

目 录

1 常用资料及数据	(1)	2.1.2 图框格式	(34)
1.1 常用计量单位及换算	(1)	2.2 比例	(35)
1.1.1 常用国际单位制的词头	(1)	2.3 图线	(36)
1.1.2 我国常用单位与国际单位的换算	(1)	2.4 剖面符号	(36)
1.2 外文字的读音	(3)	2.5 图样画法	(36)
1.3 常用数据资料	(4)	2.5.1 视图	(36)
1.3.1 材料的物理性能	(4)	2.5.2 剖视	(38)
1.3.2 材料的弹性模量、切变模量及泊桑比	(9)	2.5.3 剖面	(42)
1.3.3 硬度值对照表	(10)	2.5.4 局部放大图	(43)
1.3.4 机械传动的效率	(11)	2.5.5 简化画法	(44)
1.3.5 平面和立体图形计算公式	(12)	2.5.6 其它规定画法	(50)
1.4 工程力学基本运算公式	(16)	2.6 尺寸注法	(51)
1.4.1 运动学基本公式	(16)	2.6.1 尺寸数字	(51)
1.4.2 动力学基本公式	(17)	2.6.2 尺寸线	(52)
1.4.3 常用截面的几何及力学特性	(18)	2.6.3 尺寸界线	(54)
1.4.4 材料力学基本公式	(22)	2.6.4 标注尺寸的符号	(56)
1.5 机械加工一般标准和规范	(28)	2.6.5 简化注法	(57)
1.5.1 标准尺寸	(28)	2.6.6 其它标注	(60)
1.5.2 标准锥度	(29)	2.7 尺寸公差与配合注法	(62)
1.5.3 内圆锥	(30)	2.7.1 在零件图中的注法	(62)
1.5.4 不带扁尾的外圆锥	(31)	2.7.2 在装配图中的标注法	(65)
1.5.5 带扁尾的外圆锥	(32)	2.7.3 角度公差的标注法	(67)
1.5.6 工具圆锥的锥度、锥角、斜角	(32)	2.8 螺纹及螺纹紧固件画法	(67)
1.5.7 中心孔	(33)	2.8.1 螺纹的画法	(67)
2 机械制图	(34)	2.8.2 螺纹的标注法	(68)
2.1 图纸幅面尺寸	(34)	2.8.3 螺纹紧固件的画法	(69)
2.1.1 图纸幅面尺寸	(34)	2.9 齿轮画法	(71)
		2.9.1 齿轮、齿条、蜗杆、蜗轮及链轮的画法	(71)
		2.9.2 齿轮、蜗轮、蜗杆啮合画法	(72)

2.10 花键画法	(76)	4.3.4 有色金属型材	(211)
2.10.1 花键的画法及其尺寸标注	(76)	4.4 粉末冶金材料	(214)
2.10.2 花键连接的画法及代号标注	(77)	4.4.1 粉末冶金机械零件材料	(214)
2.11 中心孔表示法	(78)	4.4.2 粉末冶金工具材料	(216)
3 公差配合与形位公差	(79)	4.5 常用金属材料国内外牌号对照	(219)
3.1 公差与配合	(79)	4.6 非金属材料	(223)
3.1.1 公差与配合的基本术语、定义及 代号	(79)	4.6.1 工程塑料	(223)
3.1.2 标准公差	(81)	4.6.2 橡胶	(232)
3.1.3 基本偏差	(82)	4.6.3 涂料	(235)
3.1.4 孔轴公差带	(82)	4.7 金属材料热处理、表面处理及材料选用	(236)
3.1.5 优先常用配合	(119)	4.7.1 金属材料热处理	(236)
3.1.6 未注公差尺寸的极限偏差	(120)	4.7.2 热处理技术条件的标注	(240)
3.1.7 公差与配合的选择与应用	(124)	4.7.3 表面强化层深度	(243)
3.1.8 新旧国标对照	(133)	4.7.4 热处理零件的结构工艺性	(244)
3.2 形位公差	(134)	4.7.5 表面处理	(248)
3.2.1 术语与定义	(134)	4.7.6 机械零件材料的选用	(249)
3.2.2 形位公差符号	(137)	5 机械设计	(261)
3.2.3 形位公差带的定义和示例说明	(138)	5.1 带传动	(261)
3.2.4 形位公差值	(155)	5.1.1 三角带传动	(261)
3.2.5 主要加工方法能达到的形位公差 等级	(159)	5.1.2 带传动的张紧	(271)
3.3 表面粗糙度	(161)	5.2 链传动	(272)
3.3.1 表面粗糙度的术语及评定参数	(161)	5.2.1 套筒滚子链的结构、基本参数及 尺寸	(272)
3.3.2 表面粗糙度代号及其注法	(162)	5.2.2 滚子链传动的设计计算	(273)
4 工程材料及金属材料热处理	(168)	5.2.3 滚子链链轮	(279)
4.1 名词术语	(168)	5.3 渐开线圆柱齿轮传动	(282)
4.2 黑色金属材料	(169)	5.3.1 渐开线圆柱齿轮基准齿形及模数 系列	(283)
4.2.1 钢的分类及钢号表示方法	(169)	5.3.2 圆柱齿轮传动的几何尺寸计算	(283)
4.2.2 结构钢	(171)	5.3.3 圆柱齿轮传动的设计计算	(294)
4.2.3 工具钢	(181)	5.3.4 圆柱齿轮的结构	(302)
4.2.4 特殊性能钢	(186)	5.3.5 渐开线圆柱齿轮精度(GB10095-88)	(304)
4.2.5 钢型材及钢制品	(188)	5.4 圆锥齿轮传动	(314)
4.2.6 铸铁	(197)	5.4.1 圆锥齿轮传动的几何尺寸计算	(314)
4.3 有色金属材料	(204)	5.4.2 圆锥齿轮传动的设计计算	(318)
4.3.1 铝及铝合金	(204)	5.4.3 圆锥齿轮的结构	(322)
4.3.2 铜及铜合金	(207)		
4.3.3 轴承合金	(209)		

5.5 螺纹连接	(322)	6.2.3 自由锻造	(414)
5.5.1 普通螺纹连接的基本类型及应用	(322)	6.2.4 模锻	(415)
5.5.2 螺纹连接的常用防松方法	(323)	6.3 焊接	(416)
5.5.3 螺纹连接的计算	(324)	6.3.1 手工电弧焊	(416)
5.5.4 螺母、螺栓、螺钉和螺柱的机械性能等级	(329)	6.3.2 二氧化碳保护焊	(423)
5.6 键和键的连接	(330)	6.3.3 常用金属的焊接	(424)
5.6.1 键的类型、特点和应用	(330)	6.4 机械加工工艺	(430)
5.6.2 键连接的强度计算	(332)	6.4.1 工艺规程的编制	(430)
5.6.3 矩形花键基本尺寸系列及公差	(334)	6.4.2 典型零件的机械加工工艺过程	(431)
5.7 轴承	(338)	6.4.3 尺寸偏差和经济精度	(434)
5.7.1 滑动轴承	(338)	6.4.4 加工路线	(437)
5.7.2 滚动轴承	(340)	6.4.5 加工余量	(438)
5.8 联轴器与离合器	(349)	6.5 冲压	(451)
5.8.1 联轴器	(349)	6.5.1 常用冲压材料及其特性	(451)
5.8.2 离合器	(362)	6.5.2 压力机	(455)
5.9 轴	(367)	6.5.3 冲裁	(456)
5.9.1 轴的材料	(367)	6.5.4 弯曲	(470)
5.9.2 轴的初步计算	(369)	6.5.5 拉延	(474)
5.9.3 轴的结构设计	(369)	6.5.6 部分模具通用件	(481)
5.9.4 轴的强度校核	(374)	7 金属切削机床及设备	(493)
5.10 弹簧	(376)	7.1 金属切削机床	(493)
5.10.1 弹簧的分类	(376)	7.1.1 金属切削机床型号及其分类	(493)
5.10.2 弹簧的材料	(376)	7.1.2 机床的选用原则	(496)
5.10.3 弹簧的结构形式	(380)	7.1.3 机床的技术性能	(496)
5.10.4 压、拉弹簧的设计计算	(382)	7.1.4 组合机床	(510)
5.11 减速器	(386)	7.2 刀具	(513)
5.11.1 减速器的分类	(386)	7.2.1 刀具选择的依据	(513)
5.11.2 减速器的箱体尺寸	(387)	7.2.2 常用刀具材料	(513)
5.11.3 减速器附件	(393)	7.2.3 硬质合金焊接刀片	(513)
6 机械制造工艺	(398)	7.2.4 硬质合金可转位刀片	(521)
6.1 铸造	(398)	7.2.5 麻花钻	(523)
6.1.1 砂型铸造	(398)	7.2.6 中心钻、扩孔钻及铰钻	(525)
6.1.2 铸造工艺参数	(400)	7.2.7 铰刀	(527)
6.1.3 特种铸造	(408)	7.2.8 铣刀	(529)
6.2 锻造	(412)	7.2.9 丝锥与板牙	(532)
6.2.1 常用锻造方法	(412)	7.2.10 齿轮加工刀具	(533)
6.2.2 锻造加热炉	(412)	7.3 夹具	(535)
		7.3.1 定位元件的结构形式	(535)
		7.3.2 夹紧元件的结构形式	(536)

7.3.3 常用夹具零件的通用标准	(537)
8 液压传动系统及气动	(545)
8.1 基础标准及液压油	(545)
8.1.1 基础标准	(545)
8.1.2 液压油	(548)
8.2 液压系统基本回路	(550)
8.3 液压传动系统的组成及设计计算	(554)
8.3.1 液压传动系统的组成	(554)
8.3.2 液压传动系统的设计	(555)
8.4 油缸	(573)
8.4.1 油缸的基本参数	(573)
8.4.2 油缸的设计计算	(574)
8.5 气动	(577)
8.5.1 气动系统的组成	(577)
8.5.2 气动系统的基本回路	(577)
9 常用低压电气设备	(580)
9.1 常用资料及标准	(580)
9.1.1 常用电磁量单位、符号及换算	(580)
9.1.2 常用计算公式	(582)
9.1.3 常用电工设备基本文字符号	(585)
9.1.4 常用电气设备的图形符号	(589)
9.2 常用电动机	(597)
9.2.1 常用三相异步电动机分类、型号、结构特征与应用	(597)
9.2.2 Y 系列三相异步电动机	(599)
9.2.3 ZD、ZDY 系列三相异步电动机	(609)
9.2.4 YR 系列小型绕线式三相异步电动机	(609)
9.2.5 潜水电泵	(616)
9.2.6 电动工具用交、直流两用电动机	(619)
9.2.7 T2 系列小型三相同步发电机	(623)
9.2.8 TSWN、TSN 系列水轮发电机	(628)
9.2.9 电动机的选择	(628)
9.3 常用变压器	(629)
9.3.1 SL ₇ (S ₇)系列低损耗电力变压器	(629)

9.3.2 SLZ ₇ 系列有载调压电力变压器	(633)
9.3.3 SCL 型环氧绕注干式电力变压器	(634)
9.4 常用低压电器	(636)
9.4.1 刀开关和转换开关	(636)
9.4.2 熔断器	(639)
9.4.3 自动开关	(640)
9.4.4 接触器	(642)
9.4.5 起动器	(644)
9.4.6 按钮和行程开关	(647)
9.4.7 控制继电器	(648)
9.4.8 电阻器和变阻器	(651)
9.4.9 电力电容器	(655)
9.4.10 信号灯	(657)
9.4.11 常用蓄电池	(658)
9.5 常用生产机械设备控制电路	(660)
9.5.1 基本控制环节	(660)
9.5.2 常用机床控制电路	(666)
9.6 低压供电与线路	(669)
9.6.1 常用低压配电装置	(669)
9.6.2 电线、电缆	(673)
10 通用件	(678)
10.1 连接件	(678)
10.1.1 螺栓	(678)
10.1.2 螺钉	(687)
10.1.3 螺母	(695)
10.1.4 铆钉	(699)
10.1.5 垫圈	(701)
10.1.6 挡圈	(706)
10.1.7 销	(708)
10.1.8 键	(715)
10.2 其它通用件	(721)
10.2.1 滑动轴承座	(721)
10.2.2 滚动轴承	(725)
10.2.3 油杯	(750)
10.2.4 油封	(753)
11 农业机械技术资料与标准	(757)
11.1 常用农业机械技术数据	(757)

11.1.1 农用内燃机	(757)		(820)
11.1.2 拖拉机、农用运输车	(760)	11.3 农机一般技术标准	(833)
11.1.3 耕整机械、农田建设机械 ...	(775)	11.3.1 农机具产品编号规则	(833)
11.1.4 运输机械	(784)	11.3.2 农林拖拉机型号编制规则 ...	(833)
11.1.5 水泵	(786)	11.3.3 农用运输车型号编制规则 ...	(838)
11.1.6 植保机械	(812)	11.3.4 内燃机产品名称和型号编制规则	
11.1.7 收获机械	(815)		(838)
11.1.8 加工机械	(816)	11.3.5 水泵型号编制规则	(841)
11.2 农业机械工作零件技术性能及标准		主要参考书目	(842)

常用资料及数据

1.1 常用计量单位及换算

1.1.1 常用国际单位制的词头

表 1—1 常用国际单位制的词头

所表示的因数	词头名称	词头符号	所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{18}	艾[可萨]	E	10^{-1}	分	d
10^{15}	拍[它]	P	10^{-2}	厘	c
10^{12}	太[拉]	T	10^{-3}	毫	m
10^9	吉[咖]	G	10^{-6}	微	μ
10^6	兆	M	10^{-9}	纳[诺]	n
10^3	千	k	10^{-12}	皮[可]	p
10^2	百	h	10^{-15}	飞[母托]	f
10^1	十	da	10^{-18}	阿[托]	a

1.1.2 我国常用单位与国际单位的换算

表 1—2 常用法定计量单位及其换算

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
长 度	米	m	埃 英尺 英寸 英里	$\text{\AA}$ ft in mile	$1\text{\AA} = 0.1\text{nm} = 10^{-10}\text{m}$ $1\text{ft} = 0.3048\text{m}$ $1\text{in} = 0.0254\text{m}$ $1\text{mile} = 1609.344\text{m}$
面 积	平方米	m^2	公亩 公顷 平方英尺	a ha ft^2	$1\text{a} = 10^2\text{m}^2$ $1\text{ha} = 10^4\text{m}^2$ $1\text{ft}^2 = 0.0929030\text{m}^2$
体积、容积	立方米 升	m^3 L(l)	立方英尺 英加仑 美加仑	ft^3 UKgal USgal	$1\text{ft}^3 = 0.0283168\text{m}^3$ $1\text{UKgal} = 4.54609\text{dm}^3$ $1\text{USgal} = 3.78541\text{dm}^3$
质 量	千克(公斤) 吨	kg t	磅 英担 英吨 短吨 盎司	lb ewb ton sh ton oz	$1\text{lb} = 0.45359237\text{kg}$ $1\text{ewb} = 50.8023\text{kg}$ $1\text{ton} = 1016.05\text{kg}$ $1\text{sh ton} = 907.185\text{kg}$ $1\text{oz} = 28.3495\text{g}$

续表 1

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
压力, 压强; 应力	帕[斯卡]	Pa	巴 千克力每 平方厘米 托 工程大气压 标准大气压 磅力每平 方英寸	bar kgf/cm ² Torr at atm lbf/ft ²	1 bar = 10 ⁵ Pa 1 kgf/cm ² = 0.0980665 MPa 1 Torr = 133.322 Pa 1 at = 98066.5 Pa = 98.0665 kPa 1 atm = 101325 Pa = 101.325 kPa 1 lbf/in ² = 6894.76 Pa
力; 重力	牛[顿]	N	达因 千克力 磅力	dyn kgf lbf	1 dyn = 10 ⁻⁵ N 1 kgf = 9.80665 N 1 lbf = 4.44822 N
温 度	开[尔文] 摄氏度	K ℃	华氏度	°F	表示温度差和温度间隔时: 1℃ = 1K 表示温度的数值时: 摄氏度值 ℃ = (K - 273.15) 表示温度差和温度间隔时: 1° F = $\frac{5}{9}$ ℃ ℃ = $\frac{5}{9}$ (° F - 32) 表示温度的数值时: K = $\frac{5}{4}$ (° F + 459.67)
能量; 功; 热	焦[耳] 千瓦小时	J kW·h	尔格 千克力米 英马小时 卡 英热单位	erg kgf·m hp·h cal Btu	1 erg = 10 ⁻⁷ J 1 kgf·m = 9.80665 J 1 hp·h = 2.68452 MJ 1 cal = 4.1868 J 1 Btu = 1055.06 J 1 kW·h = 3.6 MJ
功 率	瓦[特]	W	千克力米每 秒马力, 米制马力	kgf·m/s 法 ch, CV; 德 PS	1 kgf·m/s = 9.80665 W 1 ch = 735.499 W
密 度	千克每立方米	kg/m ³	磅每立方英尺	lb/ft ³	1 lb/ft ³ = 16.0185 kg/m ³
比 容	立方米每千克	m ³ /kg	立方英尺每磅	ft ³ /lb	1 ft ³ /lb = 0.0624280 m ³ /kg
质量流率	千克每秒	kg/s	磅每秒 磅每小时	lb/s lb/h	1 lb/s = 0.453592 kg/s 1 lb/h = 1.25998 × 10 ⁻⁴ kg/s
体积流率	立方米每秒 升每秒	m ³ /s L/s	立方英尺每秒 立方英寸 每小时	ft ³ /s in ³ /h	1 ft ³ /s = 0.0283168 m ³ /s 1 in ³ /h = 4.55196 × 10 ⁻⁹ m ³ /s
力 矩	牛[顿]米	N·m	千克力米 磅力英尺	kgf·m lbf·ft	1 kgf·m = 9.80665 N·m 1 lbf·ft = 1.35582 N·m
动力粘度	帕斯卡秒	Pa·s	泊 厘泊	P, P ₀ cP	1 P = 10 ⁻¹ Pa·s 1 cP = 10 ⁻³ Pa·s

续表 2

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
运动粘度	二次方米每秒	m^2/s	斯托克斯 厘斯托克斯	St cSt	$1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ $1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
比热容、 比嫡	焦耳 每千克开尔文	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	千卡 每千克开尔文 英热单位 每磅华氏度	$\text{kcal}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ $\text{Btu}/(\text{lb} \cdot ^\circ\text{F})$	$1 \text{ kcal}/(\text{kg} \cdot \text{K}) = 4186.8 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ $1 \text{ Btu}/(\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}) = 4186.8 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
传热系数	瓦特每平方 米开尔文	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	卡每平方厘米 秒开尔文 千卡每平方米 小时开尔文	$\text{cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K})$ $\text{kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K})$	$1 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K}) = 41868 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $1 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}) = 1.163 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
热导率	瓦特 每米开尔文	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	卡每厘米 秒开尔文 千卡每米 小时开尔文	$\text{cal}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{K})$ $\text{kcal}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{K})$	$1 \text{ cal}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{K}) = 418.68 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ $1 \text{ kcal}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{K}) = 1.163 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

1.2 外文字母的读音

表 1—3

外文字母读音

俄 文						英 文						希 腊 文					
大写	小写	读音	大写	小写	读音	大写	小写	读音	大写	小写	读音	大写	小写	读音	大写	小写	读音
А	а	阿	Р	р	尔	А	а	爱	Ν	ν	爱恩	Α	α	阿尔发	Ν	ν	纽
Б	б	勃	С	с	斯	В	в	皮	Ο	ο	欧	Β	β	贝他	Ξ	ξ	克塞
В	в	窝	Т	т	特	С	с	西	Ρ	ρ	批	Γ	γ	嘎马	Ο	ο	俄密克戎
Г	г	格	У	у	乌	D	d	地	Q	q	克由	Δ	δ	得尔塔	Π	π	派
Д	д	德	Ф	ф	弗	E	e	衣	R	r	阿耳	Ε	ε	厄普西隆	Ρ	ρ	罗
Е	е	耶	Х	х	赫	F	f	爱夫	S	s	爱斯	Ζ	ζ	仄塔	Σ	σ	西格马
Ё	ё	尧	Ц	ц	次	G	g	基	T	t	梯	Η	η	以塔	Τ	τ	套乌
Ж	ж	日	Ч	ч	奇	H	h	爱去	U	u	山	Θ	θυ	忒塔	ρ	υ	宇普西隆
З	з	兹	Ш	ш	什	I	i	阿哀	V	v	未	Ι	ι	爱俄塔	Φ	φφ	斐
И	и	伊	Щ	щ	夏	J	j	件	W	w	达勃留	Κ	κ	卡帕	Χ	χ	克黑
Й	й	依	Ъ	ъ	(硬音符)	K	k	开	X	x	爱克司	Λ	λ	兰姆达	Ψ	ψ	普塞
К	к	克	Ы	ы	(软音符)	L	l	爱耳	Y	y	外	Μ	μ	缪	Ω	ω	奥米嘎
Л	л	爱勒	Ь	ь	(软音符)	M	m	爱母	Z	z	齐						
М	м	爱姆	Э	э	哎												
Н	н	恩	Ю	ю	尤												
О	о	奥	Я	я	亚												
П	п	波															

1.3 常用数据资料

1.3.1 材料的物理性能

表 1—4

物料的容重(堆比重)和休止角

物 料	容重(t/m^3)	休 止 角		物 料	容重(t/m^3)	休 止 角
		运 动	静 止			
无烟煤(干、小)	0.7~1.0	27°~30°	27°~45°	水稻籽粒	0.45~0.55	38°
烟煤	≈ 0.8	30°	35°~45°	脱后稻秸	≈ 0.015	
焦炭	0.36~0.53	35°	50°	小麦籽粒	≈ 0.77	28°~31°
木炭	0.2~0.4			颖壳	0.15~0.20	
无烟煤粉	0.84~0.89		37°~45°	散堆麦秸	0.03~0.06	
烟煤粉	0.4~0.7		37°~45°	切碎麦秸	0.06~0.08	
粉状石墨	0.45		40°~45°	压紧的麦秸捆	0.15~0.19	
干煤灰	0.64~0.72		35°~45°	麦麸	≈ 0.20	
煤灰	≈ 0.7		15°~20°	面粉	≈ 0.70	
粗砂(干)	1.4~1.9		50°	玉米籽粒	0.68~0.77	28°~30°
细砂(干)	1.4~1.65	30°		去皮果穗	0.45	
细砂(湿)	1.8~2.1		30°~35°	粗玉米粉	0.64	
造型砂	0.8~1.3	30°	45°	玉米及芯混合粉	0.58	
石灰石(大块)	1.6~2.0	30°~35°	40°~45°	切碎青饲玉米	0.2~0.25	50°~55°
石灰石(中块、小块)	1.2~1.5	30°~35°	40°~45°	大麦(籽粒)	0.60~0.70	28°~35°
生石灰	1.7~1.8	25°	45°~50°	荞麦(籽粒)	≈ 0.60	
熟石灰(粉)	0.5			燕麦(籽粒)	0.40~0.50	32°~36°
碎石	1.3~2.0	35°	45°	黑麦(籽粒)	≈ 0.72	
砾石	1.5~1.9	30°	30°~45°	高粱(籽粒)	0.70~0.76	29°~33°
白云石(块)	1.2~2.0	35°		谷子(籽粒)	0.60~0.70	27°~31°
碎白云石	1.8~1.9	35°		花生(籽粒)	0.50~0.63	29°~30°
粘土(小块)	0.7~1.5	40°	50°	大豆(籽粒)	0.70~0.77	29°
水泥	0.9~1.7	35°	40°~45°	豌豆(籽粒)	≈ 0.77	25°
耕松的土壤	≈ 1.00			蚕豆(籽粒)	0.67~0.8	32°
压实耕地的土壤	1.2~1.4			蓖麻籽	≈ 0.60	
耕层下的心土	1.4~1.6			油菜籽	≈ 0.67	
砂土	1.4~1.5			棉籽	0.40~0.60	55°

表 1—5

常 用 材 料 比 重

材 料	比重 (g/cm ³)	材 料	比重 (g/cm ³)	材 料	比重 (g/cm ³)	材 料	比重 (g/cm ³)
灰口铸铁	6.6~7.8	黄铜 80	8.65	铅板	11.37	水曲柳(柎木)	0.686
白口铸铁	7.4~7.7	62	8.5	工业镁	1.74	大叶榆(榆木)	0.548
可锻铸铁	7.2~7.6	锡青铜	8.65~9.3	工业镍	8.8	桦木	0.615
铸钢	7.8	铝铁青铜	7.5~8.9	汞	13.6	楠木	0.61
钢材	7.85	硬铝(杜拉铝)	2.85	锡基轴承合金	7.34~7.75	柞木(柞栎)	0.766
高速钢(钨 9%)	8.3	铝板	2.73	铅基轴承合金	9.33~10.67	软木	0.1~0.4
(钨 18%)	8.7	铸造铝合金	2.55~2.95	红松	0.44	胶合板	0.5
不锈钢(铬 13%)	7.75	锡(灰色)	5.7	马尾松	0.533	刨合板	0.4
钨钴类硬质合金	14.4~14.9	锡(白色)	7.3	兴安落叶松	0.625	竹材	0.9
钨钛钴类硬质合金	9.5~12.4	铸锌	6.86	铁杉	0.5	木炭	0.3~0.5
紫铜(含铜 99.5%)	8.9	锌板	7.2	杉木	0.376	石膏	2.3~2.4
黄铜 90	8.8	铸铅	11.3	柏木	0.588	生石灰	1.1
熟石灰	1.2	聚乙烯	0.92~0.95	磷酸	1.78	夏用机油	0.945
混凝土	2.2	赛璐璐	1.35~1.4	硝酸	1.54	通用机油	0.94
三合土	1.9~2.5	电木(胶木)	1.3~1.4	蓄电池电解液	1.27~1.285	压缩机油	0.93
普通粘土砖	1.79	有机玻璃	1.18	(充足电)		齿轮油	0.95
粘土耐火砖	2.2~2.4	泡沫塑料	0.2	乙醚	0.714	变压器油	0.89
橡胶制品	1~2	酚醛层压塑料	1.3~1.4	阿莫尼亚	0.89	涡轮机油	0.935
平胶板	1.6~1.8	(夹布胶木)		石蜡	0.9	电机油	0.9
纤维纸板	1.3	胶木石棉布带	2.0	地沥青	0.9~1.5	汽缸油	0.94
陶瓷	2.2	(制动带)		碳化钙(电石)	2.22	开关机油	0.95
常用玻璃	2.5~2.75	石棉板	1~1.3	酒精	0.8~0.81	大豆油	0.926
云母	2.8	石棉线	0.45~0.55	汽油	0.66~0.75	花生油	0.919
金刚砂	4.0	石棉	2.1~2.8	煤油	0.78~0.82	棉籽油	0.926
尼龙	1.05~1.14	石棉橡胶纸	2	石油(原油)	0.82	胡麻子油	0.94
聚甲醛	1.4	皮革	0.86~1.02	轻柴油	0.83	橄榄油	0.92
聚四氟乙烯	2.1~2.3	石墨	1.9~2.3	中柴油	0.86	水(4℃)	1
聚氯乙烯	1.35~1.4	盐酸	1.2	重柴油	0.92		
聚苯乙烯	1.05~1.08	硫酸(87%)	1.8	冬用机油	0.93		

表 1—6

金属材料熔点、热导率及比热容

名 称	熔点, °C	热 导 率		比 热 容	
		W/(m·K)	kcal/(m·h·°C)	J/(kg·K)	kcal/(g·°C)
灰 铸 铁	1200	46.4~92.8	40~80	544.3	0.130
铸 钢	1425			489.9	0.117
软 钢	1400~1500	46.4	40	502.4	0.120
黄 铜	950	92.8	80	393.6	0.094
青 铜	995	63.8	55	385.2	0.092
紫 铜	1083	392	338	376.9	0.090
铝	658	203	175	904.3	0.216
铅	327	34.8	30	129.8	0.031
锡	232	62.6	54	234.5	0.056
锌	419	110	95	393.6	0.094
镍	1452	59.2	51	452.2	0.108

注：表中热导率值系指 0~100°C 的范围内。

表 1—7

材料线膨胀系数 $\alpha \times 10^{-6} (1/°C)$

材 料	温 度 范 围, °C								
	20	20~100	20~200	20~300	20~400	20~600	20~700	20~900	20~1000
工程用铜		16.6~17.1	17.1~17.2	17.6	18~18.1	18.6			
黄铜		17.8	18.8	20.9					
青铜		17.6	17.9	18.2					
铸铝合金	18.44~24.5								
铝合金		22.0~24.0	23.4~24.8	24.0~25.9					
碳钢		10.6~12.2	11.3~13	12.1~13.5	12.9~13.9	13.5~14.3	14.7~15		
铬钢		11.2	11.8	12.4	13	13.6			
3Cr13		10.2	11.1	11.6	11.9	12.3	12.8		
1Cr18Ni9Ti		16.6	17	17.2	17.5	17.9	18.6	19.3	
铸铁		8.7~11.1	8.5~11.6	10.1~12.1	11.5~12.7	12.9~13.2			
玻璃		4~11.5							
赛璐珞		100							
有机玻璃		130							

表 1—8

常用材料的摩擦系数 ①

摩擦副材料	摩擦系数 μ		摩擦副材料	摩擦系数 μ	
	无润滑	有润滑		无润滑	有润滑
钢—钢	0.15②	0.1~0.12②	皮革—木料	0.4~0.5②	—
钢—软钢	0.2	0.1~0.2	铜—铜	0.2	—
钢—铸铁	0.2~0.3②	0.05~0.15	黄铜—黄铜	0.17	0.02
钢—黄铜	0.19	0.03	黄铜—硬橡胶	0.25	—
钢—青铜	0.15~0.18	0.1~0.15②	青铜—黄铜	0.16	—
钢—铝	0.17	0.02	青铜—夹布胶木	0.23	—
钢—轴承合金	0.2	0.04	青铜—树脂	0.21	—
钢—夹布胶木	0.22	—	青铜—硬橡皮	0.36	—
钢—钢纸	0.22	—	铝—黄铜	0.27	0.02
软钢—铸铁	0.2②, 0.18	0.05~0.15	铝—青铜	0.22	—
软钢—青铜	0.2②, 0.18	0.07~0.15	铝—夹布胶木	0.26	—
铸铁—铸铁	0.15	0.15~0.16②	钢—粉末冶金	0.35~0.55②	—
铸铁—青铜	0.28②	0.16②	木材—木材	0.4~0.6②	0.1②
铸铁—皮革	0.55②, 0.28	0.15②, 0.12	麻绳—木材	0.5~0.8②	—
铸铁—橡皮	0.8	0.5			

注: ①表中数据仅供近似计算参考。

②静摩擦系数。

表 1—9

农业物料摩擦系数的概值

摩擦物料	摩擦系数	摩擦物料	摩擦系数
粉状化肥对钢或木料	0.5~0.7	茎叶、叶对钢或木料	0.5~0.7
粒状化肥对钢或木料	0.3~0.5	颖壳、果荚、铃瓣、断穗、碎秸对钢料	0.3~0.7
一般作物(稻、麦、玉米、高粱、谷子、大豆、花生、亚麻、甜菜等)籽粒对钢或木料	0.3~0.6	颖壳、果荚、铃瓣、断穗、碎秸对木料	0.6~1
一般作物茎秆对钢料	0.3~0.6	鲜牧草、青饲料对钢或木料	0.5~0.8
一般作物茎对木料	0.6~0.9	干草对钢或木料	0.3~0.5
块根、块茎(马铃薯、甜菜)对钢或木料	0.4~0.8	土壤对钢料	0.4~1

注: 农业物料的摩擦系数因品种、湿度、松紧度、作业条件等因素变动范围很大, 表中数值系一般范围数值。

表 1—10

常用材料的滚动摩擦系数

摩擦副材料	滚动摩擦系数 k	摩擦副材料	滚动摩擦系数 k
淬火钢—淬火钢	0.001	木材—木材	0.05~0.08
铸铁—铸铁	0.05	铁或铁质车轮—木面	0.15~0.25
木材—钢	0.03~0.04	钢质车轮—钢轨	0.05

注：表中数据仅供近似计算参考。

表 1—11

轮子的滚动阻力系数 f 和粘着系数 φ ①

地 面	f		φ	
	钢或铸铁轮	气 胎 轮	钢或铸铁轮	气 胎 轮
新耕翻地	0.22	0.16	0.3	0.4
变实了的耕翻地	0.16	0.12	0.4	0.5
草地	0.14	0.08	0.8~1②	0.5~0.7②
割楂地	0.15	0.1	0.7	0.6
雨后发软的割楂地	0.15~0.2			
干砂土	0.3	0.2	0.2	0.3
湿砂土		0.16		
干砂壤土	0.1~0.12			
干粘土	0.06~0.08			
湿粘土	0.16			
泥泞粘土	0.2			
泥炭土	0.4	0.25	0.2	0.1
压实粘土路面	0.05	0.03	0.8	0.8
压实黑土路面	0.08	0.05	0.6	0.6
压实雪道	0.05	0.03	0.04	0.3
沥青路面	0.015	0.02		0.7
在钢轨上	0.006~0.008			

注：①滚动阻力 $P=fQ$ ，驱动力 $P'<\varphi Q$ (Q —轮子上载荷)。

②较大的值用于割过的草地。

1.3.2 材料的弹性模量、切变模量及泊松比

表 1—12

材料的弹性模量、切变模量及泊松比

名 称	弹性模量 E		切变模量 G		泊松比 μ
	GPa	10^6 kgf/cm^2	GPa	10^5 kgf/cm^2	
灰铸铁	118~126	1.2~1.3	44.3	4.5	0.3
球墨铸铁	173	1.76			0.3
碳钢、镍铬钢、合金钢	206	2.1	79.4	8.1	0.3
铸钢	202	2.06			0.3
轧制纯铜	108	1.1	39.2	4	0.31~0.34
冷拔纯铜	127	1.3	48.0	4.9	
轧制磷锡青铜	113	1.15	41.2	4.2	0.32~0.35
冷拔黄铜	89~97	0.91~0.99	34.3~36.3	3.5~3.7	0.32~0.42
轧制锰青铜	108	1.1	39.2	4	0.35
轧制铝	68	0.69	25.5~26.5	2.6~2.7	0.32~0.36
拔制铝线	69	0.7			
铸铝青铜	103	1.05	41.1	4.2	0.3
铸锡青铜	103	1.05			0.3
硬铝合金	70	0.71	26.5	2.7	0.3
轧制锌	82	0.84	31.4	3.2	0.27
铅	16	0.17	6.8	0.7	0.42
玻璃	55	0.56	1.96	0.2	0.25
有机玻璃		0.024~0.30			
橡胶		0.00008			0.47
电木		0.02~0.03		0.07~0.21	0.35~0.38
夹布酚醛塑料		0.04~0.09			
赛璐珞		0.0174~0.0193		0.07~0.1	0.4
尼龙 1010		0.0109			
硬聚氯乙烯		0.032~0.04			0.34~0.35
聚四氟乙烯		0.0116~0.0145			
低压聚乙烯		0.0055~0.008			
高压聚乙烯		0.0015~0.0025			
混凝土		0.14~0.40		0.5~1.6	0.1~0.18

1.3.3 硬度值对照表

表 1—13

各种硬度值对照表

洛氏 HRC	肖氏 HS	维氏 HV	布 氏		洛氏 HRC	肖氏 HS	维氏 HV	布 氏		洛氏 HRC	肖氏 HS	维氏 HV	布 氏	
			HBS 30D ²	d,mm 10 / 3000				HBS 30D ²	d,mm 10 / 3000				HBS 30D ²	d,mm 10 / 3000
70		1037	—	—	62	84.8	766	—	—	54	71.9	579	—	—
69		997	—	—	61	83.1	739	—	—	53	70.5	561	—	—
68	96.6	959	—	—	60	81.4	713	—	—	52	69.1	543	—	—
67	94.6	923	—	—	59	79.7	688	—	—	51	67.7	525	501	2.73
66	92.6	889	—	—	58	78.1	664	—	—	50	66.3	509	488	2.77
65	90.5	856	—	—	57	76.5	642	—	—	49	65	493	474	2.81
64	88.4	825	—	—	56	74.9	620	—	—	48	63.7	478	461	2.85
63	86.5	795	—	—	55	73.5	599	—	—	47	62.3	463	449	2.89
46	61	449	436	2.93	36	48.8	338	332	3.34	26	38.8	261	257	3.78
45	59.7	436	424	2.97	35	47.8	329	323	3.39	25	37.9	255	251	3.83
44	58.4	423	413	3.01	34	46.6	320	314	3.43	24	37	249	245	3.87
43	57.1	411	401	3.05	33	45.6	312	306	3.48	23	36.3	243	240	3.91
42	55.9	399	391	3.09	32	44.5	304	298	3.52	22	35.5	237	234	3.95
41	54.7	388	380	3.13	31	43.5	296	291	3.56	21	34.7	231	229	4.00
40	53.5	377	370	3.17	30	42.5	289	283	3.61	20	34	226	225	4.03
39	52.3	367	360	3.21	29	41.6	281	276	3.65	19	33.2	221	220	4.07
38	51.1	357	350	3.26	28	40.6	274	269	3.70	18	32.6	216	216	4.11
37	50	347	341	3.30	27	39.7	268	263	3.74	17	31.9	211	211	4.15

1.3.4 机械传动的效率

表 1—14

机械传动效率的概略数值

类 别	传 动 型 式	效率 η
圆柱齿轮传动	很好跑合的 6 级精度和 7 级精度齿轮传动 (稀油润滑)	0.98~0.995
	8 级精度的一般齿轮传动 (稀油润滑)	0.97
	9 级精度的齿轮传动 (稀油润滑)	0.96
	加工齿的开式齿轮传动 (干油润滑)	0.94~0.96
	铸造齿的开式齿轮传动	0.83~0.92
圆锥齿轮传动	很好跑合的 6 级精度和 7 级精度齿轮传动 (稀油润滑)	0.97~0.98
	8 级精度的一般齿轮传动 (稀油润滑)	0.94~0.97
	加工齿的开式齿轮传动 (干油润滑)	0.92~0.95
	铸造齿的开式齿轮传动	0.88~0.92
蜗 杆 传 动	自锁蜗杆	0.40~0.45
	单头蜗杆	0.70~0.75
	双头蜗杆	0.75~0.82
	三头和四头蜗杆	0.82~0.92
	圆弧面蜗杆传动	0.85~0.95
皮 带 传 动	平皮带无压紧轮的开式传动	0.98
	平皮带有压紧轮的开式传动	0.97
	平皮带交叉传动	0.90
	三角皮带传动	0.95
链 轮 传 动	焊接链	0.93
	片式关节链	0.95
	滚子链	0.96
	无声链	0.93
滑 动 轴 承	润滑不良	0.94
	润滑正常	0.97
	润滑特好 (压力润滑)	0.98
	液体摩擦	0.99
滚 动 轴 承	滚珠轴承 (稀油润滑)	0.99
	滚柱轴承 (稀油润滑)	0.98
摩 擦 传 动	平摩擦传动	0.85~0.96
	槽摩擦传动	0.88~0.90
	卷绳轮	0.95

续表 1

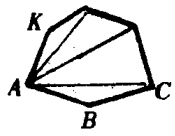
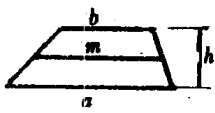
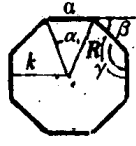
类 别	传 动 型 式	效率 η
联 轴 器	浮动联轴器	0.97~0.99
	齿轮联轴器	0.99
	弹性联轴器	0.99~0.995
	万向联轴器 ($\alpha < 3^\circ$)	0.97~0.98
	万向联轴器 ($\alpha > 3^\circ$)	0.95~0.97
	梅花接轴	0.97~0.98
复 合 轮 组	滑动轴承 ($i=2\sim6$)	0.98~0.90
	滚动轴承 ($i=2\sim6$)	0.99~0.95
减 (变) 速器①	单级圆柱齿轮减速器	0.97~0.98
	双级圆柱齿轮减速器	0.95~0.96
	单级行星圆柱齿轮减速器 (NGW 类型负号机构)	0.95~0.98
	单级行星摆线针轮减速器	0.90~0.97
	单级圆锥齿轮减速器	0.95~0.96
	双级圆锥-圆柱齿轮减速器	0.94~0.95
	无级变速器	0.92~0.95
丝 杠 传 动	滑动丝杠	0.30~0.60
	滚动丝杠	0.85~0.90

注: ①滚动轴承的损耗考虑在内。

1.3.5 平面和立体图形计算公式

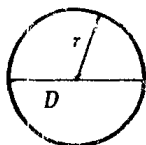
表 1-15

平面图形面积计算公式

(1) 正方形  对角线 $d = 1.414a$ 边 $a = 0.707d$ 面积 $S = a^2 = \frac{d^2}{2}$	(3) 任意多边形  $A + B + C + \dots + K = (n - 2) \cdot 180^\circ$ n — 边数 (计算面积时把多边形分成几个三角形)
(2) 梯形  中线 $m = \frac{a + b}{2}$ 面积 $S = \frac{a + b}{2} h = mh$	(4) 正多边形  边 $a = 2R \sin \frac{\alpha}{2} = 2k \tan \frac{\alpha}{2}$ $\alpha = \beta = \frac{360^\circ}{n}$ $\gamma = 180^\circ - \frac{360^\circ}{n}$ 面积 $S = \frac{ak}{2} n$ k — 边心距, n — 边数

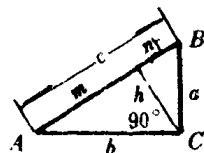
续表 1

(5) 圆



$$\begin{aligned}
 \text{周长 } C &= \pi D = 3.142D \\
 &= 6.283r = 3.545\sqrt{S} \\
 r &= \frac{C}{2\pi} = 0.159C \\
 D &= \frac{C}{\pi} = 0.318C \\
 &= 1.128\sqrt{S} \\
 \text{面积 } S &= \frac{\pi D^2}{4} = 0.785D^2 \\
 &= 3.142r^2 \\
 &= 0.25CD
 \end{aligned}$$

(9) 直角三角形



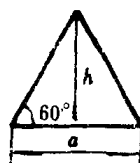
$$\begin{aligned}
 A+B &= 90^\circ \\
 c &= \sqrt{a^2 + b^2} \\
 \text{面积 } S &= \frac{ab}{2} \\
 \text{高 } h &= \sqrt{mn} \\
 m &= \frac{b^2}{c}, n = \frac{a^2}{c}
 \end{aligned}$$

(6) 弧与扇形



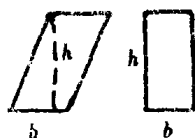
$$\begin{aligned}
 \text{弧长 } l &= \frac{\pi r \alpha}{180} \\
 \text{面积 } S &= \frac{\pi r^2 \alpha}{360}
 \end{aligned}$$

(10) 等边三角形



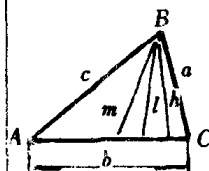
$$\begin{aligned}
 h &= 0.866a \\
 a &= 1.154h \\
 \text{面积 } S &= 0.433a^2 \\
 &= 0.578h^2
 \end{aligned}$$

(7) 平行四边形和矩形



$$\text{面积 } S = bh$$

(11) 任意三角形



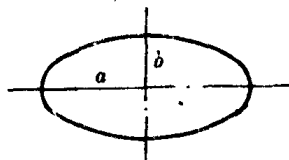
$$\begin{aligned}
 A+B+C &= 180^\circ \\
 \text{面积 } S &= \frac{bh}{2} \\
 &= \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} \\
 [p &= \frac{1}{2}(a+b+c)] \\
 \text{中线 } m &= \frac{1}{2}\sqrt{2(a^2+c^2)-b^2} \\
 \text{二等分角线 } l &= \frac{\sqrt{ac[(a+c)^2-b^2]}}{a+c} \\
 &\text{(内切圆与外接圆半径见三角部分)}
 \end{aligned}$$

(8) 菱形



$$\begin{aligned}
 D^2 + d^2 &= 4a^2 \\
 \text{面积 } S &= \frac{Dd}{2}
 \end{aligned}$$

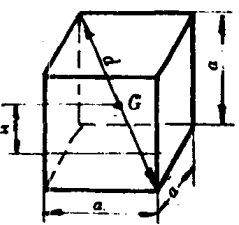
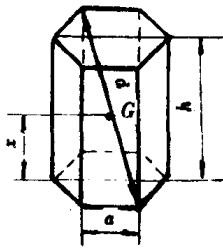
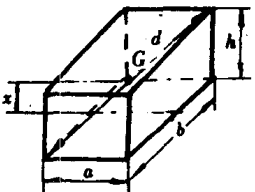
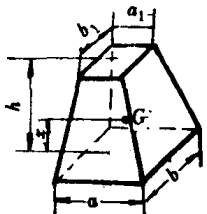
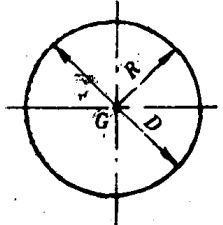
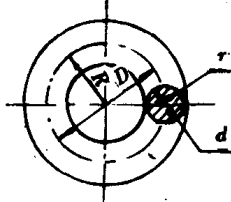
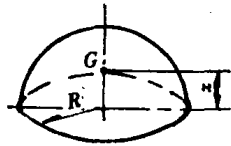
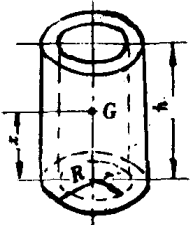
(12) 椭圆



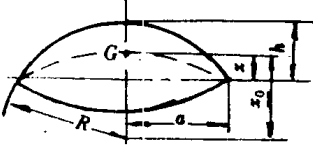
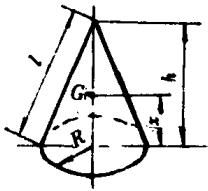
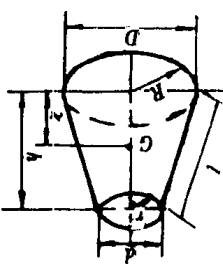
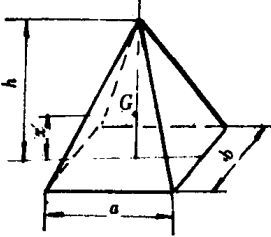
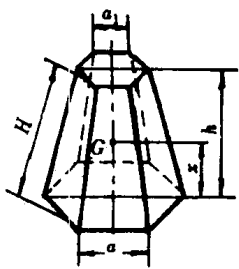
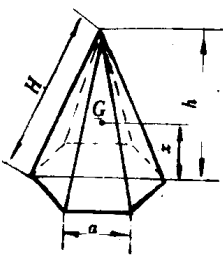
$$\begin{aligned}
 \text{面积 } S &= \pi ab \\
 a, b &\text{—长、短轴之半}
 \end{aligned}$$

表 1—16

立 体 图 形 计 算 公 式

简 图	计算公式	简 图	计算公式
正方体 	体积 V $V = a^3$ 对角线长 $d = \sqrt{3}a$ 面积 A 底面积 $A = a^2$ 侧面积 $A_0 = 4a^2$ 全面积 $A_n = 6a^2$ 重心至底边距离 x $x = \frac{a}{2}$	六棱柱 	体积 V $V = 2.598a^2h$ 对角线长 $d = \sqrt{h^2 + 4a^2}$ 面积 A 底面积 $A = 2.598a^2$ 侧面积 $A_0 = 6ah$ 全面积 $A_n = 5.196a^2 + 6ah$ 重心至底边距离 x $x = \frac{h}{2}$
长方体 	体积 V $V = abh$ 对角线长 $d = \sqrt{a^2 + b^2 + h^2}$ 面积 A 底面积 $A = ab$ 侧面积 $A_0 = 2h(a + b)$ 全面积 $A_n = 2(ab + ah + bh)$ 重心至底边距离 x $x = \frac{h}{2}$	四棱台 	体积 V $V = \frac{h}{6}(2ab + ab_1 + a_1b + 2a_1b_1)$ 重心至底边距离 x $x = \frac{h(ab + ab_1 + a_1b + 3a_1b_1)}{2(2ab + ab_1 + a_1b + 2a_1b_1)}$
球体 	体积 V $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{1}{6}\pi D^3$ $= 0.524D^3$ 面积 A 全面积 $A_n = 4\pi R^2 = \pi D^2$	圆环体 	体积 V $V = 2\pi^2 Rr^2$ $= \frac{1}{4}\pi^2 Dd^2$ $= 2.467Dd^2$ 面积 A 全面积 $A_n = 4\pi^2 Rr = \pi^2 Dd$
半球体 	体积 V $V = \frac{2}{3}\pi R^3$ 面积 侧面积 $A_0 = 2\pi R^2$ 全面积 $A_n = 3\pi R^2$ 重心至底边距离 x $x = \frac{3}{8}R$	圆筒 	体积 V $V = \frac{\pi}{4}h(D^2 - d^2)$ $= \pi h(R^2 - r^2)$ 面积 A 侧面积 $A_0 = \pi h(D + d)$ $= 2\pi h(R + r)$ 全面积 $A_n = 2\pi(R + r) \times (R - r + h)$ 重心至底边距离 x $x = \frac{h}{2}$

续表 1

简 图	计算公式	简 图	计算公式
球缺体 	体积 V $V = \frac{\pi h}{6} (3a^2 + h^2)$ $= \frac{\pi h^2}{3} (3R - h)$ 面积 A 侧面积 $A_0 = 2\pi R h$ $= \pi(a^2 + h^2)$ 全面积 $A_n = \pi(2a^2 + h^2)$ $= \pi(2Rh + a^2)$ $= \pi h(4R - h)$ $a = \sqrt{h(2R - h)}$	圆锥 	体积 V $V = \frac{1}{3} \pi R^2 h$ 面积 A 侧面积 $A_0 = \pi R L$ $= \pi R \sqrt{R^2 + h^2}$ 全面积 $A_n = \pi R \times (R + \sqrt{R^2 + h^2})$ $L = \sqrt{R^2 + h^2}$ 重心至底边距离 x $x = \frac{h}{4}$
圆台 	体积 V $V = \frac{\pi}{12} h (D^2 + Dd + d^2)$ $= \frac{\pi}{3} h (R^2 + Rr + r^2)$ 面积 A $A_0 = \frac{\pi}{2} L (D + d)$ $= \pi L (R + r)$ $A_n = \pi [R^2 + r^2 + (R + r) \times \sqrt{h^2 + (R - r)^2}]$ $L = \sqrt{\left(\frac{D - d}{2}\right)^2 + h^2}$ 重心至底边距离 x $x = \frac{h(D^2 + 2Dd + 3d^2)}{4(D^2 + Dd + d^2)}$ $= \frac{h(R^2 + 2Rr + 3r^2)}{4(R^2 + Rr + r^2)}$	正四棱锥 	体积 V $V = \frac{1}{3} abh$ 面积 $A_0 = \frac{1}{2} [b\sqrt{4h^2 + a^2} + a\sqrt{4h^2 + b^2}]$ $A_n = ab + \frac{1}{2} [b\sqrt{4h^2 + a^2} + a\sqrt{4h^2 + b^2}]$ 重心至底边距离 x $x = \frac{h}{4}$
六棱台 	体积 V $V = \frac{h}{3} \times (A + \sqrt{AA_1} + A_1)$ 面积 A $A = 2.598a^2$ 顶面积 $A_1 = 2.598a_1^2$ $A_0 = 3H(a_1 + a)$ H 为侧面梯形高 重心至底边距离 x $x = \frac{h(A_1 + 2\sqrt{AA_1} + 3A)}{4(A_1 + \sqrt{AA_1} + A)}$	六棱锥 	体积 V $V = \frac{hA}{3} = 0.866a^2h$ 面积 A $A = 2.598a^2$ $A_0 = 1.5a\sqrt{4H^2 - a^2}$ 重心至底边距离 x $x = \frac{h}{4}$

1.4 工程力学基本运算公式

1.4.1 运动学基本公式

表 1-17

运动学的一些基本公式

直 线 运 动		
等速运动 ($v = \text{常数}$)	$s = s_0 + vt$ $s = vt$ (当 $s_0 = 0$)	s_0 —运动开始已经走过的距离 (m) s —运动的距离 (m) v —运动速度 (m/s) v_0 —初速度 (m/s) v_t —末速度 (m/s)
等加速度运动 ($a = \text{常数}$)	$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a} = \frac{(v_t + v_0)t}{2}$ $v_t = v_0 + at$ $a = \frac{v_t - v_0}{t}$	v_t —瞬时速度 (m/s) t —运动时间 (s) a —加速度 (m/s ²)
自由落体运动 ($v_0 = 0$)	$h = \frac{1}{2} gt^2 = \frac{1}{2} v_t t$ $v_t = gt = \sqrt{2gh}$	h —垂直高度 (m) g —重力加速度 (9.81 m/s ²)
抛射运动	抛射水平距离: $x = v_0 t \cos \theta$ 抛射垂直距离: $y = x \tan \theta - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta}$ 物体达到最大高度的时间: $t_1 = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$ 抛射最大高度: $h = \frac{1}{2g} v_0^2 \sin^2 \theta$ 抛射水平距离: $s = \frac{1}{g} v_0^2 \sin^2 \theta$	θ —抛射角 (°) φ —角位移 (rad) φ_0 —运动开始时相对某一基线的角位移 ω —角速度 (rad/s) ω_0 —初角速度 (rad/s) ω_t —末角速度 (rad/s) ε —角加速度 (rad/s ²)
回 转 运 动		
等速运动 ($\omega = \text{常数}$)	$\varphi = \varphi_0 + \omega t$ $\varphi = \omega t$ (当 $\varphi_0 = 0$) $s = r\varphi$ 回转一周的时间: $t_0 = \frac{2\pi}{\omega}$ $\omega = \frac{\pi n}{30}$ $v = \omega r = \frac{\pi n r}{30}$	r —点离转动轴线的距离(转动半径) (m) n —每分钟转数 (r/min) $a_{\text{切}}$ —切向加速度 (m/s ²) $a_{\text{法}}$ —法向加速度 (m/s ²)
等加速度运动 ($\varepsilon = \text{常数}$)	$\varphi = \omega_0 t + \frac{1}{2} \varepsilon t^2 = \frac{\omega_t^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon} = \frac{(\omega_t + \omega_0)t}{2}$ $\omega_t = \omega_0 + \varepsilon t$ $a_{\text{切}} = \varepsilon r$ $a_{\text{法}} = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$ $a = \sqrt{a_{\text{切}}^2 + a_{\text{法}}^2} = r\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$ $\tan \mu = \frac{a_{\text{切}}}{a_{\text{法}}} = \frac{\varepsilon}{\omega^2}$	μ —加速度 a 与转动半径 r 的夹角 (°) $\omega_{\text{谐}}$ —简谐运动角速度(圆周频率) (rad/s) $\gamma_{\text{谐}}$ —简谐运动转动半径或振幅 (m) x —简谐运动动点离中间原点位移 (m) x' —简谐运动动点离死点位移 (m) v_x —简谐运动动点速度 (m/s) a_x —简谐运动动点加速度 (m/s ²)
简 谐 运 动		
	$\varphi = \varphi_0 + \omega_{\text{谐}} t$ $x = \gamma_{\text{谐}} \cos \varphi$, $x' = \gamma_{\text{谐}} (1 - \cos \varphi)$ $v_x = -\gamma_{\text{谐}} \omega_{\text{谐}} \sin \varphi$ $a_x = -\gamma_{\text{谐}} \omega_{\text{谐}}^2 \cos \varphi = -a_{\text{法}} \cos \varphi$ $= -\omega_{\text{谐}}^2 x = -4\pi^2 f^2 x$ $T = \frac{2\pi}{\omega_{\text{谐}}} = \frac{60}{n}$ $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega_{\text{谐}}}{2\pi} = \frac{n}{60}$	T —运动周期(运动一周的时间) (s) f —频率(每秒钟的运动周数) (次/s) 注: 距离、速度单位还可分别用公里、公里/时、米/分等

1.4.2 动力学基本公式

表 1-18

动力学的一些基本公式

	直 线 运 动	回 转 运 动	备 注
力	$P = ma(\text{N})$		m —质量(kg)
惯性力	$\Phi = -ma(\text{N})$	法向惯性力(离心力) $\Phi_f = -m\omega^2 r(\text{N})$ 切向惯性力 $\Phi_a = -m\epsilon r(\text{N})$ $J = mi^2(\text{kg} \cdot \text{m}^2)$ $J_z = J_c + mk^2$ $M = J\epsilon(\text{N} \cdot \text{m})$ $W = M\Phi(\text{J})$	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$ —重力加速度 a —加速度(m/s^2) R —力臂(m) i_{ω} —回转半径(m) J_z —物体对 Z 轴的转动惯量 J_c —物体对平行于 Z 轴,并通过物体重心的 C 轴的转动惯量 k —Z 轴与重心 C 轴的距离(m) ϵ —角加速度(rad/s^2) Φ —角位移(rad) s —移动距离(m) h —移动高度(m) v —移动速度(m/s) ω —角速度(rad/s) r —质点的转动半径(m) t —时间(s) v_1 —初速度(m/s) v_2 —末速度(m/s) ω_1 —初角速度(rad/s) ω_2 —末角速度(rad/s)
转动惯量			
惯量平行轴定理			
力矩	$M = PR(\text{N} \cdot \text{m})$		
功(能)	$W = Ps(\text{J})$ $W = mgh(\text{J})$ $N = Pv(\text{W})$		
功率		$N = M\omega(\text{W})$	
动量定理	$m(v_2 - v_1) = P \cdot t(\text{kg} \cdot \text{m/s})$	$J(\omega_2 - \omega_1)$	
动量矩定理		$= M \cdot t(\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s})$	
动能定理	$W = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2)(\text{J})$		

注: 1. 物体既有直线运动,本身又有回转运动,其总动能 $W = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J\omega^2$ (v ——物体重心速度)。

2. 物理摆: 摆动周期 $T = 2\pi\sqrt{J_x/mgk}$ (S); 杆件摆动中心(距回转轴) $L = J_x/mk$ (m); 杆件转动惯量(对重心)
 $J_c = mk\left(\frac{T^2g}{4\pi^2} - k\right)$ (符号同表中备注)。

3. 扭摆: 摆动周期 $T = 2\pi\sqrt{J/C}$ (s), 式中, $C = \frac{\pi Gr^4}{2l}$ ——扭杆的扭转刚度($\text{N} \cdot \text{m/rad}$); G ——切变弹性模量(N/m^2); l ——扭杆长(m); r ——扭杆半径(m); J ——扭杆下物体的转动惯量($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)。

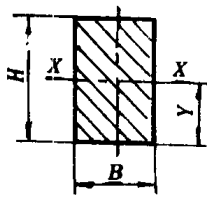
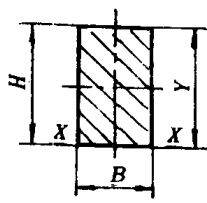
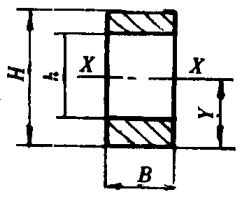
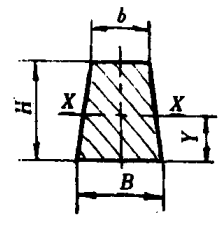
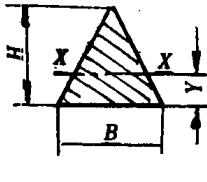
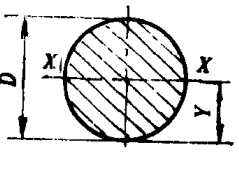
① 力 P 的方向与移动距离 s 的方向相同。

② 小直径杆件对杆端回转, $i^2 = \frac{1}{3}l^2$, 对杆中央回转 $i^2 = \frac{1}{12}l^2$; 圆盘或圆柱对圆心纵轴回转 $i^2 = \frac{1}{2}R^2$; 圆环对圆心纵轴回转 $i^2 = \frac{1}{2}(R^2 + r^2)$, 一般飞轮常取 $i^2 = R^2$ 即 $J = GD^2/4g$ (l ——杆长, R ——外圆半径, r ——内圆半径, D ——外圆直径)。

1.4.3 常用截面的几何及力学特性

表 1—19

常用截面的几何及力学特性

截面形状	面积 A	惯性矩 J	截面系数 $W = \frac{J}{Y}$	回转半径 $i = \sqrt{\frac{J}{A}}$	形心距离 Y
	BH	$\frac{BH^3}{12}$	$\frac{BH^2}{6}$	$\frac{H}{\sqrt{12}}$	$\frac{H}{2}$
	BH	$\frac{BH^3}{3}$	$\frac{BH^2}{3}$	$\frac{H}{\sqrt{3}}$	H
	$B(H-h)$	$\frac{B}{12}(H^3 - h^3)$	$\frac{B}{6H}(H^3 - h^3)$	$\sqrt{\frac{H^3 - h^3}{12(H-h)}}$	$\frac{H}{2}$
	$\frac{H}{2}(B+b)$	$\frac{B^2 + b^2 + 4Bb}{36(B+b)} H^3$	$\frac{W_{x\max} = \frac{B^2 + b^2 + 4Bb}{12(B+2b)} H^2}{W_{x\min} = \frac{B^2 + b^2 + 4Bb}{12(2B+b)} H^2}$	$\frac{H}{3(B+b)} \times \sqrt{\frac{B^2 + b^2 + 4Bb}{2}}$	$\frac{H(B+2b)}{3(B+b)}$
	$\frac{1}{2}BH$	$\frac{1}{36}BH^3$	$W_{x\max} = \frac{BH^2}{12}$ $W_{x\min} = \frac{BH^2}{24}$	$\frac{H}{3\sqrt{2}}$	$\frac{H}{3}$
	$\frac{\pi D^2}{4}$	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^3}{32}$	$\frac{D}{4}$	$\frac{D}{2}$

续表 1

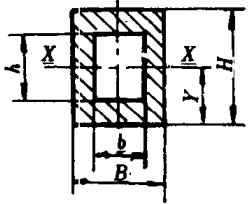
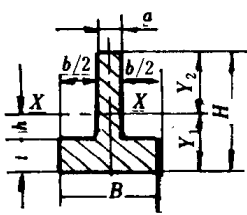
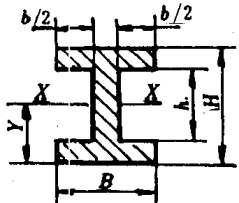
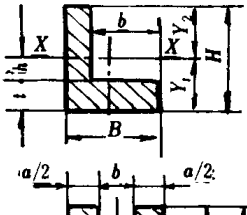
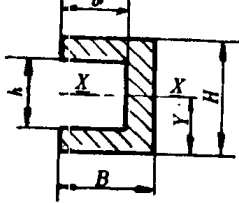
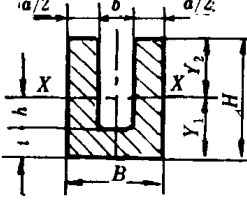
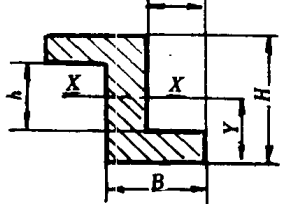
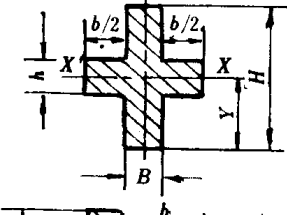
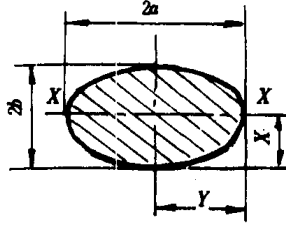
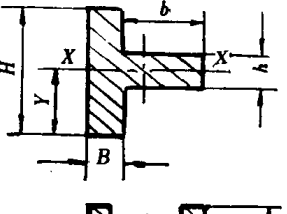
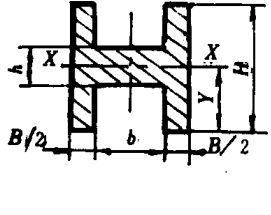
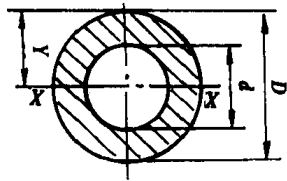
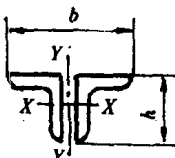
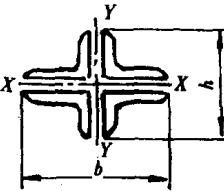
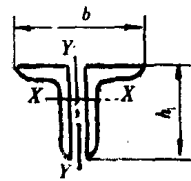
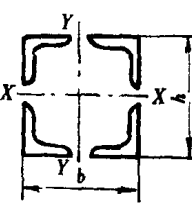
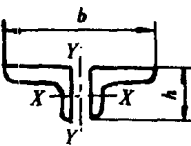
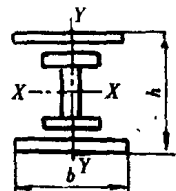
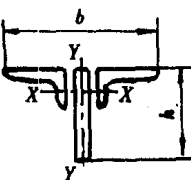
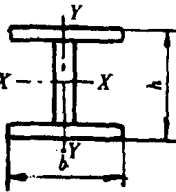
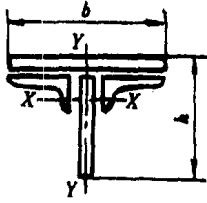
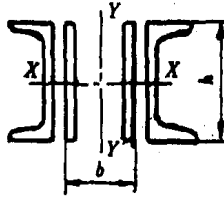
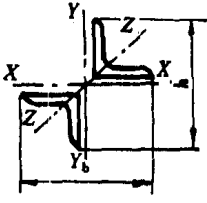
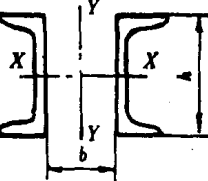
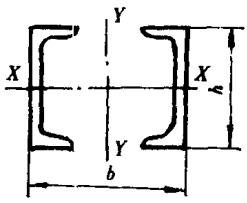
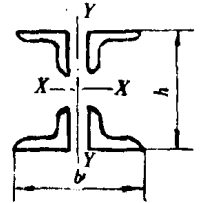
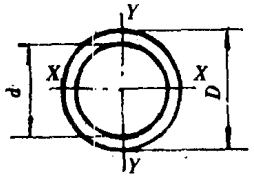
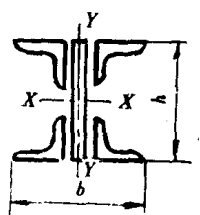
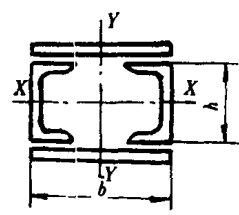
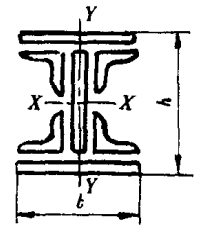
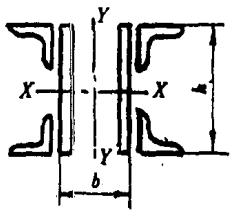
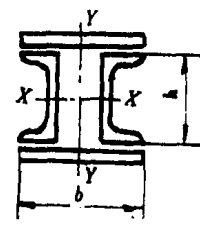
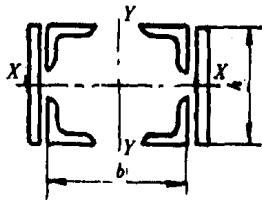
截面形状	计算公式	截面形状	计算公式
	面积 A $A = BH - bh$ 惯性矩 J $J_x = \frac{BH^3 - bh^3}{12}$ 截面系数 W $W_x = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$ 回转半径 i $i_x = \sqrt{\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}}$ 形心距离 Y $Y = \frac{H}{2}$		面积 A $A = BH - b(Y_2 + h)$ 惯性矩 J $J_x = \frac{BY^3 + aY^3 - bh^3}{3}$ 截面系数 W $W_1 = \frac{J_x}{Y_1}$ $W_2 = \frac{J_x}{Y_2}$ 回转半径 i $i = \sqrt{\frac{BY^3 - bh^3 + aY^3}{3[HB - b(Y_2 + h)]}}$ 形心距离 Y $Y_1 = \frac{aH^2 + bt^2}{2(aH + bt)}$ $Y_2 = H - Y_1$
			
			
			
	面积 A $A = \pi ab$ 惯性矩 J $J_x = \frac{\pi ab^3}{4}$ $J_y = \frac{\pi a^3 b}{4}$ 截面系数 W $W_x = \frac{\pi ab^2}{4}$ $W_y = \frac{\pi a^2 b}{4}$ 回转半径 i $i_x = \frac{b}{2}$ $i_y = \frac{a}{2}$ 形心距离 Y $X = b$ $Y = a$		面积 A $A = BH + bh$ 惯性矩 J $J_x = \frac{BH^3 + bh^3}{12}$ 截面系数 W $W_x = \frac{BH^3 + bh^3}{6H}$ 回转半径 i $i = \sqrt{\frac{BH^3 + bh^3}{12(BH + bh)}}$ 形心距离 Y $Y = \frac{H}{2}$
			
			面积 A $A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ 惯性矩 J $J = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$ 截面系数 W $W = \frac{\pi}{32} \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right)$ 回转半径 i $i = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4}$ 形心距离 Y $Y = \frac{D}{2}$

表 1—20

主要组合截面的回转半径

截面形状	回转半径	截面形状	回转半径
	$i_x = 0.30h$ $i_y = 0.215b$		$i_x = 0.21h$ $i_y = 0.21b$
	$i_x = 0.32h$ $i_y = 0.20b$		$i_x = 0.43h$ $i_y = 0.43b$
	$i_x = 0.28h$ $i_y = 0.24b$		$i_x = 0.42h$ $i_y = 0.22b$
	$i_x = 0.30h$ $i_y = 0.17b$		$i_x = 0.39h$ $i_y = 0.20b$
	$i_x = 0.26h$ $i_y = 0.21b$		$i_x = 0.35h$ $i_y = 0.56b$
	$i_x = 0.21h$ $i_y = 0.21b$ $i_z = 0.185h$		$i_x = 0.38h$ $i_y = 0.60b$

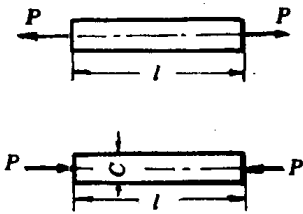
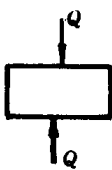
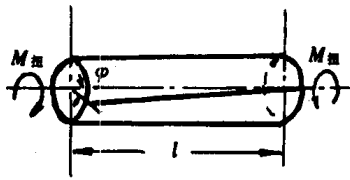
续表 1

截面形状	回转半径	截面形状	回转半径
	$i_x = 0.38h$ $i_y = 0.44b$		$i_x = 0.45h$ $i_y = 0.24b$
	$i_x = 0.35dcp$ $dcp = \frac{D+d}{2}$		$i_x = 0.40h$ $i_y = 0.21b$
	$i_x = 0.44h$ $i_y = 0.38b$		$i_x = 0.45h$ $i_y = 0.235b$
	$i_x = 0.37h$ $i_y = 0.54b$		$i_x = 0.44h$ $i_y = 0.32b$
	$i_x = 0.37h$ $i_y = 0.45b$		

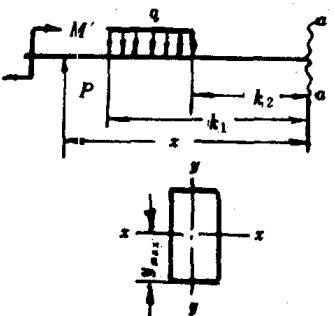
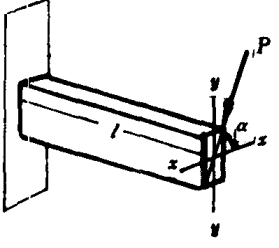
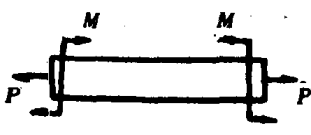
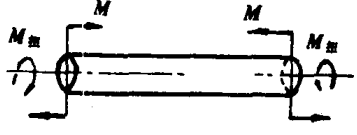
1.4.4 材料力学基本公式

表 1—21

材料力学的基本计算公式

载 荷 情 况	计 算 公 式	符 号 说 明
中心拉伸和压缩  (当 $l < 3C$)	纵向力作用下的正应力: $\sigma = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_{\text{拉}} \text{ (拉伸)}$ $\sigma = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_{\text{压}} \text{ (压缩)}$ $F \geq \frac{P}{[\sigma]}$ 纵向绝对变形: $\Delta l = \frac{Pl}{EF}$ 纵应变: $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E}$ 横应变: $\varepsilon_1 = -\mu\varepsilon$	P—纵向力 E—材料拉压弹性模量 F—横截面面积 $[\sigma]$—材料许用应力 μ—泊松比
剪切 	横向力作用下的剪切应力: $\tau = \frac{Q}{F} \leq [\tau]$ 剪应变: $\gamma = \frac{\tau}{G}$	Q—剪力 $[\tau]$—材料许用剪切应力 F—横截面面积 $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$ 材料剪切弹性模量
扭转 	圆轴与圆管 扭矩作用下的剪切应力: $\tau_{\text{最大}} = \frac{M_{\text{扭}}}{W_{\text{扭}}} \leq [\tau]$ 最大扭转角: $\varphi = \frac{M_{\text{扭}} l}{GJ_{\text{扭}}} \cdot \frac{180}{\pi} \text{ (度)}$ ($J_{\text{扭}} = J_{\text{极}}, W_{\text{扭}} = W_{\text{极}}$) 非圆截面轴与异型管材 最大剪切应力: $\tau_{\text{最大}} = \frac{M_{\text{扭}}}{W_{\text{扭}}} \leq [\tau]$ 最大扭转角: $\varphi = \frac{M_{\text{扭}} l}{GJ_{\text{扭}}} \cdot \frac{180}{\pi} \text{ (度)} \quad \text{或}$ $\varphi = \frac{M_{\text{扭}} \times 100}{GJ_{\text{扭}}} \cdot \frac{180}{\pi} < [\varphi] \text{ (度 / 米)}$	$M_{\text{扭}}$—扭矩 $W_{\text{扭}}$—抗扭截面系数 $J_{\text{扭}}$—抗扭惯性矩 $W_{\text{极}}$—极截面系数 $J_{\text{极}}$—极惯性矩 l—杆件长度 $[\varphi]$—刚度条件允许的扭转角

续表 1

载 荷 情 况	计 算 公 式	符 号 说 明
横向弯曲  a-a 截面	弯矩作用下的正应力: $\sigma = \frac{My}{J_x}$ 在受拉一边的最大拉应力: $\sigma = \frac{My_{\text{最大}}}{J_x} = \frac{M}{W_x} \leq [\sigma]_{\text{拉}}$ 在受压一边的最大压应力: $\sigma = \frac{M}{W_x} \leq [\sigma]_{\text{压}}$ a-a 截面处的弯矩: $M = M' + Px - \frac{q(k_1^2 - k_2^2)}{2}$	y—截面中任意一点至中性轴 x-x 的距离 y_{最大}—截面边缘至中性轴的距离 J_x—截面对 x-x 轴的抗弯惯性矩 W_x—截面对 x-x 轴的抗弯截面系数 M'—作用在杆件上的力矩 q—一段杆件上的均匀分布载荷 P—作用在杆件上的一段集中载荷
斜弯曲 	弯矩作用平面与截面主轴线 x-x, y-y 不重合时, 弯矩的合应力: $\sigma = \pm \frac{M \cos \alpha}{W_y} \pm \frac{M \sin \alpha}{W_x}$ (式中: 正负号代表拉伸或压缩应力, 拉应力取+, 压应力取-)	alpha—弯矩向量与 x-x 轴的夹角 W_x—对 x-x 轴的截面系数 W_y—对 y-y 轴的截面系数 M = Pl—弯矩
拉伸(或压缩)与弯曲 	拉伸(或压缩)与弯矩联合作用下的正应力: $\sigma = \pm \frac{P}{F} \pm \frac{M}{W}$ (拉应力取+, 压应力取-)	M—加在杆件上的弯矩 P—加在杆件上的纵向力 F—截面面积 W—抗弯截面系数
弯曲与扭转 	弯矩与扭矩联合作用时 正应力: $\sigma = \frac{M}{W}$ 剪切应力: $\tau = \frac{M_m}{W_m}$ 合成正应力(相当应力): $\sigma_{\text{合}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma] \quad (\text{用于钢材等塑性材料})$ $\sigma_{\text{合}} = \frac{\sigma}{2} + \frac{\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}}{2} \leq [\sigma] \quad (\text{用于铸铁等脆性材料})$	M—加在杆件上的弯矩 M_m—加在杆件上的扭矩 W—抗弯截面系数 W_m—抗扭截面系数 [sigma]—材料许用应力

续表 2

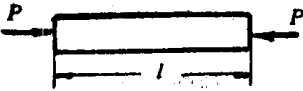
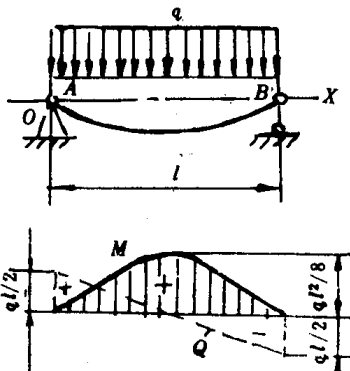
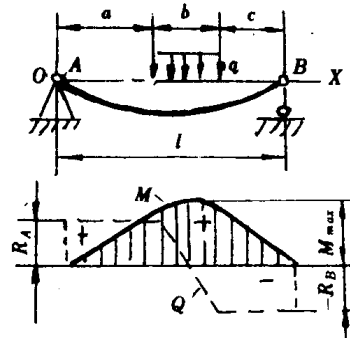
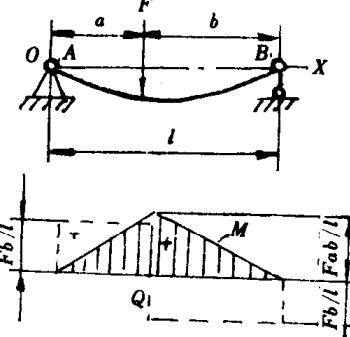
载 荷 情 况	计 算 公 式	符 号 说 明
纵向弯曲  一端自由 一端固定  两端铰链  一端铰链 一端固定  $\mu = \frac{1}{\sqrt{2}}$ 两端固定  $\mu = \frac{1}{2}$	当杆件柔度 $\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} > 100$ 时, 可用欧拉公式计算 杆件的临界载荷: $P_{\text{临}} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{\mu^2 l^2}$ 当 $\lambda < 100$ 时, 应按下式计算 杆件临界载荷: $P_{\text{临}} = (a - b\lambda)F$ 杆件的允许载荷: $P \leq \frac{P_{\text{临}}}{[n]}$ 当杆件柔度 $\lambda < 200$ 时, 亦可按下式直接计算杆件的允许载荷: $P \leq \varphi [\sigma]_{\text{压}} F$ (稳定条件)	l—压杆长度 μ—长度系数(随杆件两端约束情况而定) φ—折减系数 $[\sigma]_{\text{压}}$—许用压应力 E—弹性模量 $i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{F}}$—最小回转半径 $J_{\min}$—截面最小惯性矩 F—纵向力 F—杆件截面面积 $[n]$—稳定性系数, 对于钢料支架构件 1.7~3, 对于传动及起重螺旋 3.5~5, 对于铸铁构件 5~6.5, 对于铝合金构件 2.5~3.5, 对于木料 3~5 a, b—系数
纵横弯曲 	柔度 $\lambda > 100$, 杆件受纵向及横向力后的总弯矩: $M_{\text{最大}} \approx M + \frac{Pf}{1-\alpha}$ 最大压应力: $\sigma = -\frac{M_{\text{最大}}}{W} \leq [\sigma]_{\text{压}}$ 杆件的应力: $\sigma = -\frac{M_{\text{最大}}}{W} - \frac{P}{\varphi F} \leq [\sigma]_{\text{压}}$	M—横向力 Q 产生的弯矩 P—纵向力 f—横向力作用下的最大挠度 $\alpha = \frac{P}{P_{\text{临}}}$—纵向力与杆件临界载荷之比 $P_{\text{临}}$—杆件临界载荷(见纵向弯曲) φ—折减系数 W—截面系数

表 1—22

受静载荷梁的反力、剪力、弯曲、挠度、转角的计算

简 支 梁	载荷简图 Q、M 图 	反力 R、剪力 Q $R_A = R_B = \frac{1}{2}ql$ $Q_x = \frac{1}{2}ql - qx$ $Q_{\max} = \frac{1}{2}ql$ 弯矩 M $M_x = \frac{ql}{2}x - \frac{q}{2}x^2$ $M_{\max} = \frac{ql^2}{8} \left(\text{在 } x = \frac{1}{2}l \text{ 处} \right)$	挠度 Y $Y_x = \frac{ql^4}{24EJ}$ $\times \left(\frac{x}{l} - 2\frac{x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4} \right)$ (在 $x = \frac{1}{2}l$ 处) $Y_{\max} = 0.013 \frac{ql^4}{EJ}$ (在 $x = \frac{1}{2}l$ 处) 转角 θ $\theta_A = -\theta_B = \frac{ql^3}{24EJ}$
		反力 R、剪力 Q $R_A = \frac{qb}{l} \left(\frac{b}{2} + c \right)$ $R_B = \frac{qb}{l} \left(\frac{b}{2} + a \right)$ $Q_{x_1} = R_A \text{ (当 } 0 \leq x \leq a \text{)}$ $Q_{x_2} = R_A - q(x-a)$ (当 $a \leq x \leq a+b$) $Q_{x_3} = -R_B \text{ (当 } a+b \leq x \leq l \text{)}$ 弯矩 M $M_{x_1} = R_A x \text{ (当 } 0 \leq x \leq a \text{)}$ $M_{x_2} = R_A x - \frac{1}{2}q(x-a)^2$ (当 $a \leq x \leq a+b$) $M_{x_3} = R_A x - qb \times \left(x - a - \frac{1}{2}b \right)$ $= R_B(l-x) \text{ (当 } a+b \leq x \leq l \text{)}$ $M_{\max} = R_A \left(a + \frac{R_A}{2q} \right)$	挠度 Y $Y_x = \frac{1}{24EJ} [4R_A x^3 - q \times (x-a)^4 + q(l-a) \times \frac{x}{l} - 4R_A l^2 x - qc^4 \frac{x}{l}]$ 转角 θ $\theta_A = \frac{1}{24EJ} [-4R_A l^2 + q \frac{(l-a)^4}{l} - q \frac{c^4}{l}]$
	载荷简图 Q、M 图 	反力 R、剪力 Q $R_A = \frac{Fb}{l}$ $R_B = \frac{Fa}{l}$ $Q_{x_1} = \frac{Fb}{l} \text{ (当 } 0 \leq x \leq a \text{)}$ $Q_{x_2} = -\frac{Fa}{l} \text{ (当 } a \leq x \leq l \text{)}$ 弯矩 M $M_{x_1} = \frac{Fb}{l} x \text{ (当 } 0 \leq x \leq a \text{)}$ $M_{x_2} = \frac{Fa}{l} (l-x)$ (当 $a \leq x \leq a+b$) $M_{\max} = \frac{Fab}{l}$ (在 $x = a$ 处)	挠度 Y $Y_x = \frac{Fa^2 b^2}{6EJl}$ $\times \left(\frac{2x}{a} + \frac{x}{b} - \frac{x^3}{a^2 b} \right)$ (当 $0 \leq x \leq a$) 在 $x = \sqrt{\frac{1}{3}a(a+2b)}$ 处 当 $a > b$ 时 $Y_{\max} = \frac{Fab}{27EJl} (a+2b)$ $\times \sqrt{3a(a+2b)} \text{ 或}$ $Y_{\max} \approx \frac{Fb}{48EJ} (3l^2 - 4b^2)$ 转角 θ $\theta_A = \frac{Fl^2}{6EJ} \left(\frac{b}{l} - \frac{b^3}{l^3} \right)$ $\theta_B = -\frac{Fl^2}{6EJ} \times \left(\frac{2b}{l} + \frac{b^3}{l^3} - \frac{3b^2}{l^2} \right)$

续表 1

端 外 伸 简 支 梁	载荷简图 Q 、 M 图	反力 R、剪力 Q $R_A = -\frac{Fa}{l}$ $R_B = \frac{F(l+a)}{l}$ $Q_{x_1} = R_A$ $Q_{x_2} = -F$ (当 $0 < X < l$) (当 $l < X < l+a$) 弯矩 M $M_{x_1} = R_A \cdot X = -\frac{FaX}{l}$ $M_{x_2} = -FX' \text{ (当 } 0 \leq X' \leq a \text{)}$ $M_{\max} = -Fa \text{ (在 } B \text{ 点)}$	挠度 Y $Y_x = \frac{Fal^2}{6EJ} \left(\frac{X^3}{l^3} - \frac{X}{l} \right)$ (当 $0 < X < l$) $Y'_{x_2} = \frac{Fa^2l}{6EJ} \left[\frac{X'^3}{la^2} - \frac{(2l+3a)}{la} X' + 2\frac{l+a}{l} \right]$ (当 $0 < X' < a$) $Y = \frac{Fa^2}{3EJ} (l+a)$ (在 $X=l+a$ 处) $Y_{\max} = -\frac{Fal^2}{15.6EJ}$ (在 $X=0.578l$ 处) 转角 θ $\theta_A = -\frac{Fal}{6EJ}$ $\theta_B = \frac{Fal}{3EJ}$ $\theta = \frac{Fa}{6EJ} (2l+3a)$ (在 $X=l+a$ 处)
	载荷简图 Q 、 M 图	反力 R、剪力 Q $R_A = q \left[l+a - \frac{(l+a)^2}{2l} \right],$ $R_B = q \frac{(l+a)^2}{2l}$ $Q_{x_1} = R_A - qX$ $Q_{x_2} = R_A + R_B - qX$ (当 $0 < X < l$) (当 $l < X < l+a$) 弯矩 M $M_{x_1} = R_A X - \frac{qX^2}{2}$ (当 $0 < X < l$) $M_{x_2} = \frac{-1}{2} q(l+a-X)^2$ (当 $l < X < l+a$) 当 $l > a$ $M_{\max} = \frac{q(l^2-a^2)^2}{8l^2}$ (在 $X = \frac{l^2-2a^2}{2l}$ 处)	挠度 Y $Y_x = \frac{1}{6EJ} \left[\left(\frac{ql^3}{4} - R_A l^2 \right) X + R_A X^3 - \frac{q}{4} X^4 + R_B \cdot (X-l)^3 \right]$ 转角 θ $\theta_A = \frac{1}{EJ} \left(\frac{ql^3}{24} - \frac{qla^2}{12} \right)$ $\theta_B = -\frac{ql}{24EJ} (l^2 - 4a^2)$

续表 2

悬臂	载荷简图 Q、M 图	反力 R、剪力 Q $R_B = F$ $Q_{\max} = -F$ 弯矩 M $M_X = -F_X$ $M_{\max} = M_B = -Fl$	挠度 Y $Y_X = \frac{Fl^3}{6EJ} \times \left(2 - 3\frac{X}{l} + \frac{X^3}{l^3} \right)$ $Y_{\max} = Y_A = \frac{Fl^3}{3EJ}$ 转角 θ $\theta_{\max} = \theta_A = -\frac{Fl^2}{2EJ}$
梁	载荷简图 Q、M 图	反力 R、剪力 Q $R_B = ql$ $Q_X = -qX$ $Q_{\max} = -ql \text{ (在 } B \text{ 点)}$ 弯矩 M $M_X = \frac{-qX^2}{2}$ $M_{\max} = \frac{ql^2}{2} \text{ (在 } B \text{ 点)}$	挠度 Y $Y_X = \frac{ql^4}{24EJ} \times \left(3 - 4\frac{X}{l} + \frac{X^4}{l^4} \right)$ $Y_{\max} = Y_A = \frac{ql^4}{8EJ}$ 转角 θ $\theta_{\max} = \theta_A = -\frac{ql^3}{6EJ}$

F —集中力或总载荷

R —反力

M —弯矩

Y —挠度

q —均布载荷

Q —剪力

θ —转角

J —截面惯矩

E —材料弹性模量

正负号规则:

向上的反力、作用于梁右边部分的向上剪力、顺时针方向的弯矩、向下的挠度、顺时针的转角等均为正, 反之为负。

1.5 机械加工一般标准和规范

1.5.1 标准尺寸

表 1-23

标准尺寸 (GB2822-81)

(mm)

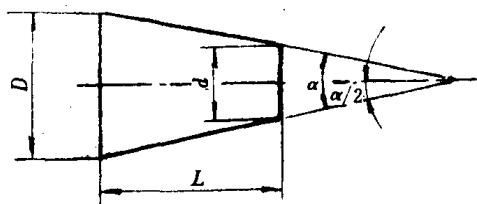
0.1~1.0				10~100						100~1000						1000~10000		
R		R _s		R			R _s			R			R _s			R		
R10	R20	R _s 10	R _s 20	R10	R20	R40	R _s 10	R _s 20	R _s 40	R10	R20	R40	R _s 10	R _s 20	R _s 40	R10	R20	R40
0.100	0.100	0.10	0.10							100	100	100	100	100	100	1000	1000	1000
	0.112		0.11									106		105				1060
0.125	0.125	0.12	0.12	10.0	10.0		10	10			112			110			1120	
	0.140		0.14		11.2			11				118		120			1180	
0.160	0.160	0.16	0.16							125	125	125	125	125	125	1250	1250	1250
	0.180		0.18	12.5	12.5	12.5	12	12	12			132		130				1320
0.200	0.200	0.20	0.20		13.2	14.0					140			140			1400	
	0.224		0.22		14.0	15		14	14			140		140			1400	
0.250	0.250	0.25	0.25						15			150		150			1500	
	0.280		0.28							160	160	160	160	160	160	1600	1600	1600
0.315	0.315	0.30	0.30	16.0	16.0	16.0	16	16	16			170		170				1700
	0.355		0.35			17.0			17			180		180			1800	
0.400	0.400	0.40	0.40		18.0	18.0		18	18		180			180			1800	
	0.450		0.45			19.0			19			190		190			1900	
0.500	0.500	0.50	0.50							200	200	200	200	200	200	2000	2000	2000
	0.560		0.55	20.0	20.0	20.0	20	20	20			212		210				2120
0.630	0.630	0.60	0.60		21.2				21			224		220			2240	
	0.710		0.70		22.4			22	22			236		240			2360	
0.800	0.800	0.80	0.80		23.6				24									
	0.900		0.90							250	250	250	250	250	250	2500	2500	2500
1.000	1.000	1.00	1.00	25.0	25.0	25.0	25	25	25			265		260				2650
1.0~10.0					26.5				26			280		280			2800	
					28.0	28.0		28	28			300		300			3000	
					30.0				30									
R		R _s		31.5	31.5	31.5	32	32	32	315	315	315	320	320	320	3150	3150	3150
					33.5				34			335		340				3350
					35.5	35.5		36	36			355		360			3550	
					37.5				38			375		380			3750	
1.00	1.00	1.0	1.0	40.0	40.0	40.0	40	40	40	400	400	400	400	400	400	4000	4000	4000
	1.12		1.1			42.5			42			425		420				4250
1.25	1.25	1.2	1.2		45.0	45.0		45	45		450			450			4500	
	1.40		1.4			47.5			48			475		480			4750	
1.60	1.60	1.6	1.6							500	500	500	500	500	500	5000	5000	5000
	1.80		1.8	50.0	50.0	50.0	50	50	50			530		530				5300
2.00	2.00	2.0	2.0			53.0			53			560		560			5600	
	2.24		2.2		56.0	56.0		56	56			600		600			6000	
2.50	2.50	2.5	2.5			60.0			60									
	2.80		2.8							630	630	630	630	630	630	6300	6300	6300
3.15	3.15	3.0	3.0	63.0	63.0	63.0	63	63	63			670		670				6700
	3.55		3.5			67.0			67			710		710			7100	
4.00	4.00	4.0	4.0		71.0	71.0		71	71			750		750			7500	
	4.50		4.5			75.0			75									
5.00	5.00	5.0	5.0							800	800	800	800	800	800		8000	
	5.60		5.5	80.0	80.0	80.0	80	80	80			850		850				8500
6.30	6.30	6.0	6.0			85.0			85			900		900			9000	
	7.10		7.0		90.0	90.0		90	90			950		950				9500
8.00	8.00	8.0	8.0			95.0			95									
	9.00		9.0							1000	1000	1000	1000	1000	1000	10000	10000	10000
10.00	10.00	10.0	10.0	100.0	100.0	100.0	100	100	100									

- 注: 1. 标准规定0.01~20000mm范围内机械制造业中常用的标准尺寸(直径、长度、高度等)系列(本表仅摘录0.1~10000mm),适用于有互换性或系列化要求的主要尺寸(如安装、连接尺寸,有公差要求的配合尺寸,决定产品系列的公称尺寸),其它结构尺寸也应尽量采用。对已有专用标准规定的尺寸,可按专用标准选用。
2. 选择系列及单个尺寸时,应首先在优先数系R系列按照R10、R20、R40的顺序,优先选用公比较大的基本系列及其单值。如必须将数值圆整,可在相应的R_s系列(选用优先数化整值系列制订的标准尺寸系列)中选用标准尺寸,其优选顺序为R_s10、R_s20、R_s40。
3. R_s系列中的黑体字,为R系列相应各项优先数的化整值。

1.5.2 标准锥度

表 1—24

标准锥度 (GB175—83)



$$C = \frac{D-d}{L} = 2 \tan \frac{\alpha}{2}$$

一般用途的圆锥				
基本值		推算值		
系列 1	系列 2	锥角 α		锥度 C
120°	75°	—	—	1: 0.288675
90°		—	—	1: 0.500000
60°		—	—	1: 0.651613
45°		—	—	1: 0.866025
30°		—	—	1: 1.207107
1: 3		—	—	1: 1.866025
	1: 4	18° 55' 28.7"	18.924644°	—
		14° 15' 0.1"	14.250033°	—
1: 5		11° 25' 16.3"	11.421186°	—
		9° 31' 38.2"	9.527283°	—
		8° 10' 16.4"	8.171234°	—
		7° 9' 9.6"	7.152669°	—
1: 10	1: 12	5° 43' 29.3"	5.724810°	—
		4° 46' 18.8"	4.771888°	—
		3° 49' 5.9"	3.818305°	—
1: 20		2° 51' 51.1"	2.864192°	—
1: 30		1° 54' 34.9"	1.909682°	—
		1° 25' 56.4"	1.432320°	—
1: 50	1: 40	1° 8' 45.2"	1.145877°	—
1: 100		34' 22.6"	0.572953°	—
1: 200		17' 11.3"	0.286473°	—
1: 500		6' 52.5"	0.114592°	—

特殊用途的圆锥

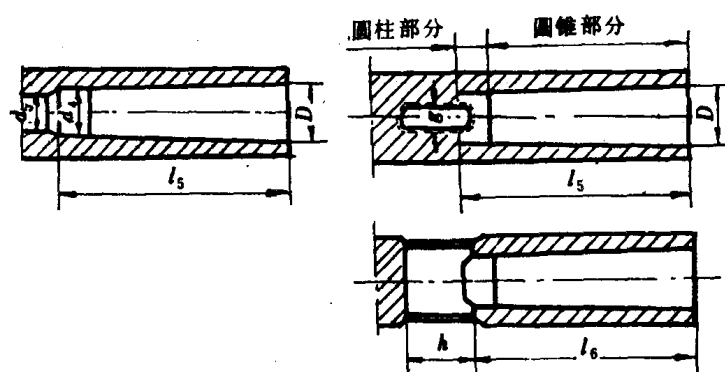
基本数值	推算值			用途
	锥角 α		锥度 C	
7: 24	16° 35' 39.4"	16.594290°	1: 3.428571	机床主轴、工具配合
1: 9	6° 21' 34.8"	6.359660°	—	电池接头
1: 19.002	3° 0' 52.4"	3.014554°	—	莫氏锥度 No.5
1: 19.180	2° 59' 11.7"	2.986590°	—	莫氏锥度 No.6
1: 19.212	2° 58' 53.8"	2.981618°	—	莫氏锥度 No.0
1: 19.254	2° 58' 30.4"	2.975117°	—	莫氏锥度 No.4
1: 19.922	2° 52' 31.4"	2.875402°	—	莫氏锥度 No.3
1: 20.020	2° 51' 40.8"	2.861332°	—	莫氏锥度 No.2
1: 20.047	2° 51' 26.9"	2.857480°	—	莫氏锥度 No.1

1.5.3 内圆锥

表 1—25

内 圆 锥 (GR2—60)

(mm)



圆锥符号		D	d_4	d_5	l_5	l_6	g	h
莫	0	9.045	6.7		52	49	4.1	15
	1	12.065	9.7	7	56	52	5.4	19
	2	17.780	14.9	11.5	67	63	6.6	22
	3	23.825	20.2	14	84	78	8.2	27
	4	31.267	26.5	16	107	98	12.2	32
	5	44.399	38.2	20	135	125	16.2	38
氏	6	63.348	54.8	27	187	177	19.3	47
米	4	4	3		25	21	2.5	8
	6	6	4.6		34	29	3.5	12
	80	80	71.4	33	202	186	26.3	52
	100	100	89.9	39	240	220	32.3	60
	120	120	108.4	39	276	254	38.3	68
	(140)	140	126.9	39	312	286	44.3	76
	160	160	145.4	52	350	321	50.3	84
	200	200	182.4	52	424	388	62.3	100

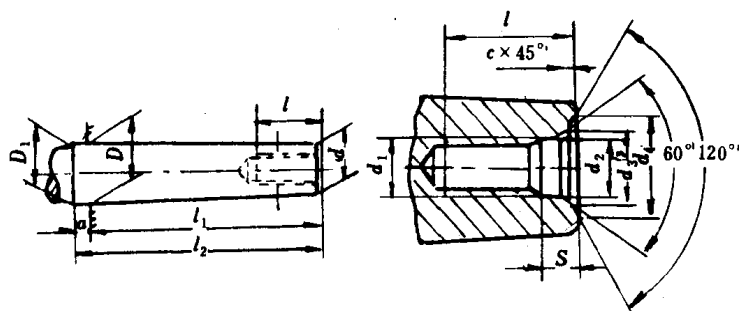
注：括号内尺寸尽可能不采用。

1.5.4 不带扁尾的外圆锥

表 1—26

不带扁尾的外圆锥(GR2—60)

(mm)



尾部放大图

圆锥符号		D	D_1	d	l_1	l_2	a	d_1	d_2	d_3	d_4	s	c	l (不小于)
莫氏	0	9.045	9.212	6.453	49.8	53	3.2						0.25	
	1	12.065	12.240	9.396	53.5	57	3.5	M6	6.4	8	8.5	3.5	0.25	16
	2	17.780	17.980	14.583	64.0	68	4.0	M10	10.5	12.5	13.2	4.5	0.4	24
	3	23.825	24.051	19.784	80.5	85	4.5	M12	12.5	15	17.5	6	0.8	28
	4	31.267	31.542	25.933	102.7	108	5.3	M14	15	19	22	8	1.5	32
	5	44.399	44.731	37.573	129.7	136	6.3	M18	19	24	28	10	2	40
米制	6	63.348	63.760	53.905	181.1	189	7.9	M24	25	31	36	11	3	50
	4	4	4.1	2.85	23	25	2						0.25	
	6	6	6.15	4.4	32	35	3						0.25	
	80	80	80.4	70.2	196	204	8	M30	31	38	45	14	3	65
	100	100	100.5	88.4	232	242	10	M36	37	45	52	15	3	80
	120	120	120.6	106.6	268	280	12	M36	37	45	52	15	3	80
	(140)	140	140.7	124.8	304	318	14	M36	37	45	52	15	3	80
	160	160	160.8	143.0	340	356	16	M48	50	60	68	18	3	100
	200	200	201.0	179.4	412	432	20	M48	50	60	68	18	3	100

注: 1. 括号内尺寸尽可能不用。

2. D_1 、 l_1 尺寸供参考。

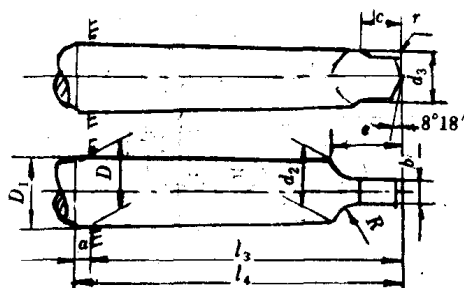
3. 带空刀 d_2 和 120° 护锥的工具圆锥, 用于在顶尖间刃磨的工具、检验工具和心轴。不要求有空刀和护锥的圆锥, 建议将 d_2 扩大到 d_3 。

1.5.5 带扁尾的外圆锥

表 1—27

带扁尾的外圆锥 (GR2—60)

(mm)



圆锥符号		D	D_1	d_2	d_3	l_3	l_4	a	b	e	c	R	r
莫氏	0	9.045	9.212	6.115	5.9	56.3	59.5	3.2	3.9	10.5	6.5	4	1
	1	12.065	12.240	8.972	8.7	62.0	65.5	3.5	5.2	13.5	8.5	5	1.25
	2	17.780	17.980	14.059	13.6	74.5	78.5	4.0	6.3	16.5	10.5	6	1.5
	3	23.825	24.051	19.131	18.6	93.5	98.0	4.5	7.9	20.0	13.0	7	2
	4	31.267	31.542	25.154	24.6	117.7	123.0	5.3	11.9	24.0	15.0	9	2.5
	5	44.399	44.731	36.547	35.7	149.2	155.5	6.3	15.9	30.5	19.5	11	3
氏制	6	63.348	63.760	52.419	51.3	209.6	217.5	7.9	19.0	45.5	28.5	17	4
	80	80	80.4	69	67	220	228	8	26	47	24	23	5
	100	100	100.5	87	85	260	270	10	32	58	28	30	6
	120	120	120.6	105	103	300	312	12	38	68	32	36	6
	(140)	140	140.7	123	121	340	354	14	44	78	36	42	8
	160	160	160.8	141	139	380	396	16	50	88	40	48	8
	200	200	201.0	177	175	460	480	20	62	108	48	60	10

注: 1. 括号内尺寸尽可能不用。

2. D_1 、 d_2 、 l_3 尺寸供参考。

1.5.6 工具圆锥的锥度、锥角、斜角

表 1—28

工具圆锥的锥度、锥角、斜角 (GR2—60)

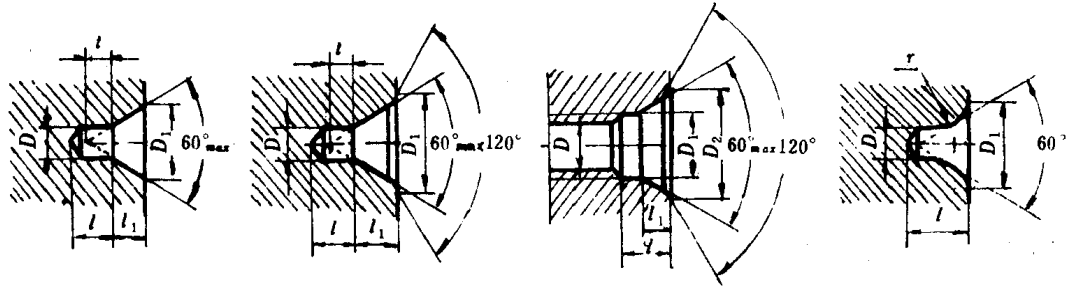
圆锥符号		锥 度	锥角 2α	斜角 α	圆锥符号		锥 度	锥角 2α	斜角 α
莫氏	0	1: 19.212 = 0.05205	2° 58' 54"	1° 29' 27"	氏制	4	1: 20 = 0.05	2° 51' 51"	1° 25' 56"
	1	1: 20.047 = 0.04988	2° 51' 26"	1° 25' 43"		6			
	2	1: 20.020 = 0.04995	2° 51' 41"	1° 25' 50"		80			
	3	1: 19.922 = 0.05020	2° 52' 32"	1° 26' 16"		100			
	4	1: 19.254 = 0.05194	2° 58' 31"	1° 29' 15"		120			
	5	1: 19.002 = 0.05263	3° 00' 53"	1° 30' 26"		(140)			
氏制	6	1: 19.180 = 0.05214	2° 59' 12"	1° 29' 36"		160			
						200			

1.5.7 中心孔

表 1—29

中 心 孔 (GB145—85)

(mm)



A 型

B 型

C 型

R 型

A 型				C 型				
D	D ₁	参 考		D	D ₁	D ₂	l	参 考
		l ₁	l					l ₁
(0.50)	1.06	0.48	0.5	M3	3.2	5.8	2.6	1.8
(0.63)	1.32	0.60	0.6	M4	4.3	7.4	3.2	2.1
(0.80)	1.70	0.78	0.7	M5	5.3	8.8	4.0	2.4
1.00	2.12	0.97	0.9	M6	6.4	10.5	5.0	2.8
(1.25)	2.65	1.21	1.1	M8	8.4	13.2	6.0	3.3
1.60	3.35	1.52	1.4	M10	10.5	16.3	7.5	3.8
2.00	4.25	1.95	1.8	M12	13.0	19.8	9.5	4.4
2.50	5.30	2.42	2.2	M16	17.0	25.3	12.0	5.2
3.15	6.70	3.07	2.8	M20	21.0	31.3	15.0	6.4
4.00	8.50	3.90	3.5	M24	25.0	38.0	18.0	8.0
(5.00)	10.60	4.85	4.4	R 型				
6.30	13.20	5.98	5.5	D	D ₁	l _{min}	r	
(8.00)	17.00	7.79	7.0				max	min
10.00	21.20	9.70	8.7	1.00	2.12	2.3	3.15	2.50
B 型				(1.25)	2.65	2.8	4.00	3.15
1.00	3.15	1.27	0.9	1.60	3.35	3.5	5.00	4.00
(1.25)	4.00	1.60	1.1	2.00	4.25	4.4	6.30	5.00
1.60	5.00	1.99	1.4	2.50	5.30	5.5	8.00	6.30
2.00	6.30	2.54	1.8	2.15	6.70	7.0	10.00	8.00
2.50	8.00	3.20	2.2	4.00	8.50	8.9	12.50	10.00
3.15	10.00	4.03	2.8	(5.00)	10.60	11.2	16.00	12.50
4.00	12.50	5.05	3.5	6.30	13.20	14.0	20.00	16.00
(5.00)	16.00	6.41	4.4	(8.00)	17.00	17.9	25.00	20.00
6.30	18.00	7.36	5.5	10.00	21.20	22.5	31.50	25.00
(8.00)	22.40	9.36	7.0					
10.00	28.00	11.66	8.7					

2.1 图纸幅面尺寸 (GB4457.1—84)

2.1.1 图纸幅面尺寸

绘制图样时, 优先采用表 2—1 中规定的幅面尺寸, 必要时可以沿长边加长。A₀、A₂、A₄ 幅面的加长量应按 A₀ 幅面长边的八分之一的倍数增加; A₁、A₃ 幅面的加长量应按 A₀ 幅面短边的四分之一的倍数增加, 见图 2—1 中细实线部分。A₀ 及 A₁ 幅面也允许同时加长两边, 见图 2—1 中虚线部分。

表 2—1 图 纸 幅 面 尺 寸 (mm)

幅面代号	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
B×L	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297	148×210
a	25					
c	10			5		
e	20		10			

2.1.2 图框格式

需装订的图样, 图框格式如图 2—2 所示, 尺寸按表 2—1 中规定。一般采用 A₄ 幅面竖装或 A₃ 幅面横装。不装订的图样, 其图框格式见图 2—3 所示。

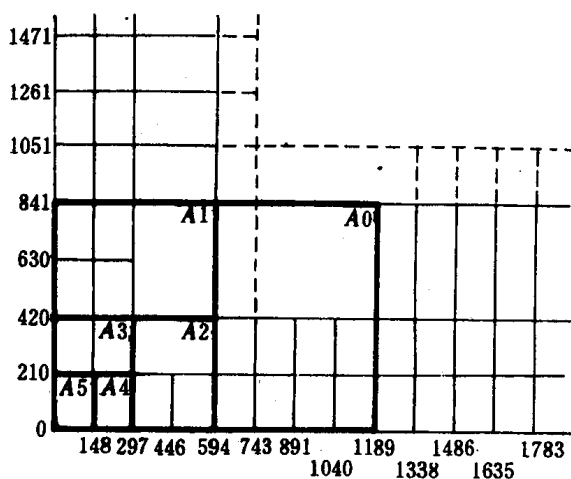


图 2—1

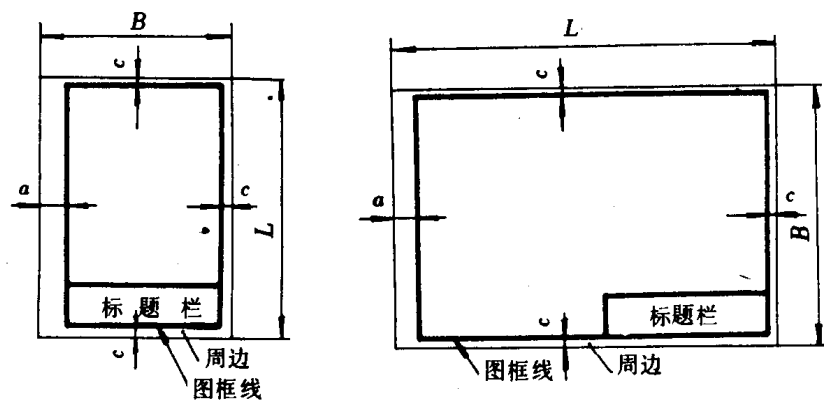


图 2—2

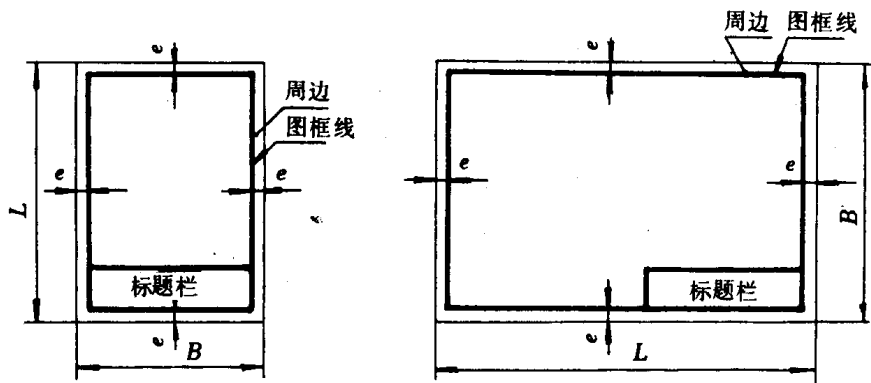


图 2—3

2.2 比例 (GB4457·2—84)

绘制图样时，一般应按表 2—2 中规定的比例。

表 2—2 比 例

与实物相同	1:1
缩小的比例	1:1.5 1:2 1:2.5 1:3 1:4 1:5 1:10 ⁿ 1:1.5×10 ⁿ 1:2×10 ⁿ 1:2.5×10 ⁿ 1:5×10 ⁿ
放大的比例	2:1 2.5:1 4:1 5:1 (10×n):1

注: n 为正整数。

绘制同一机件的各个视图应采用相同的比例，并在标题栏的比例一栏中填写，例如 1:1。当某个视图需要采用不同的比例时，必须另行标注，如图 2—4 所示。当图形中孔的直径或薄片的厚度等于或小于 2mm 以及斜度和锥度较小时，可不按比例而夸大画出。在表格图或空白图中不必标注比例。

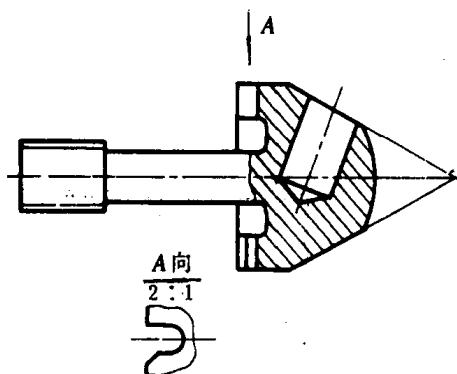


图 2—4 另行标注比例

2.3 图线 (GB4457·4—84)

表 2—3

图线的型式及应用

图线名称	图线型式及代号	图线宽度	一般应用
粗实线	————	b	可见轮廓线、可见过渡线
细实线	————	约 b/3	尺寸线及尺寸界线、剖面线、重合剖面轮廓线、螺纹的牙底线及齿轮的齿根线、引出线、分界线及范围线、弯折线、辅助线、不连续的同一表面的连线、成规律分布的相同要素的连线。
波浪线	~~~~~	约 b/3	断裂处的边界线、视图和剖视的分界线
双折线	———	约 b/3	断裂处的边界线
虚线	- - - - -	约 b/3	不可见轮廓线、不可见过渡线
细点划线	—— · ——	约 b/3	轴线、对称中心线、轨迹线、节圆及节线
粗点划线	—— · ——	b	有特殊要求的线或表面的表示线
双点划线	—— · · ——	约 b/3	相邻辅助零件的轮廓线、极限位置的轮廓线、坯料的轮廓线或毛坯图中成品的轮廓线、假想投影轮廓线、试验或工艺结构（成品上不存在）的轮廓线、中断线

2.4 剖面符号 (GB4457·5—84)

在剖视和剖面图中，应采用表 2—4 中规定的剖面符号。

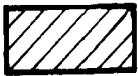
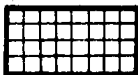
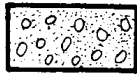
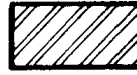
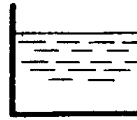
2.5 图样画法 (GB4458·1—84)

2.5.1 视图

基本投影面规定为正六面体的六个面，各投影面的展开方法见图 2—5。基本视图的配置关系见图 2—6。

表 2—4

剖 面 符 号

金属材料（有规定者除外）			木质胶合板	
线圈绕组元件			基础周围泥土	
转子、电枢、变压器、电抗器等迭钢片			混凝土	
非金属材料			钢筋混凝土	
型砂、填砂、粉末冶金、砂轮陶瓷及硬质合金刀片等			砖	
玻璃及供观察用的其它透明材料			格网（筛网、滤网）	
木材	纵剖面		液体	
	横剖面			

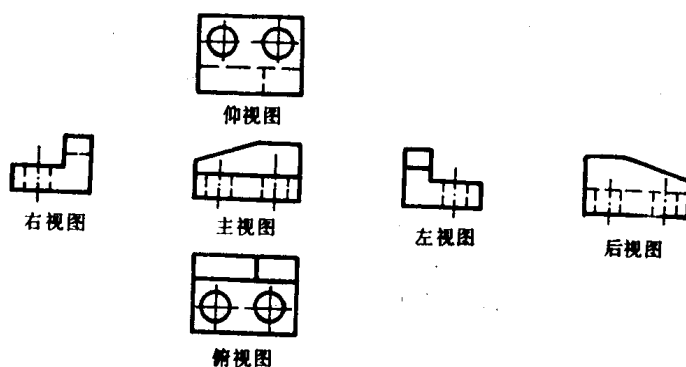
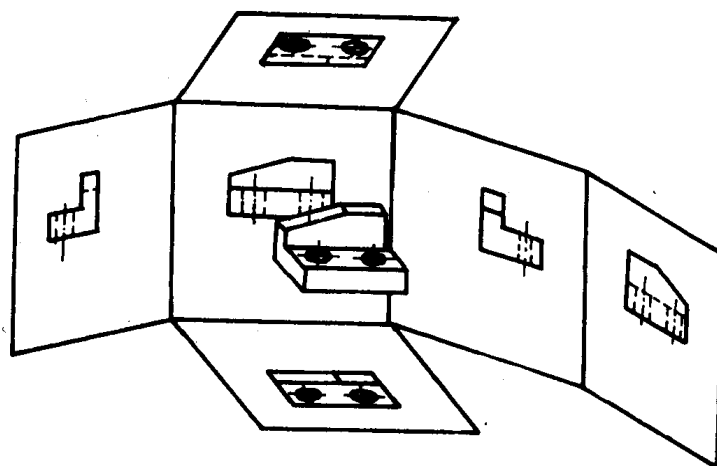


图 2—6

2.5.2 剖视

①剖视图见图 2—7。

②单一剖切面见图 2—7 至 2—9。一般用平面剖切机件，也可用柱面剖切机件，此时剖视图应按展开绘制（图 2—10: B—B）。

③两相交的剖切平面（交线垂直于某一基本投影面），用两相交的剖切平面剖开机件的方法称为旋转剖，见图 2—11、2—12。

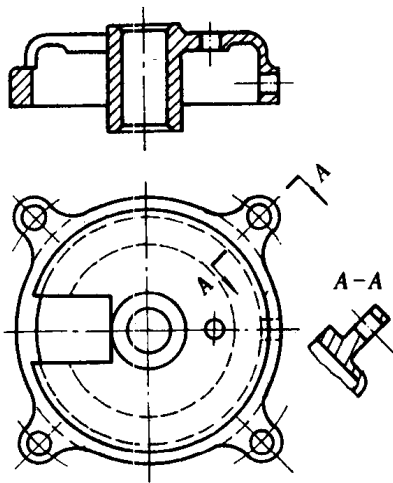


图 2—7

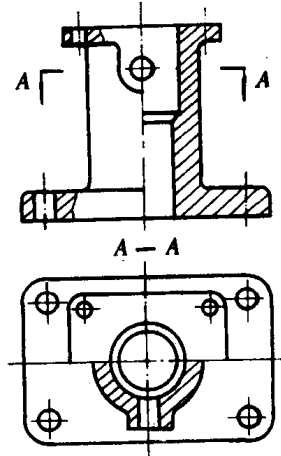


图 2—8

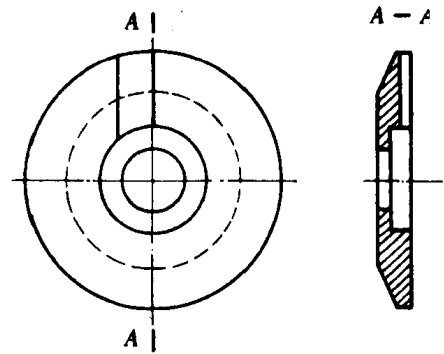


图 2—9

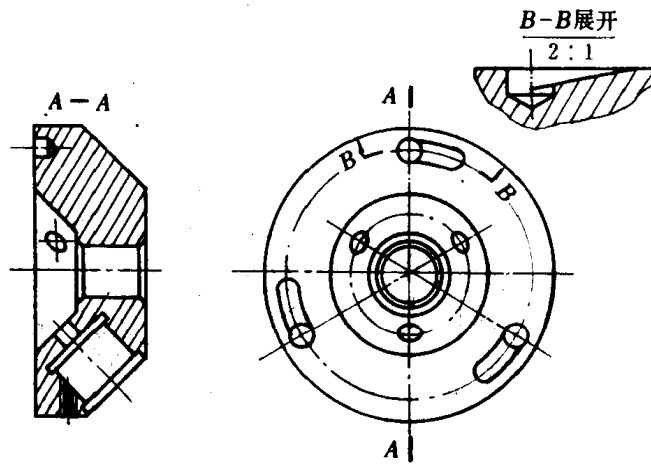


图 2—10

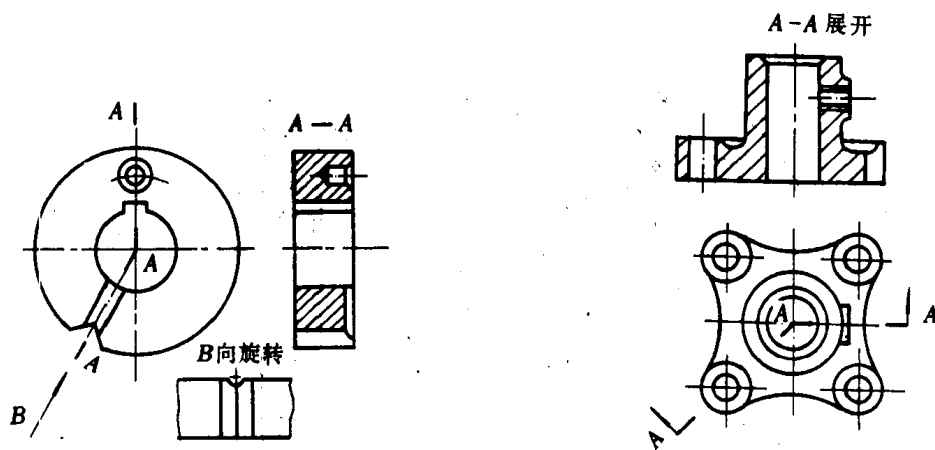


图 2—11

图 2—12

④阶梯剖 阶梯剖见图 2—13。采用这种方法，在图内不应出现不完整的要素。当两个要素在图形上具有公共对称中心线或轴线时，可以各画一半，此时应以对称中心线或轴线为界（图 2—14）。

⑤复合剖 复合剖见图 2—15、2—16。采用这种方法画剖视图时，可采用展开画法，此时应标注“× 展开”，见图 2—17。

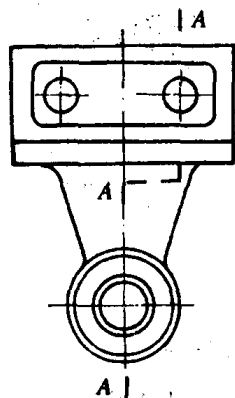


图 2—13

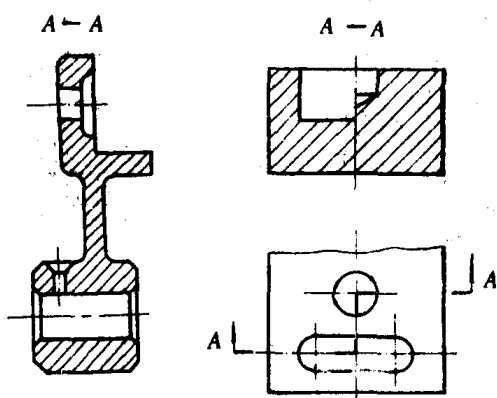


图 2—14

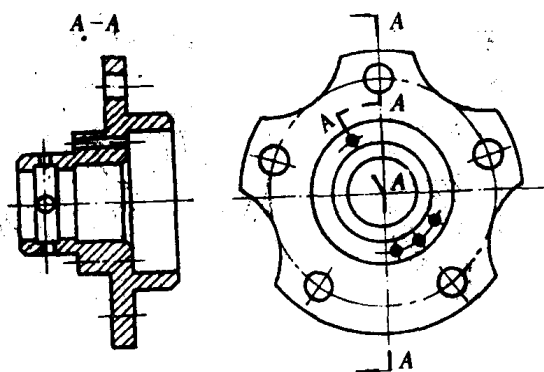


图 2—15

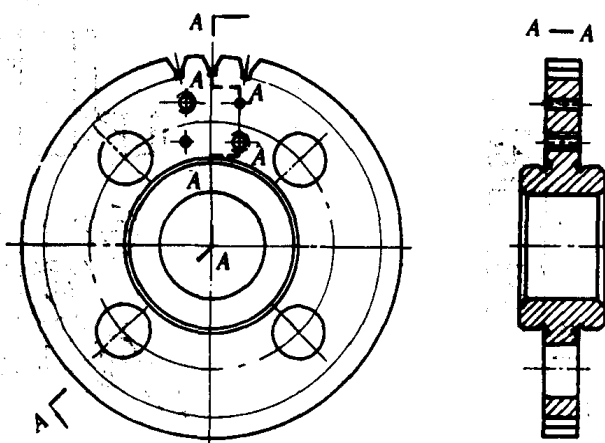


图 2—16

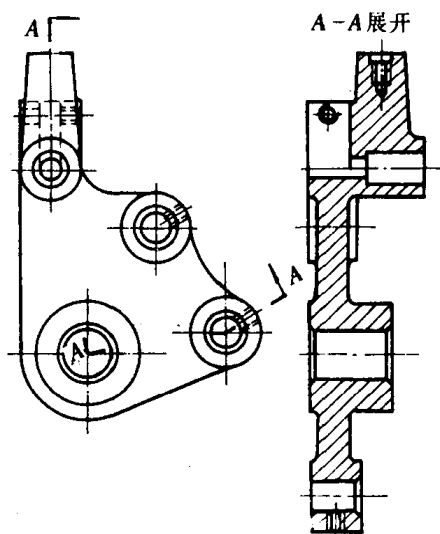


图 2—17

⑥斜剖 用不平行于任何基本投影面的剖切平面剖开机件的方法称为斜剖，见图 2—18: B—B；图 2—19: A—A 旋转。当不致引起误解时，允许将图形旋转标注形式为“×—× 旋转”（图 2—19: A—A 旋转）。

⑦全剖视图 全剖视图是用剖切平面完全地剖开机件所得的剖视图（图 2—15: A—A；图 2—18: B—B）。

⑧半剖视 当机件对称时可以对称中心线为界，一半画成半剖，另一半画成视图（图 2—8）。当机件形状接近对称时，且不对称部分已另有图形表达清楚时，也可画成半剖视（图 2—20、2—21）。

⑨局部剖视 局部剖视见图 2—7: A—A、图 2—22，剖视图用波浪线分界，波浪线不应与图样上其它图线重合。当被剖结构为回转体时，允许将该结构的中心线作为局部剖视与视图的分界线（图 2—23）。

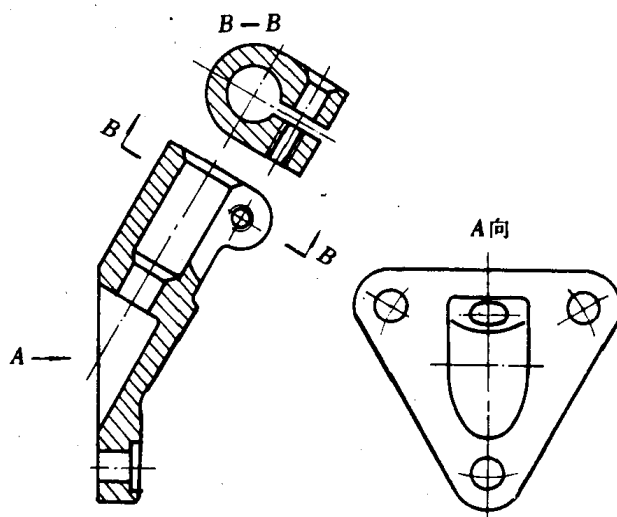


图 2—18

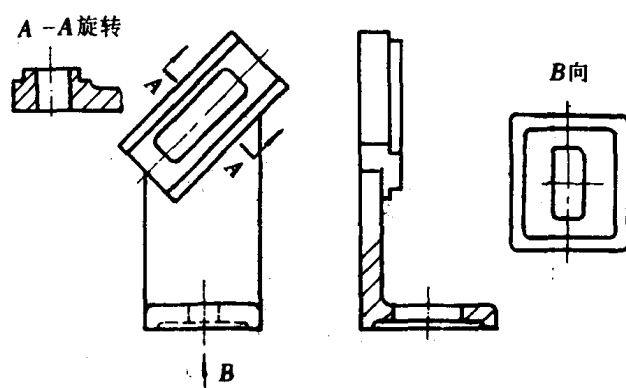


图 2—19

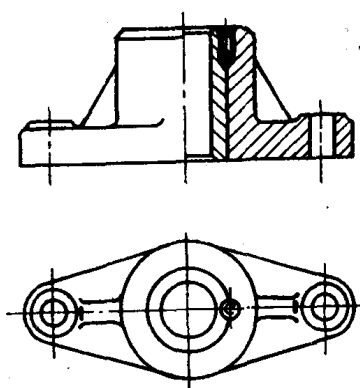


图 2—20

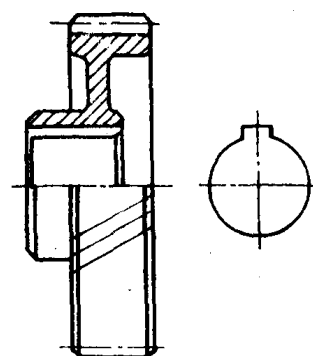


图 2—21



图 2—22

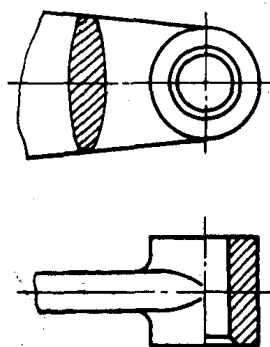


图 2—23

2.5.3 剖面

假想用剖切平面将机件的某处切断，仅画出断面的图形（图 2—24）称剖面图。剖面图分为移出剖面（图 2—24、2—25）和重合剖面（图 2—26）。移出剖面的轮廓线用粗实线绘制（图 2—24、2—25），重合剖面的轮廓线用细实线绘制。当视图中的轮廓线与重合剖面的图形重迭时，视图中的轮廓线仍应连续画出，不可间断（图 2—26）。必要时，可将移出剖面配置在其它适当位置。在不引起误解的前提下，允许将图形旋转，其标注形式见图 2—27。

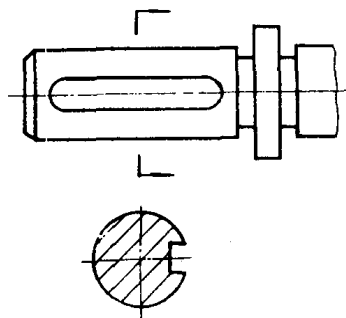


图 2—24

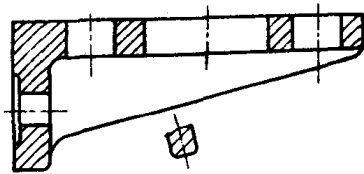


图 2—25

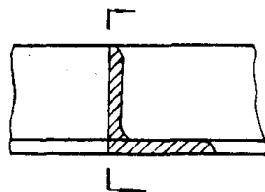


图 2—26

移出剖面一般用剖切符号表示，用箭头表示投影方向，并注上字母，在剖面图的上方应用同样的字母标出相应的名称“×—×”（图 2—28A—A）。

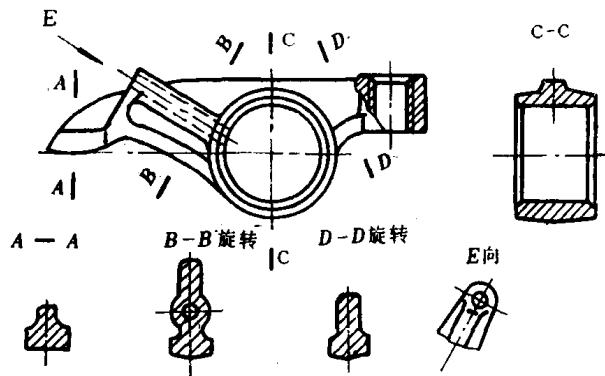


图 2—27

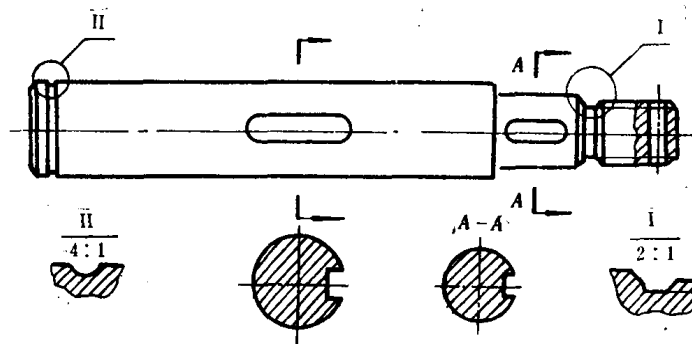


图 2—28

2.5.4 局部放大图

局部放大图——将机件的部分结构，用大于原图形所采用的比例画出的图形。局部放大图可画成视图、剖视、剖面，它与被放大部分的表达方式无关（图 2—28）。局部放大图应尽量配置在被放大部位的附近。绘制局部放大图时，除螺纹牙型、齿轮和链轮的齿形外，应按图 2—28、2—29 用细实线圈出被放大的部位。当同一机件上有几个被放大的部分时，必须用罗马数字依次标明被放大的部位，并在局部放大图的上方标注出相应的罗马数字和所采用的比例（图 2—28）。当机件上被放大的部分仅一个时，在局部放大图的上

方只需注明所采用的比例（图 2—29）。同一机件上不同部位的局部放大图，当图形相同或对称时，只需画出一个（图 2—30）。必要时可用几个图形来表达同一个被放大部分的结构（图 2—31）。

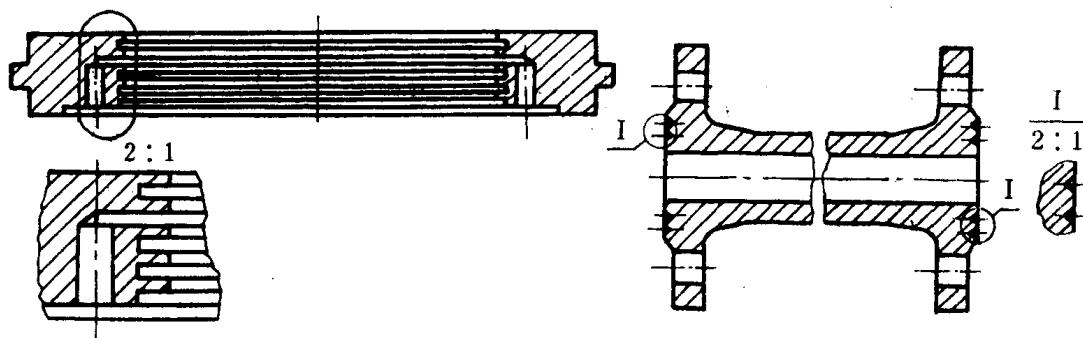


图 2—29

图 2—30

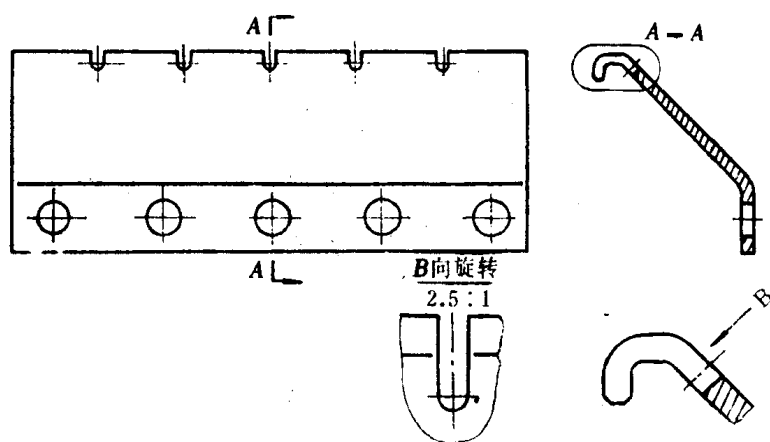
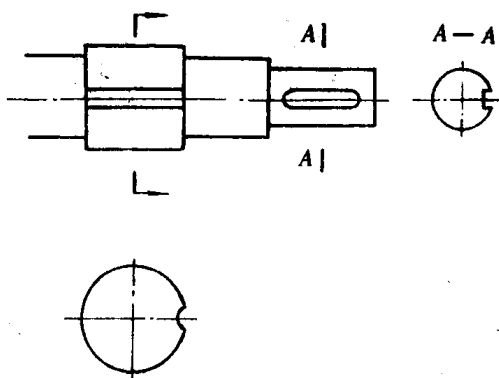


图 2—31

2.5.5 简化画法

不致引起误解时，零件图中的移出剖面，允许省略剖面符号，但剖切位置和剖面图的标注必须遵照规定（图 2—32）。



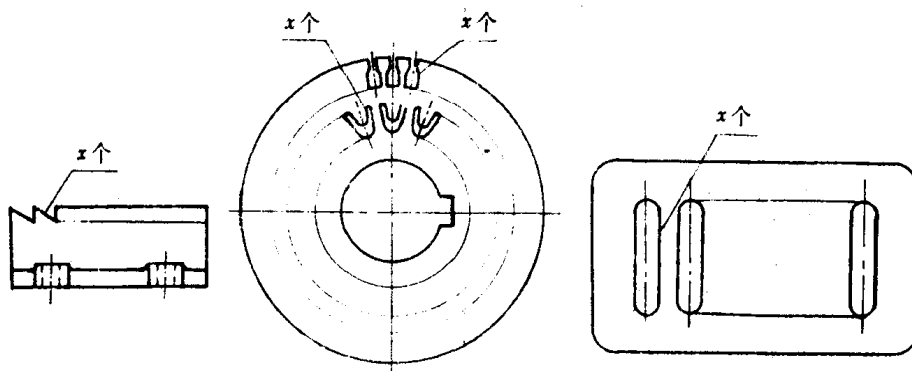


图 2—33

当机件具有若干相同结构（齿、槽等），并按一定规律分布时，只需画出几个完整的结构，其余用细实线连接，在零件图中则必须注明该结构的总数（图 12—33）。在剖视图中，类似牙嵌式离合器的齿等相同结构可按（图 2—34）表示。若干直径相同且成规律分布的孔（圆孔、螺孔、沉孔等），可以仅画出一个或几个，其余只需用点划线表示其中心位置（图 2—35、2—36），在零件图中应注明孔的总数。

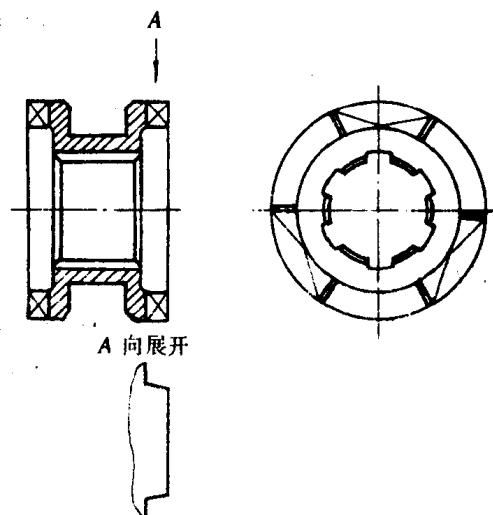


图 2—34

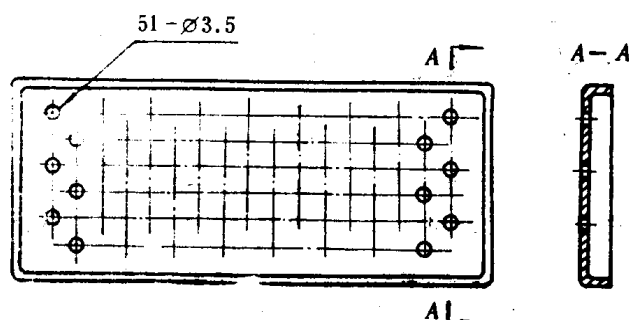


图 2—35

网状物、编织物或机件上的滚花部分，可在轮廓线附近用细实线示意画出，并在零件图上或技术要求中注明这些结构的具体要求（图 2—37、2—38）。

对于机件的肋、轮辐及薄壁等，如按纵向剖切，这些结构都不画剖面符号，而用粗实线将它与其邻接部

分分开。当零件回转体上均匀分布的肋、轮辐、孔等结构不处于剖切平面上时，可将这些结构旋转到剖切平面上画出（图 2—39、2—40）。

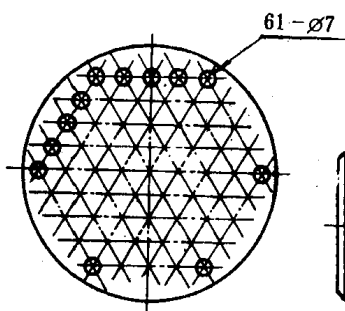


图 2—36

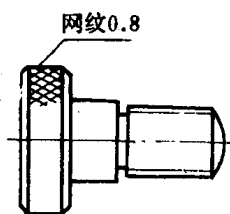


图 2—37

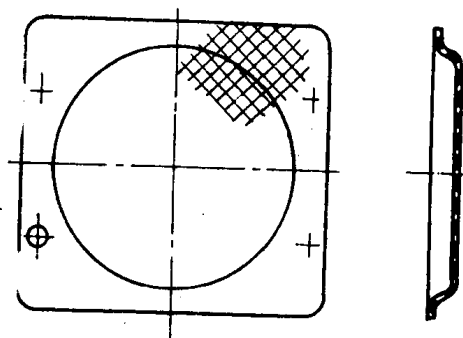


图 2—38

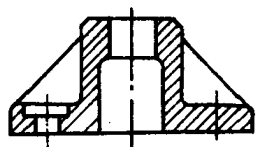


图 2—39

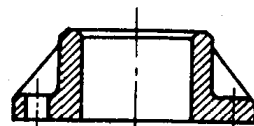
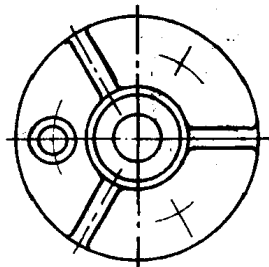


图 2—40

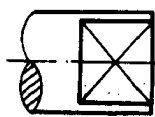
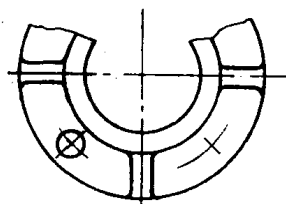


图 2—41

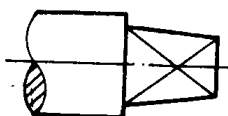


图 2—42

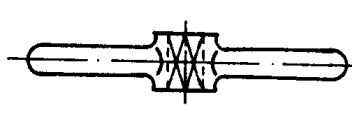


图 2—43

当图形不能充分表达平面时，可用平面符号（相交的两细实线）表示（图 2—34、2—41、2—42、2—43）。图形中的过渡线应按图 2—43 至 2—45、2—47 绘制。在不致引起误解时，过渡线、相贯线允许简化，例如用圆弧或直线代替非圆曲线（图 2—43、2—46、2—47）。在不致引起误解时，对于对称机件的视图可只画一半或四分之一，并在对称中心线的两端画出两条与其垂直的平行细实线（图 2—48、2—49）。较长的机件（轴、杆、型材、连杆等）沿长度方向的形状一致或按一定规律变化时，可断开后缩短绘制（图 2—50、2—51）。与投影面倾斜角度小于 30° 的圆或圆弧，其投影可以用圆或圆弧来代替（图 2—52）。

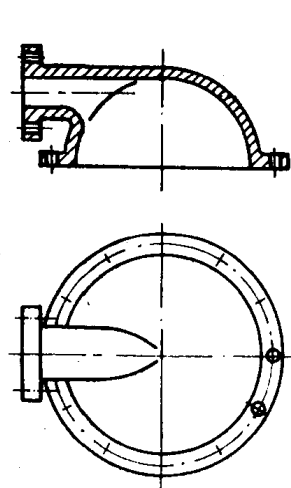


图 2—44

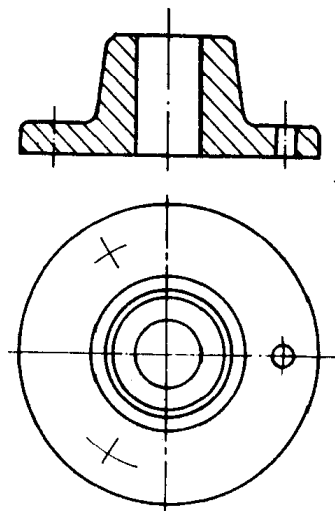


图 2—45

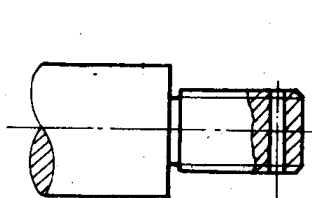


图 2—46

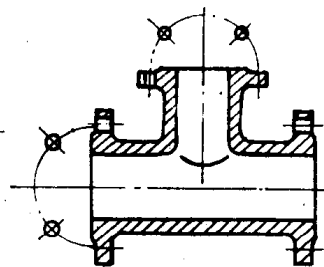


图 2—47

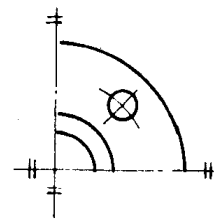


图 2—48

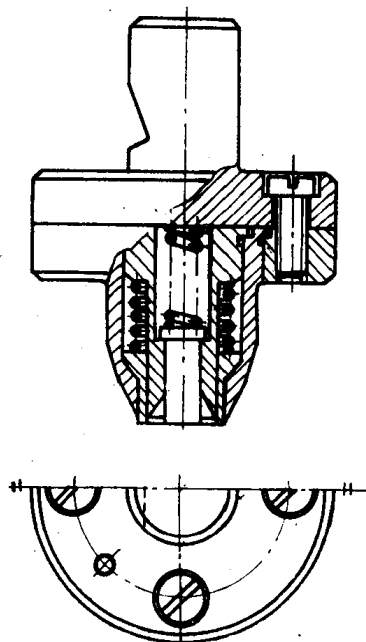


图 2—49

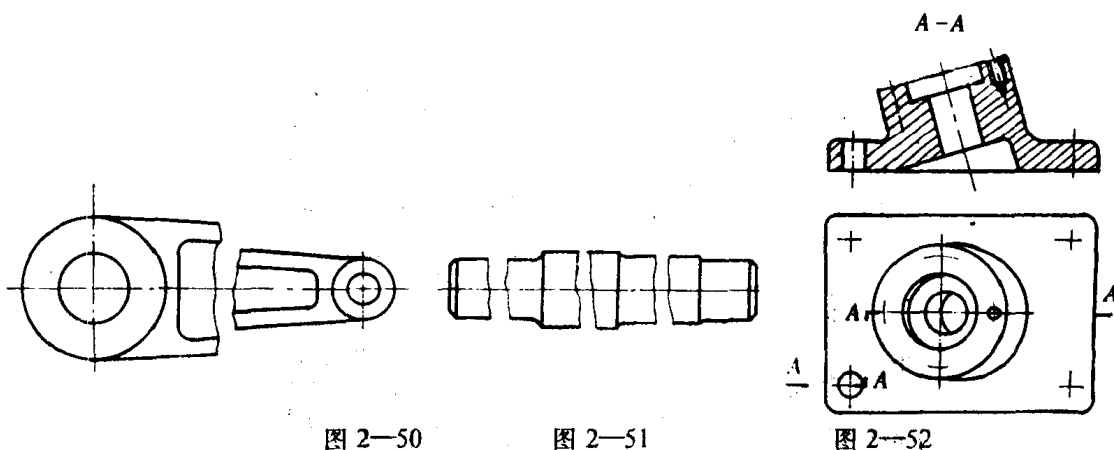


图 2—50

图 2—51

图 2—52

类似图 2—53、2—54 所示机件上较小的结构，如在一个图形中已表示清楚时，其它图形可简化或省略。在不致引起误解时，零件图中的小圆角、锐边的小倒圆或 45° 小倒角允许省略不画，但必须注明尺寸或在技术要求中加以说明（图 2—55、2—56、2—57）。机件上斜度不大的结构，如在一个图形中已表达清楚时，其它图形可按小端画出（图 2—58）。

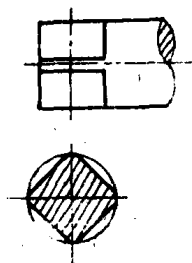


图 2—53

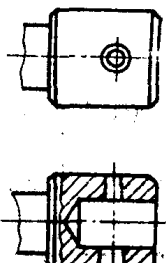


图 2—54

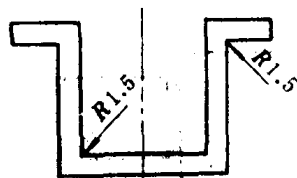


图 2—55



图 2—56

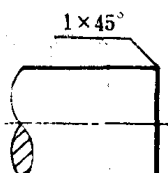


图 2—57

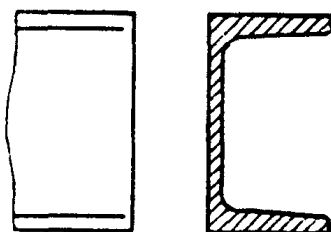


图 2—58

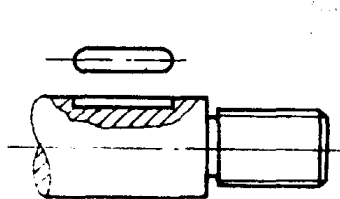


图 2—59

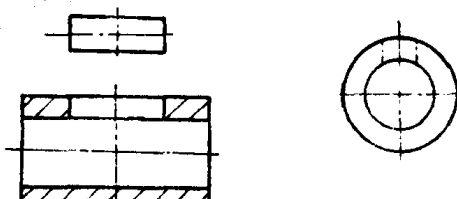


图 2—60

零件上对称结构的局部视图，可按（图 2—59、2—60）所示的方法绘制。圆柱形法兰和类似零件上均匀分布的孔可按（图 2—61）所示的方法表示（由机件外向该法兰端面方向投影）。用一系列剖面表示机件上较复杂的曲面时，可只画出剖面轮廓，并可配置在同一个位置上（图 2—61）。在锅炉、化工设备等装配图中，可用点划线表示密集的管子（图 2—62）。

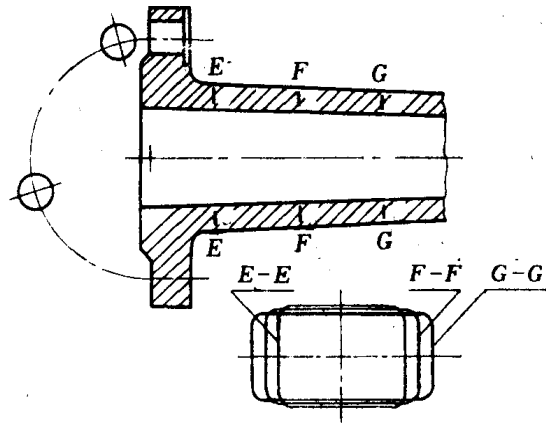


图 2—61

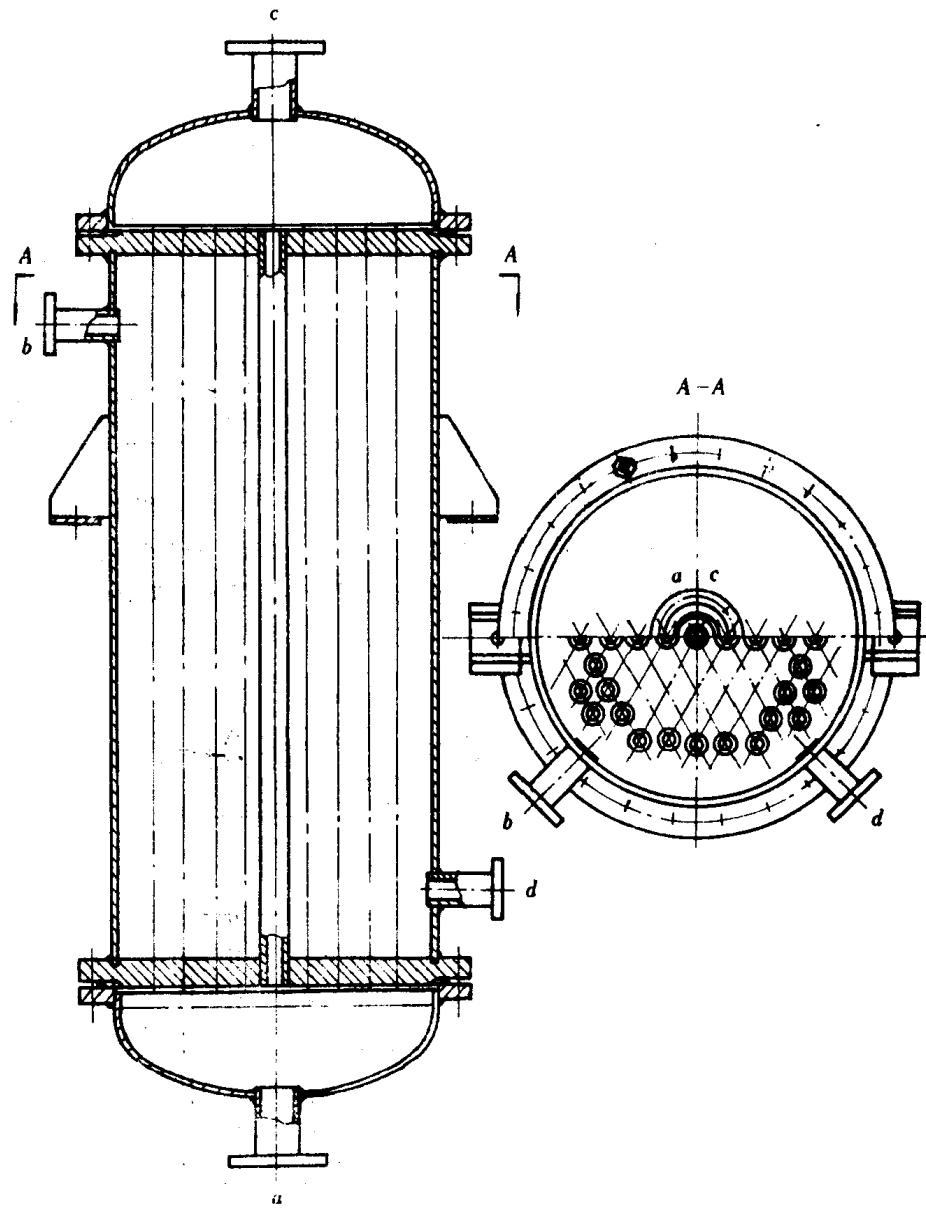


图 2—62

2.5.6 其它规定画法

由透明材料制成的物体，均按不透明物体绘制。对于供观察用的刻度、字体、指针、液面等，可按可见轮廓线绘制（图 2—63）。用双点划线绘制的相邻辅助零（部）件，一般不应遮盖其后面零（部）件（图 2—64）。在需要表示位于剖切平面前的结构时，这些结构按假想投影的轮廓线绘制（图 2—65）。

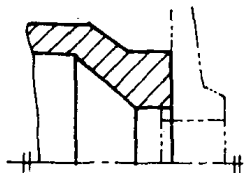
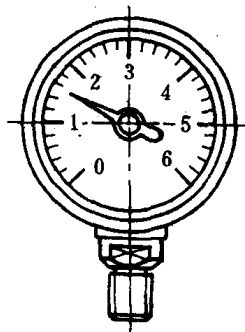


图 2—63

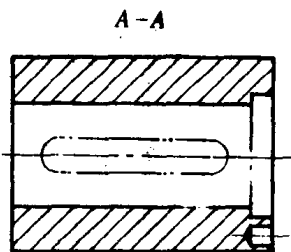
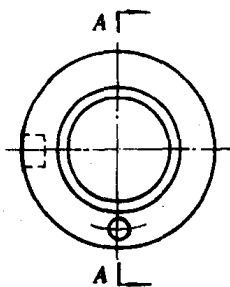


图 2—64

图 2—65

在剖视图的剖面中可再作一次局部剖，采用这种表达方法时，两个剖面的剖面线应同方向、同间隔，但要互相错开，并用引出线标注其名称（图 2—66、2—67）。当剖切位置明显时，也可省略标注。

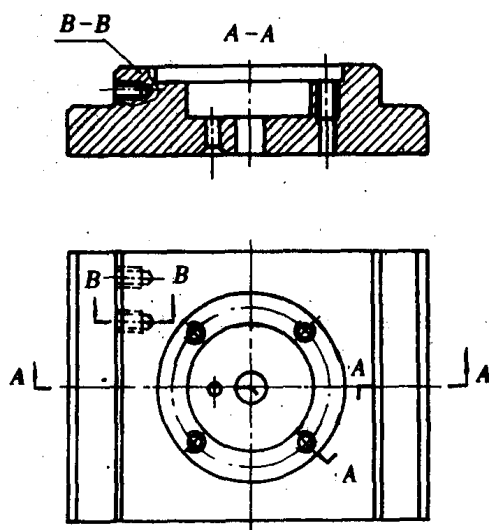


图 2—66

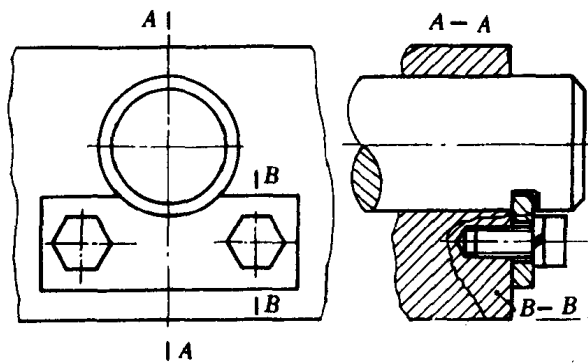


图 2—67

2.6 尺寸注法

2.6.1 尺寸数字

线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方，也允许注写在尺寸线的中断处（图 2—68）。线性尺寸数字的方向一般应采用图 2—69 所示的方向注写，尽可能避免在图示 30° 范围内标注，必要时可按图 2—70 的形式标注。对于非水平方向的数字，可水平地注写在尺寸线的中断处（图 2—71、2—72）。但在一张图样中，应尽可能采用前一种方法。

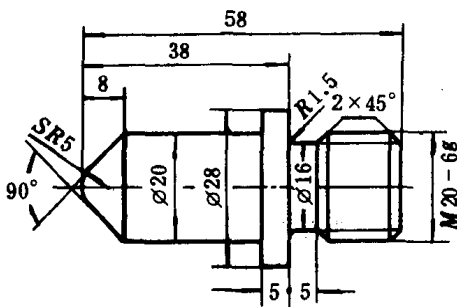


图 2—68

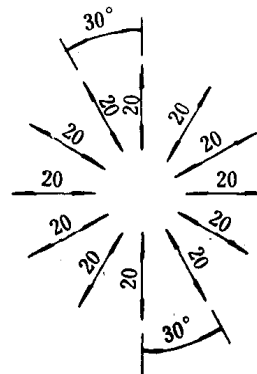


图 2—69

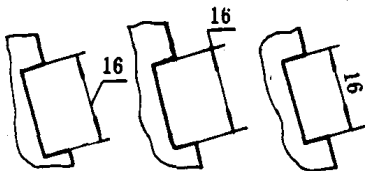


图 2—70

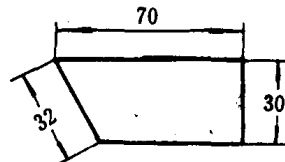


图 2—71

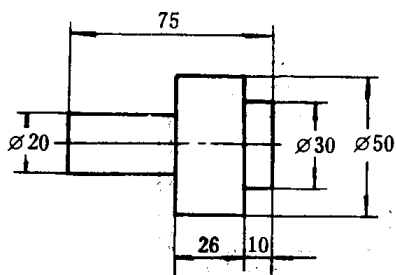


图 2—72

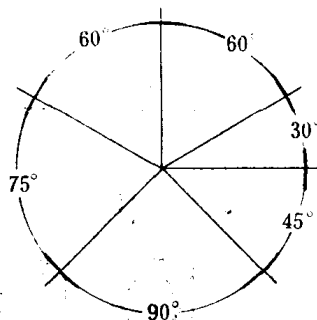


图 2—73

角度数字一律写成水平方向，注写在尺寸线中断处，必要时可按图 2—74 形式标注。尺寸数字不可被任何图线所通过，否则应将该图线断开（图 2—75）。

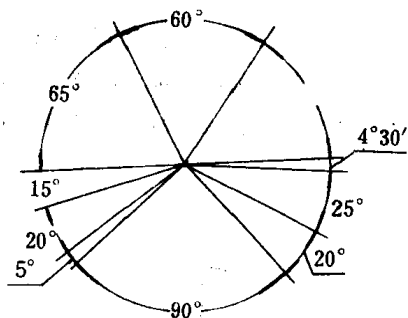


图 2—74

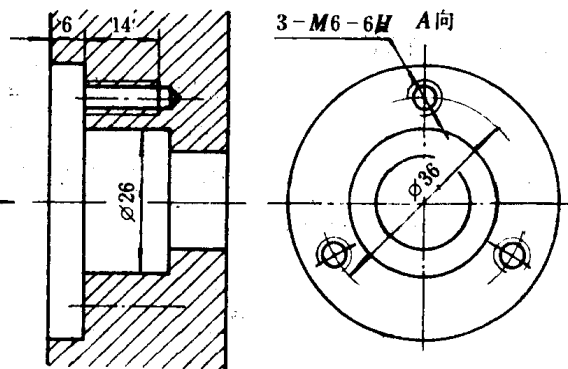


图 2—75

2.6.2 尺寸线

尺寸线用细实线绘制，其终端可用箭头（图 2—76）或斜线（细实线，见图 2—77）。此时尺寸线与尺寸界线必须互相垂直，图 2—78）。但同一张图样中只能采用一种尺寸线终端的形式。采用箭头时，在地方不够时，允许用圆点或斜线代替（图 2—83）。

标注线性尺寸时，尺寸线必须与所标注的线段平行。尺寸线不能用其它图线代替，一般也不得与其它图线重合或画在其延长线上。圆的直径和圆弧半径的尺寸线的终端应画成箭头，并按图 2—79 所示方法标注。当圆弧半径过大或在图纸范围内无法标出其圆心位置时，可按图 2—80a 的型式标注。若不需标出圆心位置时，可按图 2—80b 的型式标注。

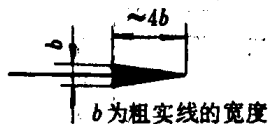


图 2—76

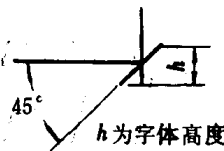


图 2—77

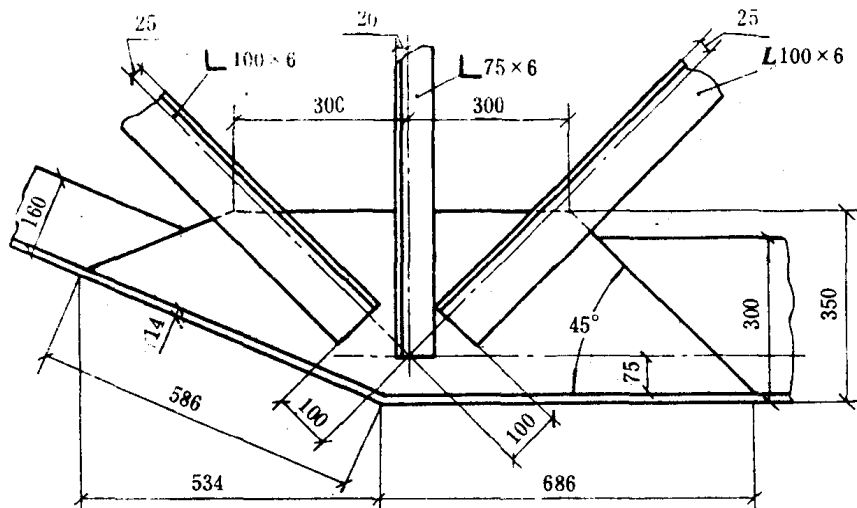


图 2—78

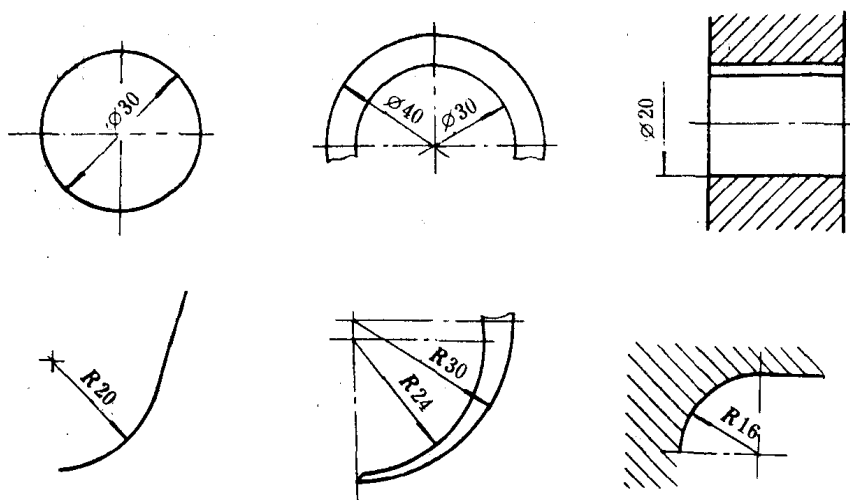


图 2—79

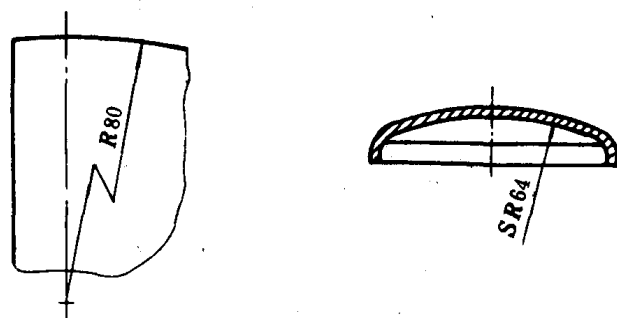


图 2—80

标注角度时，尺寸线应画成圆弧，其圆心是该角的顶点。当机件对称，图形只画一半或略大于一半时，尺寸线应略超过对称中心线或断裂处的边界线，此时仅在尺寸线的一端画出箭头（图 2—81、2—82）在没

有足够的位置画箭头或标数字时，可按图 2—83 形式标注。

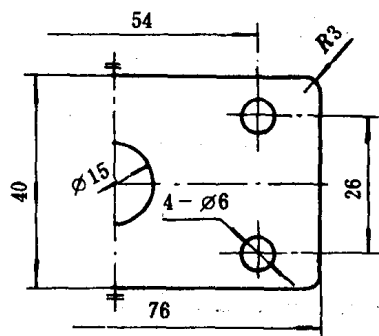


图 2—81

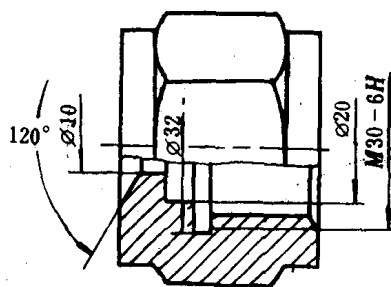


图 2—82

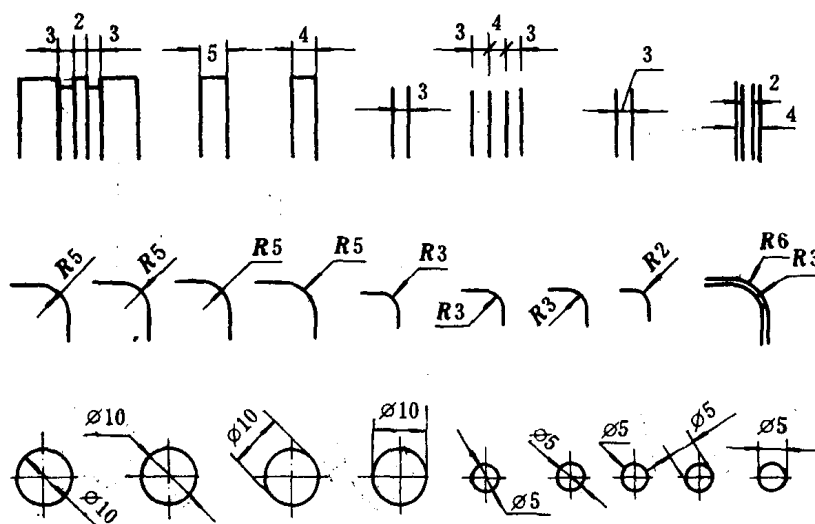


图 2—83

2.6.3 尺寸界线

尺寸界线用细实线绘制，并应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出。也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线（图 2—75、2—84）。当表示曲线轮廓上各点的坐标时，可将尺寸线或其延长线作为尺寸界线（图 2—85、2—86）。

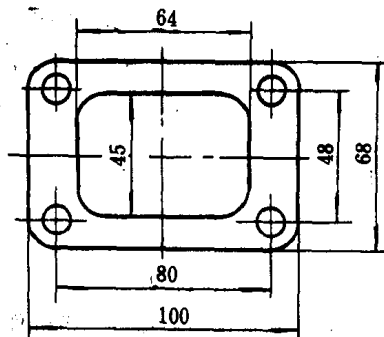


图 2—84

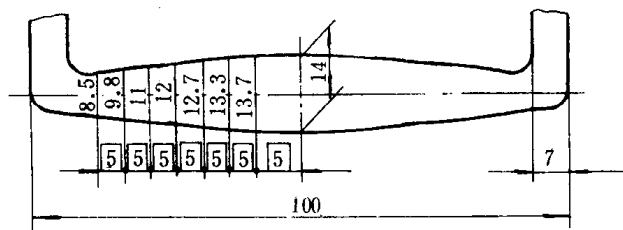


图 2—85

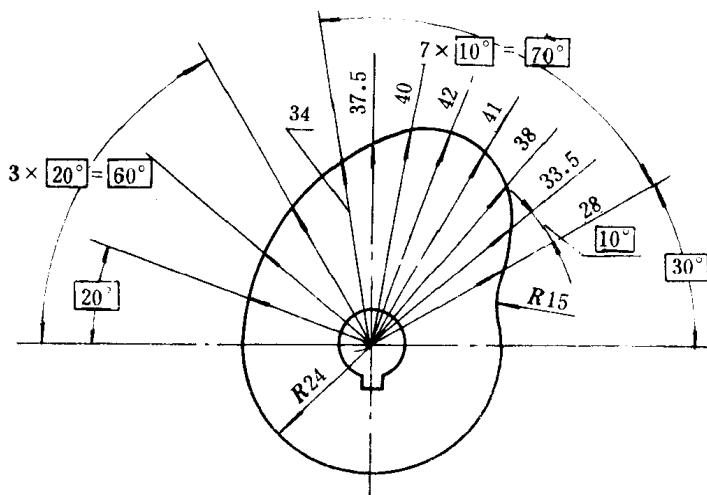


图 2—86

尺寸界线一般应与尺寸线垂直，必要时才允许倾斜（图 2—87）。在光滑过渡处标注尺寸时，必须用细实线将轮廓线延长，从它们的交点处引出尺寸线（图 2—87）。标注角度的尺寸界线应沿径向引出（图 2—88），标注弧长或弧长的尺寸界线应平行于该弦的垂直平分线（图 2—89，2—90），当弧度较大时，可沿径向引出（图 2—91）。

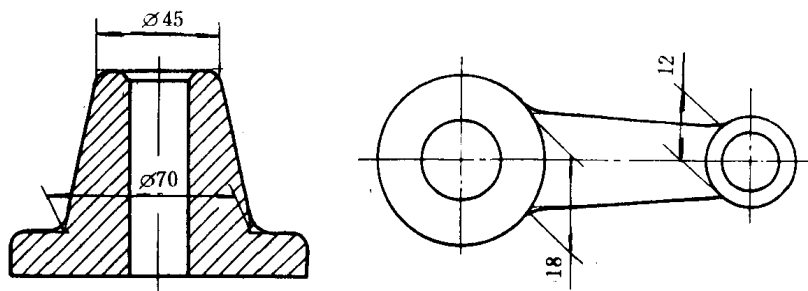


图 2—87

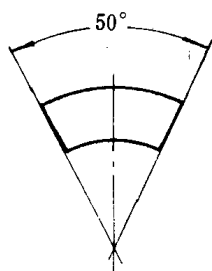


图 2—88

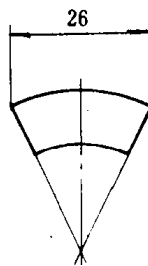


图 2—89

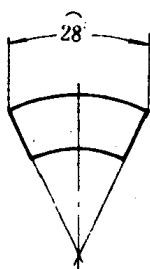


图 2—90

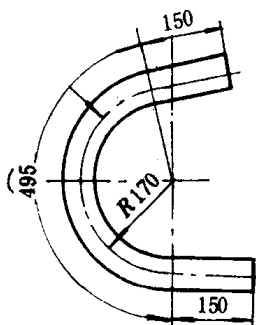


图 2—91

2.6.4 标注尺寸的符号

标注直径时，应在尺寸数字前加注符号“ ϕ ”；标注半径时，应在尺寸数字前加注符号“R”；标注球面的直径或半径时，应在符号“ ϕ ”或“R”前加注符号“S”（图 2—92）。对于螺钉、铆钉的头部、轴（包括螺杆）的端部以及手柄的端部等，在不致引起误解的情况下可省略符号“S”（图 2—93）。

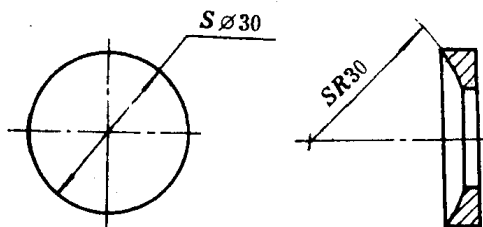


图 2—92

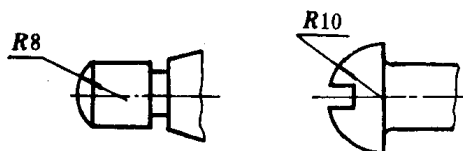


图 2—93

标注弧长时，应在尺寸数字上方加注符号“ $\frown$ ”（图 2—90、2—91）。标注参考尺寸时，应将尺寸数字加上圆括弧（图 2—94）。

标注剖面为正方形结构尺寸时，可在正方形边长尺寸数字前加注符号“ $\square$ ”（图 2—95a、c）或用“B $\times$ B”（图 2—95b、d，B 为正方形边长）注出。

标注板状零件的厚度时，可在尺寸数字前加注符号“ δ ”（图 2—96）。当需要指明半径尺寸是由其它尺寸所确定时，应将尺寸线和符号“R”标出，但不要注写尺寸数字（图 2—97）。标注斜度或锥度的符号见图 2—98a、b，符号的线宽为 $h/10$ ，符号的方向应与斜度、锥度方向一致。必要时可在标注锥度的同时，在括号中注出其角度值。

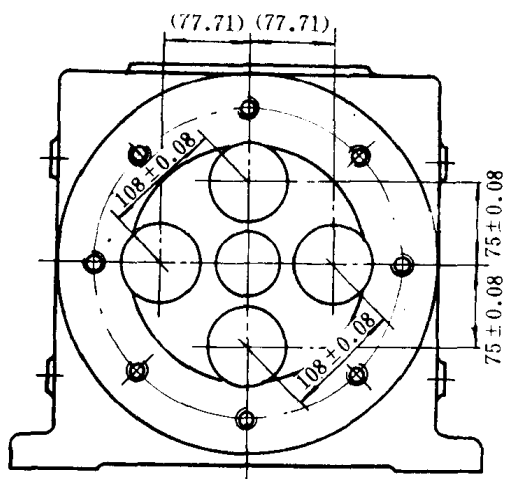


图 2—94

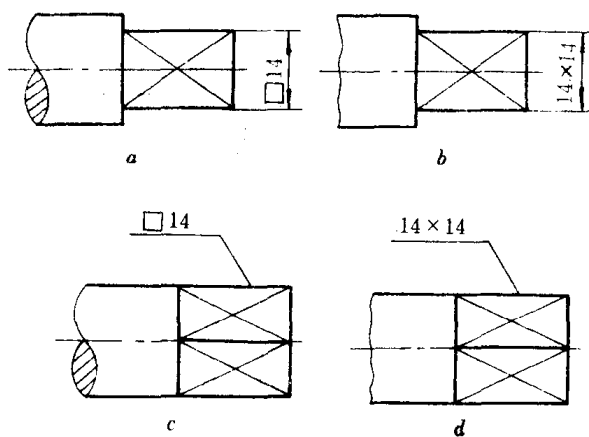


图 2—95

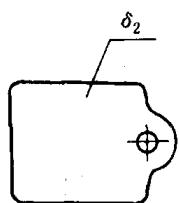


图 2—96

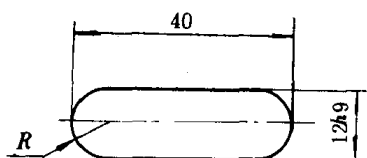


图 2—97



图 2—98

2.6.5 简化注法

45° 的倒角按图 2—99 的形式标注, 非 45° 的倒角应按图 2—100 形式标注。在图样中圆角或倒角的尺寸全部相同或某个尺寸占多数时, 可在图样空白处作总的说明, 如“全部圆角 R4”、“全部倒角 1.5×45°”、“其余圆角 R4”、“其余倒角 1×45°”等。一般退刀槽可按“槽宽×直径”(图 2—101) 或“槽宽×槽深”(图 2—102) 的形式标注。

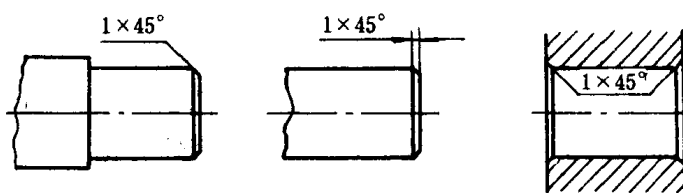


图 2—99

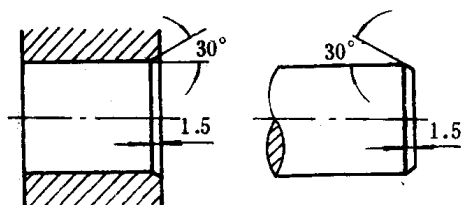


图 2—100

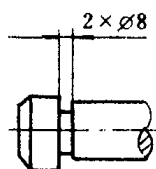


图 2—101

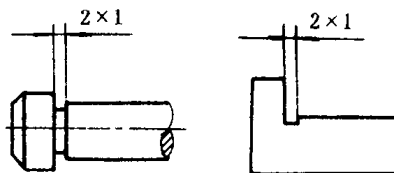


图 2—102

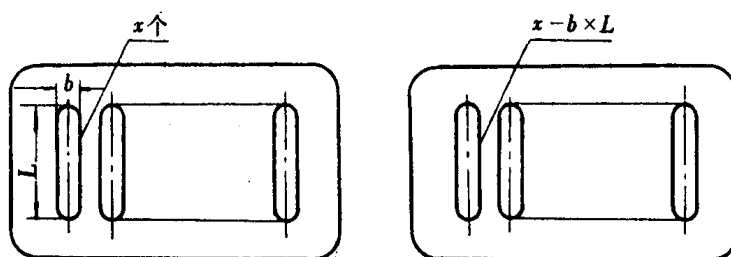


图 2—103

在同一图形中，对于尺寸相同的孔、槽等组成要素，可仅在一个要素上注出其尺寸和数量（图 2—103、2—104、2—105）。

均匀分布的要素（如孔等）的尺寸按图 2—104 所示方法标注。当组成要素的定位和分布情况在图形中已确定时，可不标注其角度，并省略“均布”两字（图 2—105）。

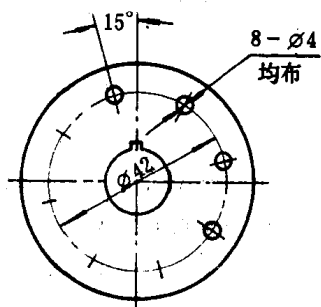


图 2—104

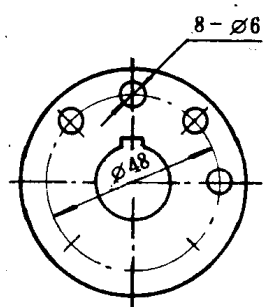


图 2—105

在同一图形中具有几种尺寸数值相近而又重复的要素（如孔等），可采用标记（如涂色等）的方法（图 2—106），或采用标注字母的方法（图 2—107）来区别。（孔的尺寸和数量可直接标注在图形上）。

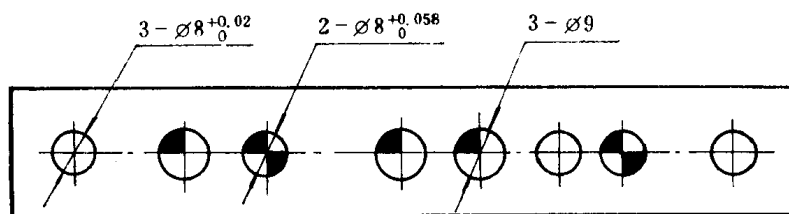


图 2—106

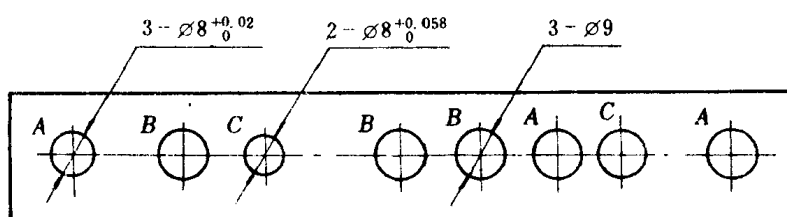


图 2—107

对不连续的同一表面，可用细实线连接后标注一次尺寸（图 2—108）。由同一基准出发的尺寸可按图 2—108、2—109、2—110 的形式标注，也可用坐标的形式列表标注（图 2—111）。间隔相等的链式尺寸，可采用图 2—112、2—113 所示的方法标注。

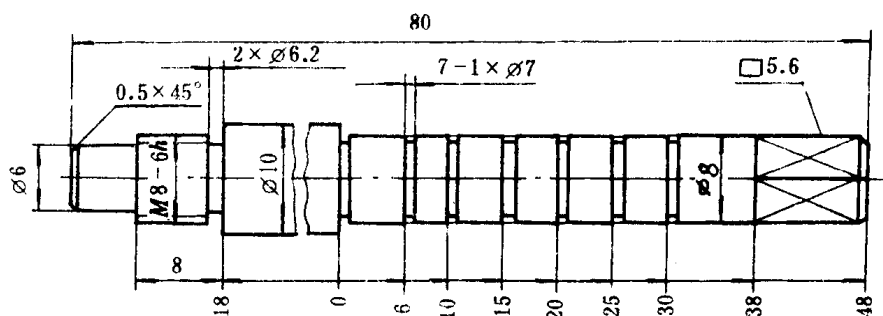
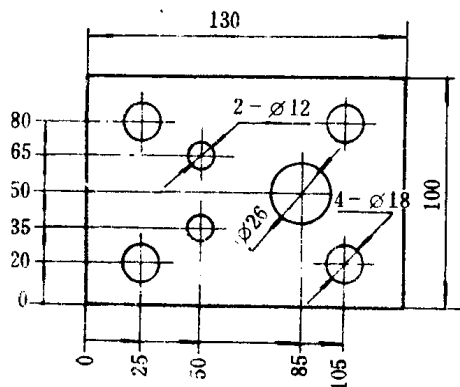


图 2—108



2—109

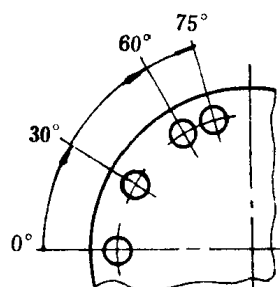


图 2—110

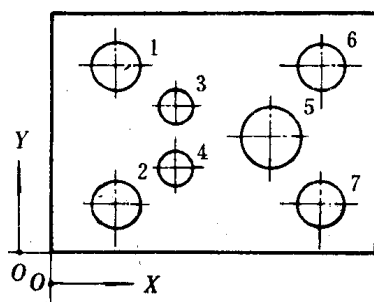


图 2-111

编号	X	Y	ϕ
1	25	80	18
2	35	20	18
3	50	65	
4	50	35	12
5	85	50	26
6	105	80	18
7	105	20	18

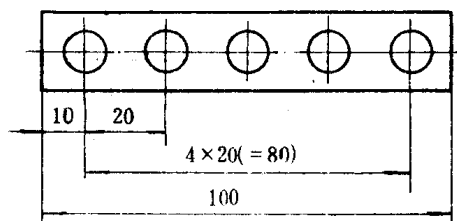


图 2-112

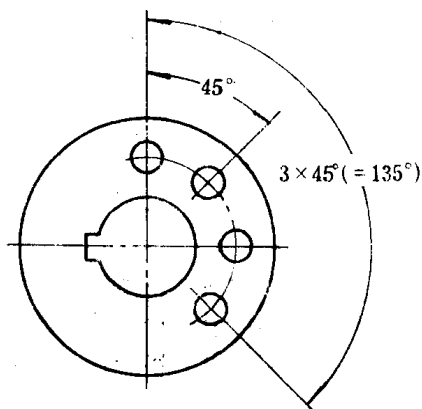


图 2-113

各种孔（光孔、螺孔、沉孔等）可采用旁注的方法标准，如表 2—5。

2.6.6 其它标注

标注圆锥销孔的尺寸时，应按图 2—114a、b 的形式引出标注，其中 $\phi 4$ 和 $\phi 3$ 都是所配圆锥销的公称直径。

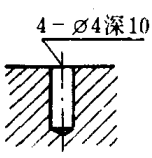
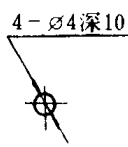
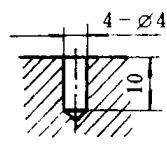
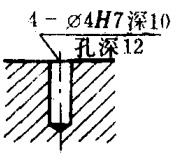
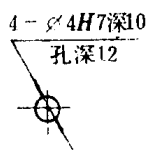
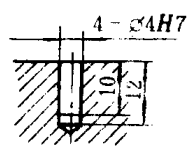
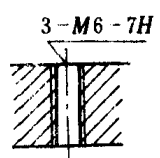
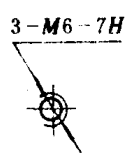
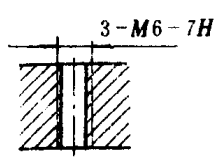
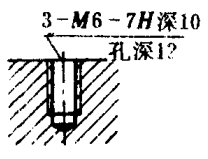
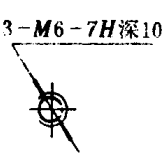
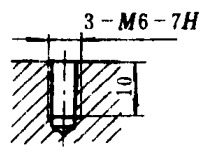
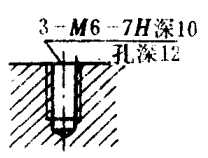
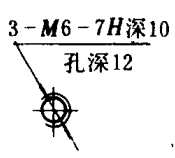
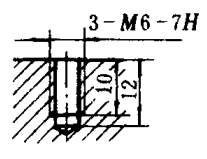
对于凸轮的曲面（或曲线）和处在曲线上的某些结构、尺寸，可标注在展开图上（图 2—115、2—116）。

对于镀涂表面的尺寸，按以下规定标注。

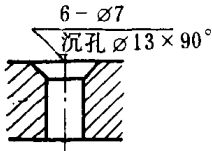
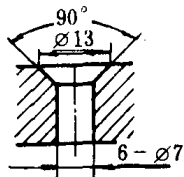
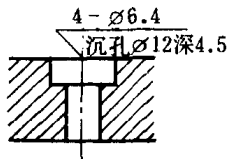
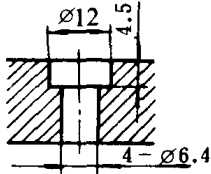
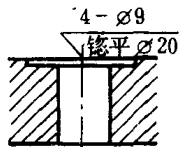
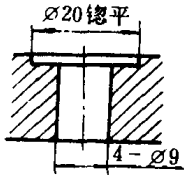
图样中的尺寸应为镀涂后尺寸，即计入了镀涂层厚度。如为镀前尺寸，应在尺寸数字的右边加注“镀（涂）前”字样。

对于装饰性、防腐性的自由表面尺寸，可视作镀涂前尺寸，省略“镀（涂）前”字样。对于配合尺寸，只有当镀涂层厚度不影响配合时，方可视作镀涂前的尺寸，并省略“镀（涂）前”字样。必要时可同时标注镀涂前、后的尺寸，并注写“镀（涂）前”和“镀（涂）后”字样（图 2—117）。

表 2—5

类型	旁 注 法		普 通 法
光 孔	 4- $\varnothing 4$ 深10	 4- $\varnothing 4$ 深10	 4- $\varnothing 4$
	 4- $\varnothing 4H7$ 深10 孔深12	 4- $\varnothing 4H7$ 深10 孔深12	 4- $\varnothing 4H7$
螺 孔	 3-M6-7H	 3-M6-7H	 3-M6-7H
	 3-M6-7H深10 孔深12	 3-M6-7H深10 孔深12	 3-M6-7H
	 3-M6-7H深10 孔深12	 3-M6-7H深10 孔深12	 3-M6-7H

续表 1

类型	旁 注 法	普 通 法
沉 孔		
		
		

2.7 尺寸公差与配合注法

2.7.1 在零件图中的注法

线性尺寸的公差按下列形式之一标注。当采用公差代号标注线性尺寸的公差时，公差带的代号应注在基本尺寸的右边（图 2—118、2—119）。当采用极限偏差标注线性尺寸的公差时，上偏差应注在基本尺寸的右上方；下偏差应与基本尺寸注在同一底线上（图 2—120、2—121）。当要求同时标注公差代号和相应的极限偏差时，则后者应加上圆括号（图 2—122、2—123）。当标注极限偏差时，上、下偏差的小数点必须对齐，小数点后的位数也必须相同（图 2—124）。当上偏差或下偏差为“零”时，用数字“0”标出，并与下偏差或上偏差的小数点前的个位数对齐（图 2—125）。当公差带相对于基本尺寸对称地配置时，偏差只需注写一次，并应在偏差与基本尺寸之间标出符号“±”，且两者数字高度相同（图 2—126）。



图 2—114

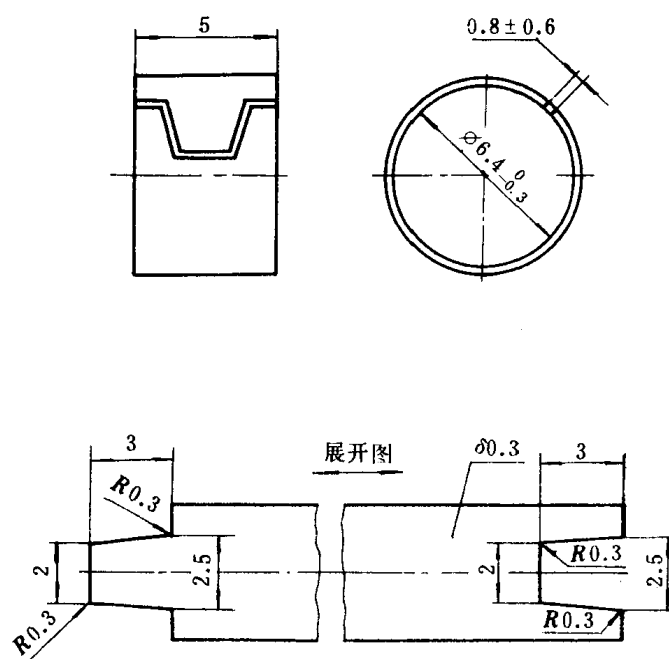


图 2—115

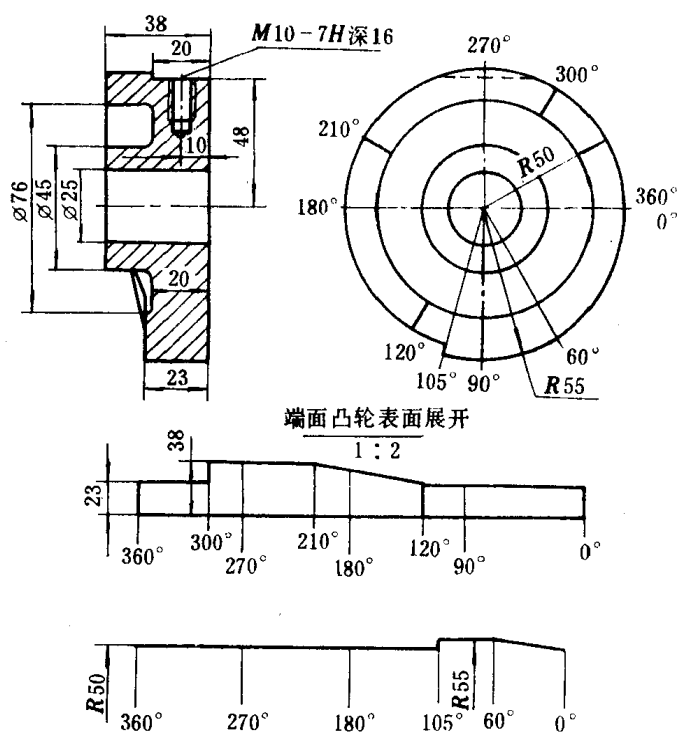


图 2—116

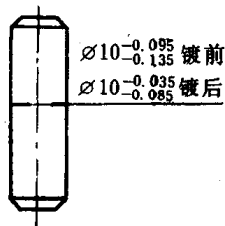


图 2—117

线性尺寸公差附加符号注法:

当尺寸仅需要限制单个方向的极限时, 应在极限尺寸的右边加注符号“max”或“min”(图 2—127、2—128)。同一基本尺寸的表面, 若具有不同的公差时, 应用细实线分开, 并按规定的形式分别标注其公差(图 2—129)。如要素的尺寸公差和形状公差的关系遵循包容原则时, 应在尺寸公差的右边加注符号“E”(图 2—130、2—131)。

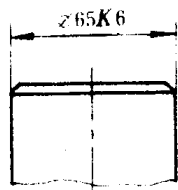


图 2—118

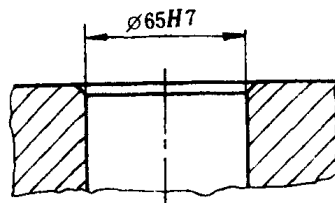


图 2—119

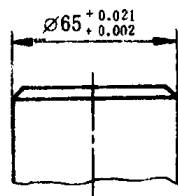


图 2—120

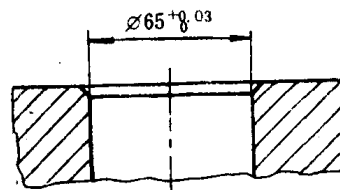


图 2—121

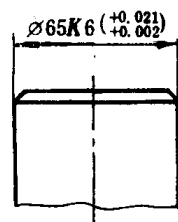


图 2—122

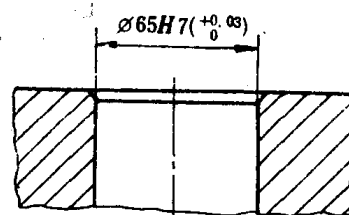


图 2—123

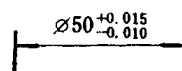
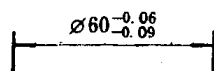


图 2—124

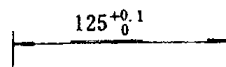
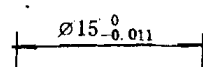


图 2—125

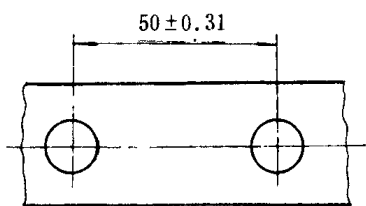


图 2—126

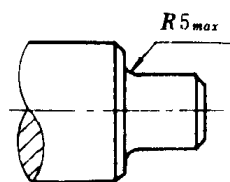


图 2—127

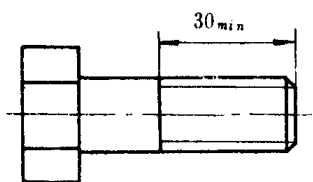


图 2—128

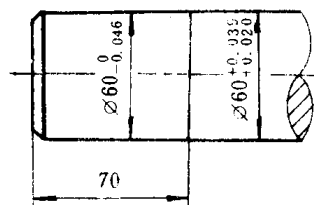


图 2—129

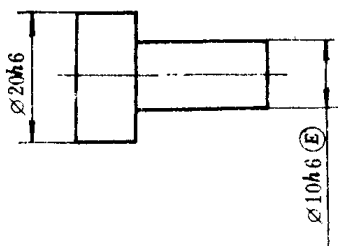


图 2—130

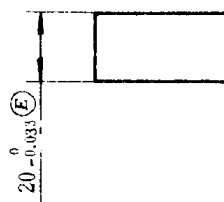


图 2—131

2.7.2 在装配图中的标注法

在装配图中标注线性尺寸的配合代号时，必须在基本尺寸的右边用分数的形式注出，分子为孔的公差带代号，分母为轴的公差带代号，（图 2—132）。必要时也允许按图 2—133、2—134 的形式标注。

在装配图中标注相配零件的极限偏差时，一般按图 2—135 的形式标注，孔的基本尺寸和极限偏差注写在尺寸线的上方，轴的基本尺寸和极限偏差注写在尺寸线的下方，允许按图 2—136 形式标注。若需明确指出装配件的代号时，可按图 2—137 的形式标注。标注标准件、外购件与零件（轴、孔）的配合代号时，可以仅标注相配零件的公差带代号（图 2—138）。

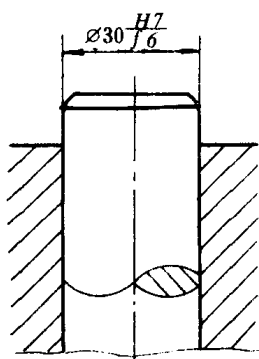


图 2—132

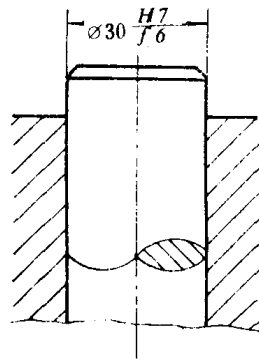


图 2—133

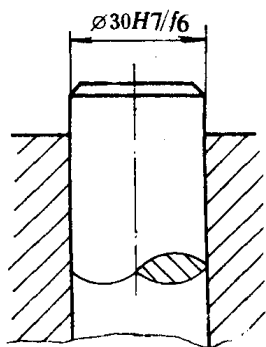


图 2—134

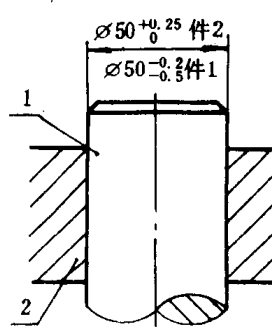


图 2—135

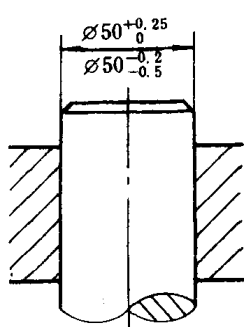


图 2—136

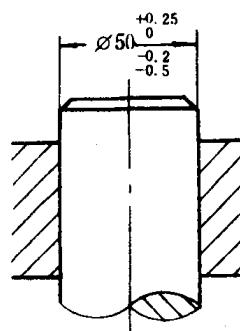


图 2—137

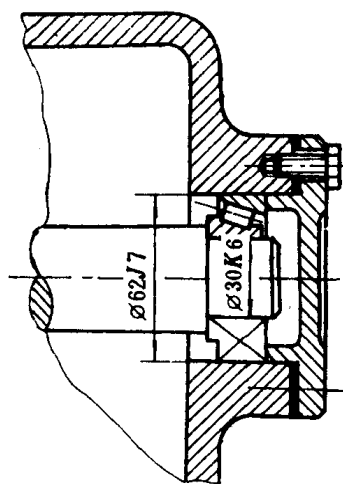


图 2—138

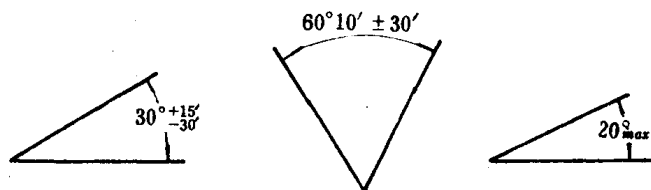


图 2—139

2.7.3 角度公差的标注法

角度公差的标注如图 2—139，其基本规则与线性尺寸公差的标注方法相同。

2.8 螺纹及螺纹紧固件画法

2.8.1 螺纹的画法

螺纹的牙顶用粗实线表示，牙底用细实线表示，螺杆的倒角或倒圆部分也应画出。在垂直于螺纹轴线的投影面的视图中，表示牙底的细实线圆只画 3/4 圈，此时轴或孔上的倒角省略不画（图 2—140~图 2—142）。当需要表示部分螺纹时，螺纹的牙底线也应适当地空出一段距离（图 2—143）。

完整螺纹的终止线用粗实线表示，外螺纹的终止线画法如图 2—140a、2—141a，内螺纹的终止线的画法如图 2—142、2—144a。表示螺纹收尾时，螺尾部分的牙底用与轴线成 30° 的细实线绘制（图 2—140a、2—144a）。不可见螺纹的所有图线用虚线绘制（图 2—145）。

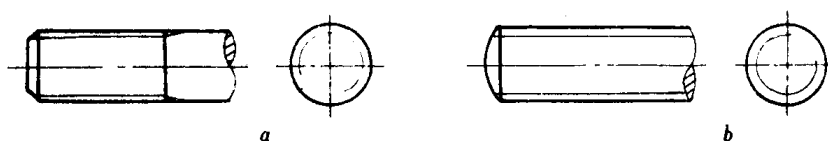


图 2—140

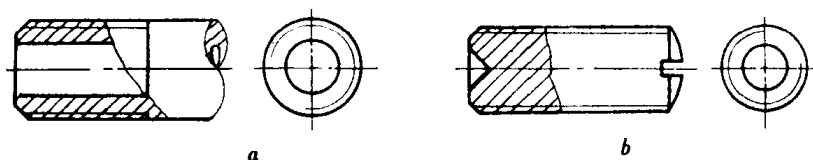


图 2—141

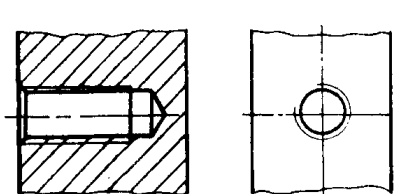


图 2—142

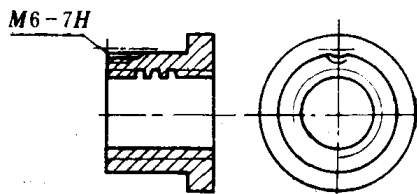


图 2—143

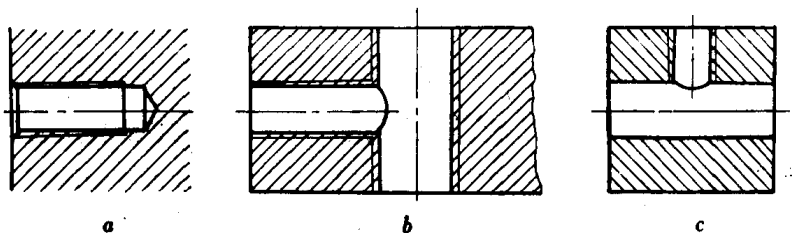


图 2—144

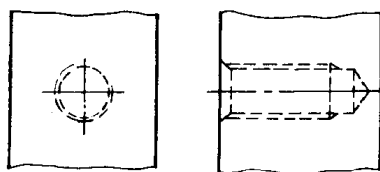


图 2—145

无论内、外螺纹，在剖视或剖面图中剖面线必须画到粗实线（图 2—143~图 2—144）。绘制不穿通螺孔时，一般应将钻孔深度与螺纹部分的深度分别画出（图 2—142、2—144a）。当需表示螺纹牙型时，可按图 2—146~图 2—148 的形式绘制。以剖视图表示内、外螺纹的连接时，其旋合部分应按外螺纹的画法绘制，其余部分仍按各自的画法表示（图 2—149、2—150）。

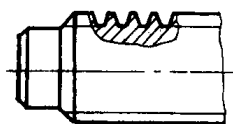


图 2—146

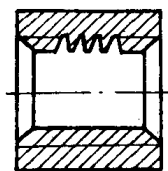


图 2—147

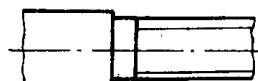
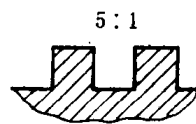


图 2—148

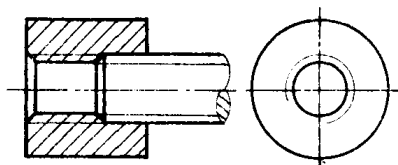


图 2—149

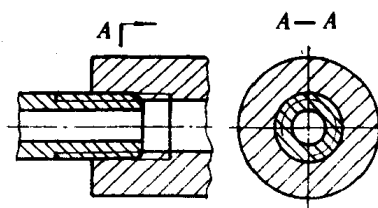


图 2—150

2.8.2 螺纹的标注法

对于标准螺纹应注出相应标准所规定的螺纹代号或标记（图 2—151~图 2—154）。英制管螺纹、锥管螺纹以及锥螺纹允许分别沿用 G、ZG、Z 等代号标注（图 2—155~图 2—158）。

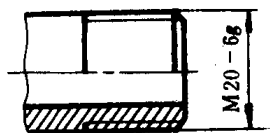


图 2—151

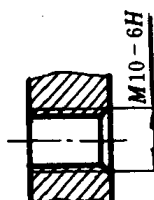


图 2—152

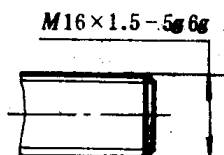


图 2—153

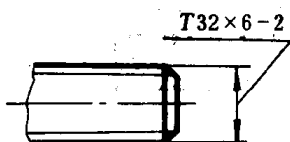


图 2—154

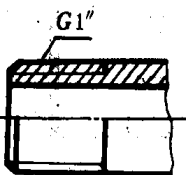


图 2—155

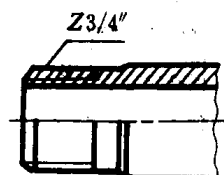


图 2—156

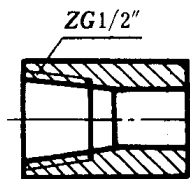


图 2—157

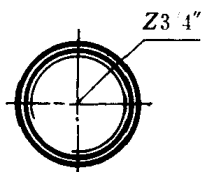


图 2—158

牙型、直径及螺距均符合标准，但极限偏差不符合标准的螺纹，除应注明螺纹代号外，还应注出极限尺寸。例如：

$$M320 \times 6 - d_2 \frac{316 \cdot 583}{316 \cdot 103} d \frac{319 \cdot 92}{318 \cdot 97}, d_2, d \text{ 为外螺纹的中、大径。}$$

牙型符合标准，直径或螺距不符合标准的螺纹，应在牙型符号前加注“特”字，必要时也可注出极限尺寸。例如：

$$\text{特} T50 \times 5 - d_2 \frac{47 \cdot 445}{46 \cdot 935}$$

绘制非标准牙距的螺纹时，应画出螺纹的牙型，并注出所需要的尺寸及有关要求（图 2—159）。

图样中所标注的螺纹长度，均指不包括螺尾在内的完整螺纹长度（图 2—160）。当需要标出螺尾长度时，其标注方法见图 2—161。

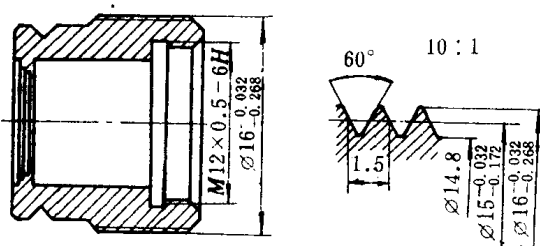


图 2—159

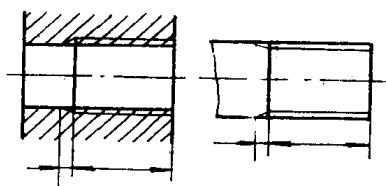


图 2—160

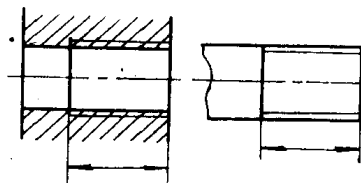


图 2—161

2.8.3 螺纹紧固件的画法

具有圆锥形螺纹的零件，螺纹部分的画法见图 2—162、2—163。自攻螺钉的螺杆部分，末端为尖端时按图 2—165a 绘制，末端削平时按 2—165b 绘制。木螺钉的螺杆部分按图 2—164 绘制。钢丝螺套的装配图按图 2—166、2—167 绘制。

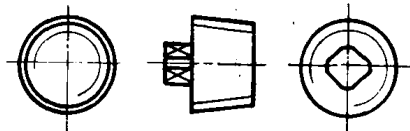


图 2—162

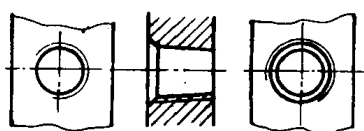


图 2—163



图 2—164

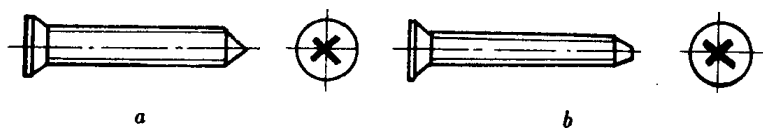


图 2-165

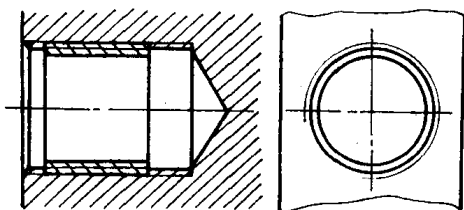


图 2-166

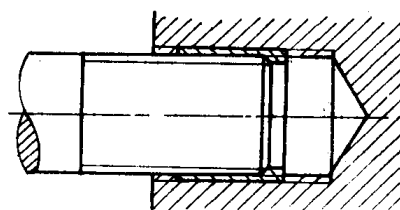


图 2-167

在装配图中，当剖切平面通过螺栓的轴线时，对于螺栓、螺母及垫圈等均按未剖切绘制（图 2—168），也可采用图 2—169 的简化画法，也适用于各种螺钉（图 2—170~图 2—173）。

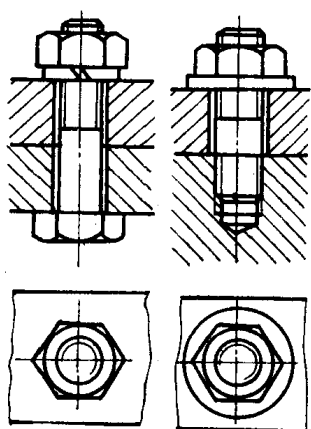


图 2-168

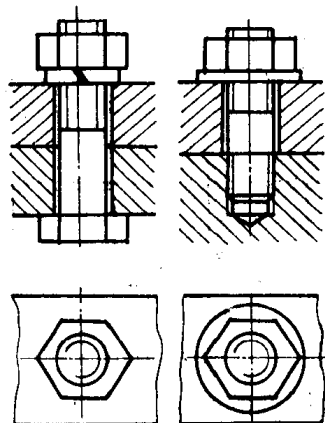


图 2-169

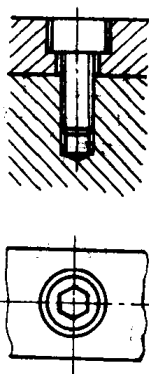


图 2-170

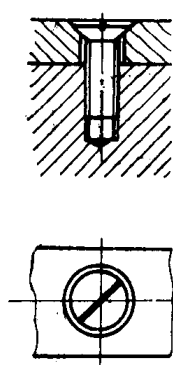


图 2-171

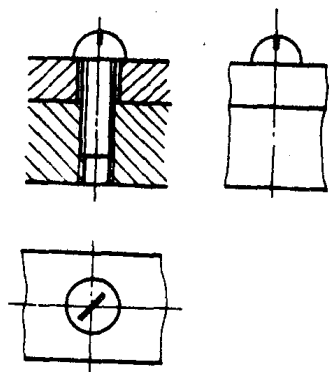


图 2—172

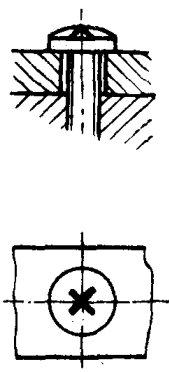


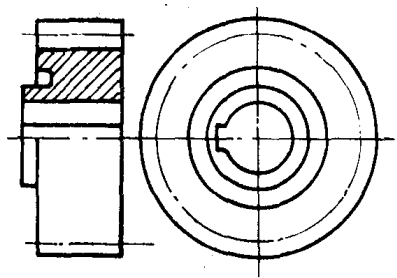
图 2—173

2.9 齿轮画法

2.9.1 齿轮、齿条、蜗杆、蜗轮及链轮的画法

齿轮部分按图 2—174~图 2—182 的规定绘制。齿顶圆及齿顶线用粗实线；分度圆和分度线用点划线；齿根圆及齿根线用细实线绘制（可省略不画）。在剖视图中，齿根线用粗实线绘制。

表示齿轮、蜗轮、蜗杆一般用两个视图，或者用一个视图和一个局部视图（图 2—174~图 2—176）。在剖视图中，当剖切平面通过齿轮的轴线时，轮齿一律按不剖处理（图 2—174~图 2—177、图 2—182）。如需表示齿形，可在图中用粗实线画出一个或二个齿；或用适当比例的局部放大图表示（图 2—177~图 2—180）。当需表示齿线的形状时，可用三条与齿线方向一致的细实线表示（图 2—179、图 2—181），直齿不需表示。如需要注出齿条的长度，可在画出齿形的图中注出，并在另一视图中用粗实线画出其范围线（图 2—177）。圆弧齿轮的画法见图 2—179。



图—174

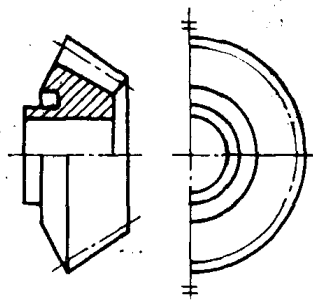


图 2—175

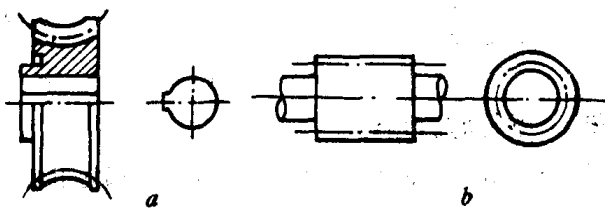


图 2—176

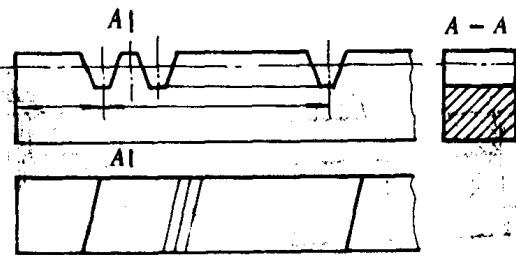


图 2—177

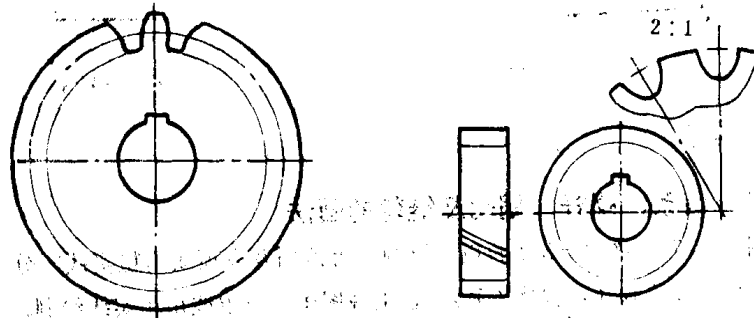


图 2—178

图 2—179

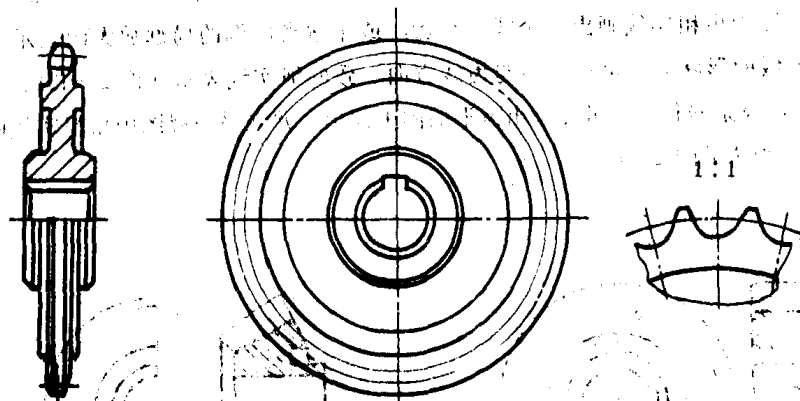


图 2—180

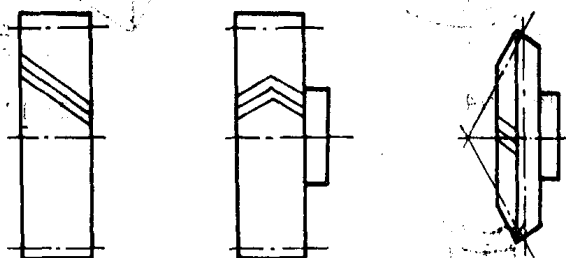


图 2—181

2.9.2 齿轮、蜗轮、蜗杆啮合画法

在垂直于圆柱齿轮轴线的投影面视图中，啮合区内的齿顶圆均用粗实线绘制（图 2—182a、2—184、2—185），其省略画法如图 2—182b。在平行于圆柱齿轮、圆锥齿轮轴线的投影面视图中（不剖），啮合区的齿顶线不需画出，节线用粗实线绘制，其它处的节线用点划线绘制（图 2—183、2—187）。

在圆柱齿轮啮合、齿轮齿条啮合和圆锥齿轮啮合的剖视图中，当剖切平面通过两啮合齿轮的轴线时，在啮合区内，将一个齿轮的轮齿用粗实线绘制，另一个齿轮的轮齿被遮盖部分用虚线绘制（图 2—182、2—184、2—189、2—191），也可省略不画（图 2—185、2—188、2—190）。在剖视图中，当剖切平面不通过啮合齿轮的轴线时，齿轮一律按不剖切绘制。准双曲面圆锥齿轮啮合、渐开线圆锥齿轮啮合和两轴线成非直角的圆锥齿轮啮合，见图 2—188 至 2—191。螺旋齿轮啮合见图 2—192、2—193。蜗轮蜗杆啮合见图 2—194 至 2—196。圆弧齿轮啮合见图 2—197。

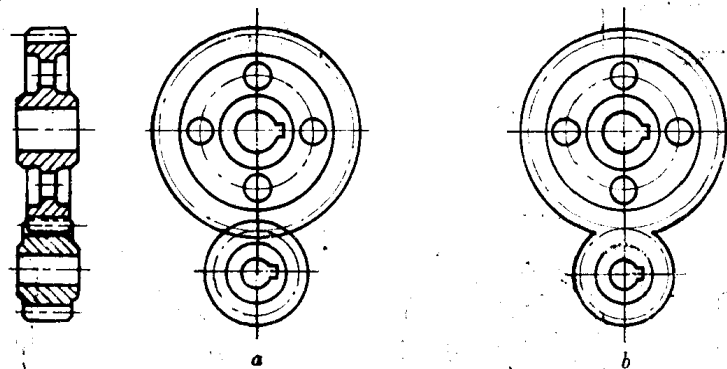


图 2—182 圆柱齿轮外啮合

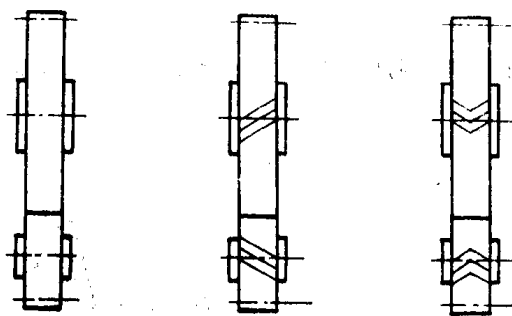


图 2—183 圆柱齿轮外啮合简化画法

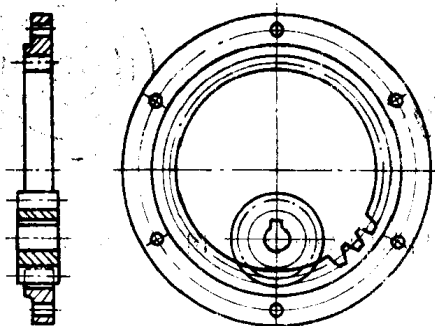


图 2—184 圆柱齿轮内啮合

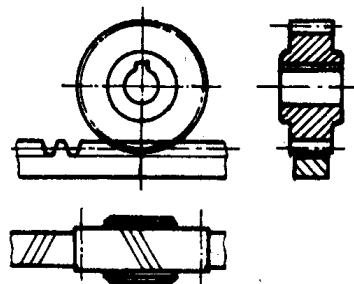


图 2—185 齿轮齿条啮合

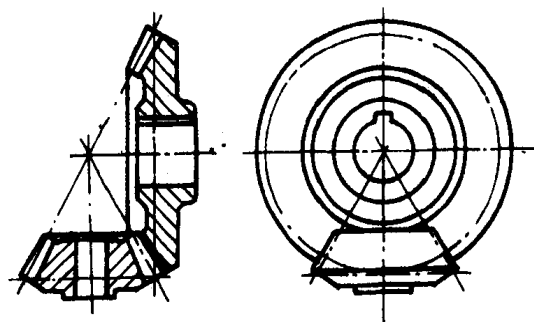


图 2—186 圆锥齿轮啮合

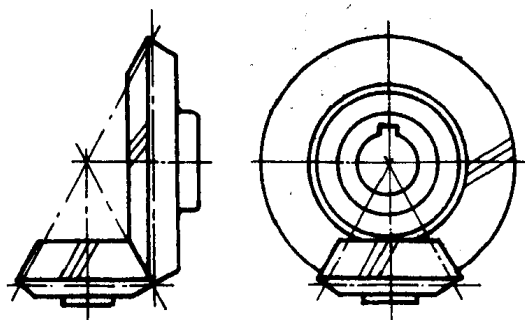


图 2—187 圆锥齿轮啮合简化画法

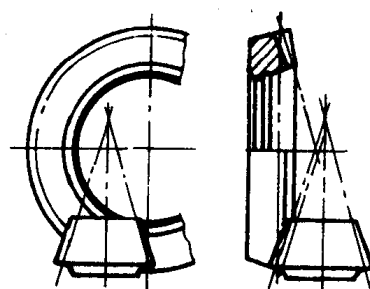


图 2—188 准双曲面圆锥齿轮啮合

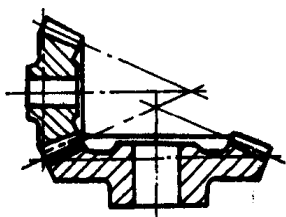


图 2—189 准渐开线圆锥齿轮啮合

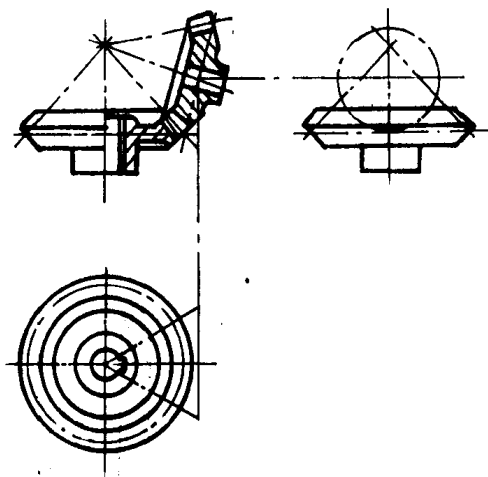


图 2—190 轴线成非直角一般情况齿轮啮合

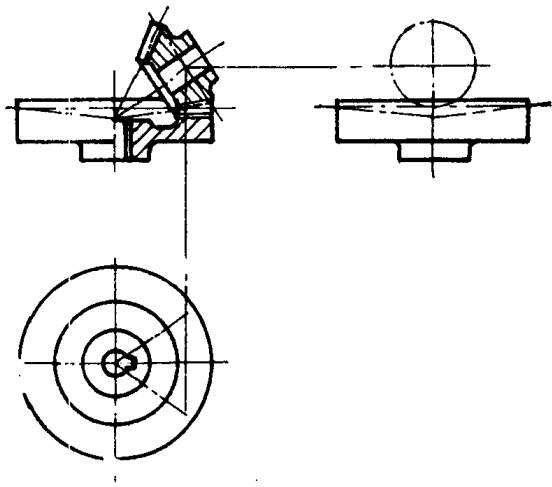


图 2—191 轴线成非直角平面与锥形齿轮啮合

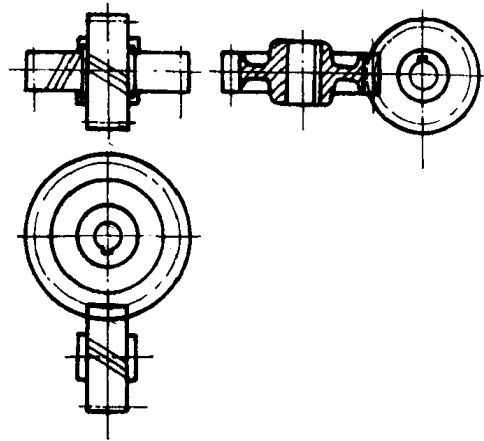


图 2—192 螺旋齿轮轴线成直角啮合

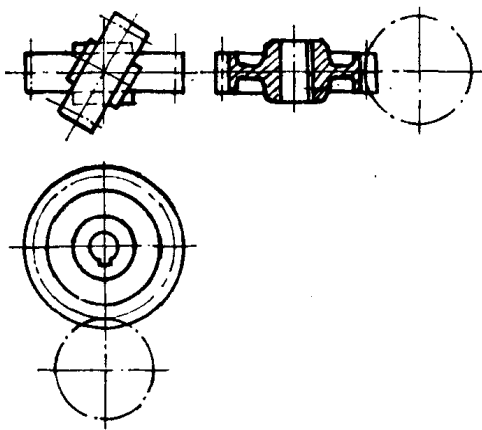


图 2—193 螺旋齿轮轴线成非直角啮合

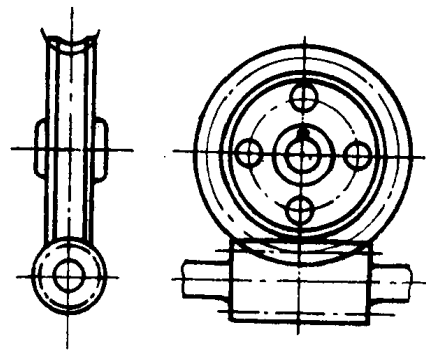


图 2—194 蜗轮蜗杆啮合一圆柱蜗杆

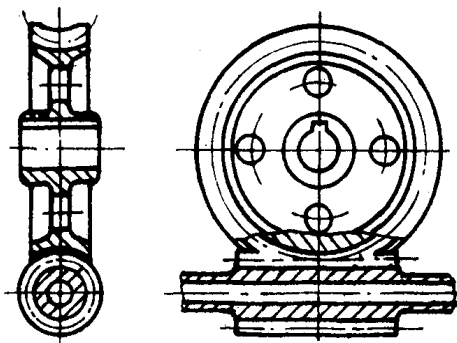


图 2—195 蜗轮蜗杆啮合一圆柱蜗杆

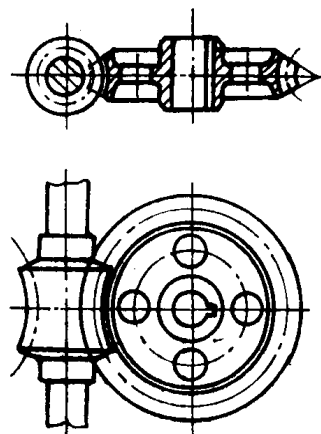


图 2—196 蜗轮蜗杆啮合一弧面蜗杆

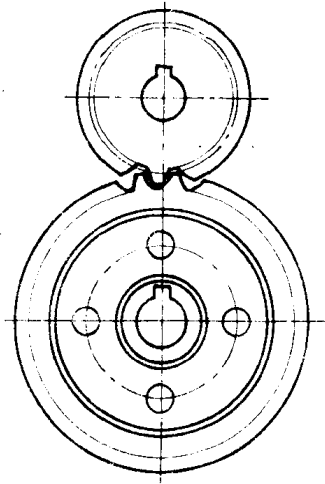


图 2—197 圆弧齿轮啮合

2.10 花键画法 (GB4459 · 3—84)

2.10.1 花键的画法及其尺寸标注

矩形花键的画法: 外花键, 在平行于花键轴线的投影面的视图中, 大径用粗实线, 小径用细实线绘制, 并用剖面画出一部分或全部齿形 (图 2—198)。内花键, 在平行于花键轴线的投影面视图中, 大径及小径均用粗实线绘制, 并用局部视图画出一部分或全部齿形 (图 2—199)。花键工作长度的终止端和尾部长度的末端均用细实线绘制, 并与轴线垂直, 尾部则画成斜线, 其倾角一般与轴线成 30° (图 2—198)。必要时, 可按实际情况画出。外花键局部剖视的画法见图 2—200, 垂直于花键轴线的投影面的视图按图 2—201 绘制。

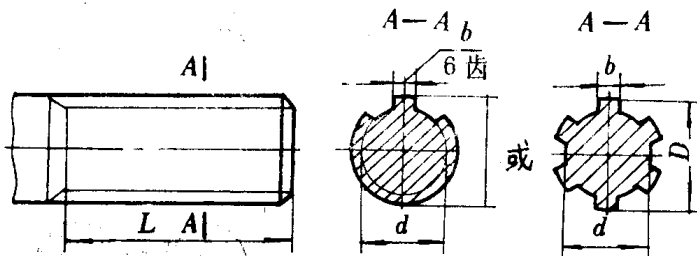


图 2—198

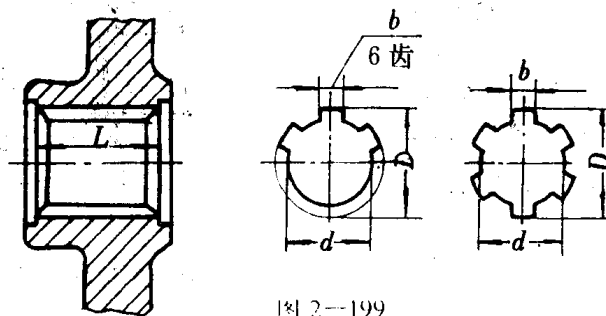


图 2—199

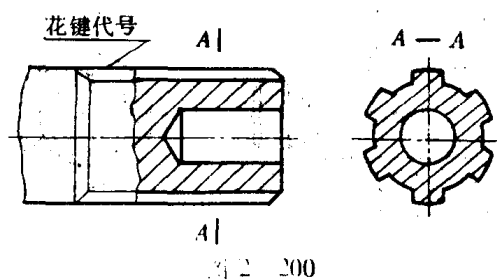


图 2—200

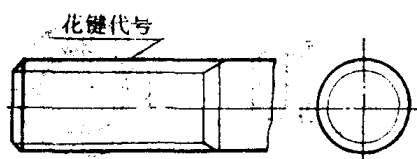


图 2—201

矩形花键的尺寸标注：大、小径及键宽采用一般尺寸标注时，其注法如图 2—198、2—199 所示。采用有关标准规定的花键代号标注时，其注法如图 2—200 所示。花键长度采用下列三种型式之一标注：标注工作长度（图 2—198、2—199、2—202）；标注工作长度及尾部长度（图 2—203）；标注工作长度及全长（图 2—204）。渐开线花键的画法如图 2—205 所示，分度圆及分度线用点划线绘制。

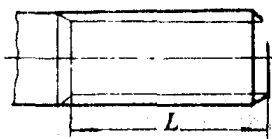


图 2—202

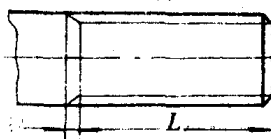


图 2—203

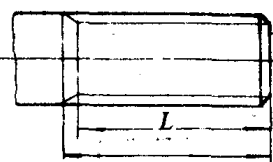


图 2—204

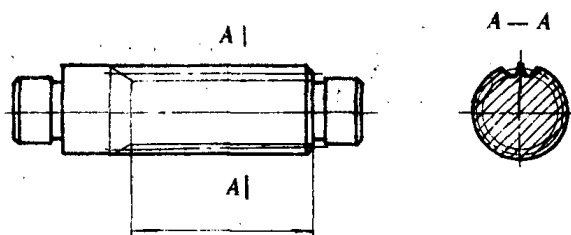


图 2—205

2.10.2 花键连接的画法及代号标注

花键连接用剖视表示时，其连接部分按外花键的画法（图 2—206、2—207）。需要时，可在花键连接图中标注相应的花键代号。矩形花键代号的注法如图 2—206，渐开线花键代号的注法如图 2—207。在花键连接图中应按有关标准的规定标注花键代号。

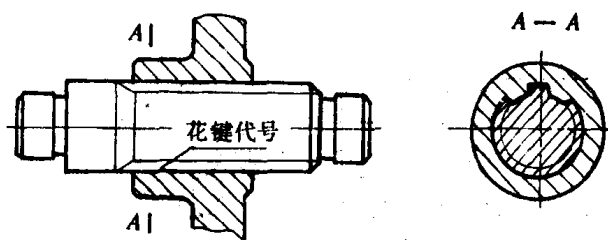


图 2—206

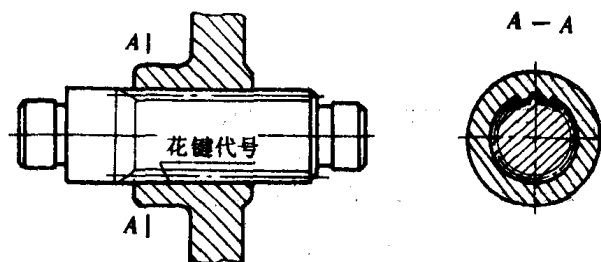


图 2—207

2.11 中心孔表示法 (GB4459 · 5—84)

为了表达在完工零件上是否保留中心孔的要求，可采用表 2—6 中规定的符号。

表 2—6

要 求	符 号	标注示例	说 明
在完工零件上要求 保留中心孔			要求作出 B 型中心孔 $d=3$ $D_{max}=7.5$ 完工后 不保留
在完工零件上可以 保留中心孔			用 A 型中心孔, $d=4$ $D_{max}=10$ 是否保留不要 求
在完工零件上不得 保留中心孔			用 A 型中心孔 $d=1.5$ $D_{max}=4$ 完工后不保 留

公差配合与形位公差

3.1 公差与配合

新国标《公差与配合》包括公差与配合、测量与检验两部分，共四个标准，公差制体系见图 3—1。

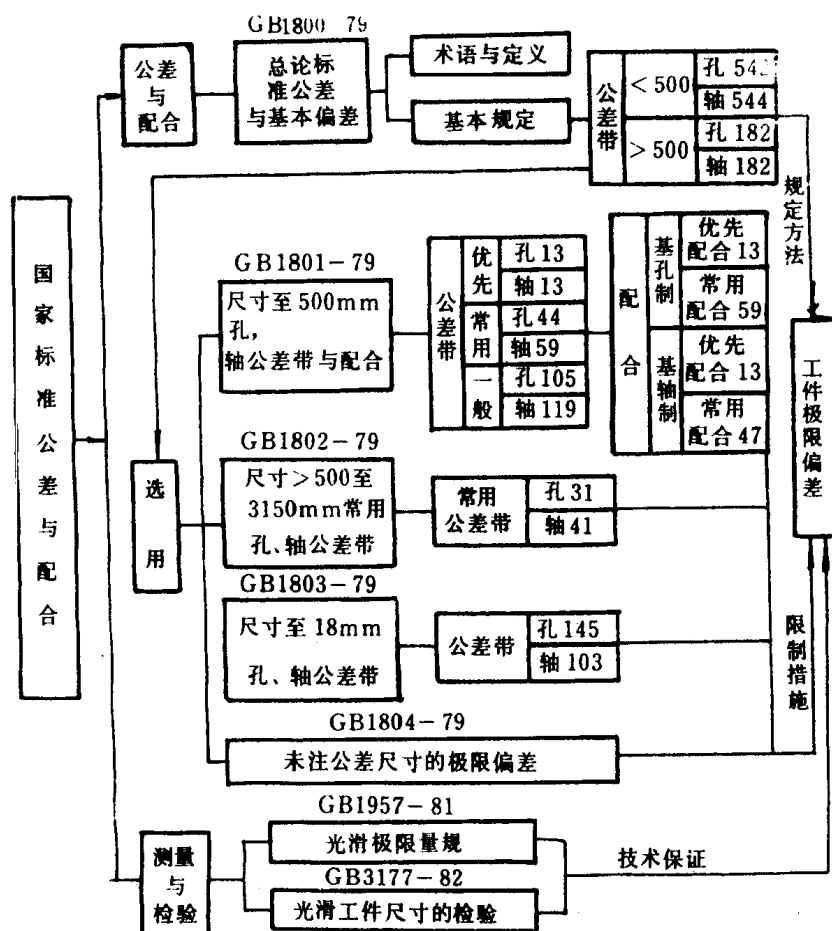


图 3—1 公差制体系

3.1.1 公差与配合的基本术语定义及代号

- ①孔：主要指圆柱形的内表面，也包括其他内表面中由单一尺寸确定的部分。
- ②轴：主要指圆柱形的外表面，也包括其他外表面中由单一尺寸确定的部分。
- ③尺寸：用特定单位表示长度值的数字。
- ④基本尺寸：设计给定的尺寸。孔的基本尺寸代号用“ L ”表示；轴的基本尺寸代号用“ l ”表示。
- ⑤实际尺寸：通过测量所得的尺寸。孔的实际尺寸代号用“ L_a ”表示；轴的实际尺寸代号用“ l_a ”表示。由

于存在测量误差，所以实际尺寸并非尺寸的真值。

⑥极限尺寸：允许尺寸变化的两个界限值，它以基本尺寸为基数来确定。

⑦最大极限尺寸：两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸。孔的最大极限尺寸代号用“ $L_{\max}$ ”表示；轴的最大极限尺寸代号用“ $l_{\max}$ ”表示。

⑧最小极限尺寸：两个界限值中较小的一个称为最小极限尺寸。孔的最小极限尺寸代号用“ $L_{\min}$ ”表示；轴的最小极限尺寸代号用“ $l_{\min}$ ”表示。

⑨最大实体尺寸：孔或轴具有允许的材料量为最多状态下的极限尺寸。它是孔的最小极限尺寸和轴的最大极限尺寸的统称。

⑩最小实体尺寸：孔或轴具有允许的材料量为最少状态下的极限尺寸。它是孔的最大极限尺寸和轴的最小极限尺寸的统称。

⑪尺寸偏差（简称偏差）：某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差。可以为正、负或零值。

⑫上偏差：最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。孔的上偏差代号用“ES”表示；轴的上偏差代号用“es”表示。上述定义，可用下列公式表达：

$$ES = L_{\max} - L$$

$$es = l_{\max} - l$$

⑬下偏差：最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。孔的下偏差代号用“EI”表示。轴的下偏差代号用“ei”表示。上述定义，可用下列公式表达：

$$EI = L_{\min} - L$$

$$ei = l_{\min} - l$$

⑭极限偏差：上偏差与下偏差统称为极限偏差。

⑮实际偏差：实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差。

⑯尺寸公差（简称公差）：允许尺寸的变动量。

公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值；也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。它是一个不为零，而且没有正、负号的数值。孔的公差代号用“ T_h ”表示；轴的公差代号用“ T_s ”表示。上述定义，可用下列公式表达：

$$T_h = |L_{\max} - L_{\min}| = |ES - EI|$$

$$T_s = |l_{\max} - l_{\min}| = |es - ei|$$

上述基本术语以及它们之间的相互关系，见图 3—2。

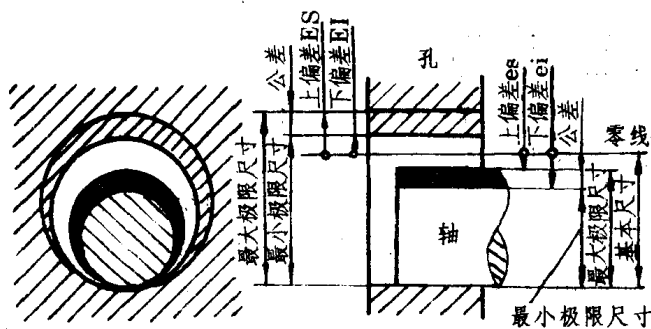


图 3—2 公差

3.1.2 标准公差

表 3—1 标准公差的计算公式 (基本尺寸 < 500mm) (GB1800—79) (μm)

公差等级	公 式	公差等级	公 式	公差等级	公 式
IT01	$0.3+0.008D$	IT5	$7i$	IT12	$160i$
IT0	$0.5+0.012D$	IT6	$10i$	IT13	$250i$
IT1	$0.8+0.020D$	IT7	$16i$	IT14	$400i$
IT	$(IT1) \left(\frac{IT5}{IT1} \right)^{\frac{1}{4}}$	IT8	$25i$	IT15	$640i$
	$(IT1) \left(\frac{IT5}{IT1} \right)^{\frac{1}{2}}$	IT9	$40i$	IT16	$1000i$
IT3	$(IT1) \left(\frac{IT5}{IT1} \right)^{\frac{1}{2}}$	IT10	$64i$	IT17	$1600i$
IT4	$(IT1) \left(\frac{IT5}{IT1} \right)^{\frac{3}{4}}$	IT11	$100i$	IT18	$2500i$

表 3—2 基本尺寸分段 (GB1800—79) (mm) :

主 段 落		中 间 段 落		主 段 落		中 间 段 落	
大 于	至	大 于	至	大 于	至	大 于	至
—	3			315	400	315	355
3	6					355	400
6	10			400	500	400	450
						450	500
10	18	10	14	500	630	500	560
		14	18			560	630
18	30	18	24	630	800	630	710
		24	30			710	800
30	50	30	40	800	1000	800	900
		40	50			900	1000
50	80	50	65	1000	1250	1000	1120
		65	80			1120	1250
80	120	80	100	1250	1600	1250	1400
		100	120			1400	1600
120	180	120	140	1600	2000	1600	1800
		140	160			1800	2000
		160	180	2000	2500	2000	2240
180	250	180	200			2240	2500
		200	225	2500	3150	2500	2800
		225	250			2800	3150
250	315	250	280				
		280	315				

表 3-3

尺寸至 500mm 标准公差数值 (GB1800—79)

基本尺寸 (mm)		公差等级																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	(μm)												(mm)							
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.68	2.5	3.9
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.3	6.3
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7
500	630	4.5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	0.70	1.10	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0

注: 基本尺寸 < 1mm 时, 无 IT14 至 IT18。

3.1.3 基本偏差

表 3-4

孔、轴基本偏差的代号

孔	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z			
			CD		EF	FG				JS												ZA	ZB	ZC
轴	a	b	c	d	e	f	g	h	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z			
			cd		ef	fg				js												za	zb	zc

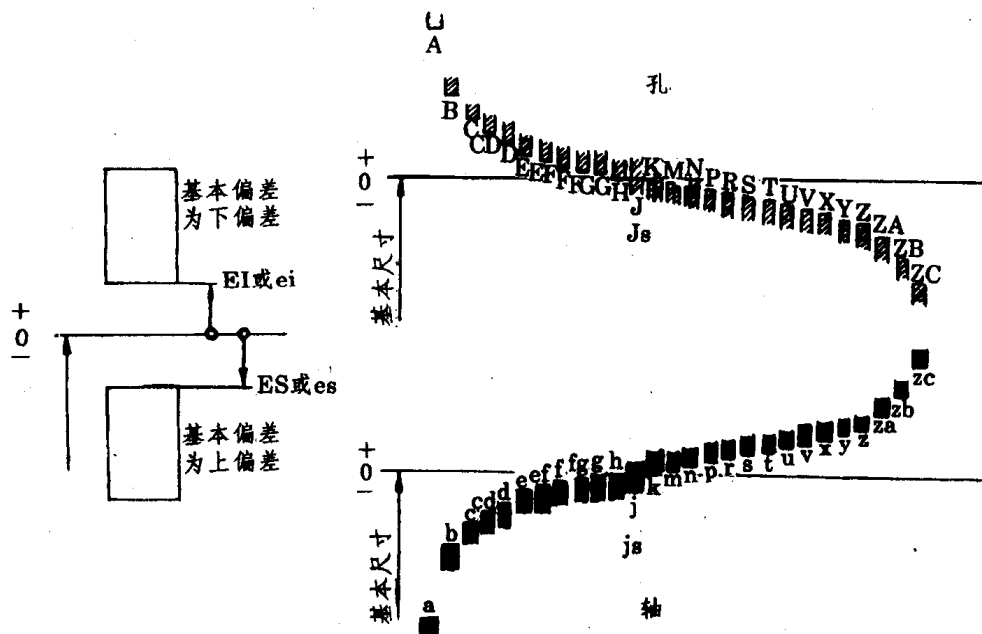


图 3-3 基本偏差

图 3-4 基本偏差系列

3.1.4 孔轴公差带

表 3—5

优先、常用和一般用途轴的公差带(GB1801—79)
(基本尺寸 $\leq 500\text{mm}$)

IT 等级	轴的公差带代号																		
	a	b	c	d	e	f	g	h	j	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v
1								h1		js1									
2								h2		js2									
3								h3		js3									
4							g4	h4		js4	k4	m4	n4	p4	r4	s4			
5						f5	g5	h5	j5	js5	k5	m5	n5	p5	r4	s5	t5	u5	v5
6					e6	f6	g6	h6	j6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	v6
7				d7	e7	f7	g7	h7	j7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7	v7
8			c8	d8	e8	f8	g8	h8		js8	k8	m8	n8	p8	r8	s8	t8	u8	v8
9	a9	b9	c9	d9	e9	f9		h9		js9									
10	a10	b10	c10	d10	e10			h10		js10									
11	a11	b11	c11	d11				h11		js11									
12	a12	b12	c12					h12		js12									
13	a13	b13	c13					h13		js13									

(注) 下带横线者为优先选用公差带, 线框内为常用公差带, 全部为一般用途公差带。

表 3-6 优先、常用和一般用途孔的公差带(GB1801—79)
(基本尺寸 $\leq 500\text{mm}$)

IT 等级	孔 的 公 差 带 代 号												
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	Js	K	M	N
1								H1		Js1			
2								H2		Js2			
3								H3		Js3			
4								H4		Js4	K4	M4	
5							G5	H5		Js5	K5	M5	N5
6						F6	G6	H6	J6	Js6	K6	M6	N6
7				D7	E7	F7	G7	H7	J7	Js7	K7	M7	N7
8			C8	D8	E8	F8	G8	H8	J8	Js8	K8	M8	N8
9	A9	B9	C9	D9	E9	F9		H9		Js9			N9
10	A10	B10	C10	D10	E10			H10		Js10			
11	A11	B11	C11	D11				H11		Js11			
12	A12	B12	C12					H12		Js12			
13								H13		Js13			

注: 下带横线者为优先选用公差带, 线框内为常用公差带, 全部为一般用途公差带。

表 3—7

基本尺寸至 500mm 轴的极限偏差(GB1801—79)

(μm)

基本尺寸 (mm)		公 差 带														
		a					b					c				
大于	至	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12
—	3	-270	-270	-270	-270	-270	-140	-140	-140	-140	-140	-60	-60	-60	-60	-60
		-295	-310	-330	-370	-410	-165	-180	-200	-240	-280	-74	-85	-100	-120	-160
3	6	-270	-270	-270	-270	-270	-140	-140	-140	-140	-140	-70	-70	-70	-70	-70
		-300	-318	-345	-390	-450	-170	-188	-215	-260	-320	-88	-100	-118	-14	-190
6	10	-280	-280	-280	-280	-280	-150	-150	-150	-150	-150	-80	-80	-80	-80	-80
		-316	-338	-370	-430	-500	-186	-208	-240	-300	-370	-102	-116	-138	-170	-230
10	14	-290	-290	-290	-290	-290	-150	-150	-150	-150	-150	-95	-95	-95	-95	-95
		-333	-360	-400	-470	-560	-193	-220	-260	-330	-420	-122	-138	-165	-205	-275
14	18															
18	24	-300	-300	-300	-300	-300	-160	-160	-160	-160	-160	-110	-110	-110	-110	-110
		-352	-384	-430	-510	-630	-212	-244	-290	-370	-490	-143	-162	-194	-240	-320
24	30															
30	40	-310	-310	-310	-310	-310	-170	-170	-170	-170	-170	-120	-120	-120	-120	-120
		-372	-410	-470	-560	-700	-232	-270	-330	-420	-560	-159	-182	-220	-280	-370
40	50	-320	-320	-320	-320	-320	-180	-180	-180	-180	-180	-130	-130	-130	-130	-130
		-382	-420	-480	-570	-710	-242	-280	-340	-430	-570	-169	-192	-230	-290	-380
50	65	-340	-340	-340	-340	-340	-190	-190	-190	-190	-190	-140	-140	-140	-140	-140
		-414	-460	-530	-640	-800	-264	-310	-380	-490	-650	-186	-214	-260	-330	-440
65	80	-360	-360	-360	-360	-360	-200	-200	-200	-200	-200	-150	-150	-150	-150	-150
		-434	-480	-550	-660	-820	-274	-320	-390	-500	-660	-196	-224	-270	-340	-450
80	100	-380	-380	-380	-380	-380	-220	-220	-220	-220	-220	-170	-170	-170	-170	-170
		-467	-520	-600	-730	-920	-307	-360	-440	-570	-760	-224	-257	-310	-390	-520

续表 1

基本尺寸 (mm)		公差带														
		a					b					c				
大于	至	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12
100	120	-410 -497	-410 -550	-410 -630	-410 -760	-410 -950	-240 -327	-240 -380	-240 -460	-240 -590	-240 -780	-180 -234	-180 -267	-180 -320	-180 -400	-180 -530
120	140	-460 -560	-460 -620	-460 -710	-460 -860	-460 -1090	-260 -360	-260 -420	-260 -510	-260 -660	-260 -890	-200 -263	-200 -300	-200 -360	-200 -450	-200 -600
140	160	-520 -620	-520 -680	-520 -770	-520 -920	-520 -1150	-280 -380	-280 -440	-280 -530	-280 -680	-280 -910	-210 -273	-210 -310	-210 -370	-210 -460	-210 -610
160	180	-580 -680	-580 -740	-580 -830	-580 -980	-580 -1210	-310 -410	-310 -470	-310 -560	-310 -710	-310 -940	-230 -293	-230 -330	-230 -390	-230 -480	-230 -630
180	200	-660 -775	-660 -845	-660 -950	-660 -1120	-660 -1380	-340 -455	-340 -525	-340 -630	-340 -800	-340 -1060	-240 -312	-240 -355	-240 -425	-240 -530	-240 -770
200	225	-740 -855	-740 -925	-740 -1030	-740 -1200	-740 -1460	-380 -495	-380 -565	-380 -670	-380 -840	-380 -1100	-260 -332	-260 -375	-260 -445	-260 -550	-260 -720
225	250	-820 -935	-820 -1005	-820 -1110	-820 -1280	-820 -1540	-420 -535	-420 -605	-420 -710	-420 -880	-420 -1140	-280 -352	-280 -395	-280 -465	-280 -570	-280 -740
250	280	-920 -1050	-920 -1130	-920 -1240	-920 -1440	-920 -1730	-480 -610	-480 -690	-480 -800	-480 -1000	-480 -1290	-300 -381	-300 -430	-300 -510	-300 -620	-300 -820
280	315	-1050 -1180	-1050 -1260	-1050 -1370	-1050 -1570	-1050 -1860	-540 -670	-540 -750	-540 -860	-540 -1060	-540 -1350	-330 -411	-330 -460	-330 -540	-330 -650	-330 -850
315	355	-1200 -1340	-1200 -1430	-1200 -1560	-1200 -1770	-1200 -2090	-600 -740	-600 -830	-600 -960	-600 -1170	-600 -1490	-360 -449	-360 -500	-360 -590	-360 -720	-360 -930
355	400	-1350 -1490	-1350 -1580	-1350 -1710	-1350 -1920	-1350 -2240	-680 -820	-680 -910	-680 -1040	-680 -1250	-680 -1570	-400 -489	-400 -540	-400 -630	-400 -760	-400 -970
400	450	-1500 -1655	-1500 -1750	-1500 -1900	-1500 -2130	-1500 -2470	-760 -915	-760 -1010	-760 -1160	-760 -1390	-760 -1730	-440 -537	-440 -595	-440 -690	-440 -840	-440 -1070
450	500	-1650 -1805	-1650 -1900	-1650 -2050	-1650 -2280	-1650 -2620	-840 -995	-840 -1090	-840 -1240	-840 -1470	-840 -1810	-480 -577	-480 -635	-480 -730	-480 -880	-480 -1110

续表 2

基本尺寸 (mm)		公 差 带													
		c	d					e					f		
大于	至	13	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	5	6	7
—	3	-60	-20	-20	-20	-20	-20	-14	-14	-14	-14	-14	-6	-6	-6
		-200	-30	-34	-45	-60	-80	-20	-24	-28	-39	-54	-10	-12	-16
3	6	-70	-30	-30	-30	-30	-30	-20	-20	-20	-20	-20	-10	-10	-10
		-250	-42	-48	-60	-78	-150	-28	-32	-38	-50	-68	-15	-18	-22
6	10	-80	-40	-40	-40	-40	-40	-25	-25	-25	-25	-25	-13	-13	-13
		-300	-55	-62	-76	-98	-130	-34	-40	-47	-61	-83	-19	-22	-28
10	14	-95	-50	-50	-50	-50	-50	-32	-32	-32	-32	-32	-16	-16	-16
		-365	-68	-77	-93	-120	-160	-43	-50	-59	-75	-102	-24	-27	-34
14	18														
18	24	-110	-65	-65	-65	-65	-65	-40	-40	-40	-40	-40	-20	-20	-20
		-440	-86	-98	-117	-149	-195	-53	-61	-73	-92	-124	-29	-33	-41
24	30														
30	40	-120													
		-510	-80	-80	-80	-80	-80	-50	-50	-50	-50	-50	-25	-25	-25
40	50	-130	-105	-119	-142	-180	-240	-66	-75	-89	-112	-150	-36	-41	-50
		-520													
50	65	-140													
		-600	-100	-100	-100	-100	-100	-60	-60	-60	-60	-60	-30	-30	-30
65	80	-150	-130	-146	-174	-220	-290	-79	-90	-106	-134	-180	-43	-49	-60
		-610													
80	100	-170													
		-710	-120	-120	-120	-120	-120	-72	-72	-72	-72	-72	-36	-36	-36
100	120	-180	-155	-174	-207	-260	-340	-94	-107	-126	-159	-212	-51	-58	-71
		-720													

续表 3

基本尺寸 (mm)		公 差 带													
		c	d					e					f		
大于	至	13	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	5	6	7
120	140	-200 -830													
140	160	-210 -840	-145 -185	-145 -208	-145 -245	-145 -305	-145 -395	-85 -110	-85 -125	-85 -148	-85 -185	-85 -245	-43 -61	-43 -63	-43 -83
160	180	-230 -860													
180	200	-240 -960													
200	225	-260 -980	-170 -216	-170 -242	-170 -285	-170 -355	-170 -460	-100 -129	-100 -146	-100 -172	-100 -215	-100 -285	-50 -70	-50 -79	-50 -96
225	250	-280 -1000													
250	280	-300 -1110	-190 -242	-190 -271	-190 -320	-190 -400	-190 -510	-110 -142	-110 -162	-110 -191	-110 -240	-110 -320	-56 -79	-56 -88	-56 -108
280	315	-330 -1140													
315	355	-360 -1250	-210 -267	-210 -299	-210 -350	-210 -440	-210 -570	-125 -161	-125 -182	-125 -214	-125 -265	-125 -355	-62 -87	-62 -98	-62 -119
355	400	-400 -1290													
400	450	-440 -1410	-230 -293	-230 -327	-230 -385	-230 -480	-230 -630	-135 -175	-135 -198	-135 -232	-135 -290	-135 -385	-68 -95	-68 -108	-68 -131
450	500	-480 -1450													

续表 4

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		f		g					h					
大于	至	8	9	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
—	3	-6 -20	-6 -31	-2 -5	-2 -6	-2 -8	-2 -12	-2 -16	0 -0.8	0 -1.2	0 -2	0 -3	0 -4	0 -6
3	6	-10 -28	-10 -40	-4 -8	-4 -9	-4 -12	-4 -16	-4 -22	0 -1	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -5	0 -8
6	10	-13 -35	-13 -49	-5 -9	-5 -11	-5 -14	-5 -20	-5 -27	0 -1	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -9
10	14	-16 -43	-16 -59	-6 -11	-6 -14	-6 -17	-6 -24	-6 -33	0 -1.2	0 -2	0 -3	0 -5	0 -8	0 -11
14	18													
18	24	-20 -53	-20 -72	-7 -13	-7 -16	-7 -20	-7 -28	-7 -40	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -9	0 -13
24	30													
30	40	-25 -64	-25 -87	-9 -16	-9 -20	-9 -25	-9 -34	-9 -48	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -7	0 -11	0 -16
40	50													
50	65	-30 -76	-30 -104	-10 -18	-10 -23	-10 -29	-10 -40	-10 -56	0 -2	0 -3	0 -5	0 -8	0 -13	0 -19
65	80													
80	100	-36 -90	-36 -123	-12 -22	-12 -27	-12 -34	-12 -47	-12 -66	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -10	0 -15	0 -22
100	120													

续表 5

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		f		g					h					
大于	至	8	9	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
120	140													
140	160	-43 -106	-43 -143	-14 -26	-14 -32	-14 -39	-14 -54	-14 -77	0 -3.5	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -25
160	180													
180	200													
200	225	-50 -122	-50 -165	-15 -29	-15 -35	-15 -44	-15 -61	-15 -87	0 -4.5	0 -7	0 -10	0 -14	0 -20	0 -29
225	250													
250	280	-56 -137	-56 -186	-17 -33	-17 -40	-17 -49	-17 -69	-17 -98	0 -6	0 -8	0 -12	0 -16	0 -23	0 -32
280	315													
315	355	-62 -151	-62 -202	-18 -36	-18 -43	-18 -54	-18 -75	-18 -107	0 -7	0 -9	0 -13	0 -18	0 -25	0 -36
355	400													
400	450	-68 -165	-68 -223	-20 -40	-20 -47	-20 -60	-20 -83	-20 -117	0 -8	0 -10	0 -15	0 -20	0 -27	0 -40
450	500													

续表 6

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		h							j			js		
大于	至	7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	1	2	3
—	3	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100	0 -140	—	+4 -2	+6 -4	± 0.4	± 0.6	± 1
3	6	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120	0 -180	+3 -2	+6 -2	+8 -4	± 0.5	± 0.75	± 1.25
6	10	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150	0 -220	+4 -2	+7 -2	+10 -5	± 0.5	± 0.75	± 1.25
10	14	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	0 -180	0 -270	+5 -3	+8 -3	+12 -6	± 0.6	± 1	± 1.5
14	18													
18	24	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	0 -210	0 -330	+5 -4	+9 -4	+13 -8	± 0.75	± 1.25	± 2
24	30													
30	40	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -150	0 -250	0 -390	+6 -5	+11 -5	+15 -10	± 0.75	± 1.25	± 2
40	50													
50	65	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -190	0 -300	0 -460	+6 -7	+12 -7	+18 -12	± 1	± 1.5	± 2.5
65	80													
80	100	0 -35	0 -54	0 -87	0 -140	0 -220	0 -350	0 -540	+6 -9	+13 -9	+20 -15	± 1.25	± 2	± 3
100	120													

续表 7

基本尺寸 (mm)		公差带												
		h							j			js		
大于	至	7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	1	2	3
120	140													
140	160	0 -40	0 -63	0 -100	0 -160	0 -250	0 -400	0 -630	+7 -11	+14 -11	+22 -18	± 1.75	± 2.5	± 4
160	180													
180	200													
200	225	0 -46	0 -72	0 -115	0 -185	0 -290	0 -460	0 -720	+7 -13	+16 -13	+25 -21	± 2.25	± 3.5	± 5
225	250													
250	280	0 -52	0 -81	0 -130	0 -210	0 -320	0 -520	0 -810	+7 -16	—	—	± 3	± 4	± 6
280	315													
315	355	0 -57	0 -89	0 -140	0 -230	0 -360	0 -570	0 -890	+7 -18	—	+29 -28	± 3.5	± 4.5	± 6.5
355	400													
400	450	0 -63	0 -97	0 -155	0 -250	0 -400	0 -630	0 -970	+7 -20	—	+31 -32	± 4	± 5	± 7.5
450	500													

续表 8

基本尺寸 (mm)		公 差 带											
		js										k	
大于	至	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	4	5
—	3	± 1.5	± 2	± 3	± 5	± 7	± 12	± 20	± 30	± 50	± 70	$+3_0$	$+4_0$
3	6	± 2	± 2.5	± 4	± 6	± 9	± 15	± 24	± 37	± 60	± 90	$+5_{+1}$	$+6_{+1}$
6	10	± 2	± 3	± 4.5	± 7	± 11	± 18	± 29	± 45	± 75	± 110	$+5_{+1}$	$+7_{+1}$
10	14	± 2.5	± 4	± 5.5	± 9	± 13	± 21	± 35	± 55	± 90	± 135	$+6_{+1}$	$+9_{+1}$
14	18												
18	24	± 3	± 4.5	± 6.5	± 10	± 16	± 26	± 42	± 65	± 105	± 165	$+8_{+2}$	$+11_{+2}$
24	30												
30	40	± 3.5	± 5.5	± 8	± 12	± 19	± 31	± 50	± 80	± 125	± 195	$+9_{+2}$	$+13_{+2}$
40	50												
50	65	± 4	± 6.5	± 9.5	± 15	± 23	± 37	± 60	± 95	± 150	± 230	$+10_{+2}$	$+15_{+2}$
65	80												
80	100	± 5	± 7.5	± 11	± 17	± 27	± 43	± 70	± 110	± 175	± 270	$+13_{+3}$	$+18_{+3}$
100	120												

续表 9

基本尺寸 (mm)		公 差 带											
		js										k	
大于	至	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	4	5
120	140												
140	160	± 6	± 9	± 12.5	± 20	± 31	± 50	± 80	± 125	± 200	± 315	+15 +3	+21 +3
160	180												
180	200												
200	225	± 7	± 10	± 14.5	± 23	± 36	± 57	± 92	± 145	± 230	± 360	+18 +4	+24 +4
225	250												
250	280												
		± 8	± 11.5	± 16	± 26	± 40	± 65	± 105	± 160	± 260	± 405	+20 +4	+27 +4
280	315												
315	355												
		± 9	± 12.5	± 18	± 28	± 44	± 70	± 115	± 180	± 285	± 445	+22 +4	+29 +4
355	400												
400	450												
		± 10	± 13.5	± 20	± 31	± 48	± 77	± 125	± 200	± 315	± 485	+25 +5	+32 +5
450	500												

续表 10

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		k			m					n				
大于	至	6	7	8	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
—	3	+6 0	+10 0	+14 0	+5 +2	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2	+7 +4	+8 +4	+10 +4	+14 +4	+18 +4
3	6	+9 +1	+13 +1	+18 0	+8 +4	+9 +4	+12 +4	+16 +4	+22 +4	+12 +8	+13 +8	+16 +8	+20 +8	+26 +8
6	10	+10 +1	+16 +1	+22 0	+10 +6	+12 +6	+15 +6	+21 +6	+28 +6	+14 +10	+16 +10	+19 +10	+25 +10	+32 +10
10	14	+12 +1	+19 +1	+27 0	+12 +7	+15 +7	+18 +7	+25 +7	+34 +7	+17 +12	+20 +12	+23 +12	+30 +12	+39 +12
14	18													
18	24	+15 +2	+23 +2	+33 0	+14 +8	+17 +8	+21 +8	+29 +8	+41 +8	+21 +15	+24 +15	+28 +15	+36 +15	+48 +15
24	30													
30	40	+18 +2	+27 +2	+39 0	+16 +9	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+48 +9	+24 +17	+28 +17	+33 +17	+42 +17	+56 +17
40	50													
50	65	+21 +2	+32 +2	+46 0	+19 +11	+24 +11	+30 +11	+41 +11	+57 +11	+28 +20	+33 +20	+39 +20	+50 +20	+66 +20
65	80													
80	100	+25 +3	+38 +3	+54 0	+23 +13	+28 +13	+35 +13	+48 +13	+67 +13	+33 +23	+38 +23	+45 +23	+58 +23	+77 +23
100	120													

续表 11

基本尺寸 (mm)		公差带												
		k			m						n			
大于	至	6	7	8	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
120	140													
140	160	+28 +3	+43 +3	+63 0	+27 +15	+33 +15	+40 +15	+55 +15	+78 +15	+39 +27	+45 +27	+52 +27	+67 +27	+90 +27
160	180													
180	200													
200	225	+33 +4	+50 +4	+72 0	+31 +17	+37 +17	+46 +17	+63 +17	+89 +17	+45 +31	+51 +31	+60 +31	+77 +31	+103 +31
225	250													
250	280	+36 +4	+56 +4	+81 0	+36 +20	+43 +20	+52 +20	+72 +20	+101 +20	+50 +34	+57 +34	+66 +34	+86 +34	+115 +34
280	315													
315	355	+40 +4	+61 +4	+89 0	+39 +21	+46 +21	+57 +21	+78 +21	+110 +21	+55 +37	+62 +37	+73 +37	+94 +37	+126 +37
355	400													
400	450	+45 +5	+68 +5	+97 0	+43 +23	+50 +23	+63 +23	+86 +23	+120 +23	+60 +40	+67 +40	+80 +40	+103 +40	+137 +40
450	500													

续表 12

基本尺寸 (mm)		公差带												
		p					r					s		
大于	至	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8	4	5	6
—	3	+9 +6	+10 +6	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+13 +10	+14 +10	+16 +10	+20 +10	+24 +10	+17 +14	+18 +14	+20 +14
3	6	+16 +12	+17 +12	+20 +12	+24 +12	+30 +12	+19 +15	+20 +15	+23 +15	+27 +15	+33 +15	+23 +19	+24 +19	+27 +19
6	10	+19 +15	+21 +15	+24 +15	+30 +15	+37 +15	+23 +19	+25 +19	+28 +19	+34 +19	+41 +19	+27 +23	+29 +23	+32 +23
10	14	+23	+26	+29	+36	+45	+28	+31	+34	+41	+50	+33	+36	+39
14	18	+18	+18	+18	+18	+18	+23	+23	+23	+23	+23	+28	+28	+28
18	24	+28	+31	+35	+43	+55	+34	+37	+41	+49	+61	+41	+44	+48
24	30	+22	+22	+22	+22	+22	+28	+28	+28	+28	+28	+35	+35	+35
30	40	+33	+37	+42	+51	+65	+41	+45	+50	+59	+73	+50	+54	+59
40	50	+26	+26	+26	+26	+26	+34	+34	+34	+34	+34	+43	+43	+43
50	65	+40	+45	+51	+62	+78	+49 +41	+54 +41	+60 +41	+71 +41	+87 +41	+61 +53	+66 +53	+72 +53
65	80	+32	+32	+32	+32	+32	+51 +43	+56 +43	+62 +43	+73 +43	+89 +43	+67 +59	+72 +59	+78 +59
80	100	+47	+52	+59	+72	+91	+61 +51	+66 +51	+73 +51	+86 +51	+105 +51	+81 +71	+86 +71	+93 +71
100	120	+37	+37	+37	+37	+37	+64 +54	+69 +54	+76 +54	+89 +54	+108 +54	+89 +79	+94 +79	+101 +79

续表 13

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		p					r					s		
大于	至	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8	4	5	6
120	140	+55 +43	+61 +43	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+75 +63	+81 +63	+88 +63	+103 +63	+126 +63	+104 +92	+110 +92	+117 +92
140	160						+77 +65	+83 +65	+90 +65	+105 +65	+128 +65	+112 +100	+118 +100	+125 +100
160	180						+80 +68	+86 +68	+93 +68	+108 +68	+131 +68	+120 +108	+126 +108	+133 +108
180	200	+64 +50	+70 +50	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+91 +77	+97 +77	+106 +77	+123 +77	+149 +77	+136 +122	+142 +122	+151 +122
200	225						+94 +80	+100 +80	+109 +80	+126 +80	+152 +80	+144 +130	+150 +130	+159 +130
225	250						+98 +84	+104 +84	+113 +84	+130 +84	+156 +84	+154 +140	+160 +140	+169 +140
250	280	+72 +56	+79 +56	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+110 +94	+117 +94	+126 +94	+146 +94	+175 +94	+174 +158	+181 +158	+190 +158
280	315						+114 +98	+121 +98	+130 +98	+150 +98	+179 +98	+186 +170	+193 +170	+202 +170
315	355	+80 +62	+87 +62	+98 +62	+119 +62	+151 +62	+126 +108	+133 +108	+144 +108	+165 +108	+197 +108	+208 +190	+215 +190	+226 +190
355	400						+132 +114	+139 +114	+150 +114	+171 +114	+203 +114	+226 +208	+233 +208	+244 +208
400	450	+88 +68	+95 +68	+108 +68	+131 +68	+165 +68	+146 +126	+153 +126	+166 +126	+189 +126	+223 +126	+252 +232	+259 +232	+272 +232
450	500						+152 +132	+159 +132	+172 +132	+195 +132	+229 +132	+272 +252	+279 +252	+292 +252

续表 14

基本尺寸 (mm)		公差带												
		s		t				u				v		
大于	至	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7
—	3	+24 +14	+28 +14	—	—	—	—	+22 +18	+24 +18	+28 +18	+32 +18	—	—	—
3	6	+31 +19	+37 +19	—	—	—	—	+28 +23	+31 +23	+35 +23	+41 +23	—	—	—
6	10	+38 +23	+45 +23	—	—	—	—	+34 +28	+37 +28	+43 +28	+50 +28	—	—	—
10	14	+46 +28	+55 +28	—	—	—	—	+41 +33	+44 +33	+51 +33	+60 +33	—	—	—
14	18			—	—	—	—	—	—	—	—	+47 +39	+50 +39	+57 +39
18	24	+56 +35	+68 +35	—	—	—	—	+50 +41	+54 +41	+62 +41	+74 +41	+56 +47	+60 +47	+68 +47
24	30			+50 +41	+54 +41	+62 +41	+74 +41	+57 +48	+61 +48	+69 +48	+81 +48	+64 +55	+68 +55	+76 +55
30	40	+68 +43	+82 +43	+59 +48	+64 +48	+73 +48	+87 +48	+71 +60	+76 +60	+85 +60	+99 +60	+79 +68	+84 +68	+93 +68
40	50			+65 +54	+70 +54	+79 +54	+93 +54	+81 +70	+86 +70	+95 +70	+109 +70	+92 +81	+97 +81	+106 +81
50	65	+83 +53	+99 +53	+79 +66	+85 +66	+96 +66	+112 +66	+100 +87	+106 +87	+117 +87	+133 +87	+115 +102	+121 +102	+132 +102
65	80	+89 +59	+105 +59	+88 +75	+94 +75	+105 +75	+121 +75	+115 +102	+121 +102	+132 +102	+148 +102	+133 +120	+139 +120	+150 +120
80	100	+106 +71	+125 +71	+106 +91	+113 +91	+126 +91	+145 +91	+139 +124	+146 +124	+159 +124	+178 +124	+161 +146	+168 +146	+181 +146
100	120	+114 +79	+133 +79	+119 +104	+126 +104	+139 +104	+158 +104	+159 +144	+166 +144	+179 +144	+198 +144	+187 +172	+194 +172	+207 +172

续表 15

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		s		t				u				v		
大于	至	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7
120	140	+132 +92	+155 +92	+140 +122	+147 +122	+162 +122	+185 +122	+188 +170	+195 +170	+210 +170	+233 +170	+220 +202	+227 +202	+242 +202
140	160	+140 +100	+163 +100	+152 +134	+159 +134	+174 +134	+197 +134	+208 +190	+215 +190	+230 +190	+253 +190	+246 +228	+253 +228	+268 +228
160	180	+148 +108	+171 +108	+164 +146	+171 +146	+186 +146	+209 +146	+228 +210	+235 +210	+250 +210	+273 +210	+270 +252	+277 +252	+292 +252
180	200	+168 +122	+194 +122	+186 +166	+195 +166	+212 +166	+238 +166	+256 +236	+265 +236	+282 +236	+308 +236	+304 +284	+313 +284	+330 +284
200	225	+176 +130	+202 +130	+200 +180	+209 +180	+226 +180	+252 +180	+278 +258	+287 +258	+304 +258	+330 +258	+330 +310	+339 +310	+356 +310
225	250	+186 +140	+212 +140	+216 +196	+225 +196	+242 +196	+268 +196	+304 +284	+313 +284	+330 +284	+356 +284	+360 +340	+369 +340	+386 +340
250	280	+210 +158	+239 +158	+241 +218	+250 +218	+270 +218	+299 +218	+338 +315	+347 +315	+367 +315	+396 +315	+408 +385	+417 +385	+437 +385
280	315	+222 +170	+251 +170	+263 +240	+272 +240	+292 +240	+321 +240	+373 +350	+382 +350	+402 +350	+431 +350	+448 +425	+457 +425	+477 +425
315	355	+247 +190	+279 +190	+293 +268	+304 +268	+325 +268	+357 +268	+415 +390	+426 +390	+447 +390	+479 +390	+500 +475	+511 +475	+532 +475
355	400	+265 +208	+297 +208	+319 +294	+330 +294	+351 +294	+383 +294	+460 +435	+471 +435	+492 +435	+524 +435	+555 +530	+566 +530	+587 +530
400	450	+295 +232	+329 +232	+357 +330	+370 +330	+393 +330	+427 +330	+517 +490	+530 +490	+553 +490	+587 +490	+622 +595	+635 +595	+658 +595
450	500	+315 +252	+349 +252	+387 +360	+400 +360	+423 +360	+457 +360	+567 +540	+580 +540	+603 +540	+637 +540	+687 +660	+700 +660	+723 +660

续表 16

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		v	x					y				z		
大于	至	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
—	3	—	+24 +20	+26 +20	+30 +20	+34 +20	—	—	—	—	+30 +26	+32 +26	+36 +26	+40 +26
3	6	—	+33 +28	+36 +28	+40 +28	+46 +28	—	—	—	—	+40 +35	+43 +35	+47 +35	+53 +35
6	10	—	+40 +34	+43 +34	+49 +34	+56 +34	—	—	—	—	+48 +42	+51 +42	+57 +42	+64 +42
10	14	—	+48 +40	+51 +40	+58 +40	+67 +40	—	—	—	—	+58 +50	+61 +50	+68 +50	+77 +50
14	18	+66 +39	+53 +45	+56 +45	+63 +45	+72 +45	—	—	—	—	+68 +60	+71 +60	+78 +60	+87 +60
18	24	+80 +47	+63 +54	+67 +54	+75 +54	+87 +54	+72 +63	+76 +63	+84 +63	+96 +63	+82 +73	+86 +73	+94 +73	+106 +73
24	30	+88 +55	+73 +64	+77 +64	+85 +64	+97 +64	+84 +75	+88 +75	+96 +75	+108 +75	+97 +88	+101 +88	+109 +88	+121 +88
30	40	+107 +68	+91 +80	+96 +80	+105 +80	+119 +80	+105 +94	+110 +94	+119 +94	+133 +94	+123 +112	+128 +112	+137 +112	+151 +112
40	50	+120 +81	+108 +97	+113 +97	+122 +97	+136 +97	+125 +114	+130 +114	+139 +114	+153 +114	+147 +136	+152 +136	+161 +136	+175 +136
50	65	+148 +102	+135 +122	+141 +122	+152 +122	+168 +122	+157 +144	+163 +144	+174 +144	+190 +144	+185 +172	+191 +172	+202 +172	+218 +172
65	80	+166 +120	+159 +146	+165 +146	+176 +146	+192 +146	+187 +174	+193 +174	+204 +174	+220 +174	+223 +210	+229 +210	+240 +210	+256 +210
80	100	+200 +146	+193 +178	+200 +178	+213 +178	+232 +178	+229 +214	+236 +214	+249 +214	+268 +214	+273 +258	+280 +258	+293 +258	+312 +258
100	120	+226 +172	+225 +210	+232 +210	+245 +210	+264 +210	+269 +254	+276 +254	+289 +254	+308 +254	+325 +310	+332 +310	+345 +310	+364 +310

续表 17

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		v	x					y				z		
大于	至	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
120	140	+265	+266	+273	+288	+311	+318	+325	+340	+363	+383	+390	+405	+428
		+202	+248	+248	+248	+248	+300	+300	+300	+300	+365	+365	+365	+365
140	160	+291	+298	+305	+320	+343	+358	+365	+380	+403	+433	+440	+455	+478
		+228	+280	+280	+280	+280	+340	+340	+340	+340	+415	+415	+415	+415
160	180	+315	+328	+335	+350	+373	+398	+405	+420	+443	+483	+490	+505	+528
		+252	+310	+310	+310	+310	+380	+380	+380	+380	+465	+465	+465	+465
180	200	+356	+370	+379	+396	+422	+445	+454	+471	+497	+540	+549	+566	+592
		+284	+350	+350	+350	+350	+425	+425	+425	+425	+520	+520	+520	+520
200	225	+382	+405	+414	+431	+457	+490	+499	+516	+542	+595	+604	+621	+647
		+310	+385	+385	+385	+385	+470	+470	+470	+470	+575	+575	+575	+575
225	250	+412	+445	+454	+471	+497	+540	+549	+566	+592	+660	+669	+686	+712
		+340	+425	+425	+425	+425	+520	+520	+520	+520	+640	+640	+640	+640
250	280	+466	+498	+507	+527	+556	+603	+612	+632	+661	+733	+742	+762	+791
		+385	+475	+475	+475	+475	+580	+580	+580	+580	+710	+710	+710	+710
280	315	+506	+548	+557	+577	+606	+673	+682	+702	+731	+813	+822	+842	+871
		+425	+525	+525	+525	+525	+650	+650	+650	+650	+790	+790	+790	+790
315	355	+564	+615	+626	+647	+679	+755	+766	+787	+819	+925	+936	+957	+989
		+475	+590	+590	+590	+590	+730	+730	+730	+730	+900	+900	+900	+900
355	400	+619	+685	+696	+717	+749	+845	+856	+877	+909	+1025	+1036	+1057	+1089
		+530	+660	+660	+660	+660	+820	+820	+820	+820	+1000	+1000	+1000	+1000
400	450	+692	+767	+780	+803	+837	+947	+960	+983	+1017	+1127	+1140	+1163	+1197
		+595	+740	+740	+740	+740	+920	+920	+920	+920	+1100	+1100	+1100	+1100
450	500	+757	+847	+860	+883	+917	+1027	+1040	+1063	+1097	+1277	+1290	+1313	+1347
		+660	+820	+820	+820	+820	+1000	+1000	+1000	+1000	+1250	+1250	+1250	+1250

注: 1. 基本尺寸小于 1mm 时, 各级的 a 和 b 均不采用。

2. 标有▼的是优先公差带。

表 3—8

基本尺寸至 500mm 孔的极限偏差

(μm)

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		A				B				C				
大于	至	9	10	11	12	9	10	11	12	8	9	10	11	12
—	3	+295	+310	+330	+370	+165	+180	+200	+240	+74	+85	+100	+120	+160
		+270	+270	+270	+270	+140	+140	+140	+140	+60	+60	+60	+60	+60
3	6	+300	+318	+345	+390	+170	+188	+215	+260	+88	+100	+118	+145	+190
		+270	+270	+270	+270	+140	+140	+140	+140	+70	+70	+70	+70	+70
6	10	+316	+338	+370	+430	+186	+208	+240	+300	+102	+116	+138	+170	+230
		+280	+280	+280	+280	+150	+150	+150	+150	+80	+80	+80	+80	+80
10	14	+333	+360	+400	+470	+193	+220	+260	+330	+122	+138	+165	+205	+275
14	18	+290	+290	+290	+290	+150	+150	+150	+150	+95	+95	+95	+95	+95
18	24	+352	+384	+430	+510	+212	+244	+290	+370	+143	+162	+194	+240	+320
24	30	+300	+300	+300	+300	+160	+160	+160	+160	+110	+110	+110	+110	+110
30	40	+372	+410	+470	+560	+232	+270	+330	+420	+159	+182	+220	+280	+370
		+310	+310	+310	+310	+170	+170	+170	+170	+120	+120	+120	+120	+120
40	50	+382	+420	+480	+570	+242	+280	+340	+430	+169	+192	+230	+290	+380
		+320	+320	+320	+320	+180	+180	+180	+180	+130	+130	+130	+130	+130
50	65	+414	+460	+530	+640	+264	+310	+380	+490	+186	+214	+260	+330	+440
		+340	+340	+340	+340	+190	+190	+190	+190	+140	+140	+140	+140	+140
65	80	+434	+480	+550	+660	+274	+320	+390	+500	+196	+224	+270	+340	+450
		+360	+360	+360	+360	+200	+200	+200	+200	+150	+150	+150	+150	+150
80	100	+467	+520	+600	+730	+307	+360	+440	+570	+224	+257	+310	+390	+520
		+380	+380	+380	+380	+220	+220	+220	+220	+170	+170	+170	+170	+170
100	120	+497	+550	+630	+760	+327	+380	+460	+590	+234	+267	+320	+400	+530
		+410	+410	+410	+410	+240	+240	+240	+240	+180	+180	+180	+180	+180

续表 1

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		A				B				C				
大于	至	9	10	11	12	9	10	11	12	8	9	10	11	12
120	140	+560 +460	+620 +460	+710 +460	+860 +460	+360 +260	+420 +260	+510 +260	+660 +260	+263 +200	+300 +200	+360 +200	+450 +200	+600 +200
140	160	+620 +520	+680 +520	+770 +520	+920 +520	+380 +280	+440 +280	+530 +280	+680 +280	+273 +210	+310 +210	+370 +210	+460 +210	+610 +210
160	180	+680 +580	+740 +580	+830 +580	+980 +580	+410 +310	+470 +310	+560 +310	+710 +310	+293 +230	+330 +230	+390 +230	+480 +230	+630 +230
180	200	+775 +660	+845 +660	+950 +660	+1120 +660	+455 +340	+525 +340	+630 +340	+800 +340	+312 +240	+355 +240	+425 +240	+530 +240	+700 +240
200	225	+855 +740	+925 +740	+1030 +740	+1200 +740	+495 +380	+565 +380	+670 +380	+840 +380	+332 +260	+375 +260	+445 +260	+550 +260	+720 +260
225	250	+935 +820	+1005 +820	+1110 +820	+1280 +820	+535 +420	+605 +420	+710 +420	+880 +420	+352 +280	+395 +280	+465 +280	+570 +280	+740 +280
250	280	+1050 +920	+1130 +920	+1240 +920	+1440 +920	+610 +480	+690 +480	+800 +480	+1000 +480	+381 +300	+430 +300	+510 +300	+620 +300	+820 +300
280	315	+1180 +1050	+1260 +1050	+1370 +1050	+1570 +1050	+670 +540	+750 +540	+860 +540	+1060 +540	+411 +330	+460 +330	+540 +330	+650 +330	+850 +330
315	355	+1340 +1200	+1430 +1200	+1560 +1200	+1770 +1200	+740 +600	+830 +600	+960 +600	+1170 +600	+449 +360	+500 +360	+590 +360	+720 +360	+930 +360
355	400	+1490 +1350	+1580 +1350	+1710 +1350	+1920 +1350	+820 +680	+910 +680	+1040 +680	+1250 +680	+489 +400	+540 +400	+630 +400	+760 +400	+970 +400
400	450	+1655 +1500	+1750 +1500	+1900 +1500	+2130 +1500	+915 +760	+1010 +760	+1160 +760	+1390 +760	+537 +440	+595 +440	+690 +440	+840 +440	+1070 +440
450	500	+1805 +1650	+1900 +1650	+2050 +1650	+2280 +1650	+995 +840	+1090 +840	+1240 +840	+1470 +840	+577 +480	+635 +480	+730 +480	+880 +480	+1110 +480

续表 2

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		D					E				F			
大于	至	7	8	9	10	11	7	8	9	10	6	7	8	9
—	3	+30 +20	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+80 +20	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+54 +14	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+31 +6
3	6	+42 +30	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+105 +30	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+68 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+40 +10
6	10	+55 +40	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+130 +40	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+83 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+49 +13
10	14	+68 +50	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+160 +50	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+102 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+59 +16
14	18													
18	24	+86 +65	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+195 +65	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+124 +40	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+72 +20
24	30													
30	40	+105 +80	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+240 +80	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+150 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+87 +25
40	50													
50	65	+130 +100	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+290 +100	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+180 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+104 +30
65	80													
80	100	+155 +120	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+340 +120	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+212 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+123 +36
100	120													

续表 3

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		D					E				F			
大于	至	7	8	9	10	11	7	8	9	10	6	7	8	9
120	140													
140	160	+185 +145	+208 +145	+245 +145	+305 +145	+395 +145	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+245 +85	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+143 +43
160	180													
180	200													
200	225	+216 +170	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+460 +170	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+285 +100	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+165 +50
225	250													
250	280	+242 +190	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+510 +190	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+320 +110	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+186 +56
280	315													
315	355	+267 +210	+299 +210	+350 +210	+440 +210	+570 +210	+182 +125	+214 +125	+265 +125	+355 +125	+98 +62	+119 +62	+151 +62	+202 +62
355	400													
400	450	+293 +230	+327 +230	+385 +230	+480 +230	+630 +230	+198 +135	+232 +135	+290 +135	+385 +135	+108 +68	+131 +68	+165 +68	+223 +68
450	500													

续表 4

基本尺寸 (mm)		公差带												
		G				H								
大于	至	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	3	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2	+0.8 0	+1.2 0	+2 0	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0
3	6	+9 +4	+12 +4	+16 +4	+22 +4	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0
6	10	+11 +5	+14 +5	+20 +5	+27 +5	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0
10	14	+14 +6	+17 +6	+24 +6	+33 +6	+1.2 0	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0
14	18													
18	24	+16 +7	+20 +7	+28 +7	+40 +7	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0
24	30													
30	40	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+48 +9	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0
40	50													
50	65	+23 +10	+29 +10	+40 +10	+56 +10	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0
65	80													
80	100	+27 +12	+34 +12	+47 +12	+66 +12	+2.5 0	+4 0	+6 0	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0
100	120													

续表 5

基本尺寸 (mm)		公 差 带													
		G				H									
大于	至	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
120	140	+32 +14	+39 +14	+54 +14	+77 +14	+3.5 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	
140	160														
160	180														
180	200	+35 +15	+44 +15	+61 +15	+87 +15	+4.5 0	+7 0	+10 0	+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	
200	225														
225	250														
250	280	+40 +17	+49 +17	+69 +17	+98 +17	+6 0	+8 0	+12 +0	+16 0	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	
280	315														
315	355	+43 +18	+54 +18	+75 +18	+107 +18	+7 0	+9 0	+13 0	+18 0	+25 0	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	
355	400														
400	450	+47 +20	+60 +20	+83 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	
450	500														

续表 6

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		H				J			Js					
大于	至	10	11	12	13	6	7	8	1	2	3	4	5	6
—	3	+40 0	+60 0	+100 0	+140 0	+2 -4	+4 -6	+6 -8	± 0.4	± 0.6	± 1	± 1.5	± 2	± 3
3	6	+48 0	+75 0	+120 0	+180 0	+5 -3	—	+10 -8	± 0.5	± 0.75	± 1.25	± 2	± 2.5	± 4
6	10	+58 0	+90 0	+150 0	+220 0	+5 -4	+8 -7	+12 -10	± 0.5	± 0.75	± 1.25	± 2	± 3	± 4.5
10	14	+70 0	+110 0	+180 0	+270 0	+6 -5	+10 -8	+15 -12	± 0.6	± 1	± 1.5	± 2.5	± 4	± 5.5
14	18													
18	24	+84 0	+130 0	+210 0	+330 0	+8 -5	+12 -9	+20 -13	± 0.75	± 1.25	± 2	± 3	± 4.5	± 6.5
24	30													
30	40	+100 0	+160 0	+250 0	+390 0	+10 -6	+14 -11	+24 -15	± 0.75	± 1.25	± 2	± 3.5	± 5.5	± 8
40	50													
50	65	+120 0	+190 0	+300 0	+460 0	+13 -6	+18 -12	+28 -18	± 1	± 1.5	± 2.5	± 4	± 6.5	± 9.5
65	80													
80	100	+140 0	+220 0	+350 0	+540 0	+16 -6	+22 -13	+34 -20	± 1.25	± 2	± 3	± 5	± 7.5	± 11
100	120													

续表 7

基本尺寸 (mm)		公差带												
		H				J			Js					
大于	至	10	11	12	13	6	7	8	1	2	3	4	5	6
120	140													
140	160	+160 0	+250 0	+400 0	+630 0	+18 -7	+26 -14	+41 -22	± 1.75	± 2.5	± 4	± 6	± 9	± 12.5
160	180													
180	200													
200	225	+185 0	+290 0	+460 0	+720 0	+22 -7	+30 -16	+47 -25	± 2.25	± 3.5	± 5	± 7	± 10	± 14.5
225	250													
250	280	+210 0	+320 0	+520 0	+810 0	+25 -7	+36 -16	+55 -26	± 3	± 4	± 6	± 8	± 11.5	± 16
280	315													
315	355	+230 0	+360 0	+570 0	+890 0	+29 -7	+39 -18	+60 -29	± 3.5	± 4.5	± 6.5	± 9	± 12.5	± 18
355	400													
400	450	+250 0	+400 0	+630 0	+970 0	+33 -7	+43 -20	+66 -31	± 4	± 5	± 7.5	± 10	± 13.5	± 20
450	500													

续表 8

基本尺寸 (mm)		公差带												
		Js							K				M	
大于	至	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	4
—	3	± 5	± 7	± 12	± 20	± 30	± 50	± 70	0 -3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	-2 -5
3	6	± 6	± 9	± 15	± 24	± 37	± 60	± 90	+0.5 -3.5	0 -5	+2 -6	+3 -9	+5 -13	-2.5 -6.5
6	10	± 7	± 11	± 18	± 29	± 45	± 75	± 110	+0.5 -3.5	+1 -5	+2 -7	+5 -10	+6 -15	-4.5 -8.5
10	14	± 9	± 13	± 21	± 35	± 55	± 90	± 135	+1 -4	+2 -6	+2 -9	+6 -12	+8 -19	-5 -10
14	18													
18	24	± 10	± 16	± 26	± 42	± 65	± 105	± 165	0 -6	+1 -8	+2 -11	+6 -15	+10 -23	-6 -12
24	30													
30	40	± 12	± 19	± 31	± 50	± 80	± 125	± 195	+1 -6	+2 -9	+3 -13	+7 -18	+12 -27	-6 -13
40	50													
50	65	± 15	± 23	± 37	± 60	± 95	± 150	± 230	+1 -7	+3 -10	+4 -15	+9 -21	+14 -32	-8 -16
65	80													
80	100	± 17	± 27	± 43	± 70	± 110	± 175	± 270	+1 -9	+2 -13	+4 -18	+10 -25	+16 -38	-9 -19
100	120													

续表 9

基本尺寸 (mm)		公差带												
		Js							K					M
大于	至	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	4
120	140													
140	160	± 20	± 31	± 50	± 80	± 125	± 200	± 315	$\begin{smallmatrix} +1 \\ -11 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +3 \\ -15 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +4 \\ -21 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +12 \\ -28 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +20 \\ -43 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -11 \\ -23 \end{smallmatrix}$
160	180													
180	200													
200	225	± 23	± 36	± 57	± 92	± 145	± 230	± 360	$\begin{smallmatrix} 0 \\ -14 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +2 \\ -18 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +5 \\ -24 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +13 \\ -33 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +22 \\ -50 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -13 \\ -27 \end{smallmatrix}$
225	250													
250	280													
		± 26	± 40	± 65	± 105	± 160	± 260	± 405	$\begin{smallmatrix} 0 \\ -16 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +3 \\ -20 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +5 \\ -27 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +16 \\ -36 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +25 \\ -56 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -16 \\ -32 \end{smallmatrix}$
280	315													
315	355													
		± 28	± 44	± 70	± 115	± 180	± 285	± 445	$\begin{smallmatrix} +1 \\ -17 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +3 \\ -22 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +7 \\ -29 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +17 \\ -40 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +28 \\ -61 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -16 \\ -34 \end{smallmatrix}$
355	400													
400	450													
		± 31	± 48	± 77	± 125	± 200	± 315	± 485	$\begin{smallmatrix} 0 \\ -20 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +2 \\ -25 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +8 \\ -32 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +18 \\ -45 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +29 \\ -68 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -18 \\ -38 \end{smallmatrix}$
450	500													

续表 10

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		M				N					P			
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8	9	5	6	7	8
—	3	-2 -6	-2 -8	-2 -12	-2 -16	-4 -8	-4 -10	-4 -14	-4 -18	-4 -29	-6 -10	-6 -12	-6 -16	-6 -20
3	6	-3 -8	-1 -9	0 -12	+2 -16	-7 -12	-5 -13	-4 -16	-2 -20	0 -30	-11 -16	-9 -17	-8 -20	-12 -30
6	10	-4 -10	-3 -12	0 -15	+1 -21	-8 -14	-7 -16	-4 -19	-3 -25	0 -36	-13 -19	-12 -21	-9 -24	-15 -37
10	14	-4 -12	-4 -15	0 -18	+2 -25	-9 -17	-9 -20	-5 -23	-3 -30	0 -43	-15 -23	-15 -26	-11 -29	-18 -45
14	18													
18	24	-5 -14	-4 -17	0 -21	+4 -29	-12 -21	-11 -24	-7 -28	-3 -36	0 -52	-19 -28	-18 -31	-14 -35	-22 -55
24	30													
30	40	-5 -16	-4 -20	0 -25	+5 -34	-13 -24	-12 -28	-8 -33	-3 -42	0 -62	-22 -33	-21 -37	-17 -42	-26 -65
40	50													
50	65	-6 -19	-5 -24	0 -30	+5 -41	-15 -28	-14 -33	-9 -39	-4 -50	0 -74	-27 -40	-26 -45	-21 -51	-32 -78
65	80													
80	100	-8 -23	-6 -28	0 -35	+6 -48	-18 -33	-16 -38	-10 -45	-4 -58	0 -87	-32 -47	-30 -52	-24 -59	-37 -91
100	120													

续表 11

基本尺寸 (mm)		公差带												
		M				N					P			
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8	9	5	6	7	8
120	140													
140	160	-9 -27	-8 -33	0 -40	+8 -55	-21 -39	-20 -45	-12 -52	-4 -67	0 -100	-37 -55	-36 -61	-28 -68	-43 -106
160	180													
180	200													
200	225	-11 -31	-8 -37	0 -46	+9 -63	-25 -45	-22 -51	-14 -60	-5 -77	0 -115	-44 -64	-41 -70	-33 -79	-50 -122
225	250													
250	280	-13 -36	-9 -41	0 -52	+9 -72	-27 -50	-25 -57	-14 -66	-5 -86	0 -130	-49 -72	-47 -79	-36 -88	-56 -137
280	315													
315	355	-41 -39	-10 -46	0 -57	+11 -78	-30 -55	-26 -62	-16 -73	-5 -94	0 -140	-55 -80	-51 -87	-41 -98	-62 -151
355	400													
400	450	-16 -43	-10 -50	0 -63	+11 -86	-33 -60	-27 -67	-17 -80	-6 -103	0 -155	-61 -88	-55 -95	-45 -108	-68 -165
450	500													

续表 12

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		P	R					S				T		
大于	至	9	5	6	7	8	5	6	7	8	6	7	8	6
—	3	-6 -31	-10 -14	-10 -16	-10 -20	-10 -24	-14 -18	-14 -20	-14 -24	-14 -28	—	—	—	-18 -24
3	6	-12 -42	-14 -19	-12 -20	-11 -23	-15 -33	-18 -23	-16 -24	-15 -27	-19 -37	—	—	—	-20 -28
6	10	-15 -51	-17 -23	-16 -25	-13 -28	-19 -41	-21 -27	-20 -29	-17 -32	-23 -45	—	—	—	-25 -34
10	14	-18 -61	-20 -28	-20 -31	-16 -34	-23 -50	-25 -33	-25 -36	-21 -39	-28 -55	—	—	—	-30 -41
14	18													
18	24	-22 -74	-25 -34	-24 -37	-20 -41	-28 -61	-32 -41	-31 -44	-27 -48	-35 -68	—	—	—	-37 -50
24	30										-37 -50	-33 -54	-41 -74	-44 -57
30	40	-26 -88	-30 -41	-29 -45	-25 -50	-34 -73	-39 -50	-38 -54	-34 -59	-43 -82	-43 -59	-39 -64	-48 -87	-55 -71
40	50										-49 -65	-45 -70	-54 -93	-65 -81
50	65	-32 -106	-36 -49	-35 -54	-30 -60	-41 -87	-48 -61	-47 -66	-42 -72	-53 -99	-60 -79	-55 -85	-66 -112	-81 -100
65	80		-38 -51	-37 -56	-32 -62	-43 -89	-54 -67	-53 -72	-48 -78	-59 -105	-69 -88	-64 -94	-75 -121	-96 -115
80	100	-37 -124	-46 -61	-44 -66	-38 -73	-51 -105	-66 -81	-64 -86	-58 -93	-71 -125	-84 -106	-78 -113	-91 -145	-117 -139
100	120		-49 -64	-47 -69	-41 -76	-54 -108	-74 -89	-72 -94	-66 -101	-79 -133	-97 -119	-91 -126	-104 -158	-137 -159

续表 13

基本尺寸 (mm)		公 差 带												
		P	R				S				T			U
大于	至	9	5	6	7	8	5	6	7	8	6	7	8	6
120	140	-43 -143	-57 -75	-56 -81	-48 -88	-63 -126	-86 -104	-85 -110	-77 -117	-92 -155	-115 -140	-107 -147	-122 -185	-163 -188
140	160		-59 -77	-58 -83	-50 -90	-65 -128	-94 -112	-93 -118	-85 -125	-100 -163	-127 -152	-119 -159	-134 -197	-183 -208
160	180		-62 -80	-61 -86	-53 -93	-68 -131	-102 -120	-101 -126	-93 -133	-108 -171	-139 -164	-131 -171	-146 -209	-203 -228
180	200	-50 -165	-71 -91	-68 -97	-60 -106	-77 -149	-116 -136	-113 -142	-105 -151	-122 -194	-157 -186	-149 -195	-166 -238	-227 -256
200	225		-74 -94	-71 -100	-63 -109	-80 -152	-124 -144	-121 -150	-113 -159	-130 -202	-171 -200	-163 -209	-180 -252	-249 -278
225	250		-78 -98	-75 -104	-67 -113	-84 -156	-134 -154	-131 -160	-123 -169	-140 -212	-187 -216	-179 -225	-196 -268	-275 -304
250	280	-56 -186	-87 -110	-85 -117	-74 -126	-94 -175	-151 -174	-149 -181	-138 -190	-158 -239	-209 -241	-198 -250	-218 -299	-306 -338
280	315		-91 -114	-89 -121	-78 -130	-98 -179	-163 -186	-161 193	-150 -202	-170 -251	-231 -263	-220 -272	-240 -321	-341 -373
315	355	-62 -202	-101 -126	-97 -133	-87 -144	-108 -197	-183 -208	-179 -215	-169 -226	-190 -279	-257 -293	-247 -304	-268 -357	-379 -415
355	400		-107 -132	-103 -139	-93 -150	-114 -203	-201 -226	-197 -233	-187 -244	-208 -297	-283 -319	-273 -330	-294 -383	-424 -460
400	450	-68 -223	-119 -146	-113 -153	-103 -166	-126 -223	-225 -252	-219 -259	-209 -272	-232 -329	-317 -357	-307 -370	-330 -427	-477 -517
450	500		-125 -152	-119 -159	-109 -172	-132 -229	-245 -272	-239 -279	-229 -292	-252 -349	-347 -387	-337 -400	-360 -457	-527 -567

续表 14

基本尺寸 (mm)		公 差 带													
		U		V			X			Y			Z		
大于	至	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8
—	3	-18 -28	-18 -32	—	—	—	-20 -26	-20 -30	-20 -34	—	—	—	-26 -32	-26 -36	-26 -40
3	6	-19 -31	-23 -41	—	—	—	-25 -33	-24 -36	-28 -46	—	—	—	-32 -40	-31 -43	-35 -53
6	10	-22 -37	-28 -50	—	—	—	-31 -40	-28 -43	-34 -56	—	—	—	-39 -48	-36 -51	-42 -64
10	14	-26 -44	-33 -60	—	—	—	-37 -48	-33 -51	-40 -67	—	—	—	-47 -58	-43 -61	-50 -77
14	18	-44 -47	-60 -50	-36 -47	-32 -50	-39 -66	-42 -53	-38 -56	-45 -72	—	—	—	-57 -68	-53 -71	-60 -87
18	24	-33 -54	-41 -74	-43 -56	-39 -60	-47 -80	-50 -63	-46 -67	-54 -87	-59 -72	-55 -76	-63 -96	-69 -82	-65 -86	-73 -106
24	30	-40 -61	-48 -81	-51 -64	-47 -68	-55 -88	-60 -73	-56 -77	-64 -97	-71 -84	-67 -88	-75 -108	-84 -97	-80 -101	-88 -121
30	40	-51 -76	-60 -99	-63 -79	-59 -84	-68 -107	-75 -91	-71 -96	-80 -119	-89 -105	-85 -110	-94 -133	-107 -123	-103 -128	-112 -151
40	50	-61 -86	-70 -109	-76 -92	-72 -97	-81 -120	-92 -108	-88 -113	-97 -136	-109 -125	-105 -130	-114 -153	-131 -147	-127 -152	-136 -175
50	65	-76 -106	-87 -133	-96 -115	-91 -121	-102 -148	-116 -135	-111 -141	-122 -168	-138 -157	-133 -163	-144 -190	-166 -185	-161 -191	-172 -218
65	80	-91 -121	-102 -148	-114 -133	-109 -139	-120 -166	-140 -159	-135 -165	-146 -192	-168 -187	-163 -193	-174 -220	-204 -223	-199 -229	-210 -256
80	100	-111 -146	-124 -178	-139 -161	-133 -168	-146 -200	-171 -193	-165 -200	-178 -232	-207 -229	-201 -236	-214 -268	-251 -273	-245 -280	-258 -312
100	120	-131 -166	-144 -198	-165 -187	-159 -194	-172 -226	-203 -225	-197 -232	-210 -264	-247 -269	-241 -276	-254 -308	-303 -325	-297 -332	-310 -364

续表 15

基本尺寸 (mm)		公 差 带													
		U		V			X			Y			Z		
大于	至	▼ 7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8
120	140	-155 -195	-170 -233	-195 -220	-187 -227	-202 -265	-241 -266	-233 -273	-248 -311	-293 -318	-285 -325	-300 -363	-358 -383	-350 -390	-365 -428
140	160	-175 -215	-190 -253	-221 -246	-213 -253	-228 -291	-273 -298	-265 -305	-280 -343	-333 -358	-325 -365	-340 -403	-408 -433	-400 -440	-415 -478
160	180	-195 -235	-210 -273	-245 -270	-237 -277	-252 -315	-303 -328	-295 -335	-310 -373	-373 -398	-365 -405	-380 -443	-458 -483	-450 -490	-465 -528
180	200	-219 -265	-236 -308	-275 -304	-267 -313	-284 -356	-341 -370	-333 -379	-350 -422	-416 -445	-408 -454	-425 -497	-511 -540	-503 -549	-520 -592
200	225	-241 -287	-258 -330	-301 -330	-293 -339	-310 -382	-376 -405	-368 -414	-385 -457	-461 -490	-453 -499	-470 -542	-566 -595	-558 -604	-575 -647
225	250	-267 -313	-284 -356	-331 -360	-323 -369	-340 -412	-416 -445	-408 -454	-425 -497	-511 -540	-503 -549	-520 -592	-631 -660	-623 -669	-640 -712
250	280	-295 -347	-315 -396	-376 -408	-365 -417	-385 -466	-466 -498	-455 -507	-475 -556	-571 -603	-560 -612	-580 -661	-701 -733	-690 -742	-710 -791
280	315	-330 -382	-350 -431	-416 -448	-405 -457	-425 -506	-516 -548	-505 -557	-525 -606	-641 -673	-630 -682	-650 -731	-781 -813	-770 -822	-790 -871
315	355	-369 -426	-390 -479	-464 -500	-454 -511	-475 -564	-579 -615	-569 -626	-590 -679	-719 -755	-709 -766	-730 -819	-889 -925	-879 -936	-900 -989
355	400	-414 -471	-435 -524	-519 -555	-509 -566	-530 -619	-649 -685	-639 -696	-660 -749	-809 -845	-799 -856	-820 -909	-989 -1025	-979 -1036	-1000 -1089
400	450	-467 -530	-490 -587	-582 -622	-572 -635	-595 -692	-727 -767	-717 -780	-740 -837	-907 -947	-897 -960	-920 -1017	-1087 -1127	-1077 -1140	-1100 -1197
450	500	-517 -580	-540 -637	-647 -687	-637 -700	-660 -757	-807 -847	-797 -860	-820 -917	-987 -1027	-977 -1040	-1000 -1097	-1237 -1277	-1227 -1290	-1250 -1347

注: 1. 基本尺寸小于 1mm 时, 各级的 A 和 B 均不采用。 2. 标有▼的是优先公差带。

3.1.5 优先常用配合

表 3—9

基孔制优先、常用配合(GB1801—79)

基 准 孔	轴																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
	间 隙 配 合								过 渡 配 合			过 盈 配 合									
H6						$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H6}{t5}$					
H7						$\frac{H7}{f6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$
H8					$\frac{H8}{e7}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{g7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$				
				$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h8}$													
H9			$\frac{H9}{c9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h9}$													
H10			$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$													
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$													
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注: 1. $\frac{H6}{n5}$ 、 $\frac{H7}{p6}$ 在基本尺寸 $<3\text{mm}$ 和 $\frac{H8}{r7}$ 在 $<100\text{mm}$ 时, 为过渡配合。

2. 用 $\blacktriangle$ 标示的配合为优先配合。

表 3—10

基轴制优先、常用配合(GB1801—79)

基 准 轴	孔																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
	间 隙 配 合								过渡配合			过 盈 配 合									
h5						$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{Js6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$					
h6						$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{Js7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$				
h7					$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{Js8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$									
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$													
h9				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H9}{h9}$													
h10				$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$													
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				$\frac{H11}{h11}$													
h12		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注：用▼标示的配合为优先配合。

3.16 未注公差尺寸的极限偏差

表 3—11

未注公差尺寸的极限偏差数值(GB1804—79)

(mm)

基本尺寸		公差带																				
大于	至	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	h12	h13	h14	h15	h16	h17	h18	Js12 (js12)	Js13 (js13)	Js14 (js14)	Js15 (js15)	Js16 (js16)	Js17 (js17)	Js18 (js18)
-	3	+0.10 0	+0.14 0	+0.25 0	+0.40 0	+0.60 0	+1.0 0	+1.4 0	0 -0.10	0 -0.14	0 -0.25	0 -0.40	0 -0.60	0 -1.0	0 -1.4	± 0.05	± 0.07	± 0.125	± 0.20	± 0.30	± 0.5	± 0.7
3	6	+0.12 0	+0.18 0	+0.30 0	+0.48 0	+0.75 0	+1.2 0	+1.8 0	0 -0.12	0 -0.18	0 -0.30	0 -0.48	0 -0.75	0 -1.2	0 -1.8	± 0.06	± 0.09	± 0.15	± 0.24	± 0.375	± 0.6	± 0.9
6	10	+0.15 0	+0.22 0	+0.36 0	+0.58 0	+0.90 0	+1.5 0	+2.2 0	0 -0.15	0 -0.22	0 -0.36	0 -0.58	0 -0.90	0 -1.5	0 -2.2	± 0.075	± 0.11	± 0.18	± 0.29	± 0.45	± 0.75	± 1.1
10	18	+0.18 0	+0.27 0	+0.43 0	+0.70 0	+1.10 0	+1.8 0	+2.7 0	0 -0.18	0 -0.27	0 -0.43	0 -0.70	0 -1.10	0 -1.8	0 -2.7	± 0.09	± 0.135	± 0.215	± 0.35	± 0.55	± 0.9	± 1.35
18	30	+0.21 0	+0.33 0	+0.52 0	+0.84 0	+1.30 0	+2.1 0	+3.3 0	0 -0.21	0 -0.33	0 -0.52	0 -0.84	0 -1.30	0 -2.1	0 -3.3	± 0.105	± 0.165	± 0.26	± 0.42	± 0.65	± 1.05	± 1.55
30	50	+0.25 0	+0.39 0	+0.62 0	+1.00 0	+1.60 0	+2.5 0	+3.9 0	0 -0.25	0 -0.39	0 -0.62	0 -1.00	0 -1.60	0 -2.5	0 -3.9	± 0.125	± 0.195	± 0.31	± 0.50	± 0.80	± 1.25	± 1.95
50	80	+0.30 0	+0.46 0	+0.74 0	+1.20 0	+1.90 0	+3.0 0	+4.6 0	0 -0.30	0 -0.46	0 -0.74	0 -1.20	0 -1.90	0 -3.0	0 -4.6	± 0.15	± 0.23	± 0.37	± 0.60	± 0.95	± 1.5	± 2.3
80	120	+0.35 0	+0.54 0	+0.87 0	+1.40 0	+2.20 0	+3.5 0	+5.4 0	0 -0.35	0 -0.54	0 -0.87	0 -1.40	0 -2.20	0 -3.5	0 -5.4	± 0.175	± 0.27	± 0.435	± 0.70	± 1.10	± 1.75	± 2.7
120	180	+0.40 0	+0.63 0	+1.00 0	+1.60 0	+2.50 0	+4.0 0	+6.3 0	0 -0.40	0 -0.63	0 -1.00	0 -1.60	0 -2.50	0 -4.0	0 -6.3	± 0.20	± 0.315	± 0.50	± 0.80	± 1.25	± 2.0	± 3.15
180	250	+0.46 0	+0.72 0	+1.15 0	+1.85 0	+2.90 0	+4.5 0	+7.2 0	0 -0.46	0 -0.72	0 -1.15	0 -1.85	0 -2.90	0 -4.6	0 -7.2	± 0.23	± 0.36	± 0.575	± 0.925	± 1.45	± 2.3	± 3.6
250	315	+0.52 0	+0.81 0	+1.30 0	+2.10 0	+3.20 0	+5.2 0	+8.1 0	0 -0.52	0 -0.81	0 -1.30	0 -2.10	0 -3.20	0 -5.2	0 -8.1	± 0.26	± 0.405	± 0.65	± 1.05	± 1.60	± 2.6	± 4.05

续表 1

基本尺寸		公差带																				
大于	至	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	h12	h13	h14	h15	h16	h17	h18	Js12 (js12)	Js13 (js13)	Js14 (js14)	Js15 (js15)	Js16 (js16)	Js17 (js17)	Js18 (js18)
315	400	+0.57 0	+0.89 0	+1.40 0	+2.30 0	+3.60 0	+5.7 0	+8.9 0	0 -0.57	0 -0.89	0 -1.40	0 -2.30	0 -3.60	0 -5.7	0 -8.9	± 0.285 ± 0.445	± 0.70 ± 1.15	± 1.80 ± 2.85	± 1.15 ± 1.80	± 1.80 ± 2.85	± 2.85 ± 4.85	
400	500	+0.63 0	+0.97 0	+1.55 0	+2.50 0	+4.00 0	+6.3 0	+9.7 0	0 -0.63	0 -0.97	0 -1.55	0 -2.50	0 -4.00	0 -6.3	0 -9.7	± 0.315 ± 0.485	± 0.775 ± 1.25	± 2.00 ± 3.15	± 1.25 ± 2.00	± 2.00 ± 3.15	± 3.15 ± 4.85	
500	630	+0.70 0	+1.10 0	+1.75 0	+2.8 0	+4.4 0	+7.0 0	+11.0 0	0 -0.70	0 -1.10	0 -1.75	0 -2.8	0 -4.4	0 -7.0	0 -11.0	± 0.35 ± 0.55	± 0.875 ± 1.4	± 2.2 ± 3.5	± 1.4 ± 2.2	± 2.2 ± 3.5	± 3.5 ± 5.5	
630	800	+0.80 0	+1.25 0	+2.00 0	+3.2 0	+5.0 0	+8.0 0	+12.5 0	0 -0.80	0 -1.25	0 -2.00	0 -3.2	0 -5.0	0 -8.0	0 -12.5	± 0.40 ± 0.625	± 1.00 ± 1.6	± 2.5 ± 4.0	± 1.6 ± 2.5	± 2.5 ± 4.0	± 4.0 ± 6.25	
800	1000	+0.90 0	+1.40 0	+2.30 0	+3.6 0	+5.6 0	+9.0 0	+14.0 0	0 -0.90	0 -1.40	0 -2.30	0 -3.6	0 -5.6	0 -9.0	0 -14.0	± 0.45 ± 0.70	± 1.15 ± 1.8	± 2.8 ± 4.5	± 1.8 ± 2.8	± 2.8 ± 4.5	± 4.5 ± 7.0	
1000	1250	+1.05 0	+1.65 0	+2.60 0	+4.2 0	+6.6 0	+10.5 0	+16.5 0	0 -1.05	0 -1.65	0 -2.60	0 -4.2	0 -6.6	0 -10.5	0 -16.5	± 0.525 ± 0.825	± 1.30 ± 2.1	± 3.3 ± 5.25	± 2.1 ± 3.3	± 3.3 ± 5.25	± 5.25 ± 8.25	
1250	1600	+1.25 0	+1.95 0	+3.10 0	+5.0 0	+7.3 0	+12.5 0	+19.5 0	0 -1.25	0 -1.95	0 -3.10	0 -5.0	0 -7.8	0 -12.5	0 -19.5	± 0.625 ± 0.975	± 1.55 ± 2.5	± 6.25 ± 9.75	± 2.5 ± 3.9	± 3.9 ± 6.25	± 6.25 ± 9.75	
1600	2000	+1.50 0	+2.30 0	+3.70 0	+6.0 0	+9.2 0	+15.0 0	+23.0 0	0 -1.50	0 -2.80	0 -3.70	0 -6.0	0 -9.2	0 -15.0	0 -23.0	± 0.75 ± 1.15	± 1.85 ± 3.0	± 7.5 ± 11.5	± 3.0 ± 4.6	± 4.6 ± 7.5	± 7.5 ± 11.5	
2000	2500	+1.75 0	+2.30 0	+4.40 0	+7.0 0	+11.0 0	+17.5 0	+28.0 0	0 -1.75	0 -2.80	0 -4.40	0 -7.0	0 -11.0	0 -17.5	0 -28.0	± 0.875 ± 1.40	± 2.20 ± 3.5	± 8.75 ± 14.0	± 3.5 ± 5.5	± 5.5 ± 8.75	± 8.75 ± 14.0	
2500	3150	+2.10 0	+3.30 0	+5.40 0	+8.6 0	+13.5 0	+21.0 0	+33.0 0	0 -2.10	0 -3.30	0 -5.40	0 -8.6	0 -13.5	0 -21.0	0 -33.0	± 1.05 ± 1.65	± 2.70 ± 4.3	± 10.5 ± 16.5	± 4.3 ± 6.75	± 6.75 ± 10.5	± 10.5 ± 16.5	

注: 基本尺寸小于 1mm 时, H14 至 H18、h14 至 h18 和 Js14(js14)至 Js18(js18)均不采用。

表 3—12

未注公差尺寸极限偏差的应用

应 用 生 产 行 业	新国标 公差等级	旧国标 精度等级
汽车、拖拉机、冶金机械、矿山机械、石油化工机械、通用机械、船用机械、船用柴油机、标准件、机械配件、柴油机、工程机械、光学仪器、工具、量具、刀具、导航仪器仪表、宇航机械、电子仪器、纺织机械、针织机械、钟表、自行车、缝纫机、计算机、打字机等	IT14	8
机床制造、电机制造、锻压机床、汽轮机	IT14~IT15	8~9
自动化仪器仪表、邮电机械、印染机械	IT12~IT14	7~8
冲裁	IT14~IT15	8~9
无线电仪表	IT14~IT16	8~10
冷作焊接	IT18	12
烟草机械	IT12~IT13	7
木模铸造、自由锻造、压弯延伸	IT16	10
硬模铸造、模锻	IT15	9
纺织机械木件	IT15~IT16	9~10
气割	IT16~IT18	10~12

表 3—13

未注公差尺寸极限偏差的选择示例

加工方法	尺 寸 型 式	公 差 带 代 号		备 注
切 削	圆孔尺寸	H12、H13、	H14、	分别适用于要求较高的零件和一般零件
	圆轴尺寸	h12、h13	h14	
	其它长度尺寸	js13、js14 (js13)、(js14)	js15 (js15)	
冲 压	圆孔尺寸	H14	H15	分别适用于要求较高的零件和一般零件
	圆轴尺寸	h14	h15	
	其它长度尺寸	js15 (js15)	js16 (js16)	

- 注：1. 圆孔尺寸系指标注直径尺寸的圆柱（球）内表面。
 2. 圆轴尺寸系指标注直径尺寸的圆柱（球）外表面。
 3. 其它长度尺寸系指除圆孔或圆轴以外的其它线性尺寸。

3.1.7 公差与配合的选择与应用

表 3—14

公差等级的选择及应用

公差等级	应 用 范 围 及 举 例
IT01	用于特别精密的尺寸传递基准。例如特别精密的标准量块
IT0	用于特别精密的尺寸传递基准及宇航中特别重要的精密配合尺寸。例如，特别精密的标准量块，个别特别重要的精密机械零件尺寸，校对检验 IT6 级轴用量规的校对量规
IT1	用于精密的尺寸传递基准、精密测量工具、特别重要的极个别精密配合尺寸。例如，精密标准量规，校对检验 IT7 至 IT9 级轴用量规的校对量规，个别特别重要的精密机械零件尺寸
IT2	用于高精度的测量工具，特别重要的精密配合尺寸。例如，检验 IT6 至 IT7 级工件用量规的尺寸制造公差，校对检验 IT8 至 IT11 级轴用量规的校对塞规，个别特别重要的精密机械零件尺寸
IT3	用于精密测量工具，小尺寸零件的高精度的精密配合以及和 C 级滚动轴承配合的轴径与外壳孔径。例如，检验 IT8 至 IT11 级工件用量规和校对检验 IT9 至 IT13 级轴用量规的校对量规，与特别精密的 C 级滚动轴承内环孔（直径至 100mm）相配的机床主轴，精密机械和高速机械的轴径，与 C 级向心球轴承外环相配合的壳体孔径，航空工业及航海工业中导航仪器上特殊精密的个别小尺寸零件的精密配合
IT4	用于精密测量工具、高精度的精密配合和 C 级、D 级滚动轴承配合的轴径和外壳孔径。例如，检验 IT9 至 IT12 级工件用量规和校对 IT12 至 IT14 级轴用量规的校对量规，与 C 级轴承孔（孔径 > 100mm）及与 D 级轴承孔相配的机床主轴，精密机械和高速机械的轴径，与 C 级轴承相配的机床外壳孔，柴油机活塞销及活塞销座孔径，高精度（1 级至 4 级）齿轮的基准孔或轴径，航空及航海工业中用仪器的特殊精密的孔径
IT5	用于配合公差要求很小，形状公差要求很高的条件下，这类公差等级能使配合性质比较稳定，相当于旧国标中最高精度，用于机床、发动机和仪表中特别重要的配合尺寸，一般机械中应用较少。例如，检验 IT11 至 IT14 级工件用量规和校对 IT14 至 IT15 级轴用量规的校对量规，与 D 级滚动轴承相配的机床箱体孔，与 E 级滚动轴承孔相配的机床主轴，精密机械及高速机械的轴径，机床尾架套筒，高精度分度盘轴颈，分度头主轴，精密丝杠基准轴颈，高精度镗套的外径等；发动机中主轴的外径，活塞销外径与活塞的配合，精密仪器中轴与各种传动件轴承的配合，航空、航海工业仪器仪表中的精密孔的配合，5 级精度齿轮的基准孔及 5 级、6 级精度齿轮的基准轴

续表 1

公差等级	应用范围及举例
IT6	配合表面有较高均匀性的要求, 能保证相当高的配合性质, 使用稳定可靠, 相当于旧国标 2 级轴和 1 级精度孔, 广泛的应用于机械中的重要配合。例如, 检验 IT12 至 IT15 级工件用量规和校对 IT15 至 IT16 级轴用量规的校对量规; 与 E 级轴承相配的外壳孔及与滚子轴承相配的机床主轴轴颈, 机床制造中装配式青铜蜗轮、轮壳外径安装齿轮、蜗轮、联轴器、皮带轮、凸轮的轴径; 机床丝杠支承轴颈、矩形花键的定心直径、摇臂钻床的立柱等; 机床夹具的导向件的外径尺寸, 精密仪器中的精密轴, 航空航海仪器仪表中的精密轴, 自动化仪表, 邮电机械, 手表中特别重要的轴, 发动机中汽缸套外径, 曲轴主轴颈, 活塞销、连杆衬套, 连杆和轴瓦外径; 6 级精度齿轮的基准孔和 7 级、8 级精度齿轮的基准轴径, 特别精密如 1 级或 2 级精度齿轮的顶圆直径
IT7	在一般机械中广泛应用, 应用条件和 IT6 相似, 但精度稍低, 相当于旧国标中 3 级精度轴或 2 级精度孔的公差。例如, 检验 IT14 至 IT16 级工件用量规和校对 IT16 级轴用量规的校对量规; 机床中装配式青铜蜗轮轮缘孔径, 联轴器、皮带轮、凸轮等的孔径, 机床卡盘座孔, 摇臂钻床的摇臂孔, 车床丝杠的轴承孔, 机床夹头导向件的内孔, 发动机中连杆孔、活塞孔, 铰制螺柱定位孔; 纺织机械中的重要零件, 印染机械中要求较高的零件, 精密仪器中精密配合的内孔, 电子计算机、电子仪器、仪表中重要内孔, 自动化仪表中重要内孔, 7 级、8 级精度齿轮的基准孔和 9 级、10 级精密齿轮的基准轴
IT8	在机械制造中属于中等精度, 在仪器、仪表及钟表制造中, 由于基本尺寸较小, 所以属于较高精度范围, 在农业机械、纺织机械、印染机械、自行车、缝纫机、医疗器械中应用最广。例如, 检验 IT16 级工件用量规, 轴承座衬套沿宽度方向的尺寸配合, 手表中跨齿轴, 棘爪拨针轮等与夹板的配合, 无线电仪表中的一般配合, 电子仪器、仪表中较重要的内孔, 计算机中变数齿轮孔和轴的配合尺寸, 电机制造中铁芯和机座的配合尺寸, 发动机活塞油环槽宽, 连杆轴瓦内径, 9 级至 12 级精度齿轮的基准孔和 11 级至 12 级精度齿轮基准轴, 6 级至 8 级精度齿轮的齿顶圆
IT9	应用条件与 IT8 相类似, 但精度低于 IT8 时采用, 比旧国标 4 级精度公差值稍大。例如, 机床中轴套外径与孔, 操纵件与轴, 空转皮带轮与轴, 操纵系统的轴与轴承等的配合, 纺织机械、印染机械中一般配合零件、发动机中机油泵体内孔, 气门导管内孔, 飞轮与飞轮套的配合, 自动化仪表中的一般配合尺寸, 手表中要求较高零件的未注公差的尺寸, 单键连接中键宽配合尺寸, 打字机中运动件的配合尺寸

续表 2

公差等级	应 用 范 围 及 举 例
IT10	应用条件与 IT9 相类似, 但要求精度低于 IT9 时采用, 相当于旧国标的 5 级精度公差。例如, 电子仪器、仪表中支架上的配合, 导航仪器中绝缘衬套孔与汇电环衬套轴, 打字机中铆合件的配合尺寸, 手表中基本尺寸小于 18mm 时要求一般的未注公差尺寸及大于 18mm 要求较高的未注公差尺寸, 发动机中油封档圈孔与曲轴皮带轮毂配合的尺寸
IT11	广泛应用于间隙较大, 且有显著变动也不会引起危险的场合, 亦可用于配合精度较粗糙, 装配后允许有较大的间隙, 相当于旧国标的 6 级精度公差。例如, 机床上法兰盘止口与孔, 滑块与滑移齿轮、凹槽等; 农业机械、机车车箱部件及冲压加工的配合零件, 钟表制造中不重要的零件, 手表制造用的工具及设备中未注公差尺寸, 纺织机械中较粗糙的活动配合, 印染机械中要求较低的配合尺寸, 磨床制造中的螺纹连接及粗糙的动连接, 不作测量基准用的齿轮顶圆直径公差等
IT12	配合精度要求很粗糙, 装配后有很大的间隙, 适用于基本上无配合要求的部位, 要求较高的未注公差尺寸极限偏差, 比旧国标的 7 级精度公差稍小。例如, 非配合尺寸及工序间尺寸, 发动机分离杆, 手表制造中工艺装备的未注公差尺寸, 计算机工业中金属加工的未注公差尺寸的极限偏差, 机床制造业中扳手孔和扳手座的连接等
IT13	应用条件与 IT12 相类似, 但比旧国标 7 级精度公差值稍大。例如, 非配合尺寸及工序间尺寸, 计算机、打字机中切削加工零件及圆片孔, 二孔中心距的未注公差尺寸
IT14	用于非配合尺寸及不包括在尺寸链中的尺寸, 相当于旧国标的 8 级精度公差, 例如, 在机床、汽车、拖拉机、冶金机械、矿山机械、石油化工、电机、电器、仪器仪表、航空航海、医疗器械、钟表、自行车、缝纫机、造纸与纺织机械等对机械加工零件中未注公差尺寸的极限偏差
IT15	用于非配合尺寸及不包括在尺寸链中的尺寸, 相当于旧国标的 9 级精度公差。例如: 冲压件、木模铸造零件、重型机床制造, 当基本尺寸大于 3150 毫米时的未注公差尺寸极限偏差
IT16	用于非配合尺寸, 相当于旧国标的 10 级精度公差。例如, 打字机中浇铸件尺寸, 无线电制造业中箱体外形尺寸, 手术器械中的一般外形尺寸, 压弯延伸加工用尺寸, 纺织机械中木件的尺寸, 塑料零件的尺寸, 木模制造及自由锻造的尺寸
IT17	用于非配合尺寸, 相当于旧国标的 11 级或 12 级精度的公差, 用于塑料成型尺寸, 手术器械中的一般外形尺寸, 冷作和焊接用尺寸的公差
IT18	

表 3-15

加工方法和加工成本的关系

尺寸 类型	加工方法	公差等级 IT																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
长度 尺寸	普通车削							==			—			---					
	六角车削								==			—			---				
	自动车削								==			—			---				
	铣								==			—			---				
内 径 尺寸	普通车削							==			—			---					
	六角车削								==			—			---				
	自动车削								==			—			---				
	钻										==			—			---		
	铰								==			—			---				
	镗								==			—			---				
	精镗				==			—			---								
	外圆磨				==			—			---								
	研磨		==			—			---										
外 径 尺寸	普通车削							==			—			---					
	六角车削								==			—			---				
	自动车削								==			—			---				
	外圆磨			==			—			---									
	无心磨					=		—			---								

注：双实线、单实线、虚线所示成本比例为 5：2.5：1。

表 3—16

各种加工方法的一般加工精度

加 工 方 法	公 差 等 级																	
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
研磨																		
珩																		
圆磨																		
平磨																		
金刚石车																		
金刚石镗																		
拉削																		
铰孔																		
车																		
镗																		
铣																		
刨、插																		
钻孔																		
滚压、挤压																		
冲压																		
压铸																		
粉末冶金成型																		
粉末冶金烧结																		
砂型铸造、气割																		
锻造																		

表 3—17

尺寸至 500mm 优先配合的配合特性

优 先 配 合		配 合 特 性 及 应 用 举 例
基孔制	基轴制	
$\frac{H11}{c11}$	$\frac{C11}{h11}$	间隙非常大, 用于很松的、转动很慢的动配合; 要求大公差与大间隙的外露组件; 要求装配方便的很松的配合, 相当于旧国标 D6/dd6
$\frac{H9}{d9}$	$\frac{D9}{h9}$	间隙很大的自由转动配合, 用于精度非主要要求时, 或有大的温度变动、高转速或大的轴颈压力时, 相当于旧国标 D4/de4
$\frac{H8}{f7}$	$\frac{F8}{h7}$	间隙不大的转动配合, 用于中等转速与中等轴颈压力的精确转动; 也用于装配较易的中等定位配合。相当于旧国标 D/dc
$\frac{H7}{g6}$	$\frac{G7}{h6}$	间隙很小的滑动配合, 用于不希望自由转动, 但可自由移动和滑动并精密定位时; 也可用于要求明确的定位配合, 相当于旧国标 D/db
$\frac{H7}{h6}$ $\frac{H8}{h7}$ $\frac{H9}{h9}$ $\frac{H11}{h11}$	$\frac{H7}{h6}$ $\frac{H8}{h7}$ $\frac{H9}{h9}$ $\frac{H11}{h11}$	均为间隙定位配合, 零件可自由装拆, 而工作时一般相对静止不动。在最大实体条件下的间隙为零, 在最小实体条件下的间隙由公差等级决定 H7/h6 相当 D/d; H8/h7 相当 D3/d3; H9/h9 相当 D4/d4; H11/h11 相当 D6/d6
$\frac{H7}{k6}$	$\frac{K7}{h6}$	过渡配合, 用于精密定位, 相当于旧国标 D/gc
$\frac{H7}{n6}$	$\frac{N7}{h6}$	过渡配合, 允许有较大过盈的更精密定位, 相当于旧国标 D/ga
$\frac{H7}{p6}$	$\frac{P7}{h6}$	过盈定位配合, 即小过盈配合, 用于定位精度特别重要时, 能以最好的定位精度达到部件的刚性及对中的性能要求, 而对内孔承受压力无特殊要求, 不依靠配合的紧固性传递摩擦负荷。相当于旧国标 D/ga~D/jf
$\frac{H7}{s6}$	$\frac{S7}{h6}$	中等压入配合, 适用于一般钢件, 或用于薄壁件的冷缩配合, 用于铸铁件可得到最紧的配合, 相当于旧国标 D/jc
$\frac{H7}{u6}$	$\frac{U7}{h6}$	压入配合, 适用于可以承受高压力的零件或不宜承受大压入力的冷缩配合

注: * 小于或等于 3mm 为过渡配合。

表 3—18

农业机械常用配合举例

结 合 特 征		工 作 条 件	配 合	应 用 举 例
过盈	不用紧固零件, 除换件外不拆开	受交变载荷或动载荷, 传递扭矩, 受不大的交变载荷, 但结合长度较短 (长度 < 直径); 受一般的载荷, 但结合零件之一为轻合金或塑料	$\frac{H8}{u8}$	收割机切割器的曲柄与曲柄销; 牵引割晒机地轮轴与升降牙条座; 打稻机传动内齿轮的销孔与销轴; 手摇喷粉器传动箱齿轮与轴; 联合收割机清洁室驱动摇臂的轴套
		受较小的扭矩或移动力; 受不大或加载比较平稳的交变载荷, 且有较大的结合长度	$\frac{H8}{s7}$	对辊磨面机磨辊与半轴; 一般的轴套座孔与轴套; 活塞泵缸筒与壳体, 解放式水车机架与轴套; 联合收割机清洁室驱动摇臂与支承座销轴和行星减速装置的大内齿圈与壳体; 压草机压缩连杆头轴套
配合	带紧固零件, 除换件外不拆开	要求对心很准确, 受一定冲击或交变载荷	$\frac{H7}{n6}$ $\frac{H8}{n7}$	摩擦离合器主动盘与轴, 喷雾器三缸泵减速齿轮与曲轴; 切割器的摇臂与球头螺栓
	带紧固零件, 很少拆卸	要求对中准确, 受一般负荷	$\frac{H7}{js6}$	机动插秧机传动斜齿轮与轴; 拖拉机最终传动从动齿轮齿圈与轮毂
配合	带紧固零件, 有时拆卸	要求能较好地对准中心; 零件安装时要在轴上移动比较容易, 或是装在轴端位置	$\frac{H9}{b9}$	精度较低的齿轮与轴, 脱粒滚筒与轴; 定心要求较高的凸缘止口; 拆装方便的活节叉与轴; 三角带轮与轴
		要求能较好地对准中心, 但零件往轴上安装时有较大的移动量; 对中要求不很高的配合零件	$\frac{H10}{h10}$	铁辊碾米机的锥套与轴, 链轮和轴, 不加工的齿轮和轴, 一般转速 (500~700r/min) 的平皮带轮与轴, 一般接合凸缘止口

续表 1

结 合 特 征		工 作 条 件	配 合	应 用 举 例
过 盈 配 合	带紧固零件, 有时拆卸	对中要求不很高, 安装时需 在轴上有较大的轴向移动; 对 中要求不高的配合零件; 受冲 击动载荷, 但要求安装方便不 宜用静配合, 靠用紧固件产生 夹紧力的配合零件	$\frac{H11}{h10}$ $\frac{H11}{h11}$	逐稿轮与轴; 联合收割机倾 斜输送机上轴与链轮; 各种手 轮、飞轮与轴; 要求低的带 轮、链轮、齿轮与轴; 焊接后 还进行轴头加工的管轴与轴 头、半轴等; 一般接合凸缘止 口; 切割器曲柄与轴; 清洁室 驱动摇臂与轴; 捡拾器曲柄与 轴
	带紧固零件, 有时拆卸	同上, 要求更低, 配合产生 的间隙对零件工作无大影响	$\frac{H13}{h12}$ $\frac{H13}{h12}$	连接止口, 焊接件的结合面 等
间 隙 配 合	转	较重要的滑动轴承, 轴承装 在箱体内, 能保持良好同心 度; 轴的刚性好、弹性变形 小; 轴承长度小于二倍直径, 要求保证有必要的间隙供润滑 及因温度引起的尺寸变化影响	$\frac{H9}{f9}$	半复式脱粒机振动曲轴与连 杆头; 逐稿器轴与轴承, 齿轮 箱双支承轴的轴承, 手扶拖拉 机收割机锥齿轮箱空转齿轮与 轴
		滑动轴承安装的机架刚性较 差或轴易产生偏斜, 要求配合 间隙较大避免咬死, 一般转速 不高要求较低的轴承	$\frac{H11}{d11}$	联合收割机升运器被动链轮 轴与滑动轴承; 手摇喷粉器风 扇轴与轴承; 自动调位滑动轴 承; 一般游轮(链轮、带轮、 齿轮等)与轴
	动	单支承轴的轴承, 结合长度 大于三倍直径, 要求有足够的 间隙供油进入润滑及弥补轴承 孔的几何形状偏差	$\frac{H11}{d11}$	双支承轴的轴承
		同上, 但要求更低的不重要 的低速转动机构	$\frac{H12}{d11}$	行走轮轴套与轴
		要求极粗的轴承	$\frac{H13}{c13}$	畜力农具的导轮与轴; 播种 机镇压轮轴承

续表 2

结 合 特 征		工 作 条 件	配 合	应 用 举 例
间 隙 配 合	往复移动	滑动面留有不大的间隙，滑动轻便，间隙足以补偿几何形状偏差	$\frac{H9}{f9}$	喷雾器三缸泵滑块与滑块套筒，变速带轮滑动轮毂与轴套；液压油缸与柱塞联合收割机安全离合装置的链轮毂与轴
		同上，精度要求较低	$\frac{H11}{d11}$	翻转犁的往复插销与销孔，爪形离合器离合爪的孔与轴，拨叉轴与孔，玉米收割机喂入道张紧弹簧导轨滑动面，螺旋榨油机螺旋轴与套管
		要求不高的导向滑动面	$\frac{H13}{c12}$	活节传动伸缩轴与套管，变速带轮可动盘上导孔与导轨
	摆 动	运动精度要求较高，有足够的间隙供润滑及补偿温度引起尺寸变化	$\frac{H9}{f9}$	喷雾器三缸泵的活塞销与连杆头，压草机连杆头与销子，带滑动轴承的活节十字头轴颈与滑动轴承，拾禾装置捡拾齿的管轴与轴承
		精度要求一般，允许有一定的间隙以补偿不平行和不同轴的误差	$\frac{H11}{d11}$	畜力收割机切割器连秆与刀杆头，联合收割机清选室摇臂孔与销轴
		配合精度要求较低的摆动	$\frac{H13}{b12}$	24行播种机提升机构的方轴轴套，翻转犁摇架中心轴与孔，插秧机摆杆衬套与轴，十字块的套与轴
		配合间隙对工作无多大影响的运动，调整、操纵杆件系统中的铰链连接	$\frac{H14}{h11}$ $\frac{H12}{h12}$	联合收割机提升机构的铰链连接，割草机切割器提升机构的铰链连接

3.1.8 新旧国标对照

表 3—19

新、旧国标公差等级对照表

新 国 标		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4		
旧 国 标		无 相 应 等 级							
新 国 标		IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10		
旧国标	基准轴	1	2	3	3 至 4	4	5		
	基准孔		1	2	3				
新 国 标		IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
旧 国 标		6	7	7	8	9	10	11	12

表 3—20

新旧国标孔轴公差带对照 (GB1801—79)

(基本尺寸<500mm)

基 孔 制 的 轴						基 轴 制 的 孔						
间 隙 配 合			过 渡 配 合			间 隙 配 合			过 渡 配 合			
旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注	
d1	h5	g6① ②	ga1	n5	p5①	D1	H6		Ga1	N6		
db1	g5		gb1	m5	n5①	Db1	G6		Gb1	M6		
dcl	f5、 f6		gc1	k5	m4①	Dcl	F7		Gcl	K6		
d	h6		gd1	j5、 js5	②	D	H7		Gd1	J6、 Js6		②
db	g6		ga	n6	p6①	Db	G7		Ga	N7		K7① J7①
dc	f7		gb	m6	n6①	Dc	F8		Gb	M7		
dd	e8		gc	k6	p7①	Dd	E8、 E9		Gc	K7		
de	d8		gd	js6		De	D8、 D9		Gd	J7		
df	c8		ga3	n7		D3	H8		Ga3	N8		
d3	h7		gb3	m7		D4	H8、 H9		Gb3	M8		
dc3	f8		gc3	k7		Dc4	F9		Gc3	K8		
d4	h8、 h9		gc3	j7、 js7	②	De4	D9、 D10		Gd3	J8		
dc4	f9	过盈配合			D5	H10	过盈配合					
de4	d9、 d10	旧国标	新国标	备注	D6	H11	旧国标	新国标	备注			
d5	h10	jb1	s5	s6①	Dc6	D11	Jd	U7、 S7	②			
d6	h11	jc1	r5	r6①	Dd6	B11、 C11	Je	R7、 R8	②			
dc6	d11	jd	s7、 u5~6	②	De6	A11、 B11	Jb3	U8				
dd6	b11、 c10、 c11	je	r6、 s6		D7	H12~13						
de6	a11、 b11	jf	r6		Dc7							
d7	h12~13	jb3	u8									
de7	b12、 c12~13	jc3	s7									

注：① 仅 1~3mm 尺寸段使用。

② 不同尺寸段分别与不同的新国标符号相近似。

③ 介于两者之间。

④ 没有适当的相近的符号。

3.2 形位公差

3.2.1 术语与定义

表 3—21

形位公差的术语与定义

	术 语	定 义
要素	要素 理想要素 实际要素 基准要素 被测要素 单一要素 关联要素 轮廓要素 中心要素	构成零件几何特征的点、线、面 具有几何意义的要素 零件上实际存在的要素，通常用测得要素来代替，它并非该要素的真实状况 用来确定被测要素方向或（和）位置的要素 给出了形状或（和）位置公差的要素，分为单一要素和关联要素 仅对其本身给出形状公差要求的要素，即一个点、一个圆柱面、一个平面、轴线和中心平面等 对其它要素有功能关系的要素 组成轮廓的点、线、面，如平面、圆柱表面、圆锥表面、球面等 与要素有对称关系的点、线、面，如轴线、中心线、中心平面、中心点等
形位公差	形状公差 位置公差	单一实际要素的形状所允许的变动全量（有基准要求的轮廓度除外） 形状公差是图样上给定的，如测得零件实际形状误差值小于形状公差值，则零件的形状合格 关联实际要素的位置对基准所允许的变动全量 位置公差是图样上给定的，如测得零件实际位置误差小于位置公差值，则零件的位置合格
形位公差	定向公差 定位公差 跳动公差	关联实际要素对基准在向上允许的变动全量 关联实际要素对基准在位置上允许的变动全量 关联实际要素绕基准轴线回转一周或连续回转时所允许的最大跳动量
形位公差带	形状和位置的公差带 公差带的大小	限制实际形状要素或实际位置要素的变动区域，构成实际要素的点、线、面必须在此区域内 公差是一个给定的数值，用 t 表示 公差带是一个给定的区域，是误差的最大允许值，它由大小、形状、方向、位置四方面因素来决定 公差带的大小由图样上给定的公差值 t 来决定， t 值可以是一个宽度，也可是一个直径。如果公差值为直径时，在公差值 t 前应加注“Φ”

续表 1

	术 语	定 义
形 位 公 差 带	公差带的形状	公差带的形状是由被测实际要素的形状和误差特征来决定的。根据形位公差项目可分为十种主要形式：两平行直线、两等距曲线、两同心圆、一个圆、一个球、一个圆柱、一个四棱柱、两同轴圆柱、两平行平面、两等距曲面
	公差带的方向	由图样上给定的方向和最小条件来确定的
	形状公差带的方向	由图样上给定的方向和定位基准的理想要素的方向和位置所确定的
	位置公差带的方向	公差带的位置分为固定和浮动两种
	公差带的位置	公差带的位置是由图样上给定的基准来确定的，不是随着实际形状或位置的变动而变动
	固定公差带	
	浮动公差带	公差带的位置是随着零件实际表面在尺寸公差带内随实际尺寸的变动而变动
	理论正确尺寸 几何图框	确定被测要素的理想形式、理想方向、理想位置的尺寸，不附带公差 确定一组理想要素之间和（或）它们与基准之间正确几何关系的图形
基 准	基准	理想基准要素的简称，它是确定要素间几何关系的依据，分别称为基准点、基准线（轴线）和基准平面（中心平面）
	基准要素	用来确定被测要素方向或（和）位置的要素
	单一基准要素	作为单一基准使用的单个要素
	组合基准要素	作为单一基准使用的一组要素
	三基准体系	由三个互相垂直的基准平面组成的基准体系，它的三个平面是确定和测量零件上各要素几何关系的起点
	基准目标	为构成基准体系的各基准平面而在基准实际要素上指定的点、线、面
	局部实际尺寸	在实际要素的任意正截面上，两测量点之间测得的距离
	作用尺寸	分单一要素的作用尺寸和关联要素的作用尺寸
	单一要素的作用尺寸（简称作用尺寸） 关联要素的作用尺寸（简称关联作用尺寸）	单一要素的作用尺寸是指在结合面的全长上，与实际孔内接（或与轴外接）的最大（或最小）理想轴（或孔）的尺寸 关联要素的作用尺寸（简称关联作用尺寸）是指在结合面的全长上，与实际孔内接（或与轴外接）的最大（或最小）理想轴（或孔）的尺寸，而该理想轴（或孔）必须与基准要素保持图样上给定的几何关系

续表 2

	术 语	定 义
理想边界	最大实体状态 (简称 MMC)	实际要素在尺寸公差范围内具有材料量最多的状态
	最大实体尺寸	实际要素在最大实体状态时的尺寸 对孔类为最小极限尺寸 对轴类为最大极限尺寸
	最小实体状态 (简称 LMC)	实际要素在尺寸公差范围内具有材料量最小的状态
	最小实体尺寸	实际要素在最小实体状态时的尺寸
	实效状态 (简称 VC)	在尺寸公差和形位公差范围内实际要素的综合极限状态, 分单一要素和关联要素实效状态
	单一要素实效状态	图样上给定的被测要素最大实体尺寸和该要素轴线或中心平面的形式公差所形成的综合极限边界, 该极限边界应具有理想形状
界	关联要素的实效状态	图样上给定的被测要素最大实体尺寸和该要素的定向或定位公差所形成的综合极限边界, 该极限边界应具有理想形状并应符合图样上给定的几何关系
	实效尺寸	实效状态时的边界尺寸
公差原则	独立原则	图样上给定的形位公差与尺寸公差相互无关, 分别满足要求的公差原则
	相关原则	图样上给定的形位公差与尺寸公差相互有关的公差原则
	最大实体原则 (简称 MMP)	根据被测要素遵守的理想边界不同, 分为最大实体原则和包容原则 被测要素或 (和) 基准要素偏离最大实体状态或实效状态, 而形状、定向、定位公差获得补偿值的一种公差原则
	包容原则	要求实际要素处处位于具有理想形状的包容面内的一种公差原则, 而该理想形状的尺寸应为最大实体尺寸
检测原则	第一种检测原则 (与理想要素比较)	将被测实际要素与其理想要素相比较, 量值可用直接法或间接法获得, 理想要素用模拟方法获得
	第二种检测原则 (测量坐标值)	测量被测实际要素的坐标值 (如直角坐标值、极坐标值、圆柱面坐标值), 并经过数据处理而获得的形位误差值
	第三种检测原则 (测量特征参数)	测量实际要素上具有代表性的参数 (即特征参数), 以此来表示形位误差
	第四种检测原则 (测量跳动)	被测实际要素绕基准轴线回转过程中, 沿给定方向测量它对某参考点或参考线的变动量 (指指示计最大与最小读数之差)
	第五种检测原则 (控制实效边界)	检测被测实际要素是否超过实效边界, 以此判断是否合格

3.2.2 形位公差符号

表 3—22

形 位 公 差 符 号

分 类	项 目	符 号	分 类	项 目	符 号
形 状 公 差	直 线 度	—	位 置 公 差	平 行 度	//
	平 面 度			垂 直 度	
	圆 度	○		倾 斜 度	
	圆 柱 度			同 轴 度	
	线轮廓度			对 称 度	
	面轮廓度			位 置 度	
				圆 跳 动	
				全 跳 动	

表 3—23

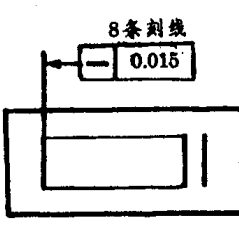
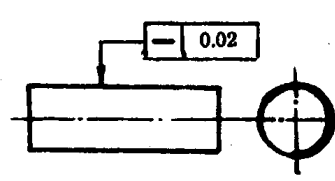
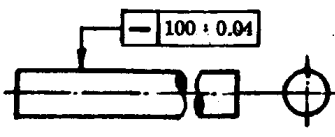
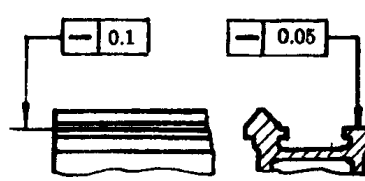
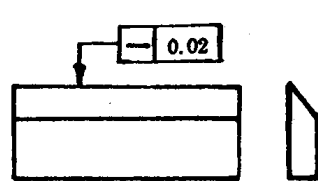
其 它 有 关 符 号

符 号	意 义	符 号	解 释	标 注 示 例
	最大实体状态	(+)	若被测要素有误差, 则只许中间向材料外凸起	
	延伸公差带			
	包容原则 (单一要素)	(-)	若被测要素有误差, 则只许中间向材料内凹下	
	理论正确尺寸		若被测要素有误差, 则只许按符号的 (小端) 方向逐渐减小	
	基准目标			

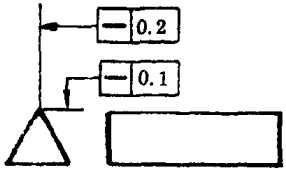
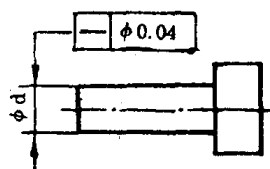
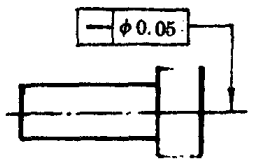
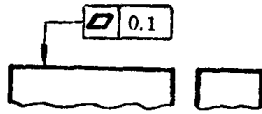
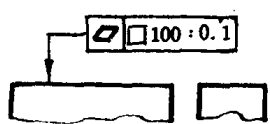
3.2.3 形位公差带的定义和示例说明

表 3—24

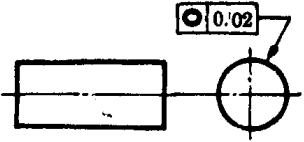
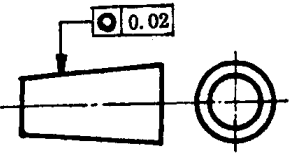
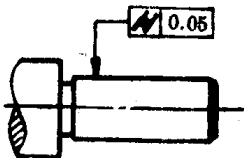
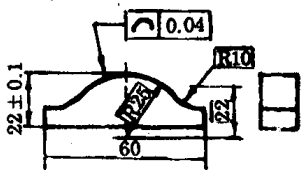
形状和位置公差带的定义和示例说明

形 状 公 差	
示 例	公差带定义和示例说明
一、直线度 1. 在给定平面内 ①  ②  ③  ④  2. 在给定方向上 ① 一个方向 	一、 1. 公差带是距离为公差值 t 的两平行直线之间的区域 ① 每条刻线必须位于该表面上距离为公差值 0.015 的两平行直线之间 ② 圆柱表面上任一素线必须位于轴向平面内, 距离为公差值 0.02 的两平行直线之间 ③ 圆柱表面上任一素线在任意 100 长度内必须位于轴向平面内距离为公差值 0.04 的两平行直线之间 ④ 当在同一表面的两个方向上给定不同的直线度公差时, 在该表面两个方向上的任一素线必须分别位于距离为公差值 0.1 和 0.05 的两平行直线之间 2. 当给定一个方向时, 公差带是距离为公差值 t 的两平行平面之间的区域; 当给定互相垂直的两个方向时, 公差带是正截面尺寸为公差值 $t_1 \times t_2$ 的四棱柱内的区域 ① 棱线必须位于箭头所示方向距离为公差值 0.02 的两平行平面内

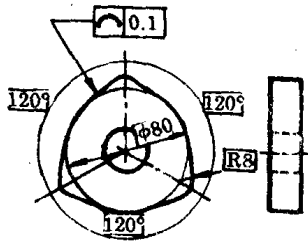
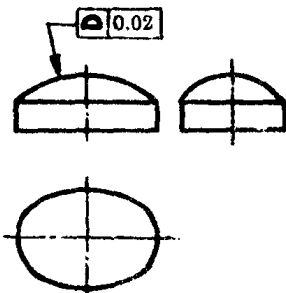
续表 1

形 状 公 差	
示 例	公差带定义和示例说明
② 互相垂直的两个方向  3. 在任意方向上 ①  ② 	② 棱线必须位于水平方向距离为公差值 0.2, 垂直方向距离为公差值 0.1 的四棱柱内 3. 公差带是直径为公差值 t 的圆柱面内的区域 ① ϕd 圆柱体的轴线必须位于直径为公差值 0.04 的圆柱面内 ② 整个零件的轴线必须位于直径为公差值 0.05 的圆柱面内
二、平面度 ①  ② 	二、公差带是距离为公差值 t 的两平行平面之间的区域 ① 上表面必须位于距离为公差值 0.1 的两平行平面内 ② 表面上任意 100×100 的范围, 必须位于距离为公差值 0.1 的两平行平面内

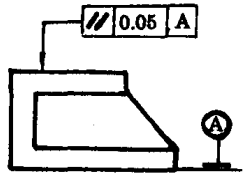
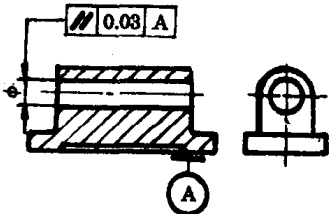
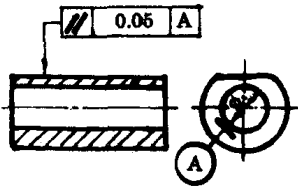
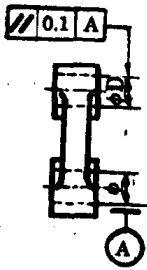
续表 2

示 例	公差带定义和示例说明
三、圆度 ①  ②  ③  四、圆柱度 	三、公差带是在同一正截面上半径差为公差值 t 的两同心圆之间的区域 ①、②在垂直于轴线的任一正截面上, 该圆必须位于半径差为公差值 0.02 的两同心圆之间 ③ 在通过球心的任一截面上该圆必须位于相应截面上半径差为公差值 0.03 的两同心圆之间 四、公差带的半径差为公差值 t 的两同轴圆柱面之间的区域 圆柱面必须位于半径差为公差值 0.05 的两同轴圆柱面之间
五、线轮廓度 ① 	五、公差带是包络一系列直径为公差值 t 的圆的两包络线之间的区域, 诸圆圆心应位于理想轮廓上 ① 在平行于正投影面的任一截面上, 实际轮廓线必须位于包络一系列直径为公差值 0.04, 且圆心在理想轮廓线上的圆的两包络线之间

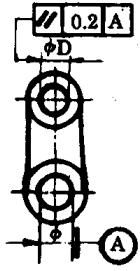
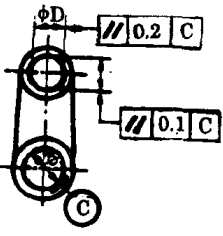
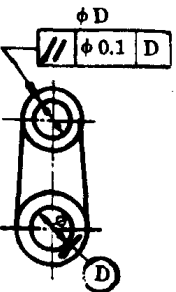
续表 3

形 状 公 差	
示 例	公差带定义和示例说明
② 	② 在任一垂直于轴线的正截面上, 实际轮廓线必须位于包络一系列圆的两包络线之间; 诸圆的直径为公差值 0.1, 且圆心在理想轮廓线上。
六、面轮廓度 	六、公差带是包络一系列直径为公差值 t 的球的两包络面之间的区域, 诸球球心应位于理想轮廓上。 注: 当被测轮廓面相对基准有位置要求时, 其理想轮廓面系指相对于基准为理想位置的理想轮廓面。 实际轮廓面必须位于包络一系列球的两包络面之间; 诸球的直径为公差值 0.02, 且球心在理想轮廓面上。
位 置 公 差	
示 例	公差带定义和 示例说明
七、平行度 1. 在给定方向上	七、 1. 当给定一个方向时, 公差带是距离为公差值 t, 且平行于基准平面 (或直线、轴线) 的两平行平面之间的区域; 当给定相互垂直的两个方向时, 是正截面尺寸为公差值 $t_1 \times t_2$, 且平行于基准轴线的四棱柱内的区域。

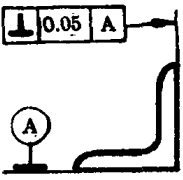
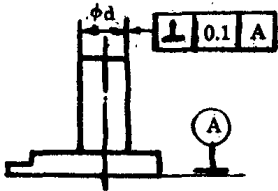
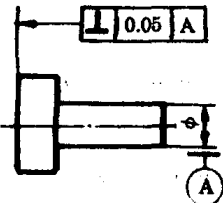
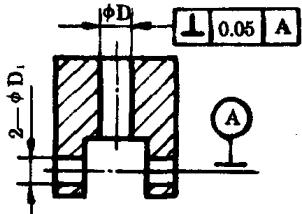
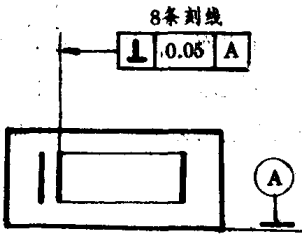
续表 4

位 置 公 差	
示 例	公差带定义和示例说明
(1) 一个方向 ① 面对面 	(1) ① 上表面必须位于距离为公差值 0.05, 且平行于基准平面的两平行平面之间
② 线对面 	② 孔的实际轴线必须位于距离为公差值 0.03, 且平行于基准平面的两平行平面之间
③ 面对线 	③ 上表面必须位于距离为公差值 0.05, 且平行于基准轴线的两平行平面之间
④ 线对线 (a) 	④ a) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值 0.1, 且在垂直方向平行于基准轴线的两平行平面之间

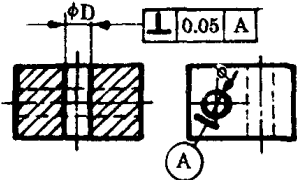
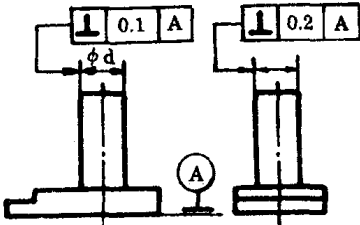
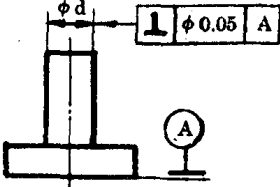
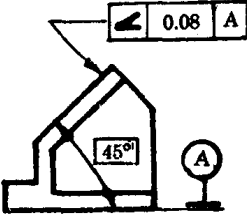
续表 5

位 置 公 差	
示 例	公差带定义和示例说明
(b)  (2) 互相垂直的两个方向  2. 任意方向 	(b) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值 0.2, 且在水平方向平行于基准轴线的两平行平面之间 (2) ϕD 的轴线必须位于正截面为公差值 0.1×0.2, 且平行于基准轴线的四棱柱内 2. 公差带是直径为公差值 t, 且平行于基准轴线的圆柱面内的区域 ϕD 的轴线必须位于直径为公差值 0.1, 且平行于基准轴线的圆柱面内
八、垂直度 1. 在给定方向上	八、 1. 当给定一个方向时, 公差带是距离为公差值 t, 且垂直于基准平面 (或直线、轴线) 的两平行平面 (或直线) 之间的区域; 当给定两个相互垂直的方向时, 公差带是正截面为公差值 $t_1 \times t_2$, 且垂直于基准平面的四棱柱内的区域

续表 6

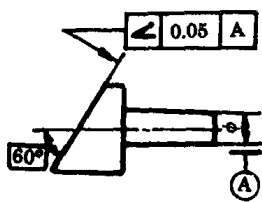
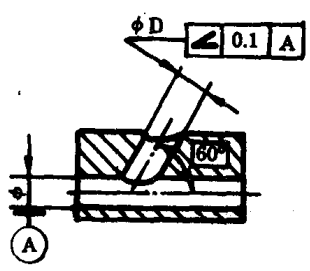
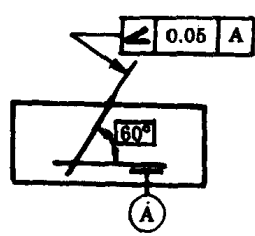
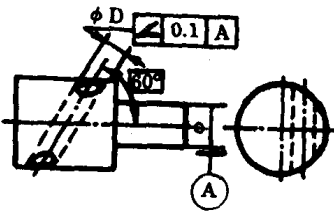
位 置 公 差	
示 例	公差带定义和示例说明
(1) 一个方向 ① 面对面  ② 线对面  ③ 面对线  ④ 线对线 (a)  (b) 	(1) ① 右侧表面必须位于距离为公差值 0.05, 且垂直于基准平面的两平行平面之间 ② ϕd 的轴线必须在给定的投影方向上, 位于距离为公差值 0.1, 且垂直于基准平面的两平行平面之间 ③ 左侧端面必须位于距离为公差值 0.05, 且垂直于基准轴线的两平行平面之间 ④ (a) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值 0.05, 且垂直于两 ϕD_1 孔公共轴线的两平行平面之间 (b) 每条刻线必须分别位于距离为公差值 0.05, 且垂直于基准直线的两平行直线之间

续表 7

示 例	公差带定义和示例说明
(c)  (2) 互相垂直的两个方向  2. 在任意方向上 	(c) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值 0.05, 且与基准轴线垂直的两平行平面之间 (2) ϕd 的轴线必须位于正截面为公差值 0.2×0.1, 且垂直于基准平面的四棱柱内 2. 公差带是直径为公差值 t, 且垂直于基准平面的圆柱面内的区域 ϕd 的轴线必须位于直径为公差值 0.05, 且垂直于基准平面的圆柱面内
九、倾斜度 1. 在给定方向上 ① 面对面 	九、 1. 公差带是距离为公差值 t, 且与基准平面 (或直线、轴线) 成理论正确角度的两平行平面 (或直线) 之间的区域 ① 斜表面必须位于距离为公差值 0.08, 且与基准平面成 45° 角的两平行平面之间

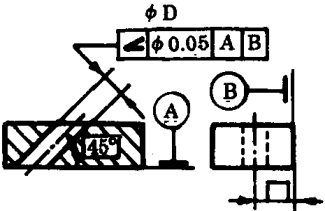
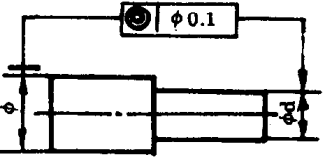
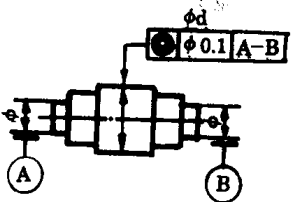
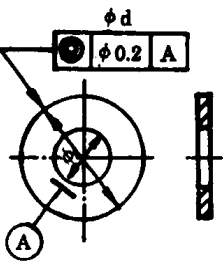
续表 8

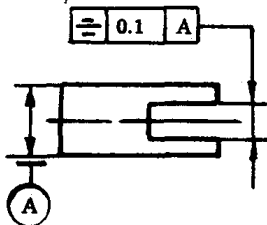
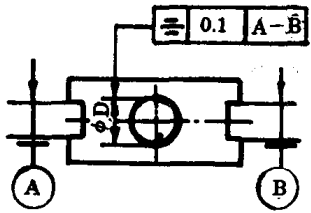
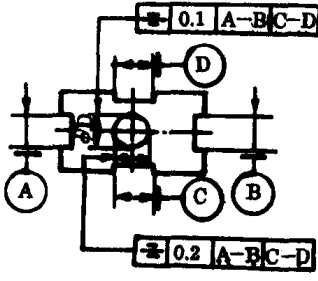
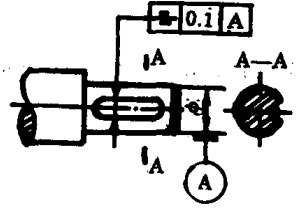
位 置 公 差

示 例	公差带定义和示例说明
② 面对线 	② 斜表面必须位于距离为公差值 0.05, 且与基准轴线成 60° 角的两平行平面之间
③ 线对线 (a) 	③ (a) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值 0.1, 且与基准轴线成 60° 角的两平行直线之间
(b) 	(b) 斜刻线必须位于距离为公差值 0.05, 且与基准直线成 60° 角的两平行直线之间
(c) 	(c) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值 0.1, 且与基准轴线成 60° 角的两平行平面之间

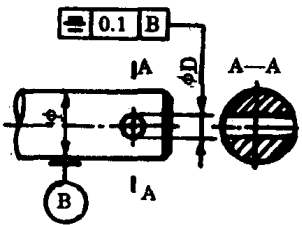
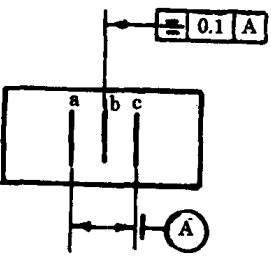
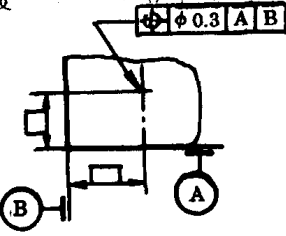
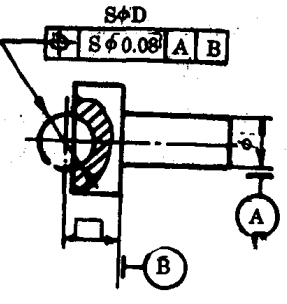
续表 9

位 置 公 差

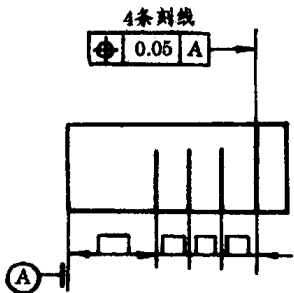
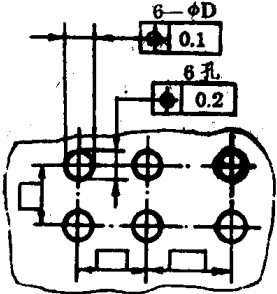
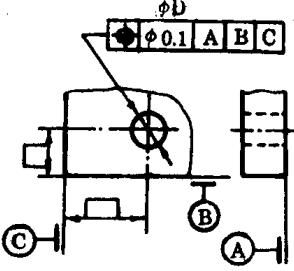
示 例	公差带定义和示例说明
2. 在任意方向上线对面 	2. 公差带是直径为公差值 t, 且与基准平面成理论正确角度的圆柱面内的区域, ϕD 的轴线必须位于直径为公差值 0.05, 且与 A 基准平面成 45° 角平行于 B 基准平面的内圆柱面
十、同轴度 ①  ②  ③ 	十、公差带是直径为公差值 t 且与基准轴线同轴的圆柱面内的区域 ① ϕd 的轴线必须位于直径为公差值 0.1, 且与基准轴线同轴的圆柱面内 ② ϕd 的轴线必须位于直径为公差值 0.1, 且与公共轴线 $A-B$ 同轴的圆柱面内 ③ ϕd 的圆心必须位于直径为公差值 0.2, 且与基准圆心同心的圆内

示 例	公差带定义和示例说明
十一、对称度 ① 面对面 	十一、公差带是距离为公差值 t，且相对基准中心平面（或中心线、轴线）对称配置的两平行平面（或直线）之间的区域，若给定互相垂直的两个方向，则是正截面为公差值 $t_1 \times t_2$ 的四棱柱的区域 ① 槽的中心面必须位于距离为公差值 0.1，且相对基准中心平面对称配置的两平行平面之间
② 线对面 	② ϕD 的轴线必须位于距离为公差值 0.1，且相对 $A-B$ 公共基准中心平面，对称配置的两平行平面之间
③ 	③ ϕD 的轴线必须位于正截面为公差值 0.2×0.1，且相对公共中心平面 $A-B$ 和 $C-D$ 分别对称配置所构成的四棱柱内
④ 面对线 	④ 键槽的中心面必须位于距离为公差值 0.1 的两平行平面之间，该两平面对称配置在通过基准轴线的辅助平面两侧

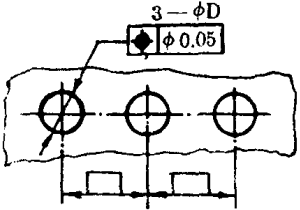
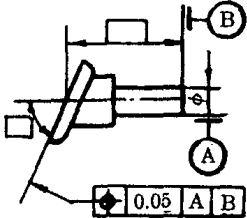
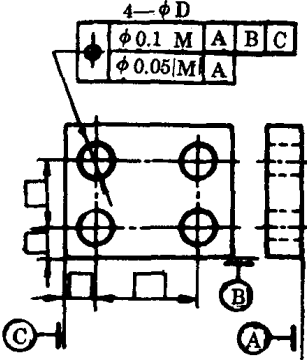
位 置 公 差

示 例	公差带定义和示例说明
⑤ 线对线 (a)  (b) 	⑤ (a) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值 0.1, 且相对通过基准轴线的辅助平面对称配置的两平行平面之间 (b) 刻线 b 必须位于距离为公差值 0.1, 且相对于基准线对称配置的两平行直线之间
十二、位置度 1. 点的位置度 ①  ② 	十二、 1. 公差带是直径为公差值 t, 且以点的理想位置为中心的圆或球内的区域 ① 该点必须位于直径为公差值 0.3 的圆内, 该圆的圆心位于相对基准 A、B 所确定的点的理想位置上 ② $s\phi D$ 的球心必须位于直径为公差值 0.08, 并以相对基准 A、B 所确定的理想位置为球心的球内

续表 12

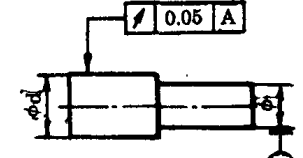
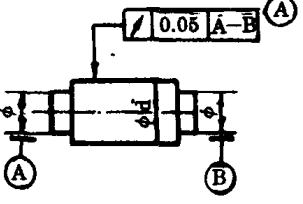
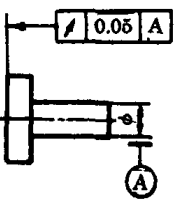
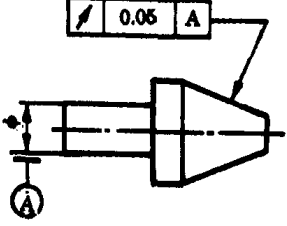
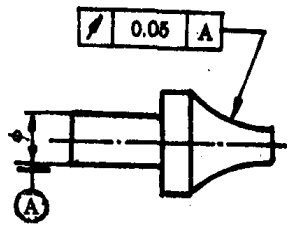
位 置 公 差	
示 例	公差带定义和示例说明
2. 线的位置度 (1) 在给定方向上 ① 一个方向  ② 互相垂直的两个方向  (2) 在任意方向上 ① 	2. (1) 当给定一个方向时, 公差带是距离为公差值 t, 且以线的理想位置, 为中心对称配置的两平行平面 (或直线) 之间的区域; 当给定互相垂直的两个方向时, 则是正截面为公差值 $t_1 \times t_2$, 且以线的理想位置为轴线的四棱柱内的区域 ① 每条刻线必须分别位于距离为公差值 0.05, 且相对基准 A 所确定的理想位置对称配置的诸两平行直线之间 ② 6 个孔的轴线必须分别位于正截面为 0.2×0.1, 且以理想位置为轴线的诸四棱柱内 (2) 公差带是直径为公差值 t, 且以线的理想位置为轴线的圆柱面内的区域 ① ϕD 轴线必须位于直径为公差值 0.1, 且以相对基准 A、B、C 所确定的理想位置为轴线的圆柱面内

续表 13

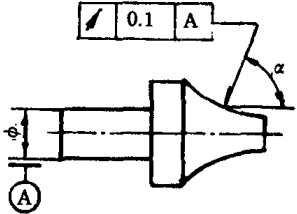
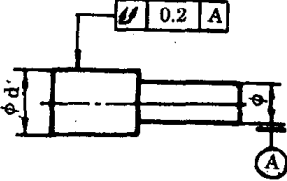
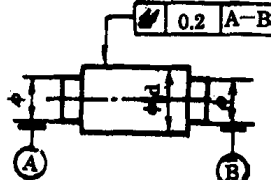
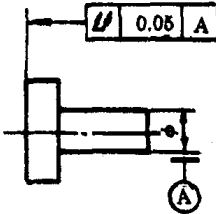
位 置 公 差	
示 例	公差带定义和示例说明
② 	② 3个ϕD的轴线必须分别位于直径为公差值0.05, 且以理想位置为轴线的诸圆柱面内
3. 面的位置度 	3. 公差带是距离为公差值t, 且以面的理想位置为中心对称配置的两平行平面之间的区域 斜表面必须位于距离为公差值0.05, 且以相对A、B基准所确定的理想位置为中心对称配置的两平行平面之间
4. 复合位置度 	4. 公差带是上、下两个框格所给出公差带的重叠部分, 上框格为孔组公差带要求, 下框格为各孔之间的公差要求 4个ϕD孔的轴线必须分别位于直径为公差值0.1和0.05的两圆柱的重叠部分内。4个$\phi 0.1$的公差带, 其几何图框相对于基准A、B、C而确定; 4个$\phi 0.05$的公差带, 其几何图框仅相对于基准A定向

续表 14

位 置 公 差

示 例	公差带定义和示例说明
十三、圆跳动 1. 径向圆跳动 ①  ②  2. 端面圆跳动  3. 斜向圆跳动 ①  ② 	十三、 1. 公差带是在垂直于基准轴线的任一测量平面内半径差为公差值 t, 且圆心在基准轴线上的两个同心圆之间的区域 ①、② ϕD 圆柱面绕基准轴线作无轴向移动回转时, 在任一测量平面内的径向跳动量均不得大于公差值 0.05 2. 公差带是在与基准轴线同轴的任一直径位置的测量圆柱面上沿母线方向宽度为 t 的圆柱面区域, 当零件绕基准轴线作无轴向移动回转时, 在左端面上任一测量直径处的轴向跳动量均不得大于公差值 0.05 3. 公差带是在与基准轴线同轴的任一测量圆锥面上, 沿母线方向宽度为 t 的圆锥面区域, 除特殊规定外, 其测量方向是被测面的法线方向 ①、②圆锥表面绕基准轴线作无轴向移动回转时, 在任一测量圆锥面上的跳动量均不得大于公差值 0.05

续表 15

位置公差	
示 例	公差带定义和示例说明
③ 	③ 圆锥表面绕基准轴线作无轴向移动回转时, 在给定 α 角的任一测量圆锥面上的跳动量均不得大于公差值 0.1
十四、全跳动 1. 径向全跳动 ①  ②  2. 端面全跳动 	十四、 1. 公差带是半径差为公差值 t, 且与基准轴线同轴的两圆柱面之间的区域 ①、② ϕd 的表面绕基准轴线作无轴向移动地连续回转, 同时, 指示器作平行于基准轴线的直线移动。在 ϕd 整个表面上的跳动量不得大于公差值 0.2 2. 公差带是距离为公差值 t, 且与基准轴线垂直的两平行平面之间的区域端面绕基准轴线作无轴向移动地连续回转, 同时, 指示器作垂直于基准轴线的直线移动。此时, 在整个端面上的跳动量不得大于 0.05

形位公差标注综合示例见图 3—5、图 3—6、图 3—7。

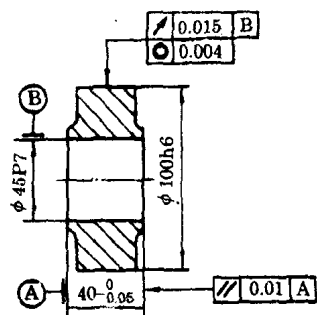


图 3—5 盘 芯

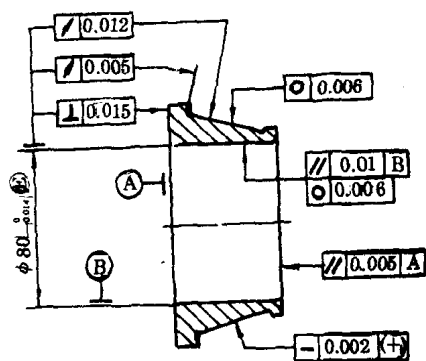


图 3—6 轴套

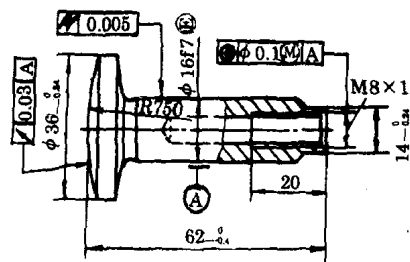


图 3—7 销 轴

3.2.4 形位公差值

表 3-25

直线度、平面度公差

(μm)

主 要 参 数 L,mm																	
精度等级	<10	>10 ~16	>16 ~25	>25 ~40	>40 ~63	>63 ~100	>100 ~160	>160 ~250	>250 ~400	>400 ~630	>630 ~1000	>1000 ~1600	>1600 ~2500	>2500 ~4000	>4000 ~6300	>6300 ~10000	应 用 举 例
5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	普通精度机床导轨；柴油机进、排气门导杆
6	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	
7	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120	150	轴承体的支承面；压力机导轨及滑块；减速机壳体，油泵、轴系支承轴承的接合面
8	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120	150	200	250	
9	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120	150	200	250	300	400	辅助机构及手动机械的支承面；液压管件和法兰的连接面
10	20	25	30	40	50	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	
11	30	40	50	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	离合器的摩擦片，汽车发动机缸盖结合面
12	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1500	2000	

表 3-26

圆 度、圆 柱 度 公 差

(μm)

精度等级	主 参 数 d(D), mm													应 用 举 例
	≤3	>3 ~6	>6 ~10	>10 ~18	>18 ~30	>30 ~50	>50 ~80	>80 ~120	>120 ~180	>180 ~250	>250 ~315	>315 ~400	>400 ~500	
5	1.2	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	4	5	7	8	9	10	安装E、F和G级滚动轴承的配合面； 中等压力下的液压装置工作面（包括 泵、压缩机的活塞和气缸），风动绞车曲 轴，通用减速机轴颈，一般机床主轴
6	2	2.5	2.5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
7	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	发动机的涨圈和活塞销及连杆中装衬 套的孔等。千斤顶或压力油缸活塞，水 泵及减速机轴颈，液压传动系统的分配 机构，拖拉机汽缸体，炼胶机冷轧辊
8	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	
9	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	起重、卷扬机用的滑动轴承，带软 密封的低压泵的活塞和气缸 通用机械杠杆与拉杆，拖拉机的活塞 环与套筒孔
10	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
11	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97	
12	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155	

表 3—27

同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差

(μm)

精度等级	主 参 数 d(D), L, B, mm																	应 用 举 例
	<1	>1 ~3	>3 ~6	>6 ~10	>10 ~18	>18 ~30	>30 ~50	>50 ~120	>120 ~250	>250 ~500	>500 ~800	>800 ~1250	>1250 ~2000	>2000 ~3150	>3150 ~5000	>5000 ~8000	>8000 ~10000	
5	2.5	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	120	6和7级精度齿轮轴的配合面；较 高精度的快速轴，汽车发动机曲轴 和分配轴的支承轴颈，较高精度机 床的轴套
6	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120		
7	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120	150	200	8和9级精度齿轮轴的配合面，拖 拉机发动机分配轴轴颈；普通精度 高速轴（1000r/min以下）；长度 在1m以下的主传动轴，起重运输 机的鼓轮配合孔和导轮的滚动面	
8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120	150	200	250	300		
9	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	10和11级精度齿轮轴的配合面； 发动机汽缸套配合面，水泵叶轮离 心泵泵件，摩托车活塞，自行车中 轴	
10	25	40	50	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	800	1000		
11	40	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1500	用于无特殊要求，一般按尺寸公 差等级IT12制造的零件	
12	60	120	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1500	2000	2500	3000		

表 3—28

平行度、垂直度、倾斜度公差

(μm)

精度等级	主 参 数 L, d(D), mm													应 用 举 例
	<10	>10 ~16	>16 ~25	>25 ~40	>40 ~63	>63 ~100	>100 ~160	>160 ~250	>250 ~400	>400 ~630	>630 ~1000	>1000 ~1600	>1600 ~2500	
4	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	平行度用于泵体和齿轮及螺杆的端面; 普通精度机床的工作面, 高精度机械的导槽和导板
5	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	垂直度用于发动机轴和离合器的凸缘, 气缸的支承端面, 装 D, E 级轴承和装 C, D 级轴承之箱体的凸肩
6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120	平行度用于中等精度钻模的工作面; 7~10 级精度齿轮传动壳体孔的中心线, 连杆头孔之轴线
7	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120	150	200	垂直度用于装 F、G 级轴承之壳体孔的轴线; 按 h6 和 g6 连接的锥形轴减速机的机体孔中心线, 活塞中销轴
8	20	25	30	40	50	60	80	100	120	150	200	250	300	平行度用于重型机械轴承盖的端面, 卷扬机, 手动传动装置中的传动轴
9	30	40	50	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	垂直度用于手动卷扬机及传动装置中轴承轴端面; 按 f7 和 d8 连接的锥形轴减速机体孔中心线
10	50	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	800	零件的非工作面、卷扬机, 运输机, 运输机上的壳体平面
11	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	
12	120	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1500	2000	

3.2.5 主要加工方法能达到的形位公差等级

表 3—29

主要加工方法能达到的直线度、平面度的公差等级

加 工 方 法			公 差 等 级											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
车	普 车 立 车 自 动	粗 细 精					○	○	○	○	○	○	○	○
铣	万能铣	粗 细 精						○	○	○	○	○	○	○
刨	龙门刨 牛头刨	粗 细 精							○	○	○	○	○	○
磨	无心磨 外圆磨 平 磨	粗 细 精		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
研磨	机 动 手工研磨	粗 细 精	○	○	○	○	○							
刮研	刮 研 手 工	粗 细 精	○	○	○	○	○	○	○					

表 3—30

主要加工方法能达到的圆度、圆柱度的公差等级

表 面	加 工 方 法	公 差 等 级											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
轴	精 密 车 削			○	○	○							
	普 通 车 削					○	○	○	○	○	○	○	○
	立车、六角车						○	○	○	○			
	自动、半自动车						○	○	○	○			
	外 圆 磨	○	○	○	○	○	○	○	○				
	无 心 磨	○	○	○	○	○	○	○	○				
孔	研 磨	○	○	○	○								
	普 通 钻 孔					○	○	○	○	○	○	○	○
	车 (扩) 孔						○	○	○	○			
	铰 拉 孔						○	○	○				
	精密镗			○	○	○	○	○	○	○			
	普通镗					○	○	○	○	○			
	磨 孔	○	○	○	○	○	○	○	○				
	研 磨					○	○	○	○				
	珩 磨					○	○	○	○				

表 3—31

主要加工方法能达到的同轴度、圆跳动的公差等级

加 工 方 法		精 度 等 级											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
车、镗	孔轴				○	○	○	○	○	○	○	○	○
铰													
磨	孔轴			○	○	○	○	○	○				
			○	○	○	○	○	○					
珩 磨				○	○	○							
研 磨		○	○	○									

表 3—32

主要加工方法能达到的平行度、垂直度的公差等级

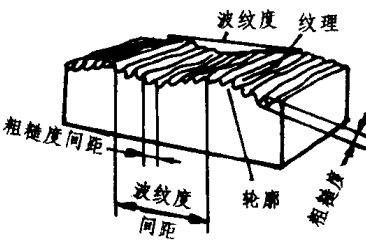
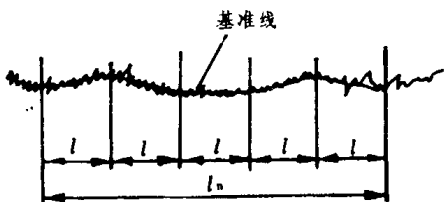
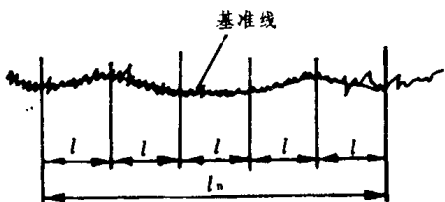
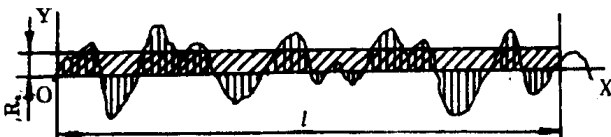
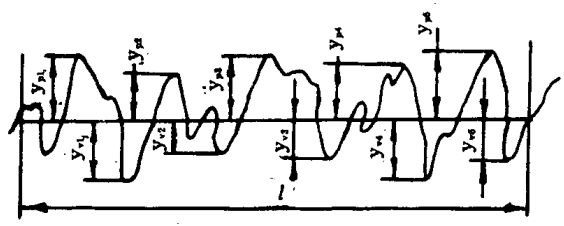
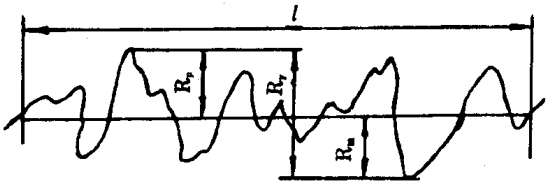
加 工 方 法		精 度 等 级											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
面 / 面													
研		○	○	○									
刮		○	○	○									
磨				○	○	○	○	○	○				
铣						○	○	○	○	○	○		
刨								○	○	○	○	○	○
插									○	○	○	○	○
拉										○	○	○	○
面 / 线													
钻 (铰)									○	○	○	○	○
磨				○	○	○	○	○	○				
座 标 镗					○	○	○	○					
车 (镗)						○	○	○	○	○			
铣							○	○	○	○	○		
线 / 线													
座 标 镗				○	○	○	○						
磨						○	○	○	○				
车 (镗)							○	○	○				
铣								○	○	○			
钻 (铰)									○	○	○	○	○

3.3 表面粗糙度

3.3.1 表面粗糙度的术语及评定参数

表 3—33

基本术语及评定参数

术 语	代号	定 义	图 示
表面粗糙度		加工表面上具有的较小间距和峰谷所组成的微观几何形状特性，一般由所采用的加工方法和（或）其它因素形成	
取样长度	l	用于判别具有表面粗糙度特征的一段基准线长度。规定和选择这段长度是为了限制和减弱表面波纹度对表面粗糙度测量结果的影响	
评定长度	l_n	评定轮廓所必需的一段长度，可包括一个或几个取样长度	
轮廓算术平均偏差	R_a	在取样长度 l 内轮廓偏距绝对值的算术平均值 $R_a = \frac{1}{l} \int_0^l y(x) dx$	
微观不平度十点高度	R_z	在取样长度内 5 个最大的轮廓峰高的平均值与 5 个最大的轮廓谷深的平均值之和 $R_z = \sum_{i=1}^5 y_{pi} + \sum_{i=1}^5 y_{vi}$ 式中 y_{pi} —第 i 个最大的轮廓峰高; y_{vi} —第 i 个最大的轮廓谷深	
轮廓最大高度	R_y	在取样长度内轮廓峰顶线和轮廓谷底线之间的距离	

3.3.2 表面粗糙度代号及其注法

①.表面粗糙度代号

表 3—34

图样上表示零件表面粗糙度的符号

符 号	意 义
	基本符号, 单独使用这符号是没有意义的
	基本符号上加一短划, 表示表面粗糙度是用去除材料的方法获得。例如: 车、铣、钻、磨、剪切、腐蚀、电火花加工等
	基本符号上加一小圆, 表示表面粗糙度是用不去除材料的方法获得。例如: 铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等 或者是用于保持原供应状况的表面(包括保持上道工序的状况)

表 3—35

表面粗糙度高度参数轮廓算术平均偏差 R_a 值的标注

代 号	意 义
	用任何方法获得的表面, R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面, R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, R_a 的最大允许值($R_{a\text{max}}$)为 $3.2\mu\text{m}$, 最小允许值($R_{a\text{min}}$)为 $1.6\mu\text{m}$

表 3—36

其他表面粗糙度高度参数, 轮廓微观不平度十点高度 R_z
轮廓最大高度 R_y 值的标注

代 号	意 义
	用任何方法获得的表面, R_z 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面, R_z 的最大允许值为 $200\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, R_z 的最大允许值($R_{z\text{max}}$)为 $3.2\mu\text{m}$, 最小允许值($R_{z\text{min}}$)为 $1.6\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$, R_y 的最大允许值为 $12.5\mu\text{m}$

②.图样上标注方法

表面粗糙度代（符）号应注在可见轮廓线、尺寸线、尺寸界线或它们的延长线上；对于镀涂表面，可注在表示线（粗点划线）上，见图 3—8，符号的尖端必须从材料外指向表面，见图 3—9、3—10。表面粗糙度代号中数字及符号的方向必须按图 3—9、3—10 的规定标注。带有横线的表面粗糙度符号应按图 3—11、3—12 的规定标注。

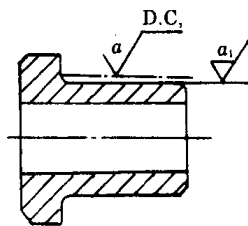


图 3—8

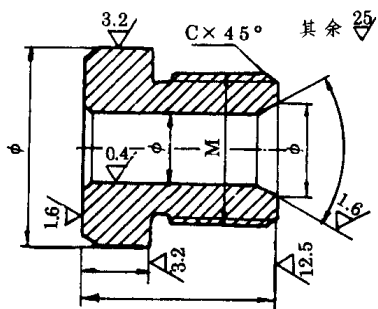


图 3—9

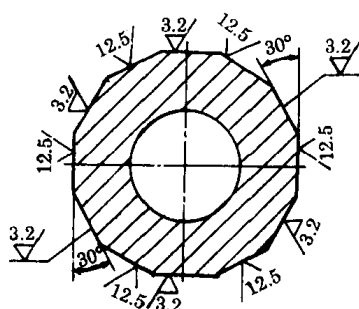


图 3—10

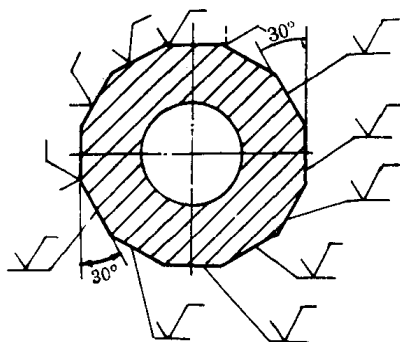


图 3—11

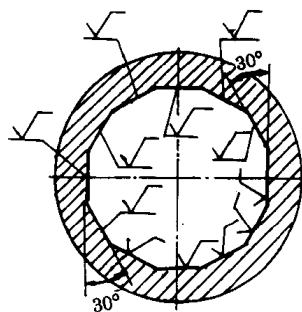


图 3—12

一般情况下, 表面粗糙度评定参数由 R_a 、 R_z 、 R_y 中选用。实际使用时可以选用一个参数, 也可同时规定 R_a 和 R_y 或 R_z 和 R_y 两个参数; 参数值可以给出极限值, 也可以给出范围值。标准规定, 在 R_a 为 $0.025 \sim 6.3\mu\text{m}$, R_z 为 $0.100 \sim 25\mu\text{m}$ 的常用数值范围内, 优先选用 R_a 值。 R_y 值适用于只有 2~3 个轮廓峰谷的很小的表面段, 或不允许出现较大加工痕迹的表面, 或需控制应力集中防止疲劳破坏的表面, 轴承、仪表、木材行业用得较多。对各参数均应优先选用第一系列值。轮廓算术平均偏差 R_a 数值见表 3—37。微观不平度十点高度 R_z , 轮廓最大高度 R_y 的数值见表 3—38。表面粗糙度新旧国标数值过渡表见表 3—39。

表 3—37

轮廓算术平均偏差 R_a 的数值

(μm)

第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列
	0.008						
	0.010						
	(▽14)						
0.012			0.125		1.25	12.5	
					(▽7)		
	0.016		0.160	1.60			16.0
			(▽10)				
	0.02	0.20			2.0		20
	(▽13)						(▽3)
0.025			0.25		2.5	25	
					(▽6)		
	0.032		0.32	3.2			32
			(▽9)				
	0.040	0.40			4.0		40
	(▽12)						(▽2)
0.050			0.50		5.0	50	
					(▽5)		
	0.063		0.63	6.3			63
			(▽8)				
	0.080	0.80			8.0		80
	(▽11)						(▽1)
0.100			1.00		10.0	100	
					(▽4)		

注: 括号内光洁度系旧国标的级别的最大允许值。

表 3—38

微观不平度十点高度 R_z 、轮廓最大高度 R_y 的数值(μm)

第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列
			0.125		1.25	12.5			125		1250
			0.160	1.60 ($\nabla 9$)			16.0		160 ($\nabla 2$)	1600	
		0.20 ($\nabla 12$)			2.0		20 ($\nabla 5$)	200			
0.025			0.25		2.5	25			250		
	0.032		0.32	3.2 ($\nabla 8$)			32		320 ($\nabla 1$)		
	0.040	0.40 ($\nabla 11$)			4.0		40 ($\nabla 4$)	400			
0.050 ($\nabla 14$)			0.50		5.0	50			500		
	0.063		0.63	6.3 ($\nabla 7$)			63		630		
	0.080	0.80 ($\nabla 10$)			8.0		80 ($\nabla 3$)	800			
0.100 ($\nabla 13$)			1.00		10.0 ($\nabla 6$)	100			1000		

注：括号内光洁度系旧国标的级别的最大允许值。

表 3—39

表面粗糙度新旧国标参数值过渡表

光 洁 度	R_a			R_z		
	原最大允许值 (为新国标 第 2 系列)	新最大允许值 (为新国标第 1 系列)		原最大允许值 (为新国标 第 2 系列)	新最大允许值 (为新国标第 1 系列)	
		I	II		I	II
$\nabla 1$	80	100	50	320	400	200
$\nabla 2$	40	50	25	160	200	100
$\nabla 3$	20	25	12.5	80	100	50
$\nabla 4$	10	12.5	6.3	40	50	25
$\nabla 5$	5	6.3	3.2	20	25	12.5
$\nabla 6$	2.5	3.2	1.60	10	12.5	6.3
$\nabla 7$	1.25	1.60	0.80		6.3	
$\nabla 8$	0.63	0.80	0.40		3.2	
$\nabla 9$	0.32	0.40	0.20		1.60	
$\nabla 10$	0.16	0.20	0.10		0.80	
$\nabla 11$	0.08	0.10	0.05		0.40	
$\nabla 12$	0.04	0.05	0.025		0.20	
$\nabla 13$	0.02	0.025	0.012		0.10	
$\nabla 14$	0.01	0.012	—		0.05	

表 3—40

表面粗糙度的参数值、加工方法及选择

级别与代号, $R_a/\mu\text{m}$	表面状况	加工方法	适用范围
100	除净毛口	铸造、锻、热轧、冷轧、冲切	不加工的平滑表面。如：砂型铸造，冷铸，压力铸造，轧材，锻压，热压及各种型锻的表面
50、25	明显可见的刀痕	粗车、镗、刨、钻	工序间加工时所得到的粗糙表面，亦即预先经过机械加工，如粗车、粗铣等的零件表面
12.5	微见刀痕	粗车、刨、铣、钻	
6.3	可见加工痕迹	车、镗、刨、钻、铣、锉、磨、粗铰、铣齿	不重要零件的非配合表面，如支柱、轴、外壳、衬套、盖等的表面；紧固零件的自由表面，不要求定心及配合特性的表面，如用钻头钻的螺栓孔等的表面；固定支承表面，如与螺栓头相接触的表面，键的非结合表面
3.2	微见加工痕迹	车、镗、刨、铣、刮 1~2 点 / cm^2 、拉、磨、锉、滚压、铣齿	和其它零件连接而不是配合表面，如外壳凸耳、扳手等的支撑表面；要求有定心及配合特性的固定支承表面，如定心的轴肩、槽等的表面；不重要的紧固螺纹表面
1.6	看不清加工痕迹	车、镗、刨、铣、铰、拉、磨、滚压、刮 1~2 点 / cm^2 、铣齿	要求不精确的定心及配合特性的固定支承表面，如衬套、轴承和定位销的压入孔；不要求定心及配合特性的活动支承面，如活动关节，花键联接，传动螺纹工作面等；重要零件的配合表面，如导向件等
0.8	可辨加工痕迹的方向	车、镗、拉、磨、立铣、刮 3~10 点 / cm^2 、滚压	要求保证定心及配合特性的表面，如锥形销和圆柱销表面，安装滚动轴承的孔，滚动轴承的轴颈等；不要求保证定心及配合特性的活动支承表面，如高精度的活动球状接头的表面、支承垫圈，磨削的轮齿
0.4	微辨加工痕迹的方向	铰、磨、镗、拉、刮 3~10 点 / cm^2 、滚压	要求能长期保持所规定的配合特性的轴和孔的配合表面，如导柱、导套的工作表面；要求保证定心及配合特性的表面，如精密球轴承的压入座，轴瓦的工作表面，机床顶尖表面等；工作时承受反复应力的重要零件表面，在不破坏配合特性下工作要保证其耐久性和疲劳强度所要求的表面，如曲轴和凸轮轴的工作表面
0.2	不可辨加工痕迹的方向	布轮磨、磨、研磨、超级加工	工作时承受反复应力的重要零件表面，保证零件的疲劳强度、防腐性和耐久性，并在工作时不破坏配合特性的表面，如轴颈表面，活塞和柱塞表面；IT5、IT6 公差等级配合的表面；圆锥定心表面；摩擦表面
0.1	暗光泽面	超级加工	工作时承受较大反复应力的重要零件表面，保证零件的疲劳强度、防腐性及在活动接头工作中的耐久性的表面，如活塞销表面，液压传动用的孔的表面；保证精确定心的圆锥表面
0.05	亮光泽面		
0.025	镜状光泽面		
0.012	雾状镜面		

表 3—41

与配合精度相适应的最低表面粗糙度 R_a

(μm)

配 合 类 别	轴 径 (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
h5、n5、m5、k5、j5、g5	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	0.8	0.8
s7	0.4	0.4	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
h6、r6、n6、m6、k6	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6
f7	0.4	0.4	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
e8	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
d8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
h7、n7、m7、k7、j7	0.2	0.4	0.4	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6
h8、h9	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	6.3	6.3
d9、d10	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	6.3	6.3
h10	1.6	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	3.2	6.3	6.3	6.3	6.3
h11	1.6	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	3.2	6.3	6.3	6.3	6.3
h12、h13	3.2	3.2	3.2	6.3	6.3	6.3	6.3	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
H6、N6、M6、K6、J6、G6	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8
H7、N7、M7、K7、J7、G7	0.4	0.4	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
F8	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	3.2
E8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2
D8	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	3.2
H8、N8、M8、K8、J8	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	3.2
H9	0.8	0.8	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	3.2
F9	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	3.2	6.3	6.3
D9、D10	0.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	6.3	6.3	6.3
H10	1.6	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	3.2	6.3	6.3	6.3	6.3
H11	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	6.3	6.3	6.3	6.3
H12、H13	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	6.3	6.3	6.3	6.3

工程材料及金属材料热处理

4.1 名词术语

表 4—1

金属材料的应力及应变

名 称	代号	单 位	解 释
内 力		Pa (N/m ²)	指材料受外力变形时其内部各部分之间相对位置改变而相互作用的力
应 力			单位面积的内力
正 应 力	σ		垂直于截面的应力分量
切 应 力	τ		又称剪应力, 指切于截面的应力分量
应 变			单位长度的变形
线 应 变	ε		又称相对变形, 简称应变, 指单位长度的伸长或缩短
角 应 变	γ		又称剪应变, 指单位角度的变形
变形三阶段			材料受力变形过程分成弹性变形、塑性变形和断裂三个阶段
弹性变形阶段			在这一阶段, 应力与应变成正比, 外力取消后变形完全消失
塑性变形阶段			应力超过某一极限时, 外力取消后变形不能完全消失, 有残余变形。此残余变形即称为塑性变形或永久变形
断裂阶段			应力继续增加, 塑性变形急剧增加之后发生断裂, 即破坏阶段

表 4—2

金属材料机械性能指标代号及解释

名 称	代号	单 位	解 释
屈 服 点	σ_s	Pa (N/m ²)	材料试样在拉伸过程中, 负荷不再增加而变形继续增加时的最小应力
屈服强度	$\sigma_{0.2}$		永久变形为拉伸试样原长的 0.2% 时的应力, 又称条件屈服强度
抗拉强度	σ_b		材料试样拉伸前所承受的最大应力
抗压强度	σ_{bc}		材料试样在压坏前所承受的最大应力
抗弯强度	σ_{bb}		材料试样在弯曲破坏前所承受的最大应力
弹性极限	σ_e	Pa (N/m ²)	材料不产生塑性变形时所能承受的最大应力。但由于真实的弹性极限难以测定, 因此, 在实际工作中规定以永久变形为原长的 0.005% 时的应力值表示
延 伸 率 (伸长率)	δ δ_5 δ_{10}	%	试样拉断后的标距长度的增加量与原标距长度的百分比 试样标距等于 5 倍直径 试样标距等于 10 倍直径
断面收缩率	ψ	%	试样断后, 其断裂处横截面积缩小量与原截面积的百分比
冲 击 值 (冲击韧性)	α_{ku}	J/m ²	冲断试样所消耗的功与断口处横截面积之比

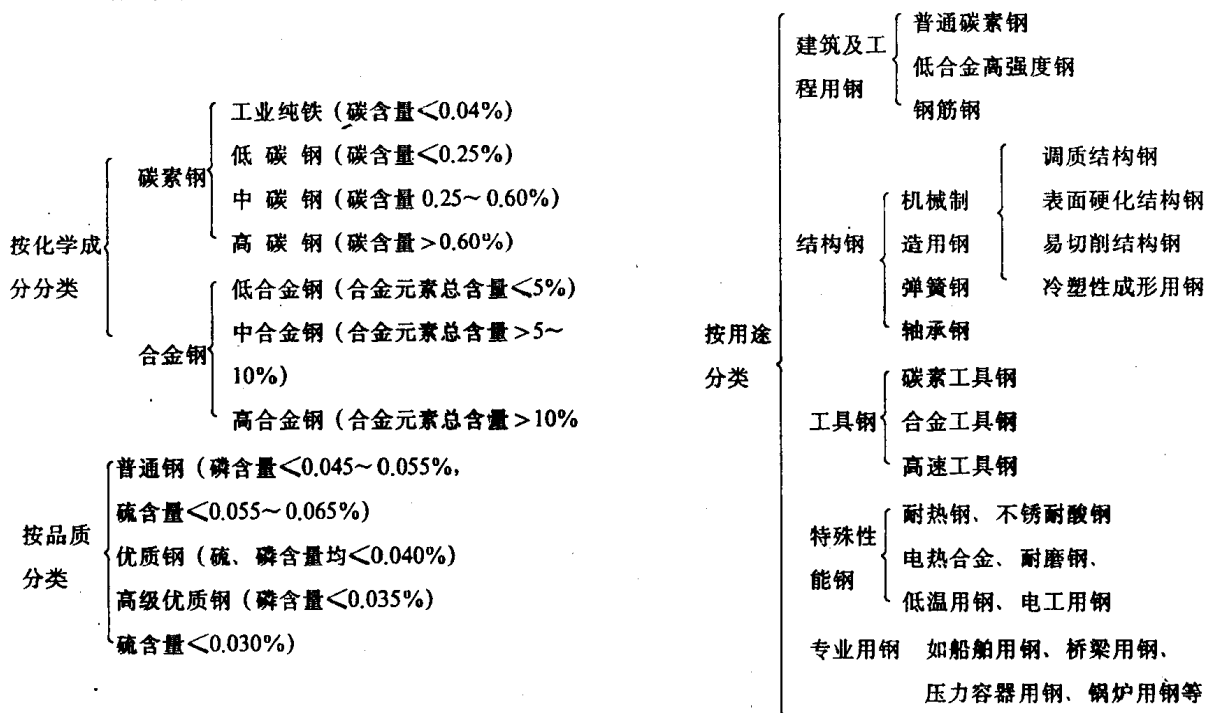
续表 1

名 称	代号	单 位	解 释
硬 度			材料抵抗硬物体压入自身表面的能力。其测定方法不同, 可分几种硬度
布氏硬度	HBS		用一定压力 (一般为 29420N) 把淬硬钢球 ($\Phi 10$ 或 $\Phi 5\text{mm}$) 压入材料表面, 以压痕面积除压力得的商表示
洛氏硬度	HR		用一定压力, 把淬硬钢球或 120° 圆锥形金刚石压入器压入材料表面, 以压印深度计算硬度大小
标 尺 C	HRC		用 1471N 压力和圆锥形金刚石压入器求得的硬度值 (其有效范围为 20~67)
标 尺 B	HRB		用 $1/16''$ 钢球和 980N 压力求得硬度值 (其有效范围为 25~100)
标 尺 A	HRA		用顶角为 120° 的金刚石压入器和 588N 压力求得硬度值 (其有效范围大于 70)
维氏硬度	HV		测定方法与布氏硬度相同, 所不同的是用顶角为 136° 的金刚石四方角锥体
疲劳强度	σ_{-1}	Pa (N/m^2)	试样在对称弯曲应力作用下, 经受一定的应力循环次数而不破坏的最大应力。对于钢材, 规定应力循环次数在 10^7 次不发生断裂时确定其疲劳强度

4.2 黑色金属材料

4.2.1 钢的分类及钢号表示方法

① 钢的分类



此外, 还可按金相组织、冶炼方法进行分类。

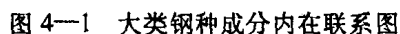


表 4—3 产品名称、用途、特性和工艺方法命名符号 (GB 221—79)

170

表 4—4

钢号表示方法示例

品 种	牌号示例	表示方法说明
碳素结构钢	Q235—A·F	由屈服点字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法等四个部分按顺序组成。Q 钢屈服点“屈”字汉语拼音首位字母；A、B、C、D、——分别为质量等级；F、b、Z、TZ——沸腾钢“沸”字、半镇静钢“半”字、镇静钢“镇”字、汉语拼音字首
优质碳素钢	40 08F 45Mn 20b	数字表示平均含碳量的万分之几，数字后加 Mn 表示含锰量较高的优质碳素钢，其它符号意义同上
碳素工具钢	T8 T10A	T 表示碳素工具钢，数字表示平均含碳量的千分之几；A 表示含杂质较少的高级优质钢
易切削钢	Y12 Y40Mn	Y 表示易切削钢，数字表示平均含碳量的万分之几，Mn 表示含锰量较高
低合金结构钢 合金结构钢 弹簧钢	12MnV 40Cr 60Si2MnA	开始的数字表示平均含碳量的千分之几，化学符号表示所含主要元素，其后的数字表示前边元素平均含量的百分之几，后边未标数字的化学符号表示该元素的含量在 1.5% 以下，A 表示高级优质钢
合金工具钢 高速工具钢	Cr12MoV、9Cr2 W18Cr4V	开始的数字表示含碳量的千分之几（高速工具钢和含碳量 > 1.00% 的合金工具钢不予标出），其它符号和数字的意义同前
滚珠轴承钢	GCr15	G 表示轴承钢，Cr 后面的数字表示铬含量的千分之几
不 锈 钢	2Cr13 1Cr18Ni 9Ti	开始的数字表示平均含碳量的千分之几，化学符号后的数字表示前边元素含量的百分之几

4.2.2 结构钢

结构钢按化学成分分类，可分为碳素结构钢和合金结构钢。

① 碳素结构钢

碳素结构钢按质量和成形方法分，又可分为普通碳素结构钢（简称碳素结构钢，见表 4—5~4—7）和优质碳素结构钢（见表 4—8、4—9）和碳素铸钢（见表 4—10）。

表 4—5

碳素结构钢的牌号及化学成分

牌 号	等 级	化学成分 (%)					脱氧方法
		C	Mn	Si	S	P	
				不大于			
Q195	—	0.06~0.12	0.25~0.50	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
Q215	A	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B				0.045		
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B	0.12~0.20	0.30~0.70		0.045		
	C	<0.18	0.35~0.80		0.040	0.040	Z
	D	<0.17			0.035	0.035	TZ
Q255	A	0.18~0.28	0.40~0.70	0.30	0.050	0.045	Z
	B				0.045		
Q275	—	0.28~0.38	0.50~0.80	0.35	0.050	0.045	Z

注：摘自《碳素结构钢》(GB700—88) Q235A、B 级沸腾钢锰含量上限为 0.60%

表 4-6

碳素结构钢机械性能及用途

牌号		等级	拉 伸 试 验												冲 击 试 验		用 途 举 例
			屈服点 σ_s (MPa)					抗拉强度 σ_b MPa	伸长率 δ_5 , (%)					温度 ℃	A _{kv} J 纵向		
			钢材厚度 (直径), (mm)						钢材厚度 (直径), (mm)								
			不 小 于						不 小 于								
			<16	>16 ~ 40	>40 ~ 60	>60 ~ 100	>100 ~ 150		>16 ~ 40	>40 ~ 60	>60 ~ 100	>100 ~ 150	>150				
Q195	—	(195)	(185)	—	—	—	315~390	33	32	—	—	—	—	—	—	—	
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335~410	31	30	29	28	27	26	—	—	—
	B														20	27	
Q235	A							375~460							—	—	—
	B	235	225	215	205	195	185		26	25	24	23	22	21	20		
	C														0	27	
	D														-20		
Q255	A	255	245	235	225	215	205	410~510	24	23	22	21	20	19	—	—	—
	B														20	27	
Q275	—	275	265	255	245	235	225	490~610	20	19	18	17	16	15	—	—	—

表 4-7

碳素结构钢新旧牌号对照

GB700—88	GB700—79
Q195 不分等级, 化学成分和机械性能 (抗拉强度、伸长率和冷弯) 均须保证, 但轧制薄板和盘条之类产品, 机械性能的保证项目, 根据产品特点和使用要求, 可在有关标准中另行规定。	1 号钢 Q195 的化学成分与本标准 1 号钢的乙类钢 B1 同, 机械性能 (抗拉强度、伸长率和冷弯) 与甲类钢 A1 同 (A1 的冷弯试验是附加保证条件)。1 号钢没有特类钢。
Q215 A 级 B 级 (做常温冲击试验, V 型缺口)	A2 C2
Q235 A 级 (不做冲击试验) B 级 (做常温冲击试验, V 型缺口) C 级 D 级 } (做为重要焊接结构用)	A3 (附加保证常温冲击试验, U 型缺口) C3 (附加保证常温或—20℃ 冲击试验, U 型缺口) — —
Q255 A 级 B 级 (做常温冲击试验, V 型缺口)	A4 C4 (附加保证冲击试验, U 型缺口)
Q275 不分等级, 化学成分和机械性能均须保证	C5

② 优质碳素结构钢

表 4-8

优质碳素结构钢的牌号, 热处理及机械性能

序号	牌 号	试样毛坯 尺寸 (mm)	推荐热处理℃			机械性能					钢材交货状态硬度	
			正 火	淬 火	回 火	MPa (kgf/mm ²)	MPa (kgf/mm ²)	δ_5 (%)	ψ (%)	$A_{KU}(\alpha_{KU})$ J (kgf·m/cm ²)	HBS 不大于	
						不 小 于					未热处理	退火钢
1	08F	25	930			295 (30)	175 (18)	35	60		131	
2	10F	25	930			315 (32)	185 (19)	33	55		137	
3	15F	25	920			355 (36)	205 (21)	29	55		143	
4	08	25	930			325 (33)	195 (20)	33	60		131	
5	10	25	930			335 (34)	205 (21)	31	55		137	
6	15	25	920			375 (38)	225 (23)	27	55		143	
7	20	25	910			410 (42)	245 (25)	25	55		156	
8	25	25	900	870	600	450 (46)	275 (28)	23	50	71 (9)	170	
9	30	25	880	860	600	490 (50)	295 (30)	21	50	63 (8)	179	
10	35	25	870	850	600	530 (54)	315 (32)	20	45	55 (7)	197	

续表 1

序号	牌 号	试样毛坯 尺寸 (mm)	推荐热处理℃			机械性能					钢材交货状态硬度	
			正 火	淬 火	回 火	MPa (kgf/mm ²)	MPa (kgf/mm ²)	δ_5 (%)	ψ (%)	$A_{KU}(\alpha_{ku})$ J(kgf·m/cm ²)	HBS 不大于	
						不 小 于					未热处理	退火钢
11	40	25	860	840	600	570 (58)	335 (34)	19	45	47 (6)	217	187
12	45	25	850	840	600	600 (61)	355 (36)	16	40	39 (5)	229	197
13	50	25	830	830	600	630 (64)	375 (38)	14	40	31 (4)	241	207
14	55	25	820	820	600	645 (66)	380 (39)	13	35		255	217
15	60	25	810			675 (69)	400 (41)	12	35		255	229
16	65	25	810			695 (71)	410 (42)	10	30		255	229
17	70	25	790			715 (73)	420 (43)	9	30		269	229
18	75	试样		820	480	1080 (110)	880 (90)	7	30		285	241
19	80	试样		820	480	1080 (110)	930 (95)	6	30		285	241
20	85	试样		820	480	1130 (115)	980 (100)	6	30		302	255
21	18Mn	25	920			410 (42)	245 (25)	26	55		163	
22	20Mn	25	910			450 (46)	275 (28)	24	50		197	
23	25Mn	25	900	870	600	490 (50)	295 (30)	22	50	71 (9)	207	
24	30Mn	25	880	860	600	540 (55)	315 (32)	20	45	63 (8)	217	187
25	35Mn	25	870	850	600	560 (57)	335 (34)	19	45	55 (7)	229	197
26	40Mn	25	860	840	600	590 (60)	355 (36)	17	45	47 (6)	229	207
27	45Mn	25	850	840	600	620 (63)	375 (38)	15	40	39 (5)	241	217
28	50Mn	25	830	830	600	645 (71)	390 (40)	13	40	31 (4)	255	217
29	60Mn	25	810			695 (71)	410 (42)	11	35		269	229
30	65Mn	25	810			735 (75)	430 (44)	9	30		285	229
31	70Mn	25	790			785 (80)	450 (46)	8	30		285	229

注 1. 摘自《优质碳素结构钢》(GB699—88)

2. 对于直径或厚度小于25mm的钢材，热处理是在与成品截面尺寸相同的试样毛坯上进行。

3. 表中所列正火推荐保温时间不小于30min，空冷；淬火推荐保温时间不小于30min，水；回火推荐保温时间不小于1h。

表 4—9

常用优质碳素结构钢的特性及用途

钢号	主要特性	用途举例
08F 10F	强度、硬度很低, 塑性、韧性很高, 深冲压、深拉伸的冷加工性和焊接性很好, 但成分偏析倾向较大, 时效敏感性较强	用于制造强度要求不高, 而需经受大变形的冲压件和焊接件, 如外壳、盖、罩、固定挡板等
08 10	强度不高, 塑性韧性很好, 为获得最好深拉伸性能。板材应正火或高温回火; 切削加工性, 冷拉或正火状态较退火状态的好; 焊接件优良。退火后导磁率较高, 剩磁较少	用于制造受力不大的焊接件, 冲压件, 锻件和心部强度要求不高的渗碳, 碳氮共渗零件。如角片、支臂、隔板、外壳、帽盖、垫圈、锁片、螺钉、元宝、螺帽、销钉、小轴等, 退火后还可用作电磁铁或电磁吸盘等磁性零件
15 20	为常用的低碳渗碳钢。强度较低(但高于 08、10 号钢), 塑性、韧性、焊接性及冷加工性都很好, 无回火脆性, 但淬硬性、淬透性均较低, 切削性不好, 为了改善其切削性能需要进行水韧处理或正火	主要用作低负荷、形状简单的渗碳、碳氮共渗零件, 如小轴, 小模数齿轮、仿形样板、套筒、销子、摩擦片、汽车上的手刹车蹄片等。在热轧或正火状态下用作受力不大但要求较好韧性的各种机械零件和焊接件, 如螺钉、螺栓、法兰盘、起重钩、焊接容器等
30 35	含碳量较高, 已不适于渗碳, 钢的强度、硬度均较高, 且有较好的塑性, 切削性好, 焊接性中等, 淬透性仍低, 一般在正火或调质状态下使用; 机械性能要求不高时也可在热轧供状态下使用	用作截面较小, 受力较大的机械零件, 如螺钉、丝杆、拉杆、转轴、曲轴、吊环、齿轮等, 以及在自动机床上加工的紧固件。30 号钢也适于制作冷顶锻零件和焊接件, 但 35 号钢一般不作焊接件
40 45	为高强度中碳钢, 其特点是强度较高, 塑性及韧性尚好, 切削性优良, 经调质处理后能获得较好的综合机械性能, 无回火脆性; 但焊接性不好, 淬透性较低, 水淬时且有形成裂纹倾向。当直径较大时(60—80mm), 调质状态和正火状态的机械性能相近, 因此, 大截面零件常以正火为最终热处理, 这两种钢中以 45 号应用最广	一般在正火或调质、或高频表面淬火状态下使用, 用于制作承受负荷较大的小截面调质件和应力较小的大型正火零件以及对心部强度要求不高的表面淬火件, 如曲轴、心轴、曲柄销、传动轴、连杆、拉杆、丝杆、链轮、齿轮、齿条、蜗杆、活塞杆、活塞销等, 这类钢一般不作焊接件, 如需焊接, 则焊前需进行预热, 焊后要进行消除焊接应力退火处理
50 55	为高强度中碳钢, 钢经热处理后具有高的强度和硬度, 但塑性、韧性较差, 切削性能中等, 焊接性不好, 淬透性差, 水淬且有形成裂纹的倾向	一般在正火或淬火回火后使用, 用作要求较高强度和耐磨性或弹性、动载荷及冲击负荷不大的零件, 如齿轮、连杆、轧辊、机床主轴、曲轴、犁铧、轮圈、轮箍、弹簧等
60	这是介于中碳与高碳之间的碳素结构钢, 钢的强度、硬度和弹性都相当高, 但冷变形时塑性低, 切削性较差, 焊接性和淬透性也差; 水淬有产生裂纹倾向, 仅小型零件才能进行淬火, 大件多采用正火	用作轧辊、轴、偏心轴、轮箍、弹簧圈、减震弹簧、弹簧垫圈、离合器、钢丝绳等受力较大、在摩擦条件下工作、要求较高强度、耐磨性和一定弹性的零件
65 70	钢在经过适当的热处理或冷拔硬化后, 可得到较高的强度与弹性, 而且在相同的表面状态和完全淬透的情况下, 其疲劳强度并不比合金弹簧钢差, 但焊接性不好, 切削性不好, 冷应变塑性低, 淬透性不好, 直径超过 7~18mm 时, 油淬淬不透, 水淬有形成裂纹倾向	主要在淬火、中温回火状态下使用(一般采用油淬, 截面较大时采用水淬油冷), 用作截面较小(<15mm)、形状简单, 受力不大的扁形或螺旋弹簧以及弹簧式零件, 如汽门弹簧、弹簧环、弹簧垫圈、U 形卡等, 也可在正火状态下, 制造要求耐磨性高的零件。如轧辊、轴、凸轮以及钢丝绳等

注: 1. 摘自“优质碳素结构钢”(GB699—88)

2. 较高含锰量钢组的各个钢号(15Mn~70Mn), 其性能和用途与上列相应钢号基本相同, 但淬透性稍好, 可制作截面稍大或要求强度稍高的零件。

表 4—10

碳素铸钢的化学成分、机械性能及用途

铸钢牌号		主要化学成分 (%)<					室温机械性能>					特性和用途
新牌号	原牌号	C	Si	Mn	P	S	σ_s 或 $\sigma_{0.2}$	σ_b	δ (%)	ψ (%)	$A_{KU}(\alpha_{ku})$ J(kgf·m/cm ²)	
							(MPa)					
ZG200-400	ZG 15	0.20	0.50	0.80	0.04		200	400	25	40	30 (6.0)	有良好的塑性、韧性和焊接性能；用于受力不大、要求韧性的各种机械零件，如：机座，变速箱壳等
ZG230-450	ZG 25	0.30	0.50	0.90	0.04		230	450	22	32	25 (4.5)	有一定的强度和较好的塑性、韧性，焊接性能良好，可切削性尚好。用于受力不大、要求韧性的各种机械零件，如：砧座、外壳、轴承盖、底板、阀体、犁柱等
ZG270-500	ZG 35	0.40	0.50	0.90	0.04		270	500	18	25	22 (3.5)	有较高的强度和较好的塑性，铸造性能良好，焊接性尚好，可切削性好，用途广泛，用作轧钢机机架，轴承座，连杆，箱体、曲拐、缸体等
ZG310-570	ZG 45	0.50	0.60	0.90	0.04		310	570	15	21	15 (3)	有高的强度、硬度和耐磨性，可切削性中等，焊接性较差，流动性好，裂纹敏感性较大，用作齿轮、棘轮等
ZG340-640	ZG 55	0.60	0.60	0.90	0.04		340	640	10	18	10 (2)	有高的强度、硬度和耐磨性，可切削性中等，焊接性较差，流动性好，裂纹敏感性较大，用作齿轮，棘轮等

注：1. 摘自《一般工程用铸造碳钢件》(GB11352—89)

2. 牌号表示意义：“ZG”系铸钢二字汉语拼音的第一字母，后面的数字，第一组代表屈服强度值，第二组代表抗拉强度值。

3. 表列性能适用于厚度为100mm以下的铸件，断面收缩率和冲击韧性根据合同选择；如需方无要求，由制造厂选择其一。

表 4-11 常用低合金结构钢的成分、性能与用途

牌 号	化 学 成 分 (%)								机 械 性 能			用途举例
	C	Si	Mn	V	Ti	Cu	Xt	Nb	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	σ_s (%)	
09MnV	<0.12	0.20~0.55	0.80~1.20	0.04~0.12					295	430~580	23	汽车, 建筑结构, 冷弯型钢
09MnNb	<0.12	0.20~0.55	0.80~1.20					0.015~0.050	295	410~560	24	桥梁, -60℃ 低温用钢
12Mn	0.09~0.16	0.20~0.55	1.10~1.50						295	440~590	22	锅炉, 油罐, 车辆
16Mn	0.12~0.20	0.20~0.55	1.20~1.60						345	510~660	22	造船, 桥梁, 汽车, 机车, 拖拉机, 石油井架, 高压容器
14MnNb	0.12~0.18	0.20~0.55	0.80~1.20					0.015~0.050	355	490~640	21	建筑结构, 化工容器, 桥梁
09MnCuPTi	<0.12	0.20~0.55	1.00~1.50		<0.03	0.20~0.40		P 0.05~0.12	345	490~640	22	车辆, 桥梁, 石油井架
15MnV	0.12~0.18	0.20~0.55	1.20~1.60	0.04~0.12					390	530~680	18	高中压容器, 起重机
15MnTi	0.12~0.18	0.20~0.55	1.20~1.60		0.12~0.20				390	530~680	20	桥梁, 压力容器
16MnNb	0.12~0.20	0.20~0.55	1.00~1.40					0.015~0.050	300	530~680	20	桥梁, 起重机
14MnVTiXt	<0.18	0.20~0.55	1.30~1.60	0.04~0.10	0.09~0.16		0.02~0.20		440	550~700	19	桥梁, 高压容器, 电站设备
15MnVN	0.12~0.20	0.20~0.55	1.30~1.70	0.10~0.20				N 0.010~0.020	420	570~720	19	大型焊接结构, 大型桥梁, 液氨罐车

注: 1. 机械性能系是指钢材厚度或直径<16mm的机械性能, 但15MnTi为<25mm, 15MnV为>4~16mm, 14MnVTiXt为<12mm, 15MnVN为>10~25mm的机械性能。

2. 化学成分及机械性能摘自 GB1591—88《低合金结构钢》。

表 4-12

常用渗碳钢的成分、热处理、性能和用途

牌 号	主要化学成分 (%)					试样 尺寸 (mm)	热 处 理		机 械 性 能					用 途 举 例	
	C	Si	Mn	Cr	其他		淬火温度(℃)		回火 温度 (℃)	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ_5 (%)	ψ (%)		α_{ku} (J/ cm ²)
							第一次	第二次							
(15)	0.12~ 0.19	0.17~ 0.37	0.35~ 0.65							230	380	27	55		垫圈, 活塞销
(20)	0.17~ 0.24	0.17~ 0.37	0.35~ 0.65							250	420	25	55		轴、滚子, 不重要的齿轮
20Cr	0.18~ 0.24	0.17~ 10.37	0.50~ 0.80	0.70~ 1.00		15	880 水, 油	780~ 820 水, 油	200 水, 空	550	850	10	40	60	齿轮, 小轴, 活塞销
20CrMnTi	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.80~ 1.10	1.00~ 1.30	Ti0.04~ 0.10	15	880 油	870 油	200 水, 空	850	1100	10	45	70	汽车、拖拉机主齿轮、活塞销
20MnVB	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	1.20~ 1.60		V0.07~ 0.12 B0.0005~ 0.0035	15	860 油		200 水, 空	900	1100	10	45	70	代 20Cr 和 20CrMnTi
20MnTiB	0.17~ 0.24	0.17~ 0.37	1.30~ 1.60		Ti0.04~ 0.10 B0.0005~ 0.0035	15	860 油		200 水, 空	950	1150	10	45	70	代 20CrMnTi 制造齿轮、轴
12CrMn3	0.10~ 0.17	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	0.60~ 0.90	Ni2.75~ 3.15	15	860 油	780 油	200 水, 空	700	950	11	50	90	高载荷渗碳齿轮、小轴、销
20Cr2Ni4	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	1.25~ 1.65	Ni3.25~ 3.65	15	880 油	780 油	200 水, 空	1100	1200	10	45	80	大型渗碳齿轮、曲轴
18Cr2Ni4WA	0.13~ 0.19	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	1.35~ 1.65	Ni4.00~ 4.50 W0.80~ 1.20	15	950 空	850 空	200 水, 空	850	1200	10	45	100	大型渗碳齿轮、曲轴

注: 1. 15、20 钢的主要化学成分及机械性能摘自 GB699-88《优质碳素结构钢技术条件》。
 2. 其余钢号的主要化学成分、热处理及机械性能摘自 GB3077-88《合金结构钢技术条件》。
 3. 括号中的牌号系指碳素渗碳钢。

表 4—13

常用调质钢的成分、热处理、性能和用途

牌 号	主要化学成分 (%)					热 处 理		机 械 性 能					用 途 举 例
	C	Si	Mn	Cr	其他	淬火温度 (°C)	回火温度 (°C)	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ_5 (%)	ψ (%)	α_{ku} (J/cm ²)	
(45)	0.42~ 0.50	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80					360	610	16	40	50	齿轮, 轴, 活塞销
(40Mn)	0.37~ 0.45	0.17~ 0.37	0.70~ 1.00					360	600	17	45	60	辊轴, 高应力下工作的螺钉 螺栓、螺母
40B	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	0.60~ 0.90		B 0.0005~ 0.0035	840 水	550 水	650	800	12	45	70	齿轮转向拉杆, 轴, 凸轮
40Cr	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.80~ 1.10		850 油	520 水, 油	800	1000	9	45	60	齿轮, 套筒, 轴, 进气阀
35SiMn	0.32~ 0.40	1.10~ 1.40	1.10~ 1.40			900 水	570 水, 油	750	900	15	45	60	传动齿轮, 心轴, 汽轮机叶 轮
40MnB	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	1.10~ 1.40		B 0.0005~ 0.0035	850 油	500 水, 油	800	1000	10	45	60	汽车上转向轴、半轴、蜗杆
40CrNi	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.45~ 0.75	Ni 1.00~ 1.40	820 油	500 水, 油	800	1000	10	45	70	重型机械齿轮, 轴, 蒸汽透 平机叶片、转子和轴
30CrMnSi	0.27~ 0.34	0.90~ 1.20	0.80~ 1.10	0.80~ 1.10		880 油	520 水, 油	900	1100	10	45	50	高压鼓风机叶片, 阀板
35CrMo	0.32~ 0.40	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	Mo 0.15~ 0.25	850 油	550 水, 油	850	1000	12	45	80	大截面的齿轮、轴、高压导 管
37CrMn3	0.34~ 0.41	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	1.20~ 1.60	Ni 3.00~ 3.50	820 油	500 水, 油	1000	1150	10	50	60	大截面重要的轴、曲轴, 凹 模
40CrNiMoA	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.60~ 0.90	Ni 1.25~ 1.65 Mo 0.15~ 0.25	850 油	600 水, 油	850	1000	12	55	100	卧式锻造机传动偏心轴, 锻 压机曲轴
40CrMnMo	0.37~ 0.45	0.17~ 0.37	0.90~ 1.20	0.90~ 1.20	Mo 0.20~ 0.30	850 油	600 水, 油	800	1000	10	45	80	重载荷轴, 齿轮, 连杆

注: 1. 45、40Mn钢的主要化学成分及机械性能摘自GB699—88《优质碳素结构钢技术条件》。2. 其余钢号的主要化学成分、热处理及机械性能摘自GB3077—88《合金结构钢技术条件》。3. 括号中的牌号系指碳素调质钢。

表 4—14

常用弹簧钢的成分、热处理、性能和用途

牌 号	化学成分 (%)					热 处 理			机 械 性 能					用 途 举 例
	C	Si	Mn	Cr	其它	淬火温度 (℃)	淬火介 质	回火温度 (℃)	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ (%)		ψ (%)	
											δ_5	δ_{10}		
65	0.62~ 0.70	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	<0.25		840	油	500	800	1000		9	35	截面尺寸小于12~15mm的 小弹簧圈
65Mn	0.62~ 0.70	0.17~ 0.37	0.90~ 1.20	<0.25		830	油	540	800	1000		8	30	尺寸较大的各种扁、圆弹簧
55Si2Mn	0.52~ 0.60	1.50~ 2.00	0.60~ 0.90	<0.35		870	油	480	1200	1300		6	30	汽车、拖拉机、机床车辆上 的板簧、螺旋弹簧
55Si2MnB	0.52~ 0.60	1.50~ 2.00	0.60~ 0.90	<0.35	B 0.0005~ 0.004	870	油	480	1200	1300		6	30	同上
60Si2Mn	0.56~ 0.64	1.50~ 2.00	0.60~ 0.90	<0.35		870	油	480	1200	1300		5	25	同上
60Si2MnA	0.56~ 0.64	1.60~ 2.00	0.60~ 0.90	<0.35		870	油	440	1400	1600		5	20	同上
60Si2CrVA	0.56~ 0.64	1.40~ 1.84	0.40~ 0.70	0.90~ 1.20	V 0.10~ 0.20	850	油	410	1700	1900	6		20	承受重载荷极重要的螺旋弹 簧与板簧
50CrVA	0.46~ 0.54	0.17~ 0.87	0.50~ 0.80	0.80~ 1.00	V 0.10~ 0.20	850	油	500	1150	1800	10		40	承受大应力特别重要的各种 尺寸螺旋弹簧

注: 1. 列出的机械性能指标适用于截面尺寸不大于80mm的钢材。

2. 除用途举例一栏外, 摘自GB1222—84《弹簧钢》。

表 4—15

常用高碳铬轴承钢的牌号、化学成分、热处理、硬度及用途

牌 号	化 学 成 分 (%)				热 处 理		回火后 硬度 HRC	用 途 举 例
	C	Cr	Si	Mn	淬火温度 (℃)	回火温度 (℃)		
GCr9	1.00~ 1.10	0.90~ 1.20	0.15~ 0.35	0.20~ 0.40	810~830 水、油	150~170	62~64	<φ20mm 滚珠 <φ17mm 滚柱
GCr9SiMn	1.00~ 1.10	0.90~ 1.20	0.40~ 0.70	0.90~ 1.20	810~830 水、油	150~160	62~64	φ25~50mm 滚珠 φ18~22mm 滚柱
GCr15	0.95~ 1.05	1.40~ 1.65	0.15~ 0.35	0.20~ 0.40	820~840 油	150~160	62~64	φ25~50mm 滚珠 柴油机精密偶件
GCr15SiMn	0.95~ 1.05	1.40~ 1.65	0.40~ 0.65	0.90~ 1.20	820~840 油	150~170	62~64	大型轴承零件

注：摘自 YB (T) 1—80《高碳铬轴承钢》。表列热处理加热温度和硬度数据，仅供参考。

4.2.3 工具钢

工具钢按化学成分可分为碳素工具钢（见表 4—16）、合金工具钢和高速工具钢。合金工具钢按特性和用途又可分为刃具钢、量具钢（见表 4—17）和模具钢（见表 4—18、4—19）。

高速工具钢（简称高速钢）主要有钨系高速钢、钨钼系高速钢和超硬高速钢等。高速工具钢的牌号、化学成分、热处理和用途见表 4—20。

表 4—16

碳素工具钢的牌号、化学成分、热处理、特性和用途

牌 号	化 学 成 分 (%)		退火 状态	试 样 淬 火		特 性	用 途
	C	Mn	硬度值 HBS 不大于	淬火温度 (℃) 和淬火介质	硬度值 HRC 不小于		
T7 T7A	0.65~ 0.74	<0.40	187	800~ 820 水	62	为亚共析钢，淬火回火后具有较高的强度和韧性，且有一定的硬度，但热硬性低，淬透性差，淬火变形大	常用于制造能承受震动和撞击，要求较高韧性，但切削性能要求不太高的工具，如凿子、冲头 etc 小尺寸风动工具，木工用锯和凿，简单胶木模、锻模、剪刀、手锤、镰刀等
T8 T8A	0.75~ 0.84			780~ 800 水		为共析钢，淬火回火后有较高硬度和耐磨性，但热硬性低，淬透性差，加热时容易过热，变形也大，塑性强度也较低。	用于不受大冲击、需要较高硬度和耐磨性的工具，如简单的模子和冲头、切削软金属的刀具、木工用的铣刀和斧、凿、刨、圆锯片以及钳工装配工具、虎钳钳口等

续表 1

牌 号	化 学 成 分 (%)		退 火 状 态	试 样 淬 火		特 性	用 途
	C	Mn	硬 度 值 HBS 不 大 于	淬 火 温 度 (℃) 和 淬 火 介 质	硬 度 值 HRC 不 小 于		
T8Mn T8MnA	0.80~ 0.90	0.40~ 0.60	187	780~ 800 水	62	性能同上，但因加入了锰，淬透性较好，淬硬层较深	同上，但可制造断面较大的工具
T10 T10A	0.95~ 1.04	<0.40	197	760~ 780 水		为过共析钢，在淬火加热不易过热，仍保持细晶粒。韧性尚可，强度及耐磨性均较 T7~T9 高些，但热硬性低，淬透性仍然不高，淬火变形大	这种钢应用较广，适于制造切削条件较差，耐磨性要求较高且不受突然和剧烈冲击震动而需要一定韧性及具有锋利刀口的各种工具，如车刀、刨刀、钻头、丝锥、扩孔刀具、螺丝板牙、铣刀、手锯锯条、小尺寸冷切边模及冲孔模、低精度而形状简单的量具（如卡板等），也可用作不受较大冲击的耐磨零件
T12 T12A	1.15~ 1.24		207			为过共析钢，由于其含碳量高，淬火后有较多的过剩碳化物，因而耐磨性和硬度高，但韧性也较低，且热硬性低，淬透性差，淬火变形大	适于制作不受冲击负荷，切削速度不高而需要很高硬度和耐磨性的各种工具和耐磨机件，如车刀、铣刀、钻头、铰刀、扩孔钻、丝锥、板牙、刮刀、量规、锉刀、锯片以及小断面尺寸的冷切边模和冲孔模等
T13 T13A	1.25~ 1.35		217			为过共析钢，在碳工钢中含碳量最高的钢种，其硬度极高，耐磨性最好，但因碳化物数量增多和分布不均匀，故机械性能较低，不能承受冲击，其它缺点和 T12、T12A 相同	适用制作不受冲击震动而需极高硬度的各种工具，如剃刀、刮刀、锉刀、切削刀具、刻字刀具、拉丝工具、钻头以及坚硬岩石加工用工具等，此外，也可用作不受冲击而要求极高硬度的耐磨机械零件

表 4—17

常用量具、刀具钢牌号、特性和用途

牌 号	主 要 特 性	用 途 举 例
9SiCr	淬透性比铬钢好, $\phi 40 \sim 50\text{mm}$ 的工件可以淬透, 回火稳定性较高, 热处理变形小, 但脱碳倾向较大	用作耐磨性高, 切削不剧烈的刀具, 如板牙、丝锥、钻头、铰刀、齿轮铣刀、拉刀等, 还可用作冷冲模、冷轧辊
8MnSi	韧性、淬透性与耐磨性均优于碳素工具钢	一般多用作木工凿子、锯条或其它工具
Cr06	钢在淬火后的硬度和耐磨性都很高, 但比较脆, 淬透性不好	一般经冷轧成薄钢带后, 用作剃刀、刀片、外科医疗刀具以及刮刀、刻刀
Cr2	钢的淬透性、硬度和耐磨性比碳素工具钢高, 淬火变形不大	用作低速、走刀量小、加工材料不很硬的切削刀具, 还可作样板、量规、冷轧辊等
9Cr2	性能与 Cr2 基本相似	主要用作冷轧辊、钢印冲孔凿、冷冲模及冲头、木工工具等

表 4—18

常用冷模具钢钢号、热处理、性能和用途

牌 号	交货状态 硬 度 (HBS)	淬 火		硬度 (HRC) 不小于	用 途 举 例
		温度(℃)	淬火 介质		
T10	<197 (退火状态硬度)	760~780	水	62	拉丝模, 冲压模
9Mn2V	<229	780~810	油	62	冲模, 冷压模
CrWMn	207~255	800~830	油	62	形状复杂、高精度的冲模
Cr12	217~269	950~1000	油	60	冷冲模, 冲头, 拉丝模, 粉末冶金模
Cr12MoV	207~255	950~1000	油	58	冲模, 切边模, 拉丝模

注: 1. 除 T10 外, 表中硬度和淬火摘自 GB1299—85《合金工具钢技术条件》。

2. 表中淬火指试样淬火。

表 4—19

常用热模具钢成分、热处理、性能和用途

牌 号	主要化学成分 (%)						热 处 理		硬度 (HRC)	用途举例
	C	Si	Mn	Cr	Mo	其他	淬火 (℃)	回火 (℃)		
5CrMnMo	0.50~ 0.60	0.25~ 0.60	1.20~ 1.60	0.60~ 0.90	0.15~ 0.30		820~ 850 油	490~ 640	30~47	中型锻模
5CrNiMo	0.50~ 0.60	<0.40	0.50~ 0.80	0.50~ 0.80	0.15~ 0.30	Ni1.40~ 1.80	830~ 860 油	490~ 660	30~47	大型锻模
3Cr2W3V	0.30~ 0.40	<0.40	<0.40	2.20~ 2.70		W 7.50~ 9.00 V 0.20~ 0.50	1075~ 1125 油	600~ 620	50~54	高应力压模, 螺钉或铆钉热压 模

注: 主要化学成分摘自 GB1299—85《合金工具钢技术条件》。

表 4—20

常用高速钢成分、热处理和用途

牌 号	主要化学成分 (%)								交货硬度 (HBS 不大于)		热处理及淬火、回火硬度						用 途 举 例
	C	Mn	Si	Cr	V	W	Mo	Co	其它 加工 方法	退火	预热 温度 (℃)	淬火温度(℃)		淬火剂	回火温 度(℃)	HRC (不 小于)	
												盐浴炉	箱式炉				
W18Cr4V	0.70	0.10	0.20	3.80	1.00	17.50					820	1270	1270		550	一般高速切削车小 刨刀、钻头，铣刀， 插齿刀，铰刀	
	~	~	~	~	~	~	<0.30	-	269	255	~	~	~	油	~		63
	0.80	0.40	0.40	4.40	1.40	19.00					870	1285	1285		570		
W6Mo5Cr4V2	0.80	0.15	0.20	3.80	1.75	5.50	4.50				730	1210	1210		540	钻头，滚刀，拉 刀，插齿刀	
	~	~	~	~	~	~	~	-	262	255	~	~	~	油	~		63 (箱式 炉)
	0.90	0.40	0.45	4.40	2.20	6.75	5.50				840	1230	1230		560		64 (盐浴 炉)
W6Mo5Cr4V2A1	1.05	0.15	0.20	3.80	1.75	5.50	4.50	A1			820	1230	1230		540	切削各种难加工材 料用的车刀和各种成 形刀具	
	~	~	~	~	~	~	~	0.80	285	269	~	~	~	油	~		65
	1.20	0.40	0.60	4.40	2.20	6.75	5.50	1.20			870	1240	1240		560		

注：1. 回火温度为550~570°C时，回火2次，每次1小时；回火温度为540~560°C时，回火2次，每次2小时；回火温度为530~550°C时，回火3次，每次2小时。

2. 除用途举例一栏外，摘自 GB9943—88《高速工具钢棒技术条件》。

4.2.4 特殊性能钢

特殊性能钢具有特殊的使用性能，简称特殊钢。主要有不锈钢和耐热钢两种。

① 不锈钢

具有良好耐蚀性的钢称为不锈耐酸钢，简称不锈钢。按组织状态分类，分为铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢和马氏体不锈钢三类。

② 耐热钢

金属材料的耐热性是包括高温抗氧化性和高温强度的一个综合概念，耐热钢就是在高温下不发生氧化并具有较高强度的钢。按组织特点也可分为铁素体、奥氏体和马氏体三种类型。

几种不锈钢的牌号、化学成分和用途举例见表 4—21。

表 4—21 几种不锈钢的牌号化学成分、热处理和用途举例

组织类别	牌 号	化学成分(%)					热 处 理 方 法	用 途 举 例
		C	Ni	Cr	Mo	其它		
奥氏体型	1Cr18Ni9	<0.15	8.00~10.0	17.0~19.0			固溶处理: 1010~1150℃ 快冷	建筑用装饰部件
	0Cr19Ni9	<0.08	8.0~10.5	18.0~20.0			固溶处理: 1010~1150℃ 快冷	食品用设备, 一般化工设备, 原子能工业用设备
	0Cr18Ni12Mo2Cu2	<0.08	10.0~14.0	17.0~19.0	1.20~2.75	Cu 1.00~2.50	固溶处理: 1010~1150℃ 快冷	用于耐硫酸材料
铁素体型	1Cr17	<0.12		16.0~18.0			退火: 780~850℃ 空冷或缓冷	重油燃烧器部件, 建筑内装饰用, 家用电器部件
	00Cr12	<0.03		11.0~13.0			退火: 700~820℃ 空冷或缓冷	作汽车排气处理装置, 锅炉燃烧室, 喷嘴
	00Cr30Mo2	<0.01		28.5~32.0	1.50~2.50		退火: 900~1050℃ 快冷	作与乙酸、乳酸等有机酸有关的设备, 制造苛性碱设备
马氏体型	1Cr13	<0.15	<0.60	11.5~13.5			淬火:950~1000℃ 油; 回火:700~750℃ 快冷	汽轮机叶片, 内燃机车、水泵轴, 阀门、阀杆
	3Cr13Mo	0.28~0.35		12.0~14.0	0.50~1.00		淬火:1025~1075℃ 油; 回火:200~300℃ 油、水	热油泵轴, 阀门轴承, 医疗器械弹簧
	7Cr17	0.65~0.75	<0.60	16.0~18.0	<0.75		淬火:1010~1070℃ 油; 回火:100~180℃ 快冷	刀具, 量具, 轴承

注: 摘自 GB1220—84《不锈钢棒》。

几种耐热钢的牌号及其化学成分、热处理、用途举例见表 4—22。

表 4—22 几种耐热钢的牌号、化学成分、热处理和用途举例

组织类别	牌 号	化学成分(%)					热 处 理 方 法	用 途 举 例
		C	Si	Cr	Ni	其它		
马氏体型	1Cr13	≤0.15	≤1.00	11.5~13.5			淬火:950~1000℃ 油; 回火:700~750℃ 快冷	汽轮机叶片, 阀, 螺栓, 800℃ 以下氧化用部件
	4Cr9Si2	0.35~0.50	2.00~3.00	8.00~10.0			淬 火 :1020~ 1040℃ 油; 回火:700~780℃ 空冷	内燃机进气阀, 轻负荷发动机排气阀
	4Cr10Si2Mo	0.35~0.45	1.90~2.60	9.00~10.5		Mo 0.70~0.90	淬 火 :1010~ 1040℃ 油; 回火:720~760℃ 空冷	同上
铁素体型	0Cr13Al	≤0.08	≤1.00	11.5~14.5		Al 10.10~0.30	退火: 780~830℃ 空冷或缓冷	退火箱, 淬火台架, 燃气透平压缩机叶片
	00Cr12	≤0.03	≤1.00	11.0~13.0			退火: 700~820℃ 空冷或缓冷	要求焊接的部件, 锅炉燃烧室, 喷嘴
奥氏体型	4Cr14Ni14W2Mo	0.40~0.50		13.0~15.0	13.0~15.0	Mo 0.25~0.40 W 2.00~2.75	固溶处理: 820~850℃ 快冷	内燃机重负荷排气阀
	3Cr18Mn12Si2N	0.22~0.30	1.40~2.20	17.0~19.0		Mn 10.5~12.5 N 0.22~0.33	固溶处理: 1100~1150℃ 快冷	渗碳炉构件, 加热炉传送带, 料盘

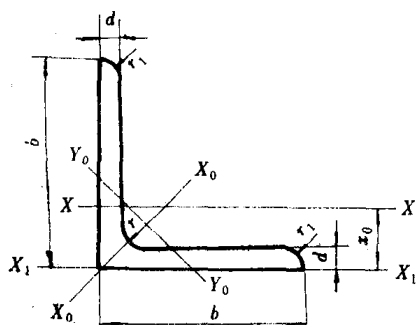
注: 摘自 GB1221—84《耐热钢棒》。

4.2.5 钢型材及钢制品

常用的钢型材及钢制品见表 4—23~4—37。

表 4—23

热轧等边角钢 (摘自 YB166—65)



符号意义:

b——边宽 d——边厚

r——内圆弧半径

r_1 ——边端内弧半径 $r_1 = \frac{1}{3}d$

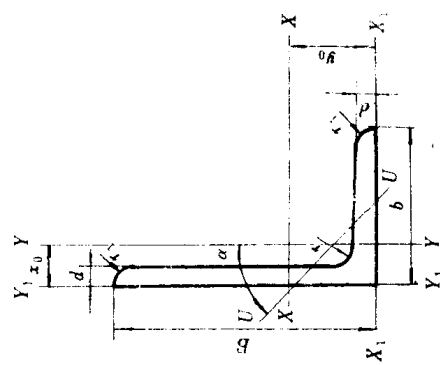
J——惯性矩 i——回转半径

Z——截面系数 x_0 ——重心距离

角钢 号数	尺寸 (mm)			截面 面积 (cm ²)	理论 质量 kg / m	外表 面积 m ² / m	参 考 数 值											x ₀ (cm)
	b	d	r				X-X			X ₀ -X ₀			Y ₀ -Y ₀			X ₁ -X ₁		
							J _x (cm ⁴)	i _x (cm)	Z _x (cm ³)	J _{x0} (cm ⁴)	i _{x0} (cm)	Z _{x0} (cm ³)	J _{y0} (cm ⁴)	i _{y0} (cm)	Z _{y0} (cm ³)	J _{x1} (cm ⁴)		
2	20	3 4	3.5	1.132 1.459	0.889 1.145	0.078 0.077	0.40 0.50	0.59 0.58	0.29 0.36	0.63 0.78	0.75 0.73	0.45 0.55	0.17 0.22	0.39 0.38	0.20 0.24	0.81 1.09	0.60 0.64	
2.5	25	3 4		1.432 1.859	1.124 1.459	0.098 0.097	0.82 1.03	0.76 0.74	0.46 0.59	1.29 1.62	0.95 0.93	0.73 0.92	0.34 0.43	0.49 0.48	0.33 0.40	1.57 2.11	0.73 0.76	
3.0	30	3 4	4.5	1.749 2.276	1.373 1.786	0.117 0.117	1.46 1.84	0.91 0.90	0.68 0.87	2.31 2.92	1.15 1.13	1.09 1.37	0.61 0.77	0.59 0.58	0.51 0.62	2.71 3.63	0.85 0.89	
3.6	36	3 4 5		2.109 2.756 3.382	1.656 2.163 2.654	0.141 0.141 0.141	2.58 3.29 3.95	1.11 1.09 1.08	0.99 1.28 1.56	4.09 5.22 6.24	1.39 1.38 1.36	1.61 2.05 2.45	1.07 1.37 1.65	0.71 0.70 0.70	0.76 0.93 1.09	4.68 6.25 7.84	1.00 1.04 1.07	
4	40	3 4 5	5	2.359 3.086 3.791	1.852 2.422 2.976	0.157 0.157 0.156	3.95 4.60 5.53	1.23 1.22 1.21	1.23 1.60 1.96	5.69 7.29 8.76	1.55 1.54 1.52	2.01 2.58 3.10	1.49 1.91 2.30	0.79 0.79 0.78	90.96 1.19 1.39	6.41 8.56 10.74	1.09 1.13 1.17	
4.5	45	3 4 5 6		2.659 3.486 4.292 5.076	2.088 2.736 3.369 3.985	0.177 0.177 0.176 0.176	5.17 6.65 8.04 9.33	1.40 1.38 1.37 1.36	1.58 2.05 2.51 2.95	8.20 10.56 12.74 14.76	1.76 1.74 1.72 1.70	2.58 3.32 4.00 4.64	2.14 2.75 3.33 3.89	0.90 0.89 0.88 0.88	1.24 1.54 1.81 2.06	9.12 12.18 15.25 18.36	1.22 1.26 1.30 1.33	
5	50	3 4 5 6	5.5	2.971 3.897 4.803 5.688	2.332 3.059 3.770 4.465	0.197 0.197 0.196 0.196	7.18 9.26 11.21 13.05	1.55 1.54 1.53 1.52	1.96 2.56 3.13 3.68	11.37 14.70 17.79 20.68	1.96 1.94 1.92 1.91	3.22 4.16 5.03 5.85	2.98 3.82 4.64 5.42	1.00 0.99 0.98 0.98	1.57 1.96 2.31 2.63	12.50 16.69 20.90 25.14	1.34 1.38 1.42 1.46	

表 4—24

热轧不等边角钢 (摘自 YB167-65)



符号意义:

B——长边宽度

d——边厚

 r_1 ——边缘内弧半径 $r_1 = \frac{1}{3}d$ r_0 ——顶端圆弧半径 i ——回转半径

b——短边宽度

r——内圆弧半径

J——惯性矩

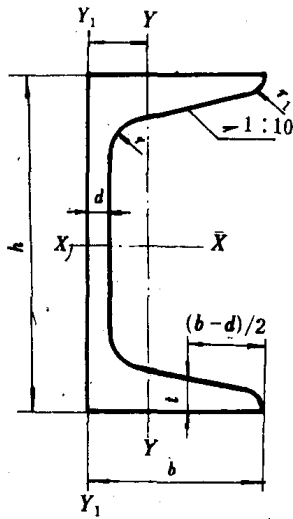
Z——截面系数

 y_0 ——重心距离 x_0 ——重心距离

角钢号数	尺寸, (mm)				截面面积 (cm ²)	理论质量 kg/m ² ·m ² /m	参 考 数 值													
							X-X				Y-Y				X ₁ -X ₁		Y ₁ -Y ₁		U-U	
	B	b	d	r			J _x (cm ⁴)	i _x (cm)	Z _x (cm ³)	J _y (cm ⁴)	i _y (cm)	Z _y (cm ³)	J _{x1} (cm ⁴)	y ₀ (cm)	J _{y1} (cm ⁴)	x ₀ (cm)	J _u (cm ⁴)	i _u (cm)	Z _u (cm ³)	tgα
4 / 2.5	40	25	3	4	3.08	1.28	1.15	0.93	0.70	0.49	6.39	1.32	1.59	0.59	0.56	0.54	0.40	0.386		
			4		3.93	1.26	1.49	1.18	0.69	0.63	8.53	1.37	2.14	0.63	0.71	0.54	0.52	0.381		
5 / 3.2	50	32	3	5.5	6.24	1.60	1.84	2.02	0.91	0.82	12.49	1.60	3.31	0.73	1.20	0.70	0.68	0.404		
			4		8.02	1.59	2.39	2.58	0.90	1.06	16.65	1.65	4.45	0.77	1.53	0.69	0.87	0.402		
6.3 / 4	63	40	4		16.49	2.02	3.87	5.23	1.14	1.70	33.30	2.04	8.63	0.92	3.12	0.88	1.40	0.398		
			5		20.02	2.00	4.74	6.31	1.12	2.71	41.63	2.08	10.86	0.95	3.76	0.87	1.71	0.396		
			6		23.36	1.96	5.59	7.29	1.11	2.43	49.98	2.12	13.12	0.99	4.34	0.86	1.99	0.393		
			7		26.53	1.98	6.40	8.24	1.10	2.78	58.07	2.15	15.47	1.03	4.97	0.86	2.29	0.389		
7 / 4.5	70	45	4		23.17	2.26	4.86	7.55	1.29	2.17	45.92	2.24	12.26	1.02	4.40	0.98	1.77	0.410		
			5		27.95	2.23	5.92	9.13	1.28	2.65	57.10	2.28	15.39	1.06	5.40	0.98	2.19	0.407		
			6		32.54	2.21	6.95	10.62	1.26	3.12	68.35	2.32	18.58	1.09	6.35	0.98	2.59	0.404		
			7		37.22	2.20	8.03	12.01	1.25	3.57	79.99	2.36	21.84	1.13	7.16	0.97	2.94	0.402		

表 4—25

热轧普通槽钢 (GB707—65)



符号意义:

h——高度

b——边厚

d——腰厚

t——平均腿厚

r——内圆弧半径

 r_1 ——腿端圆弧半径

J——惯性矩

Z——截面系数

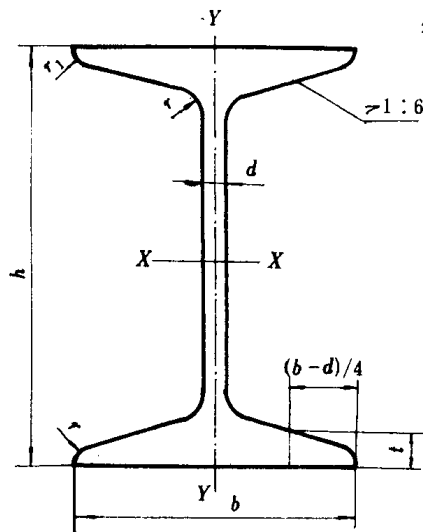
i——回转半径

 y_0 ——Y-Y 与 Y_1-Y_1 轴线间距离

型号	尺 寸						截面 面积 (cm ²)	理论 质量 kg/m	参 考 数 值							
	h	b	d	t	r	r ₁			X-X			Y-Y			Y ₁ -Y ₁	y ₀
									Z _x (cm ³)	J _x (cm ⁴)	i _x (cm)	Z _y (cm ³)	J _y (cm ⁴)	i _y (cm)		
(mm)																
5	50	37	4.5	7	7	3.5	6.93	5.44	10.4	26	1.94	3.55	8.3	1.1	20.9	1.35
6.3	63	40	4.8	7.5	7.5	3.75	8.444	6.63	16.123	50.786	2.453		11.872	1.185	28.38	1.36
8	80	43	5	8	8	4	10.24	8.04	25.3	101.3	3.15	5.79	16.6	1.27	37.4	1.43
10	100	48	5.3	8.5	8.5	4.25	12.74	10	39.7	198.3	3.95	7.8	25.6	1.41	54.9	1.52
12.6	126	53	5.5	9	9	4.5	15.69	12.37	62.137	391.466	4.953	10.242	37.99	1.567	77.09	1.59
a	140	58	6	9.5	9.5	4.75	18.51	14.53	80.5	563.7	5.52	13.01	53.2	1.7	107.1	1.71
b	140	60	8	9.5	9.5	4.75	21.31	16.73	87.1	609.4	5.35	14.12	61.1	1.69	120.6	1.67
16a	160	63	6.5	10	10	5	21.95	17.23	108.3	866.2	6.28	16.3	73.3	1.83	144.1	1.8
16	160	65	8.5	10	10	5	25.15	19.74	116.8	934.5	6.1	17.55	83.4	1.82	160.8	1.75
18a	180	68	7	10.5	10.5	5.25	25.69	20.17	141.4	1272.2	7.04	20.03	98.6	1.96	189.7	1.88
18	180	70	9	10.5	10.5	5.25	29.29	22.99	152.5	1369.9	6.84	21.52	111	1.95	210.1	1.84
20a	200	73	7	11	11	5.5	28.83	22.63	178	1780.4	7.86	24.2	128	2.11	244	2.01
20	200	75	9	11	11	5.5	32.83	25.77	191.4	1913.7	7.64	25.88	143.6	2.09	268.4	1.95

表 4—26

热轧普通工字钢 (GB706—65)



符号意义:

h ——高度
 b ——腿宽
 d ——腰厚
 t ——平均腿厚
 r ——内圆弧半径
 r_1 ——腿端圆弧半径
 J ——惯性矩
 Z ——截面系数
 i ——回转半径
 S_x ——半截面的静力矩

型 号	尺 寸						截面 面积 (cm ²)	理论 质量 (kg / m)	参 考 数 值						
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>r</i> ₁			<i>X—X</i>				<i>Y—Y</i>		
	(mm)								<i>J</i> _{<i>x</i>} (cm ⁴)	<i>Z</i> _{<i>x</i>} (cm ³)	<i>i</i> _{<i>x</i>} (cm)	<i>J</i> _{<i>x</i>} (<i>S</i> _{<i>x</i>})	<i>J</i> _{<i>y</i>} (cm ⁴)	<i>Z</i> _{<i>y</i>} (cm ³)	<i>i</i> _{<i>y</i>} (cm)
10	100	68	4.5	7.6	6.5	3.3	14.3	11.2	245	49	4.14	8.59	33	9.72	1.52
12.6	126	74	5	8.4	7	3.5	18.1	14.2	488.43	77.529	5.195	10.85	46.906	12.677	1.609
14	140	80	5.5	9.1	7.5	3.8	21.5	16.9	712	102	5.76	12	64.4	16.1	1.73
16	160	88	6	9.9	8	4	26.1	20.5	1130	141	6.58	13.8	93.1	21.2	1.89
18	180	94	6.5	10.7	8.5	4.3	30.6	24.1	1660	185	7.36	15.4	122	26	2
20 _a	200	100	7	11.4	9	4.5	35.5	27.9	2370	237	8.15	17.2	158	31.5	2.12
20 _b	200	102	9	11.4	9	4.5	39.5	31.1	2500	250	7.96	16.9	169	33.1	2.06
22 _a	220	110	7.5	12.3	9.5	4.8	42	33	3400	309	8.99	18.9	225	40.9	2.31
22 _b	220	112	9.5	12.3	9.5	4.8	46.4	36.4	3570	325	8.78	18.7	239	42.7	2.27
25 _a	250	116	8	13	10	5	48.5	38.1	5023.54	401.88	10.18	21.58	280.046	48.283	2.403
25 _b	250	118	10	13	10	5	53.5	42	5283.96	422.72	9.938	21.27	309.297	52.423	2.404
28 _a	280	122	8.5	13.7	10.5	5.3	55.45	43.4	7114.14	508.15	11.32	24.62	345.051	56.565	2.495
28 _b	280	124	10.5	13.7	10.5	5.3	61.05	47.9	7480	534.29	11.08	24.24	379.496	61.209	2.493

表 4-27

轧制薄钢板 (GB708—65)

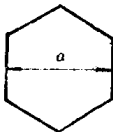
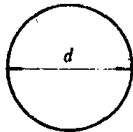
(mm)

壁 厚	0.5	0.8	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4						
壁厚公差 普通精度	± 0.08	± 0.1	± 0.12	± 0.15	± 0.18	± 0.2	± 0.22	± 0.25	± 0.3						
宽 度	500~1000					500~1500									
宽度系列	500	600	710	750	800	850	900	950	1000	1100	1250	1400	1500		
长 度	1000~2000					1000~4000									
长度系列	1000	1200	1420	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2200	2500	2800	3000	3500	4000

表 4-28

圆钢、方钢及六角钢

(mm)

类 别	尺寸系列																
																	
热 轧 圆钢方钢(GB702-72) 六角钢 (GB705-65)	10	12	14	15	16	18	20	22	24	25	26	28	30	32	34	35	
	36	38	40	42	45	48	50	52	55	56	58	60	65	70	75	80	
	85	90	100	105	110	115	120	125	130~250	十进位							
冷 拉 圆钢 (GB905-82) 方钢 (GB906-82) 六角钢 (GB907-82)	7.0	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	13	14	15	16	17	
	18	19	20	21	22	24	25	26	28	30	32	34	35	36	38	40	
	42	45	48	50	53	55	56	60	63	65	67	70	75	80			

注: 1. 冷拉料允许尺寸偏差为 h8、h9、h10、h11、h12; 2. 热轧钢标记举例: 用 45 号钢轧成直径 25mm 圆钢

[圆钢 $\frac{25-GB702-65}{45-GB699-65}$]; 3. 冷拉钢标记举例: 冷拉六角钢 $\frac{\text{精度}-d(a)-\text{圆钢品种标准}}{\text{钢号}-\text{技术条件标准}}$

[冷拉六角钢 $\frac{11-25-GB907-82}{40C, GB3078-82}$]; 4. 热轧六角钢 $a_{\max}=70\text{mm}$, 冷拉六角钢没有 7.5、8.5、9.5、10.5、

11.5、35、56、63、67、80 尺寸。

表 4—29

无 缝 钢 管 (YB231—70)

(mm)

外径	壁 厚	外径	壁 厚		外径	壁 厚		外径	壁 厚	
			冷轧	热轧		冷轧	热轧		冷轧	热轧
4	0.25~1.2	22	0.4~6		54	1~12	3~11	83	1.2~12	3.5~24
6	0.25~2.0	25	0.4~6		57	1~12	3~13	89	1.2~12	3.5~24
8	0.25~2.5	30	0.4~8		60	1~12	3~14	95	1.2~12	3.5~24
10	0.25~3.5	32	0.4~8	2.5~8	65	1~12		100	1.2~12	
12	0.25~4	38	0.4~9	2.5~8	68	1~12	3~16	102	1.2~12	3.5~28
14	0.25~4	42	1~9	2.5~10	70	1~12	3~16	110	1.2~12	
18	0.25~5	45	1~10	2.5~10	75	1~12		133	2.5~12	4~32
20	0.25~6	50	1~12	2.5~10	76		3~19	140	3~12	4.5~36
								150	3~12	
壁厚	0.25 0.3	0.4	0.5 0.6	0.8 1.0	1.2 1.4	1.5 1.6	1.8	2.0	2.2 2.5	2.8 3.0
尺寸	3.2 3.5	4.0	4.5 5.0	5.5 6.0	6.5 7.0	7.5 8.0	8.5	9	9.5 10	11 12
系列	13 14	15	16 17	18 19	20 22	25 28	32	36	40 50	

注: 1. 管长 4~12.5m; 2. 常用材料 10、20 或 45。

表 4—30

不锈冷拔无缝钢管 (GB2270—80)

(mm)

外径	壁 厚	外径	壁 厚	外径	壁 厚	外径	壁 厚
6	0.5~2.0	20	0.5~4.5	40	0.5~7.0	70	1.6~10
7	0.5~2.0	21	0.5~5.0	42	0.5~7.5	73	2.5~10
8	0.5~2.0	22	0.5~5.0	45	0.5~8.5	75	2.5~10
9	0.5~2.5	23	0.5~5.0	48	0.5~8.5	76	2.5~10
10	0.5~2.5	24	0.5~5.5	50	0.5~9.0	80	2.5~15
11	0.5~2.5	25	0.5~6.0	51	0.5~9.0	83	2.5~15
12	0.5~3.0	27	0.5~6.0	53	0.5~9.5	85	2.5~15
13	0.5~3.0	28	0.5~6.5	54	0.5~10	89	2.5~15
14	0.5~3.5	30	0.5~7.0	56	0.5~10	90	3.0~15
15	0.5~3.5	32	0.5~7.0	57	0.5~10	95	3.0~15
16	0.5~4.0	34	0.5~7.0	60	0.5~10	100	3.0~15
17	0.5~4.0	35	0.5~7.0	63	1.5~10	102	3.5~15
18	0.5~4.5	36	0.5~7.0	65	1.5~10	108	3.5~15
19	0.5~4.5	38	0.5~7.0	68	1.5~10	114	3.5~15
壁厚	0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.5, 1.6, 2.0, 2.5, 2.8, 3.0, 3.2, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0,						
系列	7.5, 8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10, 11, 12, 13, 14, 15						

表 4—31

低压流体输送用镀锌焊接钢管 (GB3091—82)

公称通径 (mm) (in)		外径 (mm)	钢 管				管 螺 纹				每米钢管分配的管 接头质量 (以每 6m 一个管接头计算) (kg)
			普通管		加厚管		基面处 外 径 (mm)	每 in 牙 数	螺纹长度(mm)		
			壁 厚 (mm)	不计管接头的 理论质量 (kg / m)	壁 厚 (mm)	不计管接头的 理论质量 (kg / m)			圆锥形 管螺纹	圆柱形 管螺纹	
6	1 / 8	10	2.00	0.39	2.50	0.46					
8	1 / 4	13.5	2.25	0.62	2.75	0.73					
10	3 / 8	17	2.25	0.82	2.75	0.97					
15	1 / 2	21.35	2.75	1.26	3.25	1.44	20.956	14	12	14	0.01
20	3 / 4	26.8	2.75	1.63	3.50	2.01	26.442	14	14	16	0.02
25	1	33.5	3.25	2.42	4.00	2.91	33.250	11	15	18	0.03
32	1 ¹ / 4	42.3	3.25	3.13	4.00	3.78	41.912	11	17	20	0.04
40	1 ¹ / 2	48	3.50	3.84	4.25	4.58	47.805	11	19	22	0.06
50	2	60	3.50	4.88	4.50	6.16	59.616	11	22	24	0.08
70	2 ¹ / 2	75.5	3.75	6.64	4.50	7.88	75.187	11	23	27	0.13
80	3	88.5	4.00	8.34	4.75	9.81	87.887	11	32	30	0.20

表 4—32

花纹钢板 (YB184—32)

(mm)

基本厚度	纹 高		允 许 偏 差				理论质量(kg/m ²)	
	菱 形	扁豆形	基本厚度		纹 高		菱 形	扁豆形
			菱 形	扁豆形	菱 形	扁豆形		
2.5	1.0	2.5	± 0.3	± 0.3	+0.5 -0.2	+0.8 -0.3	21.6	22.6
3	1.0	2.5	± 0.3	± 0.3	+0.5 -0.2	+0.8 -0.3	25.6	26.6
3.5	1.0	2.5	± 0.3	± 0.3	+0.5 -0.2	+0.8 -0.3	29.5	30.5
4	1.0	2.5	± 0.4	± 0.4	+0.5 -0.2	+0.8 -0.3	33.4	34.4
4.5	1.0	2.5	± 0.4	± 0.4	+0.5 -0.2	+0.8 -0.3	37.3	38.3
5	1.5	2.5	+0.4 -0.5	+0.4 -0.5	+0.5 -0.4	+0.8 -0.3	42.3	42.3
5.5	1.5	2.5	+0.4 -0.5	+0.4 -0.5	+0.5 -0.4	+0.8 -0.3	46.2	46.2
6	1.5	2.5	+0.5 -0.6	+0.5 -0.6	+0.5 -0.4	+0.8 -0.3	50.1	50.1
7	2.0	2.5	+0.5 -0.7	+0.6 -0.7	+0.5 -0.5	+0.8 -0.3	59.0	58.0
8	2.0	2.5	+0.6 -0.8	+0.6 -0.8	+0.5 -0.5	+0.8 -0.3	66.8	65.8

表 4—33

钢 板 网

(mm)

种 类	厚 度	网面宽度	网面长度	孔眼宽度	节 距
大 网	1	1500~2000	3000~4000	9	25
		1800~2500	3600~5000	11	40
	1.2	1800~2000	3600~4000	9	25
		1800~2500	3600~5000	11	40
	1.5	1800~2500	3600~5000	11	40
		1800~2000	3600~4000	17	65
	2	1800~2500	3600~5000	17	65
		1800~2500	3600~5000	22	75
		2000	4000	27	100
	3	2000~2500	4000~5000	36	115
		2000~2500	4000~5000	45	150
小 网	0.5	1500~2000	600	9	25
	0.6	1800~2000	600	9	25
	0.7	1800~2000	600	9	25
	0.8	1500~1800	600	9	25

表 4—34

镀 锌 低 碳 钢 丝 网

每 25.4mm 孔数	钢丝直径(mm)	每 25.4mm 孔数	钢丝直径(mm)	每 25.4mm 孔数	钢丝直径(mm)
3	0.914	8	0.559	20	0.274
4	0.711	9	0.457	22	0.234
4.5	0.600	10	0.457	24	0.234
5	0.600	12	0.378	26	0.193
5.5	0.600	14	0.315	28	0.193
6	0.600	16	0.315	30	0.193
7	0.600	18	0.274	32	0.193

表 4—35

黑 低 碳 钢 丝 网

每 25.4mm 孔数	钢丝直径(mm)	每 25.4mm 孔数	钢丝直径(mm)	每 25.4mm 孔数	钢丝直径(mm)
28	0.35	36	0.27	46	0.22
30	0.31	38	0.26	48	0.21
32	0.29	40	0.25	50	0.20
34	0.28	42	0.24		
35	0.27	44	0.23		

表 4-36

不 锈 钢 丝 网

每 25.4mm 孔数	5	12	14	16	18	20	22	24	28	30	36	40	50	60	80	100
丝径(mm)	1.00	0.51	0.46	0.38	0.31	0.31	0.27	0.27	0.23	0.23	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08

表 4-37

钢型材理论质量计算公式

序 号	钢材类别	计 算 公 式	代 号 说 明
1	圆 钢	$F = 0.7854d^2 \text{ (mm}^2\text{)}$ $W = 0.0061654d^2 \text{ (kg/m)}$	F—断面积 (mm ²); d—直径 (mm) W—理论单位长度质量 (kg/m)
2	方 钢	$F = a^2 \text{ (mm}^2\text{)}$ $W = 0.00785a^2 \text{ (kg/m)}$	a—边宽, (mm)
3	六角钢	$F = 0.866a^2 = 2.598S^2 \text{ (mm}^2\text{)}$ $W = 0.0203942b^2 = 0.006793a^2 \text{ (kg/m)}$	a—对边距离 (mm) b—边宽 (mm)
4	八角钢	$F = 0.8284a^2 = 4.8284S^2 \text{ (mm}^2\text{)}$ $W = 0.0379S^2 = 0.006503a^2 \text{ (kg/m)}$	
5	钢板、扁 钢、带钢	$F = a \times \delta \text{ (mm}^2\text{)}$ $W = 0.00785a\delta \text{ (kg/m)}$	a—边宽 (mm) δ —厚 (mm)
6	等边角钢	$F = d(2b-d) + 0.2146(r^2 - 2r_1^2) \text{ (mm}^2\text{)}$ $W = 0.00785[d(2b-d) + 0.2146(r^2 - 2r_1^2)]$ $\approx 0.00795d(2b-d) \text{ (kg/m)}$	d—边厚 (mm); b—边宽 (mm); r—内弧半径 (mm); r ₁ —端弧半径 (mm)
7	不等边角钢	$F = d(B+b-d) + 0.2146(r^2 - 2r_1^2) \text{ (mm}^2\text{)}$ $W = 0.00785[d(B+b-d) + 0.2146(r^2 - 2r_1^2)]$ $\approx 0.00795d(B+b-d) \text{ (kg/m)}$	d—边厚 (mm); B—长边宽 (mm); b—短边宽 (mm); r—内弧半径 (mm); r ₁ —端弧半径 (mm)
8	工字钢	$F = hd + 2t(b-d) + 0.8584(r^2 - r_1^2) \text{ (mm}^2\text{)}$ $W = 0.00785[hd + 2t(b-d) + 0.8584$ $(r^2 - r_1^2)] \text{ (kg/m)}$	h—高度 (mm); b—腿宽 (mm); d—腰厚 (mm); t—平均腿厚 (mm); r—内弧半径 (mm); r ₁ —端弧半径 (mm)
9	槽 钢	$F = hd + 2t(b-d) + 0.4292(r^2 - r_1^2) \text{ (mm}^2\text{)}$ $W = 0.00785[hd + 2t(b-d) + 0.4292$ $(r^2 - r_1^2)] \text{ (kg/m)}$	r—内弧半径 (mm); r ₁ —端弧半径 (mm)
10	钢 管	$F = 3.1416(D-t)t \text{ (mm}^2\text{)}$ $W = 0.02466(D-t)t \text{ (kg/m)}$	D—外径 (mm); t—壁厚 (mm)

注: 1. W (质量, kg) = F (断面积, mm²) $\times L$ (长度, m) $\times g$ (密度, g/cm³) $\times 1/1000$; 2. 钢材密度一般按 7.85 计算; 3. 有色材料, 如铜材、铝材等亦可按上表计算, 计算时的密度可查找有关部分资料。

4.2.6 铸铁

根据碳在铸铁中存在的形式不同,分为白口铸铁、灰口铸铁等。根据灰口铸铁中石墨存在的形态不同又可分为普通灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁等,各种铸铁牌号表示法见表4—38。各种铸铁的牌号、特性及用途见表4—39~4—44。

表 4—38 铸铁牌号表示方法

铸铁名称	代号	牌号表示方法示例	铸铁名称	代号	牌号表示方法示例
灰口铸铁	HT	HT100	抗磨白口铸铁 抗磨球墨铸铁	KmTB K m T Q	KmTBMn5Mo2Cu KmTQMn6
蠕墨铸铁	RuT	RuT400	冷硬铸铁	LT	LTCrMoR
球墨铸铁	QT	QT400-17	耐蚀铸铁	ST STQ	STSi15R STQA15Si5
黑心可锻铸铁 白心可锻铸铁 珠光体可锻铸铁	KTH KTb KTZ	KTH300-06 KTb350-04 KTZ450-06	耐热铸铁 耐热球墨铸铁	RT RTQ	RTCr2 RTQA16
耐磨铸铁	MT	MTcu1PTi-150	奥氏体铸铁	AT	

摘自 GB5612—85

表 4—39 灰铸铁件牌号及单铸试棒的抗拉强度

铸铁牌号	最小抗拉强度 σ_b N/mm ² (kgf/mm ²)
HT100	100 (10.2)
HT150	150 (15.3)
HT200	200 (20.4)
HT250	250 (25.5)
HT300	300 (30.6)
HT350	350 (35.7)

表 4—40

灰铸件的特点及用途

铸铁牌号	特 性 和 用 途
HT100	铸造性能好、工艺简便、铸造应力小，不用人工时效处理，减振性优良，适用于负荷小，对摩擦、磨损无特殊要求的零件。例如：盖、外罩、油盘、手轮、支架、底板、重锤等
HT150	性能特点和 HT100 基本相同，但有一定的机械强度，适用于承受中等应力 ($\sigma_b < 981\text{N/cm}^2$)、摩擦面间单位压力 $< 49\text{N/cm}^2$ 下受磨损的零件以及在弱腐蚀介质中工作的零件。例如：普通机床上的支柱、底座、齿轮箱、刀架、床身、轴承座、工作台；圆周速度 $6\sim 12\text{m/s}$ 的皮带轮；工作压力不大的管件和壁厚 $< 30\text{mm}$ 的耐磨轴套；以及在纯碱或染料介质中工作的化工容器、泵壳、法兰等
HT200 HT250	强度较高、耐磨、耐热性较好、减振性也良好；铸造性能较好，但需进行人工时效处理，适用于承受较大应力 ($\sigma_{bb} < 2942\text{N/cm}^2$)、摩擦面间单位压力 $> 49\text{N/cm}^2$ (大于 10t 的大型铸件 $> 147\text{N/cm}^2$) 和要求一定的气密性或耐蚀性的零件。例如：一般机械制造中较为重要的铸件 (如汽缸、齿轮、机座、机床床身及立柱)；汽车、拖拉机的汽缸体、汽缸盖、活塞、刹车轮、联轴器盘等；具有测量平面的检验工件 (如划线平板、V 形铁、平尺、水平仪框架等)；承受压力 (785N/cm^2) 的油缸、泵体、阀体；圆周速度 $12\sim 20\text{mm/s}$ 的皮带轮；要求有一定耐蚀能力和较高强度的化工容器、泵壳、塔器等
HT300 HT350	这是属于高强度、高耐磨性一级的灰铸铁，其强度和耐磨性均优于以上牌号的铸铁，但白口倾向大、铸造性能差，铸后需进行人工时效处理。适用于承受高应力 ($\sigma_{bb} < 4900\text{N/cm}^2$) 摩擦面间单位压力 $> 196\text{N/cm}^2$，要求保持高度气密性的零件。例如：机械制造中某些重要的铸件，如剪床、压力机、自动车床和其它重型机床的床身、机座、机架及受力较大的齿轮、凸轮、衬套、大型发动机的曲轴、汽缸体、缸套、汽缸盖等；高压的油缸、水缸、泵体、阀体；锻锻和热锻锻模、冷冲模；圆周速度 $> 20\sim 25\text{m/s}$ 的皮带轮等。

表 4—41

可锻铸铁的特性和用途

铸铁牌号	特 性 和 用 途
KTH300—06	有一定的韧性和强度、气密性好；适用于承受低动载荷及静载荷，要求气密性好的工作零件，如管道配件，中低压阀门等
KTH330—08	有一定的韧性和强度，用于承受中等动载荷和静载荷的工作零件。如：农机上的犁刀、犁柱、车轮壳、机床用的扳手以及钢丝绳轧头等
KTH350—10 KTH370—12	有较高的韧性和强度，用于承受较高的冲击、振动及扭转负荷下的工作零件。如：汽车拖拉机上的前后轮壳，差速器壳，转向节壳，制动器等；农机上的犁刀、犁柱以及铁道零件，冷暖器接头，船用电机壳等
HTZ450—06 KTZ550—04 KTZ650—02 KTZ700—02	韧性低但强度大、硬度高、耐磨性好、且切削加工性良好；可用来代替低碳、中碳、低合金钢及有色合金制作承受较高载荷、耐磨损并要求有一定韧性的重要工作零件。如：曲轴、凸轮轴、连杆、齿轮、摇臂、活塞环、轴承、犁刀、耙片、闸、万向接头，棘轮、板手、传动链条、矿车轮等
KTB350—04 KTB380—12 KTB400—05 KTB450—07	白心可锻铸铁的特点是：（1）薄壁铸件仍有较好的韧性；（2）有非常优良的焊接性，可与钢钎焊；（3）可切削性好；但工艺复杂，生产周期长，强度及耐磨性较差，在机械工业中很少应用，适用于制作厚度在 15mm 以下的薄壁铸件，和焊接后不需进行热处理的零件

表 4—42

球墨铸铁件的特性和用途

铸铁牌号	主要特性	用 途 举 例
QT400—18 QT400—15	焊接性及切削加工性能好，韧性高，脆性转变温度低	① 农机具：犁铧、犁柱、收割机及割草机上的导架、差速器壳、护刃器 ② 汽车、拖拉机的轮毂、驱动桥壳体、离合器壳、差速器壳、拨叉等 ③ 通用机：16~64atm 阀门的阀体、阀盖、压缩机上高低汽缸等 ④ 其它：铁路垫板、电机机壳、齿轮箱、飞轮壳等
QT450—10	同上，但塑性略低而强度与小能量冲击力较高	
QT500—7	中等强度与塑性，切削加工性尚好	内燃机的机油泵齿轮，汽轮机中温汽缸隔板、铁路机车车辆轴瓦，机器座架、传动轴、飞轮、电动机架等
QT600—3	中高强度，低塑性耐磨较好	① 内燃机 5~4000HP 柴油机和汽油机的曲轴，部分轻型柴油机和汽油机的凸轮轴、气缸套、连杆、进排气门座等 ② 农机具脚踏脱料机齿条、轻负荷齿轮、畜力犁铧 ③ 部分磨床、铣床、车床的主轴 ④ 空氧机、气压机、冷冻机、制氧机、泵的曲轴、缸体、缸套 ⑤ 球磨机齿轴、矿车轮、桥式起重机大小滚轮、小型水轮机主轴等
QT700—2 QT800—2	有较高的强度和耐磨性，塑性及韧性较低。	
QT900—2	有高的强度和耐磨性，较高的弯曲疲劳强度、接触疲劳强度和一定的韧性	① 农机上的犁铧、耙片 ② 汽车上的螺旋伞齿轮、转向节、传动轴 ③ 拖拉机上的减速齿轮 ④ 内燃曲轴、凸轮轴

表 4—43

蠕墨铸铁牌号及机械性能

牌 号	抗拉强度 σ_b N / mm ² (kgf / mm ²)	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ N / mm ² (kgf / mm ²)	延伸率 δ (%)	蠕化率 VG (%)	硬 度 HBS	主 要 基 体 组 织
	不 小 于					
RuT420	420 (42.8)	335 (34.2)	0.75	50	200~280	珠 光 体
RuT380	380 (38.7)	300 (30.6)	0.75		193~274	珠 光 体
RuT340	340 (34.7)	270 (27.5)	1.0		170~249	珠 光 体+铁 素 体
RuT340	300 (30.6)	240 (24.5)	1.5		140~217	铁 素 体+珠 光 体
RuT260	260 (26.5)	195 (19.9)	3		121~197	铁 素 体

注：蠕墨铸铁件的力学性能可经过热处理达到。

表 4—44

蠕墨铸铁性能特点及用途

牌 号	性 能 特 点	应 用 举 例
RuT400 RuT380	强度、硬度高、具有高的耐磨性和较高的导热率，铸件材质中需加入合金元素或经正火处理，适用于制造要求强度或耐磨性高的零件	活塞环、制动盘、钢珠研磨盘、吸淤泵体等
RuT340	强度和硬度较高，具有较高的耐磨性和导热率，适用于制造要求较高强度、刚度及耐磨的零件	重型机床件、大型齿轮箱体、盖、座、飞轮、起重机卷筒等
RuT300	强度和硬度适中，有一定塑性、导热率较高，致密性好，用于制造要求较高强度及承受热疲劳零件	排气管、变速箱体、汽缸盖、液压件、烧结机蓖条等
RuT260	强度一般，硬度较低，塑性性和导热率较高，一般需退火热处理，用于承受冲击负荷及热疲劳零件	增压器废气进气壳体、汽车底盘零件等

铸铁中还可加入一定量的合金元素形成特殊性能铸铁，以提高铸铁的适应性，扩大使用范围，如含硅、铬、铝元素的耐热铸铁，在湿摩擦条件下的多元高磷耐磨铸铁，干摩擦条件下的含铬、锰、钨的抗磨铸铁，高硅耐蚀铸铁等。

耐热铸铁的化学成分、机械性能、使用条件及用途见表 4—45。多元耐磨铸铁的化学成分及用途见表 4—46。抗磨铸铁的化学成分及用途见表 4—47。高硅耐蚀铸铁的化学成分及用途见表 4—48。

表 4—45

几种耐热铸铁的成分、性能、耐热温度及用途

牌 号	化 学 成 分 (%)							机械性能		耐热 温度* (℃)	用途举例
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	最小抗拉 强度 σ_b (MPa)	硬度 (HBS)		
			不大于								
RT Cr16	1.60 ~ 2.40	1.50 ~ 2.20	1.00	0.10	0.05	15.00 ~ 18.00	—	340	400~ 450	900	退火罐, 煤粉 烧嘴, 炉棚, 水 泥焙烧炉零件, 化工机械零件
RT Si5	2.40 ~ 3.20	4.50 ~ 5.50	0.80	0.20	0.12	0.50 ~ 1.00	—	140	160~ 270	700	炉条, 煤粉烧 嘴, 锅炉用梳形 定位板, 换热器 针状管, 二硫化 碳反应瓶
RQT Si5	2.40 ~ 3.20	>4.50 ~ 5.50	0.70	0.10	0.03	—	—	370	228~ 302	800	煤粉烧嘴, 炉 条, 辐射管, 烟 道闸门, 加热炉 中间管架
RQT AL22	1.60 ~ 2.20	1.00 ~ 2.20	0.70	0.10	0.03	—	20.00 ~ 24.00	300	241~ 364	1100	锅炉用侧密封 块, 链式加热炉 炉爪, 黄铁矿焙 烧炉零件

注: 1. 摘自 GB9437—88《耐热铸铁件》。

2. “*”指在空气炉气中的耐热温度。

表 4—46

多元耐磨铸铁的化学成分及用途

铸铁名称	化 学 成 分 (%)						用 途
	C	Si	Mn	P	S	合金元素	
磷铜钨铸铁	2.9~3.2	1.2~1.7	0.5~0.9	0.35~0.6	<0.12	Cu 0.6~1.0 Ti 0.09~0.15	普通机床 精密机床
磷钒钨铸铁	<3.2	0.7~0.9	0.7~0.9	0.2~0.3	<0.1	Ti<0.1 V 0.2~0.3	汽缸套
磷铬钼铜铸铁	3.0~3.3	1.9~2.3	0.8~1.2	0.4~0.6	<0.06	Mo 0.35~0.45 Cr 0.3~0.45 Cu 0.5~0.9	活塞环

表 4—47

抗磨铸铁的化学成分及用途

类别	牌 号	化 学 成 分 (%)						杂质 (%)		HRC	用途举例
		C	Si	Mn	Cr	Mo	其它	S	P		
锰钨 铸铁	KmTBMn5W3	3.0 ~ 3.5	0.8 ~ 1.3	4.0 ~ 6.0			W 2.5 ~ 3.5	<0.10	<0.15	50~ 60	冲击较 小的抗磨 件
镍铬 铸铁	KmTBNi4Cr2	3.2 ~ 3.6	0.3 ~ 0.8	0.3 ~ 0.8	2.0 ~ 3.0	<1.0	Ni 3.0 ~ 5.0	<0.10	<0.15	55~ 60	中等冲 击载荷抗 磨件
中锰 球铁	KmQTMn6	3.3 ~ 3.8	3.3 ~ 4.0	5.0 ~ 7.0			Xt0.05 Mg0.05	<0.02	0.15	48~ 56	球磨机 衬板、磨 球、锤头
高铬 铸铁	KmTBCr15Mo3	2.5 ~ 3.0	0.4 ~ 0.6	0.7 ~ 1.2	14.0~ 16.0	2.5 ~ 3.5		<0.06	<0.15	62~ 67	球磨机 衬板、磨 球、两相 流泵壳、 叶轮、磨 辊
	KmTBCr15Mn2W	2.5 ~ 3.5	0.4 ~ 0.6	1.5 ~ 2.5	14.0~ 18.0			<0.06	<0.15	62~ 67	
	KmTBCr25	2.3 ~ 3.0	<1.0	0.5 ~ 1.0	23.0~ 28.0	<1.0	Ni<1.5 Cu<2. 0	<0.06	<0.10	55~ 60	抗蚀、 抗高温、 抗冲击磨 损的零件

表 4—48

高硅耐蚀铸铁的化学成分及用途 (GB8461—87)

牌 号	化 学 成 分 (%)								用途举例
	C	Si	Mn	Cr	其它	Xt	P	S	
STSi11Cu2CrR	<1.20	10.00~12.00	<0.50	0.60~0.80	Cu 1.80~2.20	<0.10	<0.10	<0.10	潜水泵、 阀门、塔 罐、离心 机等化工 零件
STSi15R	<1.00	14.25~15.75	<0.50	—		<0.10	<0.10	<0.10	离心泵、 阀类、低 压容器、 管道配 件、塔罐 等
STSi15Mo3R	<0.90	14.25~15.75	<0.50	—	Mo 3.00~4.00	<0.10	<0.10	<0.10	
STSi15Cr4R	<1.40	14.25~15.75	<0.50	4.00~5.00		<0.10	<0.10	<0.10	在外加电 流阴极保 护系统作 辅助阳极 铸件
STSi17R	<0.80	16.00~18.00	<0.50	—		<0.10	<0.10	<0.10	同 STSi15R

注：牌号中符号 R 表示含有稀土元素 (Xt)。

4.3 有色金属材料

4.3.1 铝及铝合金

表 4—49

铝及铝合金加工产品化学成分 (GB3190—82)

组别	代 号	化 学 成 分 (%)								
		Cu	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	Ni	Cr	Ti
纯 铝	LG5	0.005	—	—	0.003	0.0025	—	—	—	—
	LG4	0.005	—	—	0.015	0.015	—	—	—	—
	LG3	0.01	—	—	0.04	0.04	—	—	—	—
	LG2	0.01	—	—	0.06	0.06	—	—	—	—
	LG1	0.01	—	—	0.10	0.08	—	—	—	—
	L1	0.01	—	—	0.16	0.16	—	—	—	—
	L2	0.01	—	—	0.25	0.20	—	—	—	—
	L3	0.015	—	—	0.30	0.30	—	—	—	—
	L4	0.05	—	—	0.35	0.40	—	—	—	—
	L4—1	0.05	0.10	0.10	0.15~0.30	0.10~0.20	0.02	0.01	—	0.02
	L5	0.05	—	—	0.50	0.50	—	—	—	—
	L5—1	0.05~0.20	—	0.05	—	—	0.10	—	—	—
	L6	0.10	0.10	0.10	0.50	0.55	0.10	—	—	—
包覆铝	LB1	0.015	—	—	0.30	0.30	0.90~1.3	—	—	—
	LB2	0.015	0.05	0.05	0.30	0.30	Zn+Cu 0.05	—	—	—

表 4—50

常用变形铝合金的代号、化学成分、机械性能及其用途举例

类别	合金 代号	化 学 成 分 (%)					热 处 理 状 态	机 械 性 能			用 途 举 例
		Cu	Mg	Mn	Zn	其 它		σ_b (MPa)	δ_{10} (%)	HBS	
防 锈 铝 合 金	LF5	0.10	4.8~5.5	0.3~0.6	0.20	Al 余量	M	280	20	70	焊接油箱、油管、 焊条、铆钉以及中负 荷零件及制品
	LF11	0.10	4.8~5.5	0.3~0.6	0.20	Ti 或 V 0.02~ 0.15 Al 余量	M	280	20	70	
	LF21	0.20	0.05	1.0~1.6	0.10	Ti 0.15 Al 余量	M	130	20	30	焊接油箱、油管、 焊条、铆钉以及轻负 荷零件及制品
硬 铝 合 金	LY1	2.2~3.0	0.2~0.5	0.20	0.10	Ti 0.15 Al 余量	CZ	300	24	70	工作温度不超过 100℃ 的结构用中等 强度铆钉
	LY11	3.8~4.8	0.4~0.8	0.4~0.8	0.30	Ni 0.10 Ti 0.15 Al 余量	CZ	420	15	100	中等强度结构零 件, 如整流罩、螺旋 桨叶片、局部微粗零 件等
超硬铝 合 金	LC4	1.4~2.0	1.8~2.8	0.2~0.6	5.0~7.0	Cr 0.1~0.25 Al 余量	CS	600	12	150	结构中主要受力 件, 如飞机、大梁、 桁架、翼肋、蒙皮、 起落架等
锻 铝 合 金	LD5	1.8~2.6	0.4~0.8	0.4~0.8	0.30	Ni 0.10 Ti 0.15 Al 余量	CS	420	13	105	形状复杂、中等强 度的锻件, 如压气机 轮、风扇叶轮等
	LD6	1.8~2.6	0.4~0.8	0.4~0.8	0.30	Ni 0.10 Cr 0.01~0.2 Ti 0.02~0.1 Al 余量	CS	390	10	100	
	LD7	1.8~2.5	1.4~1.8	0.20	0.30	Ni 0.9~0.15 Ti 0.02~0.1 Al 余量	CS	440	12	120	内燃机活塞和在高温下工作的复杂锻件、板材等

注: 1. 化学成分摘自 GB3190—82《铝及铝合金加工产品的化学成分》。

2. 代号: M—退火, CZ—淬火+自然时效, CS—淬火+人工时效。

表 4—51

常用铸造铝合金的代号、化学成分、机械性能及用途举例

合金 代号	化学成分 (%)					铸造方法 及热处理 状 态	机 械 性 能			用 途 举 例
	Si	Cu	Mg	Mn	其 它		σ_b (MPa)	δ_5 (%)	HBS	
ZL101	6.5~ 7.5		0.25~ 0.45		Al 余量	J,T5 S,T5 SB,T6	202 192 222	2 2 1	60 60 70	形状复杂的中等负 荷零件
ZL102	10.0~ 13.0				Al 余量	J,T2 JB, T2 SB,	143 133	3 4	50 50	形状复杂和工作温 度在 200℃ 以下的高 气密性低负荷零件
ZL104	8.0~ 10.5		0.17~ 0.3	0.2~ 0.5	Al 余量	J,T6 SB,T6	231 222	2 2	70 70	形状复杂在 200℃ 以下工作的, 如气缸 体等零件
ZL105	4.5~ 5.5	1.0~ 1.5	0.40~ 0.6		Al 余量	S,T5 J,T5	212 231	1 0.5	70 70	形状复杂在 225℃ 以下工作的, 如风冷 发动机的气缸头、油 泵壳体等零件
ZL108	11.0~ 13.0	1.0~ 2.0	0.4~ 1.0	0.3~ 0.9	Al 余量	J,T1 J,T6	192 251	— —	85 90	内燃机活塞
ZL109	11.0~ 13.0	0.5~ 1.5	0.8~ 1.3		Ni 0.8~1.5 Al 余量	J,T1 J,T6	192 241	0.5 —	90 100	在较高温度下工作 的零件, 如活塞等
ZL201		4.5~ 5.3		0.6~ 1.0	Ti 0.15~0.35 Al 余量	S,T4 S,T5	290 330	8 4	70 90	在 175~300℃ 以 下工作的, 如内燃机 汽缸头等零件
ZL203		4.0~ 5.0			Al 余量	S,T5	212	3	70	形状简单的中等负 荷零件
ZL301			9.5~ 11.0		Al 余量	S,T4	280	9	60	能承受大振动负荷 的零件
ZL303	0.8~ 1.3		4.5~5.5	0.1~ 0.4	Al 余量	S J	143	1	55	耐腐蚀的中等负荷 零件
ZL401	6.0~ 8.0		0.1~ 0.3		Zn 9.0~13.0 Al 余量	S,T1	192	2	80	形状复杂的在 200℃ 以下工作的零 件

注: 1. 摘自 GB1173—86《铸造铝合金技术条件》。

2. 铸造方法代号说明: S—砂型铸造, J—金属型铸造, B—变质处理。

3. 热处理代号: T1—人工时效, T2—退火, T4—淬火加自然时效, T5—淬火加不完全人工时效, T6—淬火加完全人工时效。

4.3.2 铜及铜合金

表 4—52

加工铜机械性能及用途

牌 号	代 号	机 械 性 能			用 途 举 例
		σ_b (MPa)	δ (%)	HBS	
一号铜 二号铜	T1 T2	退火状态			导电、导热、耐蚀器材，如电线、蒸发器、雷管、贮藏器等
三号铜	T3	200~400	45~50	35~40	一般用铜材，如电气开关、管道、铆钉等
一号无氧铜 二号无氧铜	TU1 TU2	冷弯形状态			电真空器件
		400~500	4~6	110~130	
一号脱氧铜 二号脱氧铜	TP1 TP2	铸造状态			汽油、气体、冷凝管等焊接用铜材
		170	17	40	
0.1 银铜	TAg0.1				

表 4—53

常用黄铜的牌号、化学成分、机械性能及用途举例

类 别	牌 号	主要成分 (%)			制品种类	机械性能		用 途 举 例
		Cu	Zn	其它		σ_b (MPa)	δ_5 (%)	
普通黄铜	H80	79~81	余量		板,条,带, 箔,棒,线, 管	320	52	色泽美观、用于镀层及装饰
	H70	69~72	余量			320	55	多用于制造弹壳、有弹壳黄铜之称
	H68	67~70	余量			300	40	管道、散热器、铆钉、螺母、垫片等
	H62	60.5~63.5	余量			330	49	散热器、垫圈、垫片等
特殊黄铜	HPb59-1	57~60	余量	Pb 0.8~1.9	板,带,管, 棒,线	400	45	切削加工性好、强度高、用于热冲压和切削零件
	HMn58-2	57~60	余量	Mn 1.2~2.0	板,带,棒,线	400	40	耐腐蚀和弱电用零件

续表 1

类别	牌号	主要成分 (%)			制品种类	机械性能		用途举例
		Cu	Zn	其它		σ_b (MPa)	δ_5 (%)	
铸铝黄铜	ZCuZn31Al2	66~68	余量	Al 2.0~3.0	砂型铸造 金属型铸造	295 390	12 15	在常温下要求耐蚀性较高的零件
铸硅黄铜	ZCnZn16Si4	79~81	余量	Si 2.5~4.5	砂型铸造 金属型铸造	345 390	15 20	接触海水工作的管配件及水泵叶轮, 旋塞等

注: 1. 铸造黄铜摘自 GB1176—87《铸造铜合金技术条件》。

2. 其它黄铜摘自 YB146—71《黄铜加工产品化学成分》; 机械性能系 600℃ 退火后。

表 4—54

常用青铜的牌号、化学成分、机械性能及用途举例

类别	牌号	主要成分 (%)			制品种类	机械性能		用途举例
		Sn	Cu	其它		σ_b (MPa)	δ_5 (%)	
压力加工锡青铜	QSn4-3	3.5~4.5	余量	Zn 2.7~3.3	板, 带, 棒, 线	350	40	弹簧、管配件和化工机械等, 较次要的零件
	QSn6.5-0.1	6.0~7.0	余量	P 0.1~0.25	板, 带, 棒	300 500 600	38 5 1	耐磨及弹性零件
	QSn4-4-2.5	3.0~5.0	余量	Zn3.0~5.0 Pb1.5~3.5	板, 带	300~ 350	35~ 45	轴承和轴套的衬垫等
铸造锡青铜	ZCuSn10Zn2	9.0~11.0	余量	Zn 1.0~3.0	金属型铸造	245	6	在中等及较高负荷下工作的重要管配件, 阀、泵、齿轮等
					砂型铸造	240	12	
	ZCuSn10P1	9.0~11.5	余量	P 0.5~1.0	金属型铸造	310	2	重要的轴瓦、齿轮、连杆和轴套等
					砂型铸造	220	3	
特殊青铜 (无锡青铜)	ZCuAl10Fe3	Al 8.5~11.0	余量	Fe 2.0~4.0	金属型铸造	540	15	重要用途的耐磨、耐蚀的重型铸件, 如轴套、螺母、蜗轮
					砂型铸造	490	13	
	QBe2	Be 1.9~2.2	余量	Ni 0.2~0.5	板, 带, 棒, 线	500	3	重要仪表的弹簧、齿轮等
	ZCuPb30	Pb 27.0~33.0	余量		金属型铸造	—	—	高速双金属轴瓦、减磨零件等

注: 1. 压力加工锡青铜、无锡青铜化学成分摘自 YB147—71《青铜加工产品化学成分》; 机械性能系 600℃ 退火后。

2. 铸造锡青铜、铸造无锡青铜摘自 GB1176—87《铸造铜合金技术条件》。

4.3.3 轴承合金

轴承合金是滑动轴承中制造轴瓦及其内衬的合金。滑动轴承具有承压面积大、工作平稳、无噪音、检修方便、应用广泛等优点，如磨床轴承、发动机轴承、连杆轴承等大多使用滑动轴承。

常用的轴承合金有锡基轴承合金和铅基轴承合金，其他还有铜基、铝基和铁基等轴承合金。轴承合金一般浇注在钢质轴瓦上，称作“挂衬”。锡基、铅基铸造轴承合金牌号成分及性能分别见表 4—55、4—56。锡基、铅基轴承合金硬度及用途见表 4—57。多种轴承合金性能比较见表 4—58。

表 4—55 常用锡基轴承合金的牌号、成分、性能

牌 号	主要成分 (%)			主 要 性 能				熔点℃
	Sb	Cu	Sn	σ_b (MPa)	$\delta(\%)$	HBS	α_{ku} (J/cm ²)	
ZChSnSb11-6	10.0~12.0	5.5~6.5	余量	90	6.0	27	6.0	240~370
ZChSnSb8-4	7.0~8.0	3.0~4.0	余量	80	10.6	24	11.7	241~354
ZChSnSb4-4	4.0~5.0	4.0~5.0	余量	80	7.0	20	—	223~441

注：主要成分数据及硬度值摘自 GB1174—74《铸造轴承合金》。

表 4—56 常用铅基轴承合金的牌号、成分、性能

牌 号	主要成分 (%)				主 要 性 能				熔点℃
	Sb	Sn	Cu	Pb	σ_b (MPa)	$\delta(\%)$	HBS	α_{ku} (J/cm ²)	
ZChPbSn16-16-2	15.0~17.0	15.0~17.0	1.5~2.0	余量	78	0.2	30	1.4	240~410
ZChPbSB15-5-3	14.0~16.0	5.0~6.0	2.5~3.5	余量	68	0.2	32	1.5	232~416
ZChPbSn15-10	14.0~16.0	9.0~11.0	—	余量	60	1.8	24	4.4	240~400

注：主要成分数据及硬度值摘自 GB1174—74《铸造轴承合金》。

表 4—57

轴 承 合 金 硬 度 及 用 途

类 别	牌 号 及 代 号	硬 度 HBS (不 小 于)	用 途 举 例	类 别	牌 号 及 代 号	硬 度 HBS	用 途 举 例
锡 基 轴 承 合 金	1 号 (ZChSn1) ZChSnSb12-4-10	29	一般发动机的轴承, 但不适于高温工 作	铅 基 轴 承 合 金	1 号 (ZChPb1) ZChPbSb16-16-2	30	110~880 千瓦蒸汽 涡轮机, 150~750 千 瓦电动机和小于 1500 千瓦起重机及重载荷 推力轴承
	2 号 (ZChSn2) ZChSnSb11-6	27	1500 千瓦以上蒸汽 机, 370 千瓦涡轮压缩 机, 涡轮泵及高速内 燃机轴承		2 号 (ZChPb2) ZChPbSb15-5-3	32	船舶机械、小于 250 千瓦电动机、抽水机 轴承
	3 号 (ZChSn3) ZChSnSb8-4	24	一般大机器轴承及 高载荷汽车发动机的 双金属轴承		3 号 (ZChPb3) ZChPbSb15-10	24	中等压力的机械, 也适用于高温轴承
	4 号 (ZChSn4) ZChSnSb4-4	20	涡轮内燃机的高速 轴承及轴承衬		4 号 (ZChPb4) ZChPbSb15-5	20	低速、轻压力机械 轴承
					5 号 (ZChPb5) ZChPbSb10-6	18	重载荷、耐蚀、耐 磨轴承

表 4—58

各 种 轴 承 合 金 性 能 比 较

种 类	抗咬合性	磨合性	耐蚀性	耐疲劳性	合金硬度 (HBS)	轴颈处硬度 (HBS)	最大允许压力 (N/mm ²)	最高允许温度 (°C)
锡基巴氏合金	优	优	优	劣	20~30	150	600~1000	150
铅基巴氏合金	优	优	中	劣	15~30	150	600~800	150
锡 青 铜	中	劣	优	优	50~100	300~400	700~2000	200
铅 青 铜	中	差	差	良	40~80	300	2000~3200	220~250
铝基合金	劣	中	优	良	45~50	300	2000~2800	100~150
铸 铁	差	劣	优	优	160~180	200~250	300~600	150

4.3.4. 有色金属型材

表 4—59

冷拉铝管 (GB3346—84)

(mm)

壁 厚	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
外 径	6~25	6~60	6~60	7~75	8~90	10~110	12~115	15~120	18~120	20~120	20~120
外径系列	6 7 8 9 10 11 12 14 15 16 18 20 22 24 25 26 27 28 30 32 34 35 36 38 40 42 45 48 50 52 55 58 60 65~120 按 5 进级										

表 4—60

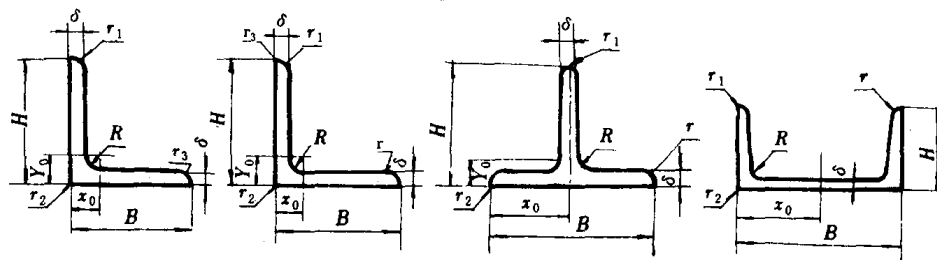
铝板 (GB3194—82)

(mm)

厚 度	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.5	2.8	3	3.5
系 列	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	16	18	20	22	25	30
	80	90	100	110	120	130	140	150								

表 4—61

挤 压 铝 合 金 型 材



型材代号	尺 寸 (mm)								重心距离 (mm)		截面 积 F (cm ²)	惯性矩 (cm ⁴)		每 m 理 论质量 (kg)
	H	B	δ	R	r	r ₁	r ₂	r ₃	X ₀	Y ₀		J _x	J _y	
角形型材	XC111													
XC111--7	15	15	2	2	1	1	0.2		4.42	4.42	0.564	0.114	0.114	0.157
XC111--19	20	20	2	2	1	1	0.2		5.67	5.67	0.764	0.284	0.284	0.212
XC111--27	25	25	2	2	1	1	0.2		6.92	6.92	0.964	0.573	0.573	0.268
XC111--37	30	30	2	2	1	1	0.2		8.17	8.17	1.164	1.011	1.011	0.324
XC111--39	30	30	3	3	1.5	1.5	0.2		8.51	8.51	1.72	1.439	1.439	0.478
XC111--53	40	40	3	3	1.5	1.5	0.5		11.0	11.0	2.32	3.549	3.549	0.645
XC111--59	45	45	5	5	2.5	2.5	0.5		13.0	13.0	4.277	8.04	8.04	1.189
XC111--63	50	50	6	5	3	3	0.5		14.6	14.6	5.655	13.05	13.05	1.572

续表 1

型材代号	尺 寸 (mm)								重心距离 (mm)		截面 积 F (cm ²)	惯性矩 (cm ⁴)		每 m 理 论质量 (kg)
	H	B	δ	R	r	r ₁	r ₂	r ₃	X ₀	Y ₀		J _x	J _y	
角形型材	XC113													
XC113-23	30	20	3	3	1.5	1.5	0.5	0.5	5.06	9.99	1.419	1.259	0.445	0.394
XC113-26	30	25	1.5	3	0.75	0.75	0.2	0.2	6.12	8.56	0.819	0.741	0.470	0.228
XC113-40	38	16	2	2	1	1	0.2	0.2	3.12	14.03	1.094	1.575	0.176	0.290
XC113-71	54	25	4	4	2	2	0.5	0.5	5.44	19.78	3.017	8.997	1.251	0.839
XC113-74	56	42	3.5	5	1.75	1.75	0.5	0.5	10.17	17.05	3.348	10.613	5.155	0.931
XC113-96	75	35	4.5	5	2	0.5	0.2	0.2	6.98	26.12	4.79	28.21	4.05	1.33
XC113-102	75	50	12	5	4	4	0.5	0.5	14.32	26.77	13.6	72	25.06	3.78
丁字形材	XC211													
XC211-6	20	37	2	2	0.2	0.2	0.2		18.50	4.24	1.117	0.342	0.864	0.311
XC211-16	25	40	2	2	1	1	0.2		20.0	5.47	1.28			0.356
XC211-30	30	40	2	2	1	1	0.2		20.0	7.12	1.37			0.381
XC211-47	40	45	4	4	2	2	0.5		22.5	10.65	3.27	4.65	2.98	0.91
XC211-49	40	130	6	3	3	0.5	0.5		65	7.15	9.84	8.65	10.83	2.736
XC211-52	50	70	4	2.5	0.4	0.4	0.2		35	11.91	4.64			1.30
槽形型材	XC311													
XC311-3	15	20	1.3	2	1	0.2	0.2		10		0.62	0.398		0.172
XC311-6	15	25	1.5	2	0.75	0.2	0.2		12.5		0.795	0.755		0.221
XC311-14	20	30	2	2	0.75	0.2	0.2		15		1.335	1.86		0.371
XC311-25	25	40	2	2	1.25	0.2	0.2		20		1.73	4.39		0.481
XC311-33	20	50	4	4	2	0.5	0.5		25		3.331	10.95		0.926
XC311-38	25	60	4	4	2	0.5	0.5		30		4.131	20.39		1.148
XC311-49	30	80	4.5	5	0.2	0.2	0.5		40		6.01	54.92		1.671

注：摘自中国有色金属工业总公司编制的《铝及铝、镁合金挤压型材图册》，1984年。

表 4—62

铜 管 (拉制) (GB1572—87)

(mm)

合金牌号	T2,T3,TU1,TU2,TB1,TP2,	供应状态	拉制硬 (y), 拉制半硬 (y ₂), 拉制软
外 径	壁 厚	外 径	壁 厚
3~7	0.5~2	21~30	1.0~5.0
8~15	0.5~3.5	31~40	1.0~5.0
16~20	1.0~4.5	41~50	1.0~6.0

外径尺寸系列: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 38, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50

壁厚尺寸系列: 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 6.0

注: 标记, 用 TUI 制成, 外径 $\phi 50$ 、壁厚 3mm 普通级软管: 管 TUIM $\phi 50 \times 3$ GB1527—87.

表 4—63

铜 棒

纯铜 (YB456—71)		黄铜 (YB457—71)	
直径 (mm)	长度 (m)	直径 (mm)	长度 (m)
5~24	1.5~5	5~60	1~5
>24~50	1~4	61~160	0.5~4
>51~120	0.5~4		

直径 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55

系列 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120

表 4—64

铜 板 (热 轧)

(mm)

纯 铜 板 GB2040-80			黄 铜 板 GB2041-80			锡青铜板 GB2048-80			硅青铜板 GB2047-80		
厚度	宽度	长度	厚度	宽度	长度	厚度	宽度	长度	厚度	宽度	长度
4~4.5	200~500	1000~6000	4~7.5	200~1800	1000~6000	4~8	—	—	4~9	100~1000	>500
5~7.5	200~1800		8~11	200~3000		9~50	300~500	1000~2000	10~50	—	
8~11	200~3000		12~50	200~2500							
12~50	200~2500										
厚度 系列	4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 34, 35, 36, 38, 40, 42, 44, 45, 46, 48, 50										

4.4 粉末冶金材料

粉末冶金材料是以金属粉末或金属粉末与非金属粉末混合物为原料，经过成型和烧结所制成的金属材料。粉末冶金制品应用见表4—65。

表4—65 粉末冶金制品应用

应用方面	举 例
硬质合金	切削刀具、耐磨工具
耐磨零件	含油轴承、衬套、摩擦片、刹车带
多孔零件	过滤器、热交换器
机械零件	凸轮、齿轮、链条、活塞环、垫片等传动零件及结构零件
高熔点金属	灯泡、真空管材料
金属陶瓷	切削刀具、超耐热材料
磁性材料	烧结金属陶瓷、磁铁、磁性材料
复合合金	电触头、集电方滑块、金刚石砂轮、修正器

根据用途粉末冶金材料主要分为粉末冶金机械零件材料和粉末冶金工具材料两类。

4.4.1 粉末冶金机械零件材料

按制造的机械零件可分为粉末冶金结构材料、粉末冶金减摩材料和粉末冶金摩擦材料。粉末冶金结构材料用来制造普通机械零件，可分为粉末冶金铁基结构材料和粉末冶金有色金属结构两种，前者已得到广泛应用，见表4—66。

表4—66 粉末冶金铁基结构材料

类 别	成 分 (%)	牌 号	机械性能 (不低于)				特 点 及 应 用
			σ_b (N/mm ²)	δ (%)	α_{ku} (J/cm ²)	HBS	
烧 结 铁	C<0.1	FTG10—10	100	3	5	40	塑性、韧性、焊接性能较好，用于受力极低的零件，如垫片、尺框、磁筒
		FTG10—15	150	5	10	50	
		FTG10—20	200	7	20	60	
烧结低碳钢	C>0.1~0.4	FTG30—10	100	1.5	5	50	同上。可渗碳淬火，用作端盖、滑块、底座等
		FTG30—15	150	2	10	60	
		FTG30—20	200	3	15	70	
烧结中碳钢	C>0.4~0.7	FTG60—15	150	1	5	60	强度较高，可热处理，用来制造轻负荷零件，如传动小齿轮、油泵转子
		FTG60—20	200	1.5	5	70	
		FTG60—25	250	2	10	80	
烧结高碳钢	C>0.7~1.0	FTG90—20	200	0.5	3	70	强度、硬度高，耐磨性较好，可热处理，用作推力垫、档套等。
		FTG90—25	250	0.5	5	80	
		FTG90—30	300	1.0	5	90	
烧结铜钢	C 0.5~0.8 Cu 2~4	FTG70Cu3—25	250	0.5	3	90	强度、硬度、耐磨性高，可热处理，用作链轮、齿轮、锁紧螺母等。
		FTG70Cu3—35	350	0.5	5	100	
		FTG70Cu3—50	500	0.5	5	110	
烧结铜钼钢	C 0.4~0.7 Cu 2~4 Mo 0.5~1.0	FTG60Cu3Mo—40	400	0.5	5	120	同上。淬透性好，高温回火脆性低，用作滚子、齿轮、活塞环、锁紧块等。
		FTG60Cu3Mo—55	550	0.5	5	130	

牌号说明：FTG 分别为粉、铁、构汉语拼音首字母，表示粉末冶金铁基结构材料。

末尾数字表示抗拉强度，“G”后面的数字表示含碳量。

①粉末冶金减摩材料

粉末冶金减摩材料是摩擦系数小且耐磨性好的粉末冶金。可分为轴瓦材料和含油滑动轴承材料。后者主要有铁基和铜基两种。见表4—67。

表 4—67

粉末冶金减摩材料的牌号及性能

类 别			主要成分 (%)	牌 号	性 能			
					含油密度 (g/cm ³)	含油率 (%)	径向压溃强度 (N/mm ²)	硬 度 (HBS)
铁 基	1	铁	C<0.5	FZ 1160	5.7~6.2	>18	200	30~70
				FZ 1165	>6.2~6.6	>12	250	40~80
	2	铁—碳	C<1.0	FZ 1260	5.7~6.2	>18	250	50~100
				FZ 1265	>6.2~6.6	>12	300	60~110
	3	铁—碳—铜	C<1.0 Cu2~5	FZ 1360	5.7~6.2	>18	350	60~110
				FZ 1365	>6.2~6.6	>12	400	70~120
	4	铁—铜	Cu18~22	FZ 1460	5.8~6.3	>18	300	50~100
				FZ 1465	>6.3~6.7	>12	350	60~110
铜 基	1	铜—锡—锌 —铅	C 0.5~2.0 Sn 5~7 Zn 5~7 Pb 2~4	FZ 2170	6.6~7.2	>18	150	20~50
				FZ 2175	>7.2~7.3	>12	200	30~60
	2	铜—锡	C 0.5~2.0 Sn 8~11	FZ 2265	6.2~6.8	>18	150	25~55
				FZ 2270	>6.8~7.4	>12	200	35~65
	3	铜—锡—铅	C 0.5~2.0 Sn 6~10 Pb 3~5	FZ 2365	6.3~6.9	>18	150	20~50

牌号说明: FZ是粉、轴的汉语拼音首位字母, 表示粉末冶金轴承。字母后第一位数字表示铁基或铜基, 第二位数字表示类别, 末尾两位数字表示含油密度。

② 粉末冶金摩擦材料

粉末冶金摩擦材料是摩擦系数大且耐磨性好的粉末冶金。用来制作刹车片、离合器片等起制动作用或传递扭矩作用的零件，也分为铁基、铜基两种。前者强度高，工作温度高，适用于干摩擦条件下使用；后者摩擦系数稳定，抗粘结、抗卡滞性能好，在湿式条件下工作具有很高的耐磨性，适用于油中使用。其成分及性能见表 4—68。

表 4—68 粉末冶金摩擦材料的成分及性能

类 别	成 分 (%)							性 能			用 途
	Fe	Cu	Pb	石墨	MoS ₂	SiO ₂	其它	摩擦系数	$\sigma_b(N/mm^2)$	HBS	
铁 基	I	56	25	2	7	5	—	0.28~0.42 (干式)	80~100	60~80	挖 掘 机 、 飞 机 的 摩 擦 零 件
	II	69	—	—	23	5	1 石棉 2				
铜 基	I	6	69	8	6	—	3	0.10~0.12 (湿式)	25~40	20~30	汽 车 、 拖 拉 机 的 摩 擦 零 件
	II	11	68.5	2.5	5	3	5.5 Sn4.5				

4.4.2 粉末冶金工具材料

硬质合金主要用来制造高速切削刀具和切削硬而韧的材料刀具。此外，它也用以制造某些冷作模具、量具及不受冲击、震动的高耐磨零件，其牌号性能及用途见表 4—69。

表 4—69 新牌号硬质合金的性能及用途

序 号 No	牌 号	硬 度 HRA	抗弯强度 σ_{bb} GPa (kgf/mm ²)	使 用 性 能	用 途
1	YH1	>93.0	1.765~2.158 (180~220)	系超细颗粒合金，耐磨性高，热硬性好，韧性好，通用性强	适于铁基、铁镍基和镍基高温合金、高强度钢、高锰钢的粗、精加工，淬火钢及特殊耐热不锈钢的精加工和半精加工、非金属铸石、陶瓷、花岗岩的加工
2	YH2	>93.3	1.667~2.06 (170~210)	系超细颗粒合金。通用性好，热硬性高，耐磨性优良	适于特种耐热不锈钢、高锰钢、冷硬铸铁的粗、精加工，高强度钢的精加工，淬火钢、铁基高温合金的粗加工及半精加工，玻璃制品的加工
3	YH3	>93	1.667~2.06 (170~210)	系超细颗粒合金，耐磨性优良，热硬性好	适于高镍冷硬铸铁、球墨无冷硬铸铁、白口铁的粗、精加工；亦适于一般铸铁的粗、精加工

续表 1

序号 No	牌号	硬度 (HRA)	抗弯强度 σ_{bb} GPa (kgf/mm ²)	使用性能	用途
4	YG10H	91.5	2.158 (220)	系亚细颗粒合金, 耐磨性较好, 抗冲击性能和抗振性能高	适于低速粗车、铣削高温合金及钛合金, 作切断刀及丝锥尤佳
5	YGRM (61)	92.0	1.765 (180)	系细颗粒合金。耐磨性优良, 抗冲击性能好, 抗粘结能力强	适于精车、半精车钛合金、高温合金; 各类铸铁及高强度钢加工
6	YG8N	89.5	147 (150)	热硬性较好	适于冷硬铸铁、球墨铸铁、白口铁及有色金属的粗加工; 不锈钢的粗加工及半精加工
7	YG8W (W4)	92.0	1.962 (200)	耐磨性及允许的切削速度较 YG8 高, 抗冲击性良好	适于加工钛合金、高温合金及耐热不锈钢
8	YW3	92.0	1.373 (140)	耐磨性和热硬性很高, 抗冲击性能中等, 韧性较好	适于耐热合金钢、高强度钢、低合金超高强度钢的精加工和半精加工, 亦可在冲击小的情况下粗加工
9	YW4	92.0	1.275 (130)	具有极好的耐热性和抗粘结能力, 通用性良好	适于碳素钢和除镍基以外的大多数合金钢、调质钢加工, 尤适于精加工耐热不锈钢
10	TT05	92.5	1.177 (120)	耐磨性和热硬性良好, 具有足够的高温硬度和韧性	适于碳素钢、合金钢和高强度钢的精加工和半精加工, 亦适于淬火钢及含钴较高的合金加工
11	YTM30	91.3	1.765 (180)	耐磨性较好, 抗冲击性优良, 抗月牙洼磨损良好	适于大走刀、高效率铣削各种钢材, 尤其是合金钢的铣削
12	798	150	>0.882 (>91.0)	有较好的热硬性, 强度较高, 抗热震性好	适于高强钢、高锰钢、不锈钢及一般低碳合金钢的断续车削、铣削, 特别适于作铣刀和喷吸钻
13	712	130	>0.897 (>91.5)	综合性能好, 热硬性及耐磨性优于 798	适于高强度合金钢、高速钢、高锰钢以及硅钢片组合件、中硬度合金钢的精车、半精车

续表 2

序号 No	牌号	硬度 (HRA)	抗弯强度 σ_{bb} GPa (kgf/mm ²)	使用性能	用途
14	715	120	>0.897 (>91.5)	热硬性、耐磨性好, 容许切削速度高	适于高强度合金钢的半精加工、精加工及螺纹加工
15	758	145	>0.897 (>91.5)	热硬性及抗氧化性能优于 YW2	特别适于加工淬火钢、轧辊等
16	813	100	>0.882 (>91.0)	具有较高的热硬性、高温韧性, 通用性好, 优于 YC6X、YA6 及 YW2	适于加工镍基、铁基高温合金、钛合金、高锰钢、不锈钢、HRC <50 的淬火钢及钛合金
17	643M	150	>0.912 (>93.0)	有较高的耐磨性、抗氧化性能, 抗粘结能力好	适于高温合金及超高强度钢的精加工及半精加工
18	1*	160	>0.882 (>91.0)	系细颗粒合金, 具有较高耐磨性, 优于 YA6	适于高温合金、不锈钢、钛合金、纯钨、纯铁的加工, 宜采用大前角切削
19	3*	100	>0.903 (>92.0)	系细颗粒合金, 有优于 YG3X 的耐磨性	适于铸铁、有色金属及其合金的精整, 也适于合金钢、淬火钢的精加工
20	M2	170	>0.882 (>90.0)	有较好的热硬性、耐磨性和冲击韧性, 综合性能好	适于高强度合金钢、高锰钢的加工, 尤适用于铣削加工
21	M3	190	>0.878 (>89.5)	有较好的热硬性和耐磨性, 冲击韧性优于 M2	适用于高强度合金钢、高锰钢、反磁钢、硅钢片组合件的车削加工
22	T20	110	>0.903 (>92.0)	耐磨性和 YT30 相近, 但强度高于 YT30, 通用性好	适用于碳素钢、合金钢的精加工, 并可加工 HRC60 左右的淬火钢
23	T40	90	>0.907 (>92.5)	耐磨性和允许的切削速度均高于 T20	可加工 HRC60 以上的钢材

注: 序号 N0.1~11 是株洲硬质合金厂产品; N0.12~17 是自贡硬质合金厂产品; N0.18~23 是上海硬质合金厂产品。

4.5 常用金属材料国内外牌号对照

表 4—70

常用的部分钢种国内外牌号对照表

分 类	中 国 GB	前苏联 TOCT	美 国		英 国 BS	日 本 JIS	法 国 NF
			SAE	AISI			
优 质 碳 素 结 构 钢	10	10	1010	C1010	040A10 045A10 060A10	S10C	C10 XC10
	15	15	1015	C1015	040A15 045A15 050A15 060A15	S15C	C12 XC12
	20	20	1020	C1020	040A20 050A20 060A20 070A20	S20C	C20 XC18
	25	25	1025	C1025	060A25	S25C	C25 XC25
	30	30	1030	C1030	060A30	S30C	C30 XC32
	35	35	1035	C1035	060A35	S35C	C35 XC35
	40	40	1040	C1040	060A40	S40C	C42 XC42
	45	45	1045	C1045	080M46	S45C	C45 XC45
	50	50	1050	C1050	060A52	S50C	C50 XC48
	55	55	1055	C1055	070M55	S55C	C55 XC55
	60	60	1060	C1060	060A57	S58C	C60
	15Mn	15Г	1115	C1115	080A15	SB46	XC12
	30Mn	30Г	1033	C1033	080A30 080M30	SGV49	XC32
	40Mn	40Г	1040	C1040	080A40 080M40	—	40M5

续表 1

分 类	中 国 GB	前苏联 TOCT	美 国		英 国 BS	日 本 JIS	法 国 NF
			SAE	AISI			
合 金 结 构 钢	20Mn2	20Г2	1320 1321	1320 1321	150M19(En14A)	SMn21	20M5
	35Mn2	35Г2	1335	1335	150M36(En14B)	SMn1	35M5
	40Mn2	40Г2	1340	1340	—	SMn2	40M5
	15Cr	15X	5015 5115	5015 5115	(En206)	SCr21	12C3
	20Cr	20X	5120	5120	527A19 527M20	SCr22	18C4
	40Cr	40X	5140	5140	530A40(En18) 530M40(En18D)	SCr4	38C4 42C4
	45Cr	45X	15	5145	—	SCr5	45C4
	35SiMn	35CГ	—	—	—	—	—
	42SiMn	42CГ	—	—	—	—	—
	30CrMo	30XM	4130	4130	CDS13	SCM2	30CD4
	35CrMo	35XM	4135 4137	4135 4137	708A37	SCM3	35CD4
	35CrMoV	35XMφ	—	—	—	—	—
	20CrMnTi	18XГТ	—	—	—	SMK22 (大同)	—
	40MnB	—	TS14 B35H	TS14 B35H	—	—	—

续表 2

分类	中 国 GB	前苏联 ГОСТ	美 国		英 国 BS	日 本 JIS	法 国 NF
			SAE	AISI			
弹 簧 钢	65Mn	65Г	A229 (ASTM)	—	En43E En49A En49B	—	—
	60Si2Mn	60C2Г	9260 9261	9260 9261	250A58 250A61	SUP7	60S7
	50CrVA	50XφA	6150	6150	735A50	SUP10	50CV4
不 锈 耐 酸 钢	1Cr13	1X13 (ЭЖ1, Ж1)	51410	403 410	403S17 410S21	SUS403 SUS410	Z10C13 Z12C13
	2Cr13	2X13 (ЭЖ2, Ж2)	—	420	420S29 420S37	SUS 420J1	Z20C13
	3Cr13	3X13 (ЭЖ3, Ж3)	51420	420	420S45	SUS 420J2	Z30C13
	1Cr18Ni9	X18H9(ЭЯ1) 1X18H9	30302	302	302S25 (En58A)	US802	Z10CN18.09 Z12CN18.10
耐 热 钢	(1Cr18Ni9Ti)	X18H9T X18H10i 1X18H9T (ЭЯ1T)	30322	322	321S20 (En58B) 325S21 (En58C)	SUS321	Z10CNT18-10 Z10CNT18-8
	1Cr5MO	X5M (12X5MA)	51501	501 502	—	STBA25	Z12CD5
	4Cr14Ni14W2Mo	4X14H14B2M (ЭИ69)	5700A (AMS)	—	331S42 (En54A)	SUH31	Z45CNWSD 14.14
	4Cr9Si2	4X9C2 (X9C2, ЭСХ8)	—	—	401S45 (En52)	SUH1	Z45CS10

- 注: 1. GB——中华人民共和国国家标准; ГОСТ——前苏联国家标准; SAE——美国汽车工程师协会标准; AISI——美国钢铁学会标准; BS——英国标准; JIS——日本工业标准; NF——法国标准;
2. 摘自《机械工程材料手册》上册(修订第三版), 机械工业出版社, 1982年8月北京第三版;
3. 各国钢号表示方法参见有关手册。
4. 括号内牌号不推荐使用。

表 4-71

各国主要高速钢牌号对照

类 型	中 国 (YB12-77)	美 国 (AISI)	日 本 (JISG4403) 1968	瑞 典 (ASSAB)	联邦德国 (320-69)	英 国 (BS4659) 1971	前苏联 (ГОСТ 19265-73)
通 用 型	W18Cr4V	T1	SKH2	HSP-11	S18-0-1	BT1	P18
	9W18Cr4V	M1	(SKH7)	HSP-43		BM1	
	W6Mo5Cr4V2	M2	SKH9 (后改 为 SKH51)	HSP-41	S6-5-2	BM2	P6M5
	W14Cr4VMnRe	CM2 M7 M10 CM10		HSP-54	SC6-5-2 (S2-9-2)		
特 殊 用 途 型	高 碳 高 钒 W12Cr4V4Mo	M3-1 级 M3-2 级 M4	SKH52 SKH53 SKH54	S6-5-3 S6-5-3	S6-5-3	BM4	P6M5 ϕ 2 P14 ϕ 4
	高 碳 含 铝 W6Mo5Cr4V2A1 W6Mo5Cr4V5 SiNbAl W10Mo4Cr4V3A1						
	一 般 含 钴 W12Mo3Cr4V 3Co5Si	M33 M34 M36 T4 T15 (M15)	SKH56 SKH55 SKH3 SKH10	HSP-46	S6-5-2-5 S18-1-2-5 S12-1-4-5	BM34 BT4 BT15 BM15	P6M5 ϕ 2K8 P6Mo5K5 P18 ϕ 2K5 P10 ϕ 5K5
	高 碳 含 钴 W12Mo3Cr4V 3Co5Si	M41 BM42	SKH-57	HSP-15	S7-4-2-5 S10-4-3-10	BM42 BT42	P10M4 ϕ 3K10

表 4—72

各国常用灰铸铁牌号对照

中 国 GB	前苏联 ГОСТ	美 国 SATM	英 国 BS	日 本 JIS	法 国 NF	联邦德国 DIN
HT100	CЧ12-28			FC10		GGL-10
HT150	CЧ15-32	NO.20	10 12	FC15	Ft14	GGL-15
HT200	CЧ18-36 CЧ21-40	NO.25 NO.30	14	FC20	Ft18 Ft22	GGL-20
HT250	CЧ24-44	NO.35	17	FC25	Ft26	GGL-25
HT300	CЧ28-48	NO.40	20	FC30	Ft30	GGL-30

注：本对照表以试棒毛坯直径为 30mm 时的抗拉强度为准。

表 4—73

各国常用有色金属牌号对照

类别 \ 国名	中 国 GB(YB)	美 国 ASTM	日 本 JIS	英 国 BS	前苏联 ГОСТ
纯铜	T2	110	TCU1	C101	M1
	T3		CUPP11	C104	M2
黄铜	H62	280	BS3	CZ109	
	HPb59-1	377	PbBS14	CZ121	ЛС59-1
铝青铜	QA19-4	619	AB3	CA106	БРАЖ9-4
硅青铜	QSi3-1	658.661	SiB	CS101	БРКМЦ3-1
锡青铜	QSn4-3				БРОЦ4-3
工业用铝	L3	1050	A1100	1B	АД0
	L4	1230,1235	A1200		АД1
防锈铝合金	LF6			N6	АМГ6
	LF21	3003	A3003	N3	АМЦ
硬铝	LY12	2024			Д16
锻铝	LD5		A2014	H15	АК6
	LD				АК8

4.6 非金属材料

4.6.1 工程塑料

表 4-74

常用热塑性塑料的性能

名 称	吸水率 (%)	线胀系数 ($10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)	热变形温度 $^{\circ}\text{C}$ ($18.6\text{kgf}/\text{cm}^2$)	抗拉强度 (kgf/cm^2)	弹性模量 ($10^4\text{kgf}/\text{cm}^2$)	伸长率 (%)	抗弯强度 (kgf/cm^2)	冲击强度 (无缺口) ($\text{kgf}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$)	硬 度 (HBS)	成型收缩率 (%)
聚乙烯、低压高压法	<0.01	12.6~18	30~55	70~240	0.12~0.95	60~650	250~290	不断	40~70(HA)	1.5~3.6
聚乙烯、超高分子量	<0.01	7.2	40~50	300~340	0.68~0.95	400~480	350~370	190~200 (不断)	5.8~6.0	—
聚丙烯	0.03~0.04	10.8~11.2	55~65	350~400	1.1~1.6	200	420~560	不断	60~70(HD)	1.0~2.5
聚氯乙烯、硬质	0.07~0.45	5~6	55~75	450~500	3.3	20~40	800~900	30~40	14~17	0.1~0.5
聚氯乙烯、软质	0.5~1.0	7~25	—	100~180	—	180~320	—	—	50~75(HA)	1~5
聚苯乙烯	0.03~0.30	3.6~8.0	90~105	500~600	2.8~4.2	1.0~3.7	690~800	12~26	65~80(HRM)	0.2~0.7
ABS	0.20~0.25	5.8~8.5	90~105	340	2.3~2.9	60	640~680	130~180	8~10	0.3~0.6
聚甲基丙烯酸甲酯	0.20~0.4	5~9	85~100	500~770	2.4~3.5	2~7	840~1200	10~12	10~18	0.2~0.6
聚酰胺-6, -66, -610, -1010	0.40~1.9	8~12	60~105	450~850	1.2~3.1	60~150	790~1300	250~560	8~10	0.6~1.5
聚酰胺, 铸型	0.6~1.2	8~9	150	770~920	2.4~3.6	20~30	1200~1500	500~600	14~21	径向 3~4 纵向 7~10

续表

名 称	吸水率 (%)	线胀系数 ($10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)	热变形温度 $^{\circ}\text{C}$ (18.6kgf/ cm^2)	抗拉强度 (kgf/ cm^2)	弹性模量 ($10^4\text{kgf}/\text{cm}^2$)	伸长率 (%)	抗弯强度 (kgf/ cm^2)	冲击强度 (无缺口) (kgf·cm/ cm^2)	硬 度 (HBS)	成型收缩率 (%)
聚酰胺,芳香	0.4	2.8	125	700	2.8	70~150	910	—	93(HRM)	—
聚甲醛	0.22~0.25	10.7~10.9	110~125	500~600	2.5	30~50	900~1000	90~100	10~11	2~3
聚碳酸酯	0.2~0.3	6~7	130~140	660~680	2.5~3.0	80~95	1000~1300	530~580	9~10	0.5~0.8
聚氯醚	0.01	8~11.9	100	420	1.1	60~130	720~780	40以上	—	0.4~0.6
聚酚氧	0.13	3.7~6.1	80~85	560~570	2.4~2.7	50~100	840~1000	430	10	0.3~0.4
聚对苯二甲酸乙二醇酯	0.08~0.09	6.0~9.5	50~85	570	2.8	50~300	840~1170	—	68~98(HRM)	—
氟塑料, F-4	0.01~0.02	10~12	55	140~250	0.4	250~500	180~200	—	4.5	模压 1~5
氟塑料 F-3	0.02	4.5~7.0	75	310~420	1.1~2.1	50~190	520~650	—	9~13	1~2.5
氟塑料 F-46	0.01	8.5~10.5	50	190~220	0.35	250~330	—	—	60~65(HD)	2~5
聚苯醚	0.07	5~7.5	100~130	650~670	2.5~2.8	50~55	1100~1300	150~180	12~13	0.6~1.0
聚酰亚胺	0.2~0.3	4~6.3	—	800~1000	—	6~10	1000~2100	55~120	20	0.2~0.5
聚矾	0.1~0.43	5~5.5	175~205	650~900	2.6~3.2	8~80	1100~1500	350~480	10~13	0.6~0.8
聚苯硫醚	0.01~0.02	3~5.5	100~105	500~700	1.9	2~4	670	—	124(HRR)	1.0

表 4-75 常用热固性塑料的性能

序 号	名 称	吸水率 (%)	线胀系数 ($10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)	热变形温度 $^{\circ}\text{C}$ ($18.6\text{kgf}/\text{cm}^2$)	马丁耐 热温度 ($^{\circ}\text{C}$)	抗拉强度 (kgf/cm^2)	弹性模量 ($10^4\text{kgf}/\text{cm}^2$)	抗压强度 (kgf/cm^2)	抗弯强度 (kgf/cm^2)	冲击强度 (无缺口) ($\text{kgf}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$)	硬 度	成型收缩率 (%)
1	酚醛	0.01~1.2	0.8~4.5	150~190	100~150	320~630	5.6~35	800~2100	500~1000	2.5~6	30(HBS)	0.3~1.0
2	脲醛	0.4~0.8	2.2~3.6	125~145	100	380~910	7~10	1750~3100	700~1000	8	110~120(HRMI)	0.4~0.6
3	三聚氰胺	0.08~0.14	2.0~4.5	130	140~150	380~490	13.6	2100	450~600	2.5~5	110(HRM)	0.2~0.8
4	环氧	0.03~0.20	2~6	70~290	—	150~700	—	540~2100	420~1000	5~10	10~30(HBS)	0.05~1.0
5	聚邻苯二甲 酸二丙烯酯	0.1	1.0~3.6	165~230	—	120~770	9.8~15.4	1750~2400	500以上	3以上	—	0.4~0.8
6	有机硅	2.5毫克/厘米 ²	—	—	200~300	—	—	—	250~750	2.3~18	30(HBS)	0.5~1.0
7	聚氨酯(无填料)	0.02~1.5	10~20	—	—	12~700	0.7~7.0	1400	50~310	—	10(HA), 90(HD)	0~2.0

常用玻璃纤维增强热塑性塑料的性能

表 4-76

序 号	名 称	吸水率 (%)	线胀系数 ($10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)	热变形温度 $^{\circ}\text{C}$ ($18.6\text{kgf}/\text{cm}^2$)	马丁耐 热温度 ($^{\circ}\text{C}$)	抗拉强度 (kgf/cm^2)	弹性模量 ($10^4\text{kgf}/\text{cm}^2$)	伸长率 (%)	抗弯强度 (kgf/cm^2)	冲击强度 (无缺口) ($\text{kgf}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$)	硬 度
1	聚丙烯(30%)①	0.01~0.05	2.9~5.2	110~150	—	550~770	3.2~6.3	2.0~3.6	490~770	16~19	90(HRR)
2	聚氯乙烯(25%)	0.02	1.5	160	—	1100	10.2	2~3	1540	—	—
3	聚苯乙烯(20~35%)	0.05~0.07	3.0~4.5	90~105	—	630~1050	7.7~8.5	0.8~1.3	1050~1340	—	70~95(HRM)
4	ABS(20~40%)	0.18~0.40	2.9~3.6	100~115	—	590~1330	4.1~7.2	2.5~3.0	1120~1890	—	65~100(HRM)
5	聚酰胺(20~40%)	0.2~2.0	1.2~3.2	160~260	150~185	1100~1580	7.0~9.3	—	1200~3270	60~85	—
6	聚甲基(20%)	0.25~0.29	3.6~8.1	152	—	590~770	7.0	2.0~7.0	1050②	24~40	75~90(HRM)
7	聚碳酸酯(30%)	0.23	2~3	135~140	—	1250~1670	—	6~8	1670~1880	24~40	93(HRM)
8	聚对苯二甲酸乙二醇酯(17%)	—	2.5~3.4	145	—	1340	8.3~9.0	5	1750	40	14.5(HBS)
9	聚苯醚(20~30%)	0.06	2.2	130~150	185	910	6.5~8.4	4~6	1650	24	12(HBS)
10	聚砜(30%)	<0.01	5.5	—	170~180	1000	3	8.4	1800	17	10(HBS)

注: ① 玻璃纤维含量。

② 5% 变形。

表 4—77

常用热塑性塑料的特点和用途

名称 (代号)	主 要 特 点	用 途 举 例
1 聚乙烯(PE)	优良的耐腐蚀性和电绝缘性,尤其是高频绝缘性;可以氧化、辐照改性,可用玻璃纤维增强;低压聚乙烯: 熔点, 刚性、硬度和强度较高; 高压聚乙烯: 柔软性、伸长率、冲击强度和透明性较好; 超高分子量聚乙烯: 冲击强度高, 耐疲劳, 耐磨, 需冷压烧结成型	低压聚乙烯: 耐腐蚀件、绝缘件, 涂层; 高压聚乙烯: 薄膜; 超高分子量聚乙烯: 减摩耐磨及传动件
2 聚丙烯 (PP)	比重小, 强度、刚性、硬度、耐热性均优于低压聚乙烯, 可在 100℃ 左右使用, 优良的耐摩蚀性; 良好的高频绝缘性, 不受湿度影响, 但低温发脆, 不耐磨, 较易老化; 可与乙烯、氯乙烯共聚改性, 可用玻璃纤维增强	一般机械零件、耐腐蚀件、绝缘件
3 聚氯乙烯 (PVC)	优良的耐腐蚀性和电绝缘性; 可用氯化聚乙烯、醋酸乙烯、丁腈橡胶等共聚或掺混改性; 硬聚氯乙烯: 强度高, 可在-15~60℃ 使用; 软聚氯乙烯: 强度低, 伸长率大, 耐腐蚀性和电绝缘性因增塑剂品种和用量而异, 但均低于硬质的, 易老化; 改性聚氯乙烯: 耐冲击或耐寒; 泡沫聚氯乙烯: 质轻、隔热、隔音、防震	硬质聚氯乙烯: 耐腐蚀件、一般化工机械零部件; 软质聚氯乙烯: 薄膜、电线电缆绝缘层、密封件; 泡沫聚氯乙烯: 衬垫
4 聚苯乙烯 (PS)	优良的电绝缘性, 尤其是高频绝缘性, 无色透明, 透光率仅次于有机玻璃, 着色性好, 质脆, 不耐苯、汽油等有机溶剂; 可用丁苯橡胶、聚甲基丙烯酸甲酯等改性; 改性聚苯乙烯: 冲击强度较高; 泡沫聚苯乙烯: 质轻、隔热隔音、防震; 可用玻璃纤维增强	绝缘件、透明件、装饰件; 泡沫聚苯乙烯: 包装、铸造模样、管道保温

续表 1

名称 (代号)	主 要 特 点	用 途 举 例
5 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚体 (ABS)	较好的综合性能, 耐冲击, 尺寸稳定性较好; 丁二烯含量愈高, 冲击强度愈大, 但强度和耐候性降低; 增加丙烯腈可提高耐腐蚀性, 增加苯乙烯可改善成型加工性; 以丙烯酸丁酯代丁二烯得 AAS; 以氧化聚乙烯代丁二烯得 ACS, 以甲基丙烯酸甲酯代丙烯腈得 MBS, AAS 和 ACS; 耐候性均较好: MBS: 透明; 可用玻璃纤维增强	一般机械零件, 减摩耐磨及传动件
6 聚甲基丙烯酸甲酯 (有机玻璃, PMMA)	透光性好, 可透过 99% 以上的太阳光, 着色性好, 表面硬度不高, 易擦伤; 可用苯乙烯改性; 改性有机玻璃: 适于注射成型, 冲击强度较高。	透明件, 装饰件
7 聚酰胺(尼龙, PA)含酰胺基	坚韧, 耐磨, 耐疲劳, 耐油, 耐水, 抗霉菌, 无毒, 吸水性大; 尼龙 6: 弹性好, 冲击强度高, 吸水性较大; 尼龙 66: 强度高, 耐磨性好; 尼龙 610: 与尼龙 66 相似, 但吸水性和刚性都较小; 尼龙 1010: 半透明, 吸水性较小, 耐寒性较好; 铸型尼龙 6: 与尼龙 6 相似, 但各项机械强度、耐磨性均较高, 吸水性较小; 芳香尼龙: 耐热性高, 耐辐射, 突出的电绝缘性, 高温下不变; 可用玻璃纤维增强	一般机械零件, 减摩耐磨及传动件; 铸型尼龙 6; 大型减摩耐磨及传动件; 芳香尼龙: 耐高温机械零件, 绝缘件
8 聚甲醛 (POM)	良好的综合性能, 强度、刚性、冲击、疲劳、蠕变等性能均较高, 减摩耐磨性能良好, 吸水性小, 尺寸稳定性好; 聚四氟乙烯等填充的, 其减摩耐磨性能更好, PV 值更高; 可用玻璃纤维增强	减摩耐磨及传动件
9 聚碳酸酯 (PC)	良好的机械性能, 突出的冲击强度和延性, 尺寸稳定性高, 无色透明, 着色性好, 吸水性小, 耐热性比尼龙、聚甲醛高, 抗蠕变性及电绝缘性也较好, 但自润滑性、耐磨性均较差, 不耐碱、酮、胺、芳香烃, 有应力开裂倾向; 可用聚乙烯等改性, 可用玻璃纤维增强	仪表小零件, 绝缘件, 透明件, 耐冲击件

表 4—78

热固性塑料的特点和用途

名 称	主 要 特 点	用 途 举 例
1 酚醛塑料 主要为塑料粉	优良的耐热、绝缘、化学稳定及尺寸稳定性,抗蠕变性优于许多热塑性工程塑料,因填料不同,电性能及耐热性均有差异;用橡胶、聚氯乙烯改性可以提高冲击强度或耐酸性;高频绝缘件用:高频绝缘性好,耐潮湿;耐冲击件用:冲击强度高,电绝缘性一般;耐酸件用:耐酸、耐水、耐霉菌;耐热件用:可在 140℃ 下使用;耐磨件用:能在水润滑条件下使用	一般机械零件,绝缘件、耐腐蚀件,水润滑轴承
2 氨基塑料 主要为塑料粉	优良的电绝缘性,耐电弧性好,硬度高,耐磨,耐油脂及溶剂,难燃自熄,着色性好,对光稳定;脲醛塑料:颜色鲜艳,半透明如玉,又名电玉;三聚氰胺塑料:耐电弧性优越,耐热、耐水,在干湿交替环境中性能优于脲醛塑料	一般机械零件,绝缘件,装饰件
3 环氧塑料 主要为浇铸料	在热固性塑料中强度较高,电绝缘性优良,化学稳定性好,耐有机溶剂性好;因填料品种及用量不同,性能有差异,对许多材料的胶接力强,成型收缩率小,电绝缘性随固化剂不同,而有差异,固化剂有胺、酸酐及咪唑等类;脂环族环氧塑料:耐热性较高	塑料模、电气、电子元件及线圈的灌封与固定修复机件
4 聚邻(间)苯二甲酸二丙烯酯塑料(DAP或DAIP)有浇铸料及塑料粉	优异的电绝缘性能,在高温高湿下性能几乎不变,尺寸稳定性好,耐酸、耐碱及耐有机溶剂,耐热性高,易着色;聚邻苯二甲酸二丙烯酯:能在-60~+200℃ 使用;聚间苯二甲酸二丙烯酯:长期使用温度较高	浇铸料:电气、电子元件及线圈的灌封与固定;塑料粉:耐热件、绝缘件
5 有机硅塑料 有浇铸料及塑料粉	优良的电绝缘性能,电阻高,高频绝缘性能好,耐热,可在 180~200℃ 长期使用,防潮性强,耐辐射,耐臭氧,亦耐低温	浇铸料:电气、电子元件及线圈的灌封与固定;塑料粉:耐热件、绝缘件
6 聚氨酯塑料 有浇铸料及软质、硬质泡沫塑料	柔韧、耐油、耐磨、易于成型,耐氧、耐臭氧,耐辐射及耐许多化学药品;泡沫聚氨酯:优良的弹性及隔热性	密封件、传动带;泡沫聚氨酯:隔热、隔音及吸振材料

类 别	表面电阻率 (Ω)	体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	介电常数	介质损耗 角 正 切	耐电弧性
热塑性塑料	$10^{12} \sim 10^{16}$	$10^9 \sim 10^{17}$	2.2~8.4	0.0001~0.10	50~360
热固性塑料	$10^7 \sim 10^{14}$	$10^6 \sim 10^{14}$	3.5~10.2	0.03~0.3	60~900

表 4-80

各类结构零件可适用的塑料

类型	应用范围及典型零件举例	工 作 条 件	对材料性能的要求	可适用的塑料
一般 结构 零件	装饰件、外观件及一些受力不大的零件, 如汽车调节器盖、电动机罩壳、柴油机调速手柄、电风扇叶轮、化工容器、管道、水箱浮子和各种生活日用品等	通常在低负荷、不受冲击或很少受冲击、温度不高的情况下工作	强度及耐热性要求较低	低压聚乙烯, 改性聚苯乙烯, ABS 塑料, 聚丙烯, 有机玻璃
耐磨 传动 零件	需承受磨损的运动件, 如汽车万向节轴承、风扇轴承、机床齿条、矿山机械的涡轮、钻床升降螺母等	承受交变应力和冲击负荷, 表面受磨损	具有较高的强度、刚度, 良好的耐冲击性、耐磨性、抗疲劳性以及较高的热变形温度	各种尼龙、聚甲醛、聚碳酸酯、酯、氯化聚醚、线型聚酯及碎布增强酚醛塑料
减磨 自润 滑零 件	各种无油润滑活塞环, 干摩擦条件下工作的轴承、机械密封圈、密封环以及高温、低温或腐蚀介质中工作的摩擦零件及机床导轨涂层等	一般受力较小, 但运动速度高, 有的需在干摩擦运动下工作, 有的则在高温、低温或腐蚀介质中工作	通常强度要求不高, 但应有低的摩擦系数和耐磨自润滑性。有些应能耐热耐寒或耐蚀, 尺寸稳定性好	聚四氟乙烯、F4 填充的聚甲醛, 低压聚乙烯, 尼龙, 聚全氟乙丙烯
耐腐 蚀零 件	各种化工管道、设备或其衬里, 耐蚀泵壳体、叶轮、阀座、小型齿轮、法兰及化工用仪器仪表零件等	常温或较高温度下承受强酸、强碱或其腐蚀性介质的腐蚀	具有抗强酸、强碱、强氧化剂及各种有机溶剂腐蚀的能力	硬聚氯乙烯, 氟塑料, 低压聚乙烯, 聚丙烯, 氯化聚醚
耐 高 温 零 件	高温工作下的结构传动件, 如汽车分速器盖、电表上的接触器齿轮、轴承保持器轴承、活塞环, 耐高温电器元件及高温环境下各种化工设备零件等	一般工作温度均在 150°C 以上, 有的需要在 260°C 到 270°C 下长期工作	具有高的热变形温度及高温抗蠕变性能, 有的还要求高温下的耐磨、耐蚀及电绝缘性能	聚砜、聚苯醚, 氟塑料及各种玻璃纤维增强塑料如增强尼龙, 增强聚碳酸酯等
透明 构件	窗玻璃, 仪器仪表壳, 灯罩, 设备标牌, 油标等	能透光, 一般不承受负荷, 环境温度不高	透明度高, 有一定强度, 通常要求耐候性好、较耐磨	聚苯乙烯, 高压聚乙烯, 有机玻璃, 聚碳酸酯

4.6.2 橡胶

橡胶是一种有机高分子材料。它具有高的弹性、良好的吸振性，有一定的耐蚀性，能很好地与金属、纺织物、石棉等材料相连结的能力，此外，还具有耐磨、良好的绝缘性以及足够的强度和积储能量的能力。常用橡胶的物理机械性能以及特点和用途分别见表 4—81、表 4—82。

表 4—81

常用橡胶的物理机械性能

橡胶品种	抗拉强度 (kgf/cm ²)	伸长率 (%)	100% 定伸强度(kgf/cm ²)	200% 定伸 24 小时后 永久变形 (含炭黑)%	压缩 永久 变形	抗 撕 性	回 弹 性	最高使 用温度 (℃)	常用时的 温度上限 (℃)	脆性温度 (℃)
天然	250~350	650~900	—	8~12	良	优	优	120	70~80	-50~-70
丁苯	150~200	500~800	7~9	10~15	良	良	良	120	80~100	-30~-60
异戊	200~300	600~900	—	—	良	良~优	优	120	70~80	-50~-70
顺丁	180~250	450~800	10~40	—	优	可~良	优	120	—	-73
丁基	170~210	650~800	—	11	优	良	可	170	150	-30~-55
氯丁	250~270	800~1000	—	7.5	良	良~优	良	150	120	-35~-42
丁腈	150~300	300~800	—	6	良	良	良	170	120	-10~-20
聚氨酯	200~350	300~800	—	—	可	良	良	80	—	-30~-60
三元乙丙	150~250	400~800	—	—	可~良	良~优	良	150	150	-40~-60
聚硫	90~150	100~700	42~70	—	劣	劣~可	劣	130	80	-10~-40
丙烯酸酯	70~120	100~600	50~70	—	优	可	可	175	170	0~-30
氯醇	—	—	良	—	—	—	—	—	—	—
氯磺化聚乙烯	70~200	100~500	21~210	—	劣	可~良	良	150	100	-20~-60
硅	40~100	50~500	—	—	劣	劣~可	劣	315	200	-70~-120
氟	200~220	100~500	10~21	—	劣~可	良	可	315	200	-10~-50

表 4—82

常用橡胶特点和用途举例

类别	橡胶品种(代号)	特 点	最高使用温度(℃)	常用温度上限(℃)	用 途 举 例
通用橡胶	天然橡胶(NR)	耐磨性、加工性良好		70~80	轮胎及通用制品
	丁苯橡胶(SBR)	耐热性、耐老化性比天然橡胶好		80~100	轮胎, 胶板, 胶布, 通用制品
	异戊橡胶(IR)(又称合成天然橡胶)	吸水性差, 绝缘性好, 耐老化性比天然橡胶好		70~80	胶管
	顺丁橡胶(BR)	弹性、耐磨性、耐寒性好, 易与金属粘合	120	—	轮胎及耐寒运输带
	丁基橡胶(IIR)	耐老化性、气密性及耐热性好, 吸振性良好, 耐酸碱	150	—	内胎, 化工衬里及防振制品
	氯丁橡胶(CR)	物理机械性能好, 耐氧、耐候性好, 耐油性较好	120	—	胶管, 胶带, 汽车门窗嵌条
	丁腈橡胶(NBR)	耐油性优良, 耐热性较好, 气密性良好	120	—	油管, 耐油密封圈, 皮碗
特种橡胶	聚氨酯橡胶 (UR)	耐磨、耐油性好, 强度较高	80	—	胶辊, 实芯轮胎, 同步齿形带及耐磨制品
	三元乙丙橡胶 (EPDM)	耐臭氧, 耐候性很好, 耐热 (达 170℃)、耐低温 (达 -50℃), 绝缘性好	150	—	散热管, 耐热胶管, 胶带, 绝缘制品
	丙烯酸酯橡胶 (AR)	耐油性极好, 耐老化及耐候性良好	170	—	汽车配件如油封、皮碗
	硅橡胶	耐高低温 (300~-150℃), 绝缘性好	200	—	耐高低温制品, 绝缘件
	氟橡胶 (FPM)	耐高温, 耐油, 耐蚀性好, 抗辐射及高真空性优良	200	—	化工衬里, 垫圈, 高级密封件, 高真空橡胶件

常用橡胶制品规格和规格分别见表 4—83~表 4—86。

表 4—83

夹 布 胶 管

(mm)

输油胶管 (HG4-761-74)		输稀酸碱胶管 (GB2552-81)		输水胶管 (GB1187-81)		蒸气胶管 (GB7548-87)		夹布空气胶管 (GB1186-81)	
内 径 公称尺寸	工作压力 (KPa)	内 径 公称尺寸	工作压力 (KPa)	内 径 公称尺寸	工作压力 (KPa)	内 径 公称尺寸	工作压力 (KPa)	内 径 公称尺寸	工作压力 (KPa)
13	490	13	294	13	294	12.5	400 (150℃)	5	980
16		16		16		16		6	
19		19		19		19		8	
22		22		22		20		10	
25	980	25	490	25	490	25		13	588
32		32		32		31.5		16	
38		38		38		38		19	
45		45		45		40		22	
51	490	51	686	51	686	50		25	980
64		64		64		51		32	
76		76		76		63		38	
				89		80		45	
				102				51	588
				127				64	
				152				76	

表 4—84

运 输 胶 带 (GB523—74)

(mm)

型 别	运 输 胶 带 宽 度 及 布 层 数										运输胶带覆盖胶层厚度			
											工作面胶厚 非工作面胶厚			
强力型	宽 度 布层数				650 3~5	800 3~6	1000 3~7	1200 4~10	1400 5~10	1600 5~12	6.0 3.0	6.0 1.5	4.5 3.0	4.5 1.5
普通型	宽 度 布层数	300 3~5	400 3~6	500 3~8	650 3~9	800 3~10	1000 3~11	1200 4~12	1400 5~12	1600 5~12	6.0 3.0	6.0 3.0	4.5 3.0	4.5 1.5
耐热型	宽 度 布层数		400 3~6	500 3~8	650 3~9	800 3~10	1000 3~11	1200 4~12	1400 5~12	1600 5~12	6.0 3.0	4.5 3.0	3.0 3.0	3.0 1.5

注：运输胶带的统一标记方法为：宽度×布层数×(工作面胶厚+非工作面胶厚)×长度。例：800×8×(6+3)×100。

表 4—85

钢丝编织胶管(GB3683—83)

一 层 钢 丝		二 层 钢 丝		三 层 钢 丝	
胶管代号 内径—工作压力 (mm—MPa)	外 径 (mm)	胶管代号 内径—工作压力 (mm—MPa)	外 径 (mm)	胶管代号 内径—工作压力 (mm—MPa)	外 径 (mm)
4—20	13	6—28	17	6—40	19
6—18	15	8—25	19	8—33	21
8—17	17	10—23	21	10—28	23
10—15	19	13—22	25	13—25	27
13—14	23	16—17	28	16—21	30
16—11	26	19—15	31	19—18	33
19—10	29	22—13	34	22—16	36
22—9	32	25—11	37.5	25—14	39
25—8	36	32—9	45	32—11	47
32—6	43.5	38—8	51	38—10	53
38—5	49.5	45—8	58	45—9	60
		51—6	64	51—8	66

注: 1. 供在工作温度-30~+80℃, 工作压力5.88~39.2MPa的条件下输送机油、润滑油或空气介质用。2. 胶管制造长度为0.5~10m。

表 4—86

工 业 用 橡 胶 板

(mm)

标准	GB5574—85	GB5575—85
厚度	0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 30, 40, 50	1.5, 2, 3
宽度	500~2000	>500
长度	协议制造	>5000
用途	工矿企业、交通运输等部门使用的橡胶垫圈、密封垫、缓冲垫板以及铺地用。根据需要可制成光面或带花纹、布纹及夹织物的胶板	为化工设备及管件衬里用的未硫化胶板

4.6.3 涂料

涂料是应用于物体表面而能结成坚韧保护膜的物质。它是一种有机高分子胶体的混合溶液, 称为“有机涂料”。人们习惯上称它为油漆。按主要成膜物质分类, 涂料可分为18大类, 见表4—87。

表 4—87

涂 料 分 类 表

序号	代号	成膜物质类别	主 要 成 膜 物 质
1	Y	油脂类	天然动植物油, 合成油等
2	T	天然树脂类	松香, 虫胶, 动物胶, 大漆等
3	F	酚醛树脂类	酚醛树脂等
4	L	沥青类	天然沥青, 石油沥青, 煤焦沥青
5	C	醇酸树脂类	甘油醇酸树脂, 其它改性醇酸树脂等
6	A	氨基树脂类	尿醛树脂, 聚酰亚胺树脂等
7	Q	硝基纤维类	硝酸纤维素酯
8	M	纤维酯及醚类	醋酸纤维, 乙基纤维等
9	G	过氯乙烯树脂类	过氯乙烯树脂
10	X	乙烯树脂类	氯乙烯共聚树脂, 含氟树脂等
11	B	丙烯酸树脂类	丙烯酸树脂, 丙烯酸共聚物等
12	Z	聚酯树脂类	聚酯树脂
13	H	环氧树脂类	环氧树脂等
14	S	聚氨酯类	聚氨基甲酸酯
15	W	元素有机聚合物类	有机硅、有机铝等有机化合物等
16	J	橡胶类	天然橡胶, 合成橡胶等
17	E	其它类	除以上所列的其它成膜物质
18		辅助材料	稀释剂, 防潮剂, 催化剂, 固化剂, 脱漆剂

4.7 金属材料热处理、表面处理及材料选用

4.7.1 金属材料热处理

钢的热处理种类和应用见表 4—88~表 4—90。

表 4—88

钢普通热处理方法、目的和应用

名称	操作方法	目的	应用要点
退火	将钢件加热到 $Ac_3+30\sim 50^\circ\text{C}$ 或 $Ac_1+30\sim 50^\circ\text{C}$ 或 Ac_1 以下的温度, 经透烧和保温后, 随炉或在绝热物质中缓慢冷却	1. 降低硬度, 提高塑性, 改善切削加工与压力加工性能; 2. 细化晶粒, 改善机械性能, 为下一步工序作准备; 3. 消除热、冷加工所产生的内应力	1. 适用于合金结构钢、碳素工具钢、合金工具钢、高速钢等的锻件、焊接件以及供应状态不合格的原材料; 2. 一般在毛坯状态进行退火
正火 (正常化)	将钢件加热到 Ac_3 或 Acm 以上 $30\sim 50^\circ\text{C}$, 保温后以稍大于退火的冷却速度, 冷却下来	正火的目的与退火相似	正火通常作为锻件、焊接件以及渗碳零件的预先热处理工序。对于性能要求不高的低碳和中碳的碳素结构钢及低合金钢件, 也可以作为最后热处理。对于一般中、高合金钢空冷可导至完全或局部淬火, 则不能作为最后热处理工序
淬火	将钢件加热到相变温度以上, 保温一定时间, 然后在水、硝盐、油或空气中快速冷却	淬火一般是为了得到高硬度的马氏体组织, 有时对某些高合金如不锈钢、耐磨钢淬火时, 则是为了获得单一均匀的奥氏体组织, 以提高其耐蚀性和耐磨性	1. 一般均用于含碳量大于 0.30% 的碳钢和合金钢; 2. 淬火能充分地发挥钢的强度和耐磨性潜力, 但同时会造成很大的内应力, 降低钢的塑性和冲击韧性, 故需进行回火以得到较好的综合机械性能
回火	将淬火后的钢件重新加热到 Ac_1 以下某一温度, 经保温后, 于空气或油、热水、水中冷却	1. 降低或消除淬火后的内应力, 减少工件的变形和开裂 2. 调整硬度, 提高塑性和韧性获得工件所要求的机械性能 3. 稳定工件尺寸	1. 保持钢在淬火后的高硬度和耐磨性用低温回火; 保持一定韧性的条件下提高弹性和屈服强度用中温回火, 以高的冲击韧性和塑性为主, 又有足够强度时用高温回火 2. 一般钢尽量避免在 $230\sim 280^\circ\text{C}$, 不锈钢在 $400\sim 450^\circ\text{C}$ 之间回火, 因这时会产生一次回火脆性
调质	淬火 + 高温回火称为调质。即钢件加热到比淬火时高 $10\sim 20^\circ\text{C}$ 的温度, 保温后进行淬火, 然后在 $400\sim 720^\circ\text{C}$ 的温度下进行回火	1. 改善切削加工性能, 提高加工表面光洁度 2. 减小淬火时的变形和开裂 3. 获得良好的综合机械性能	1. 适用于淬透性较高的合金结构钢、合金工具钢和高速钢 2. 不仅可以作为各种较为重要的结构件的最后热处理, 而且还可作为某些精密件如丝杠等的预先热处理, 以减小变形

续表 1

名称	操作方法	目的	应用要点
时效	将钢件加热到 80~200℃, 保温 5~20h 或更长一些时间, 然后随炉或取出在空气中冷却	1. 稳定钢件淬火后的组织, 减小存放或使用期间的变形; 2. 减轻淬火以及磨削加工后的内应力, 稳定形状和尺寸	1. 适用于经淬火后的各钢种; 2. 常用于要求形状不再发生变形的精密工件, 如精密丝杠、测量工具、床身箱体等
冷处理	将淬火后的钢件, 在低温介质 (如干冰、液氮) 中冷却到零下 60~80℃ 或更低, 温度均匀一致后, 取出升温到室温	1. 使淬火钢件内的残余奥氏体全部或大部转变为马氏体, 从而提高钢件的硬度、强度、耐磨性和疲劳极限; 2. 稳定钢的组织, 以稳定钢件的形状和尺寸	1. 钢件淬火后应立即进行冷处理, 然后再经低温回火, 以消除低温冷却时的内应力; 2. 冷处理主要适用于合金钢制的精密刀具、量具和精密零件

表 4-89

钢表面热处理方法、目的和应用

名称	操作方法	目的	应用要点
火焰表面淬火	用乙炔-氧混合气体燃烧的火焰, 喷射到钢件表面上, 快速加热, 当达到淬火温度后, 立即喷水冷却	提高钢件表面硬度、耐磨性及疲劳强度, 心部仍保持韧性状态	1. 多用于中碳钢制件, 一般淬透层深为 2~6mm 2. 适用于单件或小批生产的大型工件和需要局部淬火的工件
感应加热表面淬火	将钢件放入感应器中, 使钢件表层产生感应电流, 在极短的时间内加热到淬火温度, 然后立即喷水冷却	同上	1. 多用于中碳钢和中碳合金结构钢制件 2. 由于集肤效应, 高频感应淬火淬透层一般为 1~2mm, 中频淬火一般为 3~5mm, 工频淬火一般 >10mm
渗碳	将钢件放入渗碳介质中, 加热至 900~950℃ 并保温, 使钢件表面获得一定浓度和深度的渗碳层	同上	1. 多用于含碳量为 0.15~0.25% 的低碳钢及低合金钢制件。一般渗碳层深 0.5~2.5mm 2. 渗碳后必须经过淬火, 使表面得到马氏体, 才能实现渗碳的目的
氮化	利用在 500~600℃ 时氨气分解出来的活性氮原子, 使钢件表面被氮饱和, 形成氮化层	提高钢件表面的硬度、耐磨性和疲劳强度, 以及抗蚀能力	多用于含有铝、铬、钼等合金元素的中碳合金结构钢, 以及碳钢和铸铁。一般氮化层深为 0.025~0.8mm
氰化	向钢件表面同时渗氮和渗碳的方法	同上	1. 多用于低碳钢、低合金结构钢以及工具钢制件。一般氰化层深为 0.02~3mm 2. 氰化后还需淬火和低温回火

表 4—90

常用表面热处理的性能与效果

表面处理种类	表面层的状态				性能特点				变形开裂倾向	适用钢材及工作条件
	层深 (mm)	处理后 表层变化	表层组织	表层应力 情况	硬度 (HV)	耐磨 性	接触 疲劳 强度	弯曲疲 劳强 度		
渗碳淬火	中等 0.1~1.5	表面硬化, 表层高残余压 应力	M+K+A'	(—) (提高 55%)	650~850	高	好	好 (提高 40~120%)	较大变形 不易开裂	低碳钢 低碳合金 钢 铁基粉末 合金 重载零件
碳氮共渗	较浅 0.1~1.0	同上	含氮 0.15~ 0.5% M+ K+ A' (含 C 0.7~ 1.0%)	(—)	700~850	高	很好	很好	变形较小 不易开裂	低碳钢 中碳钢 低碳合金 钢 铁基粉末 合金
氮化	薄层 0.1~0.4	同上	$\alpha(\epsilon+\gamma')\alpha+\gamma'$	(—)	800~ 1200	很高	好	好 (提高 15~180%)	变形甚小 不易开裂	合金氮化 钢球墨铸铁
软氮化	扩散层 0.3 ~0.4mm 碳氮化物层 5~20 μ m	同上	表面碳氮化 物层、内面氮 扩散层	(—) (提高 22~ 32%)	500~800	较好	较好	较好	变形甚小 不易开裂	碳钢、铸 铁、耐热钢 等、轻载荷 高速滑动零 件
感应加热表面 淬火	0.8~5.0	同上	M+A'	(—) 提高 68%	600~850	高	好	好	较小	中碳钢或 中碳合金 钢、低淬透 性钢、球墨 铸铁
火焰淬火	1~12	同上	M+A'	(—)	600~800	高	好	好	较小	中碳钢或 中碳合金钢
表面冷 形变	表面滚压强 化	0~0.5	表层加工硬 化粗糙度减 小, 高残余压 应力	位错密度增高	(—)	提高 0~150	改善	较大提高	—	碳钢、合 金钢零件
	喷丸强化	0~0.5	表层加工硬 化, 高残余压 应力, 有凹痕	位错密度增加	(—)	> 300 时 不升高	— 改善	较大提高	—	碳钢、合 金钢、球墨 铸铁零件

注: (—) 为残余压应力, M 马氏体, K 碳化物, A' 残余奥氏体。

4.7.2 热处理技术条件的标注

热处理技术条件的标注分别见表 4—91、表 4—93。

表 4—91 热处理技术条件的符号及表示法 (GC423—62)

热 处 理 方 式	代表符号	表 示 方 法 举 例
退火	Th	退火表示方法为: Th
正火	Z	正火表示方法为: Z
调质	T	调质至 HBS230~250, 表示方法为: T235
淬火	C	淬火回火至 HRC45~50, 表示方法为: C48
油中淬火	Y	油冷淬火回火至 HRC30~40, 表示方法为: Y35
高频淬火	G	高频淬火回火至 HRC50~55, 表示方法为: G52
调质高频淬火	T-G	调质后高频淬火回火至 HRC52~58, 表示方法为: T-G54
火焰淬火	H	火焰加热淬火回火至 HRC52~58, 表示方法为: H54
氰化 (C-N 共渗)	Q	氰化淬火回火至 HRC56~62, 表示方法为: Q59
氮化	D	氮化层深度 0.3mm, 硬度 HV>850, 表示方法为: D0.3-900
渗碳淬火	S-C	渗碳层深度 0.5mm, 淬火回火至 HRC56~62, 表示方法为: S0.5-C59
渗碳高频淬火	S-G	渗碳层深度0.9mm, 高频淬火回火至HRC56~62, 表示方法为: S0.9-G59

注: (1) 热处理表示方法 (代号) 中的数字是标准硬度范围的平均值, 除举例中所列外, 尚有下列标准硬度, 设计时优先采用。

(2) 去应力退火、发蓝用文字表示。

T215	C42	C45	C56	C60	C61	C63
HBS 200~230	HRC 40~45	HRC 42~48	HRC 54~58	HRC 58~62	HRC 58~64	HRC 61~65

表 4—92

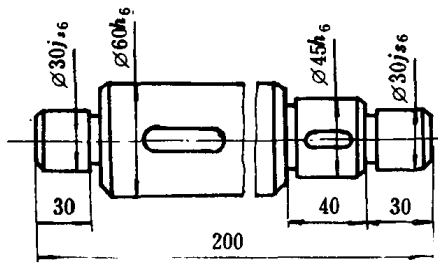
常用钢的一般热处理种类及代号

钢 号	热 处 理								
	Th	Z	T	C	G	T—G	Q	S—C	S—G
08	Th								
15		Z						S—C59	S—G59
35		Z		C35					
45		Z	T215, T235	C42, C48	G42, G48	T—G52			
Y12							Q58		
65Mn	Th	Z	T280	C45, C58					
T8A	Th			C58					
T10A, T12A	Th		T215	C61					
20Cr, 20Mn2B		Z						S—C59	S—G59
40Cr		Z	T215, T235	C48, C52	G42, G52	T—G52			
9SiCr	Th			C62~64					
CrMn, CrWMn	Th			C56, C62					
GCr15	Th			C60, C63					
5CrMnMo	Th			C39					
60Si2MnA	Th			C42, C45					
W18Cr4V				C63					

表 4-93

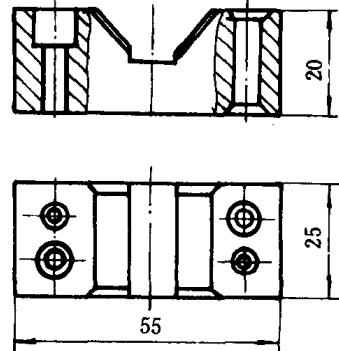
热处理技术条件标注示例

图 1 轴 (45 钢)



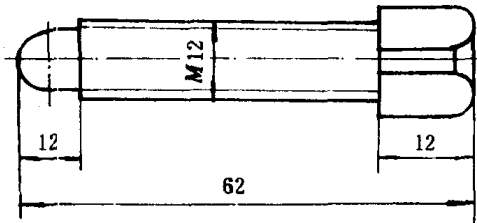
热处理技术条件: Z (HBS>170)

图 4V 形块 (20 钢)



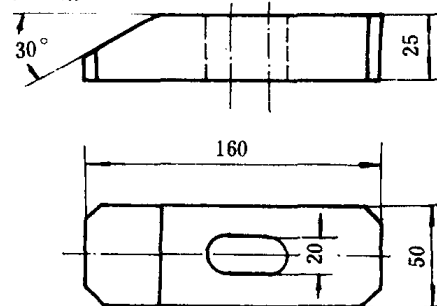
热处理技术条件: S1.2-C62 发蓝

图 2 螺钉 (45 钢)



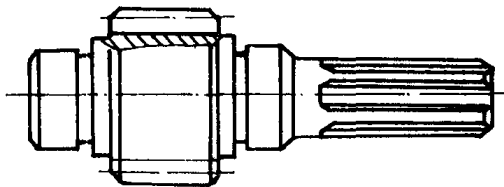
热处理技术条件: T235, 螺钉头、尾 C45

图 5 平端压板 (45 钢)



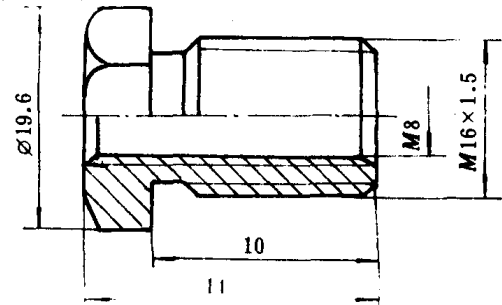
热处理技术条件: C45 发蓝

图 3 齿轮轴 (40Cr)



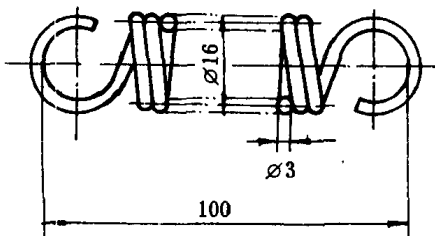
热处理技术条件: T235, 齿部及花键 G52

图 6 螺纹衬套 (45 钢)



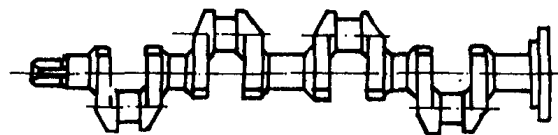
热处理技术条件: Y35, 发蓝

图 7 拉力弹簧 (碳素弹簧钢丝 II 级)



热处理技术条件: 冷绕后, 去应力退火

图 8 柴油机曲轴 (QT600-3)



热处理技术条件:

铸后正火及高温回火, 轴颈高频淬火。

机械性能: $\sigma_b > 650 \text{ MN/m}^2$; $\alpha_{ku} > 15 \text{ J/cm}^2$

轴体 HBS240~300, 轴颈 HRC>55

4.7.3 表面强化层深度

不同零件采用不同的表面热处理，应合理选择淬硬层深度。感应表面淬火选择淬硬层深度时，除考虑耐磨性外，还必须根据零件的服役条件，使其获得良好的综合机械性能。表 4—94~表 4—96 为汽车、拖拉机表面淬火件常用材料的硬度要求和淬硬层深度的要求。

渗碳层厚度是随零件尺寸及工作条件而定的，太薄易引起表面疲劳剥落，太厚则受不起冲击。其选择的一般原则是，零件受载小，渗碳层深度可浅一些；反之，渗碳层厚度相应要深一些。表 4—97~表 4—98 为汽车、拖拉机齿轮渗碳层深度。

热处理时，零件不可避免地会产生变形，因此在加工过程中必须留有加工余量。这样既可简化热处理操作，又不使随后机械加工（特别是磨削加工）时增加过大工作量。对调质件、渗碳件和淬火件所留加工余量分别见表 6—79~表 6—83。

表 4—94

汽车、拖拉机表面淬火件常用材料的硬度要求

材 料	表 面 硬 度 (HRC)		备 注
	耐磨性要求较高的零件	耐磨性要求一般，强度、韧性要求较好的零件	
35, 40, 45, 50	55~63	45~58	表面淬火前为正火或调质组织
40Cr, 45Cr, 40MnB, 45MnB	55~63	45~58	表面淬火前为正火或调质组织
合 金 铸 铁	45~58	>43 (灰铸铁有时 >38)	表面淬火前应为细珠光体基体+细小均匀分布石墨和针状及少量网状碳化物
可 锻 铸 铁			铁素体、珠光体基体+退火石墨
球 墨 铸 铁			珠光体+球状石墨（可允许 15~20% 铁素体）
灰 铸 铁			细珠光体+细小片状石墨（可允许 5~10% 铁素体）

表 4—95

汽车、拖拉机表面淬火件的淬硬层深度要求

零件的性能要求	淬 硬 深 度	备 注
耐 磨	1~7mm	按加工留磨量及使用情况（是否修磨后继续使用）而定
耐 疲 劳	为零件直径的 10~20%	零件直径 $>40\text{mm}$ 时，取 10%

表 4—96

不同零件感应表面淬火所选用的淬硬层、材料及设备

工作条件及零件种类	所需淬硬层深度	选 用 材 料	采 用 设 备
工作于摩擦条件下的零件, 如一般较小齿轮、轴类	1.5~2mm	45, 40Cr	电子管式高频设备
承受扭曲、压力负荷的零件, 如曲轴、大齿轮、磨床主轴	3~5mm	45, 40Cr, 9Mn2V, 球 墨 铸 铁	中 频 发 电 机
承受扭曲、压力负荷的大型零件, 如冷轧辊	>10~15mm	9Cr2W, 9Cr2Mo	工 频 设 备

表 4—97

汽车、拖拉机齿轮的模数与渗碳层深度的关系

齿轮模数 m	2.5	3.5~4	4~5	5
渗碳层厚度 (mm)	0.6~0.9	0.9~1.2	1.2~1.5	1.4~1.8

表 4—98

汽车、拖拉机齿轮的渗碳层深度

汽车、拖拉机齿轮	变速齿轮	差速器齿轮	减速器齿轮
渗碳层厚度 (mm)	0.8~1.2	0.9~1.3	1.1~1.5

4.7.4 热处理零件的结构工艺性

在设计零件时, 如只考虑零件结构形状适合部件机构的需要, 而忽视了热处理零件的结构工艺性, 则往往会因零件形状不合理而增大淬火的变形和开裂倾向。因此在满足零件使用要求而初步选定材料的条件下, 在设计淬火零件的结构形状时, 应充分考虑零件的结构工艺性。一般应遵循的原则及改善结构工艺性的措施见表 4—99、表 4—100。

表 4—99

改善一般淬火件结构工艺性的措施

原则	改善措施	图例														
避免尖角、棱角；避免厚薄悬殊的断面	避免零件上尖角、棱角，如右图所示。 阶梯轴淬火前粗加工时圆角 R，如下表所示。 单位：mm <table><tr><td>$D-d$</td><td>—</td><td>11~25</td><td>26~50</td><td>51~125</td><td>126~300</td><td>301~500</td></tr><tr><td>R</td><td>2</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>30</td></tr></table> 氮化零件在轴肩或截面改变处，应采用 $R>0.5\text{mm}$	$D-d$	—	11~25	26~50	51~125	126~300	301~500	R	2	5	10	15	20	30	
	$D-d$	—	11~25	26~50	51~125	126~300	301~500									
	R	2	5	10	15	20	30									
厚薄悬殊的零件，可考虑开工艺孔，如右图所示。																
为避免零件厚薄悬殊，应合理安排孔或槽的位置，如右图所示。																

续表 1

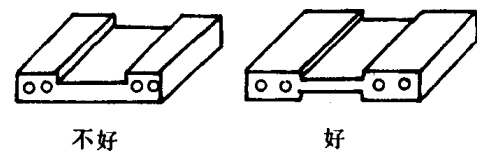
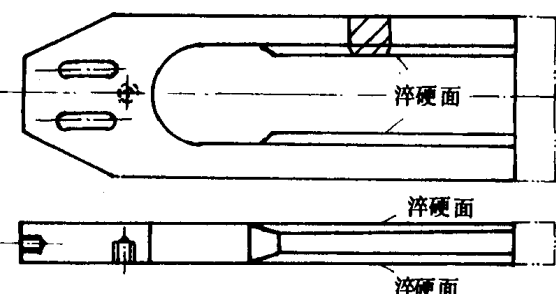
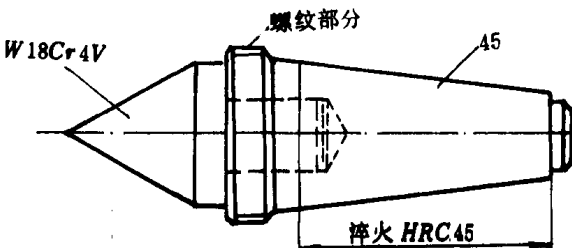
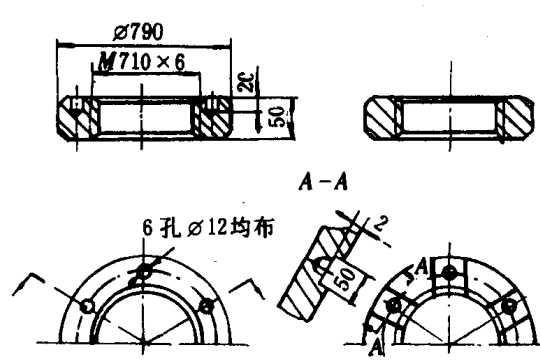
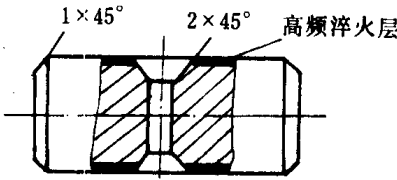
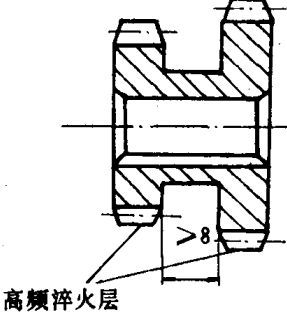
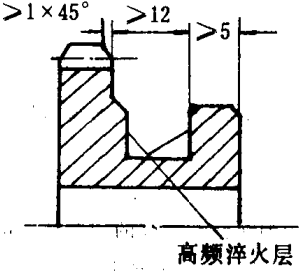
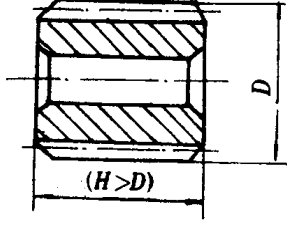
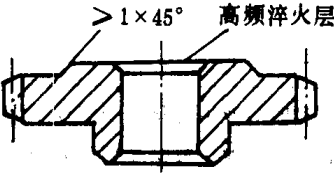
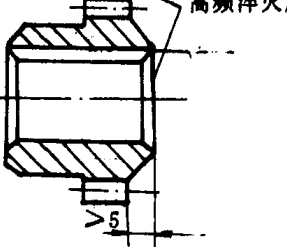
原则	改 善 措 施	图 例
尽量采用对称、封闭结构	零件应尽量采用对称结构，如右图所示。避免应力分布不均匀，产生变形。	
	如零件因结构须要制成开口型，建议制造时，先加工成封闭结构（右图点划线所示），淬火回火后再加工成开口（用薄片砂轮切开）	
采用组合结构	如右图所示。原设计磨床顶尖采用 W18Cr4V 整体制造，在淬火时出现裂纹。改用右图组合结构，顶尖部仍用 W18Cr4V 钢，尾部用 45 钢，分别热处理后，采用热套方式配合，既解决了开裂，又节约了高速钢。	
有利于机械加工修正变形	右图 (a) 零件 (45 钢) 要求 6 个 $\phi 12$ 孔淬硬；淬火后两端面平行度达不到要求，因孔已淬硬，只能磨削加工，但平面尺寸过大，无法磨削。如按右图 (b) 改进结构，使淬硬的孔面降低 2mm，则可用车削法修正。	

表 4—100

改善感应加热表面淬火件结构工艺性的措施

措施简图	说明	措施简图	说明
1 	轴端、轴孔及齿轮端部，均应有倒角，以防尖角处过热或溶化。	4 	二联或三联以上齿轮，如外径相差不大，齿部均须淬火时，齿部二端面间距应$>8\text{mm}$，防止后淬齿轮在感应加热时，影响先淬齿轮的硬度。
2 	塔形齿轮如在沟槽、拨叉部位要求淬火，则端部厚度应大于5mm（防止端部开裂）；沟槽部分也要有一定宽度（$>12\text{mm}$），使感应器制作及操作方便。	5 	在一般情况下，不应设计齿宽比直径大的齿轮，否则易变形，不宜得到合理的硬化层分布。如结构上须要，则采用合金钢等温淬火或分级淬火。
3 	齿轮端部淬火时，淬火部分应凸起不小于1mm，并倒角45°，以避免端面淬火时影响齿部硬度，并减少淬火（及磨削）面积。	6 	齿部及端面均须淬火时，端面与齿部距离应$>5\text{mm}$，防止感应加热端面时，影响齿部硬度。

4.7.5 表面处理

金属的表面处理见表 4—101~表 4—103。

表 4—101

金属镀层的种类、特性及应用

名称	工件材料	镀层厚度 (μm)	表面最低粗糙度 ($R_a, \mu\text{m}$)		特 性 及 应 用
			处理前	处理后	
镀锌	钢	5~25	不规定	不规定	锌层有很好的防腐性能, 在承受弯曲, 扩展及拧合时不易脱落, 但不耐压和摩擦, 也不能用于酸、碱介质中。有缝隙的组件, 具有高强度、高硬度及厚度小于 0.5mm 的工件不宜镀锌
	铜及铜合金	5~12			
镀镉	钢	3~25	3.2	不规定	镉层柔软并有高的弹性, 在海水和海水蒸汽中防护性较好, 便于焊接, 但焊缝的强度较低。镉稀少价高, 使用受到一定限制
	铜及铜合金	5~25			
镀铜	钢	3~30	3.2	不规定	铜层不能单独作为防护层用, 常用来作为镀铬、镀镍前的底层和钢件局部渗碳的保护层
镀铬	钢	铜 12~18 镍 8~12 铬 0.2~2	1.6	不规定	铬层具有很高的硬度、耐磨性、耐热性和足够的耐蚀性。由于铬层具有多孔性, 所以需经多层电镀 (先镀铜或镀镍打底)。受冲击负荷的工件不宜镀铬
	铜及铜合金	镍 5~8 铬 0.2~2			
硬镀铬	钢	3~160	0.2	0.2	不打底层直接镀铬。目的是为了提高在磨损条件下工作的零件、工模具的硬度和耐磨性。磨损了的零件、工模具亦可用镀铬修复尺寸
	铜及铜合金	3~20			
镀镍	钢	18~25	1.6	不规定	镍层具有较高的硬度及在大气和碱溶液中的化学安定性, 为了增强镍层的保护能力, 要采用带底层的镀镍。镀镍多用于装饰性的场合
	铜及铜合金	8~12	0.2	0.2	

表 4—102

金属的氧化和磷化处理

名称	方 法	特 点	应 用
氧化 (发蓝)	将钢件放入含苛性钠, 硝酸钠或亚硝酸钠溶液中处理, 使钢件表面生成一层很薄的黑色或深黑蓝色的氧化膜	氧化膜主要由磁性氧化铁所组成, 厚度约为 $0.5 \sim 1.5 \mu\text{m}$, 能起防蚀作用, 色泽光洁, 但硬度低, 不耐磨。氧化膜浸油可提高其防蚀能力	一般用来提高钢件表面的防蚀能力, 并使表面美观
磷 化	将钢件放入磷酸盐溶液中浸泡, 使金属表面获得一层灰色或暗灰色不溶于水的磷酸盐薄膜	磷化膜由磷酸铁、锌、锰盐所组成, 厚度约 $5 \sim 15 \mu\text{m}$, 抗蚀能力为氧化膜的 $2 \sim 10$ 倍以上, 浸油后抗蚀能力还可以大大提高, 但在酸、碱、海水、氨气及蒸汽的浸蚀下不能防止腐蚀, 硬度和强度较低, 有脆性	一般用它作为钢件的防护层及油漆底层, 需要冷压、冷拉的零件还可以用它来减少摩擦力和裂纹

表 4—103

铝及铝合金的表面处理

名 称	被 复 层 特 性	应 用 范 围
阳极化	阳极化膜是浅灰色的透明薄膜, 为了提高防护性能, 阳极化后在铬酸中填充处理, 这时氧化膜呈黄绿色	适用于所有铝及铝合金零件及形状简单的对接气焊零件, 但搭接点焊或铆接的零件不能阳极化
着色阳极化	氧化膜用有机染料可着成下列颜色: 黑, 红, 天蓝, 黄绿, 紫色等, 其防护性能低于重铬酸盐填充处理过的氧化膜	主要用于装饰, 只适用于不受阳光直射的零件
无色阳极化	氧化膜在热水中填充处理, 以提高氧化膜的防护性能	适用于暴露在外部的铝合金零件
深阳极化 (硬阳极化)	氧化膜呈暗灰色或近于黑色, 氧化膜具有高硬度、良好的耐磨性, 高的电绝缘性和绝热性	适用于受摩擦和腐蚀作用而表面具有较高硬度和耐磨性的零件, 以及耐热和好的电绝缘性的零件。LY11 铝合金不适于深阳极化

4.7.6 机械零件材料选用

正确选择机械零件材料是设计与制造中的一项重要内容。合理选择材料的基本步骤为: 分析零件工作条件→分析失效形式→结合力学计算确定零件应具有的主要机械性能指标→选择材料→决定热处理方法(或其他强化方法)→试验→投产。典型零件(工具)工作条件、失效形式及要求的机械性能见表 4—104。

表 4—104

几种零件(工具)工作条件、失效形式及要求的机械性能

零件(工具)	工 作 条 件			常见失效形式	要求的主要机械性能
	应力种类	载荷性质	其 它		
普通紧固螺栓	拉、剪应力	静	—	过量变形、断裂	强度、塑性
传动轴	弯、扭应力	循环、冲击	轴颈处摩擦、振动	疲劳破坏, 过量变形、轴颈处磨损	综合机械性能
传动齿轮	压、弯应力	循环、冲击	强烈摩擦, 振动	磨损、疲劳麻点、齿折断	表面高硬度及疲劳极限, 心部强度、韧性
弹 簧	扭应力(螺旋簧)弯应力(板簧)	循环、冲击	振动	弹性丧失, 疲劳破坏	弹性极限、屈强比、疲劳极限
油泵柱塞副	压应力	循环、冲击	摩擦, 油的腐蚀	磨损	硬度, 抗压强度
冷作模具	复杂应力	循环、冲击	强烈摩擦	磨损、脆断	硬度, 足够的强度、韧性
压 铸 模	复杂应力	循环、冲击	高温、摩擦、金属液腐蚀	热疲劳、脆断、磨损	高温强度、抗热疲劳性、足够的韧性与热硬性

在选材时要重视考虑的几个问题:

①考虑机械零件性能与材料性能之间的关系。机械设计中总是依照材料的性能试验数据来选择零件材料的。设计过程中要重视材料性能对零件性能的作用, 还要注意零件性能与材料性能之间的差别。

从手册上查到的各项机械性能指标, 一般都是用形状比较简单、尺寸较小的标准试样, 以简单的加载方式在试验机上测得试验数据, 并将多个试样的试验数据用统计的方法求得的。但由于零件实体与试验试样因结构形状和受力情况不完全相同, 故零件实体所处的应力状态要比试样复杂得多, 即使材料化学成分和生产过程完全一样, 也因零件截面大小不同, 性能会有较大差别。这种因零件截面尺寸增大而材料机械性能降低的“尺寸效应”, 在选材时应充分考虑。增大零件尺寸不仅使强度韧性减小, 表面强度也同时降低。一些钢材热处理后的尺寸效应数据见表 4—105、表 4—106。

表 4—105

钢 材 的 尺 寸 效 应 (调质后)

钢 号	截面($\phi 25 \sim 30\text{mm}$)				截面($\phi 100\text{mm}$)			
	σ_s (MN/m^2)	σ_b (MN/m^2)	$\psi(\%)$	α_k (J/cm^2)	σ_s (MN/m^2)	σ_b (MN/m^2)	$\psi(\%)$	α_k (J/cm^2)
40, 45, 40Mn, 45Mn	400~600	600~800	50~55	80~100	300~400	500~700	40~50	40~50
30CrMnSi, 37CrNi3 35CrMoV, 18Cr2Ni4W 25Cr2Ni4W	900~1000	1000~1200	50~55	80~100	800~900	1000~1200	50~55	80~100

表 4—106

淬 火 硬 度 与 尺 寸 效 应

截面尺寸, (mm)		淬 火 硬 度 值 (HRC)						
材料及热处理	淬 火 硬 度 值 (HRC)	< 3	4~10	11~20	21~30	31~50	51~80	81~120
15	渗碳水淬	58~65	58~65	58~65	58~65	58~62	50~60	—
15	渗碳油淬	58~62	40~60	—	—	—	—	—
35	水 淬	45~50	45~50	45~50	35~45	30~40	—	—
45	水 淬	54~59	50~58	50~55	48~52	45~50	40~45	25~35
45	油 淬	40~45	30~35	—	—	—	—	—
T8	水 淬	60~65	60~65	60~65	60~65	56~62	50~55	40~45
T8	油 淬	55~62	—	—	—	—	—	—
T10	碱 浴	61~64	61~64	61~64	60~62	—	—	—
20Cr	渗碳油淬	60~65	60~65	60~65	60~65	56~62	45~55	—
40Cr	油 淬	50~60	50~55	50~55	45~50	40~45	35~40	—
35SiMn	油 淬	48~53	48~53	48~53	40~45	40~45	35~40	—
65SiMn	油 淬	58~64	58~64	50~60	48~55	40~45	40~45	35~40
GCr15	油 淬	60~64	60~64	60~64	58~63	52~62	48~50	—
CrWMn	油 淬	60~65	60~65	60~65	60~65	60~64	58~62	56~60

②考虑零件用材与经济性的关系。

在满足使用性能的前提下, 选用材料时还应注意降低零件总成本。零件的总成本包括材料本身的价格和生产有关的其他一切费用。

我国常用金属材料的相对价格和常用热处理方法的相对加工费用见表 4—107、表 4—108。

表 4—107

我国常用金属材料的相对价格

材 料	相对价格	材 料	相对价格
普通碳素结构钢	1	铬不锈钢	5
普通低合金结构钢	1.25	铬镍不锈钢	15
优质碳素结构钢	1.3~1.5	普通黄铜	13~17
易 切 钢	1.7	锡青铜、铝青铜	19
合金结构钢 (Cr—Ni 钢除外)	1.7~2.5	灰口铸铁件	~1.4
铬镍合金结构钢 (中合金钢)	5	球墨铸铁件	~1.8
滚珠轴承钢	3	可锻铸铁件	2~2.2
碳素工具钢	1.6	碳素铸钢件	2.5~3
低合金工具钢	3~4	铸造铝合金、铜合金	8~10
高 速 钢	16~20	铸造锡基轴承合金	23
硬质合金 (YT 类刀片)	150~200	铸造铅基轴承合金	10

注: 1. 相对价格按 1976 年冶金部规定价格并以普通碳素钢价格为基数 1, 钢材为热轧圆钢 ($\phi 29 \sim 50\text{mm}$); 有色金属为圆材 ($\phi 20 \sim 40\text{mm}$).

2. 铸件为 10^3kg 以下, 铸造工艺复杂等级为“一般”.

表 4—108

常用热处理方法的相对加工费用

热 处 理 方 法	相对加工费	热 处 理 方 法	相对加工费
退 火(电炉)	1	调 质	2.5
球化退火	1.8	盐浴炉淬火及	刀具、模具
正火(电炉)	1	回 火	结构零件
渗碳淬火-回火(渗碳层深 $0.8 \sim 1.5\text{mm}$)	6	冷 处 理	3
氮 化	~38	高 频 感 应 加 热 淬 火	按淬火长度计算, 一般比渗碳淬火价廉
软 氮 化	10		

注: 1. 热处理加工费以每千克重量计算, 并以退火 (电炉) 每千克加工费为基数 1.

2. 相对加工费按规定的厂际协作加工费计算.

常用机械零件选材情况, 见表 4—109~表 4—114.

表 4—109

典型农机具耐磨零件用钢

类别	典型零件	选用钢号	推荐的热处理规范	HRC	技术条件	附 注
与 土 壤 摩 擦 的 零 件	犁 铧	65Mn	830±10℃ 淬火, 280±10℃ 回火	52—60	GB699—65	65SiMnRE 使 用寿命比 65Mn 高约 25—50%
		65SiMnRE	820±10℃ 淬火, 240±10℃ 回火	52—60	YB13—69	
	犁 壁	Q215 或 Q235	920—960℃ 渗碳, 770—780℃ 淬火冷到 180—200℃ 后自行回火	50—60	GB700—65	渗碳层厚 1.5 —2.5mm
		犁壁三层钢板软 中层 B2, 硬外层 65Mn、65、60	770—780℃ 水淬, 100—200℃ 回火	50—60	YB214—64	
	旱田耙耙片	65Mn 65SiMnRE	780—820℃ 油淬, 420—450℃ 回火水冷	42—49	GB699—65 YB13—69	
	水田耙耙片	65Mn	800—830℃ 油淬, 450—500℃ 回火水冷	38—44	GB699—65	
	中耕机锄铲	65Mn	780—830℃ 淬火, 300—350℃ 回火	HBS400— 500	GB699—65	
	犁、浅耕机、 播种机圆盘	65Mn	820±10℃ 淬火, 380—400℃ 回火	42—49	GB699—65	

续表 1

类别	典型零件	选用钢号	推荐的热处理规范	HRC	技术条件	附 注
与土壤摩擦的零件	高力中耕机铲	Q215	920—940℃ 渗碳, 780—800℃ 淬火, 300—360℃ 回火	40—50	GB700—65	渗碳厚度 0.8—1.5mm
		80 和 Q215 双层 复合钢板	790± 10℃ 淬火, 180—200℃ 回火	50—60		硬层厚度 1.0—1.3mm
	推土机铲刀	55SiMnCuRE	淬火,回火		YB13—63	
	拖拉机履带板	41Mn2SiRE	850± 10℃ 淬火, 400—450℃ 回火	38—45	YB13—63	耐磨性比 45 提高 50%
与农作物摩擦的零件	收割机动刀片	T9	860± 10℃ 高频淬火, 260 回火	50—60	YB5—59	
		20Q235 或 Q255	表面处理		GB700—65	
	收割机定刀片	45	淬火,回火	52—66	GB699—65	效果以低碳钢 加表面处理为好
		20, Q235 或 Q255 渗硼或碳氮共渗	渗硼或碳氮共渗		GB700—65	
		9Mn2V	780—810℃ 油淬, 150—200℃ 回火	62	YB7—59	

表 4-110

机械零件常用钢材及热处理方法

钢 号	热 处 理	机 械 性 能					代 用 钢 号	用 途 举 例
		σ_s MN/m ²	δ %	α_{kv} J/cm ²	HBS	HRC		
10	S-C59	—	—	—	—	56~62	08F、Q235	冷压加工的并须渗碳淬火的零件, 如自攻螺丝, 摩擦片等
15	S-C59	—	—	—	心部 146~163	56~62	10、20、Q235	载荷小、形状简单、受摩擦及冲击的零件, 如小轴、套、挡铁、销钉等
	S-C59	250~300	>20	—	心部 <143	56~62		
35	C35	>650	>8	30	—	30~40	Q275	强度要求较高的小型零件, 如小轴、螺钉、垫圈、环、螺母等
45	Z	—	—	—	<229	—	Q275	载荷不大的轴、垫圈、丝杠、套筒、齿轮等
	T215	—	—	—	200~230	—	Q275	截面在 100mm 以下, 工作速度不高并受中等单位压力的零件, 如齿轮、装滚动轴承的轴、花键轴、套、蜗杆、大型定位螺钉、大型定位销等
	T235	>450	>13	>40	220~250	—		
	Y35	>650	>15	—	—	30~40	50	外形复杂的薄体小零件, 其截面在 6~8mm 以下者, 如套环紧固螺母等
	C42	—	—	—	—	40~45	50、Q275	截面在 80mm 以下, 形状不复杂的, 具有较高强度与硬度的零件, 如齿轮、轴、离合器、挡铁、定位销、键等
	C48	>950	>6	—	—	45~50	50	截面在 50mm 以下, 不受冲击的高强度耐磨零件, 如齿轮、轴、棘轮、芯子等
	G42	—	—	—	—	40~45	50	载荷不大、中等速度, 承受一定冲击力的齿轮、离合器、大轴等
	G48	—	—	—	—	45~50	50	中等速度和低载荷的齿轮, 冲击力不大的离合器, 直径较大的轴等

续表 1

钢 号	热处理	机 械 性 能					代 用 钢 号	用 途 举 例
		σ_s MN/m ²	δ %	α_{ku} J/cm ²	HBS	HRC		
45	G54	—	—	—	心部 220~250	52~58	—	速度不大, 受连续重载荷作用, 模数小于 4 的齿轮, 直径小于 80mm 的轴和导轨上键复的钢条等零件
	T—G54	>450	>17	—	—	52~58		
20Cr	S—C59	心部 >600	心部 >10	心部 >60	心部 >212	56~62	20Mn2B	中等尺寸、高速、中等单位压力和冲击下的零件, 如齿轮、离合器、主轴、蜗杆
	S—G59	—	—	—	—	56~62		要求高耐磨性, 热处理变形小, 齿轮模数为 3 以下的齿轮、主轴、花键轴
20CrMnTi	S—C59	心部 >800	心部 >9	心部 >80	心部 240~300	56~62	20SiMnVB	高速、中等或大的单位压力及冲击载荷下的零件, 如齿轮蜗杆、主轴
	S—G59	—	—	—	—	—		同上, 但要求变形更小的零件
40Cr	T215	>650	>10	>60	200~230	—	35SiMn 45MnB	中等速度、中等载荷零件, 如齿轮、滚动轴承中运转的主轴、顶尖套、蜗杆、花键轴、轴等
	T235	—	—	—	220~250	—		
	C42	>1140	—	50	—	40~45	45MnB	中等速度, 高载荷零件, 如齿轮、主轴、液压泵转子、滑块
	C48	1300~1400	7	~30	—	45~50	42SiMn	同上, 但截面小于 30mm
	G52	—	—	—	—	50~55	42SiMn	中等速度, 中等压力的齿轮, 如心部强度要求高, 可先调质

续表 2

钢 号	热处理	机 械 性 能					代 用 钢 号	用 途 举 例
		σ_s MN/m ²	δ %	α_{kv} J/cm ²	HBS	HRC		
65Mn	C45	>1250	>5	—	—	42~48	—	带状弹簧, 截面大于 6mm 以上弹簧、垫圈
	C58	—	—	—	—	55~60	—	高强度、高耐磨、高弹性的零件, 如弹簧夹头、机床主轴
60Si2Mn	C42	>1200	>5	—	—	40~45	65Mn	截面大于 12~15mm 承受较重载荷的大型弹簧
	C45	>1300	>5	—	—	42~48		
2Cr13	T235	450	16	80	200~255	—	—	大气条件下不锈钢的, 载荷不大的零件, 如镜面轴、标准尺
T10	Th 球化	—	—	—	<197	—	—	不淬硬的精密丝杠
	T215	—	—	—	200~230	—	T12	大载荷, 有一定耐磨性的精密丝杠
	C61	—	—	—	—	58~64	T12	耐磨性高的零件, 如车床顶尖、套筒
CrWMn	C56	—	—	—	—	54~58	9Mn2V CrMn	变形小, 耐磨性高的精密丝杠, 凸轮样板, 模具的导向套
	C62	—	—	—	—	60~64		
GCr15	C60	<1700	—	—	—	58~62	—	耐磨性高, 承受压力大的垫块、心轴
	C63	—	—	—	—	61~65	—	载荷大, 耐磨性高的零件, 如叶片泵定子、靠模、滚动轴承
W18Cr4V	C63	—	—	—	—	61~65	—	高硬度, 耐磨的零件, 如油泵叶片、螺旋磨床顶尖及其他高温耐磨零件

表 4—111

汽车发动机零件用材概况

代表性零件	材料种类及牌号	使用性能要求	主要失效方式	热处理及其它
缸体、缸盖、飞轮、正时齿轮	灰口铸铁 HT200	刚度、强度、尺寸稳定	产生裂纹、孔壁磨损、扭曲变形	不处理或去应力退火。也可用 ZL104 铝合金做缸体缸盖、淬火后时效。
缸套、排气门座等	合金铸铁	耐磨、耐热	过量磨损	铸造状态
曲轴等	球墨铸铁 QT600-3	刚度、强度、耐磨、疲劳抗力	过量磨损、断裂	表面淬火、圆角滚压、氮化，也可以用锻钢件
活塞销等	渗碳钢 20、18Cr20CrMnTi、12Cr2Ni4	强度、冲击、耐磨	磨损、变形、断裂	渗碳、淬火、回火
连杆、连杆螺栓、曲轴等	调质钢 45、40Cr、40MnB	强度、疲劳抗力、冲击韧性	过量变形、断裂	调质、探伤
各种轴承、轴瓦	轴承钢和轴承合金	耐磨疲劳抗力	磨损、剥落、烧蚀破裂	不热处理（外购）
排气门	耐热气阀钢 4Cr3Si26Mn20Al5MoVNb	耐热、耐磨	起槽、变宽、氧化烧蚀	淬火、回火
汽门弹簧	弹簧钢 65Mn、6CrVA	疲劳抗力	变形、断裂	淬火、中温回火
活塞	有色金属高硅铝合金 ZL108、ZL110	耐热强度	烧蚀、变形、断裂	淬火及时效
支架、盖、罩档板、油底壳等	钢板 Q235、08、20、16Mn	刚度、强度	变形	不热处理

表 4—112

汽车底盘零件用材概况

代表性零件	材 料 牌 号	使用性能要求	主要失效方式	热处理及其它
纵梁、横梁、传动轴 (4000 转/分) 保险 柜、钢圈等	25、16Mn 钢板等	强度、刚度、 韧性	弯曲、扭斜铆钉松 动、断裂	要求用冲压工艺性能好 的优质钢板
前桥(前轴)转向节臂(羊角)、半轴等	调质钢 45、40Cr、 40MnB	强度、韧性、 疲劳抗力	弯曲变形、扭转变 形、断裂	模锻成形、调质处理、 圆角滚压、无损探伤、检 验
变速箱齿轮、后桥齿 轮等	渗碳钢 20CrMnTi、 30CrMnTi、20MnTiB 12Cr2Ni4 等	强度、耐磨、 接触疲劳抗力及 断裂抗力	麻点、剥落、齿面 过量磨损、变形、断 齿	渗碳(渗碳层深度 0.8mm 以上) 淬火、回火 表面硬度 HRC58~62
变速器壳、离合器壳	灰口铸铁 HT200	刚度、尺寸稳 定、一定强度	产生裂纹、轴承孔 磨损	去应力
后桥壳等	可锻铸铁 KTH350~10 球墨铸铁 QT450-10	同上	弯曲、断裂	后桥还可用优质钢板冲 压后焊成或用铸钢
钢板弹簧等	弹簧钢 65Mn、 60Si2Mn、50CrMn、 55SiMnVB	耐疲劳、冲击 和腐蚀	折断、弹性减退、 弯度减小	淬火、中温回火、喷水 强化
驾驶室、车箱、罩等	钢板 08、20	刚度、尺寸稳 定	变形、开裂	冲压成形
分泵活塞、油管	有色金属、铝合金、紫 铜	耐磨、强度	磨损、开裂	

表 4-113

三缸活 塞 泵 主 要 零 件 的 用 材

零 件 名 称	材 料
曲轴箱	铸造铝合金
曲轴	球墨铸铁或钢
连杆	锻铝
活塞碗托	不锈钢
进出水平阀	不锈钢
进出水阀片	不锈钢
进出水阀座	不锈钢
三角套筒	铸造黄铜
唧筒	不锈钢
活塞碗	丁腈橡胶或硅橡胶
山形密封圈	丁腈橡胶
调压阀阀座	不锈钢
回水体	锡锌铝青铜 (ZQSn6-6-3)
锥阀	高铝陶瓷或不锈钢
调压轮	增强尼龙 6
截止阀阀体	锡锌铝青铜 (ZQSn3-12-5)
阀门	尼龙 1010
空气室	玻璃钢或 H68 冷轧黄铜带

表 4-114

离 心 泵 主 要 零 件 用 材

零 件 名 称	材 料
泵体	ZL11 铸造铝合金
叶轮前圆盘	酚醛树脂夹玻璃丝
接轴螺帽	铸造黄铜
密封环	锡锌铝青铜(ZQSn6-6-3)
压盖	铸造黄铜
吸药头	聚甲醛
叶轮后圆盘	酚醛树脂夹玻璃丝
水泵轴	45 号钢
扇形喷头	聚甲醛
远射喷嘴	聚甲醛
近射器	黄铜带

5.1 带传动

带传动是靠张紧在带轮上的挠性元件带, 传递运动和动力的一种传动形式。它是一种结构简单、传动平稳、能缓和冲击、能实现两轴距离较远的传动。

5.1.1 三角带传动

三角带传动是靠胶带的两侧面和带轮槽两侧面间的摩擦力传递运动和动力的, 传递的功率较大, 结构简单, 传动平稳, 有吸振作用和过载保护作用, 但传动比不精确 (滑动率 $< 2\%$)。其常用的传动范围如表 5—1 所示。

表 5—1 三角胶带传动常用范围

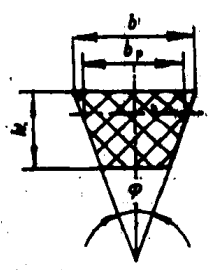
传递功率, (kW)	线速度, (m/s)	传 动 比	中心距, (m)	传 动 效 率
< 40	5~25	< 7	0.2~5	0.92~0.94

①三角胶带的结构和规格

三角胶带目前有帘布结构和线绳结构, 都是由橡胶和纤维制成, 可分为包布层、伸张层、强力层和压缩层四部分。

标准三角带制成无接头的环形, 根据其截面尺寸的不同, 可分为 O、A、B、C、D、E、F 七种型号 (见表 5—2)。

表 5—2 三角胶带截面尺寸及公差 (GB1171—74) (mm)

型 号	O	A	B	C	D	E	F	
b	10±0.3	13±0.3	17±0.3	22±0.3	32±0.3	38±0.3	50±0.3	
b _p ①	8.5	11	14	19	27	32	42	
h	6±0.3	8±0.3	10.5±0.3	13.5±0.3	19±0.3	23.5±0.3	30±0.3	
φ	40° +1°							
ISO 型号 对照	Z	A	B	C	D	E	—	

注: 按 ISO R52、R253。

为了测量方便, 规定带的内周长为公称长度 L_i , 从带的中性层量得的长度为节线长度 L_p 。其长度系列见表 5—3。选购三角带的标记示例: 内周长 $L_i = 2000\text{mm}$ 的 A 型三角胶带的标记为: 三角胶带 A—2000。

表 5—3

三角胶带长度系列

(mm)

内周长度 L_i ①	节 线 长 度 L_p ②						
	O	A	B	C	D	E	F
450	475						
500	525						
560	585	593					
630	655	663	670				
710	735	743	750				
800	825	833	840				
900	925	933	940				
1000	1025	1033	1040				
1120	1145	1153	1160				
1250	1275	1283	1290	1309			
1400	1425	1433	1440	1459			
1600	1625	1633	1640	1659			
1800	1825	1833	1840	1859			
2000	2025	2033	2040	2059			
2240		2273	2280	2299			
2500		2533	2540	2559			
2800		2833	2840	2859			
3150		3183	3190	3209	3226		
3550		3583	3590	3609	3626		
4000		4033	4040	4059	4076		
4500			4540	4559	4576	4596	
5000			5040	5059	5076	5096	
5600			5640	5659	5676	5696	
6300				6359	6376	6396	6419
7100				7159	7176	7196	7219
8000				8059	8076	8096	8119
9000				9059	9076	9096	9119
10000					10076	10096	10119
11200					11276	11296	1139
12500						12596	12619
14000						14096	14119
16000						16096	16119

注: ① 内周长度 L_i 系列按GB1171—74。

② 我国过去称计算长度, 现按ISO R1081称节线长度。

传动时, 由于胶带与带轮接触的圆弧各点处产生的胶带弯曲应力不一样, 带是在循环交变应力下工作, 带轮直径愈小, 弯曲应力愈大。

为了控制这个应力, 以免胶带很快疲劳断裂, 对小带轮直径要加以限制。另一方面, 由于带本身受到拉力, 当初拉力一定, 传递的功率愈大, 所受拉力愈大。不同型号的胶带, 所受拉应力和疲劳强度也不同, 为了使胶带具有一定寿命, 也需要限制其使用功率。因此, 不同的功率和不同的小带轮直径, 应合理选用不同

型号的胶带。带型号可按图 5—1 选用。

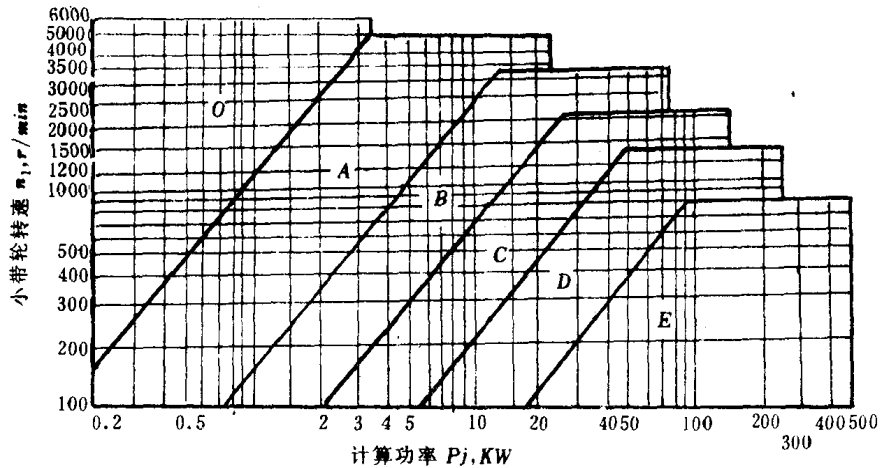


图 5—1 三角胶带选型图

② 三角胶带传动的设计计算

带传动的失效形式是：带打滑；带疲劳断裂；带工作面磨损。因此，设计三角胶带传动的依据是：保证带不打滑，足够的疲劳强度和使用寿命。设计其它靠摩擦传递动力的带传动时也依据此原则。表 5—4 是根据此原则进行设计计算的。

表 5—4 三角胶带传动的设计计算

计算项目	符号	单位	计算公式和参数选择	备 注
计算功率	P_i	kW	$P_i = K_g P$	P —传递的功率，kW K_g —工作情况系数（查表 5-5）
胶带型号			根据 P_i 和 n_1 由图 5-1 查得	n_1 —小带轮转速，r/min
小带轮计算直径	D_1	mm	参考表 5-6、5-12	为了提高胶带使用寿命，应取较大直径
大带轮计算直径	D_2	mm	$D_2 = i D_1 (1 - \varepsilon) = \frac{n_1}{n_2} D_1 (1 - \varepsilon)$ 通常取 $\varepsilon = 0.02$	i —传动比 n_2 —大带轮转速，r/min ε —弹性滑动率 D_2 —应按表 5-12 查得
带 速	v	m/s	$v = \frac{\pi D_1 n_1}{60 \times 1000} \leq v_{\max}$ $v_{\max} = 25 \sim 30 \text{ m/s}$	为了充分发挥带的传动能力，应使： $v \approx 20 \text{ m/s}$
初定中心距	a_0	mm	$0.7 (D_1 + D_2) \leq a_0 \leq 2 (D_1 + D_2)$	或根据结构要求定
初算胶带长度	L_0	mm	$L_0 = 2a_0 + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a_0}$	由表 5-3 选取相近的 L_p 、 L_i 值
实际中心距	a	mm	$a \approx a_0 + \frac{L_p - L_0}{2}$	安装时所需最小中心距： $a_{\min} = a - 0.015 L_p$ 张紧或补偿伸长所需的最大中心距： $a_{\max} = a + 0.03 L_p$
小带轮包角	α_1		$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{D_2 - D_1}{a} \times 60^\circ \geq 120^\circ$	如 α_1 较小，应增大 a 或用张紧轮
单根胶带传递的功率	P_0	kW	根据 v 和 D_1 查表 5-9	P_0 是 $\alpha_1 = 180^\circ$ 、特定长度的单根三角胶带所能传递的功率
单根胶带传递功率增量	ΔP_0	kW	$\Delta P_0 = K_w n_1 (1 - \frac{1}{K_i})$	K_w —弯曲影响系数（查表 5-7） K_i —传动比系数（查表 5-8）

续表 1

计算项目	符号	单位	计算公式和参数选择								备 注	
胶带根数	z		$z = \frac{P_j}{(P_0 + \Delta P_0) K_a K_L}$								K_a —小带轮包角系数(查表 5-10) K_L —长度系数(查表 5-11) z 应取整数	
单根胶带的 预紧力	F_0	N	$F_0 = 0.51 \left(\frac{2.5}{K_a} - 1 \right) \frac{P_j}{zv} + qv^2$								q —三角胶带每米长的质量, kg / m P_i —计算功率, W	
			型号	O	A	B	C	D	E	F		
			q	0.0612	0.102	0.174	0.303	0.634	0.918	1.55		
作用在轴 上的力	Q	N	$Q = 2F_0 z \sin \frac{\alpha_1}{2}$									

注: 按表 5-9 确定三角胶带传递的功率 P_0 时, 考虑我国胶带的材质情况, 建议 $(P_0 + \Delta P_0)$ 值乘以 0.75~1, 棉帘布、棉线绳结构三角胶带取低值, 化学纤维绳结构三角胶带取高值。

表 5-5

工作情况系数 K_g

工 作 机		原 动 机					
		I 类			II 类		
		一 天 工 作 时 间, h					
		<10	10~16	>16	<10	10~16	>16
载荷平稳	液体搅拌机; 离心式水泵; 通风机和鼓风机 (< 7.5kW) 离心式压缩机; 轻型输送机; 车床; 钻床; 磨床	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
载荷变动小	带式输送机 (运送砂石、谷物); 通风机 (> 7.5kW); 发电机; 旋转式水泵; 剪床; 压力机; 印刷机; 振动筛; 铣床; 滚齿机; 六角车床	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
载荷变动较大	螺旋式输送机; 斗式提升机, 往复式水泵和压缩机; 锻锤; 磨粉机; 锯木机和木工机械; 纺织机械; 刨床; 插床; 插齿机等	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
载荷变动很大	破碎机 (旋转式、颞式等); 球磨机; 棒磨机; 起重机; 挖掘机; 橡胶辊压机	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

注: * I 类——普通鼠笼式交流电动机; 同步电动机; 并激直流电动机; $n > 600r/min$ 内燃机。

II 类——交流电动机 (双鼠笼式、滑环式、单相、大转差率); 直流电动机 (复激、串激); 单缸发动机; $n < 600r/min$ 内燃机。反复启动、正反转频繁、工作条件恶劣等场合, K_g 应乘以 1.1。

表 5—6

三角胶带带轮最小直径 $D_{\min}$

(mm)

型 号	O	A	B	C	D	E	F
$D_{\min}$	71 (63)	100 (90)	140 (125)	200	315	500	800

表 5—7

弯曲影响系数 K_w

型 号	O	A	B	C	D	E
K_w	0.39×10^{-3}	1.03×10^{-3}	2.65×10^{-3}	7.50×10^{-3}	26.6×10^{-3}	49.8×10^{-3}

表 5—8

传动比系数 K_i

传 动 比 i	1.00~1.04	1.05~1.19	1.20~1.49	1.50~2.95	>2.95
K_i	1.00	1.03	1.08	1.12	1.14

表 5—9

包角 $\alpha = 180^\circ$ 、特定长度单根三角胶带所能传递的功率 P_0

(kW)

型号	小带 轮直 径 D_1 (mm)	胶 带 速 度, m/s														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
O	63	0.13	0.23	0.31	0.39	0.47	0.54	0.60	0.67	0.72	0.78	0.82	0.85	0.90	0.93	0.96
	71	0.14	0.25	0.35	0.44	0.53	0.62	0.69	0.77	0.84	0.91	0.97	1.01	1.06	1.12	1.16
	80	0.15	0.28	0.39	0.49	0.59	0.69	0.78	0.87	0.95	1.03	1.10	1.15	1.22	1.28	1.34
	>90	0.16	0.30	0.42	0.53	0.64	0.75	0.85	0.95	1.04	1.13	1.21	1.27	1.35	1.42	1.49
A	90	0.23	0.41	0.56	0.71	0.84	0.97	1.08	1.19	1.30	1.39	1.48	1.56	1.63	1.69	1.74
	100	0.25	0.45	0.62	0.80	0.95	1.10	1.23	1.37	1.49	1.61	1.72	1.82	1.91	1.99	2.07
	112	0.27	0.49	0.69	0.88	1.06	1.22	1.38	1.53	1.68	1.82	1.95	2.07	2.18	2.29	2.39
	>125	0.29	0.53	0.75	0.95	1.15	1.33	1.51	1.68	1.85	2.00	2.15	2.29	2.42	2.54	2.66
B	125	0.38	0.68	0.94	1.18	1.36	1.60	1.79	1.96	2.13	2.26	2.42	2.54	2.65	2.74	2.82
	140	0.43	0.77	1.07	1.35	1.58	1.86	2.09	2.31	2.52	2.71	2.89	3.06	3.21	3.35	3.48
	160	0.47	0.86	1.21	1.53	1.80	2.13	2.41	2.67	2.93	3.16	3.39	3.60	3.80	3.98	4.15
	>180	0.51	0.93	1.31	1.67	1.98	2.34	2.65	2.95	3.24	3.52	3.78	4.03	4.26	4.47	4.68
C	200		1.34	1.86	2.34	2.78	3.20	3.59	3.95	4.30	4.62	4.91	5.19	5.43	5.65	5.84
	224		1.50	2.09	2.65	3.17	3.66	4.13	4.57	5.00	5.39	5.76	6.11	6.43	6.72	6.99
	250		1.63	2.29	2.91	3.50	4.06	4.59	5.10	5.60	6.05	6.49	6.90	7.29	7.65	7.98
	>280		1.75	2.48	3.16	3.80	4.43	5.02	5.60	6.15	6.67	7.16	7.65	8.09	8.51	8.90
D	315		2.70	3.73	4.66	5.53	6.34	7.08	7.79	8.46	9.06	9.61	10.12	10.57	10.97	11.30
	355		3.07	4.27	5.40	6.44	7.43	8.36	9.25	10.10	10.68	11.61	12.31	12.93	13.51	14.03
	400		3.39	4.74	6.03	7.24	8.39	9.49	10.52	11.55	12.49	13.39	14.24	15.02	15.76	16.45
	>450		3.67	5.18	6.61	7.95	9.24	10.48	11.72	12.81	13.89	14.91	15.92	16.87	17.73	18.57
E	500					10.18	11.78	13.31	14.76	16.17	17.44	18.69	19.84	20.92	21.92	22.82
	560					11.20	13.01	14.73	16.39	17.98	19.49	20.92	22.28	23.58	24.77	25.88
	630					12.14	14.13	16.03	17.89	19.69	21.40	23.00	24.57	26.02	27.41	28.73
	>710					12.99	15.15	17.25	19.24	21.23	23.05	24.86	26.60	28.22	29.78	31.24

续表 1

型号	小带 轮直 径 D_1 (mm)	胶 带 速 度, m/s														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
O	63	0.99	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.02	1.00	0.96	0.94					
	71	1.20	1.23	1.26	1.27	1.29	1.31	1.30	1.30	1.27	1.26					
	80	1.39	1.43	1.47	1.49	1.53	1.56	1.57	1.57	1.56	1.56					
	>90	1.55	1.60	1.65	1.68	1.73	1.77	1.79	1.80	1.80	1.81					
A	90	1.79	1.83	1.86	1.87	1.88	1.87	1.86	1.84	1.80	1.75	1.69	1.62	1.53	1.42	1.30
	100	2.14	2.20	2.25	2.28	2.32	2.33	2.34	2.34	2.32	2.29	2.25	2.20	2.14	2.05	1.96
	112	2.48	2.56	2.63	2.68	2.74	2.77	2.80	2.82	2.83	2.82	2.80	2.77	2.72	2.66	2.58
	>125	2.76	2.86	2.95	3.03	3.10	3.16	3.20	3.23	3.26	3.27	3.28	3.26	3.23	3.18	3.13
B	125	2.88	2.94	2.98	2.99	2.99	2.96	2.93	2.87	2.79	2.70	2.58	2.43	2.27	2.06	1.86
	140	3.58	3.67	3.75	3.81	3.86	3.88	3.88	3.87	3.83	3.78	3.70	3.61	3.49	3.32	3.16
	160	4.30	4.44	4.56	4.67	4.76	4.83	4.88	4.91	4.92	4.91	4.87	4.82	4.75	4.63	4.52
	>180	4.86	5.04	5.20	5.33	5.46	5.56	5.65	5.71	5.76	5.79	5.79	5.77	5.74	5.65	5.57
C	200	6.00	6.14	6.26	6.33	6.39	6.38	6.36	6.31	6.22	6.09	5.94	5.73	5.48	5.16	4.84
	224	7.24	7.45	7.64	7.79	7.93	8.01	8.07	8.09	8.06	8.02	7.94	7.81	7.64	7.40	7.15
	250	8.30	8.58	8.83	9.05	9.25	9.40	9.52	9.61	9.66	9.68	9.66	9.60	9.49	9.31	9.13
	>280	9.27	9.61	9.94	10.22	10.48	10.68	10.87	11.01	11.11	11.20	11.27	11.27	11.20	11.10	10.98
D	315	11.60	11.82	12.00	12.10	12.19	12.11	12.02	11.87	11.61	11.32	10.93	10.47	9.90	9.19	8.32
	355	14.50	14.91	15.28	15.55	15.80	15.92	16.03	16.06	15.95	15.85	15.67	15.36	14.99	14.47	13.79
	400	17.08	17.65	18.19	18.60	19.02	19.28	19.55	19.73	19.83	19.88	19.82	19.70	19.49	19.13	18.62
	>450	19.32	20.04	20.72	21.28	21.83	22.25	22.66	22.97	23.20	23.40	23.48	23.52	23.40	23.19	22.82
E	500	23.66	24.42	25.11	25.62	26.18	26.48	26.78	26.98	27.02	26.98	26.82	26.53	26.10	25.50	24.83
	560	26.94	27.85	28.76	29.51	30.23	30.78	31.28	31.64	31.90	32.06	32.17	32.04	31.82	31.41	30.98
	630	29.97	31.10	32.17	33.12	34.02	34.74	35.42	36.00	36.44	36.80	37.03	37.16	37.13	36.86	36.62
	>710	32.63	33.97	35.24	36.37	37.42	38.32	39.18	39.90	40.50	41.08	41.50	41.75	41.85	41.85	41.70

表 5—10

小 带 轮 包 角 系 数 K_a

包角 α°	K_a	包角 α°	K_a	包角 α°	K_a
220	1.20	160	0.95	110	0.78
210	1.15	150	0.92	100	0.73
200	1.10	140	0.89	90	0.68
190	1.05	130	0.86	80	0.62
180	1.00	120	0.82	70	0.56
170	0.98				

表 5—11

长度系数 K_L

内周长度 L_i (mm)	K_L					
	O	A	B	C	D	E
450	0.89					
500	0.91					
550	0.94	0.80				
630	0.96	0.81	0.78			
710	0.99	0.82	0.79			
800	1.00	0.85	0.80			
900	1.03	0.87	0.81			
1000	1.06	0.89	0.84			
1120	1.08	0.91	0.86			
1250	1.11	0.93	0.88	0.80		
1400	1.14	0.96	0.90	0.81		
1600	1.16	0.99	0.93	0.84		
1800	1.18	1.01	0.95	0.85		
2000	1.20	1.03	0.98	0.88		
2240		1.06	1.00	0.91		
2500		1.09	1.03	0.93		
2800		1.11	1.05	0.95		
3150		1.13	1.07	0.97	0.86	
3550		1.17	1.10	0.98	0.89	
4000		1.19	1.13	1.02	0.91	
4500			1.15	1.04	0.93	0.90
5000			1.18	1.07	0.96	0.92
5500			1.20	1.09	0.98	0.95
6300				1.12	1.00	0.97
7100				1.15	1.03	1.00
8000				1.18	1.06	1.02
9000				1.22	1.08	1.05
10000					1.11	1.07
11200					1.14	1.10
12500						1.12
14000						1.15
16000						1.18

③ 带轮

设计带轮时,应使其重量轻,质量分布均匀,以减少带轮的转动不平衡量。当带轮圆周速度 $v > 5\text{m/s}$ 时应进行静平衡,当 $v > 25\text{m/s}$ 时应进行动平衡。轮槽的工作表面应精加工,其表面粗糙度应不大于 $R_a 1.6\mu\text{m}$ 。带轮的材料一般用灰铸铁、铸钢、钢板、铝合金或工程塑料等。

带轮由轮缘、轮辐和轮毂三部分组成。带轮的计算直径见表 5—12。轮缘尺寸见表 5—13。轮辐部分有实心、辐板(孔板)和椭圆三种,其结构形式和辐板厚度见表 5—14。

带轮安装时,两轮轴线的平行度应小于 $\frac{1}{100}a$,轮宽对称面的偏移量应小于 $\frac{1}{200}a$ 。带轮的静平衡要求见表 5—15。技术要求见表 5—16、5—17。带轮的典型结构见图 5—2。

表 5—12 三角带轮计算直径

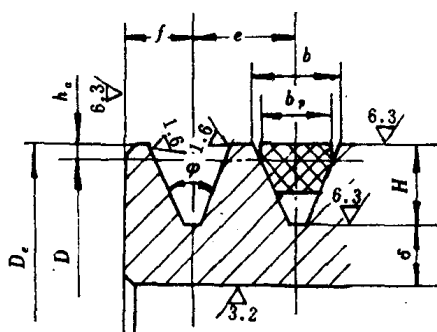
计算直径 D_i, mm	O	A	B	C	计算直径 D_i, mm	A	B	C	D	E	计算直径 D_i, mm	B	C	D	E
63	✓✓				224	✓	✓	✓✓			750	✓	✓	✓	
67	✓				236			✓			800	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
71	✓✓				250	✓✓	✓✓	✓✓			900	✓	✓	✓	✓
75	✓				265			✓			1000	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
80	✓✓				280	✓	✓	✓✓			1060			✓	
90	✓	✓✓			300	✓	✓	✓			1120		✓	✓✓	✓
95		✓			315	✓✓	✓✓	✓✓			1250		✓✓	✓	✓✓
100	✓✓	✓✓			355	✓	✓	✓	✓✓		1400		✓	✓✓	✓
106		✓			375		✓	✓	✓		1500			✓	✓
112	✓	✓✓			400	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓		1600		✓✓	✓✓	✓✓
118		✓			425				✓		1800			✓	✓
125	✓✓	✓✓	✓		450	✓	✓	✓	✓✓		1900				✓
132		✓	✓		475				✓		2000			✓✓	✓✓
140	✓	✓✓	✓✓		500	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	2240				✓
150	✓	✓	✓		530					✓	2500				✓✓
160	✓✓	✓✓	✓✓		560	✓	✓	✓	✓	✓✓					
170			✓		600		✓	✓	✓	✓					
180	✓	✓✓	✓✓		630	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓					
200	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	670					✓					
212				✓	710	✓	✓	✓	✓	✓✓					

注: ✓✓——优先选用, ✓——可以选用, 直径为 224、250mm 允许用 O 型。

表 5—13

三角带轮轮缘尺寸

(mm)



型 号		O	A	B	C	D	E	F
h_a		2.5	3.5	5	6	8.5	10	12.5
H_{min}		10	12	15	20	28	33	42
e		12 ± 0.3	15 ± 0.3	19 ± 0.4	25.5 ± 0.5	37 ± 0.6	44.5 ± 0.7	58 ± 0.8
f		8	10	12.5	17	24	29	38
δ_{min}		5.5	6	7.5	10	12	15	18
B (整轮宽)		$B = (z-1)e + 2f$ z —轮槽数						
D_c		$D_c = D + 2h_a$						
ϕ	34°	D	63~80	90~112	125~180			
		b	10.0	13.1	17.1			
	36°	D				200~280	315~475	500~600
		b				22.9	32.5	38.5
	38°	D	>90	>125	>200	>300	>500	>630
		b	10.2	13.4	17.4	23.1	32.9	38.9

注: 1. 尺寸 b 的偏差按 $h12$.2. 槽角 ϕ 的偏差 C、D、E、F 型胶带通常为 $\pm 30'$, O、A、B 型胶带为 $\pm 1^\circ$.3. 轮槽工作表面粗糙度 $R_a 3.2\mu m$ ($D > 300mm$) 或 $R_a 1.6\mu m$ ($D < 300mm$).

表 5-14

三角带带轮的结构形式和辐板厚度

(mm)

型 号	孔 径 d	带 轮 直 径 D																																				槽 数 z							
		63	71	75	80	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	170	180	200	212	224	236	250	265	280	300	315	335	375	400	425	450	475	500	530	560	600		630	710	750 (2500)				
		辐 板 厚 度 S																																											
0	12 14				6																																							1~2	
	16 18					7																																						1~3	
	20 22																																											1~4	
	24 25																																											1~4	
	28 30																																												1~4
A	32 35																																												2~4
	16 18																																											1~3	
	20 22																																											1~4	
	24 25																																											1~5	
	28 30																																											1~6	
B	32 35																																												2~6
	38 40																																												2~6
	42 45																																												2~6
	32 35																																												2~6
	38 40																																												2~6
C	42 45																																												3~8
	50 55																																												3~8
	60 65																																												3~8
	42 45																																												3~6
	50 55																																												3~6
D	60 65																																												3~7
	70 75																																												3~7
	80 85																																												5~9
	60 65																																												3~6
	70 75																																												3~6
E	80 85																																												3~7
	90 95																																												5~9
	100 110																																												

表 5-15

带轮静平衡要求

线速度 v , m/s	< 5	5~10	>10~15	>15~20	>20
允许不平衡力矩, N·cm	不进行静平衡	600	300	200	100

表 5-16

带轮轮槽表面径向跳动公差

计算直径 D , mm	50~125	>125~250	>250~500	>500~800
径向跳动公差, μm	80	100	120	200

表 5-17

带轮支承端面跳动公差

支承端面直径, mm	>25~40	>40~63	>63~100	>100~160	>160~250	>250~400	>400~630
端面跳动公差, μm	60	80	100	120	150	200	250

$d_1 (1.8 \sim 2) d$	S 查表 5—14	P —传递功率, kW	$a_1 = 0.4h_1$
$L = (1.5 \sim 2) d$	$S_1 > 1.5S$	n —带轮转速, r/min	$a_2 = 0.8a_1$
$D_0 = D_c - 2(H + \delta)$	$S_2 > 0.5S$	A —轮幅数	$f_1 = 0.2h_1$
$D_s \approx \frac{D_0 + d_1}{2}$	$h_1 = 290 \sqrt[3]{\frac{P}{nA}}, \text{ mm}$	$h_2 = 0.8h_1$	$f_2 = 0.2h_2$

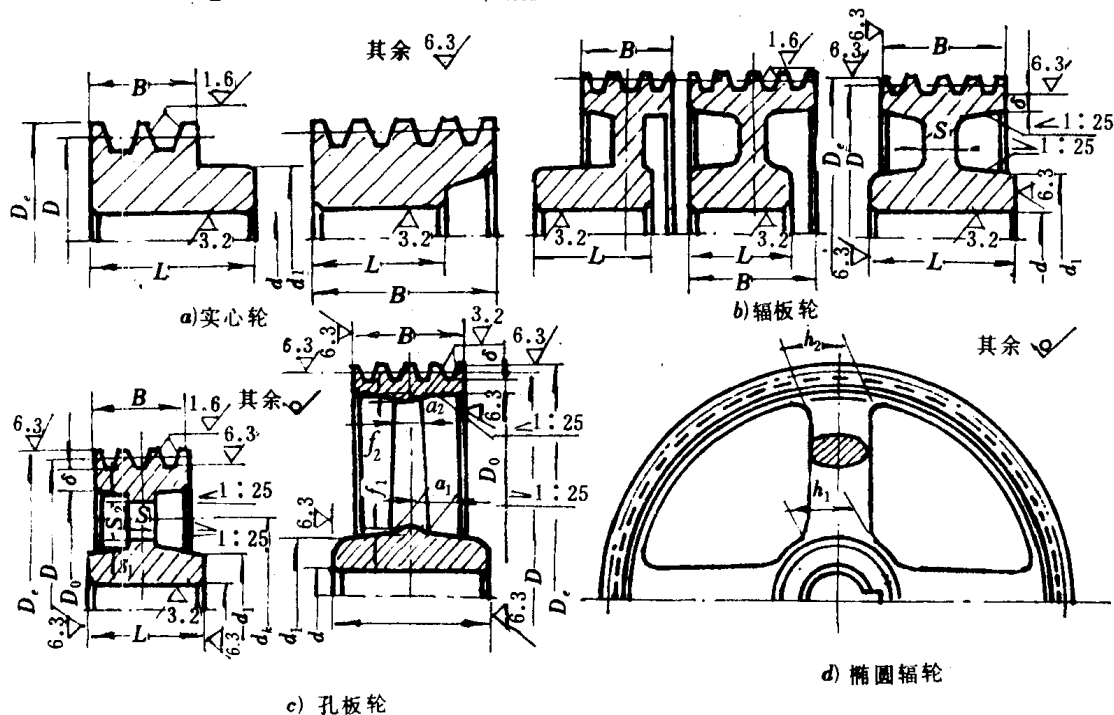


图 5—2 三角带轮典型结构

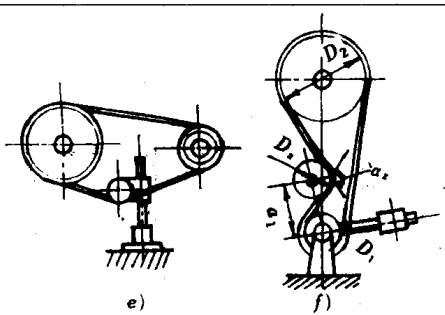
5.1.2 带传动的张紧

表 5—18

带传动的张紧方法

张紧方法	简 图	特 点 和 应 用
调节轴的位置	定期张紧	a) 多用于水平或接近水平的传动 b) 多用于垂直或接近垂直的传动
	自动张紧	c) 多用于小功率传动 d) 常用于带的试验装置 应使电机和带轮的转向有利于减轻配重或减小偏心距

续表 1

张紧方法	简 图	特 点 和 应 用
张 紧 轮		张紧轮直径 $D_z > (0.8 \sim 1) D_1$, 应安装在带的松边 影响带的寿命, 且不能逆转。外张紧可增大包角, 结构紧凑, 但对寿命影响较大 e) 为定期张紧, 张紧轮位置固定 f) 为自动张紧, 应使 $a_1 > D_1 + D_z$ $a_z < 120^\circ$
改变带长		对有接头的平型带常将带定期截短使带张紧, 截去长度 $\Delta L = 0.01 L$

合适的预紧力是保证带传动正常工作的重要因素。预紧力是通过在带与两带轮的切边中点处垂直带边加一载荷 T (图 5—3), 使其产生规定的挠度 Y 来控制。

5.2 链传动

链传动是以链条为中间挠性件的啮合传动, 它兼有齿轮传动和带传动的特点。一般的链传动使用范围是: 传递功率 $P < 100\text{KW}$, 效率 $\eta = 0.92 \sim 0.96$, 传动比 $i < 7$, 传动速度是 $v < 15\text{m/s}$ 。链传动的型式很多, 常用的有套筒滚子链, 齿形链和成形链传动。

5.2.1 套筒滚子链的结构、基本参数及尺寸

套筒滚子链的结构如图 5—4。

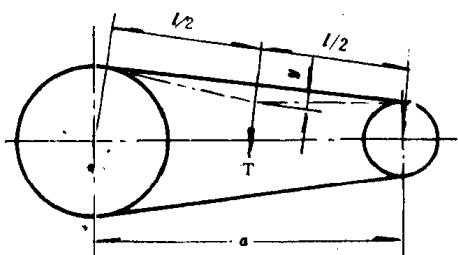


图 5—3 带的预紧力控制

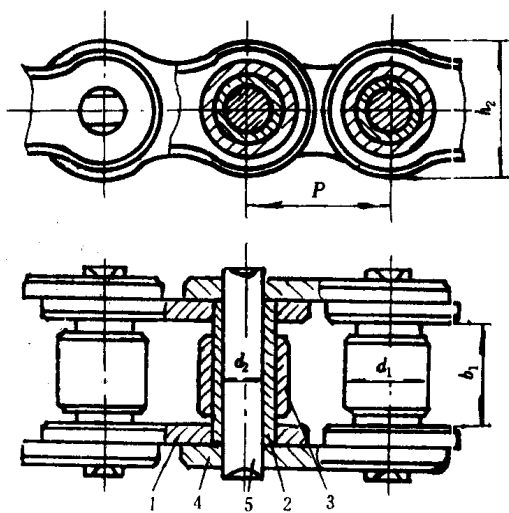


图 5—4 链条的结构

1—内链板 2—套筒 3—滚子 4—外链板 5—销轴

套筒滚子链已标准化, 分为 A、B 两系列, A 系列链用于高速和重要传动, B 系列链用于一般传动。A 系列滚子链基本参数和尺寸见表 5—19。滚子链的标记规定为: 链号—排数×整链链节数、国标编号。例如 A 系列、节距为 12.7mm、单排、80 节的滚子链, 其标记为: 08A—1×80GB1243.1—83。

表 5—19

A 系列滚子链基本参数和尺寸 (GB1243.1—83)

链号	节距 P (mm)	排距 P_1 (mm)	滚子外径 d_1 (mm)	内链节内宽 b_1 (mm)	销轴直径 d_2 (mm)	内链板高度 h_2 (mm)	极限拉伸载荷 (单排) Q (N)	每米质量 (单排) q (kg/m)
08A	12.70	14.38	7.95	7.85	3.96	12.07	13800	0.60
10A	15.875	18.11	10.16	9.40	5.08	15.09	21800	1.00
12A	19.05	22.78	11.91	12.57	5.94	18.08	31100	1.50
16A	25.40	29.29	15.88	15.75	7.92	24.13	55600	2.60
20A	31.75	35.76	19.05	18.90	9.53	30.18	86700	3.80
24A	38.10	45.44	22.23	25.22	11.10	36.20	124600	5.60
28A	44.45	48.87	25.40	25.22	12.70	42.24	169000	7.50
32A	50.80	58.55	28.58	31.55	14.27	48.26	222400	10.10
40A	63.50	71.55	39.68	37.85	19.84	60.33	347000	16.10
48A	76.20	87.83	47.63	47.35	23.80	72.39	500400	22.60

注: 1. 多排链极限拉伸载荷按表列单排链数据乘以排数计算;

2. 使用过渡链节时, 其极限拉伸载荷按表列数值 80% 计算。

5.2.2 滚子链传动的设计计算

链传动的设计计算, 一般是在已知传递的功率、链轮转速或传动比及工作条件等情况下, 确定链条的链号 (节距 P)、链轮齿数、链节数、中心距及链轮结构尺寸等。表 5—20 是按链条磨损失效所限定的功率曲线进行设计的。此方法适用于 $v > 0.6 \text{ m/s}$ 的传动。

① $v > 0.6 \text{ m/s}$ 的滚子链传动的设计计算

表 5—20

 $v > 0.6 \text{ m/s}$ 滚子链传动的设计计算

计 算 项 目	符号	单位	计算公式和参数选定				说 明
小链轮齿数	z_1		$z_1 \geq z_{\min}$ 通常 $z_{\min} = 9$ z_1 可参照链速选定				增大 z_1 , 链条的总拉力下降, 多边形效应减少, 传动平稳, 且回转角增大, 磨损减小, 但尺寸和重量增大。在需要大节距、小齿数时, $z_{\min} \approx 9 + 0.2i$ 。传动空间尺寸允许时, $z_1 \approx 29 - 2i$, z_1 推荐采用奇数齿, 它们和偶数的链节相啮合可使链轮磨损比较均匀
			链速 $v, \text{m/s}$	0.6~3	3~8	>8	
			z_1	>17	>21	>25	
			链轮齿数应优先选用以下数列: 17, 19, 21, 25, 38, 57, 76, 95, 114				

续表 1

计 算 项 目	符 号	单 位	计算公式和参数选定	说 明
传 动 比	i		$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$ 通常 $i < 7$, 推荐 $i = 2 \sim 3.5$, 低速时可使 $i < 10$	n_1, n_2 —小、大链轮的转速, r/min
大链轮齿数	z_2		$z_2 = iz_1$ $z_2 \leq z_{\max} \quad \text{通常 } z_{\max} \leq 120$	增大 z_2 , 节距的允许伸长率 $\frac{\Delta p}{p} \%$ 减小, 链传动寿命降低
张紧链轮或多轴传动中任何从动链轮齿数	z_i		$z_1 \geq 17$ 如需减小 z_p , 甚至 $z_i < z_{\min}$ 可设计小作用角非标准齿形的链轮, 或采用特殊的张紧装置	最少应有 3 个齿与链条啮合
初定中心距	a_0	mm	一般取 $a_0 = (30 \sim 50)p$ 脉动载荷、无张紧装置 $a_0 < 25p$, $a_{\max} = 80p$	$i < 3$ 时, $a_{\min} = 1.2 \frac{d_{a1} + d_{a2}}{2}$ $i > 3$ 时, $a_{\min} = \frac{9+i}{10} \cdot \frac{d_{a1} + d_{a2}}{2}$ d_{a1}, d_{a2} 为大、小链轮顶圆直径, 在有张紧装置或托板时, a_0 可大于 $80p$
计算功率	P_i	kW	$P_j = K_F P$	P —传递的功率, kW K_F —载荷系数 (查表 5-21)
链条节距	p	mm	根据 P_0 和 n_1 由图 5-5 查得 p 值, 图中: $P_0 \geq \frac{P_i}{K_z K_i K_a K_p}$	P_0 —特定条件下, 单排链传递的功率, kW K_z —小链轮齿数系数 (查表 5-22) K_i —传动比系数 (查表 5-23) K_a —中心距系数 (查表 5-24) K_p —多排链系数 (查表 5-25) 为使结构紧凑, 寿命长, 尽可能选用较小节距单排链; 速度高、功率大时, 则选用小节距多排链 从经济性考虑, a 小、 i 大时选小节距多排链; a 大、 i 小时选较大节距单排链

续表 2

计 算 项 目	符 号	单 位	计算公式和参数选定	说 明
验算小链轮轴孔最大直径	d_{kmax}	mm	查表 5-26, 应使 $d_{kmax} >$ 安装链轮处的轴直径	不能满足左列要求时, 可采用特殊结构的链轮, 或重新选择链条参数 (增大 z_1 或 p)
作用在轴上的压力	F_Q	N	$F_Q = K_Y F$	F —有效圆周力, N K_Y —压轴力系数, 一般取 1.2~1.3, 有冲击、振动时取大值
链条节数	L_p		$L_p = \frac{2a_0}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{p}{a_0} \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2$	L_p 应圆整为整数, 并宜取偶数, 以免使用过渡链节 (其破断强度为正常链节的 80% 以下)
链条长度	L	m	$L = \frac{L_p \cdot p}{1000}$	
中 心 距	a	mm	当 $z_1 = z_2 = z$ 时 $a = \left(\frac{L_p - z}{2} \right) \cdot p$ 当 $z_1 \neq z_2$ 时 $a = p (2L_p - z_1 - z_2) K_L$ K_L 值按 $\left(\frac{L_p - z_1}{z_2 - z_1} \right)$ 查表 5-27	为保证链条松边的合理下垂量, 安装中心距 a 应相应减小 对固定中心距又无张紧装置的链传动应注意 a 的准确度
链 速	v	m/s	$v = \frac{z_1 n_1 p}{60 \times 1000}$	$v < 0.6 \text{ m/s}$ —低速链传动 $v = 0.6 \sim 8 \text{ m/s}$ —中速链传动 $v > 8 \text{ m/s}$ —高速链传动 一般传动 $v < 15 \text{ m/s}$

滚子链功率曲线图 (图 5-5) 的制定条件: 两链轮安装在平行水平轴上, 链轮共面; $Z_1 = 19, i = 3, a \approx 40P$; 载荷平稳; 推荐的润滑方式, 工作寿命 15000h。

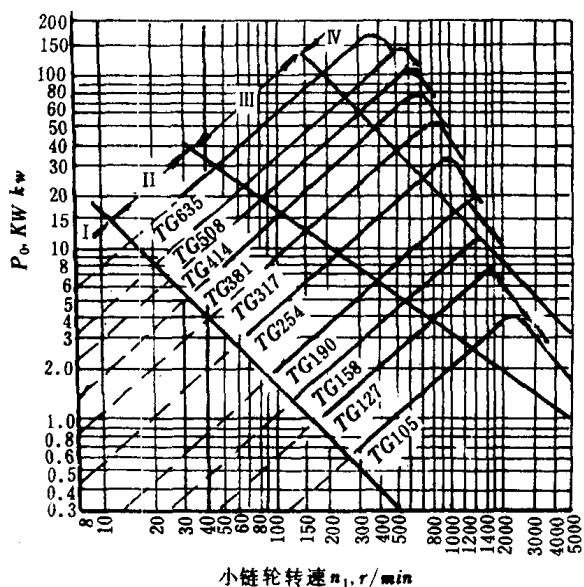


图 5—5 套筒滚子链功率曲线

I—油壶和油刷供油润滑区 II—滴油润滑区
III—油箱或飞溅润滑区 IV—油泵强制润滑区

若不能按推荐方式润滑，图中功率应降低到下列值： $v < 1.5\text{m/s}$ ，润滑不良降至 30~60%；无润滑降至 15%（寿命不能保证 15000h）。 $1.5\text{m/s} < v < 7\text{m/s}$ ：润滑不良降至 15~30%。 $v > 7\text{m/s}$ ：润滑不良时，工作不可靠。图中虚线部分系链速 $v < 0.6\text{m/s}$ ，应按低速链传动设计。

在使用中，当链传动要求超过额定功率、使用寿命不要求那么长时，则可按图 5—6 所示的曲线选取新的额定功率。

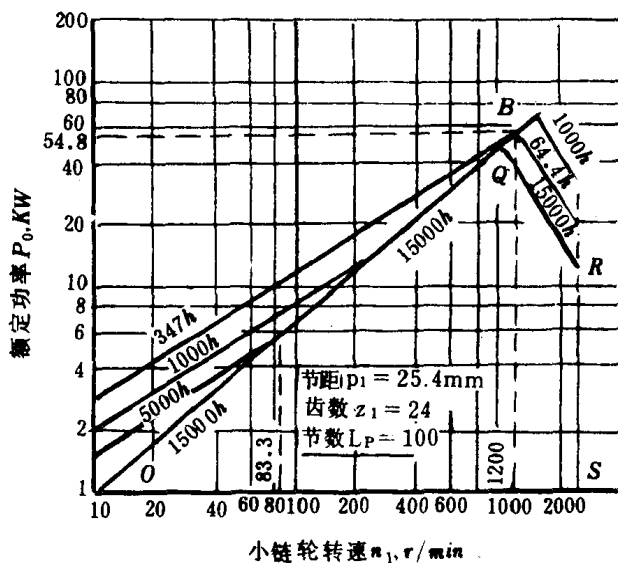


图 5—6 不同使用寿命的功率曲线图

表 5—21

载 荷 系 数 K_F

载 荷 种 类	输 入 动 力 的 种 类		
	内燃机—液力传动	电动机或汽轮机	内燃机—机械传动
载 荷 平 稳	1.0	1.0	1.2
中 等 冲 击	1.2	1.3	1.4
较 大 冲 击	1.4	1.5	1.7

表 5—22

小 链 轮 齿 数 系 数 K_z

z_1	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	38
K_z	0.446	0.555	0.667	0.775	0.893	1.000	1.120	1.230	1.350	1.460	1.580	1.700	1.810	1.940	2.120

表 5—23

传 动 比 系 数 K_i

i	1	2	3	5	>7
K_i	0.82	0.925	1.00	1.09	1.15

表 5—24

中 心 距 系 数 K_a

a	$20p$	$40p$	$80p$	$160p$
K_a	0.87	1.00	1.18	1.45

表 5—25

多 排 链 系 数 K_p

排数	1	2	3	4	5	6	>7
K_p	1.0	1.7	2.5	3.3	4.1	5.0	和生产厂 商定

表 5—26

链轮轴孔最大直径 d_{kmax} 和齿侧凸缘最大直径或排间槽最大直径 d_H (mm)

节距 p	9.525		12.70		15.875		19.05		25.40		31.75		38.10		44.45		50.8		63.50	
齿数 z	d_H	d_{kmax}	d_H	d_{kmax}	d_H	d_{kmax}	d_H	d_{kmax}	d_H	d_{kmax}	d_H	d_{kmax}	d_H	d_{kmax}	d_H	d_{kmax}	d_H	d_{kmax}	d_H	d_{kmax}
11	22	11	30	18	37	22	45	27	60	38	76	50	91	60	106	71	121	80	152	103
13	28	15	38	22	48	30	57	36	77	51	96	64	116	79	135	91	155	105	193	132
15	35	20	46	28	58	37	70	46	93	61	117	80	140	95	164	111	187	129	235	163
17	41	24	54	34	68	45	82	53	110	74	137	93	165	112	193	132	220	152	275	193
19	47	29	63	41	79	51	94	62	126	84	158	108	189	129	221	153	253	177	316	224
21	53	33	71	47	89	59	107	72	142	95	178	122	214	148	250	175	285	200	357	254
23	59	37	79	51	99	65	119	80	159	109	199	137	238	165	278	196	318	224	398	278
25	65	42	87	57	109	73	131	88	175	120	219	152	263	184	307	217	315	249	438	310

表 5—27

 K_L 值

$\frac{L_p - z_1}{z_2 - z_1}$	K_L	$\frac{L_p - z_1}{z_2 - z_1}$	K_L	$\frac{L_p - z_1}{z_2 - z_1}$	K_L	$\frac{L_p - z_1}{z_2 - z_1}$	K_L	$\frac{L_p - z_1}{z_2 - z_1}$	K_L
13	0.24991	3.2	0.24825	1.68	0.24048	1.37	0.23170	1.20	0.21990
12	0.24990	3.0	0.24795	1.66	0.24013	1.36	0.23123	1.19	0.21884
11	0.24988	2.9	0.24778	1.64	0.23977	1.35	0.23073	1.18	0.21771
10	0.24986	2.8	0.24758	1.62	0.23938	1.34	0.23022	1.17	0.21652
9	0.24983	2.7	0.24735	1.60	0.23897	1.33	0.22968	1.16	0.21526
8	0.24978	2.6	0.24708	1.58	0.23854	1.32	0.22912	1.15	0.21390
7	0.24970	2.5	0.24678	1.56	0.23807	1.31	0.22854	1.14	0.21245
6	0.24958	2.4	0.24643	1.54	0.23758	1.30	0.22793	1.13	0.21090
5	0.24937	2.3	0.24602	1.52	0.23705	1.29	0.22729	1.12	0.20923
4.8	0.24931	2.2	0.24552	1.50	0.23648	1.28	0.22662	1.11	0.20744
4.6	0.24925	2.1	0.24493	1.48	0.23588	1.27	0.22593	1.10	0.20549
4.4	0.24917	2.0	0.24421	1.46	0.23524	1.26	0.22520	1.09	0.20336
4.2	0.24907	1.9	0.24333	1.44	0.23455	1.25	0.22443	1.08	0.20104
4.0	0.24896	1.85	0.24281	1.42	0.23381	1.24	0.22361	1.07	0.19848
3.8	0.24883	1.80	0.24222	1.40	0.23301	1.23	0.22275	1.06	0.19564
3.6	0.24868	1.75	0.24156	1.39	0.23259	1.22	0.22185		
3.4	0.24849	1.70	0.24081	1.38	0.23215	1.21	0.22090		

② $v < 0.6 \text{ m/s}$ 的链传动的设计计算

对于 $v \leq 0.6 \text{ m/s}$ 的低速链传动，其主要失效形式是链条静力拉断，故低速链应按静强度条件进行计算。设计时，可依据已知条件初选链条型号，然后进行校核计算，满足静强度条件即可选用。静强度应满足下式：

$$n' = \frac{Q}{K_F \cdot F} \geq 4 \sim 8$$

式中， n' —静强度安全系数； Q —单排链的极限拉伸载荷（N）（查表 5—19）； K_F —载荷系数（查表 5—21）； F —有效圆周力，N。

5.2.3 滚子链链轮

①链轮的齿形和主要尺寸

我国链轮齿形已标准化, 国家标准 GB1244—85 中规定如图 5—7。

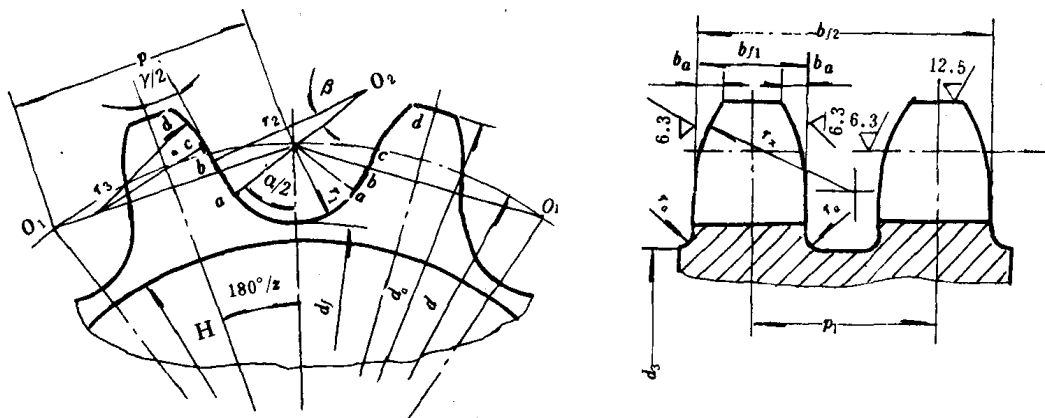


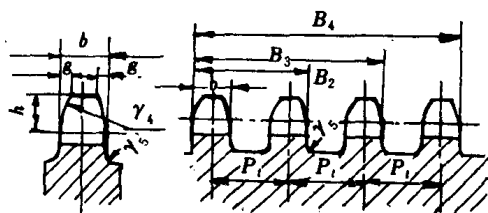
图 5—7

链轮轴面齿形见表 5—28, 端面齿形在工作图上不予画出, 只在链轮工作图上注明“齿形按 GB1244—85 规定制造”, 并注出节距 p 、节圆直径 d' 、齿数 z 、齿根圆直径 d_f 和齿顶圆直径 d_a 等参数。但必须画出链轮的轴面齿形。链轮的主要尺寸见表 5—29。

表 5—28

滚子链链轮轴面齿形尺寸

(mm)



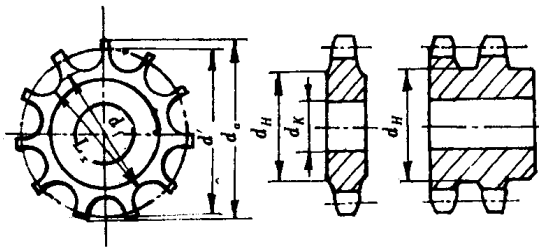
链轮齿总宽: $B_n = (n-1)p_i + b$ n —排数

节距 p	链 条		轴 面 齿 形							排距 p_i
	滚子外径 d_1	内链节内宽 b_1	倒角宽度 g	倒角深度 h	倒角圆弧 半径 r_4	圆角 半径 r_{5max}	齿 宽 b			
							单 排	2、3 排	4 排以上	
9.525	6.35	5.72	1.2	4.8	10.1	0.5	5.2	5.0	4.6	10.24
12.70	8.51	7.75	1.6	6.4	13.5	0.5	7.1	6.8	6.4	13.92
15.875	10.16	9.53	2.0	7.9	16.9	0.5	8.7	8.4	7.9	18.11
19.05	11.91	12.70	2.4	9.5	20.3	0.5	11.7	11.3	10.6	22.78
25.40	15.88	15.88	3.2	12.7	27.0	1.0	14.6	14.1	13.3	29.29
31.75	19.05	19.05	4.0	15.9	33.8	1.0	17.6	17.0	16.1	35.76
38.10	22.23	25.40	4.8	19.0	40.5	1.0	23.5	22.7	21.5	45.44
44.45	25.40	25.40	5.6	22.2	47.3	2.0	23.5	22.7	21.5	48.87
50.80	28.58	31.75	6.4	25.4	54.0	2.0	29.4	28.4	27.0	58.55
63.50	39.68	38.10	7.9	31.8	67.5	2.0	35.3	34.1	32.5	71.55

表 5—29

三圆弧—直线齿形滚子链链轮主要尺寸 (GB1244—85)

(mm)



计 算 项 目	符 号	计 算 公 式
节圆直径	d'	$d' = \frac{p}{\sin \frac{180^\circ}{z}}$
齿顶圆直径	d_a	$d_a = p \left(0.54 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z} \right)$
齿根圆直径	d_f	$d_f = d' - d_r$, d_r ——滚子外径
最大齿根距离	L_x	偶数齿 $L_x = d_f$; 奇数齿 $L_x = d' \cos \frac{90^\circ}{z} - d_r$
齿侧凸缘最大直径或排间槽最大直径	d_H	$d_H = p \left(\operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z} - 1 \right) - 0.80$

注: d_a , d_H 值取整数, 其他尺寸精确到 0.01mm.

②链轮的材料及齿面硬度 (见表 5—30)

表 5—30 链 轮 材 料 及 齿 面 硬 度

链 轮 材 料	齿 面 硬 度	应 用 范 围
15, 20	HRC50~60	$z < 25$ 有冲击载荷的主、从动链轮
35	HBS160~200	$z > 25$ 主、从动链轮
45, 50, ZG310—570	HRC40~45	无剧烈冲击的主、从动链轮
15Cr, 20Cr	HRC50~60	$z < 25$ 的大功率传动
40Cr, 35SiMn, 35CrMo	HRC40~50	重要的, 使用 A 系列链条的主、从动链轮
Q235A, Q275	HBS140	中速, 中等功率, 较大的链轮
不低于 HT 150	HBS260~280	$z > 50$ 的从动链轮
夹布胶木	$HBS (5/3000/30) = 35$	$N < 6\text{kW}$, 速度较高, 要求传动平稳, 噪音小

③链轮的结构

链轮的结构见图 5—8、图 5—9。

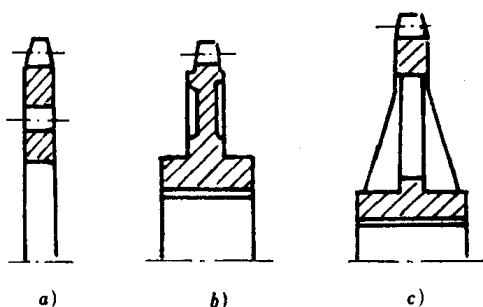


图 5—8 整体式链轮

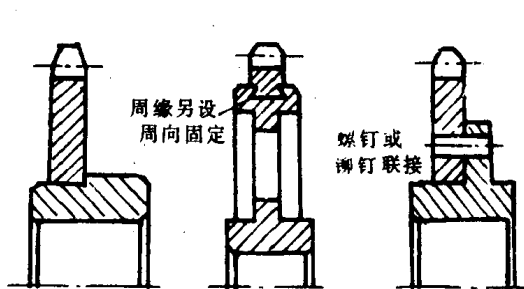


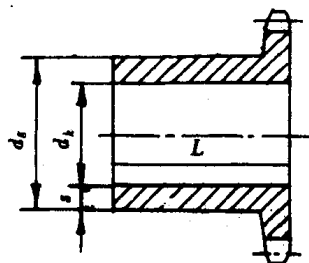
图 5—9 装配式链轮

a) 板式 b) 轮毂式 c) 轮毂式 (铸造)

表 5—31 荐用的链轮轮毂长度 L (mm)

简 图	d_k	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	30
	L	20	25	30		40		50		60			
	d_k	32	35	38	40	42	45	48	50	55	60	65	70
	L	80				110				140			
	d_k	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150	
	L	170				210				250			

表 5—32 荐用的链轮轮毂壁厚 s (mm)



z	节 距 p								
	12.7	15.875	19.05	25.4	31.75	38.10	44.45	50.8	63.5
8~10	12	15	15	25	25	30	35	40	55
11~15	15	20	20	25	30	35	40	45	60
16~20	20	20	20	30	30	35	45	50	65
21~25	20	20	20	30	35	40	50	55	70
26~30	20	20	25	35	35	45	55	60	80
31~35	20	20	25	35	35	45	55	60	80
36~40	20	20	25	35	40	50	60	65	85
41~45	25	25	30	35	40	55	60	70	85
46~50	25	25	30	40	45	55	60	75	95
51~60	25	25	30	40	45	60	60	80	100
61~70	25	30	30	45	50	65	65	80	105
71~80	30	30	35	45	50	70	70	85	110
81~100	30	35	35	50	55	75	75	85	115

④链轮的公差

链轮的制造精度分Ⅰ级和Ⅱ级两种。Ⅰ级适于高速或重载用，配用A系列链条。Ⅱ级适用于低速或轻载。配A、B系列链条均可。公差及偏差见表5—33~5—36。

表 5—33 滚子链链轮齿根圆直径偏差、最大齿根距离极限偏差

精 度	Δd_f 或 L_s		使 用 条 件
	$p < 38.1\text{mm}$	$p \geq 38.1\text{mm}$	
Ⅰ 级	h10 (d5)	h11 (d6)	重载或高速
Ⅱ 级	h11 (d6)	h12 (d7)	轻载或低速

表 5—34 滚子链链轮齿宽偏差 (mm)

节 距 p	9.525	12.70	15.875	19.05	25.40	31.75	38.10	44.45	50.80	63.50
齿宽偏差 Δb 或 ΔB_s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-0.20	-0.25	-0.25	-0.30	-0.30	-0.35	-0.40	-0.40	-0.45	-0.45

表 5—35 链轮齿根圆的径向圆跳动 E_{df} 、端面圆跳动 E_r

	齿 根 圆 直 径 d_f	
	$d_f < 250\text{mm}$	$d_f \geq 250\text{mm}$
齿根圆径向圆跳动 E_{df}	10 级 (按 GB1184—80)	11 级 (按 GB1184—80)
齿根圆处端面圆跳动 E_r	10 级 (按 GB1184—80)	11 级 (按 GB1184—80)

表 5—36 链 轮 轮 坯 公 差

项 目	公 差
孔 径 d_h	H8
链轮齿顶圆直径 d_a	h11
链轮齿顶圆跳动 E_{da}	10 级 (GB1184—80)
链轮端面圆跳动 E_r	11 级 (GB1184—80)
链轮齿宽 B	h14

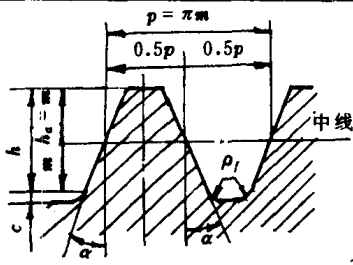
5.3 渐开线圆柱齿轮传动

齿轮传动是瞬时速比恒定的传动。渐开线齿轮传动啮合的必要条件是：两齿轮的模数相等；两齿轮的分度圆压力角相等；斜齿圆柱齿轮的螺旋角相等且方向相反。为保证传动的连续性，任何时刻至少应有一对齿啮合。

5.3.1 渐开线圆柱齿轮基准齿形及模数系列

表 5—37

基准齿形及齿形参数(GB1356—78)

基 准 齿 形	齿形参数名称	代 号	数 值	说 明
	齿形角	α	20°	
	齿顶高	h_a	m	齿顶高系数 $h_a^* = 1$
	工作齿高	h'	$2m$	在工作齿高部分的齿形是直线
	齿 距	p	πm	中线上的齿厚和齿槽宽度相等
	径向间隙	c	$0.25m$	径向间隙系数 $c^* = 0.25$
	齿根圆角半径	ρ_f	$0.38m$	

- 注: 1. 基准齿形是指基准齿条的法面齿形。本标准的基准齿及其参数值适用于模数 $m > 1\text{mm}$ 的渐开线圆柱齿轮。
 2. 考虑到某些工艺要求, 径向间隙 c 允许增大至 $0.35m$; 齿根圆角半径 ρ_f 允许减小至 $0.25m$ (其中 m 为模数)。
 3. 为提高齿根强度, 在传动不产生干涉的条件下, 允许增大齿根圆角半径, 也允许做成单圆弧。
 4. 需采用短齿时, 相应的参数为: $h_a = 0.8m$, $h' = 1.6m$, $c = 0.3m$, $\rho_f = 0.46m$ 。
 5. 为提高综合强度需增大齿形角时, 推荐 $\alpha = 25^\circ$, $h_a = m$, $h' = 2m$, $c = 0.2m$, $\rho_f = 0.35m$, 齿根圆角为单圆弧。
 6. 为改善传动质量, 允许齿顶修缘。

表 5—38

齿 轮 模 数 系 列(GB1357—87)

(mm)

第一系列	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.25	1.5	2
	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50
第二系列	0.35	0.7	0.9	1.75	2.25	2.75	(3.25)	3.5	(3.75)	4.5	5.5			
	(6.5)	7	9	(11)	14	18	22	28	36	45				

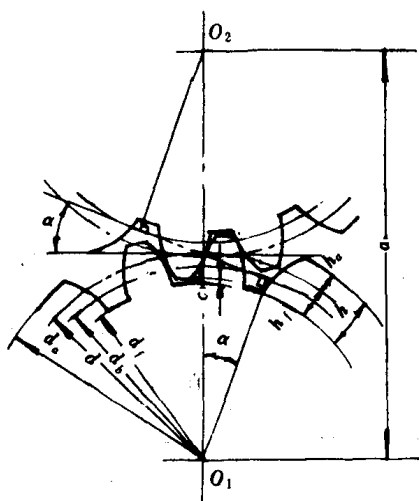
- 注: 1. 本表适用于渐开线圆柱齿轮, 对斜齿轮系指其法面模数。2. 优先选用第一系列, 括号内的数值尽可能不用。

5.3.2 圆柱齿轮传动的几何尺寸计算

① 圆柱齿轮传动的几何尺寸计算公式

表 5—39

外啮合标准圆柱齿轮传动几何尺寸计算



续表 1

序号	名 称	代 号	直 齿 轮	斜齿(人字齿)轮
1	模数	m	m 由强度计算或结构设计确定, 并按表 5—38 取标准值	m_n $m_t = \frac{m_n}{\cos\beta}$ m_n 取标准值, 其计算方法与直齿轮同
2	齿数	z		z
3	分度圆柱螺旋角	β	$\beta=0$	β 按推荐用范围或按中心距等条件决定, 一 对斜齿(人字齿)圆柱齿轮的螺旋角相等, 方 向相反
4	齿 形 角	α	α 按表 5—37 取标准值	α_n (取标准值) $\operatorname{tg}\alpha_t = \frac{\operatorname{tg}\alpha_n}{\cos\beta}$
5	齿顶高系数	h_a^*	h_a^* 按表 5—37 取标准值	h_{an}^* (取标准值) $h_{at}^* = h_{an}^* \cos\beta$
6	径向间隙系数	c^*	c^* 按表 5—37 取标准值	c_n^* (取标准值) $c_t^* = c_n^* \cos\beta$
7	分度圆直径	d	$d = zm$	$d = zm_t = z \frac{m_n}{\cos\beta}$
8	基圆直径	d_b	$d_b = d \cos\alpha$	$d_b = d \cos\alpha_t$
9	齿 距	p	$p = \pi m$	$p_n = \pi m_n$ $p_t = \pi m_t$
10	基圆齿距	p_b	$p_b = p \cos\alpha$	$p_{bt} = p_t \cos\alpha_t$
11	齿顶高	h_a	$h_a = h_a^* m$	$h_a = h_{an}^* m_n = h_{at}^* m_t$
12	齿根高	h_f	$h_f = (h_a^* + c^*) m$	$h_f = (h_{an}^* + c_n^*) m_n = h_{at}^* + c_t^* m_t$
13	齿 高	h		$h = h_a + h_f$
14	齿顶圆直径	d_a	$d_a = d + 2h_a = (z + 2h_a^*) m$	$d_a = d + 2h_a = (\frac{z}{\cos\beta} + 2h_{an}^*) m_n$
15	齿根圆直径	d_f	$d_f = d - 2h_f = (z - 2h_a^* - 2c^*) m$	$d_f = d - 2h_f = (\frac{z}{\cos\beta} - 2h_{an}^* - 2c_n^*) m_n$
16	中 心 距	a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{z_1 + z_2}{2} m$	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{z_1 + z_2}{2} \times \frac{m_n}{\cos\beta}$
17	齿 数 比	u		$u = \frac{z_2}{z_1}$

测量尺寸(仅选一种)

18	公 法 线	跨 齿 数	k	$k = \frac{\alpha}{180^\circ} z + 0.5$ $\alpha = 20^\circ$ 时, k 值查表 5—42—1	$k = \frac{\alpha_n}{180^\circ} z' + 0.5$ 式中 $z' = z \frac{\operatorname{inv}\alpha_t}{\operatorname{inv}\alpha_n}$ $\alpha_n = 20^\circ$ 时, $\frac{\operatorname{inv}\alpha_t}{\operatorname{inv}\alpha_n}$ 值查表 5—43 k 值查表 5—42—1
		长 度	W_k	$W_k = m \cos\alpha [(k - 0.5)\pi + z \operatorname{inv}\alpha]$ $\alpha = 20^\circ$ 时 $W_k = W_k^* m$ W_k^* 值按 z 查表 5—42—1	$W_{kn} = m_n \cos\alpha [(k - 0.5)\pi + z' \operatorname{inv}\alpha_n]$ $\alpha_n = 20^\circ$ 时, $W_{kn} = W_{kn}^* m$ W_k^* 值按 z' 的整数部分查表 5—42—1 z' 的后面小数部分公法线长度查表 5—42—2

续表 2

序号	名 称	代 号	直 齿 轮	斜齿(人字齿)轮
19	固 定	固定弦齿高	$\bar{h}_c = (h_a^* - \frac{\pi}{8} \sin 2\alpha)m$ $h_a^* = 1, \alpha = 20^\circ$ 时 $\bar{h}_c = 0.7476m$ 可查表 5-41-1	$\bar{h}_{cn} = (h_{an}^* - \frac{\pi}{8} \sin 2\alpha_n)m_n$ $h_{an}^* = 1, \alpha = 20^\circ$ 时 $\bar{h}_{cn} = 0.7476m_n$ 同 左
	弦	固定弦齿厚	$\bar{s}_c = \frac{\pi m}{2} \cos^2 \alpha$ $\alpha = 20^\circ$ 时 $\bar{s}_c = 1.3870m$ 可查表 5-41-1	$\bar{s}_{cn} = \frac{\pi m_n}{2} \cos^2 \alpha_n$ $\alpha_n = 20^\circ$ 时 $\bar{s}_{cn} = 1.3870m_n$ 同 左
重 合 度				
20	顶圆压力角	α_a	$\alpha_a = \arccos \frac{d_b}{d_a}$	$\alpha_{at} = \arccos \frac{d_b}{d_a}$
21	端面重合度	ε_α	$\varepsilon_\alpha = \frac{1}{2\pi} [z_1(\operatorname{tg} \alpha_{a1} - \operatorname{tg} \alpha') + z_2(\operatorname{tg} \alpha_{a2} - \operatorname{tg} \alpha')]$	$\varepsilon_\alpha = \frac{1}{2\pi} [z_1(\operatorname{tg} \alpha_{at1} - \operatorname{tg} \alpha'_t) + [z_2(\operatorname{tg} \alpha_{at2} - \operatorname{tg} \alpha'_t)]]$
	轴向重合度	ε_β	$\varepsilon_\beta = 0$	$\varepsilon_\beta = \frac{b \sin \beta}{\pi m_n}$
	总重合度	ε_γ	$\varepsilon_\gamma = \varepsilon_\alpha$	$\varepsilon_\gamma = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta$
当 量 齿 数				
22	当量齿数	z_v	$z_v = z$	$z_v = \frac{z}{\cos^2 \beta_b \cos \beta} \approx \frac{z}{\cos^3 \beta}$

注: 1. 斜齿轮的公法线长度和固定弦齿厚在法面内测量。

2. 斜齿轮齿宽 $b > W_{fn} \sin \beta$ 时, 才能测量公法线长度。

表 5-40

外啮合变位圆柱齿轮传动几何尺寸计算及举例

序号	名 称	代 号	直 齿 轮	斜齿(人字齿)轮
I. 已知条件: $z_1, z_2, m(m_n), \beta, \alpha'$				
1	模 数	m	m (取标准值)	$m_1 = m_n / \cos \beta, m_n = m$ (取标准值)
2	分度圆直径	d	$d_1 = m z_1; d_2 = m z_2$	$d_1 = m_1 z_1; d_2 = m_1 z_2$
3	未变位时的中心距	a	$a = \frac{1}{2}(d_1 + d_2) = \frac{1}{2}m(z_1 + z_2)$	$a = \frac{1}{2}(d_1 + d_2) = \frac{1}{2}m_1(z_1 + z_2)$
4	中心距变动系数	y	$y = \frac{a' - a}{m}; y_2 = \frac{a' - a}{a} = y \frac{z_1}{z_1 + z_2}$	$y_1 = \frac{a' - a}{m_1}$
5	分度圆压力角	α	α (取标准值)	$\operatorname{tg} \alpha_t = \operatorname{tg} \alpha_n / \cos \beta; \alpha_n = \alpha$ (取标准值)
6	啮合角	α'	$\cos \alpha' = \frac{a}{a'} \cos \alpha$	$\cos \alpha'_t = \frac{a}{a'} \cos \alpha_t$
7	总变位系数	x_Σ	$x_\Sigma = \frac{z_1 + z_2}{2 \operatorname{tg} \alpha} (\operatorname{inv} \alpha' - \operatorname{inv} \alpha)$	$x_{t\Sigma} = \frac{z_1 + z_2}{2 \operatorname{tg} \alpha_t} (\operatorname{inv} \alpha'_t - \operatorname{inv} \alpha_t)$ $x_{n\Sigma} = x_{t\Sigma} / \cos \beta$
8	变位系数的分配	x_1, x_2	根据传动的具体要求, 按图 5-10 分配得 x_1, x_2	根据传动的具体要求, 按当量齿数 $z_v = z / \cos^3 \beta$, 由图 5-10 分配得 x_{n1} 和 $x_{n2}, x_{t1} = x_{n1} \cos \beta; x_{t2} = x_{n2} \cos \beta$

续表 1

序号	名 称	代 号	直 齿 轮	斜齿(人字齿)轮
9	齿高变动系数	Δy	$\Delta y = x_{\Sigma} - y$ 若 x_1, x_2 较小时, 可取 $\Delta y = 0$	$\Delta y_i = x_{i\Sigma} - y_i$
10	齿顶圆直径	d_a	$d_{a1} = d_1 + 2m(h_{a1}^* + x_1 - \Delta y)$ $d_{a2} = d_2 + 2m(h_{a2}^* + x_2 - \Delta y)$	$d_{a1} = d_1 + 2m_n(h_{a1n}^* + x_{n1}) - 2m_i \Delta y_i$ $d_{a2} = d_2 + 2m_n(h_{a2n}^* + x_{n2}) - 2m_i \Delta y_i$
11	齿根圆直径	d_f	$d_{f1} = d_1 - 2m(h_{a1}^* + c^* - x_1)$ $d_{f2} = d_2 - 2m(h_{a2}^* + c^* - x_2)$	$d_{f1} = d_1 - 2m_n(h_{a1n}^* + c_n^* - x_{n1})$ $d_{f2} = d_2 - 2m_n(h_{a2n}^* + c_n^* - x_{n2})$

测量尺寸(仅选一种)

12	公 法 线	跨 齿 数	k	$k = \frac{\alpha^\circ}{180^\circ} z + 0.5 + \frac{2x \operatorname{ctg} \alpha}{\pi}$ $\alpha = 20^\circ$ 时, k 值查表 5—42—1	$k \approx \frac{\alpha_n}{180^\circ} z' + 0.5 + \frac{2x_n \operatorname{ctg} \alpha_n}{\pi}$ 式中 $z' = z \frac{\operatorname{inv} \alpha_i}{\operatorname{inv} \alpha_n}$, $\alpha_n = 20^\circ$ 时, $\frac{\operatorname{inv} \alpha_i}{\operatorname{inv} \alpha_n}$ 值查表 5—43 k 值查表 5—42—1
		公法线长	W_k	$W_k = m \cos \alpha [\pi(k - 0.5) + z \operatorname{inv} \alpha + 2x \operatorname{tg} \alpha]$ $\alpha = 20^\circ$ 时 $W_k = m(W_k^* + 0.6840x)$ W_k^* 值按 z 查表 5—42—2 或 $W_k = W_k^* m + \Delta W$ ΔW 按 xm 值查表 5—42—3	$W_{kn} = m_n \cos \alpha_n [\pi(k - 0.5) + z' \operatorname{inv} \alpha_n + 2x_n \operatorname{tg} \alpha_n]$ $\alpha_n = 20^\circ$ 时, $W_{kn} = m_n(W_{kn}^* + 0.6840x_n)$ W_{kn} 值按 z' 的整数部分查表 5—42—1 z' 的尾数部分公法线长度查表 5—42—2 或 $W_{kn} = W_{kn}^* m + \Delta W_n$, ΔW_n 按 $x_n m_n$ 值查表 5—42—3
13	固 定 弦	固定弦齿厚	$\bar{s}_c$	$\bar{s}_c = m \cos^2 \alpha \left(\frac{\pi}{2} + 2x \operatorname{tg} \alpha \right)$, $\alpha = 20^\circ$ 时, $\bar{s}_c = m(1.3870 + 0.6428x)$, 可查表 5—41—1	$\bar{s}_{cn} = m_n \cos^2 \alpha_n \left(\frac{\pi}{2} + 2x_n \operatorname{tg} \alpha_n \right)$, $\alpha_n = 20^\circ$ 时, $\bar{s}_{cn} = m_n(1.3870 + 0.6428x_n)$, 可查表 5—41—1
		固定弦齿高	$\bar{h}_c$	$\bar{h}_c = \frac{d_a - d}{2} - \bar{s}_c \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2}$, $\alpha = 20^\circ$ 时, $\bar{h}_c = \frac{d_a - d}{2} - 0.182 \bar{s}_c$ 可查表 5—41—1	$\bar{h}_{cn} = \frac{d_a - d}{2} - \bar{s}_{cn} \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{2}$, $\alpha_n = 20^\circ$ 时, $\bar{h}_{cn} = \frac{d_a - d}{2} - 0.182 \bar{s}_{cn}$ 可查表 5—41—1
				为消除以齿顶圆定位带来的误差, d_a 可用实际测值代入。设计时仍用理论值	

II. 已知条件: $z_1, z_2, m(m_n), \beta$

1	模数	m	m	$m_i = \frac{m_n}{\cos \beta}$
2	分度圆直径	d	$d_1 = mz_1; d_2 = mz_2$	$d_1 = m_i z_1; d_2 = m_i z_2$
3	确定总变位系数 x_{Σ} 并分配得 x_1, x_2		根据传动要求, 由图 5—11 确定 x_{Σ} 并分配得 x_1, x_2	根据传动要求, 按当量齿数 $z_v \approx \frac{z}{\cos^3 \beta}$ 由 图 5—11 确定 x_{Σ} 并分配得 x_{n1}, x_{n2}

续表 2

序号	名 称	代 号	直 齿 轮	斜齿(人字齿)轮
4	啮 合 角	α'	$\text{inv}\alpha' = \text{inv}\alpha + \frac{2(x_1 + x_2)}{z_1 + z_2} \text{tg}\alpha$	$\text{inv}\alpha' = \text{inv}\alpha_1 + \frac{2(x_{n1} + x_{n2})}{z_1 + z_2} \text{tg}\alpha_n$
5	中心距变动系数	y	$y = \frac{z_1 + z_2}{2} \left(\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha'} - 1 \right)$	$y_1 = \frac{z_1 + z_2}{2} \left(\frac{\cos\alpha_1}{\cos\alpha'_1} - 1 \right)$
6	中心距	a'	$a' = \frac{1}{2} m(z_1 + z_2) + ym$ $= \frac{1}{2} m(z_1 + z_2) \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha'}$	$a' = \frac{1}{2} m_1(z_1 + z_2) + y_1 m_1$ $= \frac{1}{2} m_1(z_1 + z_2) \frac{\cos\alpha_1}{\cos\alpha'_1}$

注: 1. 斜齿轮的公法线长度和固定弦齿厚在法面内测量。

2. 斜齿轮齿宽 $b > W_k \sin\beta$ 时, 才能测量公法线长度。

3. 渐开线函数值 $\text{inv}\alpha = \text{tg}\alpha - \alpha$

例: $z_1 = 21, z_2 = 33, a' = 70\text{mm}, m = 2.5\text{mm},$

$h_a^* = 1, c^* = 0.25, \alpha = 20^\circ$

设计一对外啮合齿轮传动

$m = 2.5\text{mm}$

$d_1 = 2.5 \times 21 = 52.5\text{mm}; d_2 = 2.5 \times 33 = 82.5\text{mm}$

$a = \frac{1}{2} \times 2.5(21+33) = 67.5\text{mm}$

$y = \frac{70 - 67.5}{2.5} = 1; y_2 = 1 \times \frac{2}{21+33} = 0.037037$

$\alpha = 20^\circ$

$\cos\alpha' = \frac{67.5}{70} \times 0.93969 = 0.90613; \alpha' = 25^\circ 1' 27''$

$x_\epsilon = \frac{21+33}{2 \times 0.36397} (0.030067 - 0.014904) = 1.1248$

例: $z_1 = 21, z_2 = 33, \alpha' = 70\text{mm}, m = 2.5\text{mm},$

$h_a^* = 1, c^* = 0.25, \alpha = 20^\circ$

设计一对外啮合齿轮传动

根据齿数比 $u = \frac{33}{21} = 1.57$, 按线图 5—10 分配变位

系数得

$x_1 = 0.55, x_2 = 1.1248 - 0.55 = 0.5748$

$d_{a1} = 52.5 + 2 \times 2.5(1 + 0.55 - 0.1248) = 59.625\text{mm}$

$d_{a2} = 82.5 + 2 \times 2.5(1 + 0.5748 - 0.1248) = 89.75\text{mm}$

$d_f = 52.5 - 2 \times 2.5(1 + 0.25 - 0.55) = 49\text{mm}$

$d_{f2} = 82.5 - 2 \times 2.5(1 + 0.25 - 0.5748) = 79.125\text{mm}$

按 $z_1 = 21, x_1 = 0.55$ 查表 5—42—1 得 $k = 4$

$W_i = 10.627\text{mm}$

按 $z_2 = 33, x_2 = 0.5748$, 查表 5—42—1 得 $k = 5$,

$W_j = 13.747\text{mm}$

$W_4 = m(W_i + 0.6840x) = 2.5(10.627 + 0.6840 \times 0.55) = 27.508\text{mm}$

$W_5 = 2.5(13.747 + 0.6840 \times 0.5748) = 35.351\text{mm}$

例: $z_1 = 21, z_2 = 33, a' = 70\text{mm}, m = 2.5\text{mm},$

$h_a^* = 1, c^* = 0.25, \alpha = 20^\circ$

设计一对外啮合齿轮传动

$\bar{s}_{c1} = 2.5(1.3870 + 0.6428 \times 0.55) = 4.351\text{mm}$

$\bar{s}_{c2} = 2.5(1.3870 + 0.6428 \times 0.5748) = 4.391\text{mm}$

$\bar{h}_{c1} = \frac{59.625 - 52.5}{2} - 0.182 \times 4.351 = 2.771\text{mm}$

$\bar{h}_{c2} = \frac{89.75 - 82.5}{2} - 0.182 \times 4.391 = 2.826\text{mm}$

②变位齿轮变位系数的选择

选择变位系数时要求: 保证加工时不根切; 保证加工时不顶切; 保证必要的齿顶厚, $S_a > (0.25 \sim 0.4)m$; 保证必要的重合度, $\epsilon > 1.2$; 保证啮合时不干涉。按图 5~10 选取并分配变位系数。

选择变位系数线图 ($\alpha = 20^\circ, h_a^* = 1$)

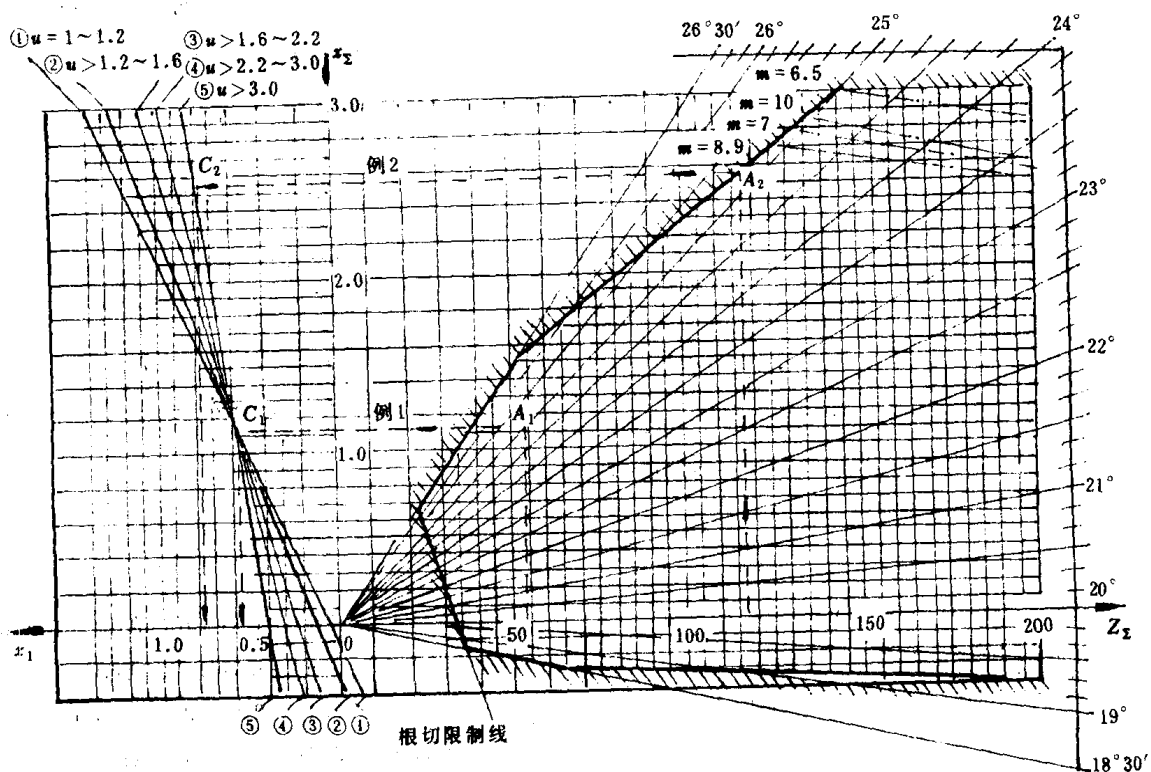


图 5-10

③圆柱齿轮传动计算附表

标准齿轮固定弦齿厚 $\bar{s}_c(\bar{s}_{cn})$ 和固定弦齿高 $\bar{h}_c(\bar{h}_{cn})$

表 5-41-1

($\alpha_n = \alpha = 20^\circ, h_{an}^* = h_a^* = 1.0$)

(mm)

$m(m_n)$	$\bar{s}_c(\bar{s}_{cn})$	$\bar{h}_c(\bar{h}_{cn})$	$m(m_n)$	$\bar{s}_c(\bar{s}_{cn})$	$\bar{h}_c(\bar{h}_{cn})$	$m(m_n)$	$\bar{s}_c(\bar{s}_{cn})$	$\bar{h}_c(\bar{h}_{cn})$
↑	1.387	0.748	5	6.935	3.738	20	27.741	14.952
1.25	1.734	0.934	6	8.322	4.485	22	30.515	16.447
1.5	2.081	1.121	7	9.709	5.233	25	34.676	18.690
1.75	2.427	1.308	8	11.096	5.981	28	38.837	20.932
2	2.774	1.495	9	12.483	6.728	30	41.612	22.427
2.25	3.121	1.682	10	13.871	7.476	33	45.773	24.670
2.5	3.468	1.869	12	16.645	8.971	36	49.934	26.913
3	4.161	2.243	14	19.419	10.466	40	55.482	29.903
3.5	4.855	2.617	16	22.193	11.961	45	62.417	33.641
4	5.548	2.990	18	24.967	13.456	50	69.353	37.379

注: $\bar{s}_c = 1.3870m(\bar{s}_{cn} = 1.3870m_n)$, $\bar{h}_c = 0.7476m(\bar{h}_{cn} = 0.7476m_n)$.

外啮合变位齿轮固定弦齿厚 $\bar{s}_c^*$ ($\bar{s}_{cn}^*$)和固定弦齿高 $\bar{h}_c^*$ ($\bar{h}_{cn}^*$) ($m_n = m = 1$)

表 5-41-2

($\alpha_n = \alpha = 20^\circ$, $h_{an}^* = h_a^* = 1$)

$x(x_n)$	$\bar{s}_c^*$ ($\bar{s}_{cn}^*$)	$\bar{h}_c^*$ ($\bar{h}_{cn}^*$)	$x(x_n)$	$\bar{s}_c^*$ ($\bar{s}_{cn}^*$)	$\bar{h}_c^*$ ($\bar{h}_{cn}^*$)	$x(x_n)$	$\bar{s}_c^*$ ($\bar{s}_{cn}^*$)	$\bar{h}_c^*$ ($\bar{h}_{cn}^*$)	$x(x_n)$	$\bar{s}_c^*$ ($\bar{s}_{cn}^*$)	$\bar{h}_c^*$ ($\bar{h}_{cn}^*$)
-0.40	1.1299	0.3944	-0.30	1.1942	0.4827	-0.20	1.2585	0.5710	-0.10	1.3228	0.6593
-0.39	1.1364	0.4032	-0.29	1.2006	0.4915	-0.19	1.2649	0.5798	-0.09	1.3292	0.6681
-0.38	1.1428	0.4120	-0.28	1.2071	0.5003	-0.18	1.2713	0.5886	-0.08	1.3356	0.6769
-0.37	1.1492	0.4209	-0.27	1.2135	0.5092	-0.17	1.2778	0.5975	-0.07	1.3421	0.6858
-0.36	1.1556	0.4297	-0.26	1.2199	0.5180	-0.16	1.2842	0.6063	-0.06	1.3485	0.6946
-0.35	1.1621	0.4385	-0.25	1.2263	0.5268	-0.15	1.2906	0.6151	-0.05	1.3549	0.7034
-0.34	1.1685	0.4474	-0.24	1.2328	0.5357	-0.14	1.2971	0.6240	-0.04	1.3613	0.7123
-0.33	1.1749	0.4562	-0.23	1.2392	0.5445	-0.13	1.3035	0.6328	-0.03	1.3678	0.7211
-0.32	1.1814	0.4650	-0.22	1.2456	0.5533	-0.12	1.3099	0.6416	-0.02	1.3742	0.7299
-0.31	1.1878	0.4738	-0.21	1.2521	0.5621	-0.11	1.3163	0.6504	-0.01	1.3806	0.7387
0.00	1.3870	0.7476	0.19	1.5092	0.9154	0.38	1.6313	1.0831	0.57	1.7534	1.2509
0.01	1.3935	0.7564	0.20	1.5156	0.9242	0.39	1.6377	1.0920	0.58	1.7599	1.2597
0.02	1.3999	0.7652	0.21	1.5220	0.9330	0.40	1.6442	1.1008	0.59	1.7663	1.2686
0.03	1.4063	0.7741	0.22	1.5285	0.9418	0.41	1.6506	1.1096	0.60	1.7727	1.2774
0.04	1.4128	0.7829	0.23	1.5349	0.9507	0.42	1.6570	1.1184	0.61	1.7791	1.2862
0.05	1.4192	0.7917	0.24	1.5413	0.9595	0.43	1.6634	1.1273	0.62	1.7856	1.2951
0.06	1.4256	0.8006	0.25	1.5477	0.9683	0.44	1.6699	1.1361	0.63	1.7920	1.3039
0.07	1.4320	0.8094	0.26	1.5542	0.9772	0.45	1.6763	1.1449	0.64	1.7984	1.3127
0.08	1.4385	0.8182	0.27	1.5606	0.9860	0.46	1.6827	1.1538	0.65	1.8049	1.3215
0.09	1.4449	0.8271	0.28	1.5670	0.9948	0.47	1.6892	1.1626	0.66	1.8113	1.3304
0.10	1.4513	0.8359	0.29	1.5735	1.0037	0.48	1.6956	1.1714	0.67	1.8177	1.3392
0.11	1.4578	0.8447	0.30	1.5799	1.0125	0.49	1.7020	1.1803	0.68	1.8241	1.3480
0.12	1.4642	0.8535	0.31	1.5863	1.0213	0.50	1.7084	1.1891	0.69	1.8306	1.3569
0.13	1.4706	0.8624	0.32	1.5927	1.0301	0.51	1.7149	1.1979	0.70	1.8370	1.3657
0.14	1.4770	0.8712	0.33	1.5992	1.0390	0.52	1.7213	1.2068	0.71	1.8434	1.3745
0.15	1.4835	0.8800	0.34	1.6056	1.0478	0.53	1.7277	1.2156	0.72	1.8499	1.3834
0.16	1.4899	0.8889	0.35	1.6120	1.0566	0.54	1.7342	1.2244	0.73	1.8563	1.3922
0.17	1.4963	0.8977	0.36	1.6185	1.0655	0.55	1.7406	1.2332	0.74	1.8627	1.4010
0.18	1.5027	0.9065	0.37	1.6249	1.0743	0.56	1.7470	1.2421	0.75	1.8691	1.4098

注: 1. 模数 $m \neq 1$ ($m_n \neq 1$)时的 $\bar{s}_c$ ($\bar{s}_{cn}$)和 $\bar{h}_c$ ($\bar{h}_{cn}$), 应将表中数值乘以模数 m (m_n).

2. 对角变位齿轮, 表中的 $\bar{h}_c$ ($\bar{h}_{cn}$)数值应减去 Δy (Δy_n), Δy (Δy_n)为齿高变动系数.

公法线长度 $W_k (W_{kn})$

表 5—42—1

($\alpha_n = \alpha = 20^\circ, m_n = m = 1$)

(mm)

$z(z')$	$x(x_{kn})$	k	$W_k(W_{kn})$	$z(z')$	$x(x_n)$	k	$W_k(W_{kn})$	$z(z')$	$x(x_n)$	k	$W_k(W_{kn})$
7	≤ 0.80	2	4.526	17	≤ 1.0	3	7.618	25	≤ 0.50	3	7.730
8	≤ 0.80	2	4.540		$> 1.0 \sim 1.20$	4	10.571		$> 0.50 \sim 1.20$	4	10.683
				$> 1.20 \sim 1.60$	5	13.635					
9	≤ 0.80	2	4.554	18	≤ 1.0	3	7.632	26	≤ 0.40	3	7.744
					$> 1.0 \sim 1.20$	4	10.585		$> 0.40 \sim 1.20$	4	10.697
				$> 1.20 \sim 1.60$	5	13.649					
10	≤ 0.90	2	4.568	19	≤ 0.90	3	7.646	27	≤ 0.80	4	10.711
					$> 0.9 \sim 1.20$	4	10.599		$> 0.80 \sim 1.60$	5	13.663
				$> 1.60 \sim 1.80$	6	16.615					
11	≤ 0.90	2	4.582	20	≤ 0.80	3	7.660	28	≤ 0.80	4	10.725
12	≤ 0.80	2	4.596		$> 0.8 \sim 1.25$	4	10.613		$> 0.80 \sim 1.60$	5	13.677
	$> 0.80 \sim 1.20$	3	7.548	21	≤ 0.70	3	7.674	$> 1.60 \sim 1.80$	6	16.629	
13	≤ 0.70	2	4.610		$> 0.7 \sim 1.30$	4	10.627	≤ 0.70	4	10.739	
	$> 0.70 \sim 1.20$	3	7.562	22	≤ 0.65	3	7.688	$> 0.70 \sim 1.50$	5	13.691	
14	≤ 0.60	2	4.624		$> 0.65 \sim 1.40$	4	10.641	$> 1.50 \sim 1.80$	6	16.643	
	$> 0.60 \sim 1.20$	3	7.576	23	≤ 0.60	3	7.702	≤ 0.60	4	10.753	
15	≤ 0.60	2	4.638		$> 0.60 \sim 1.40$	4	10.655	$> 0.60 \sim 1.40$	5	13.705	
	$> 0.60 \sim 1.20$	3	7.590	24	≤ 0.55	3	7.716	$> 1.40 \sim 1.80$	6	16.657	
16	≤ 0.5	2	4.652		$> 0.55 \sim 1.20$	4	10.669	≤ 0.60	4	10.767	
	$> 0.50 \sim 1.20$	3	7.604	$> 1.20 \sim 1.60$	5	13.621	$> 0.60 \sim 1.30$	5	13.719		
								$> 1.30 \sim 1.80$	6	16.671	
										</	

续表 1

$z(z')$	$x(x_{kn})$	k	$W_k(W_{kn})$	$z(z')$	$x(x_n)$	k	$W_k(W_{kn})$	$z(z')$	$x(x_n)$	k	$W_k(W_{kn})$
33	≤ 0.55	4	10.795	44	≤ 0.20	5	13.901	54	≤ 0.20	6	16.993
	$> 0.55 \sim 1.30$	5	13.747		$> 0.20 \sim 1.0$	6	16.853		$> 0.20 \sim 1.0$	7	19.945
	$> 1.30 \sim 1.80$	6	16.699		$> 1.0 \sim 1.6$	7	19.805		$> 1.0 \sim 1.6$	8	22.897
34	≤ 0.50	4	10.809		$> 1.6 \sim 2.2$	8	22.757		$> 1.6 \sim 2.4$	9	25.849
	$> 0.50 \sim 1.20$	5	13.761	45	≤ 0.20	5	13.915	55	≤ 0.80	7	19.959
	$> 1.20 \sim 1.80$	6	16.713		$> 0.2 \sim 1.0$	6	16.867		$> 0.80 \sim 1.7$	8	22.911
35	≤ 0.40	4	10.823		$> 1.0 \sim 1.6$	7	19.819		$> 1.7 \sim 2.4$	9	25.863
	$> 0.40 \sim 1.10$	5	13.775		$> 1.6 \sim 2.2$	8	22.771	56	≤ 0.80	7	19.973
	$> 1.10 \sim 1.90$	6	16.727	46	≤ 0.60	6	16.881		$> 0.80 \sim 1.6$	8	22.925
36	≤ 0.30	4	10.837		$> 0.6 \sim 1.5$	7	19.833		$> 1.6 \sim 2.4$	9	25.877
	$> 0.30 \sim 1.0$	5	13.789		$> 1.5 \sim 2.2$	8	22.785	57	≤ 0.80	7	19.987
	$> 1.0 \sim 1.90$	6	16.741	47	≤ 0.55	6	16.895		$> 0.80 \sim 1.5$	8	22.939
37	≤ 0.70	5	13.803		$> 0.55 \sim 1.55$	7	19.847		$> 1.5 \sim 2.0$	9	25.891
	$> 0.70 \sim 1.70$	6	16.755		$> 1.55 \sim 2.2$	8	22.799		$> 2.0 \sim 2.4$	10	28.844
	$> 1.70 \sim 2.00$	7	19.707	48	≤ 0.50	6	16.909	58	≤ 0.80	7	20.001
38	≤ 0.70	5	13.817		$> 0.50 \sim 1.4$	7	19.861		$> 0.80 \sim 1.4$	8	22.953
	$> 0.70 \sim 1.70$	6	16.769		$> 1.4 \sim 2.2$	8	22.813		$> 1.4 \sim 2.0$	9	25.905
	$> 1.70 \sim 2.00$	7	19.721		$> 2.2 \sim 2.5$	9	25.765		$> 2.0 \sim 2.4$	10	28.858
39	≤ 0.70	5	13.831	49	≤ 0.50	6	16.923	59	≤ 0.65	7	20.015
	$> 0.70 \sim 1.70$	6	16.783		$> 0.50 \sim 1.4$	7	19.875		$> 0.65 \sim 1.3$	8	22.967
	$> 1.70 \sim 2.00$	7	19.735		$> 1.4 \sim 2.2$	8	22.827		$> 1.3 \sim 2.0$	9	25.919
40	≤ 0.60	5	13.845		$> 2.2 \sim 2.5$	9	25.779		$> 2.0 \sim 2.4$	10	28.872
	$> 0.60 \sim 1.60$	6	16.797	50	≤ 0.50	6	16.937	60	≤ 0.50	7	20.029
	$> 1.60 \sim 2.00$	7	19.749		$> 0.50 \sim 1.3$	7	19.889		$> 0.5 \sim 1.2$	8	22.981
41	≤ 0.50	5	13.859		$> 1.3 \sim 2.0$	8	22.841		$> 1.2 \sim 2.0$	9	25.933
	$> 0.50 \sim 1.40$	6	16.811		$> 2.0 \sim 2.4$	9	25.793		$> 2.0 \sim 2.6$	10	28.886
	$> 1.40 \sim 2.00$	7	19.763	51	≤ 0.45	6	16.951	61	≤ 0.40	7	20.043
42	≤ 0.40	5	13.873		$> 0.45 \sim 1.2$	7	19.903		$> 0.40 \sim 1.1$	8	22.995
	$> 0.40 \sim 1.20$	6	16.825		$> 1.2 \sim 1.9$	8	22.855		$> 1.1 \sim 1.9$	9	25.947
	$> 1.20 \sim 2.20$	7	19.777		$> 1.9 \sim 2.4$	9	25.807		$> 1.9 \sim 2.6$	10	28.900
43	≤ 0.30	5	13.887	52	≤ 0.40	6	16.965	62	≤ 0.30	7	20.057
	$> 0.30 \sim 1.10$	6	16.839		$> 0.40 \sim 1.1$	7	19.917		$> 0.30 \sim 1.0$	8	23.009
	$> 1.10 \sim 2.20$	7	19.791		$> 1.1 \sim 1.8$	8	22.869		$> 1.0 \sim 1.8$	9	25.961
44	≤ 0.30	5	13.887		$> 1.8 \sim 2.4$	9	25.821		$> 1.8 \sim 2.6$	10	28.914
	$> 0.30 \sim 1.0$	6	16.839	53	≤ 0.30	6	16.979	63	≤ 0.20	7	20.071
	$> 1.0 \sim 1.7$	8	22.883		$> 0.30 \sim 1.0$	7	19.931		$> 0.20 \sim 0.9$	8	23.023
45	≤ 0.30	5	13.887		$> 1.0 \sim 1.7$	8	22.883		$> 0.9 \sim 1.7$	9	25.975
	$> 1.0 \sim 1.7$	8	22.883		$> 1.7 \sim 2.4$	9	25.835		$> 1.7 \sim 2.6$	10	28.928

表 5—42—2 假想齿数 z' 后面小数部分公法线长度 W_k^* (W_{kn}^*) ($m_{kn} = m = 1, \alpha_n = \alpha = 20^\circ$)

z'	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0001	0.0003	0.0004	0.0006	0.0007	0.0008	0.0010	0.0011	0.0013
0.1	0.0014	0.0015	0.0017	0.0018	0.0020	0.0021	0.0022	0.0024	0.0025	0.0027
0.2	0.0028	0.0029	0.0031	0.0032	0.0034	0.0035	0.0036	0.0038	0.0039	0.0041
0.3	0.0042	0.0043	0.0045	0.0046	0.0048	0.0049	0.0051	0.0052	0.0053	0.0055
0.4	0.0056	0.0057	0.0059	0.0060	0.0061	0.0063	0.0064	0.0066	0.0067	0.0069
0.5	0.0070	0.0071	0.0073	0.0074	0.0076	0.0077	0.0079	0.0080	0.0081	0.0083
0.6	0.0084	0.0085	0.0087	0.0088	0.0089	0.0091	0.0092	0.0094	0.0095	0.0097
0.7	0.0098	0.0099	0.0101	0.0102	0.0104	0.0105	0.0106	0.0108	0.0109	0.0111
0.8	0.0112	0.0114	0.0115	0.0116	0.0118	0.0119	0.0120	0.0122	0.0123	0.0124
0.9	0.0126	0.0127	0.0129	0.0130	0.0132	0.0133	0.0135	0.0136	0.0137	0.0139

表 5—42—3 变位齿轮的公法线长度附加量 ΔW^* (ΔW_n^*) ($m_n = m = 1, \alpha_n = \alpha = 20^\circ$)

x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0068	0.0137	0.0205	0.0274	0.0342	0.0410	0.0479	0.0547	0.0616
0.1	0.0684	0.0752	0.0821	0.0889	0.0958	0.1026	0.1094	0.1163	0.1231	0.1300
0.2	0.1368	0.1436	0.1505	0.1573	0.1642	0.1710	0.1779	0.1847	0.1915	0.1984
0.3	0.2052	0.2120	0.2189	0.2257	0.2326	0.2394	0.2463	0.2531	0.2599	0.2668
0.4	0.2736	0.2805	0.2873	0.2941	0.3010	0.3078	0.3147	0.3215	0.3283	0.3352
0.5	0.3420	0.3489	0.3557	0.3625	0.3694	0.3762	0.3831	0.3899	0.3967	0.4036
0.6	0.4104	0.4173	0.4241	0.4309	0.4378	0.4446	0.4515	0.4583	0.4651	0.4720
0.7	0.4788	0.4857	0.4925	0.4993	0.5062	0.5130	0.5199	0.5267	0.5336	0.5404
0.8	0.5472	0.5541	0.5609	0.5678	0.5746	0.5814	0.5883	0.5951	0.6020	0.6088
0.9	0.6156	0.6225	0.6293	0.6362	0.6430	0.6498	0.6567	0.6635	0.6704	0.6772

注: 1. W_k^* (W_{kn}^*) 为 $m = 1$ (或 $m_n = 1$) 时标准齿轮的公法线长度; 当模数 $m \neq 1$ (或 $m_n \neq 1$) 时标准齿轮的公法线长度应为 $W_k = W_k^* m$ (或 $W_{kn} = W_{kn}^* m_n$)。

2. 对直齿轮表中 $z' = z$, 对斜齿轮 $z' = z \frac{\text{inv} \alpha_s}{0.0149}$ (比值 $\frac{\text{inv} \alpha_s}{0.0149}$ 列于表 5—43), 按此式算出的 z' 后面如有小数部分时, 应利用表 5—43 的数值, 按插入法进行补偿计算。

例: 确定斜齿轮的公法线长。已知 $z = 23$, $m_n = 4$, $\alpha_n = 20^\circ$ $\beta_0 = 29^\circ 48'$

1) 假想齿数 $z' = z \frac{\text{inv} \alpha_s}{0.0149}$, 由表 5—43 查出 $\frac{\text{inv} \alpha_s}{0.0149} = 1.4953$ (插入法计算)。

$z' = 1.4953 \times 23 = 34.39$ (取到小数点后两位数值)。

2) 查表 5—42, $z' = 34$ 为 10.809
 $z' = 0.39$ 为 0.0055 } $W_{kn}^* = 10.809 + 0.0055 = 10.8145 \text{ mm}$ 。

3) $W_{kn} = W_{kn}^* m_n = 10.8145 \times 4 = 43.258 \text{ mm}$ 。

表 5-43

$$\text{比值 } \frac{\text{inv}\alpha_i}{\text{inv}\alpha_n} = \frac{\text{inv}\alpha_i}{0.0149} (\alpha_n = 20^\circ)$$

β	$\frac{\text{inv}\alpha_i}{0.0149}$	差 值	β	$\frac{\text{inv}\alpha_i}{0.0149}$	差 值	β	$\frac{\text{inv}\alpha_i}{0.0149}$	差 值
8	1.0283	0.0026	19°	1.1731	0.0067	30°	1.5037	0.0145
8° 20'	1.0309	0.0024	19° 20'	1.1798	0.0069	30° 20'	1.5182	0.0146
8° 40'	1.0333	0.0026	19° 40'	1.1867	0.0071	30° 40'	1.5328	0.0150
9°	1.0359	0.0029	20°	1.1938	0.0073	31°	1.5478	0.0155
9° 20'	1.0388	0.0027	20° 20'	1.2011	0.0074	31° 20'	1.5633	0.0157
9° 40'	1.0415	0.0031	20° 40'	1.2085	0.0077	31° 40'	1.5790	0.0161
10°	1.0446	0.0031	21°	1.2162	0.0078	32°	1.5951	0.0164
10° 20'	1.0477	0.0031	21° 20'	1.2240	0.0079	32° 20'	1.6115	0.0170
10° 40'	1.0508	0.0035	21° 40'	1.2319	0.0082	32° 40'	1.6285	0.0170
11°	1.0543	0.0034	22°	1.2401	0.0084	33°	1.6455	0.0176
11° 20'	1.0577	0.0036	22° 20'	1.2485	0.0085	33° 20'	1.6631	0.0182
11° 40'	1.0613	0.0039	22° 40'	1.2570	0.0088	33° 40'	1.6813	0.0185
12°	1.0652	0.0036	23°	1.2658	0.0089	34°	1.6998	0.0189
12° 20'	1.0688	0.0040	23° 20'	1.2747	0.0092	34° 20'	1.7187	0.0193
12° 40'	1.0728	0.0040	23° 40'	1.2839	0.0094	34° 40'	1.7380	0.0198
13°	1.0768	0.0042	24°	1.2933	0.0096	35°	1.7578	0.0204
13° 20'	1.0810	0.0043	24° 20'	1.3029	0.0098	35° 20'	1.7782	0.0204
13° 40'	1.0853	0.0043	24° 40'	1.3127	0.0100	35° 40'	1.7986	0.0215
14°	1.0896	0.0046	25°	1.3227	0.0100	36°	1.8201	0.0217
14° 20'	1.0943	0.0048	25° 20'	1.3327	0.0106	36° 20'	1.8418	0.0222
14° 40'	1.0991	0.0048	25° 40'	1.3433	0.0108	36° 40'	1.8640	0.0228
15°	1.1039	0.0053	26°	1.3541	0.0111	37°	1.8868	0.0233
15° 20'	1.1092	0.0048	26° 20'	1.3652	0.0113	37° 20'	1.9101	0.0239
15° 40'	1.1140	0.0052	26° 40'	1.3765	0.0113	37° 40'	1.9340	0.0246
16°	1.1192	0.0054	27°	1.3878	0.0118	38°	1.9586	0.0251
16° 20'	1.1246	0.0056	27° 20'	1.3996	0.0120	38° 20'	1.9837	0.0255
16° 40'	1.1302	0.0056	27° 40'	1.4116	0.0124	38° 40'	2.0092	0.0263
17°	1.1358	0.0059	28°	1.4240	0.0124	39°	2.0355	
17° 20'	1.1417	0.0059	28° 20'	1.4364	0.0131			
17° 40'	1.1476	0.0061	28° 40'	1.4495	0.0130			
18°	1.1537	0.0063	29°	1.4625	0.0135			
18° 20'	1.1600	0.0065	29° 20'	1.4760	0.0137			
18° 40'	1.1665	0.0066	29° 40'	1.4897	0.0140			

注: 对于中间数值的 β , $\frac{\text{inv}\alpha_i}{0.0149}$ 的值用插入法求出。例如, $\beta = 29^\circ 48'$, $\frac{\text{inv}\alpha_i}{0.0149} = 1.4897 + \frac{8}{20} \times 0.0135 = 1.4951$ 。

5.3.3 圆柱齿轮传动的设计计算

①主要参数的选择

A. 齿数 z 。应在满足轮齿弯曲强度的条件下尽可能取较多齿数。一般取 $z_1 > 18 \sim 30$ ，宜使 z_1, z_2 互为质数，齿数要大于齿轮发生根切的最少齿数。

B. 螺旋角 β 。 β 大时，齿轮传动重合度增加，传动平稳，但轴向力增大。一般斜齿轮 $\beta = 8^\circ \sim 16^\circ$ ，人字齿轮 $\beta = 25^\circ \sim 40^\circ$ 。

C. 齿宽系数 ϕ 。齿宽系数 ϕ 表示齿宽 b 对中心距 a ，小齿轮直径 d_1 或模数 m 的相对值。

$$\phi_a = \frac{b}{a}, \phi_d = \frac{b}{d_1}, \phi_m = \frac{b}{m}.$$

一般取 $\phi_a = 0.1 \sim 1.2$ ，闭式传动常取 $\phi_a = 0.3 \sim 0.6$ ，开式传动常取 $\phi_a = 0.1 \sim 0.3$ ，通用减速器可取 $\phi_a = 0.4$ 。

一般取 $\phi_d = 0.2 \sim 2.4$ 。对闭式传动，当 $HBS < 350$ ，齿轮对称配置并靠近轴承时，取 $\phi_d = 0.8 \sim 1.4$ ，若齿轮非对称配置、结构刚性较大时，取 $\phi_d = 0.6 \sim 1.2$ ，结构刚性较小时，取 $\phi_d = 0.4 \sim 0.8$ ；当齿面 $HBS > 350$ 时，上述数据均降低一倍。

一般取 $\phi_m = 8 \sim 25$ 。当加工和安装精度高时，可取大些；对开式齿轮传动可取 $\phi_m = 8 \sim 15$ ；对重载低速齿轮传动，可取 $\phi_m = 20 \sim 25$ 。

②圆柱齿轮传动的作用力计算

表 5—44

圆柱齿轮传动的作用力计算公式

作用力	计算公式	
	直 齿 轮	斜 齿(人字齿)轮
分度圆上的圆周力 F_t (N)	$F_t = \frac{2T}{d}$	
节圆上的圆周力 F'_t (N)	$F'_t = \frac{2T}{d'}$	
径向力 F_r (N)	$F'_r = F'_t \tan \alpha'$	$F'_r = F'_t \frac{\tan \alpha'_n}{\cos \beta}$
轴向力 F'_x (N)		$F'_x = F'_t \tan \beta$ (人字齿轮 $F'_x = 0$)
转矩 T , N·m	$T = \frac{P}{\omega}$ 式中 P —齿轮传递的功率 W; ω —齿轮的角速度, $\omega = \frac{\pi n}{30} \text{ rad/s}$; n —齿轮的转速 r/min	

注：表中 d, d' 分别为齿轮的分度圆直径和节圆直径，m。

③主要尺寸的初步确定

齿轮传动的主要尺寸可按下述方法之一初步确定：

- 参照已有的相同或类似的机械齿轮传动，用类比法初步确定。
- 根据设备要求的结构、安装情况初步确定。
- 用表 5—45 所列简化计算公式初步确定。

表 5—45

圆柱齿轮传动的简化设计计算公式

齿轮类型	计 算 公 式	
	接 触 强 度	弯 曲 强 度
直齿轮	$a > (u \pm 1) \sqrt[3]{\left(\frac{0.335 \times 10^6}{[\sigma_{HP}]}\right)^2 \frac{KT_1}{\varphi_a u}}, d_1 \geq \sqrt[3]{\left(\frac{0.67 \times 10^6}{[\sigma_{HP}]}\right)^2 \frac{KT_1}{\varphi_d} \frac{u \pm 1}{u}}$	$m \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_1}{\varphi_m z_1} \frac{Y_F}{\varphi_{FP}}}$
斜齿轮	$a > (u \pm 1) \sqrt[3]{\left(\frac{0.29 \times 10^6}{[\sigma_{HP}]}\right)^2 \frac{KT_1}{\varphi_a u}}, d_1 \geq \sqrt[3]{\left(\frac{0.58 \times 10^6}{[\sigma_{HP}]}\right)^2 \frac{KT_1}{\varphi_d} \frac{u \pm 1}{u}}$	$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{1.75KT_1}{\varphi_m z_1} \frac{Y_F}{[\sigma_{FP}]}}$
人字齿轮	$a > (u \pm 1) \sqrt[3]{\left(\frac{0.27 \times 10^6}{[\sigma_{HP}]}\right)^2 \frac{KT_1}{\varphi_a u}}, d_1 \geq \sqrt[3]{\left(\frac{0.54 \times 10^6}{[\sigma_{HP}]}\right)^2 \frac{KT_1}{\varphi_d} \frac{u \pm 1}{u}}$	$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{1.3KT_1}{\varphi_m z_1} \frac{Y_F}{[\sigma_{FP}]}}$

注: 1. 式中 $(u \pm 1)$ 项, 其中“+”号用于外啮合, “-”用于内啮合。

2. 接触强度公式中的 $[\sigma_{HP}]$ 应取 $[\sigma_{HP1}]$ 、 $[\sigma_{HP2}]$ 二者中之小者; 弯曲强度公式中的 $\frac{Y_F}{[\sigma_{FP}]}$ 应取 $\frac{Y_{F1}}{[\sigma_{FP1}]}$ 、 $\frac{Y_{F2}}{[\sigma_{FP2}]}$ 二者中之大者。

表中 a —中心距, m ; d_1 —小齿轮分度圆直径, m ; m 、 m_n —分别为端面及法面模数, m ; z_1 —小齿轮齿数; φ_a 、 φ_d 、 φ_m —齿宽系数;

$\varphi_a = \frac{b}{a}$, $\varphi_d = \frac{b}{d_1}$, $\varphi_m = \frac{b}{m}$; u —齿数比, $u = \frac{z_2}{z_1}$, Y_F —齿形系数, 按图 5—18 确定; $[\sigma_{HP}]$ —

许用接触应力, P_a , 近似取 $\sigma_{HP} = \sigma_{Hlim}$, σ_{Hlim} 可按图 5—15 查取。 $[\sigma_{FP}]$ —许用弯曲应力, P_a , 近似取 $\sigma_{HP} = \sigma_{Flim}$, σ_{Flim} 可按图 5—21 查取。 T_1 —小齿轮传递的额定转矩, Nm; K —载荷系数, 若原动机为电机、汽轮机或燃气轮机时, 可取 $K = 1.3 \sim 1.6$ 。若载荷平稳, 精度较高、速度较低、齿轮对称轴承配置时, 应取小值; 直齿轮应取大值。若原动机为多缸内燃机, 应将 K 值加大 1.2 倍左右。

④齿面接触疲劳强度与齿根弯曲疲劳强度的校核计算

表 5—46 圆柱齿轮传动齿面接触疲劳强度与齿根弯曲疲劳强度校核计算公式

齿 面 接 触 疲 劳 强 度	齿 根 弯 曲 疲 劳 强 度
$\sigma_H = Z_E Z_H Z_\epsilon \sqrt{\frac{F_t}{b d_1} \frac{u \pm 1}{u}} K_A K_V K_\beta K_\alpha \leq [\sigma_{HP}]$	$\sigma_F = \frac{F_t K_A K_V K_\beta K_\alpha}{b m_n} Y_F Y_\epsilon Y_\beta \leq [\sigma_{FP}]$
$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim} Z_N Z_W}{S_{Hmin}}$	$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{Flim} Y_N Y_X}{S_{Fmin} Y_\beta}$

注: 1. 表内 $\frac{u \pm 1}{u}$ 项中, “+”号用于外啮合传动, “-”号用于内啮合传动。

2. 接触强度应按两齿轮中 σ_{HP} 的小值计算。
3. 弯曲强度应按大小齿轮分别进行计算。
4. Y_β 为相对应力集中系数。

表中 m_n —法面模数, m;
 b —齿宽, m(人字齿轮为两半齿圈宽度之和);
 d_1 —小齿轮分度圆直径, m;
 u —齿数比, $u = \frac{z_2}{z_1}$;
 F_t —分度圆上的圆周力, N, 见表 5—44;
 K_A —工况系数, 见表 5—47
 K_V —动载系数, 见图 5—11,
 K_β —载荷分布系数, 见图 5—12,
 K_α —载荷分配系数, 见图 5—48
 σ_H —计算接触应力, Pa;
 Z_E —材料弹性系数, $k\sqrt{\text{Pa}}$, 见表 5—49
 Z_H —节点区域系数, 见图 5—13
 Z_ϵ —接触强度重合度系数, 见图 5—14
 σ_{HP} —许用接触应力, Pa;

σ_{Hlim} —试验齿轮的接触疲劳极限应力, Pa, 见图 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} —接触强度最小安全系数, 见表 5—50
 σ_F —计算弯曲应力, Pa;
 Y_F —齿形系数, 见图 5—18
 Y_ϵ —弯曲强度重合度系数, 见图 5—19
 Y_β —螺旋角系数, 见图 5—20
 σ_{FP} —许用弯曲应力, Pa;
 σ_{Flim} —试验齿轮的弯曲疲劳极限应力, Pa, 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)
 S_{Fmin} —弯曲强度最小安全系数, 见表 5—50

表 5—47 工 况 系 数 K_A

原动机的载荷特性	工 作 机 械 的 载 荷 特 性		
	平 稳 载 荷	中 等 冲 击	大 的 冲 击
平 稳 (如电动机、汽轮机、 燃气轮机)	1.00	1.25	1.75
轻度冲击 (如多缸内燃机)	1.25	1.50	2.00 以上
中等冲击 (如单缸内燃机)	1.50	1.75	2.25 以上
工作机械的载荷特性 应用举例	发电机、带式和链式运输机、螺旋输送机、轻型起重机、电葫芦、机床进给机构、通风机、透平鼓风机、透平压缩机、密度均匀的物料搅拌机和混合机	机床主传动、重型起重机、重机的旋转机构、矿井通风机、多缸柱塞泵、给料泵、多缸往复式压缩机、球磨机、回转窑、密度不均匀的物料搅拌机和混合机	冲床、剪切机、橡胶混炼机、轧钢机、单斗挖掘机、钻机、重型离心分离机、重型给料泵、矿石破碎机、压砖机、单缸往复式压缩机、捣泥机

注: 1. 表内数据不适用于共振区。

2. 计算增速传动时, 应将表中数值乘以 1.1。

动载荷系数 K_V

K_V 是考虑齿轮在啮合过程中产生的内部附加动载荷的系数。 K_V 可近似地从图 5—11 查出。图 5—11a 适用于直齿轮; 图 5—11b 适用于轴向重合度 $\epsilon_\beta > 1$ 的斜齿轮。对于轴向重合度 $\epsilon_\beta < 1$ 的斜齿轮, 其 K_V 值由图 5—11a 及图 5—11b 查出的数值用线性内差法求出。 $K_V = K_{Va} - \epsilon_\beta (K_{Va} - K_{Vb})$

式中 K_{Va} , K_{Vb} 分别为由图 5—11a 和图 5—11b 查出的值, ϵ_β 为轴向重合度。

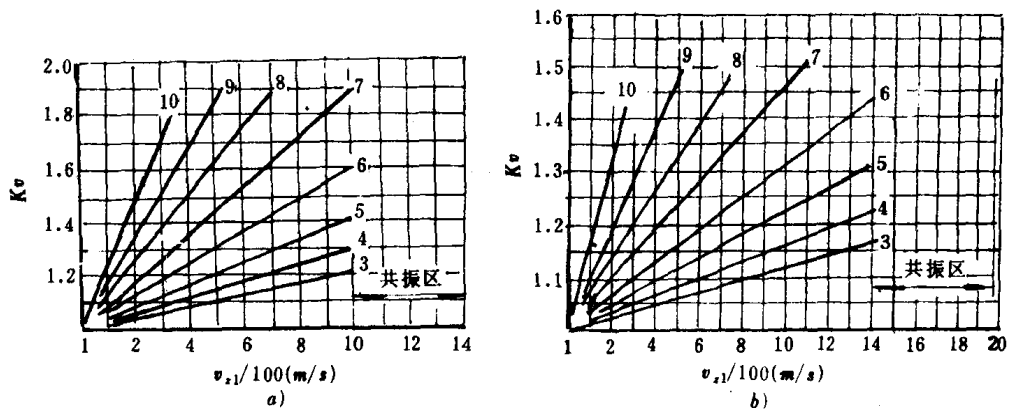


图 5—11 动载系数 K_v

a) 直齿轮的动载系数 b) 斜齿轮的动载系数

(射线一端表示齿轮精度等级)

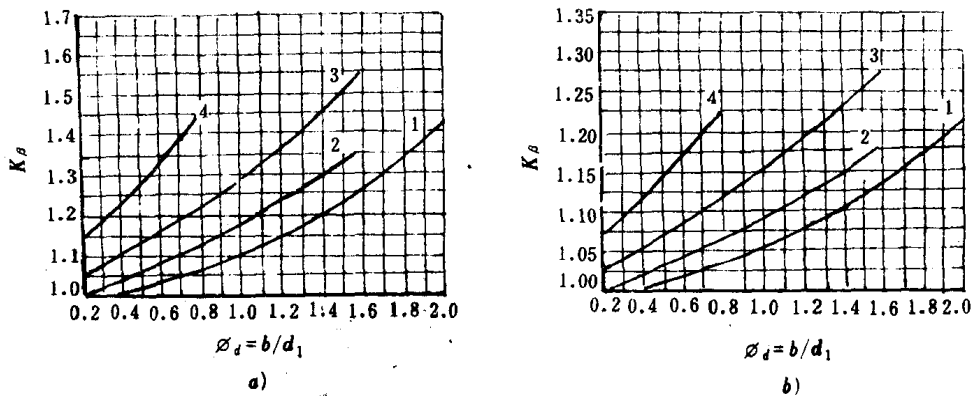


图 5—12 载荷分布系数 K_β

a) 两轮均为硬齿面 ($HBS > 350$) b) 两轮或其中一轮为软齿面 ($HBS < 350$)

1—齿轮对称布置于两轴承之间 2—齿轮非对称布置于两轴承之间，且轴的刚性较大

3—齿轮非对称布置于两轴承之间，且轴的刚性较小 4—齿轮悬臂布置

表 5—48

载荷分配系数 K_α

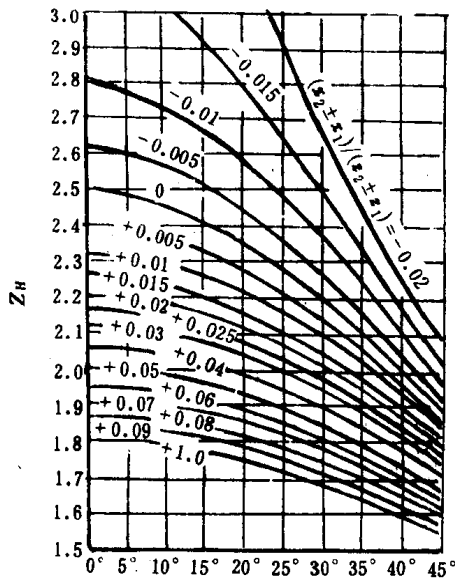
齿 轮 精 度 等 级		系 数 值	
直 齿 轮	斜 齿 轮		
7 级以上	6 级以上	$K_\alpha \approx 1$	
8 级	7、8 级	见右图	
9 级以下		$K_\alpha \approx \frac{1}{Z_i}$ $K_\alpha \approx \frac{1}{Y_\epsilon}$	

表 5—49

材料弹性系数 Z_E $k\sqrt{\text{Pa}}$

小齿轮材料	大 齿 轮 材 料				
	钢	铸 钢	球墨铸铁	铸 铁	织物层压塑料
钢	189.8	188.9	181.4	162.0	56.4
铸 钢		188.0	180.5	161.4	
球墨铸铁			173.9	156.6	
铸 铁				143.7	

注：表中 Z_E 值计算时泊松比及弹性模量取以下数值：钢铁材料 $\nu=0.3$ ，织物层压塑料 $\nu=0.5$ ；钢 $E=206\text{GPa}$ ，铸钢 $E=202\text{GPa}$ ，球墨铸铁 $E=173\text{GPa}$ ，铸铁 $E=118\text{GPa}$ 。

图 5—13 节点区域系数 Z_H ($\alpha=20^\circ$)接触强度寿命系数 Z_N

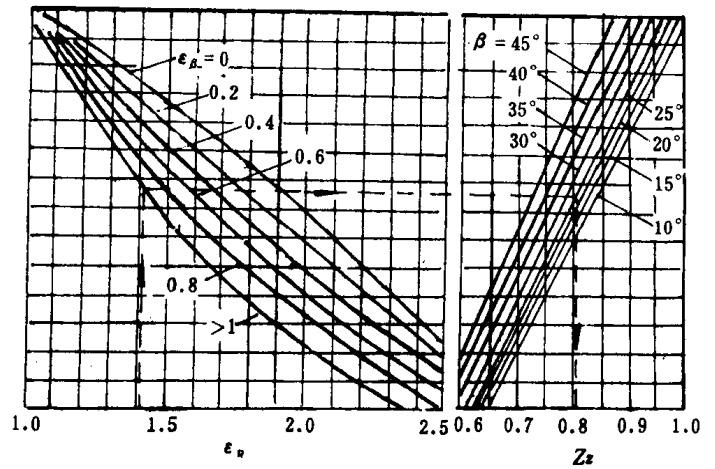
Z_N 是考虑由于齿轮设计寿命（通常以应力循环次数或工作小时数表示）的不同，而影响齿面接触疲劳极限应力的系数。

当齿轮的材料和热处理方法不同时，齿面接触疲劳的应力循环基数 $N > N_0$ 时（ N_0 为齿轮材料疲劳强度的循环基数），即认为应进行无限寿命计算，此时取 $Z_N=1$ 。

当应力循环次数 $N < N_0$ 时，即认为应进行有限寿命计算，此时 Z_N 可由图 5—16 查得。

应力循环次数 N 可按下式计算：

$$N = 60vnt$$

图 5—14 接触强度重合度系数 Z_ϵ

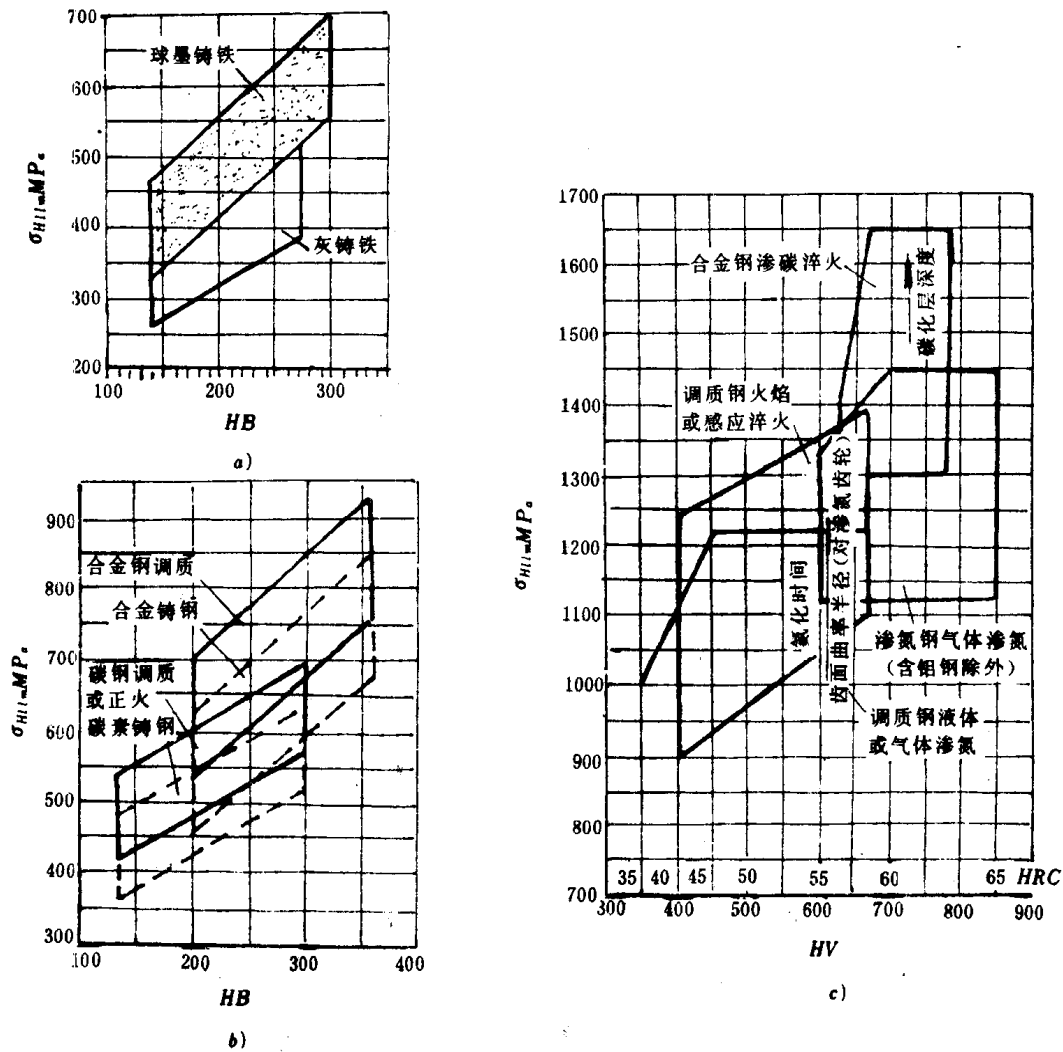


图 5—15 试验齿轮的接触疲劳强度应力 σ_{Hlim}

a) 铸铁 b) 调质钢 c) 表面硬化钢

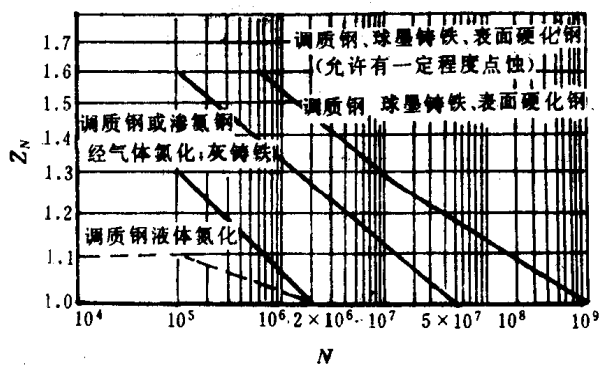


图 5—16 接触强度寿命系数 Z_N

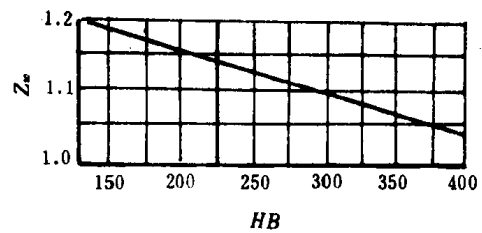


图 5—17 工作硬化系数 Z_w

式中 γ —齿轮每一转内, 齿的同一侧齿面的啮合次数; n —齿轮转速, $r/\min$; t —对应于齿轮的计算载荷的总工作小时数 h 。

工作硬化系数 Z_w

Z_w 是考虑在运转过程中, 经磨齿的硬齿面小齿轮对调质或正火的大齿轮齿面产生冷作硬化, 从而使大齿轮齿面接触疲劳强度应力提高的影响系数。如果符合上述条件, Z_w 可按下式计算, 也可按图 5—17 查取。

$$Z_w = 1.2 - \frac{HB_2 - 130}{1700}$$

表 5—50

最小安全系数 S_{Hmin} 、 S_{Fmin}

可靠程度	S_{Hmin}	S_{Fmin}
高可靠性	1.25	1.5
一般可靠性 (失效率小于 1/100)	1.0	1.0
低可靠性 (失效率小于 1/3)	0.8	0.7

注: 1. 失效率是指实际使用寿命低于设计寿命的机率。

2. 表中 S_{Hmin} 值是考虑允许有非进展性点蚀。

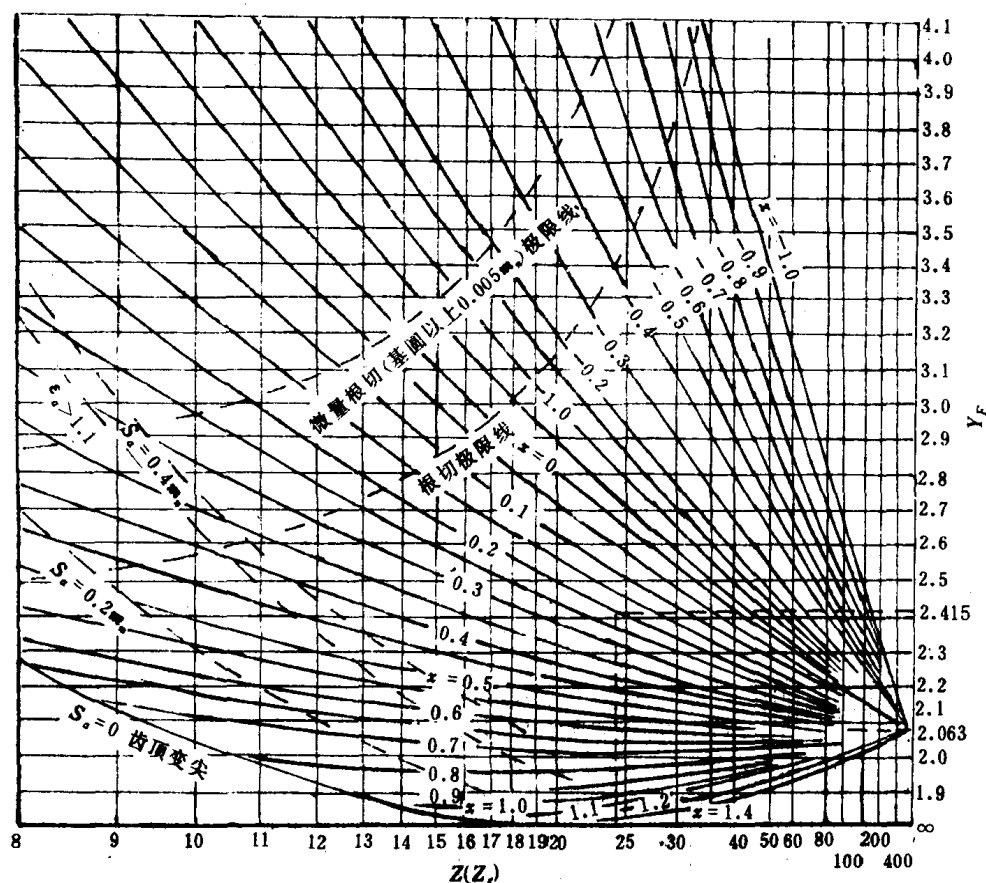


图 5—18 齿形系数 Y_F

齿形系数 Y_F

Y_F 是考虑齿形影响齿根弯曲应力的系数, 主要与基准齿形、切齿刀具及载荷作用点的位置有关, 且随齿数及变值系数而改变。