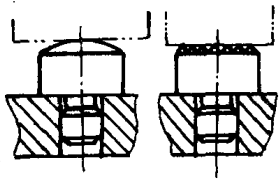
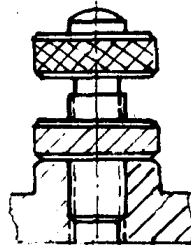
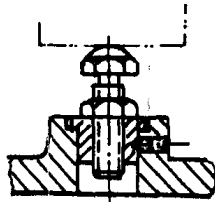
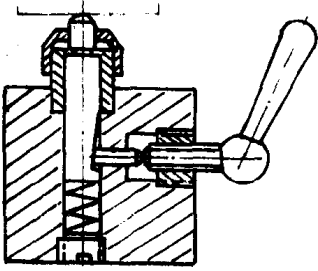
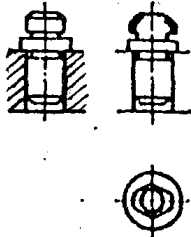
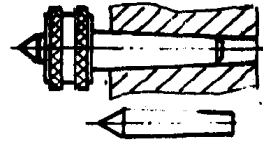
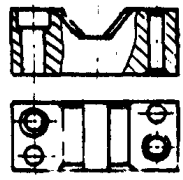
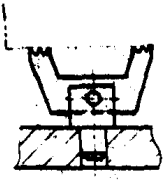
| 型 式   | 插齿刀名称   | 公称分圆直径 (mm) 和模数                                      | 精 度 等 级 |
|-------|---------|------------------------------------------------------|---------|
|       | 盘形直齿插齿刀 | $d=40 \quad m=0.2\sim 1$<br>$d=63 \quad m=0.3\sim 1$ | AA、A、B  |
| II 型  | 碗形直齿插齿刀 | $d=63 \quad m=0.3\sim 1$                             | AA、A、B  |
| III 型 | 锥柄直齿插齿刀 | $d=25 \quad m=0.1\sim 1$                             | A、B     |

## 7.3 夹具

### 7.3.1 定位元件的结构形式(表 7—57)

表 7—57

定位元件的结构形式

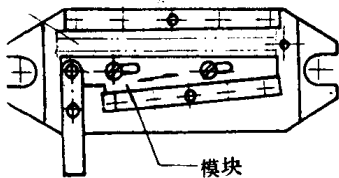
|                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(1) 支承和平顶平支承<br/>用于支承零件上已加工过的定位面，作为零件的定位支承</p>  | <p>(2) 圆顶面支承和锯齿顶面支承<br/>用于支承零件上未加工的定位面，作为零件的定位支承；锯齿顶面支承更为稳固，可用于承受切削力较大的夹具</p>  | <p>(3) 可调节定位支承<br/>用于成批生产中；当零件的定位面还留有余量，以便在后一工序切去，或者每批零件留有不同余量时，为了调节加工面与定位面间的尺寸，均需用此种支承</p>  |
| <p>(4) 螺母螺旋定位支承<br/>应用于支承重型零件，高度方向用锁紧螺母锁紧</p>    | <p>(5) 辅助定位支承<br/>作为辅助定位机构，起补充主要支承的作用，并使零件在加工时具有更大的刚度</p>                    | <p>(6) 定位销<br/>用于以圆孔作定位来安装零件；单孔定位用圆型，两孔定位时另一孔用扁型</p>                                       |
| <p>(7) 顶针：<br/>用于零件的车削，高速时用活动顶针</p>              | <p>(8) V型块<br/>用于圆柱外表面定位</p>                                                 | <p>(9) 自动调节式辅助支承多用于批量生产</p>                                                                |

### 7.3.2 夹紧元件的结构形式 (表 7—58)

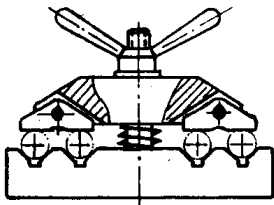
表 7—58

夹紧元件的结构形式

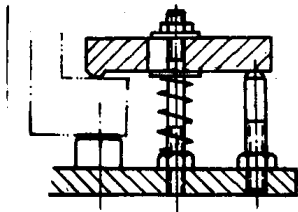
1. 模块式夹紧机构, 用于切削力不大时



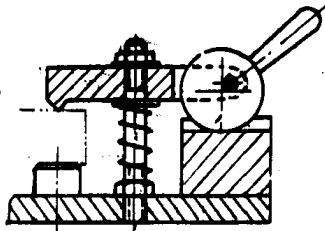
2. 平行夹紧机构, 用于多个零件同时夹紧。



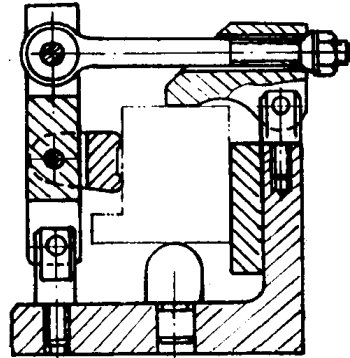
3. 移位式压板, 夹紧高度可随零件尺寸调节, 装卸时可将压板移向一侧



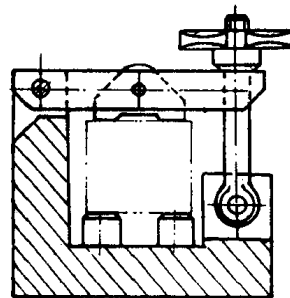
4. 偏心夹紧机构, 用于快速夹紧。



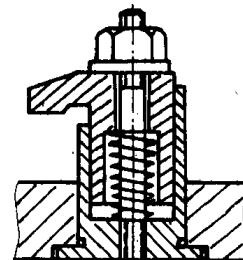
5. 交叉浮动压板夹紧机构, 用于夹紧形状复杂的零件, 可同时在若干点夹紧, 能补偿工件夹紧部位的尺寸差异。



6. 摆动式压板, 用于夹紧高度变化不大的工件。



7. 钩形压板夹紧机构, 当位置受到限制, 无法采用其它形式夹紧构时





### 7.3.3 常用夹具零件的通用标准

表 7—59

回 转 压 板 (JB216—60)

(mm)

标记:  $d \times r$

The image shows two views of a rotating pressure plate. The left view is a cross-section showing a cylindrical body with a central hole of diameter  $d$  and a smaller hole of diameter  $d_1$ . The distance between the centers of these holes is  $d_2$ . The outer diameter is  $B$ , and the total height is  $H$ . The plate has a 120-degree angle on its top surface. The right view is a top view showing the circular profile with a central hole of diameter  $d$  and a smaller hole of diameter  $d_1$ . The distance between the centers of these holes is  $d_2$ . The outer diameter is  $B$ , and the total height is  $H$ . The plate has a 120-degree angle on its top surface. The dimensions  $R1.5$  and  $R3$  are indicated for the fillets on the top and bottom surfaces, respectively. The distance from the center of the hole to the edge is  $r/2$ .

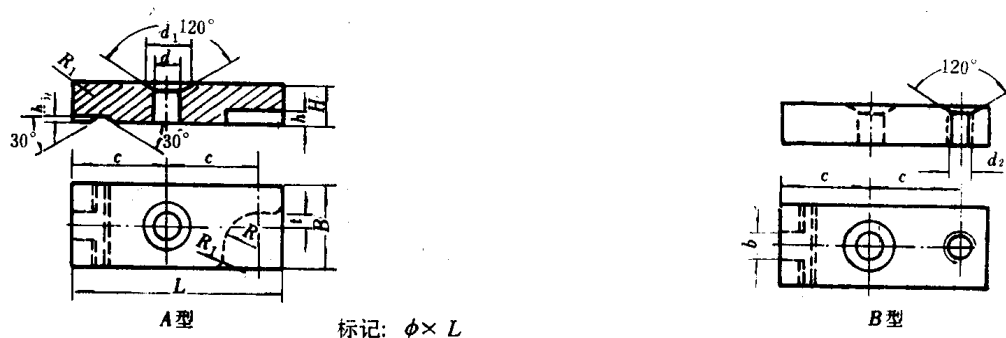
| $d$   | M5                                                       | M6    | M8    | M10   | M12 | M16 |    |
|-------|----------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-----|-----|----|
| $B$   | 14                                                       | 18    | 20    | 22    | 25  | 32  |    |
| $H$   | 公称尺寸                                                     | 6     | 8     | 10    | 12  | 16  | 18 |
|       | 允 差                                                      | -0.08 | -0.10 | -0.12 |     |     |    |
| $b$   | 7                                                        | 9     | 11    | 11    | 13  | 15  |    |
| $d_1$ | 公称尺寸                                                     | 6     | 8     | 10    | 10  | 12  | 16 |
|       | 允 差                                                      | +0.08 | +0.10 | +0.12 |     |     |    |
| $d_2$ | 6                                                        | 7     | 9     | 11    | 13  | 17  |    |
| $d_3$ | 7                                                        | 9     | 11    | 11    | 13  | 17  |    |
| $r$   | 20、25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、100、110、120 |       |       |       |     |     |    |

- 注: 1. 材料: 45 钢;  
 2. 热处理: 淬火+中温回火, HRC31~35;  
 3. 表面处理: 发蓝;  
 4. 去毛刺。

表 7—60

转 动 压 板 (JB208—60)

(mm)



| 杆直径<br>$\phi$ | $L$ |     | $B$ | $H$ | $b$ | $c$ | $d$ | $d_1$ | $d_2$ | $h$ | $h_1$ | $k$ | $m$ | $t$ | $R$ |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|
|               | A 型 | B 型 |     |     |     |     |     |       |       |     |       |     |     |     |     |
| 6             | 40  | —   | 18  | 8   |     | 17  |     |       |       |     |       |     | 4   |     |     |
|               | 45  | 45  | 20  | 10  | 7   | 20  | 7   | 12    | M6    | 2.5 | 1     | 5   | 6   | 3   | 8   |
|               | 50  | 50  | 22  | 12  |     | 22  |     |       |       |     |       |     | 8   |     |     |
| 8             | 42  | —   | 20  | 10  |     | 18  |     |       |       |     |       |     | 4   |     |     |
|               | 50  | 50  | 22  | 10  | 9   | 22  | 9   | 16    | M8    | 3.5 | 1     | 6   | 8   | 4   | 10  |
|               | 60  | 60  | 25  | 12  |     | 27  |     |       |       |     |       |     | 10  |     |     |

续表 1

| 杆直径<br>$\varphi$ | $L$ |     | $B$ | $H$ | $b$ | $c$ | $d$ | $d_1$ | $d_2$ | $h$ | $h_1$ | $k$ | $m$ | $t$ | $R$  |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-------|-----|-----|-----|------|
|                  | A 型 | B 型 |     |     |     |     |     |       |       |     |       |     |     |     |      |
| 10               | 55  | —   | 25  | 12  |     | 23  |     |       |       |     |       |     | 6   |     |      |
|                  | 65  | 65  | 28  | 14  | 12  | 28  | 12  | 20    | M10   | 4   | 1.5   | 8   | 8   | 5   | 12.5 |
|                  | 80  | 80  | 30  | 16  |     | 35  |     |       |       |     |       |     | 12  |     |      |
| 12               | 65  | —   | 30  | 16  |     | 28  |     |       |       |     |       |     | 6   |     |      |
|                  | 80  | 80  | 32  | 18  | 14  | 35  |     |       |       |     |       |     | 10  |     |      |
|                  | 100 | 100 | 36  | 20  |     | 45  | 14  | 22    | M12   | 5   | 1.5   | 10  | 15  | 6   | 15   |
|                  | 120 | 120 | 36  | 22  |     | 55  |     |       |       |     |       |     | 25  |     |      |
| 16               | 80  | —   | 36  | 20  |     | 34  |     |       |       |     |       |     | 6   |     |      |
|                  | 100 | 100 | 40  | 22  | 18  | 44  |     |       |       |     |       |     | 12  |     |      |
|                  | 120 | 120 | 45  | 25  |     | 54  | 18  | 28    | M16   | 6   | 2     | 12  | 18  | 8   | 17.5 |
|                  | 150 | 150 | 45  | 30  |     | 69  |     |       |       |     |       |     | 35  |     |      |
| 20               | 100 | —   | 45  | 25  |     | 42  |     |       |       |     |       |     | 10  |     |      |
|                  | 120 | 120 | 50  | 25  | 22  | 52  |     |       |       |     |       |     | 15  |     |      |
|                  | 150 | 150 | 50  | 30  | 22  | 67  | 23  | 63    | M20   | 7   | 2     | 15  | 25  | 10  | 20   |
|                  | 180 | 180 | 55  | 35  |     | 82  |     |       |       |     |       |     | 40  |     |      |
| 24               | 120 | —   | 50  | 30  |     | 50  |     |       |       |     |       |     | 12  |     |      |
|                  | 150 | 150 | 55  | 30  | 26  | 65  |     |       |       |     |       |     | 20  |     |      |
|                  | 180 | 180 | 60  | 35  |     | 80  | 27  | 42    | M24   | 8   | 2     | 18  | 30  | 12  | 22.5 |
|                  | 210 | 210 | 60  | 40  |     | 90  |     |       |       |     |       |     | 45  |     |      |
| 30               | 150 | —   | 65  | 35  |     | 63  |     |       |       |     |       |     | 15  |     |      |
|                  | 180 | 180 | 65  | 35  | 32  | 78  |     |       |       |     |       |     | 25  |     |      |
|                  | 210 | 210 | 65  | 40  |     | 93  | 32  | 52    | M30   | 10  | 3     | 20  | 35  | 15  | 30   |
|                  | 240 | 240 | 65  | 45  |     | 108 |     |       |       |     |       |     | 50  |     |      |
| 36               | 200 | —   | 75  | 40  |     | 85  |     |       |       |     |       |     | 20  |     |      |
|                  | 250 | —   | 75  | 45  | 38  | 110 | 39  | 64    | —     | 12  | 3     | 25  | 40  | 18  | 20   |
|                  | 300 | —   | 80  | 50  |     | 135 |     |       |       |     |       |     | 65  |     |      |

注: 1. 材料: 25 钢或 45 钢;

2. 热处理: 25 钢渗碳 0.8~1.2, 淬火 HRC58~63; 45 钢淬火 HRC43~48;

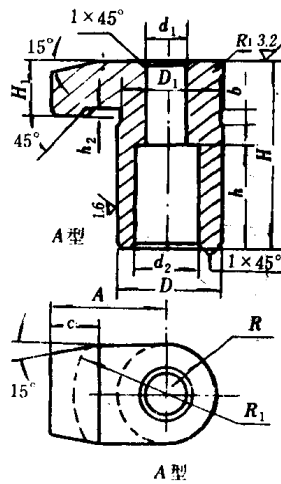
3. 表面处理: 发蓝;

4. 去毛刺。

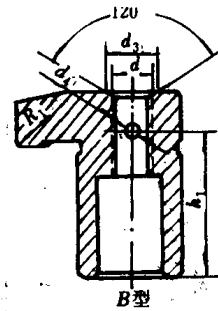
表 7-61

钩形压板 (JB218-60)

(mm)



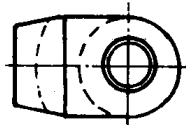
A型



B型

其余 12.5

$$D_1 = D - 0.5$$



B型

标记: 名称, A型 (或 B型)  $\phi \times A$ 

| A型 | B型  | 杆直径 $\phi$ | $d'$ | A  | B  | D    |                  | H         | $H_1$    | R    |       | $R_1$    | b | c        | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ | $d_4$ |        | h        | $h_1$    | $h_2$ |
|----|-----|------------|------|----|----|------|------------------|-----------|----------|------|-------|----------|---|----------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|----------|-------|
|    |     |            |      |    |    | 公称尺寸 | 允 差              |           |          | 公称尺寸 | 允 差   |          |   |          |       |       |       | 公称尺寸  | 允 差    |          |          |       |
| 6  | M6  | 18         | 23   | 16 | 16 | 16   | -0.020<br>-0.070 | 28<br>35  | 8<br>10  | 8    | -0.10 | 14<br>20 | 3 | 8<br>12  | 7     | 10    | 7     | 2     | +0.010 | 16<br>21 | 22<br>28 | 1     |
| 8  | M8  | 23         | 28   | 20 | 20 | 20   |                  | 35<br>45  | 11<br>13 | 10   |       | 18<br>23 |   | 10<br>14 | 9     | 14    | 9     | 3     |        | 20<br>28 | 28<br>35 |       |
| 10 | M10 | 28         | 35   | 25 | 25 | 25   | -0.025<br>-0.055 | 45<br>58  | 13<br>16 | 12.5 | -0.12 | 22<br>30 | 4 | 12<br>16 | 11    | 16    | 11    | 4     |        | 25<br>36 | 35<br>46 |       |
| 12 | M12 | 35         | 45   | 30 | 30 | 30   |                  | 55<br>70  | 16<br>20 | 15   |       | 26<br>36 |   | 15<br>18 | 13    | 18    | 13    |       |        | 30<br>42 | 42<br>54 |       |
| 16 | M16 | 45         | 55   | 35 | 35 | 35   |                  | 70<br>90  | 22<br>25 | 17.5 | -0.14 | 35<br>45 | 5 | 20<br>25 | 17    | 24    | 17    | 5     | +0.013 | 40<br>60 | 54<br>74 | 1.5   |
| 20 | M20 | 55         | 65   | 40 | 40 | 40   | -0.032<br>-0.100 | 80<br>100 | 28<br>30 | 20   |       | 43<br>53 |   | 25<br>30 | 22    | 30    | 21    | 6     |        | 45<br>60 | 60<br>75 |       |
| 24 | M24 | 65         | 75   | 50 | 50 | 50   |                  | 95<br>120 | 32<br>35 | 25   |       | 50<br>60 | 6 | 30<br>35 | 26    | 34    | 25    |       |        | 50<br>75 | 70<br>95 | 2     |

注: 1. 材料: 45 钢;

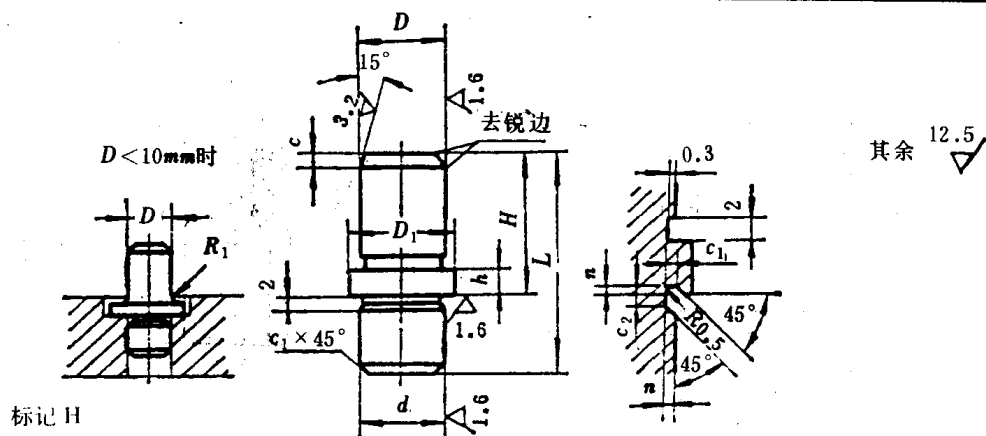
2. 热处理: 淬火+回火, HRC35~40;

3. 表面处理: 发蓝。

表 7—62

固定式圆柱定位销 (JB234—60)

(mm)



| D      | d    |        | H  | h | L  | c   | c <sub>1</sub> | D <sub>1</sub> | c <sub>1</sub> | n    |   |  |
|--------|------|--------|----|---|----|-----|----------------|----------------|----------------|------|---|--|
|        | 公称尺寸 | 允 差    |    |   |    |     |                |                |                |      |   |  |
| >3~6   | 10   | +0.020 | 6  | 3 | 20 | 1.5 | 1              | 15             | 0.8            | 0.25 |   |  |
| >6~10  |      | +0.010 | 8  | 4 | 28 | 2   |                | 16             |                |      |   |  |
| >10~16 | 12   | +0.024 | 10 | 5 | 32 | 3   | 1.5            | 20             | 1.5            | 0.5  |   |  |
| >16~20 |      |        | 12 | — | 28 | 4   |                | —              |                |      |   |  |
| >20~26 | 16   | +0.012 | 14 |   | 32 | 1.8 | 2              |                |                |      |   |  |
| >26~32 |      |        | 16 |   | 36 |     |                |                |                |      | 5 |  |
| >32~40 | 20   | +0.035 | 18 |   | 42 | 2   | 2.5            |                |                |      |   |  |
| >40~50 | 30   | +0.018 | 24 |   | 54 |     |                |                | 6              |      |   |  |

注: 1. 材料及热处理:  $D > 16$  时用 25 钢, 渗碳深  $0.8 \sim 1.2$ , 淬火 HRC55~60;  $D < 16$  时用 T8A, 淬火 HRC55~60;

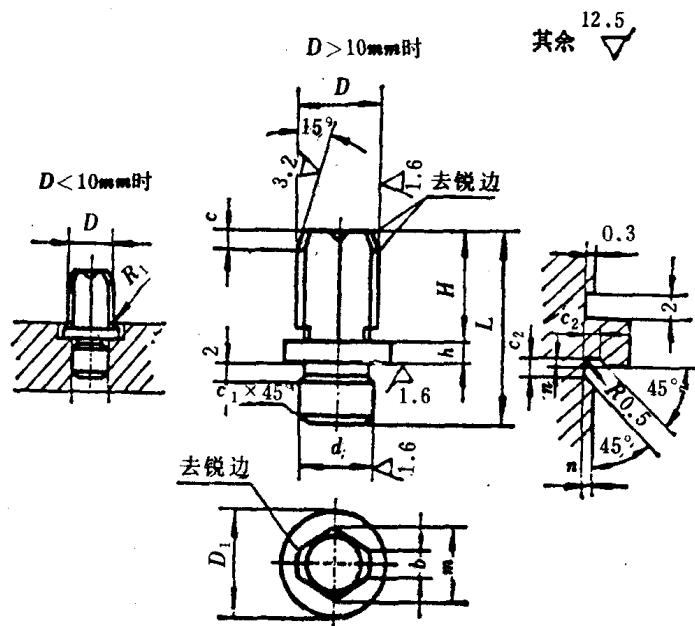
2.  $D$  的公差按配合要求决定;

3.  $D$  对  $d$  的同轴度公差不得超过 0.005。

表 7—63

### 固定式菱形定位销 (JB235—60)

(mm)



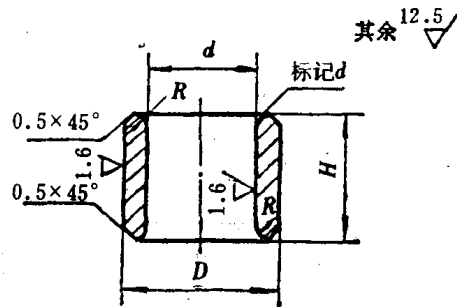
标记 D

| D      | d        |        | H      | h  | L  | b  | c   | c <sub>1</sub> | D <sub>1</sub> | m     | c <sub>2</sub> | n    |
|--------|----------|--------|--------|----|----|----|-----|----------------|----------------|-------|----------------|------|
|        | 公称<br>尺寸 | 允 差    |        |    |    |    |     |                |                |       |                |      |
| >3~6   | 10       | +0.020 | 5      | 3  | 20 | 2  | 1.5 | 1.2            | 16             | D-0.5 | 0.8            | 0.25 |
| >6~10  |          | +0.01  | 6      | 4  | 28 | 3  | 2   | 1.2            | 16             | D-1   |                |      |
| >10~16 | 12       | +0.024 | 8      | 5  | 32 | 3  | 3   | 1.5            | 20             | D-2   | 1.5            | 0.5  |
| >16~20 |          | +0.012 | 10     | —  | 26 | 6  | 4   | 1.5            | —              | D-2   |                |      |
| >20~26 | 16       | +0.030 | 12     | —  | 32 | 7  | 5   | 1.8            | —              | D-4   | 2              |      |
| >26~32 |          | +0.015 | 14     | —  | 34 | 8  | 5   | 1.8            | —              | D-5   |                |      |
| >32~40 | 20       | +0.035 | 16     | —  | 40 | 10 | 6   | 2              | —              | D-5   | 2.5            |      |
| >40~50 | 30       |        | +0.018 | 18 | —  | 45 | 10  | 7              | 2.5            | —     |                |      |

注: 1. 材料及热处理:  $D < 16$  时, 用 T8A, 淬火 HRC55~60;  $D > 16$  时, 用 25 钢, 渗碳 0.8~1.2, 淬火 HRC55~60;

2.  $D$  之公差按配合要求决定;

3.  $D$  对  $d$  之同心度偏差不得超过 0.005。

标记:  $d \times H$ 

| $d$   | $H$ | $D$  |        | $R$ | $d$    | $H$ | $D$  |        | $R$ | $d$    | $H$ | $D$  |        | $R$ |
|-------|-----|------|--------|-----|--------|-----|------|--------|-----|--------|-----|------|--------|-----|
|       |     | 公称尺寸 | 允 差    |     |        |     | 公称尺寸 | 允 差    |     |        |     | 公称尺寸 | 允 差    |     |
| 0.5~1 | 6   |      |        |     |        | 6   |      |        |     |        | 6   |      |        |     |
|       | 8   | 3.5  | +0.016 | 0.5 | >1~1.5 | 8   | 4    | +0.016 | 0.5 | >1.5~2 | 8   | 5    | +0.016 | 1   |
|       | 10  |      | +0.008 |     |        | 10  |      | +0.008 |     |        | 12  |      | +0.008 |     |
| >2~3  | 6   |      |        |     |        | 12  |      |        |     |        | 18  |      |        |     |
|       | 8   | 6    | +0.016 | 1   | >7~10  | 18  | 15   |        | 1.5 | >18~21 | 24  | 30   | +0.030 | 2   |
|       | 12  |      | +0.008 |     |        | 24  |      | +0.024 |     |        | 32  |      | 0.015  |     |
| >3~4  | 8   |      |        |     |        | 12  |      |        |     |        | 18  |      |        |     |
|       | 12  | 8    |        | 1   | >10~12 | 18  | 18   |        | 1.5 | >21~25 | 24  | 35   | +0.035 | 2   |
|       | 18  |      | +0.020 |     |        | 24  |      | +0.012 |     |        | 32  |      | +0.018 |     |
| >4~6  | 8   |      |        |     |        | 12  |      |        |     |        |     |      |        |     |
|       | 12  | 10   |        | 1   | >12~15 | 18  | 22   |        | 1.5 |        |     |      |        |     |
|       | 18  |      | +0.010 |     |        | 24  |      | +0.030 |     |        |     |      |        |     |
| >6~7  | 8   |      |        |     |        | 18  |      |        |     |        |     |      |        |     |
|       | 12  | 12   | +0.024 | 1   | >15~18 | 24  | 26   |        | 2   |        |     |      |        |     |
|       | 18  |      | +0.012 |     |        | 32  |      | +0.015 |     |        |     |      |        |     |

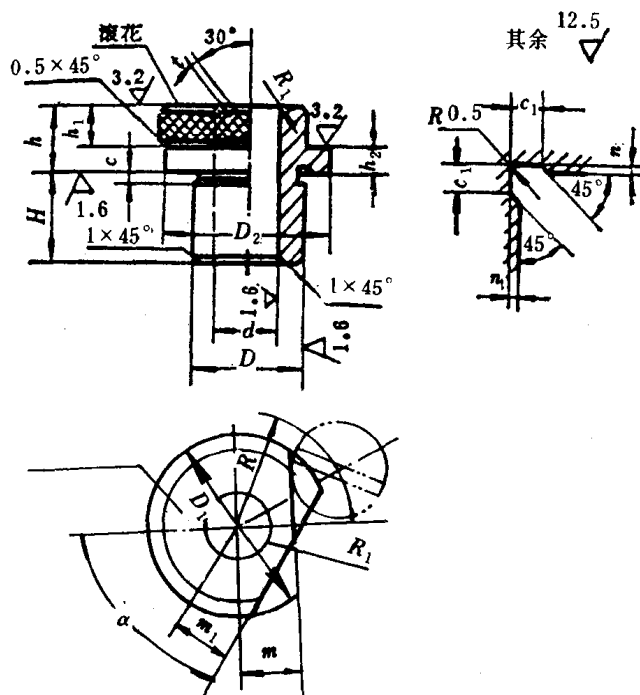
注: 1. 材料: T10A, 25 钢;

2. 热处理:  $d < 25$ , 用 T10A, 淬火 HRC55~60;  $d > 25$ , 用 25 钢, 渗碳 0.8~1.2, 淬火 HRC55~60;3.  $d$  对  $D$  同轴度公差  $D < 50$  时,  $< 0.005$ ;  $d > 50$  时,  $< 0.01$ ;4. 孔径  $d$  的公称尺寸, 系刀具最大尺寸。

表 7—65

快 换 钻 套 (JB265—60)

(mm)

标记: 名称  $d \times D$ 

| $d$           | $H$            | $D$ | $D_1$ | $D_2$ | $h$ | $h_1$ | $h_2$ | $m$  | $m_1$ | $R$  | $R_1$ | $c$ | $a$        | $c_1$ | $n$  |
|---------------|----------------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|------|-------|------|-------|-----|------------|-------|------|
| $>2 \sim 4$   | 8<br>12        | 8   | 15    | 14    | 9   | 5     | 3     | 4    | 4.5   | 11.5 | 1     | 1.5 | $40^\circ$ | —     | —    |
| $>4 \sim 6$   | 12<br>18       | 10  | 18    | 17    | 10  | 6     | 3     | 5.2  | 6     | 13   | 1     | 1.5 | $40^\circ$ | 0.8   | 0.25 |
| $>5 \sim 8$   | 12<br>18       | 12  | 22    | 20    | 11  | 6     | 4     | 6.2  | 7     | 15.5 | 1.5   | 1.5 | $45^\circ$ |       |      |
| $>7 \sim 10$  | 12<br>18<br>24 | 15  | 26    | 24    | 12  | 7     | 4     | 8    | 8.5   | 17.5 | 1.5   | 2   | $45^\circ$ |       |      |
| $>9 \sim 12$  | 12<br>18<br>24 | 18  | 30    | 28    | 12  | 7     | 4     | 9.5  | 10.5  | 19.5 | 1.5   | 2   | $45^\circ$ | 1.5   | 0.5  |
| $>11 \sim 15$ | 18<br>24<br>32 | 22  | 35    | 33    | 12  | 7     | 4     | 11.8 | 13    | 22   | 1.5   | 2   | $50^\circ$ |       |      |

续表 1

| $d$    | $H$ | $D$ | $D_1$ | $D_2$ | $h$ | $h_1$ | $h_2$ | $m$  | $m_1$ | $R$  | $R_1$ | $c$ | $\alpha$ | $c_1$ | $n$ |
|--------|-----|-----|-------|-------|-----|-------|-------|------|-------|------|-------|-----|----------|-------|-----|
| >14~18 | 18  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       |     |
|        | 24  | 26  | 40    | 38    | 14  | 8     | 5     | 14   | 15    | 26   | 2     | 2   | 50°      | 2     | 0.5 |
|        | 32  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       |     |
| >17~21 | 18  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       |     |
|        | 24  | 30  | 45    | 43    | 14  | 8     | 5     | 16.9 | 17.5  | 28.5 | 2     | 2.5 | 55°      | 2     |     |
|        | 32  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       |     |
| >20~25 | 24  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       |     |
|        | 32  | 35  | 50    | 48    | 14  | 8     | 5     | 19   | 20    | 31   | 2     | 2.5 | 60°      |       |     |
|        | 42  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       |     |
| >24~30 | 24  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       | 2.5 |
|        | 32  | 40  | 58    | 56    | 14  | 8     | 5     | 23   | 24    | 35   | 2.5   | 2.5 | 60°      |       |     |
|        | 42  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       |     |
| >28~35 | 24  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       | 2.5 |
|        | 32  | 45  | 64    | 62    | 16  | 9     | 6     | 25   | 26.5  | 39.5 | 2.5   | 2.5 | 60°      |       |     |
|        | 42  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       |     |
| >35~47 | 32  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       | 2.5 |
|        | 42  | 58  | 80    | 78    | 16  | 9     | 6     | 32.5 | 34.5  | 47.5 | 3     | 3   | 65°      |       |     |
|        | 55  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       |     |
| >44~52 | 42  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       | 2.5 |
|        | 55  | 70  | 92    | 90    | 18  | 10    | 7     | 38   | 40.5  | 55.6 | 3     | 3   | 65°      |       |     |
|        | 70  |     |       |       |     |       |       |      |       |      |       |     |          |       |     |

- 注: 1. 材料及热处理:  $d < 25$ , 用T10A, 淬火HRC55~60;  $d > 25$ , 用20钢, 渗碳0.8~1.2, 淬火HRC55~60;  
 2. 孔径 $d$ 的公称尺寸, 系刀具最大尺寸, 其公差按加工条件选取; 用于钻孔及扩孔时取F8 (相当于旧国标 $D_8$ );  
 用于粗铰取G7 (相当于旧国标 $D_7$ ); 用于精铰取G6 (相当于旧国标 $D_6$ );  
 3.  $D$ 的公差取g5 (相当于旧国标 $d_{h1}$ )或g6 (相当于旧国标 $d_h$ );  
 4.  $d$ 对 $D$ 的径向跳动: 当 $D < 50$ 时, 径向跳动 $< 0.005$ ; 当 $D \geq 50$ 时, 则 $< 0.01$ 。



## 液压传动系统及气动

### 8.1 基础标准及液压油

#### 8.1.1 基础标准

①压力分级(表 8—1)

表 8—1 压力分级(JB824—66)

| 压 力 分 级 |                     | 低 压   | 中 压      | 中 高 压   | 高 压      | 超 高 压 |
|---------|---------------------|-------|----------|---------|----------|-------|
| 压力范围    | MPa                 | 0~2.5 | >2.5~8.0 | >8.0~16 | >16~32   | >32   |
|         | kgf/cm <sup>2</sup> | 0~2.5 | >2.5~80  | >80~160 | >160~320 | >320  |

②液压图形及符号(摘自 GB786—76, 表 8—2)

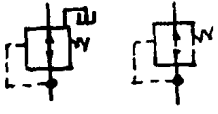
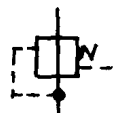
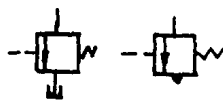
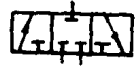
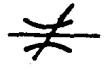
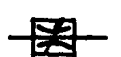
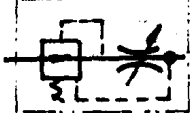
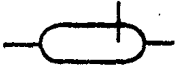
表 8—2 液压及气动图形及符号

| 名 称                             |        | 符 号             | 名 称                |  | 符 号 |
|---------------------------------|--------|-----------------|--------------------|--|-----|
| 基<br>本<br>符<br>号                | 管路工作管路 | $b$ 约 0.4~1.2mm | 压力接点               |  |     |
|                                 | 控制管路   | ----            | 通油箱管路油管<br>端面在油面之上 |  |     |
|                                 | 泄漏管路   | ----            | 油管端部在油面<br>之下      |  |     |
|                                 | 流动方向   |                 | 开 关                |  |     |
|                                 | 轴转动方向  |                 | 一般快速接头组            |  |     |
| 管<br>路<br>连<br>接<br>及<br>接<br>头 | 连接管路   |                 | 带一个单向元件<br>的快速接头组  |  |     |
|                                 | 交叉管路   |                 | 有一条通路的回<br>转接头     |  |     |
|                                 | 软管连接   |                 | 伸缩接头               |  |     |
|                                 | 堵 头    |                 | 空气压缩机              |  |     |

续表 1

| 名 称                    |           | 符 号 |  | 名 称              |                       | 符 号                   |         |  |
|------------------------|-----------|-----|--|------------------|-----------------------|-----------------------|---------|--|
| 泵、<br>马<br>达<br>及<br>缸 | 单向定量液压泵   |     |  | 控<br>制<br>方<br>式 | 人<br>工<br>控<br>制      | 手柄式                   |         |  |
|                        | 双向定量泵     |     |  |                  |                       | 按钮式                   |         |  |
|                        | 单向变量液压泵   |     |  |                  |                       | 脚踏式                   |         |  |
|                        | 双向变量泵     |     |  |                  | 机<br>械<br>控<br>制      | 弹簧式                   |         |  |
|                        | 单向定量马达    |     |  |                  |                       | 顶杆式                   |         |  |
|                        | 双向定量马达    |     |  |                  | 液<br>气<br>压<br>控<br>制 | 直控式                   |         |  |
|                        | 单向变量马达    |     |  |                  |                       | 先导式                   |         |  |
|                        | 双向变量马达    |     |  |                  |                       | 差动式                   |         |  |
|                        | 摆动马达      |     |  |                  | 电<br>磁<br>控<br>制      | 单线圈式                  |         |  |
|                        | 单作用缸柱塞塞式缸 |     |  |                  |                       | 差动线圈式                 |         |  |
|                        | 单作用活塞式缸   |     |  |                  |                       | 电<br>动<br>机<br>控<br>制 | 直流双向旋转式 |  |
|                        | 单作用伸缩式套筒缸 |     |  |                  | 压<br>力<br>控<br>制<br>阀 |                       | 溢流阀     |  |
|                        | 双作用单活塞杆缸  |     |  |                  |                       | 外控溢流阀                 |         |  |
|                        | 不可调单向缓冲式缸 |     |  |                  |                       | 减<br>压<br>阀           | 定压减压阀   |  |
|                        | 可调单向缓冲式缸  |     |  |                  |                       |                       |         |  |
|                        | 双活塞杆缸     |     |  |                  |                       |                       |         |  |
|                        | 差动式缸      |     |  |                  |                       |                       |         |  |

续表 2

| 名 称   |          |            | 符 号                                                                                    | 名 称     |  |           | 符 号                                                                                   |
|-------|----------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|--|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 压力控制阀 | 减压阀      | 带溢流阀的定压减压阀 |       | 方向控制阀   |  | 二位四通阀     |    |
|       |          | 外控减压阀      |       |         |  | 二位五通阀     |    |
|       |          | 卸荷阀        |       |         |  | 三位三通阀     |    |
| 流量控制阀 | 节流器      | 可调节流器      |       | 控制阀     |  | 三位四通阀     |    |
|       |          | 固定节流器      |       |         |  | 三位五通阀     |   |
|       | 节流阀      | 固定式节流阀     |     |         |  | 单向阀       |  |
|       |          | 可调式节流阀     |     |         |  | 液(气)控单向阀  |  |
|       | 调速阀      |            |     |         |  | 充压油箱      |  |
|       |          |            |  简化 |         |  | 气 罐       |  |
| 方向控制阀 | 常闭式二位二通阀 |            |     | 辅助及其他装置 |  | 非隔离式气体蓄能器 |  |
|       | 常通式二位二通阀 |            |     |         |  | 油温调节器     |  |
|       | 一般二位三通阀  |            |     |         |  | 冷却器       |  |

续表 3

| 名 称                             |               | 符 号 | 名 称                             |                 | 符 号 |
|---------------------------------|---------------|-----|---------------------------------|-----------------|-----|
| 辅<br>件<br>及<br>其<br>他<br>装<br>置 | 冷 却 器         |     | 辅<br>件<br>及<br>其<br>他<br>装<br>置 | 指针式压力表          |     |
|                                 | 粗过滤器          |     |                                 | 带电接触点的<br>指针压力表 |     |
|                                 | 分水过渡器<br>人工放水 |     |                                 | 真 空 表           |     |
|                                 | 消 声 器         |     |                                 | 流 量 计           |     |
|                                 | 压力继电器         |     |                                 | 直读温度计           |     |
|                                 | 交流电动机         |     |                                 |                 |     |

8.1.2 液压油

①液压油的分类

液压油成分和用途分类见表 8—3。

表 8—3 液压油成分和用途分类

|           |         |                             |
|-----------|---------|-----------------------------|
| 矿物油系液压油   | 航空液压油   |                             |
|           | 机床液压油   | 精密机床液压油、机床导轨液压油、机床导轨油、稠化液压油 |
|           | 普通液压油   | 机械油、高速机械油、汽轮机油、变压器油         |
|           | 液压设备防锈油 |                             |
| 不燃、难燃性液压油 | 水基液压油   | 水-乙二醇、乳化液类                  |
|           | 合成液压油   | 磷酸酯类、氯化烃类                   |

②液压油的选择

液压油既是液压传动系统的工作介质，又是液压元件的润滑剂，应具有适当的粘度、良好的粘温特性、良好的润滑性，抗氧化，无腐蚀作用，抗燃烧，不易乳化，不破坏密封材料，无毒，有一定的消泡能力等。

选择液压油，应根据泵的种类、工作温度、系统压力等情况，确定适用粘度范围，再选择合适的液压油品种。对不同的泵，油的推荐粘度范围见表 8—4。

表 8—4

推荐粘度范围

cSt(50℃) (mm<sup>2</sup>/s)

| 工 作 温 度, ℃ |                                  |     | 5~40  | 40~80  |
|------------|----------------------------------|-----|-------|--------|
| 叶 片 泵      | 7MPa<br>(70kgf/cm <sup>2</sup> ) | 以 下 | 17~29 | 25~44  |
|            |                                  | 以 上 | 31~40 | 37~54  |
| 齿 轮 泵      |                                  |     | 17~40 | 63~88  |
| 轴 向 柱 塞 泵  |                                  |     | 25~44 | 40~98  |
| 径 向 柱 塞 泵  |                                  |     | 17~62 | 37~154 |

表 8—5

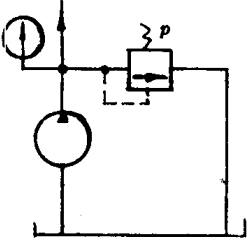
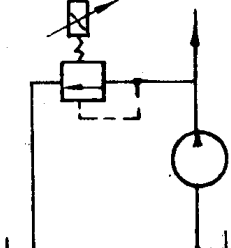
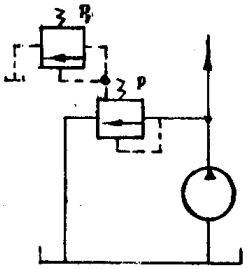
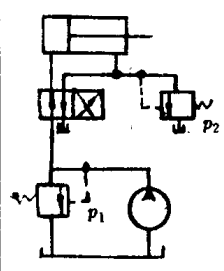
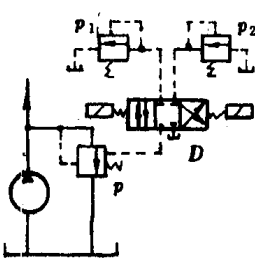
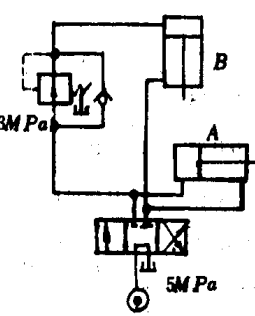
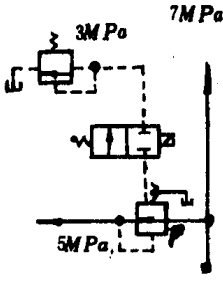
常用液压油的主要性质

| 油 类           |         | 凝点不高于<br>(℃) | 闪点(开口)<br>不低于<br>(℃) | 50℃ 时的<br>运动粘度<br>cSt(mm <sup>2</sup> /s) | 运动粘度比<br>不大于<br>50/100℃ | 粘度指数<br>不小于 | 酸值不大于<br>mg<br>KOH/g | 机械杂质<br>不大于<br>(%) | 水 分<br>(%) |
|---------------|---------|--------------|----------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-------------|----------------------|--------------------|------------|
| 名 称           | 牌 号     |              |                      |                                           |                         |             |                      |                    |            |
| 机 械 油         | 10 号    | -15          | 165                  | 7~13                                      |                         |             | 0.14                 | 0.005              | 无          |
|               | 20 号    | -15          | 170                  | 17~23                                     |                         |             | 0.16                 | 0.005              | 无          |
|               | 30 号    | -10          | 180                  | 27~33                                     |                         |             | 0.2                  | 0.007              | 无          |
|               | 40 号    | -10          | 190                  | 37~43                                     |                         |             | 0.35                 | 0.007              | 无          |
|               | 50 号    | -10          | 200                  | 47~53                                     |                         |             | 0.35                 | 0.007              | 无          |
| 汽 轮 机 油       | 22 号    | -15          | 180                  | 20~23                                     |                         |             | 0.02                 | 无                  |            |
|               | 30 号    | -10          | 180                  | 28~32                                     |                         |             | 0.02                 | 无                  |            |
|               | 46 号    | -10          | 195                  | 44~48                                     |                         |             | 0.02                 | 无                  |            |
|               | 57 号    | 0            | 195                  | 55~59                                     |                         |             | 0.05                 | 无                  |            |
| 精 密 机 床 液 压 油 | 20 号    | -10          | 170                  | 17~23                                     |                         | 90          |                      | 无                  | 无          |
|               | 30 号    | -10          | 170                  | 27~33                                     |                         | 90          |                      | 无                  | 无          |
|               | 40 号    | -10          | 170                  | 37~43                                     |                         | 90          |                      | 无                  | 无          |
| 稠 化 液 压 油     | 上稠 20-1 | -33          | 163.5                | 12.51                                     | 3.33                    | 105         | 0.237                | 无                  | 无          |
|               | 上稠 30-1 | -49          | 185.5                | 18.67                                     | 3.35                    | 130         | 0.131                | 无                  | 无          |
|               | 上稠 50-1 | -48.5        | 174                  | 40.56                                     | 3.35                    | 130         | 0.123                | 无                  | 痕迹         |
|               | 兰稠 30-1 | -32          | 149                  | 17.85                                     |                         | 125         | 0.034                | 0.0042             | 无          |
|               | 兰稠 40-1 | -38          | 149                  | 29.66                                     |                         | 144         | 0.034                | 0.0041             | 无          |
|               | 兰稠 40-2 | -37          | 146                  | 27.35                                     |                         | 140         | 0.0398               | 0.0048             | 无          |

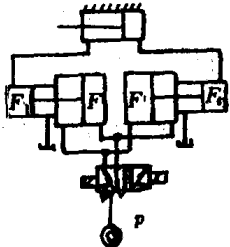
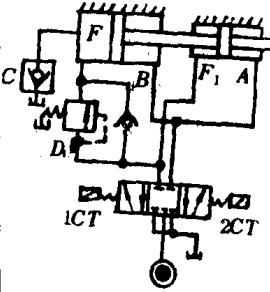
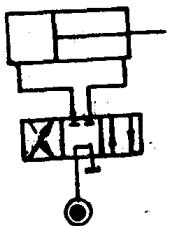
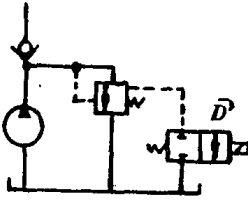
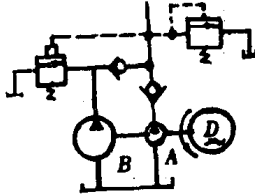
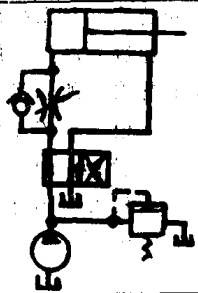
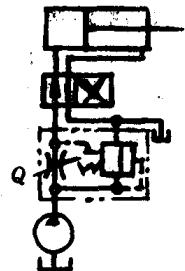
## 8.2 液压系统基本回路 见表 8—6

表 8—6

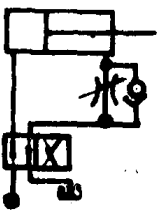
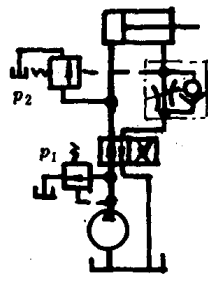
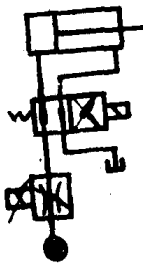
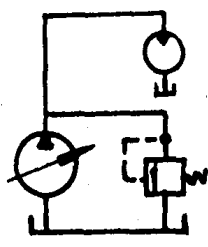
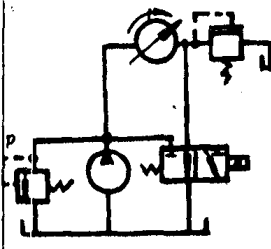
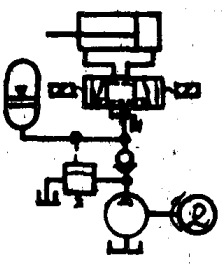
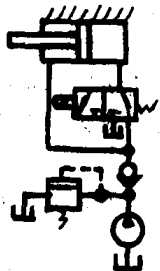
液压系统基本回路

| 调 压 回 路                         |                                                                                     |                                                                                            |                                           |                                                                                      |                                                                                                                 |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | 简 图                                                                                 | 说 明                                                                                        |                                           | 简 图                                                                                  | 说 明                                                                                                             |
| 调<br>压<br>回<br>路                |    | 用溢流阀 $p$ 调定泵的最高供油压力                                                                        | 比<br>例<br>溢<br>流<br>阀<br>调<br>压<br>回<br>路 |    | 调比例溢流阀的输入电流, 即可改变系统的压力, 达到调压的目的                                                                                 |
| 远<br>程<br>调<br>压<br>回<br>路      |   | 将远程调压阀 (或小流量溢流阀) $p_1$ 接在先导式溢流阀 $p$ 的控制油口上, 泵的压力即可由阀 $p_1$ 作远程调压。 $p$ 一般调至系统安全压力值          | 双<br>压<br>回<br>路                          |   | 液压缸活塞右行及左行的最高压力分别由溢流阀 $p_1$ 及 $p_2$ 调定                                                                          |
| 多<br>级<br>压<br>力<br>回<br>路      |  | 泵的最高压力由压力阀 $p$ 及远程调压阀 $p_1$ , $p_2$ 分别调为三种值用电磁换向阀 $D$ 转换主溢流阀 $p$ 的控制油路, 就可以改变主溢流阀的溢流压力     |                                           |                                                                                      |                                                                                                                 |
| 减 压 回 路                         |                                                                                     |                                                                                            |                                           |                                                                                      |                                                                                                                 |
| 用<br>减<br>压<br>阀<br>的<br>回<br>路 |  | 泵同时向缸 $A$ 、 $B$ 供油, $B$ 缸工作时所需压力较低, 所以在 $B$ 缸油路上串联减压阀 (注意约为 $1\text{L}/\text{min}$ ) 及动作滞后 | 二<br>级<br>减<br>压<br>回<br>路                |  | 在先导式减压阀 $p$ 的控制油路上接入远程调压阀 $p_1$ 。当换向阀在图示位置时, 减压阀出口压力由 $p$ 调定; 当控制油路接通时, 减压阀出口压力由 $p_1$ 调定 ( $p_1$ 的调定压力较 $p$ 低) |

续表 1

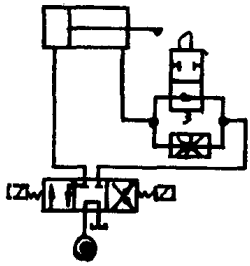
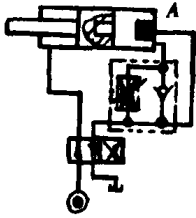
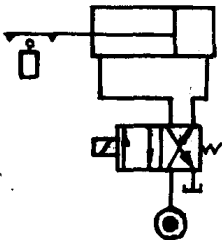
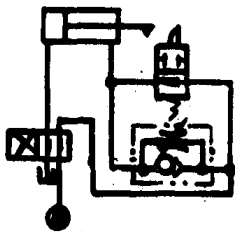
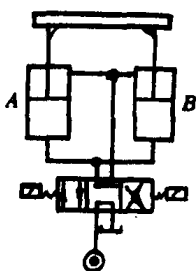
| 增 压 回 路                                                                                                                      |                                                                                                                            |                                   |                                                                                      |                                                                                                                                                  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 简 图                                                                                                                          | 说 明                                                                                                                        |                                   | 简 图                                                                                  | 说 明                                                                                                                                              |  |
| 气<br>液<br>增<br>压<br>回<br>路<br><br>          | 系统的动力源为压缩空气。油压力与空气压力之比为： $\frac{p_{油}}{p_{气}} = \frac{F}{F_1}$<br>如果 $F/F_1 = n$ ，则油压为气压的 $n$ 倍                            | 串联液压缸增力回路                         |    | 当电磁铁 1CT 通电时，压力油经电磁铁换向阀流入液压缸 A 的左腔，推动活塞向右运动，此时液压缸 B 经单向阀 C 从油箱中吸油。当活塞运动到接触工件 W 以后，系统中的压力升高，打开顺序阀 D，压力油流入 B 缸的左腔，这时两缸的总输出力为 A 缸输出力的 $(1+F/F_1)$ 倍 |  |
| 卸 荷 回 路                                                                                                                      |                                                                                                                            |                                   |                                                                                      |                                                                                                                                                  |  |
| 换<br>向<br>阀<br>卸<br>荷<br>回<br>路<br><br>   | 用滑阀机能 H, K, M 型的换向阀，在中位时，可使泵经换向阀卸荷。如换向阀采用电-液换向阀则应在泵出口或在回油管处装一个开启压力为 $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$ 的单向阀，以保证在泵卸荷时仍能使液动阀换向，特点是简单 | 溢流阀卸荷回路                           |  | 用小型的二位电磁换向阀，将先导式溢流阀的遥控口接通油箱，使泵卸荷                                                                                                                 |  |
| 双<br>联<br>泵<br>回<br>路<br><br>             | 快速移动时两泵同时供油；工作进给时低压、大流量泵卸荷                                                                                                 |                                   |                                                                                      |                                                                                                                                                  |  |
| 调 速 回 路                                                                                                                      |                                                                                                                            |                                   |                                                                                      |                                                                                                                                                  |  |
| 进<br>口<br>节<br>流<br>回<br>路<br>(一)<br><br> | 这种回路适用于正负负荷的情况（即负荷与活塞运动方向相反的情况）<br>缺点是功率损耗较大，并容易发热                                                                         | 进<br>口<br>节<br>流<br>回<br>路<br>(二) |  | 采用溢流调速阀 Q 调速，由于泵的输出压力随负载而变，故功率损耗较小。此回路用于速度稳定性要求较高的场合。                                                                                            |  |

续表 2

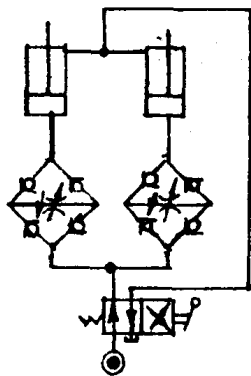
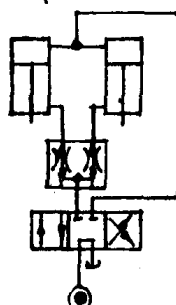
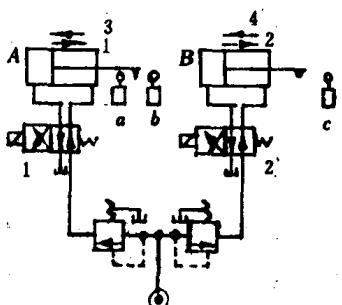
| 调 速 回 路     |                                                                                     |                                                                              |           |                                                                                      |                                                                                                                                     |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | 简 图                                                                                 | 说 明                                                                          |           | 简 图                                                                                  | 说 明                                                                                                                                 |
| 出口节流回路(一)   |    | 节流阀装在缸的回油路上, 回油腔有背压, 运动较平稳, 能用于负荷方向有时为负的情况 (即负荷与活塞运动方向相同的情况)<br>缺点是效率较低      | 出口节流回路(二) |    | 用单向节流阀和并联的外控溢流阀 $p_2$ 进行调速。溢流阀 $p_1$ 作为安全阀使用。此系统泵压力随负载而变化, 功率损失较少, 且刚性较好, 一般只适用于低压系统                                                |
| 比例调速回路      |   | 改变输入电流, 即可控制流量。可以组成进口、出口、旁路节流回路                                              | 变量泵调速回路   |   | 执行元件可以是液压缸, 也可以是定量液压马达。回路最高压力由溢流阀所限定。调节变量泵的排量, 即可改变执行元件的速度。泵的输出压力取决于执行元件的负载, 若负载一定, 则压力不变, 液压马达的输出扭矩, 或油缸的输出力也不变。所以此回路又称为恒扭矩或恒输出力回路 |
| 变量马达调速回路    |  | 由定量泵和变量马达组成。回路最高压力由安全阀 $p$ 限定。由于泵是定量泵, 在泵的输出压力 $p$ 不变时, 功率保持恒定。因此这种回路称为恒功率回路 |           |                                                                                      |                                                                                                                                     |
| 速 度 变 换 回 路 |                                                                                     |                                                                              |           |                                                                                      |                                                                                                                                     |
| 用蓄能器的增速回路   |  | 当液压缸快速移动时泵和蓄能器同时向液压缸供油。液压缸不工作时, 泵给蓄能器充油。<br>适用于瞬时需要大流量的场合                    | 差动连接的回路   |  | 由于液压缸有活塞杆腔的油, 与泵排出的油一起流入液压缸的无活塞杆腔, 所以可实现增速。但差动连接后, 油缸的输出力相应减小, 负荷较大时不宜采用这种回路。                                                       |



续表 3

| 速 度 变 换 回 路  |                                                                                     |                                                                        |              |                                                                                    |                                                                                               |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | 简 图                                                                                 | 说 明                                                                    |              | 简 图                                                                                | 说 明                                                                                           |
| 用行程阀的减速回路    |    | 当活塞右行时, 活塞杆上的撞块碰到行程阀之前, 活塞快速运动。当撞块压住行程阀后, 回油受节流阀控制, 使活塞作慢速进给           | 采用特殊结构液压缸的回路 |  | 当活塞右行时, 在活塞上的孔未插入与之配合的 A 之前, 回油直接流回油箱, 故快速前进。当前进到 A 插入孔中后, 因油只能经调速阀回油箱, 故活塞慢速进给。<br>A 的长度按需要定 |
| 换 向 回 路      |                                                                                     |                                                                        |              |                                                                                    |                                                                                               |
| 用电磁阀或电液阀换向回路 |   | 用活塞上的撞块碰撞行程开关或用系统中的压力继电器来控制电磁阀的换向                                      |              |                                                                                    |                                                                                               |
| 缓 冲 回 路      |                                                                                     |                                                                        |              |                                                                                    |                                                                                               |
| 用行程减速阀的回路    |  | 当油缸活塞快速运动到指定位置后, 活塞杆上的撞块压住行程阀的阀芯, 把行程阀的通路堵死, 压力油需经节流阀流出油缸, 从而使活塞运动速度减慢 |              |                                                                                    |                                                                                               |
| 同 步 回 路      |                                                                                     |                                                                        |              |                                                                                    |                                                                                               |
| 活塞杆机械固结的回路   |  | 这是一种最简单的同步方法。在同步精度要求不高, 两边负载之差和行程较小的系统中, 可以用此法                         |              |                                                                                    |                                                                                               |

续表 4

| 同 步 回 路     |                                                                                     |                                                                                                                                                             |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | 简 图                                                                                 | 说 明                                                                                                                                                         |
| 用调速阀的同步回路   |    | <p>在各缸的进油路上装调速阀，并采用单向阀组整流，从而在两个方向实现速度同步</p> <p>该系统结构简单，成本低，可以调速，能实现多缸同步</p>                                                                                 |
| 采用分流阀的同步回路  |   | <p>用分流集流阀分配流量来达到同步。换向阀应装在分流集流阀之前，以避免不同时换向及内漏不等的影响</p> <p>特点是系统简单，能实现多缸同步</p>                                                                                |
| 顺 序 动 作 回 路 |                                                                                     |                                                                                                                                                             |
| 用行程开关控制的回路  |  | <p>按下起动按钮，电磁阀 1 通电，油缸 A 的活塞前进，到达右端时触动行程开关 b，使电磁阀 2 通电，油缸 B 的活塞前进，当到达右端时触动行程开关 c，使电磁阀 1 断电，A 缸的活塞退回，到达左端时触动行程开关 a，使电磁阀 2 断电，B 缸的活塞退回，完成一个工作循环。能保证严格的动作顺序</p> |

### 8.3 液压传动系统的组成及设计计算

#### 8.3.1 液压传动系统的组成

液压传动系统一般包括四个部分：动力部分，油泵；控制部分，包括压力控制阀、流量控制阀、方向控制阀等；执行部分，油缸及油马达；辅助部分，有油箱、管件、过滤器、蓄能器、换热器以及各种控制仪表等。

### 8.3.2 液压传动系统的设计

#### ① 液压系统主要参数

##### A. 工作压力

液压系统的工作压力一般按机械设备的功率大小选择：小功率（<15kW）工作压力，可选<6.3~7.0MPa；大功率可选7.0~31.5MPa。各种机械常用液压系统压力见表8—7。

表 8—7 各类机械常用液压系统工作压力

| 设备类型       |                     | 磨 床   | 组 合<br>机 床 | 冶金辅助设备、<br>龙门刨床 | 拉 床    | 农业机械、小型<br>工程机械、工程机<br>械辅助机构 | 液压机、矿山机<br>械、起重运输机<br>械、重型机械 |
|------------|---------------------|-------|------------|-----------------|--------|------------------------------|------------------------------|
| 工 作<br>压 力 | MPa                 | 0.8~2 | 3~5        | 2~12            | 8~10   | 10~16                        | 20~31.5                      |
|            | kgf/cm <sup>2</sup> | 8~20  | 30~50      | 20~120          | 80~100 | 100~160                      | 200~315                      |

##### B. 液压执行元件

##### a. 油缸有效面积 A

$$A = \frac{F_{\max}}{\Delta P \Delta \eta} \cdot (m^2)$$

$$\Delta P = p_1 - p_2$$

式中， $F_{\max}$ ——活塞的最大负荷，N， $F_{\max}$ 包括工作负荷  $F$ 、摩擦和惯性阻力等；

简化计算可取  $F_{\max} = (1.1 \sim 1.2F)$

$\Delta P$ ——油缸进出口压差， $Pa$ ； $p_1$ ——油缸的工作腔压力， $Pa$ ； $p_2$ ——油缸的背压力， $Pa$ ，按表8—8选取； $\eta_m$ ——油缸机械效率，一般取0.85—0.99。

表 8—8 油 缸 的 背 压 力

|                       | 系 统 类 型                      | MPa     | kgf/cm <sup>2</sup> |
|-----------------------|------------------------------|---------|---------------------|
| 中<br>低<br>压<br>系<br>统 | 简单的系统和一般轻载的节流调速系统，如磨床回油带背压阀  | 0.2~0.5 | 2~5                 |
|                       | 回油带调速阀的进给系统满载工作时，如组合机床       | 0.5~1.5 | 5~15                |
|                       | 采用带补油泵的闭式回路，如矿山、工程、运输机械，拉床，龙 | <0.5    | <5                  |
|                       | 门刨床                          | 0.8~1.5 | 8~15                |
| 高压系统                  | 液压机、锻压机械                     | 初算时可不计  |                     |

##### b. 油缸的背压力 $P_{\max}$

$$P_{\max} = \frac{A m^2}{\eta_v}$$

式中， $A$ ——油缸的有效面积， $m^2$ ； $U_{\max}$ ——缸体或活塞最大移动速度， $m/s$ ； $\eta_v$ ——油缸的容积效率，密封较好时， $\eta_v \approx 1$

c. 油马达的理论排量 $q$   $q = \frac{T}{p\eta} \text{ m}^3/\text{r}$

式中,  $T$ ——最大扭矩负荷,  $\text{N} \cdot \text{m}$ ;  $P$ ——系统最大工作压力,  $\text{Pa}$ ;  $\eta$ ——油马达的总效率, 一般齿轮油马达和柱塞油马达取 0.85~0.95, 叶片油马达取 0.8~0.9。

d. 油马达所需的流量 $Q_{\max}$

$$Q_{\max} = \frac{q_n}{60} \text{ m}^3/\text{s}$$

式中,  $q$ ——油马达的理论排量 $\text{m}^3/\text{r}$ ;  $n$ ——油马达的最高转速 $\text{r}/\text{min}$ 。

## ② 液压系统的油路循环形式

液压系统的油路循环形式分开式和闭式两类。两类系统的比较见表 8—9。

表 8—9 液压系统两类油路循环形式的比较

| 循环形式   | 开 式               | 闭 式                                |
|--------|-------------------|------------------------------------|
| 适应工况   | 一般均能适应, 油泵可向多支路供油 | 限于要求换向平稳、换向速度高的一部分容积调速系统。泵不能向多支路给油 |
| 结构特点   | 简 单               | 复 杂                                |
| 散热性能   | 良好, 但油箱较大         | 较差, 须用辅助油泵换油冷却                     |
| 抗污染能力  | 较 差               | 较 好                                |
| 适用调速回路 | 节流调速              | 容积调速                               |
| 管路损失   | 较 大               | 较 小                                |
| 效 率    | 低                 | 较 高                                |

## ③ 液压件的选择

### A. 液压执行元件的选择

根据已确定的系统工作压力, 油缸活塞面积, 流量, 油马达所需的流量, 即可以进行液压执行元件的选择或设计。油泵、油马达的型式、性能、规格见表 8—10、表 8—11、表 8—12。

表 8-10

齿轮泵、齿轮马达

| 类别      | 型 号            | 排 量<br>(ml/r) | 压力, MPa(kgf/cm <sup>2</sup> ) |                      | 转速(r/min) |           |       | 驱动功率<br>(kW) | 扭 矩<br>(Nm) | 生 产 单 位                                        |
|---------|----------------|---------------|-------------------------------|----------------------|-----------|-----------|-------|--------------|-------------|------------------------------------------------|
|         |                |               | 额 定                           | 最 高                  | 额 定       | 最 高       | 最 低   |              |             |                                                |
| 齿 轮 泵   | CB             | 31.8~98.1     | 10(100)                       | 12.5(125)            | 1450      | 1650      |       | 8.7~27.1     |             | 长江、合肥、栖霞、<br>长治液压件厂、天津机<br>械厂                  |
|         | CB3            | 6~14          | 14(140)                       | 17.5(175)            | 2000      | 3000      |       | 3.4~8        |             | 合肥、长治液压件厂                                      |
|         | CB-B           | 2.5~125       | 2.5(25)                       |                      | 1450      |           |       | 0.13~6.5     |             | 武汉、湖北、无锡、<br>益都、阜新、仙居液压<br>件厂、天津液压件厂、<br>上海机床厂 |
|         | CB-C<br>CB-D   | 10.9~70.8     | 10(100)                       | 14(140)              | 1800      | 2400      |       | 4.8~43.2     |             | 四平液压件厂                                         |
|         | CB-E           | 69.4~213.8    | 10(100)                       | 12.5(125)            | 1800      | 2400      |       | 31.8~97.8    |             | 长江液压件厂                                         |
|         | CB-F           | 11.27~39.45   | 14(140)<br>16(160)            | 17.5(175)<br>20(200) | 1800      | 2400      |       | 6.9~27.6     |             | 榆次液压件厂                                         |
|         | CB-G           | 16.4~203.2    | 10~16<br>(100~160)            | 12.5~20<br>(125~200) | 2000      | 2200~3000 |       | 10.5~100     |             | 益都、长江、阜新、<br>武汉液压件厂                            |
|         | CB-L           | 40.6~200.9    | 16(160)                       | 20(200)              | 2500、2000 | 3000、2500 |       | 29.5~116.7   |             | 长江液压件厂                                         |
|         | CB-Q           | 20~63         | 20(200)                       | 25(250)              | 2000      | 3000      |       | 16~46        |             | 合肥、栖霞液压件厂                                      |
|         | CB-S           | 10~140        | 16(160)                       | 20(200)              | 2500、2000 | 3000、2500 |       | 8.5~85.5     |             | 阜新液压件厂                                         |
|         | CB-X           | 10.18~40.15   | 20(200)                       | 25(250)              | 3000      |           |       | 11~43.7      |             | 长江液压件厂                                         |
|         | CM-E           | 69.4~213.8    | 10(100)                       | 12.5(125)            | 500       | 2400      |       |              | 11.0~34.0   | 长江液压件厂                                         |
| 齿 轮 马 达 | CM-C<br>CM-D   | 10.9~70.8     | 10(100)                       | 14(140)              | 1800      | 2400      |       |              | 1.74~11.27  | 四平液压件厂                                         |
|         | CM-F           | 11.27~39.45   | 14(140)                       | 17.5(175)            | 1800      | 2400      | 120   |              | 2.0~7.0     | 榆次液压件厂                                         |
|         | CM-G4          | 40~100        | 20、16<br>(200、160)            | 25、20<br>(250、200)   | 150~2000  |           |       |              | 11.5~22.4   | 天津液压件厂                                         |
|         | BM、BYM<br>摆线马达 | 80~320        | 10<br>(100)                   | 12.5、12<br>(125、120) | 400~180   | 500~200   | 15~10 |              | 10~75       | 南京液压件三厂、镇<br>江液压件厂                             |

| 类 别   | 型 号                | 排 量<br>(ml/r)        | 压力 MPa<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 转速, (r/min)          |                |         | 驱动功率<br>(kW)        | 扭 矩<br>(Nm) | 生 产 单 位                     |
|-------|--------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|----------------|---------|---------------------|-------------|-----------------------------|
|       |                    |                      |                                  | 额 定                  | 最 高            | 最 低     |                     |             |                             |
| 单级叶片泵 | YB <sub>1</sub>    | 2.5~100              | 6.3(63)                          | 1450、960             |                |         | 0.6~13              |             | 上海、南京、阜新、邵阳、湖北、天津液压件厂、秦川机床厂 |
|       | YB                 | 6.4~194              | 7.0(70)                          | 1500、1000            |                |         | 1.08~24.67          |             | 榆次、大连、武汉液压件厂                |
|       | YB-D               | 6.3~100              | 10(100)                          | 600~2000<br>600~1500 |                |         | 1.4~6.5<br>8.2~20.4 |             | 上海液压件厂                      |
|       | YB-E               | 6~80                 | 16(160)                          |                      | 1500           | 600     | 2.6~34.9            |             | 南京液压件厂                      |
|       | YB <sub>1</sub> -E | 10~100               | 16(160)                          |                      | 1800           | 600     | 3.8~32.8            |             | 上海液压件厂                      |
|       | YB <sub>2</sub>    | 10~200               | 16(160)                          |                      | 2000、1500、1250 | 600     | 6.53~65.36          |             | 榆次液压件厂                      |
| 双联叶片泵 | YB <sub>1</sub>    |                      | 6.3(63)                          | 1450、960             |                |         | 0.6~13              |             | 生产单位与单级泵相同                  |
|       | YYB                | 6/6~113/6            | 7.0(70)                          |                      | 2000、1800、1500 | 800、600 | 1.08~24.67          |             | 榆次、大连液压件厂                   |
| 双级叶片泵 | Y2B                | 6~194                | 14(140)                          |                      | 2000、1800、1500 | 800、600 | 2.33~53.08          |             | 榆次、大连液压件厂                   |
| 变量叶片泵 | YBN                | 20.40                | 0.7~7<br>(7~70)                  |                      | 1800           | 600     | 0.45~2.86           |             | 榆次、大连、长江液压件厂                |
|       | YBX                | 0~16<br>0~25<br>0~40 | 6.3(63)                          | 600~1500             |                |         | 2.6~9.8             |             | 上海、阜新、天津、邵阳液压件厂             |
|       | YBP                | 10~63                | 6.3、10<br>(63、100)               | 600~1500             |                |         | 1.8~18.8            |             | 南京液压件厂                      |
| 叶片马达  | YM                 | 16.3~93.5            | 6.0(60)                          |                      | 2000           | 100     |                     | 11.0~72.0   | 榆次液压件厂                      |

表 8-12

柱塞泵、柱塞马达

| 类别          | 型号              | 排量(ml/r)    |    | 压力 MPa(kgf/cm <sup>2</sup> ) |                    | 转速(r/min)            |           | 额定功率(kW)   | 扭矩(Nm)     | 生产单位                                               |
|-------------|-----------------|-------------|----|------------------------------|--------------------|----------------------|-----------|------------|------------|----------------------------------------------------|
|             |                 | 额定          | 最高 | 额定                           | 最高                 | 额定                   | 最高        |            |            |                                                    |
| 柱<br>塞<br>泵 | BFW             | 40<br>32    |    | 25、32<br>(250、320)           |                    | 1500                 |           |            |            | 湘潭液压件厂                                             |
|             | JB              | 17.6~128    |    | 25、32<br>(250、320)           | 32、40<br>(320、400) | 1800、<br>1000        | 1500、2400 | 11.36~140  |            | 上海液压泵厂、沈阳<br>工程液压件厂                                |
|             | XB              | 9.5~227     |    | 21、14<br>(210、140)           | 28、24<br>(280、240) | 3000~1200            | 4000、2000 | 10~90      | 31.4~470   | 上海液压泵厂、临<br>夏、湘潭、四平液压件<br>厂、北京工程机械公司               |
|             | CY14-1B         | 10~250      |    | 32<br>(320)                  |                    | 3000<br>1500<br>1000 |           | 6~148      |            | 上海高压油泵厂、启<br>东高压油泵厂、天津高<br>压泵阀厂、邵阳液压件<br>厂、南京液压件二厂 |
|             | TBP             | 10~50       |    | 7~32<br>(70~320)             |                    | 1500~2500            | 2000~3600 | 2~29       |            | 南京液压件二厂                                            |
|             | XB <sub>1</sub> | 50.5~107    |    | 25<br>(250)                  | 32<br>(320)        | 2000                 | 2500      | 44.7~70    | 24~35      | 上海液压件三厂                                            |
|             | ZB              | 481~87      |    | 21、20<br>210、200             | 35、25<br>(350、250) | 970~2200             | 1500~2200 | 185~50     | 160~26     | 上海液压泵厂                                             |
|             | ZXB             | 106.1~481.4 |    | 16<br>(160)                  | 32、25<br>(320、250) | 1450、<br>970         |           | 43.2~130.2 | 25.1~113.6 | 太原矿山机器厂                                            |
|             | ZB750           | 915         |    | 32<br>(320)                  |                    | 970                  |           | 464        |            | 太原矿山机器厂                                            |
|             | 2ZBYC-F75       | 2×75        |    | 20<br>(200)                  | 32<br>(320)        | 2000                 | 2500      | 116        |            | 太原矿山机器厂                                            |
|             | A2F             | 9.4~500     |    | 35<br>(350)                  | 40<br>(400)        |                      | 7500~2000 | 41~583     | 5.33~283.5 | 北京液压件二厂                                            |

注: \*代表 ZDB、ZKB、ZXB 型号。

续表 1

| 类别  | 型号   | 排量(ml/r)        |          | 压力 MPa(kgf/cm <sup>2</sup> )  |                        | 转速(r/min)                                     |           | 额定功率(kW)   | 扭矩(Nm)     | 生产单位                |
|-----|------|-----------------|----------|-------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------|-----------|------------|------------|---------------------|
|     |      | 额定              | 最高       | 额定                            | 最高                     | 额定                                            | 最高        |            |            |                     |
| 柱塞泵 | A6V  | 8.1~137<br>(最小) | 28.1~500 | 35<br>(350)                   | 40<br>(400)            | 4750~1900                                     | 6250~2500 | 71~507     | 143~2543   | 北京液压件二厂             |
|     | A7V  | 20~500          |          | 35<br>(350)                   | 40<br>(400)            | 4100~1200                                     |           | 57~437     |            | 北京液压件二厂             |
|     | A8V  | 28~107          |          | 32<br>(320)                   | 40<br>(400)            |                                               | 2078~2334 | 48.1~138.8 |            | 北京液压件二厂             |
| 柱塞  | 1JMD | 0.201~6.140     |          | 16<br>(160)                   | 22<br>(220)            | 10~400<br>10~200<br>10~150<br>10~100<br>10~75 |           | 19.2~110   | 470~14300  | 太原矿山机器厂             |
|     | JM10 | 0.201~7.6       |          | 16<br>(160)                   | 22<br>(220)            | 5~400<br>5~200<br>5~100<br>5~60               |           | 19~107     | 460~17400  | 昆山液压件厂              |
|     | JM20 | 0.0315~2.24     |          | 10, 16<br>(100, 160)          | 20, 31.5<br>(200, 315) | 10~1500<br>5~1000<br>5~300                    |           | 7~158.1    | 90~10097   | 昆山液压件厂              |
| 马达  | JM30 | 0.125~5.275     |          | 16<br>(160)                   | 31.5<br>(315)          | 5~800<br>5~500<br>5~150                       |           | 23.5~186   | 286~12080  | 昆山液压件厂              |
|     | NJM  | 1.25~40         |          | 25, 20, 16<br>(250, 200, 160) |                        | 100~12                                        |           |            | 4860~98620 | 上海液压泵厂              |
|     | NJM  | 0.964~4         |          | 25<br>(250)                   | 32<br>(320)            | 100~40                                        |           |            | 3310~13850 | 沈阳工程液压件厂、<br>徐州液压件厂 |
| 马达  | QJM  | 0.106~10.2      |          | 10.0~20.0<br>(100~200)        | 32<br>(320)            | 500~32                                        |           |            | 170~30000  | 镇海液压件厂              |
|     | SXM  | 0.25~1.6        |          | 20~10<br>(200~100)            | 32~12.5<br>(320~125)   | 15~250<br>5~80                                |           | 3.8~38     | 740~3700   | 沈阳液压件厂              |



## B. 油泵的选择与计算

### a. 油泵的工作压力 $p_p$

$$p_p \geq p_1 + \Delta p_1 \text{ Pa}$$

式中  $p_1$ ——液压执行元件中的最大工作压力, Pa;  $\Delta p_1$ ——系统中总压力损失, Pa, 在初步计算时, 对于流速不大、一般节流调速及管路简单的系统取 0.2~0.5MPa; 高压大流量、油路有调速阀及管路复杂的系统取 0.5~1.5MPa。

考虑到系统的动态压力及油泵的使用寿命等, 通常在选择油泵规格时, 其额定压力  $P_0$  宜比工作压力  $p_p$  大 25~60% 即:

$$p_0 = (1.25 \sim 1.6)p_p$$

### b. 油泵的流量 $Q_p$

在没有蓄能器的系统中, 按系统中的最大工作流量选取:

$$Q_p = K(\sum Q_{\max}), \text{ m}^3/\text{s}$$

式中,  $\sum Q_{\max}$ ——系统中同时动作的各个并联执行元件所需的最大总流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $K$ ——系统油液泄漏系数, 一般  $K=1.1 \sim 1.3$ , 在有蓄能器的系统中, 按系统在一个工作周期中的平均工作流量选取:

$$Q = \frac{K}{T} \sum_{i=1}^Z V_i, \text{ m}^3/\text{s}$$

式中,  $K$ ——系统油液泄漏系数, 一般取  $K=1.2$ ;  $T$ ——机组工作周期, s;  $V_i$ ——液压执行元件在工作周期中的总耗油量,  $\text{m}^3$ ;  $Z$ ——液压执行元件的个数。

### c. 油泵的驱动功率 $N$

$$N = \frac{P_p Q_0}{\eta}$$

式中,  $P_p$ ——油泵的最大工作压力, Pa;  $Q_0$ ——所选油泵的额定流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $\eta$ ——泵的总效率, 一般齿轮泵  $\eta=0.6 \sim 0.8$ , 叶片泵  $\eta=0.75 \sim 0.85$ , 柱塞泵  $\eta=0.75 \sim 0.9$ 。

### d. 油泵的选择

根据油泵容量计算的结果, 以及系统工作稳定程度、工作条件以及其它条件, 即可确定油泵的结构型式、型号及台数并按产品样本选用(表 8—10~表 8—12)。所选择的油泵的额定流量  $Q_0$  要大于上述计算求得的  $Q_p$ , 但不宜超过太多, 否则大量油液经溢流阀流回油箱, 导致油液发热。

## C. 控制阀的选择

控制阀的选择依据是额定压力、最大流量、动作方式、安装形式、压力损失、工作性能参数及使用寿命等。

流量控制阀(如节流阀、调速阀)根据系统工作压力、最大流量和最小稳定流量选取。

压力控制阀根据系统工作压力和最大流量选取; 主溢流阀按系统工作压力和泵的最大流量选取。

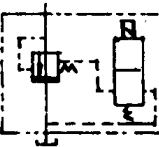
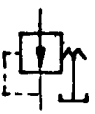
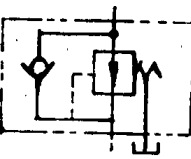
方向控制阀根据系统工作压力和所需通过的流量, 满足执行机构动作要求的控制机能进行选取。

一般选择控制阀的额定流量应比系统实际通过的流量稍大一些, 必要时允许通过阀的最大流量超过其额定流量的 20%。

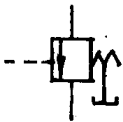
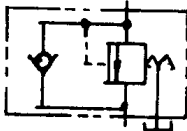
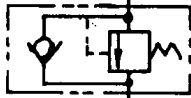
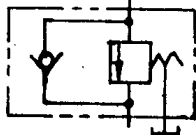
压力控制阀技术规格见表 8—13。流量控制阀技术规格见表 8—14。方向控制阀技术规格见表 8—15。比例控制阀技术规格见表 8—16。

表 8—13

压力控制阀技术规格

| 类别          | 符 号                                                                                 | 型 号          | 技 术 参 数    |             |               | 备 注             |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|-------------|---------------|-----------------|
|             |                                                                                     |              | 通径<br>(mm) | 压力<br>(MPa) | 流量<br>(L/min) |                 |
| 溢<br>流<br>阀 |    | P 型低压溢流阀     | 8~24       | 2.5         | 10~63         | 广州机床研究所系列       |
|             |                                                                                     | Y 型中压溢流阀     | 9~30       | 6.3         | 10~160        |                 |
|             |                                                                                     | YF 型溢流阀      | 8~80       | 7~35        | 2~1200        | 榆次液压件厂系列        |
|             |                                                                                     | Y 型溢流阀       | 6~80       | 31.5        | 2~1250        | 机械部联合设计系列       |
|             |                                                                                     | DBD 直动型溢流阀   | 6~30       | 63          | 330           | 引进西德 Rexroth 公司 |
|             |                                                                                     | DB 先导型溢流阀    | 8~30       | 31.5        | 600           | 系列              |
|             |  | YE 型电流电磁溢流阀  | 12, 18     | 6.3         | 25~63         | 广州机床研究所系列       |
|             |                                                                                     | YFD 电控卸荷溢流阀  |            | 7~21        | 100           | 榆次液压件厂系列        |
|             |                                                                                     | YD、YE 型电磁溢流阀 |            | 0.6~31.5    | 40~2000       | 机械部联合设计系列       |
|             |                                                                                     | DBW 电磁卸荷溢流阀  | 8~30       | 3.15        | 600           | 引进西德 Rexroth 公司 |
|             |                                                                                     |              |            |             |               | 系列              |
|             |                                                                                     |              |            |             |               |                 |
| 减<br>压<br>阀 |  | J 型减压阀       | 9~30       | 6.3         | 10~160        | 广州机床研究所系列       |
|             |                                                                                     | JF 型减压阀      | 10~32      | 7~14        | 20~300        | 榆次液压件厂系列        |
|             |                                                                                     | ZDR 直动型减压阀   | 6, 10      | 21          | 30~50         | 引进西德 Rexroth 公司 |
|             |                                                                                     | J 型减压阀       |            | 0.6~31      | 40~500        | 机械部联合设计系列       |
|             |  | J1 型单向减压阀    | 9~24       | 6.3         | 10~160        | 广州机床研究所系列       |
|             |                                                                                     | JDF 型单向减压阀   | 10~32      | 7~14        | 20~300        | 榆次液压件厂系列        |
|             |                                                                                     | JA 型单向减压阀    |            | 0.6~31      | 40~500        | 机械部联合设计系列       |
|             |                                                                                     | DR 型单向减压阀    | 8~32       | 31.5        | 300           | 引进西德 Rexroth 公司 |
|             |                                                                                     |              |            |             |               | 系列              |

续表 1

| 类别          | 符 号                                                                                 | 型 号                                                       | 技 术 参 数         |                        |                  | 备 注                          |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|------------------|------------------------------|
|             |                                                                                     |                                                           | 通径<br>(mm)      | 压力<br>(MPa)            | 流量<br>(L/min)    |                              |
| 顺<br>序<br>阀 |    | X 型直控顺序阀<br>X2F 型直控顺序阀<br>X 型直控顺序阀                        | 广州<br>9~32      | 广州<br>2.5              | 广州<br>10~160     | 广州机床研究所<br>榆次液压件厂<br>机械部联合设计 |
|             |    | XY 型液控顺序阀<br>X3F 型远控顺序阀<br>XY 型远控顺序阀                      | 榆次              | 榆次                     | 榆次               | 广州机床研究所<br>榆次液压件厂<br>机械部联合设计 |
|             |  | XI 型直控单向顺序<br>阀<br>XD2F 直控单向顺<br>序阀<br>XA 型直控单向顺<br>序阀    | 10~50<br><br>联合 | 1~7<br><br>联合          | 20~300<br><br>联合 | 广州机床研究所<br>榆次液压件厂<br>机械部联合设计 |
|             |  | XD1F 直控平衡阀<br>PH 型直控平衡阀                                   | 10~50           | 0.6~8                  | 40~500           | 榆次液压件厂<br>机械部联合设计            |
|             |  | XIY 型液控单向顺<br>序阀<br>XD3F 型远控单向<br>顺序阀<br>PAY 型远控单向顺<br>序阀 |                 | 联合<br>(先导)<br>0.6~31.5 |                  | 广州机床研究所<br>榆次液压件厂<br>机械部联合设计 |

续表 2

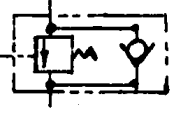
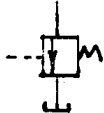
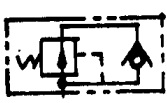
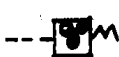
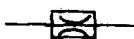
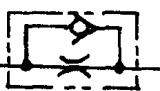
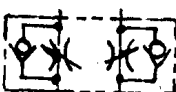
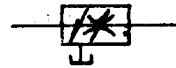
| 类别                    | 符 号                                                                                 | 型 号                                               | 技 术 参 数                |                                       |                    | 备 注                                                |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|
|                       |                                                                                     |                                                   | 通径<br>(mm)             | 压力<br>(MPa)                           | 流量<br>(L/min)      |                                                    |
| 顺<br>序<br>阀           |    | XD4F 型远控平衡<br>阀<br><br>PHY 型远控平衡阀                 |                        |                                       |                    | 榆次液压件厂<br><br>机械部联合设计                              |
|                       |    | X4F 型卸荷阀<br>H 型卸荷阀<br>DA/DAW 型卸荷<br>阀<br>DZ 型顺序阀  | 10~32<br><br><br>10~32 | 31.5<br><br><br>21                    | 250<br><br><br>450 | 榆次液压件厂<br>机械部联合设计<br>引进西德 Rexroth<br>公司            |
| 背<br>压<br>阀           |  | B 型背压阀                                            | 8~30                   | 6.3                                   | 10~250             | 广州机床研究所                                            |
| 限<br>压<br>单<br>向<br>阀 |  | XDF 限压单向阀                                         | 20                     | 7~21                                  | 50                 | 榆次液压件厂                                             |
| 压<br>力<br>继<br>电<br>器 |  | PF 型压力继电器<br>PD 型压力继电器<br>DP 型压力继电器<br>HED 型压力继电器 | 6                      | 0.7~21<br>0.6~31.5<br>0~6.3<br>2.5~40 |                    | 榆次液压件厂<br>机械部联合设计<br>天津市液压件厂<br>引进西德 Rexroth<br>公司 |

表 8—14

流量控制阀技术规格

| 类别               | 符 号                                                                                 | 型 号               | 技 术 参 数    |             |                    | 备 注                |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|
|                  |                                                                                     |                   | 通径<br>(mm) | 压力<br>(MPa) | 流量<br>(L / min)    |                    |
| 节<br>流<br>阀      |    | LF 型固定式节流阀        | 10~32      | 3.5~14      | 25~190             | 榆次液压件厂             |
|                  |    | L 型可调式节流阀         | 5~24       | 6.3         | 10~100             | 广州机床研究所            |
|                  |                                                                                     | L 型可调式节流阀         | 10~80      | 31.5        | 2~1250             | 机械部联合设计            |
|                  |  | LDF 型固定式单向<br>节流阀 | 10~50      | 3.5~14      | 25~370             | 榆次液压件厂             |
|                  |  | LI 型可调式单向节<br>流阀  | 8~22       | 6.3         | 10~100             | 广州机床研究所            |
| LA 型可调式单向节<br>流阀 |                                                                                     | 10~80             | 31.5       | 2~1250      | 机械部联合设计            |                    |
| MK 型可调式单向<br>节流阀 |                                                                                     | 6~30              | 31.5       | 15~400      | 引进西德 Rexroth<br>公司 |                    |
|                  |  | Z2FS 型双单向节流<br>阀  | 6~22       | 35          | 80~350             | 引进西德 Rexroth<br>公司 |

续表 1

| 类别                                                                                  | 符 号                                                                                 | 型 号                   | 技 术 参 数    |             |               | 备 注                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|-------------|---------------|--------------------|
|                                                                                     |                                                                                     |                       | 通径<br>(mm) | 压力<br>(MPa) | 流量<br>(L/min) |                    |
| 调<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>速<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>阀 |    | Q 型压力补偿调速阀            | 8~22       | 6.3         | 10~100        | 广州机床研究所            |
|                                                                                     |                                                                                     | QF 型压力补偿调速<br>阀       | 10~32      | 14          | 42~240        | 榆次液压件厂             |
|                                                                                     |                                                                                     | Q 型压力补偿调速阀            | 8~32       | 31.5        | 2.5~200       | 机械部联合设计            |
|                                                                                     |    | QI 型单向压力补偿<br>调速阀     | 8~22       | 6.3         | 10~100        | 广州机床研究所            |
|                                                                                     |                                                                                     | QA 型单向压力补偿<br>调速阀     | 8~32       | 31.5        | 25~200        | 机械部联合设计            |
|                                                                                     |  | QT 型压力温度补偿<br>调速阀     | 8          | 6.3         | 10            | 广州机床研究所<br>榆次液压件厂  |
|                                                                                     |  | QIT 型单向温度补偿<br>调速阀    | 8          | 6.3         | 10            |                    |
|                                                                                     |                                                                                     | QDFT 型压力温度补<br>偿单向调速阀 | 8          | 21          | 16            |                    |
|                                                                                     |  | LY 型溢流调速阀             | 8~22       | 6.3         | 10~100        | 广州机床研究所            |
|                                                                                     |  | 2FRM 型调速阀             | 5~16       | 32          | 15~160        | 引进西德 Rexroth<br>公司 |
|                                                                                     |                                                                                     | MSA 型调速阀              | 30         | 21          | 300           |                    |
|                                                                                     |                                                                                     | 2FRW 型电控调速阀           | 10, 16     | 32          | 50~160        |                    |

续表 2

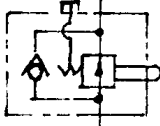
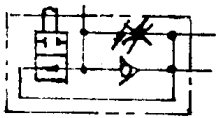
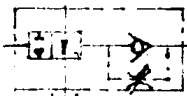
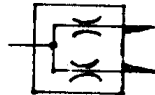
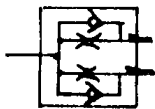
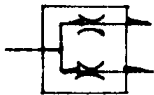
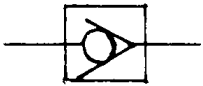
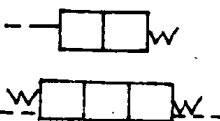
| 类别                    | 符 号                                                                                 | 型 号                                                                                            | 技 术 参 数                  |                      |                           | 备 注                          |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|
|                       |                                                                                     |                                                                                                | 通径<br>(mm)               | 压力<br>(MPa)          | 流量<br>(L/min)             |                              |
| 行程<br>控制<br>阀         |    | LCI 型单向行程节流阀<br>CDF 型单向减速阀<br>LCA 型单向行程节流阀                                                     | 12, 18<br>10~32<br>10~32 | 6.3<br>14<br>31.5    | 25~63<br>25~190<br>4~200  | 广州机床研究所<br>榆次液压件厂<br>机械部联合设计 |
|                       |    | QCI 型单向行程调速阀                                                                                   | 12, 18                   | 6.3                  | 25~63                     | 广州机床研究所                      |
| 延<br>时<br>阀           |  | LHI 型单向延时阀                                                                                     | 8                        | 6.3                  | 16                        | 广州机床研究所                      |
| 分<br>流<br>集<br>流<br>阀 |  | FL 型等量式分流阀<br>FL <sub>6</sub> 型比例式分流阀                                                          | 10~32                    | 1~31.5               | 40~250                    | 上海液压件二厂                      |
|                       |  | FDL 型等量式单向分流<br>阀<br>FDL <sub>6</sub> 型比例式单向分流<br>阀                                            | 10~32                    | 1~31.5               | 40~250                    | 上海液压件二厂                      |
|                       |  | FJL 型等量式分流集流<br>阀<br>FJL <sub>6</sub> 型比例式分流集流<br>阀<br>3FJL 型分流集流阀<br>3FJL <sub>k</sub> 型分流集流阀 | 10~32<br>20, 32          | 1~31.5<br>14<br>1~21 | 40~250<br>30~100<br>10~50 | 同步精度: 1~3%<br>四平液压件厂         |

表 8—15

方向控制阀技术规格

| 类别                    | 符 号                                                                                 | 型 号          | 技 术 参 数    |             |               | 备 注             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|-------------|---------------|-----------------|
|                       |                                                                                     |              | 通径<br>(mm) | 压力<br>(MPa) | 流量<br>(L/min) |                 |
| 单<br>向<br>阀           |    | I 型单向阀       | 8~30       | 6.3         | 10~250        | 广州机床研究所         |
|                       |                                                                                     | DF、DIF 型单向阀  | 10~80      | 21~35       | 25~1200       | 榆次液压件厂          |
|                       |                                                                                     | A、AJ 型单向阀    | 10~80      | 31.5        | 40~1250       | 机械部联合设计         |
|                       |                                                                                     | Z2S 型叠加式单向阀  | 6~22       | 32          | 50~360        | 引进西德 Rexroth 公司 |
| 向<br>阀                |   | IY 型液控单向阀    | 12~30      | 6.3         | 25~160        | 广州机床研究所         |
|                       |                                                                                     | DFY 型液控单向阀   | 10~50      | 21          | 25~400        | 榆次液压件厂          |
|                       |                                                                                     | AY 型液控单向阀    | 10~80      | 31.5        | 40~1250       | 机械部联合设计         |
|                       |                                                                                     | SV 型内泄式液控单向阀 | 10~80      | 32          | 80~1800       | 引进西德 Rexroth 公司 |
|                       |                                                                                     | SL 型外泄式液控单向阀 | 10~80      | 32          | 80~1800       |                 |
| 电<br>磁<br>换<br>向<br>阀 |  | D、E 型电磁换向阀   | 12~20      | 6.3         | 10~63         | 广州机床研究所         |
|                       |                                                                                     | D 型电磁换向阀     | 6~10       | 14~21       | 7~30          | 榆次液压件厂          |
|                       |                                                                                     | D、E 型电磁换向阀   | 6, 10      | 31.5        | 10~40         | 机械部联合设计         |
|                       |                                                                                     | WE 型电磁换向阀    | 5~10       | 21~31.5     | 16~100        | 引进西德 Rexroth 公司 |
|                       |  | E 型直流微型电磁阀   | 5          | 2.5         | 4             | 广州机床研究所         |
|                       |                                                                                     | D 型交流微型电磁阀   |            | 7           | 5.6           | 榆次液压件厂          |
| 液<br>动<br>换<br>向<br>阀 |  | Y 型液动换向阀     | 8~28       | 6.3         | 10~160        | 广州机床研究所         |
|                       |                                                                                     | Y 型液动换向阀     | 20~80      | 31.5        | 100~1250      | 机械部联合设计         |

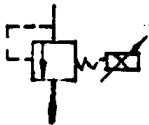
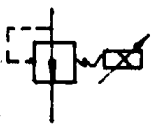
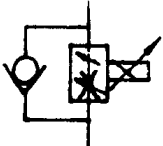


续表 1

| 类别                    | 符 号 | 型 号                                      | 技 术 参 数        |                     |                 | 备 注                           |
|-----------------------|-----|------------------------------------------|----------------|---------------------|-----------------|-------------------------------|
|                       |     |                                          | 通径<br>(mm)     | 压力<br>(MPa)         | 流量<br>(L / min) |                               |
| 电<br>液<br>换<br>向<br>阀 |     | DY、EY 型电液换向<br>阀                         | 12~36          | 6.3                 | 25~250          | 广州机床研究所                       |
|                       |     | DY 型电液换向阀                                | 20~80          | 21                  | 75~1200         | 榆次液压件厂                        |
|                       |     | DY、EY 型电液换向<br>阀                         | 20~80          | 31.5                | 100~1250        | 机械部联合设计                       |
|                       |     | WEH 型电液换向阀                               | 16~82          | 35                  | 180~4500        | 引进西德 Rexroth<br>公司            |
| 手<br>动<br>换<br>向<br>阀 |     | S 型手动滑阀                                  | 12~24          | 6.3                 | 25~160          | 广州机床研究所                       |
|                       |     | S 型手动换向阀                                 | 10~50          | 21                  | 31.5~370        | 榆次液压件厂                        |
|                       |     | S 型高压手动换向阀                               | 10~50          | 31.5                | 40~500          | 机械部联合设计                       |
|                       |     | O 型转阀<br>WMD 型旋转手动换<br>向阀                | 8, 12<br>6, 10 | 6.3<br>32           | 10, 25<br>60~80 | 广州机床研究所<br>引进西德 Rexroth<br>公司 |
| 多<br>路<br>换<br>向<br>阀 |     | ZFS 型多路换向阀                               | 10~25          | 8~16                | 30~130          | 榆次液压件厂                        |
|                       |     | ZL 型多路换向阀                                |                | 31.5                | 63~800          | 机械部联合设计                       |
|                       |     | MO 型整体式多路阀                               | 10~32          | 35                  | 110~360         | 引进西德 Rexroth<br>公司            |
| 机<br>控<br>换<br>向<br>阀 |     | C 型机控换向阀                                 | 8~18           | 6.3                 | 10~63           | 广州机床研究所                       |
| 截<br>止<br>阀           |     | K 型压力表开关<br>KF 型压力表开关<br>K、XK 型压力表开<br>关 | 4<br>8         | 6.3<br>35<br>0.6~36 | 40              | 广州机床研究所<br>榆次液压件厂<br>机械部联合设计  |
|                       |     | Q4SA 型球形截止阀<br>JZ 型截止阀                   |                | 6.3<br>31.5         | 40~2000         | 上海阀门厂<br>机械部联合设计              |

表 8—16

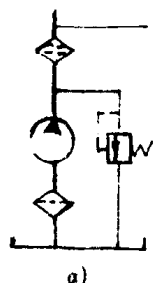
比例控制阀技术规格

| 类别                    | 符 号                                                                                 | 型 号             | 技 术 参 数    |             |               | 备 注             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|-------------|---------------|-----------------|
|                       |                                                                                     |                 | 通径<br>(mm) | 压力<br>(MPa) | 流量<br>(L/min) |                 |
| 比<br>例<br>控<br>制<br>阀 |    | BKP 型比例先导压力阀    |            | 6.3~20      | 2             | 广州机床研究所         |
|                       |    | BYF 型电磁式比例溢流阀   | 8~50       | 1~31.5      | 2~500         | 上海液压件二厂         |
|                       |  | DRE 型比例减压阀      | 10~32      | 32          | 80            | 引进西德 Rexroth 公司 |
|                       |  | BKQI 型比例调速阀     |            | 0.5~20      | 0.03~160      | 广州机床研究所         |
|                       |  | BQF 型电磁式比例调速阀   | 8~32       | 31.5        | 25~200        | 上海液压件二厂         |
|                       |                                                                                     | DYBQ-H 型电液比例流量阀 | 25         | 31.5        | 160           |                 |
|                       |  | WRZ 比例方向阀       | 10         |             | 115           | 引进西德 Rexroth 公司 |

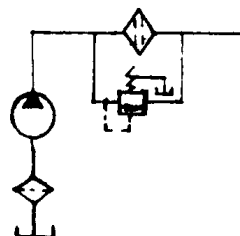
#### D. 辅助元件的选择

##### a. 选择过滤器

选择过滤器主要根据系统的过滤精度和过滤能力的要求、以及过滤器的强度和抗腐蚀性。过滤器的过滤能力可用下式计算:



a) 精滤油器放在安全阀之后



b) 精滤油器与压力阀并联

图 8—1 滤油器装在压油管路上

$$Q = \frac{KA\Delta p \times 10^{-6}}{\eta} \cdot \text{m}^3 / \text{s}$$

式中  $Q$ ——过滤的油量,  $\text{m}^3 / \text{s}$ ;  $\eta$ ——油的动力粘度,  $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ;  $A$ ——有效过滤面积,  $\text{m}^2$ ;  $\Delta p$ ——压力差,  $\text{Pa}$ ;  $K$ ——滤芯通油能力系数,  $\text{m}^3 / \text{m}^2$ , 常用的滤芯材料的  $K$  值为: 网式滤芯  $K = 0.34 \text{m}^3 / \text{m}^2$ ; 线隙式滤芯  $K = 0.17 \text{m}^3 / \text{m}^2$ ; 纸质滤芯  $K = 0.006 \text{m}^3 / \text{m}^2$ ; 烧结式滤芯  $K = \frac{1.04D^2 \times 10^3}{\delta}$ ;  $CD$ ——粒子平均直径,  $\text{m}$ ;  $\delta$ ——滤芯的壁厚,  $\text{m}$ , 见表 8—17。

表 8—17

烧结式滤芯的技术参数

| 粒 度 (目)                                 | 40~60 | 60~80 | 80~100 | 100~120 | 120~160 | 160~200 | 200~250 |
|-----------------------------------------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 粒子平均直径<br>$D$ , mm                      | 0.361 | 0.229 | 0.168  | 0.138   | 0.105   | 0.0815  | 0.0675  |
| 理论过滤精度<br>$d = 0.155 D$ , $\mu\text{m}$ | 55.9  | 35.5  | 26     | 21.4    | 16.3    | 12.6    | 10.5    |
| 实用过滤精度<br>$d = 0.1 D$ , $\mu\text{m}$   | 36.1  | 22.9  | 16.8   | 13.8    | 10.5    | 8.15    | 6.75    |
| 滤芯壁厚<br>$\delta$ , mm                   | A 型   | 2.5   |        |         |         |         |         |
|                                         | B 型   | 2.5   |        |         |         |         |         |
| 过滤面积<br>$A$ , $\text{cm}^2$             | A 型   | 140   |        |         |         |         |         |
|                                         | B 型   | 85    |        |         |         |         |         |

选择滤油器的过滤能力要大于上式算得的数值。常用滤油器的技术规格见表 8—18。

表 8—18 滤油器产品技术规格

| 型 号                   | 通 径<br>(mm) | 工作压力<br>(MPa) | 压力损失<br>(MPa) | 过滤精度<br>( $\mu\text{m}$ ) | 额定流量<br>(L/min) | 生 产 单 位              |
|-----------------------|-------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|----------------------|
| SU 型烧结式滤油器            |             | 0.5~20        | 0.2           | 6~36                      | 50~125          | 北京天桥粉末冶金二厂           |
| WU 型网式滤油器             | 10~80       |               |               | 180                       | 16~630          | 沈阳黄河液压件厂<br>上海高行液压件厂 |
| XU 型线隙式滤油器            | 10~80       |               |               |                           | 6~630           |                      |
| ZU-A 型回油路用带发讯器的纸质式滤油器 | 20~80       | 1             |               | 10, 20                    | 40~630          |                      |
| XU-A 型回油路用带发讯器的线隙式滤油器 | 22~80       | 1             |               | 30, 50                    | 40~630          |                      |

#### b. 选择蓄能器

选择蓄能器要根据蓄能器的容量计算:

$$V_w = k \sum V_i - \sum Q_p \cdot t, \text{ m}^3$$

式中,  $V_i$ ——最大负荷时各工作点的耗油量,  $\text{m}^3$ ;  $k$ ——泄漏系数, 取  $K=1.2$ ;  $\sum Q_p$ ——油泵输出流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $t$ ——最大负荷时泵的工作时间,  $\text{s}$ 。

若系统服务于几个机组, 则  $V_w$  应根据最大负荷区间的耗油量按上式算。

各工作区间蓄能器的充排油情况由下式计算:

$$V = (Q_L - \sum Q_p) \cdot t$$

式中,  $V$ ——该工序充、排油油量,  $\text{m}^3$ ,  $V$  为正值时, 蓄能器排油,  $V$  为负值时, 蓄能器被充油。可根据  $V$  来验证  $V_w$ ;  $Q_L$ ——该工序执行机构所需油量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $t$ ——该工序工作时间,  $\text{s}$ 。

活塞式、气囊式蓄能器的总容积。

$$V_0 = 1.053 \cdot \frac{p_1}{p_0} \left( \frac{p_2}{p_2 + p_1} \right) V_w$$

$$p_0 V_0 = p_1 V_1 = p_2 V_2 = \text{常数}$$

$$V_w = V_1 - V_2$$

式中,  $p_0$ ——蓄能器内密封气体的基准压力,  $\text{Pa}$ , (一般取  $p_0 = 0.6p_p$ ,  $p_p$  为泵的工作压力);  $p_1$ ——气体的最低工作压力 (与油的最低工作压力大致相等),  $\text{Pa}$ ;  $V_0$ ——气体在基准压力时的体积 (积为蓄能器的气体容积),  $\text{m}^3$ ;  $V_1$ ——气体在最低工作压力时的体积,  $\text{m}^3$ ;  $p_2$ ——气体的最高工作压力 (与油的最高工作压力大致相等),  $\text{Pa}$ ;  $V_2$ ——气体在最高工作压力时的体积,  $\text{m}^3$ 。

对气囊式蓄能器, 折合型取  $p_0/p_1 = 0.8 \sim 0.85$ ; 波纹型取  $p_0/p_1 = 0.6 \sim 0.65$ 。对活塞式蓄能器, 取  $p_0/p_1 = 0.8 \sim 0.9$  (动作极缓慢时可取 0.95)。

用于缓冲阀门关闭冲击力的蓄能器容量  $V_0$ 。

$$V_0 = \frac{0.004Qp_B(0.0164L - t)}{p_B - p_A} \quad \text{m}^3$$

式中,  $Q$ ——阀门关闭前管内的流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $L$ ——产生冲击力的管道长度,  $\text{m}$ ;  $t$ ——关闭阀门时的时间,  $\text{s}$ ;  $p_A$ ——阀全开时油的静压,  $\text{Pa}$ ;  $p_B$ ——允许的冲击压力,  $\text{Pa}$ 。

上式为经验式, 当  $V_0 > 0$  时, 才需要安装蓄能器。活塞式蓄能器也可用上式计算。

用于吸收油泵脉动的蓄能器容量  $V_0$

$$V_0 = q \cdot i / 0.6 \text{ km}^3$$

式中  $q$ ——油泵的排量,  $\text{m}^3/\text{r}$ ;  $i$ ——排量变化率  $\Delta q/q$ ;  $k$ ——脉动变化率(等于单侧脉动压力振幅与油泵工作压力之比)。

#### c. 油箱

在一般情况下, 油箱的有效容量应为泵每分钟流量的三倍以上。连续工作、压力超过中压的液压系统中的油箱。其容量应按发热量计算确定。在没有冷却装置的情况下, 如油箱的长: 宽: 高为 1: 1: 1 到 1: 2: 3, 油面达油箱高度的 80% 时, 则油箱的有效容量  $V$  可用下式近似计算:

$$V = 8 \times 10^{-4} \sqrt{\left(\frac{N_h}{T_1 - T_2}\right)^3} \text{ m}^3$$

式中,  $N_h$ ——总发热损失功率,  $\text{W}$ ;  $T_1$ ——长时间工作后之油温,  $\text{K}$ ;  $T_2$ ——周围空气温度,  $\text{K}$ 。油箱散热面积  $A$  的近似值为:

$$A = 6.5^3 \sqrt{V^2} \quad \text{m}^2$$

#### d. 管件的选择

导管内径  $d$ , 按流量要求及所允许的流速决定:

$$d \geq 1.13 \sqrt{Q/v} \text{ m}$$

式中,  $Q$ ——液体流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $v$ ——流速,  $\text{m/s}$ , 荐用流速: 对于吸油管  $v \leq 1 \sim 2 \text{ m/s}$ 。对于压油管  $v \leq 3 \sim 6 \text{ m/s}$  (压力高、管道短或油粘度小时取大值, 反之取小值)。对于回油管  $v \leq 1.5 \sim 2.5 \text{ m/s}$ 。

金属导管壁厚  $\delta$  的计算:  $\delta \geq \frac{pd}{2[\sigma]} \quad \text{m}$

式中  $p$ ——工作压力,  $\text{Pa}$ ;  $d$ ——导管内径,  $\text{m}$ ;  $[\sigma]$ ——许用应力,  $\text{Pa}$ , 对于钢管  $[\sigma] = \sigma_b/n$  ( $\sigma_b$ ——抗拉强度,  $\text{Pa}$ ;  $n$ ——安全系数, 当  $p < 7 \text{ MPa}$  时,  $n=8$ ; 当  $p \leq 17.5 \text{ MPa}$  时,  $n=6$ ; 当  $p > 17.5 \text{ MPa}$  时,  $n=4$ )。对于铜管  $[\sigma] \leq 25 \text{ MPa}$ 。

## 8.4 油缸

### 8.4.1 油缸的基本参数

表 8-19 油缸的额定压力系列(按 JB2183-77)

|                     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| MPa                 | 2.5 | 6.3 | 10  | 16  | 25  | 32  | 40  |
| kgf/cm <sup>2</sup> | 25  | 63  | 100 | 160 | 250 | 320 | 400 |

表 8-20 油缸内径系列(按 JB2183-77)

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 16  | 20  | 25  | 32  | 40  | 50  | 55  | 63  | 70  | 80  | 90  | 100 |
| 110 | 125 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 250 | 320 | 400 | 500 | 630 |

表 8-21

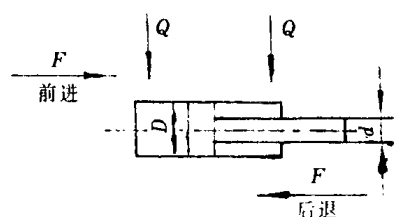
活塞杆外径尺寸 (按 JB2183—77)

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 4   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18  | 20  | 22  | 25  | 28  | 32  | 35  |
| 40  | 45  | 50  | 55  | 63  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 125 | 140 |
| 160 | 180 | 200 | 220 | 250 | 280 | 320 | 360 | 400 | 450 | 500 |     |

## 8.4.2 油缸的设计计算(表 8-22~8-23)

表 8-22

油缸主要部件的设计计算

 $p$ ——介质工作压力, Pa $F$ ——油缸推(拉)力, N $Q$ ——油缸流量,  $\text{m}^3/\text{s}$  $D$ ——活塞直径, m $d$ ——活塞杆直径, m $\delta$ ——缸筒壁厚, m $h$ ——缸底厚度, m

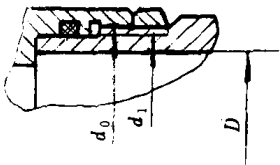
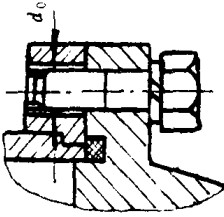
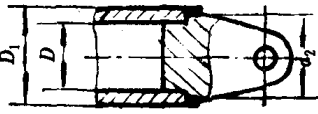
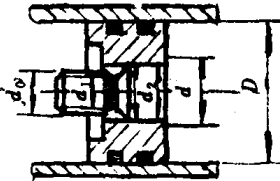
| 计 算 内 容  | 计 算 公 式                                                                                                                                                     | 符号意义及选择                                                                                                                        |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 油缸推(拉)力  | 活塞杆前进时:<br>$F = p \frac{\pi D^2}{4} \eta$ 活塞杆后退时:<br>$F = p \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \eta$                                                                  | $\eta$ ——油缸机械效率, 一般取<br>$\eta \approx 0.95$                                                                                    |
| 油缸流量     | 活塞杆前进时:<br>$Q = \frac{\pi D^2}{4 \eta_v} v$ 活塞杆后退时:<br>$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4 \eta_v} v$                                                              | $v$ ——活塞杆移动速度, m/s<br>$\eta_v$ ——容积效率, 采用橡胶或塑料圈时,<br>$\eta_v \approx 1$ ; 采用金属环时, $\eta_v \approx 0.98$                        |
| 油缸行程所需时间 | $t = \frac{AS}{4Q}$                                                                                                                                         | $t$ ——油缸行程时间, s<br>$A$ ——活塞有效作用面积, $\text{m}^2$<br>$S$ ——油缸行程, m                                                               |
| 缸筒壁厚     | 一般按薄壁筒计算<br>$\delta = \frac{pD}{2[\sigma]}$ 当 $D/\delta < 10$ 时<br>$\delta = \frac{D}{2} \left( \sqrt{\frac{[\sigma] + 0.4p}{[\sigma] - 1.3p}} - 1 \right)$ | $[\sigma]$ ——材料许用拉应力, Pa<br>$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{n}$ $\sigma_b$ ——材料的抗拉强度, Pa<br>$n$ ——安全系数, 一般取 $n \approx 3.5 \sim 5$ |

续表 1

| 计 算 内 容                              |               | 计 算 公 式                                                                                                                                                                                                       | 符号意义及选择                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |   |              |               |      |   |              |   |      |   |
|--------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---|--------------|---------------|------|---|--------------|---|------|---|
| 缸底厚度                                 |               | $h=0.433D\sqrt{\frac{p}{[\sigma]}}$                                                                                                                                                                           | $[\sigma]$ ——材料许用拉应力, Pa,<br>锻钢可取 $[\sigma]=40\text{MPa}$<br>铸钢可取 $[\sigma]=30\text{MPa}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |   |              |               |      |   |              |   |      |   |
| 按强度条件验<br>算活塞杆直径                     |               | $d\geq\sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma]}}$                                                                                                                                                                          | $[\sigma]$ ——材料的许用应力, Pa<br>$[\sigma]=\frac{\sigma_s}{n}$<br>$\sigma_s$ ——材料的屈服极限, Pa<br>$n$ ——安全系数, 一般 $n\approx 1.4$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |   |              |               |      |   |              |   |      |   |
| 活<br>塞<br>杆<br>稳<br>定<br>性<br>验<br>算 | 纵向弯曲<br>极限力   | 油缸行程 $S>10D$ 时, 活塞杆应进行稳定性<br>验算<br>$\text{当}\frac{l}{K}>m\sqrt{n}\text{时:}$ $F_k=\frac{n\pi^2 EJ}{l^2}$ $\text{当}\frac{l}{K}\leq m\sqrt{n}\text{时:}$ $F_k=\frac{fA}{1+\frac{a}{n}\left(\frac{l}{K}\right)^2}$ | $F_k$ ——纵向弯曲极限力, N<br>$K$ ——活塞杆横截面回转半径,<br>$K=\sqrt{\frac{J}{A}}=\frac{d}{4}, \text{ m}$<br>$J$ ——活塞杆横截面转动惯量,<br>$J=\frac{\pi d^4}{64}, \text{ m}^4$<br>$A$ ——活塞杆横截面积, $\text{m}^2$<br>$m$ ——柔性系数, 对钢 $m=85$<br>$l$ ——活塞杆计算长度, m<br>$n$ ——端点安装型式系数<br><table><tr><th>型 式</th><th>n</th></tr><tr><td>一端固定<br/>一端自由</td><td><math>\frac{1}{4}</math></td></tr><tr><td>两端铰接</td><td>1</td></tr><tr><td>一端固定<br/>一端铰接</td><td>2</td></tr><tr><td>两端固定</td><td>4</td></tr></table> | 型 式 | n | 一端固定<br>一端自由 | $\frac{1}{4}$ | 两端铰接 | 1 | 一端固定<br>一端铰接 | 2 | 两端固定 | 4 |
|                                      | 型 式           | n                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |   |              |               |      |   |              |   |      |   |
| 一端固定<br>一端自由                         | $\frac{1}{4}$ |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |   |              |               |      |   |              |   |      |   |
| 两端铰接                                 | 1             |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |   |              |               |      |   |              |   |      |   |
| 一端固定<br>一端铰接                         | 2             |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |   |              |               |      |   |              |   |      |   |
| 两端固定                                 | 4             |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |   |              |               |      |   |              |   |      |   |
| 纵向弯曲<br>强度验算                         | $F_k>n_kF$    | $n_k$ ——安全系数, 一般取 2~4                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |   |              |               |      |   |              |   |      |   |

表 8—23

油缸零件的连接计算

| 计算内容          | 图 形                                                                                 | 计 算 公 式                                                                                                                                                                                                                                        | 符 号 意 义 及 选 择                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 缸体螺纹连接计算      |    | 螺纹处的拉应力<br>$\sigma = \frac{4KF}{\pi(d_1^2 - D^2)} \text{ Pa}$ 螺纹处的剪应力<br>$\tau = \frac{K_1 K F d_0}{0.4(d_1^2 - D^3)} \text{ Pa}$ 合成应力<br>$\sigma_n = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma] \text{ Pa}$ 许用应力 $[\sigma] = \frac{\sigma_s}{n}$ | $F$ ——油缸最大推力, N<br>$D$ ——油缸内径, m<br>$d_0$ ——螺纹直径, m<br>$d_1$ ——螺纹内径, m<br>$K$ ——拧紧螺纹系数, 静载取 $K=1.25 \sim 1.5$ , 变载取 $K=2.5 \sim 4$<br>$K_1$ ——螺纹连接的摩擦系数<br>$K_1=0.07 \sim 0.2$ , 一般取 $K_1=0.12$<br>$\sigma_s$ ——缸体材料的屈服强度, Pa<br>$n$ ——安全系数, 取 $n=1.2 \sim 2.5$ |
| 缸体法兰连接螺栓计算    |    | 螺纹处的拉应力<br>$\sigma = \frac{4KF}{\pi d_1^2 z} \text{ Pa}$ 螺纹处的剪应力<br>$\tau = \frac{K_1 K F d_0}{0.4 d_1^2 z} \approx 0.27\sigma, \text{ Pa}$ 合成应力<br>$\sigma_n = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \approx 1.1\sigma < [\sigma], \text{ Pa}$            | $z$ ——螺栓或螺杆的数量, 其他符号意义及选择同上                                                                                                                                                                                                                                     |
| 缸体焊接连接计算      |  | 焊缝应力<br>$\sigma = \frac{4F}{\pi(D^2 - d_1^2) \cdot \eta} \leq [\sigma]_p \text{ Pa}$ $[\sigma] = \frac{\sigma_b}{n} \text{ Pa}$                                                                                                                | $F$ ——油缸推力, N<br>$\eta$ ——焊接效率, 取 $\eta=0.7$<br>$d_2$ ——焊缝底径, m<br>$\sigma_b$ ——焊条材料抗拉强度, Pa<br>$n$ ——安全系数, 取 $n=3.3 \sim 4$<br>$[\sigma]$ ——许用应用 Pa                                                                                                            |
| 活塞与活塞杆螺纹连接计算  |  | 活塞杆的拉力<br>$F_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \text{ N}$ 活塞杆危险断面处的合成应力<br>$\sigma_n = \frac{4R F_2}{\pi d_1^2} \leq [\sigma] \text{ Pa}$ $[\sigma] = \frac{\sigma_s}{n} \text{ Pa}$                                                             | $F_2$ ——活塞杆拉力, N<br>$d$ ——活塞杆直径, m<br>$d_1$ ——活塞杆危险断面处的直径, m<br>$R$ ——螺纹预紧系数, 取 $R=1.4$<br>$[\sigma]$ ——许用应力, Pa<br>$\sigma_s$ ——材料屈服强度, Pa<br>$n$ ——安全系数, 取 $n=1.75$ , 对于调质硬度 $HBS=240 \sim 270$ 的 40Cr 钢, $\sigma_s=700\text{MPa}$<br>$p$ ——油缸中液压介质工作压力, Pa   |
| 活塞杆与活塞肩部压应力验算 |                                                                                     | 压应力<br>$\sigma_{bc} = \frac{D^2 p}{(d - 0.2)^2 - (d_2 + 2c)^2} \leq [\sigma] \text{ Pa}$                                                                                                                                                       | $0.2$ ——活塞杆倒角尺寸, m<br>$d_2$ ——活塞上的钻孔直径, m<br>$c$ ——活塞上孔的倒角尺寸, m<br>$[\sigma]$ ——许用压应力, Pa, 对 Q235 钢, $[\sigma]=0.75, \sigma_s=180\text{MPa}$                                                                                                                    |



## 8.5 气动

### 8.5.1 气动系统的组成

气动系统一般由气源、控制元件、执行元件和气动辅件组成。图 8—1 为气动系统原理图。气源包括空气压缩机、气罐；控制元件包括用于压力、流量、方向控制的各类阀门以及辅助元件；执行元件包括气缸和气马达；辅助元件包括气管道、管接头、过滤器、油雾器、消音器等。

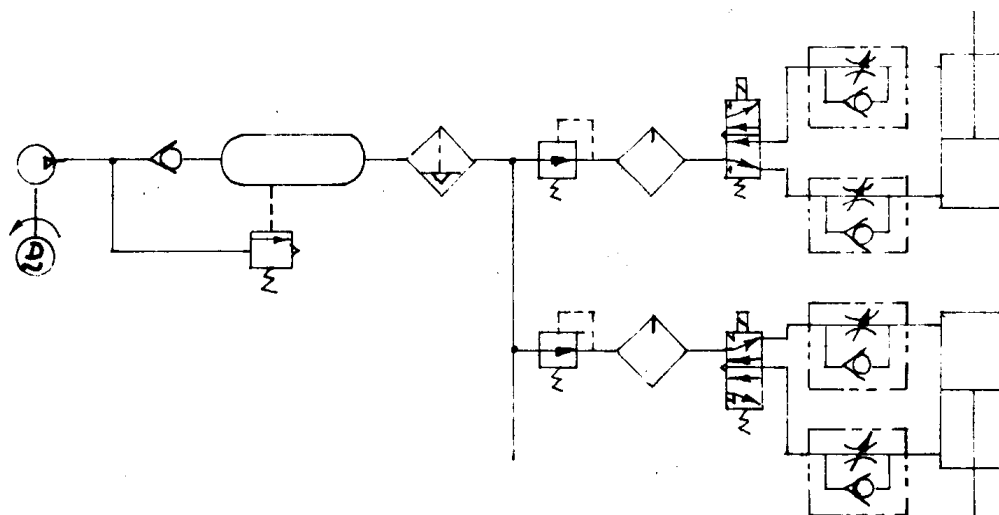


图 8—1 气动系统原理图

### 8.5.2 气动系统的基本回路

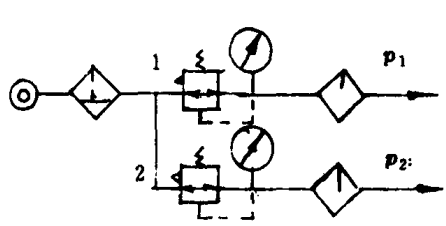
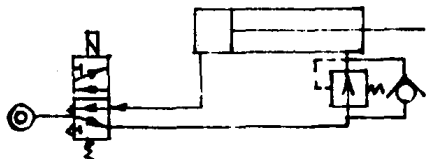
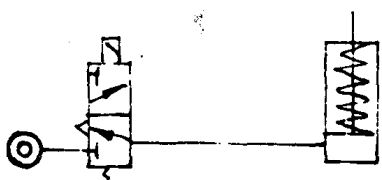
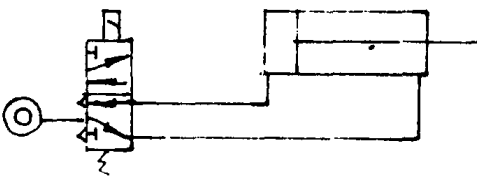
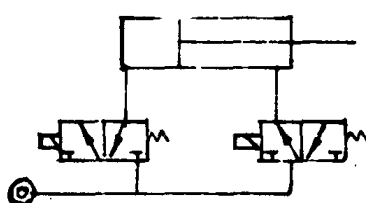
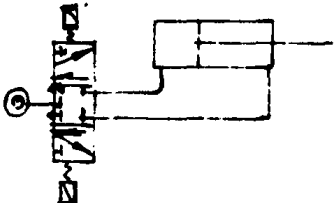
常见压力、方向、速度控制基本回路见表 8—24。

表 8—24

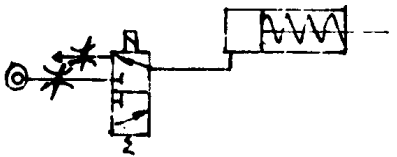
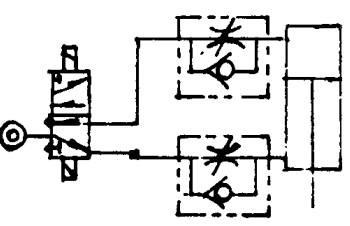
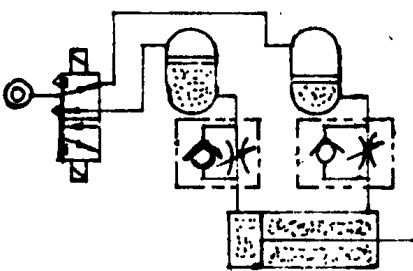
气 动 系 统 的 基 本 回 路

| 名称                         | 简 图 | 说 明                                                           |
|----------------------------|-----|---------------------------------------------------------------|
| 压<br>力<br>控<br>制<br>回<br>路 |     | 采用外控式溢流阀 1 控制气罐压力，结构简单，工作可靠，但无功耗气量大。气罐压力经减压阀 2 减压至系统要求的工作压力   |
|                            |     | 减压阀 1、2 的输出压力分别为 $p_1$ 、 $p_2$ ，通过换向阀 3 可得到 $p_1$ 、 $p_2$ 的切换 |

续表 1

| 名 称    | 简 图                                                                                 | 说 明                                       |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 压力控制回路 |    | 减压阀 1、2 同时分别输出 $p_1$ 、 $p_2$              |
|        |    | 此回路是双作用气缸单向受载的一般差压回路，可节省耗气量               |
| 方向控制回路 |   | 常断二位三通电磁阀控制单作用气缸动作回路                      |
|        |  | 二位五通单电控电磁阀控制双作用气缸回路                       |
|        |  | 两个二位三通单电控电磁阀控制双作用气缸动作回路                   |
|        |  | 三位五通双电控电磁控制双作用气缸动作回路。此回路除控制气缸换向外，还可以有中间位置 |

续表 2

| 名 称                        | 简 图                                                                                | 说 明                                          |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 速<br>度<br>控<br>制<br>回<br>路 |   | 利用节流阀调节单作用气缸的进退速度                            |
|                            |   | 采用速度控制阀的排气调速回路。气动系统常采用这类回路控制气缸的运动速度          |
|                            |  | 此回路为气液传送器调速回路。通过调节速度控制阀可实现双向无级调速，运动平稳，受外载影响小 |

## 常用低压电气设备

## 9.1 常用资料及标准

## 9.1.1 常用电磁量单位、符号及换算

表 9—1

常用电磁量单位及符号

| 量的名称                    | 符 号        | 定义公式                    | SI, MKSA 制                                                        |       |                      | 习用单位                             |                                                               | 备 注                                       |
|-------------------------|------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------|----------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                         |            |                         | 量纲                                                                | 单位    | 符号                   | 名称                               | 符号                                                            |                                           |
| 电 流                     | $I, i$     | $I = \frac{Q}{t}$       | [I]                                                               | 安[培]  | A                    |                                  |                                                               |                                           |
| 频 率                     | $f$        | $f = 1/t$               | [T <sup>-1</sup> ]                                                | 赫[兹]  | Hz                   |                                  |                                                               |                                           |
| 有功功率<br>(交流电)           | $P$        | $P = UI \cos \varphi$   | [L <sup>2</sup> MT <sup>-3</sup> ]                                | 瓦[特]  | W                    |                                  |                                                               |                                           |
| 无功功率<br>(交流电)           | $P_q$      | $P_q = UI \sin \varphi$ | [L <sup>2</sup> MT <sup>-3</sup> ]                                | 乏     | Var                  |                                  |                                                               |                                           |
| 表观功率<br>(视在功率)<br>(交流电) | $P_s(S)$   | $P_s = UI$              | [L <sup>2</sup> MT <sup>-3</sup> ]                                | 伏安    | VA                   |                                  |                                                               |                                           |
| 电量, 电荷                  | $Q$        | $Q = It$                | [TI]                                                              | 库[仑]  | C                    |                                  |                                                               |                                           |
| 电 动 势                   | $E, e, U,$ | $E(\text{或 } U) = P/I$  | [L <sup>2</sup> MT <sup>-3</sup> I <sup>-1</sup> ]                | 伏[特]  | V                    |                                  |                                                               | 电位和电<br>位差用符号<br>$\varphi$ , 单位亦为<br>伏(V) |
| 电 压                     | $u, V, v$  |                         |                                                                   |       |                      |                                  |                                                               |                                           |
| 电场强度                    | $E$        | $E = U/l$               | [LMT <sup>-3</sup> I <sup>-1</sup> ]                              | 伏/米   | V/m                  |                                  |                                                               |                                           |
| 电 阻                     | $R, r$     | $R = U/I$               | [L <sup>2</sup> MT <sup>-3</sup> I <sup>-2</sup> ]                | 欧[姆]  | $\Omega, \text{ohm}$ |                                  |                                                               |                                           |
| 电 阻 率                   | $\rho$     | $\rho = RS/l$           | [L <sup>3</sup> MT <sup>-3</sup> I <sup>-2</sup> ]                | 欧·米   | $\Omega \cdot m$     | 欧·毫米 <sup>2</sup><br>/ 米<br>欧·厘米 | $\Omega \cdot \text{mm}^2$<br>/ m<br>$\Omega \cdot \text{cm}$ |                                           |
| 电 导                     | $G$        | $G = 1/R$               | [L <sup>-2</sup> MT <sup>-1</sup> T <sup>3</sup> I <sup>2</sup> ] | 西[门子] | S                    | 姆                                | $\Omega, \text{mho}$                                          |                                           |
| 电 导 率                   | $\gamma$   | $\gamma = Gl/S$         | [L <sup>-3</sup> M <sup>-1</sup> T <sup>3</sup> I <sup>2</sup> ]  | 西/米   | S/m                  | 姆/厘米                             | $\Omega/\text{cm}$                                            |                                           |

续表 1

| 量的名称           | 符 号             | 定义公式                                                                                    | SI, MKSA 制             |                                  |                            | 习用单位                          |                                            | 备 注                                                                             |
|----------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|                |                 |                                                                                         | 量纲                     | 单位                               | 符号                         | 名称                            | 符号                                         |                                                                                 |
| 电 容            | $C$             | $C = Q / U$                                                                             | $[L^{-2}M^{-1}T^4I^2]$ | 法[拉]                             | F                          |                               |                                            |                                                                                 |
| 介电常数<br>(电容率)  | $\varepsilon$   | $\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0$                                             | $[L^{-3}M^{-1}T^4I^2]$ | 法 / 米                            | F / m                      |                               |                                            |                                                                                 |
| 真空介电常数 (真空电容率) | $\varepsilon_0$ | $\varepsilon_0 = 1 / (c_0^2 \mu_0)$<br>$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$<br>F / m | $[L^{-3}M^{-1}T^4I^2]$ | 法 / 米                            | F / m                      |                               |                                            | $\varepsilon_r$ —相对介电常数<br>$c_0$ —真空中电磁波传播速度<br>$= 2.9779 \times 10^8$ m / s    |
| 磁通量            | $\Phi_m$        | $e = -d \Phi_m / dt$                                                                    | $[L^2MT^{-2}I^{-1}]$   | 韦[伯]                             | Wb                         | 麦[克斯韦]                        | Mx                                         | 1Wb = $10^8$ Mx                                                                 |
| 磁感应强度(磁通密度)    | $B$             | $B = \Phi_m / S$                                                                        | $[MT^{-2}I^{-1}]$      | 韦[伯] / 米 <sup>2</sup><br>= 特[斯拉] | Wb / m <sup>2</sup><br>= T | 麦 / 厘米 <sup>2</sup><br>= 高[斯] | Mx / cm <sup>2</sup><br>= G                | 1T = $10^4$ G<br>1G = $10^{-4}$ Wb / m <sup>2</sup><br>1G = 1Mx/cm <sup>2</sup> |
| 自 感<br>(电 感)   | $L$             | $L = N \Phi_m / I$<br>$e = -L di / dt$                                                  | $[L^2MT^{-2}I^{-2}]$   | 亨[利]                             | H                          |                               |                                            | 1H = 1Wb/A                                                                      |
| 互 感            | $M$             | $(e_2 = -M di / dt)$                                                                    | $[L^2MT^{-2}I^{-2}]$   | 亨[利]                             | H                          |                               |                                            |                                                                                 |
| 磁场强度           | $H$             | $H = F_m / l = 2I / l$                                                                  | $[L^{-1}I]$            | 安 / 米                            | A / m                      | 安 / 厘米<br>(奥斯特)               | A / cm<br>(Oe)                             | 10e = $(10 / 4 \pi)$ A / cm                                                     |
| 磁动势,<br>磁通势    | $F_m (F)$       | $F_m = NI$                                                                              | [I]                    | 安或<br>安匝                         | A 或 At                     | 安或安匝<br>(吉伯)                  | A, At<br>(Gb)                              | 1Gb = $(10 / 4 \pi)$ A                                                          |
| 磁 阻            | $R_m$           | $R_m = F_m / \Phi_m$                                                                    | $[L^{-2}M^{-1}T^2I^2]$ | 1 / 亨                            | 1 / H                      |                               |                                            |                                                                                 |
| 磁 导 率          | $\mu$           | $\mu = \mu_r \mu_0$                                                                     | $[LMT^{-2}I^{-2}]$     | 亨 / 米                            |                            | H / m                         | $\mu_r$ —相对磁导率<br>$\mu \approx \mu_0$      |                                                                                 |
| 真 空<br>磁 导 率   | $\mu_0$         | $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$<br>$= 1.257 \times 10^{-6}$<br>H / m                      | $[LMT^{-2}I^{-2}]$     | 亨 / 米                            |                            | H / m                         | $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$<br>$= 1.257$ |                                                                                 |

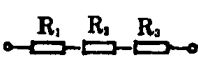
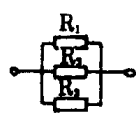
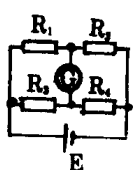
注: 1. 在电磁学方面, SI 与 MKSA 制是一致的。

2. 习用单位是工程上沿用着旧的CGSM制中的几个磁的单位。这些单位与MKSA制(有理化)混合使用时, 应按备注栏中的换算关系先行折算。

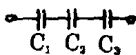
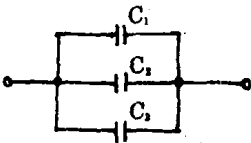
## 9.1.2 常用计算公式

表 9—2

常用 计 算 公 式

| 名 称(单位)                                          | 公 式                                                                                                                                                                                                                                               | 说 明                                                                                                   |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 导体电阻<br>( $\Omega$ )                             | $R = \rho \frac{l}{S}$                                                                                                                                                                                                                            | $l$ —导体长度(m)<br>$S$ —导体截面( $\text{mm}^2$ )<br>$\rho$ —导体电阻系数( $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ ) |
| 电导率<br>( $\text{m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$ ) | $\gamma = \frac{1}{\rho}$                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                       |
| 电导<br>(s)或( $1 / \Omega$ )                       | $G = \frac{1}{R}$                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                       |
| 电阻压降<br>(V)                                      | $U = IR$                                                                                                                                                                                                                                          | $I$ —流过电阻中的电流, 直流或交流有效值(A)<br>$R$ —电阻( $\Omega$ )<br>$U$ —电阻两端电压, 直流或交流有效值(V)                         |
| 电阻功率<br>(W)                                      | $P = I^2 R = UI = \frac{U^2}{R}$                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                       |
| 电阻串联<br>的总阻值<br>( $\Omega$ )                     | <br>$R = R_1 + R_2 + R_3$                                                                                                                                      | $R_1, R_2, R_3$ ——电阻( $\Omega$ )                                                                      |
| 电阻并联<br>的总阻值<br>( $\Omega$ )                     | <br>$R = 1 / \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$                                                                                     |                                                                                                       |
| 直流平衡<br>电桥方程                                     |  <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 20px;">           当 <math>i_g = 0</math> 时<br/> <math>R_1 R_4 = R_2 R_3</math> </div> | $G$ ——检流计<br>$i_g$ ——检流计电流<br>$E$ ——直流电源电势                                                            |

续表 1

| 名 称(单位)                            | 公 式                                                                                                                                                      | 说 明                                                                      |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 电容串联<br>的总值<br>(F)                 |  $C = 1 / \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$ | $C_1, C_2, C_3$ ——电容(F)                                                  |
| 电容并联<br>的总值<br>(F)                 |  $C = C_1 + C_2 + C_3$                                                  | $C_1, C_2, C_3$ ——电容(F)                                                  |
| 感 抗<br>( $\Omega$ )                | $X_L = \omega L$ $\omega = 2\pi f$                                                                                                                       | $L$ ——电感(H)<br>$f$ ——频率(Hz)                                              |
| 容 抗<br>( $\Omega$ )                | $X_C = \frac{1}{\omega C}$                                                                                                                               | $\omega$ ——角频率(rad/s)<br>$C$ ——电容(F)                                     |
| 电阻、电感串联<br>的总阻抗( $\Omega$ )        | $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$                                                                                                                                 | $R$ ——电阻( $\Omega$ )                                                     |
| 电阻、电容串联<br>的总阻抗( $\Omega$ )        | $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$                                                                                                                                 | $X_L$ ——感抗( $\Omega$ )<br>$X_C$ ——容抗( $\Omega$ )<br>$X$ ——电抗( $\Omega$ ) |
| 电阻、电感、电容<br>串联的总阻抗<br>( $\Omega$ ) | $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $= \sqrt{R^2 + X^2}$ $X = X_L - X_C$                                                                                    |                                                                          |
| 电流在导体中<br>产生的热量<br>(J)             | $Q = I^2 R t$                                                                                                                                            | $I$ ——电流(A)<br>$R$ ——电阻( $\Omega$ )<br>$t$ ——通电时间(s)                     |

续表 2

| 名 称(单位)              | 公 式                                                                                                                                                                                  | 说 明                                                                                                                                                                   |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 对称三相<br>交流负载         | Y 接:<br>$I_l = I_\phi$ $U_l = \sqrt{3} U_\phi$<br>△接<br>$U_l = U_\phi$ $I_l = \sqrt{3} I_\phi$                                                                                       | $I_l$ 、 $U_l$ —线电流(A)、线电压(V)<br>$I_\phi$ 、 $U_\phi$ —相电流(A)、相电压(V)<br>$\phi$ —电流和电压相位差(度或弧度)<br>$\cos\phi$ —功率因数<br>$P$ —有功功率(W)<br>$Q$ —无功功率(乏)或(VA)<br>$S$ —视在功率(A) |
|                      | $P = 3U_\phi I_\phi \cos\phi$ $= \sqrt{3} U_l I_l \cos\phi$ $Q = 3U_\phi I_\phi \sin\phi$ $= \sqrt{3} U_l I_l \sin\phi$ $S = 3U_\phi I_\phi = \sqrt{3} U_l I_l$ $= \sqrt{P^2 + Q^2}$ |                                                                                                                                                                       |
| 电容电压<br>(V)          | $U = \frac{Q}{C}$                                                                                                                                                                    | $Q$ —电容电荷(C)<br>$C$ —电容(F)                                                                                                                                            |
| 电感储能<br>(J)          | $W_L = \frac{1}{2} L I^2$                                                                                                                                                            | $L$ —电感(H)<br>$I$ —电感电流(A)                                                                                                                                            |
| 电容储能<br>(J)          | $W^C = \frac{1}{2} C U^2$                                                                                                                                                            | $C$ —电容(F)<br>$U$ —电容电压(V)                                                                                                                                            |
| 平行导体<br>每米长受力<br>(N) | $F = 0.204 \frac{I_1 I_2}{a} \times 10^{-7}$                                                                                                                                         | $I_1$ 、 $I_2$ —两导体分别流过的电流(A)<br>$a$ —两导体中心距(m)                                                                                                                        |
| 电磁铁吸力<br>(N)         | $F_m = 4 B_m S \times 10$                                                                                                                                                            | $S$ —磁铁横铁面积( $\text{cm}^2$ )<br>$B_m$ —磁通密度(T)                                                                                                                        |



续表 3

| 名 称(单位)          | 公 式                                                                                                                                                       | 说 明                                                                              |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 电动机额定转矩(Nm)      | $M = \frac{975P}{n} \times 10$                                                                                                                            | $P$ —电动机额定功率(kW)<br>$n$ —电动机额定转速(r/min)                                          |
| 空心单层线圈<br>电感(mH) | 当 $l/D > 20$ 时<br>$L = (\pi ND)^2 \times 10^{-13} / l$                                                                                                    | $l$ —线圈轴向长度(cm)<br>$D$ —线圈平均直径(cm)<br>$N$ —匝数<br>$c = \frac{1}{2}$ (线圈外径减内径)(cm) |
| 空心多层线圈<br>电感(mH) | $L = 10.5 N^2 DK \lambda \times 10^{-3}$<br>式中 $K = \frac{D}{2(l+c)}$<br>$\lambda = \frac{3}{4}$ (当 $0.3 < K < 1$ 时)<br>$\lambda = 0.5$ (当 $1 < K < 3$ 时) |                                                                                  |

## 9.1.3 常用电工设备基本文字符号(GB7159—87)

表 9—3

常用电工设备基本文字符号

| 中 文 名 称 | 基本文字符号 |     | 中 文 名 称 | 基本文字符号 |     |
|---------|--------|-----|---------|--------|-----|
|         | 单字母    | 双字母 |         | 单字母    | 双字母 |
| 旋转变压器   | B      |     | 旋转发电机   | G      |     |
| 电容器     | C      |     | 同步发电机   |        | GS  |
| 发热器件    | E      | EH  | 异步发电机   |        | GA  |
| 照明灯     |        | EL  | 蓄电池     |        | GB  |
| 空气调节器   |        | EV  |         |        |     |

续表 1

| 中 文 名 称          | 基本文字符号 |     | 中 文 名 称    | 基本文字符号 |     |
|------------------|--------|-----|------------|--------|-----|
|                  | 单字母    | 双字母 |            | 单字母    | 双字母 |
| 过电压放电器件、避雷器      | F      |     | 接触器        | K      | KM  |
| 具有瞬时动作的限流保护器件    |        | FA  | 延时有或无继电器   |        | KT  |
| 具有延时动作的限流保护器件    |        | FR  | 逆流继电器      |        | KR  |
| 具有延时和瞬时动作的限流保护器件 |        | FS  | 声响指示器      | H      | HA  |
| 熔断器              |        | FU  | 光指示器       |        | HL  |
| 限压保护器件           |        | FV  | 指示灯        |        | HL  |
| 瞬时接触继电器          | K      | KA  | 电流互感器      | T      | TA  |
| 瞬时有无继电器          |        | KA  | 控制电路电源用变压器 |        | TC  |
| 交流继电器            |        | KA  | 电力变压器      |        | TM  |
| 闭锁接触继电器          |        |     | 电压互感器      |        | TV  |
| (机械闭锁或永磁铁式有无继电器) |        | KL  |            |        |     |

续表 2

| 中 文 名 称       | 基本文字符号 |     | 中 文 名 称 | 基本文字符号 |     |
|---------------|--------|-----|---------|--------|-----|
|               | 单字母    | 双字母 |         | 单字母    | 双字母 |
| 感应线圈          | L      |     | 导线      | W      |     |
| 电抗器(并联和串联)    |        |     | 电缆      |        |     |
|               |        |     | 母线      |        |     |
| 电动机           | M      |     | 连接插头和插座 | X      |     |
| 同步电动机         |        | MS  | 接线柱     |        |     |
| 可作发电机和电动机用的电机 |        | MG  | 电缆封端和接头 |        |     |
| 力矩电动机         |        | MT  | 焊接端子板   |        |     |
|               |        |     | 测试插孔    |        | XJ  |
| 电流表           | P      | PA  | 插头      |        | XP  |
| 电度表           |        | PJ  | 插座      |        | XS  |
| 记录仪器          |        | PS  | 端子板     |        | XT  |
| 电压表           |        | PV  |         |        |     |
|               |        |     |         |        |     |

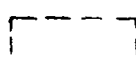
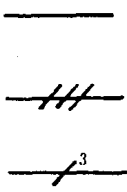
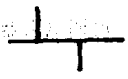
续表 3

| 中 文 名 称 | 基本文字符号 |     | 中 文 名 称 | 基本文字符号 |     |
|---------|--------|-----|---------|--------|-----|
|         | 单字母    | 双字母 |         | 单字母    | 双字母 |
|         | Q      |     | 气 阀     | Y      |     |
| 断路器     |        | QF  |         |        |     |
| 电动机保护开关 |        | QM  | 电磁铁     |        | YA  |
| 隔离开关    |        | QS  | 电磁制动器   |        | YB  |
| 电阻器     | R      |     |         |        |     |
| 变阻器     |        |     | 电磁离合器   |        | YC  |
| 电位器     |        | RP  | 电磁吸盘    |        | YH  |
| 控制开关    | S      | SA  | 电动阀     |        | YM  |
| 选择开关    |        | SA  |         |        |     |
| 按钮开关    |        | SB  | 电磁阀     |        | YV  |

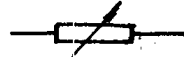
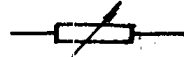
### 9.1.4 常用电气设备的图形符号 GB4728.1~13-84~85

表 9-4

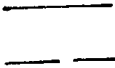
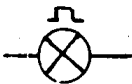
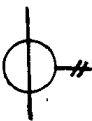
电气图用图形符号

| 图 形 符 号                                                                                                                                                                                    | 说 明                                    | 图 形 符 号                                                                                                                                                                                      | 说 明                                |                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 轮 廓 和 外 壳                                                                                                                                                                                  |                                        |                                                                                                             | 接地一般符号<br>注: 如表示接地的状况或作用不够明显,可补充说明 |                                                                                                                           |
|                                                                                                           | 屏蔽(护罩)<br>注: 屏蔽可画成任何方便<br>的形状          |                                                                                                                                                                                              |                                    |                                                                                                                           |
| 电 流 和 电 压 的 种 类                                                                                                                                                                            |                                        | 导 线、端 子 和 导 线 的 连 接、连 接 器 件                                                                                                                                                                  |                                    |                                                                                                                           |
|                                                                                                           | 直流<br>注: 电压可标注在符号右边<br>,系统类型可标注在左<br>边 |                                                                                                            |                                    | 导线、导线组、线路、电<br>线、母线(总线)、电缆、<br>电路、传输通道(如微波技<br>术)一般符号<br>注: 当用单线表示一组导线<br>时,若需示出导线数可加小<br>短斜线或画一条短斜线加数<br>字表示<br>示例: 三根导线 |
|                                                                                                         | 交流<br>低频(工频或亚音频)                       |                                                                                                                                                                                              |                                    |                                                                                                                           |
|                                                                                                         | 交直流                                    | 形式 1<br><br>形式 2<br> | 导线的连接                              |                                                                                                                           |
| 接 地 和 接 机 壳                                                                                                                                                                                |                                        | 导 线 的 多 线 连 接                                                                                                                                                                                |                                    |                                                                                                                           |
| 形式 1<br><br>形式 2<br> | 接机壳或接底板                                | 形式 1<br><br>形式 2<br> |                                    |                                                                                                                           |

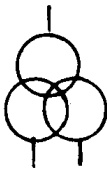
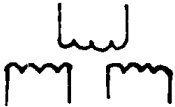
续表 1

| 图 形 符 号                                                                                                                                                                                      | 说 明            | 图 形 符 号                                                                                                                                                                                                                                                           | 说 明                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 优选型 <br>其他型                | 插头(凸头的)或插头的一个极 | 电 容 器                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                |
| 优选型 <br>其他型                | 插头和插座(凸头和内孔的)  | 优选形 <br>其他形                                                                                    | 电容器一般符号<br>注: 如果必须分辨同一电容器的电极时, 弧形的极板表示:<br>①在固定的纸介质和陶瓷介质电容器中表示外电极<br>②在可调 and 可变的电容器中表示动片电极<br>③在穿心电容器中表示低电位电极 |
| 电 阻 器                                                                                                                                                                                        |                | 优选形 <br>其他形                                                                                | 极性电容器                                                                                                          |
| 优 选 形<br><br>其 他 形<br> | 电阻器一般符号        | 优选形 <br>其他形                                                                                | 可变电容器及可调电容器                                                                                                    |
|                                                                                                           | 可变电阻器<br>可调电阻器 | 电 感 器                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                |
|                                                                                                           | 滑线式变阻器         | <br><br> | 电感器<br>线 圈<br>绕 组<br>扼流圈<br>注: 符号中半圆数目不作规定, 但不得少于三个<br>示例: 带磁芯的电感器<br><br>磁芯有间隙的电感器                            |

续表 2

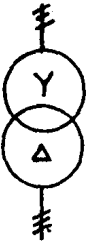
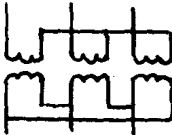
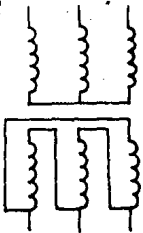
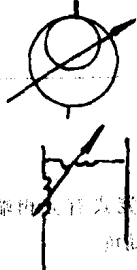
| 图 形 符 号                                                                             | 说 明              | 图 形 符 号                                                                                   | 说 明            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 灯                                                                                   |                  | 变压器和电抗器                                                                                   |                |
|    | 灯一般符号<br>信号灯一般符号 |          | 铁芯<br>带间隙的铁芯   |
|   | 闪光型信号灯           | 形式 1    | 电抗器、扼流圈        |
| 熔断器和熔断器式开关                                                                          |                  | 形式 2   |                |
|  | 熔断器一般符号          | 形式 1  | 电流互感器<br>脉冲变压器 |
|  | 熔断器式开关           | 形式 2   |                |

续表 3

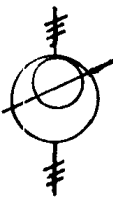
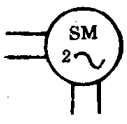
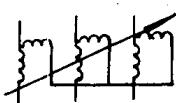
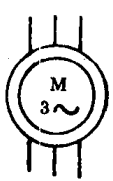
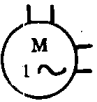
| 图 形 符 号                                                                                                                                                                                         | 说 明                                                                                                                                      | 图 形 符 号                                                                                                                                                                                         | 说 明              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <p>形式 1</p>  <p>形式 2</p>      | 三绕组变压器                                                                                                                                   | <p>形式 1</p>  <p>形式 2</p>      | 绕组间有屏蔽的双绕组单相变压器  |
| <p>形式 1</p>  <p>形式 2</p>  | 自耦变压器                                                                                                                                    | <p>形式 1</p>  <p>形式 2</p>   | 在一个绕组上有中心点抽头的变压器 |
| <p>形式 1</p>  <p>形式 2</p>  | <p>在一个铁芯上具有两个次级绕组的电流互感器</p> <p>注: 形式 2 的铁芯符号必须示出</p>  | <p>形式 1</p>  <p>形式 2</p>  | 耦合可变的变压器         |



续表 4

| 图 形 符 号                                                                                         | 说 明                                             | 图 形 符 号                                                                                                                                                                                           | 说 明                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                | <p>三相变压器</p> <p>星形—三角形连接</p>                    | <p>形式 1</p>  <p>形式 2</p>      | <p>单相变压器组成的三相<br/>变压器</p> <p>星形—三角形连接</p> |
| <p>形式 2</p>   |                                                 | <p>形式 1</p>  <p>形式 2</p>  | <p>可调压的单相自耦变<br/>压器</p>                   |
| <p>形式 1</p>  | <p>具有四个抽头（不包括主<br/>抽头）的三相变压器</p> <p>星形—星形连接</p> | <p>形式 1</p>  <p>形式 2</p>  | <p>单相感应调压器</p>                            |

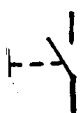
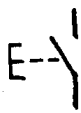
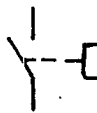
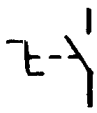
续表 5

| 图 形 符 号                                                                                   | 说 明              | 图 形 符 号                                                                                     | 说 明                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 形式 1<br> | 三相感应调压器          |            | 两相伺服电动机                                  |
| 形式 2<br> |                  |            | 电磁式直流伺服电动机                               |
| 电 机                                                                                       |                  | 原电池或蓄电池                                                                                     |                                          |
|        | 三相鼠笼式异步电动机       |          | 原电池或蓄电池<br>注: 长线代表阳极, 短线代表阴极, 为了强调短线可画粗些 |
|        | 三相线绕转子异步电动机      | 触 点                                                                                         |                                          |
|        | 单相鼠笼式有分相端子的异步电动机 | 形式 1<br> | 动合(常开)触点<br>注: 本符号也可以用作开关一般符号            |
|                                                                                           |                  | 形式 2<br> |                                          |

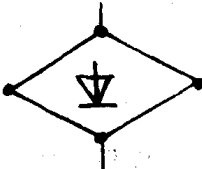
续表 6

| 图 形 符 号 | 说 明                | 图 形 符 号 | 说 明                  |
|---------|--------------------|---------|----------------------|
|         | 动断(常闭)触点           | 形式 1    | 当操作器件被释放时延时断开的动合触点   |
|         | 先断后合的转换触点          | 形式 2    |                      |
|         | 中间断开的双向触点          | 形式 1    | 当操作器件被释放时延时闭合的动断触点   |
| 形式 1    | 先合后断的转换触点(桥接)      | 形式 2    |                      |
| 形式 2    |                    | 形式 1    | 当操作器件被吸合时延时断开的动断触点   |
| 形式 1    | 当操作器件被吸合时延时闭合的动合触点 | 形式 2    |                      |
| 形式 2    |                    |         | 吸合时延时闭合和释放时延时断开的动合触点 |

续表 7

| 图 形 符 号                                                                             | 说 明                       | 图 形 符 号                                                                                  | 说 明              |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--|
| 单 极 开 关                                                                             |                           | 开关装置和控制装置                                                                                |                  |  |
|    | 手动开关的一般符号                 | 形式 1    | 开关(机械式)(与动合触点相同) |  |
|    | 按钮开关(不闭锁)                 | 形式 2    |                  |  |
|   | 拉拔开关(不闭锁)                 | 多极开关一般符号单线表示                                                                             |                  |  |
|  | 旋钮开关、旋转开关(闭锁)             | 形式 1  |                  |  |
| 位置和限制开关                                                                             |                           | 形式 2  | 多线表示             |  |
|  | 位置开关, 动合触点<br>限制开关, 动合触点  |       | 接触器(在非动作位置触点断开)  |  |
|  | 位置开关, 动断触点,<br>限制开关, 动断触点 |       | 接触器(在非动作位置触点闭合)  |  |

续表 8

| 图 形 符 号                                                                             | 说 明            | 图 形 符 号                                                                             | 说 明            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
|    | 具有自动释放的负荷开关    |    | 缓慢吸合（缓吸）继电器的线圈 |
| 操作器件                                                                                |                |    | 交流继电器的线圈       |
|    | 操作器件的一般符号      |                                                                                     |                |
|  | 缓慢释放(缓放)继电器的线圈 | 半导体管                                                                                |                |
|                                                                                     |                |  | 单相整流桥          |

## 9.2 常用电动机

### 9.2.1 常用三相异步电动机分类、型号、结构特征与应用

三相异步电动机是基于气隙旋转磁场与转子绕组中的感应电流相互作用而产生电磁转矩,从而实现将电能转换为机械能的一种交流电动机。由于它具有结构简单、使用维护方便、运行可靠以及成本低等优点,因而被广泛应用于拖动机床、水泵、脱粒机及各种农副产品加工等工农业生产机械,并且还可作为农村小型水电站的发电机。

#### ①三相异步电动机的分类

为了适应各种机械配套的要求,三相异步电动机的系列、品种和规格繁多,一般可按转子结构、防护型式、尺寸大小、安装方式、工作定额等几个方面分类,如表 9—5 所示。

#### ②常用三相异步电动机的型号、结构特征和用途

部分中小型三相异步电动机的型号、结构和用途如表 9—6 所示。

表 9-5

三相异步电动机的分类

| 分类方法 | 转子结构 | 防护型式 | 冷却方式 | 安装形式 | 尺寸大小<br>中心高 H(mm)<br>定于铁芯外径 D(mm)  | 绝缘等级 | 工作定额 |
|------|------|------|------|------|------------------------------------|------|------|
| 主要类别 | 鼠笼式  | 封闭式  | 自冷式  | B3   | 大型 H > 630<br>D > 1000             | E 级  | 长期连续 |
|      |      | 防护式  | 自扇冷式 | B5   | 中型 H = 350 ~ 630<br>D = 500 ~ 1000 | B 级  | 短时   |
|      | 绕线式  | 密封式  |      | B35  | 小型 H = 80 ~ 315<br>D = 120 ~ 500   | F 级  | 断续   |

注: B3——卧式,机座带底脚,端盖上无凸缘

B5——卧式,机座不带底脚,端盖上有凸缘

B35——卧式,机座带底脚,端盖上有凸缘。

表 9-6

常用中小型异步电动机的型号、结构和用途

| 名称         | 型 号 |                       | 型号汉字含义 | 结构特征                | 用 途                                                             |
|------------|-----|-----------------------|--------|---------------------|-----------------------------------------------------------------|
|            | 新   | 旧                     |        |                     |                                                                 |
| 异步电动机      | Y   | J2<br>JO2<br>JO3      | 异      | 封闭式,铸铁外壳上有散热筋,铸铝转子。 | 广泛应用于一般农业和工矿企业驱动普通机械设备。如机床、水泵、鼓风机、碾米、磨粉机、脱粒机等。也适应于对起动转矩有较高要求的机械 |
| 绕线式转子异步电动机 | YR  | JR<br>JR <sub>3</sub> | 异绕     | 防护式,铸铁外壳,绕线型转子      | 用于电源容量小不足以起动鼠笼异步电动机以及要求起动转矩高的场合                                 |

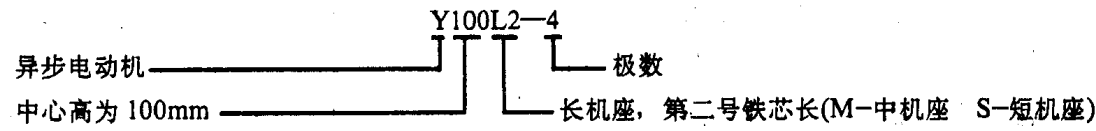
续表 1

| 名 称                 | 型 号         |                        | 型号汉<br>字含义 | 结构特征                                      | 用 途                                  |
|---------------------|-------------|------------------------|------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|
|                     | 新           | 旧                      |            |                                           |                                      |
| 多速电动机               | YD          | JD<br>JDO <sub>3</sub> | 异多         | 同 Y 型                                     | 同 Y 型, 用于要求 2 至 4 种速度的场合             |
| 锥形转子制<br>动异步电动<br>机 | YEZ         | ZD<br>ZDY<br>JZZ       | 异(制)锥      | 定转子均为锥形结构,<br>防护或封闭式, 铸铁外壳<br>上有散热筋, 自扇吹冷 | 用于要求快速制动的机械, 如电葫芦、卷扬<br>机、行车、电动阀门等机械 |
| 齿轮减速异<br>步电动机       | YCI         | JTC                    | 异齿减        | 由封闭式异步电动机和<br>减速机两部分组成                    | 用于要求低速、大转矩的机械。如运输、矿<br>山、化工搅拌等机械     |
| 潜水运行异<br>步电动机       | YQS<br>YQSY | JQB                    | 异潜行        | 水泵、电机及整体密封<br>盒等三大部分组成潜水电<br>泵            | 用于农业排灌及消防等场合                         |

### 9.2.2 Y 系列三相异步电动机

Y 系列三相异步电动机为我国用以取代 J2、JO2、JO3 等系列的新的基本系列电动机, 其特点是高效、节能、起动转矩大、噪音低、振动小、可靠性高, 且功率等级和安装尺寸符合国际电工委员会 (IEC) 标准。

Y 系列电动机的型号组成举例如下。



Y 系列三相异步电动机功率为 4kW 及以上为三角形 (△) 接法, 3kW 及以下为星形 (Y) 接法。

Y 系列三相异步电动机 (IP<sub>44</sub>) 主要技术数据见表 9—7, 各机座外形及安装尺寸见表 9—8、表 9—9 和表 9—10。

表 9—7

Y 系列三相异步电动机技术数据

| 型 号                      | 额定功率<br>(kW) | 满 载 时         |                   |           |              | 堵转电流<br>额定电流<br>(A) | 堵转转矩<br>额定转矩<br>(Nm) | 最大转矩<br>额定转矩<br>(Nm) | 转动惯量<br>(kg·m <sup>2</sup> ) | 质量<br>(kg) |
|--------------------------|--------------|---------------|-------------------|-----------|--------------|---------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|------------|
|                          |              | 转速<br>(r/min) | 电流<br>(380V)<br>A | 效率<br>(%) | 功率因数<br>cosφ |                     |                      |                      |                              |            |
| 同步转速 3000r / min(2级)50Hz |              |               |                   |           |              |                     |                      |                      |                              |            |
| Y801-2                   | 0.75         | 2830          | 1.81              | 75        | 0.84         | 7.0                 | 2.2                  | 2.2                  | 0.00075                      | 16         |
| Y802-2                   | 1.1          |               | 2.52              | 77        | 0.86         |                     |                      |                      | 0.00090                      | 17         |
| Y90S-2                   | 1.5          | 2840          | 3.44              | 78        | 0.85         |                     |                      |                      | 0.0012                       | 22         |
| Y90L-2                   | 2.2          |               | 4.74              | 82        | 0.86         |                     |                      |                      | 0.0014                       | 25         |
| Y100L-2                  | 3.0          | 2870          | 6.39              |           | 0.87         |                     |                      |                      | 0.0029                       | 33         |
| Y112M-2                  | 4.0          | 2800          | 8.17              | 85.5      |              |                     |                      |                      | 0.0055                       | 45         |
| Y132S1-2                 | 5.5          | 2900          | 11.1              |           | 0.88         |                     | 0.0109               |                      | 64                           |            |
| Y132S2-2                 | 7.5          |               | 15.0              | 86.2      |              |                     | 0.0126               |                      | 70                           |            |
| Y160M1-2                 | 11           | 2930          | 21.8              | 87.2      |              |                     | 0.0377               |                      | 117                          |            |
| Y160M2-2                 | 15           |               | 29.4              | 88.2      |              |                     | 0.0449               |                      | 125                          |            |
| Y160L-2                  | 18.5         | 2930          | 35.5              | 89        | 0.89         | 7.0                 | 2.0                  | 2.2                  | 0.0550                       | 147        |
| Y180M-2                  | 22           | 2940          | 42.2              |           |              |                     |                      |                      | 0.075                        | 180        |
| Y200L1-2                 | 30           | 2950          | 56.9              | 90        |              |                     |                      |                      | 0.124                        | 240        |
| Y200L2-2                 | 37           |               | 69.8              | 90.5      |              |                     |                      |                      | 0.139                        | 255        |
| Y225M-2                  | 45           | 2970          | 83.9              | 91.5      |              |                     |                      |                      | 0.233                        | 309        |
| Y250M-2                  | 55           |               | 103               |           |              |                     |                      |                      | 0.312                        | 403        |
| Y280S-2                  | 75           |               | 140               |           |              |                     |                      |                      | 0.597                        | 544        |
| Y280M-2                  | 90           |               | 167               | 92        |              |                     |                      |                      | 0.675                        | 620        |
| Y315S-2                  | 110          | 2980          | 204               | 93        | 0.90         | 1.8                 |                      |                      | 1.18                         | 980        |
| Y315M1-2                 | 132          |               | 245               | 94        |              |                     |                      |                      | 1.82                         | 1080       |
| Y315M2-2                 | 160          |               | 295               | 94.5      |              |                     |                      |                      | 2.08                         | 1160       |