

# 目 录

<b>第一章 绪 论</b> .....	(1)
<b>第二章 机械制图</b> .....	(3)
一、正投影的基本性质 .....	(3)
二、物体的三视图 .....	(4)
三、投影作图 .....	(7)
四、怎样识图.....	(11)
五、机件形状及内部结构的表示方法.....	(17)
六、常用零件的规定画法.....	(36)
七、识读零件图.....	(50)
八、识读装配图.....	(55)
<b>第三章 公差与配合</b> .....	(60)
一、光滑圆柱结合的尺寸公差与配合.....	(60)
二、形位公差.....	(70)
三、表面粗糙度.....	(80)
<b>第四章 常用计量器具</b> .....	(84)
一、测量误差.....	(84)
二、常用量具、量仪 .....	(86)
三、常用精密量具、量仪 .....	(92)
四、间接测量的方法及其应用.....	(98)
<b>第五章 金属材料 and 工程塑料</b> .....	(100)
一、金属材料的性能及其试验方法 .....	(100)
二、常用金属材料的种类、牌号、性能及其应用 .....	(109)
三、有色金属简介 .....	(123)

四、工程塑料及其它常用非金属材料 .....	(128)
<b>第六章 钢的热处理</b> .....	(135)
一、铁碳合金状态图 .....	(135)
二、钢在加热和冷却时的转变 .....	(141)
三、钢的热处理基本工艺 .....	(145)
四、模具的热处理 .....	(159)
<b>第七章 机械传动与液压传动基本知识</b> .....	(168)
一、机械传动基本知识 .....	(168)
二、液压传动系统基本知识 .....	(184)
<b>第八章 钳工基本技术</b> .....	(200)
一、划线 .....	(200)
二、锯切 .....	(210)
三、錾削 .....	(212)
四、锉削 .....	(218)
五、钻孔 .....	(229)
六、扩孔和铰孔 .....	(246)
七、铰孔 .....	(248)
八、攻丝和套丝 .....	(257)
九、刮削 .....	(275)
十、研磨 .....	(279)
十一、铆接 .....	(286)
十二、粘接 .....	(292)
十三、矫正和弯曲 .....	(301)
十四、弹簧 .....	(307)
<b>第九章 金属切削加工与机械制造工艺</b> .....	(311)
一、金属切削加工基本知识 .....	(311)
二、机械制造工艺基础 .....	(321)

<b>第十章 模具的加工与装配</b> .....	(335)
一、模具零件机械加工简述 .....	(336)
二、模具主要零部件的结构 .....	(341)
三、模具的装配 .....	(352)
四、冲裁模具的安装与调试 .....	(363)
五、其它模具的装配特点 .....	(371)
六、模具的修理 .....	(387)
七、模具加工新工艺简介 .....	(390)
<b>第十一章 塑料模具</b> .....	(395)
一、概述 .....	(395)
二、注射成型模具 .....	(396)
三、压制成型模具 .....	(418)
四、热固性塑料压铸成型模具 .....	(424)
五、热固性塑料注射成型模具 .....	(428)
六、塑料中空成型模具 .....	(429)
七、塑料真空成型模具 .....	(431)
八、压缩空气成型模具 .....	(433)
九、塑料挤出成型机头 .....	(433)
十、塑料模具装配、试模、维修 .....	(447)
<b>附录 试题样例</b> .....	(453)

# 第一章 绪 论

在现代机械制造工业及日用品、轻工等其它工业生产中,各零件或成品件无非是经过机械加工或通过模具成形(或加工)制得的。机械加工的毛坯,通常也经由模具制得。模具已成为现代工业生产的重要手段之一,它与刀具、夹具、量具并列为工业生产的重要工艺装备。

利用模具来成形或加工零件,具有生产率高、产品质量稳定、原材料利用率高及产品成本低(指大、中批量生产)等优点。模具成形在铸造、锻造、冲压、挤压及塑料、橡胶、粉末冶金、陶瓷等制品的生产中得到越来越广泛的应用。据有关资料统计,当今在汽车、电器、家电、日用品及仪器仪表等行业的产品中,用模具生产的零件占其总量的 70%~80%。据预测,到 21 世纪初,机械产品零件中 75% 的粗加工件和 50% 的精加工件,将用精密模具直接生产,以取代常规的机械加工。

由于模具生产具有上述优点,因此,许多工业发达的国家都将生产模具化作为工艺发展的方向之一,从而对模具生产给予了高度的重视。某些国家早已将模具工业摆脱了从属地位而发展成独立行业,与机床工业并驾齐驱;有些国家模具工业的产值甚至超过了机床工业的产值。模具工业现已成为衡量一个国家机械制造水平的重要标志之一。

随着科学技术的不断进步和工业生产的迅速发展,在工业产品的品种和数量不断增加的同时,必然对产品的质量、式样及外观等不断提出新的要求。因此,模具的更新越来越快;

对模具的质量要求也越来越高。为了适应这种发展形势,对制造部门而言,需要培养大量不同层次的模具制造专业人才。

模具生产的产品质量,与模具的精度直接相关。模具的结构,尤其是其型腔,通常都是比较复杂的。一套模具,除必要的机械加工或采用某些特种工艺(像电火花加工、电解加工、激光加工等)加工外,余下的很大工作量主要是靠钳工来完成的。尤其是一些复杂型腔的最终精修光整,模具装配时的调整、对中等,都得靠钳工一手定当。《模具钳工基本技术》正是为培养模具制造、装配、维修技术工人而编写的专业书籍。它包括以下内容:

(1)与模具制造工艺有关的基础知识,如机械图识读、工程材料、金属材料的热处理、公差与配合、常用测量量具量仪、机械传动与液压传动的基本知识。

(2)加工模具零件的相关知识与专业知识,如钳工的基本操作、切削加工的基本知识。

(3)模具的加工与装配调试工艺。

(4)塑料成形模具的结构及制造工艺。

本书实践性较强,读者在阅读本书时,除了要学习其基本技能、工艺原理及方法特点外,还应加强实践。

随着工业的发展,模具必然随之不断完善创新。学习本书及实践的同时,还应随时注意国内外模具发展的新动向,不断学习新技术、新经验,跟上模具发展的新形势。

## 第二章 机械制图

在机械设计与制造中,机械零件通常需用若干个两面图形(称为视图)来表达清楚其立体形状及内部结构,装配图亦是如此。这种视图组称为机械图。为了表达得简洁明晰,机械图视图都是建立在正投影基础上的。

### 一、正投影的基本性质

先举一个众所周知的例子。人站在阳光下,地面上会出现影子。此相当于太阳光线聚于一点,呈放射形(锥形)射于人体(物体)上,投影于地面出现影子,此谓之中心投影法,地面谓之投影面,其投影绝非人体(物体)的真实形状和大小。

假设将太阳移到几何意义上的无穷远处,则其光线相当于平行照射于物体上,此谓之平行投影法。再假设选定的投影面与光线垂直(图 2-1),此时的投影法谓之正投影法。正投影法能反映物体在垂直于投影线方向上的真实形状和大小。因而机械图都是用正投影法绘制的。

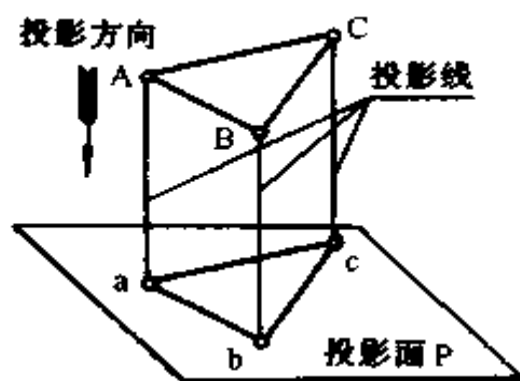


图 2-1 正投影法

正投影具有下述基本性质(图 2-2):

1. 显实性 平面图形(或直线段)与投影平面平行时,投

影反映实形(或实长),如图 2-2a 所示。

2. 积聚性 平面图形(或直线段)与投影平面垂直时,投影积聚为一直线(或一点),如图 2-2b 所示。

3. 类似性 平面图形(或直线段)与投影平面倾斜时,投影变小(或变短),但投影的形状仍与原来的形状相似,如图 2-2c 所示。

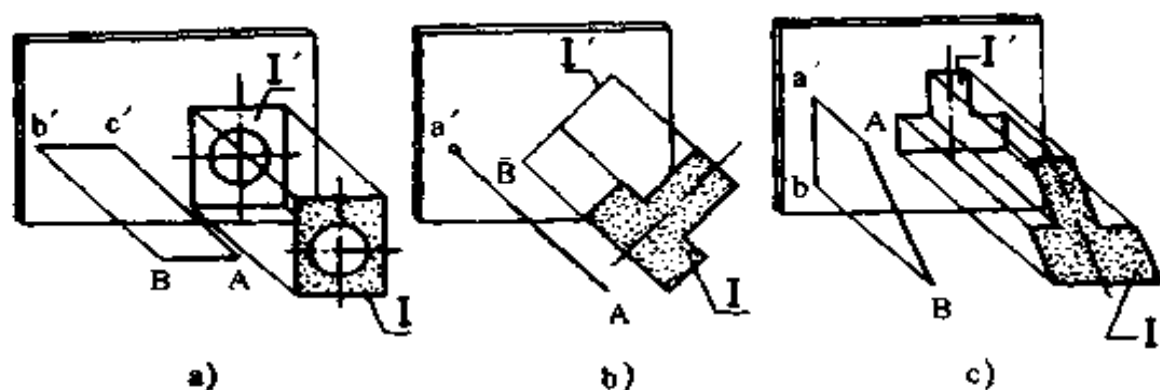


图 2-2 直线段、平面图形的正投影特性

a) 真实性 b) 积聚性 c) 类似性

## 二、物体的三视图

在机械制图中,把物体的正投影图称为视图,此相当于人们用平行的视线正对着投影面观察物体的图形。通常一个视图不能完整地表达物体的空间结构形状。简单的物体可以用两个视图来表示,复杂的物体要用三个或更多的视图才能表示清楚。

1. 三视图的形成 物体在三个相互垂直的投影面上的投影,称为三视图。三个投影面分别为正面 V、水平面 H、右侧面 W。三个投影面的相交线 OX、OY、OZ 互相垂直,分别代表长、宽、高三个方向,称为投影轴。三个投影轴的交点称

为原点 0。如图 2-3a 所示。

将物体(图 2-3b)放置在三个投影面中,用正投影法分别向三个投影面投影。可得到三个视图:主视图是从前向后投影在 V 面上得到的图形;俯视图是从上向下投影在 H 面上得到的图形;左视图是从左向右投影在 W 面上得到的图形,如图 2-3c 所示。

为了将三个视图画在同一张图纸上(平面上),正面 V 保持不动,把水平面 H 和侧面 W 按图 2-3d 上箭头所示方向展开到与正面 V 在同一平面上,如图 2-3e 所示。由于投影面范围大小与视图所表示的物体形状无关,故实际制图中都省略投影面的边框线及投影轴,如图 2-3f 所示。

三视图的位置配置以主视图为准,俯视图在它的下面,左视图在它的右面。

2. 三视图与物体的投影关系 从三视图的形成过程中,从图 2-3f 可看出:主视图反映物体的长(X)和高(Z);俯视图反映物体的长(X)和宽(Y);左视图反映物体的高(Z)和宽(Y)。

由于三个视图表示同一物体,所以它们之间有以下对应关系:主、俯视图长对正(等长);主、左视图高平齐(等高);俯、左视图宽相等(等宽)。三个视图之间存在的“长对正、高平齐、宽相等”的“三等”投影规律,既适用于整个物体,也适用于物体的局部,这是识图时分析视图的主要依据。

3. 三视图与物体的方位关系 任何一个空间物体都有上、下、左、右、前、后六个方位。当物体的投影位置确定以后,物体的六个方位也就确定下来。



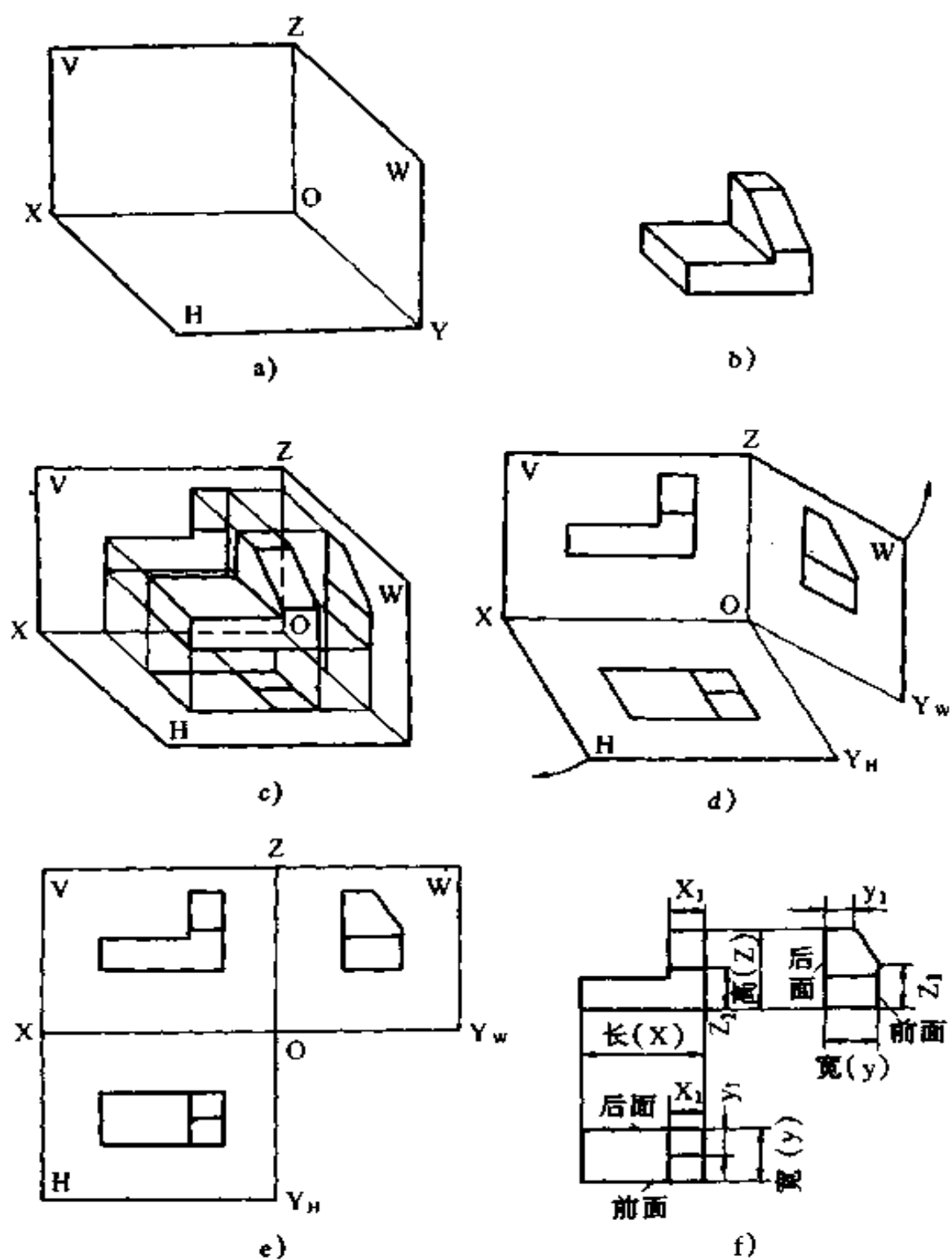


图 2-3 三面视图的形成及其位置关系

a)三投影面 b)物体 c)物体放入三投影面体系中进行投影

d)投影面的展开过程 e)展开到一个平面上 f)三面视图

如图 2-3f 所示,主视图反映物体的上、下、左、右四个方位,与物体的实际方位均一致;俯视图反映物体的左、右、前、后四个方位,图中左、右方位与物体的实际方位一致;左视图反映物体的上、下、前、后四个方位,图中上、下方位与物体的实际方位一致。视图中所反映的方位与物体的实际方位是一致的,很容易判断。俯、左视图中反映物体的前、后方位的判定均以主视图为准;靠近主视图一侧(里面)均表示物体的后面,远离主视图一侧(外面)均表示物体的前面。搞清楚三个视图六个方位关系,对识图时判断物体之间的相对位置是十分必要的。

### 三、投影作图

任何复杂的机件都可成为由若干个基本几何体(简称基本体)组合而成的形体,叫做组合体。

组合体的基本体的组合形式有叠加和切割两种基本形式,常见的是这两种形式的综合。其间的连接方式,有相错、平齐、相切、相交四种,如图 2-4、图 2-5、图 2-6、图 2-7 所示。

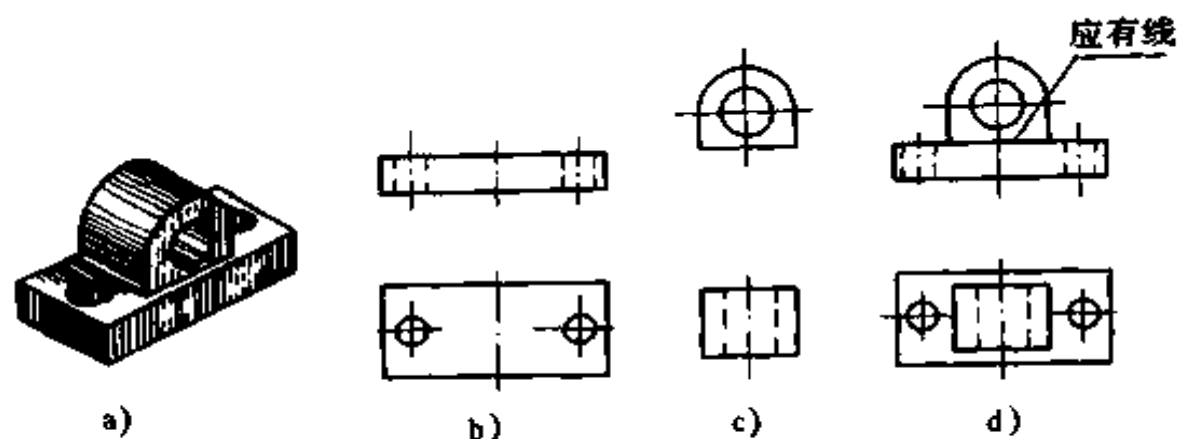


图 2-4 表面相错时连接处的画法

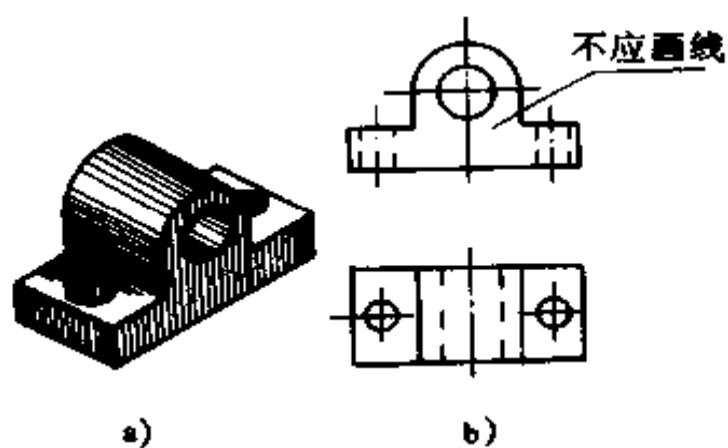


图 2-5 表面平齐时连接处的画法

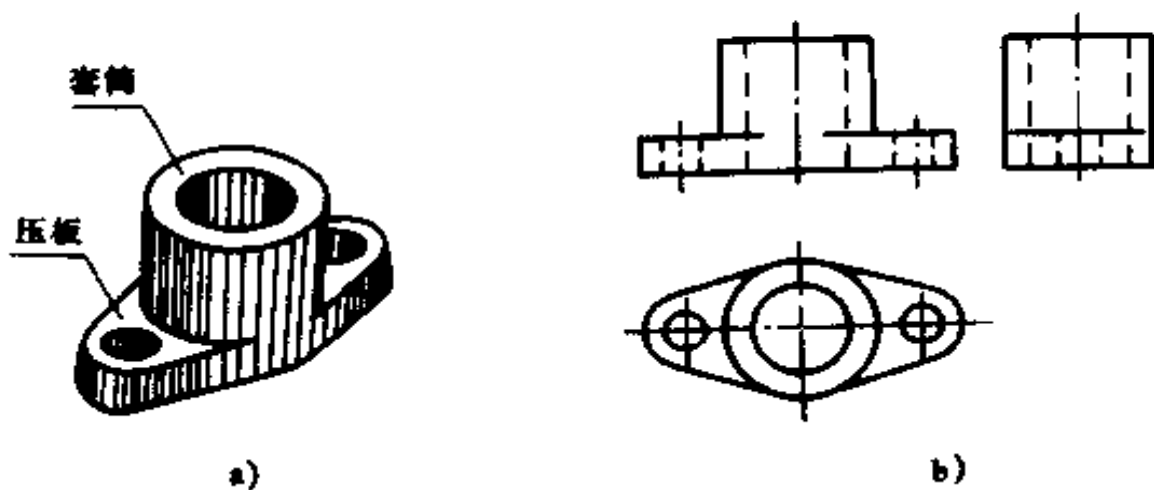


图 2-6 相切叠加时的画法

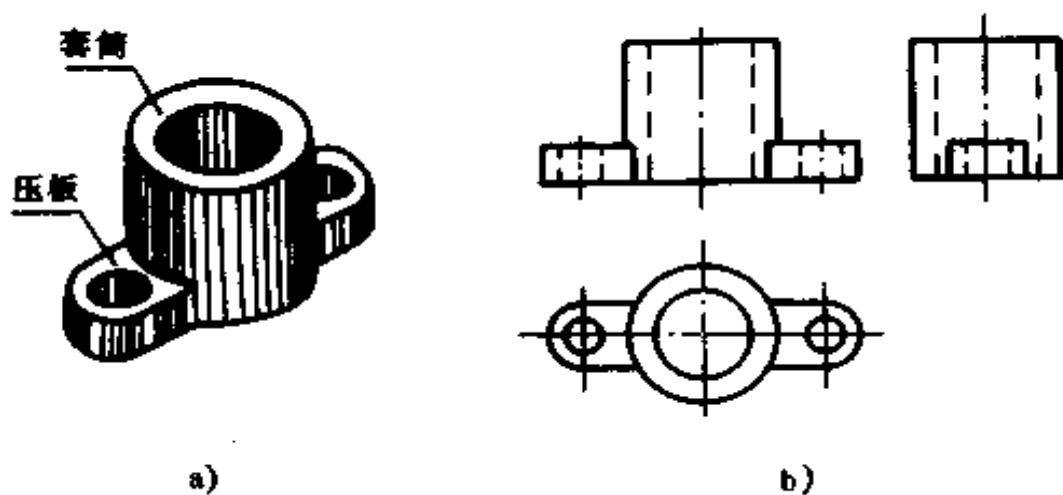


图 2-7 相交叠加时的画法

兹以图 2-8 所示轴承座为例来说明画组合体三视图的方法和步骤。

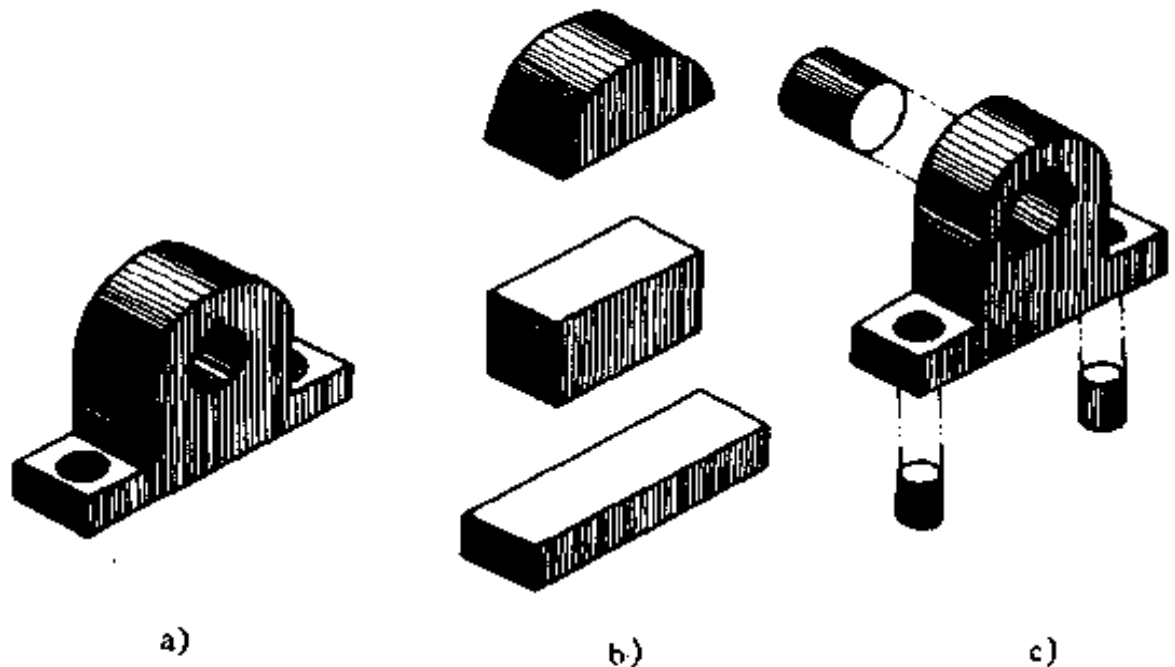


图 2-8 轴承座的形体分析

1. 形体分析 就是对组合体进行分析。将组合体分成若干个基本体,分析各基本体形状、相对位置、组合形式,以及表面连接方式。这种分析方式称为形体分析法,常用在绘制和看(读)视图中。

图示的轴承座,可看成是由两个尺寸不同的四棱柱和一个半圆叠加起来后,再切出三个圆柱体而形成的。两个四棱柱前后平齐,左右对称,上部半圆柱与中间四棱柱前后平齐、两侧面相切,如图 2-9b、c 所示。

2. 选择主视图 一般应选择最能反映物体形状及各基本体相对位置的视图作为主视图,并应使形体上的主要面平行于投影面,同时按正常位置放正。今选轴承座正面方向的投影图作为主视图。

3. 选比例、定图幅 为了看图方便,尽量采用1:1。确定图幅时,除考虑三视图所需面积外,还要给标注尺寸和画标题栏留下位置。

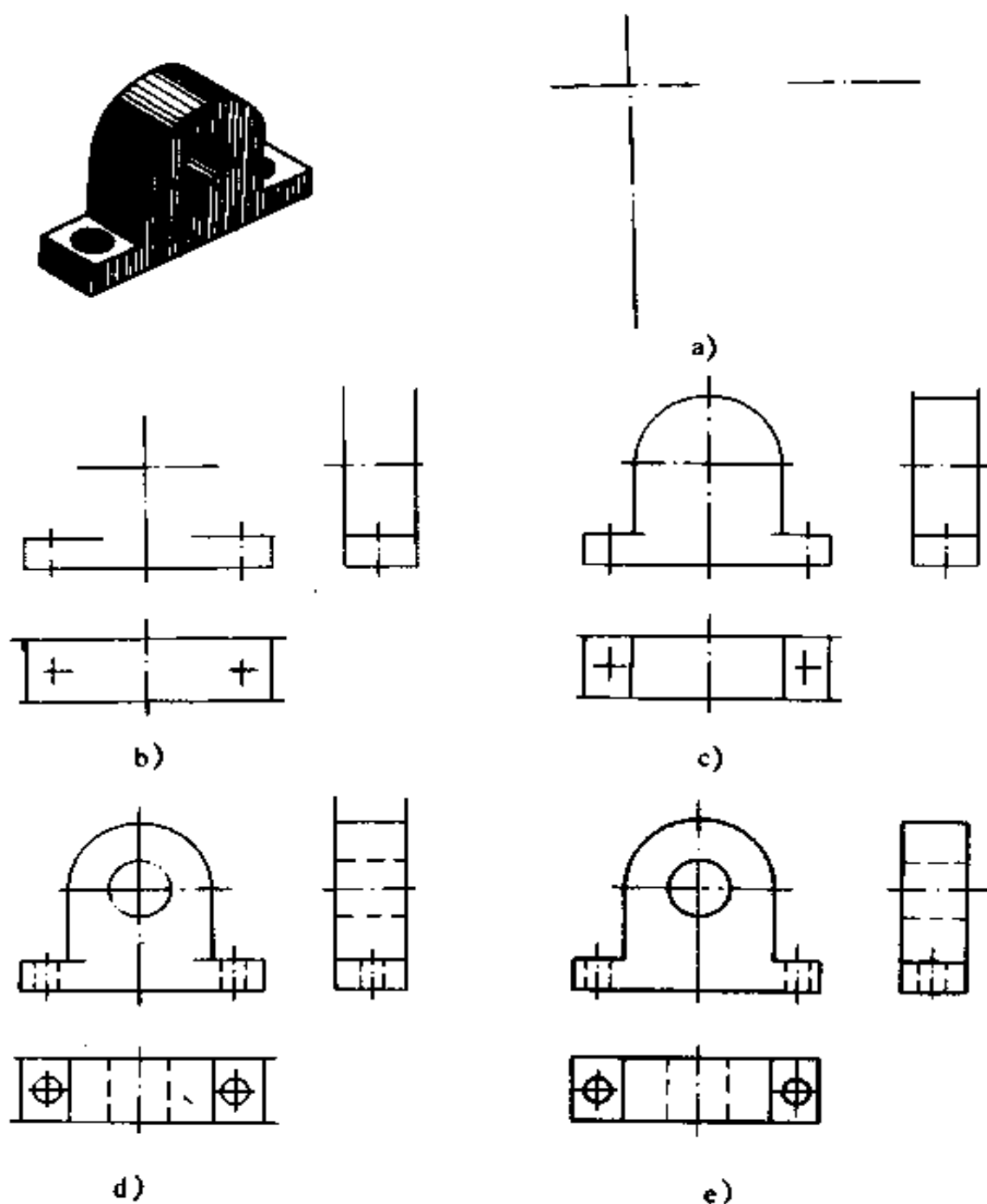


图 2-9 轴承座画图步骤

4. 布置视图 应将视图匀称布置在图纸上,各图间留有适当的空隙以便标注尺寸。

5. 绘制步骤 如图 2-9 所示,画图时应注意:

(1)画图时应先从反映形状特征的视图画起。先画主要部分,后画次要部分;先画大形体,后画小形体;先画看得见的,后画看不见的;先画圆或圆弧,后画直线。

(2)画每一形体时,三个视图应配合着画。

6. 检查描深

## 四、怎样识图

识图即是读图,俗称看图,就是综合一组机械图想象出物体的真实形状和结构。识图过程可用图 2-10 表示。三视图的正面(垂直面)不动,而是将水平面和右侧面旋转到三个投影面相互垂直的原始位置。然后由各视图向空间引投影线,由于投影具有可逆性,同点在各视图上各投影点所引的投影线必然相遇于该点。(例如: $a, a', a''$ 所引投影线相遇于点 A)。将视图上各点都“旋转归位”后,就使整个物体的形状在想象中得到复原。

### 1. 看图时应注意的问题

(1)要按三视图间的对应关系进行分析。看图时,必须严格按照“长对正、高平齐、宽相等”的投影关系和“里后外前”等方位关系来分析视图,才能正确想象出物体的形状。

(2)必须将几个视图联系起来分析。仅看一个视图,是不能判断物体形状的,必须把各个视图配合起来判别。如图 2-11a、b 主、左视图基本相同,但俯视不同,它们是两个完全不同形状的物体。

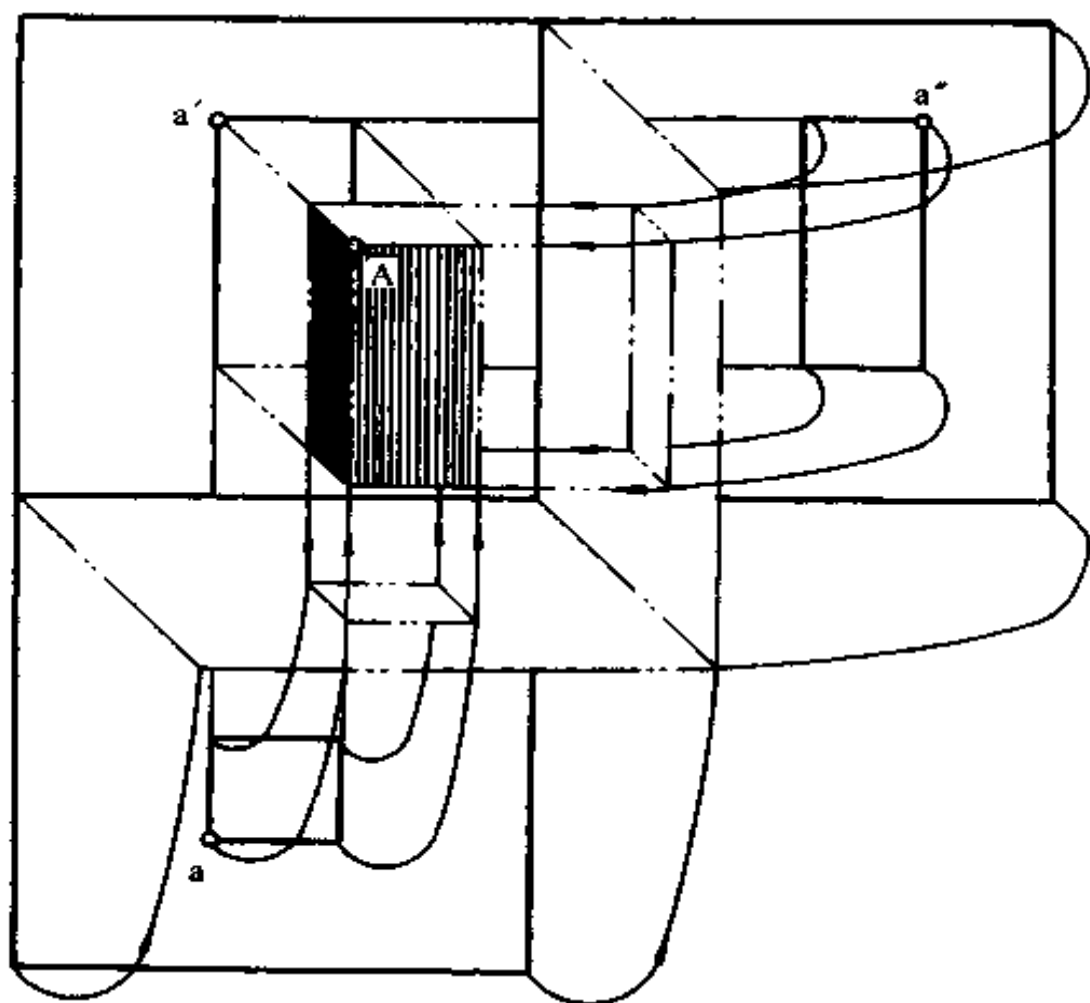
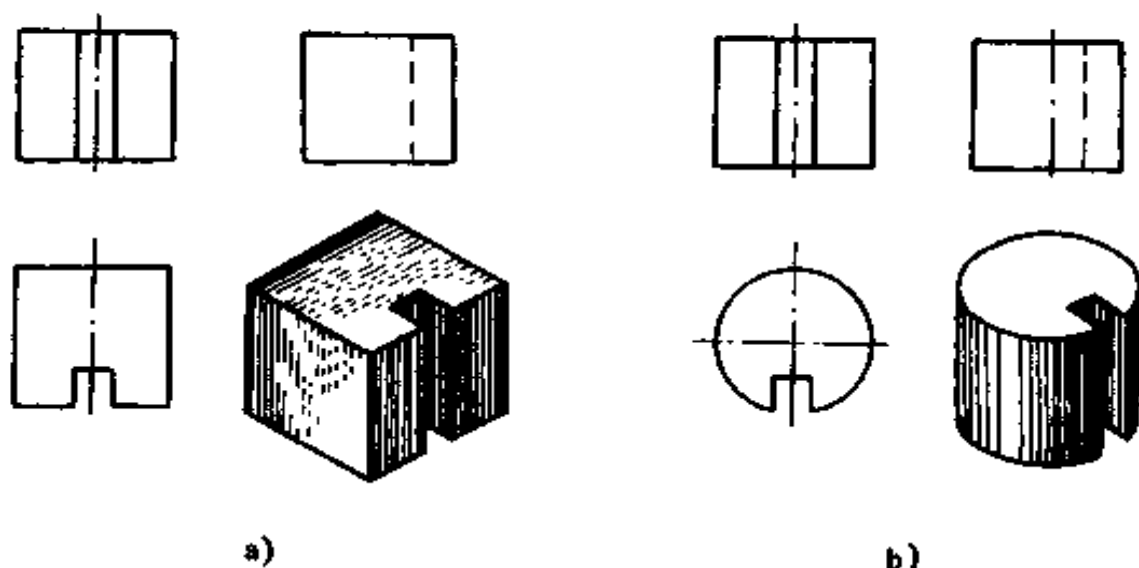


图 2-10 看图的过程



a)

b)

图 2-11 将各图联系起来想象物体的形状

(3)要找出反映特征的视图。例如图 2-12 所示的支座是由三个基本体叠加而成的,主、俯、左视图分别反映形体 I、II、III 的形状特征。再如图 2-13,主、俯视图无法判定形体 I、II 的凹凸情况;若看主、左视图,则不仅该物体形状容易想象清楚,而且形体 I、II 的凹凸情况显而易见。所以,本图中左视图反映各形体间相对位置特征。从此视图可知是图 2-13c 零件,而非图 2-13b 零件。

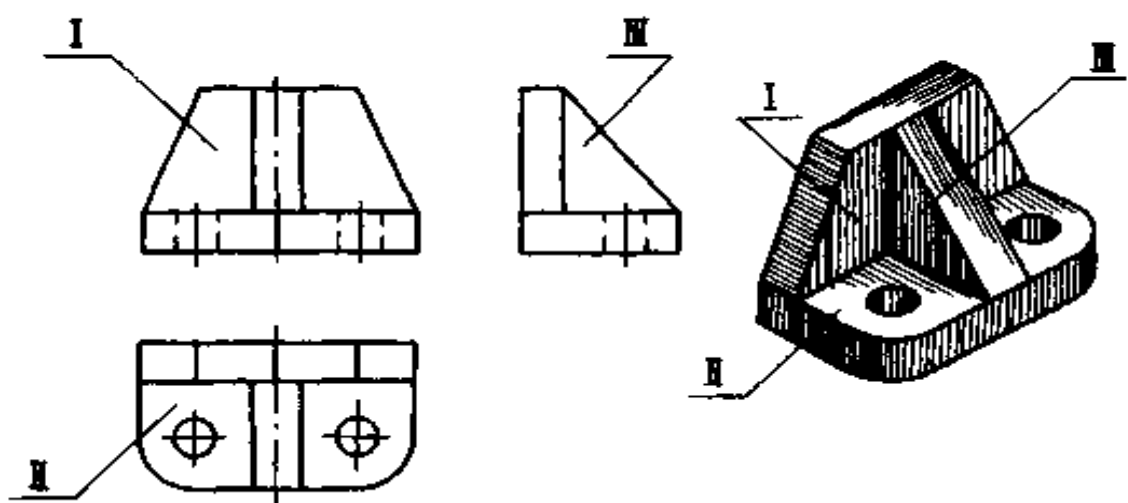


图 2-12 反映各部分形体特征的视图

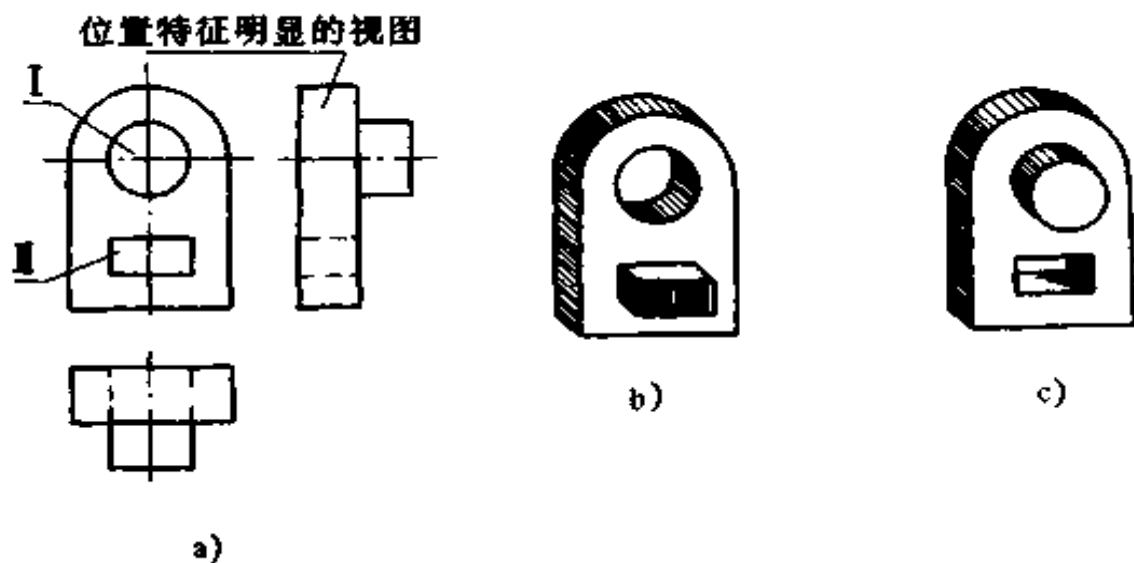


图 2-13 位置特征明显的视图



(4)注意虚实线的变化。如图 2-14 中的两组视图,除主视图虚实线不同外,其它均相同,却表示的是两个形状相似而结构不同的物体。

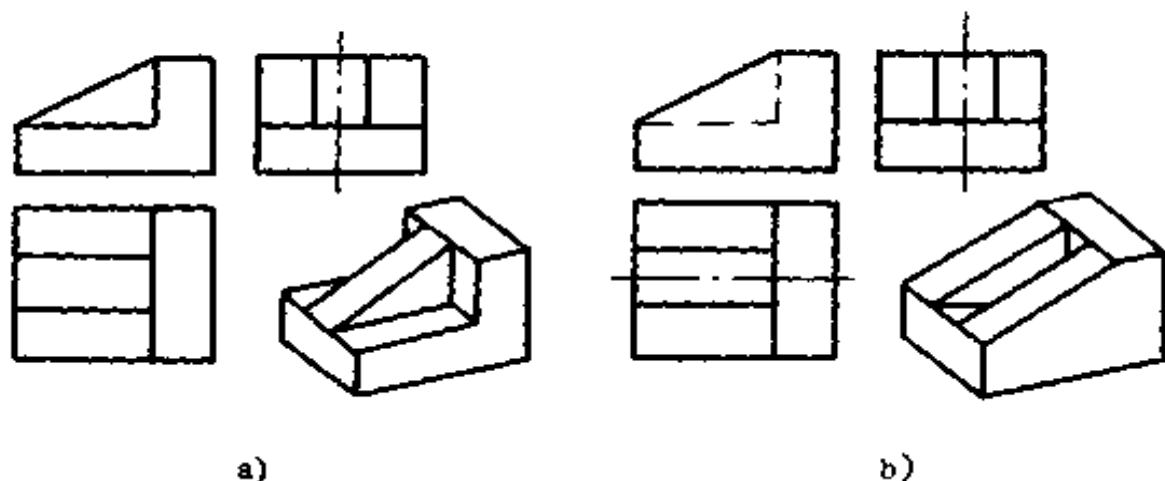


图 2-14 分析虚实线的变化

## 2. 看图的基本方法和步骤

(1)形体分析法以图 2-15 底座的视图为例。

①分析视图找特征。通过分析可知,主视图主要反映底座特征,俯视图主要反映形体 I 的特征,左视图主要反映形体 II、III 的特征。因此,该底座可大体分为 I、II、III 三部分组成,如图 2-15a 所示。

②旋转归位想形状。想象形体 I 从俯视图出发,形体 II、III 从左视图出发,依据“三等”规律,分别在其它视图上找出对应的投影(如图中粗实线所示),然后旋转归位想象出各形体的形状,如图 2-15b、c、d 中立体图所示。

③综合归纳想整体。长方形底板 I,长方块 II,拱形柱体 III 前后对称,长方块和拱形柱体宽度相等,前后表面对齐,两者连接在一起并叠加到底板上,如图 2-15e 所示。

(2)线面分析法以图 2-16 压块的视图为例。

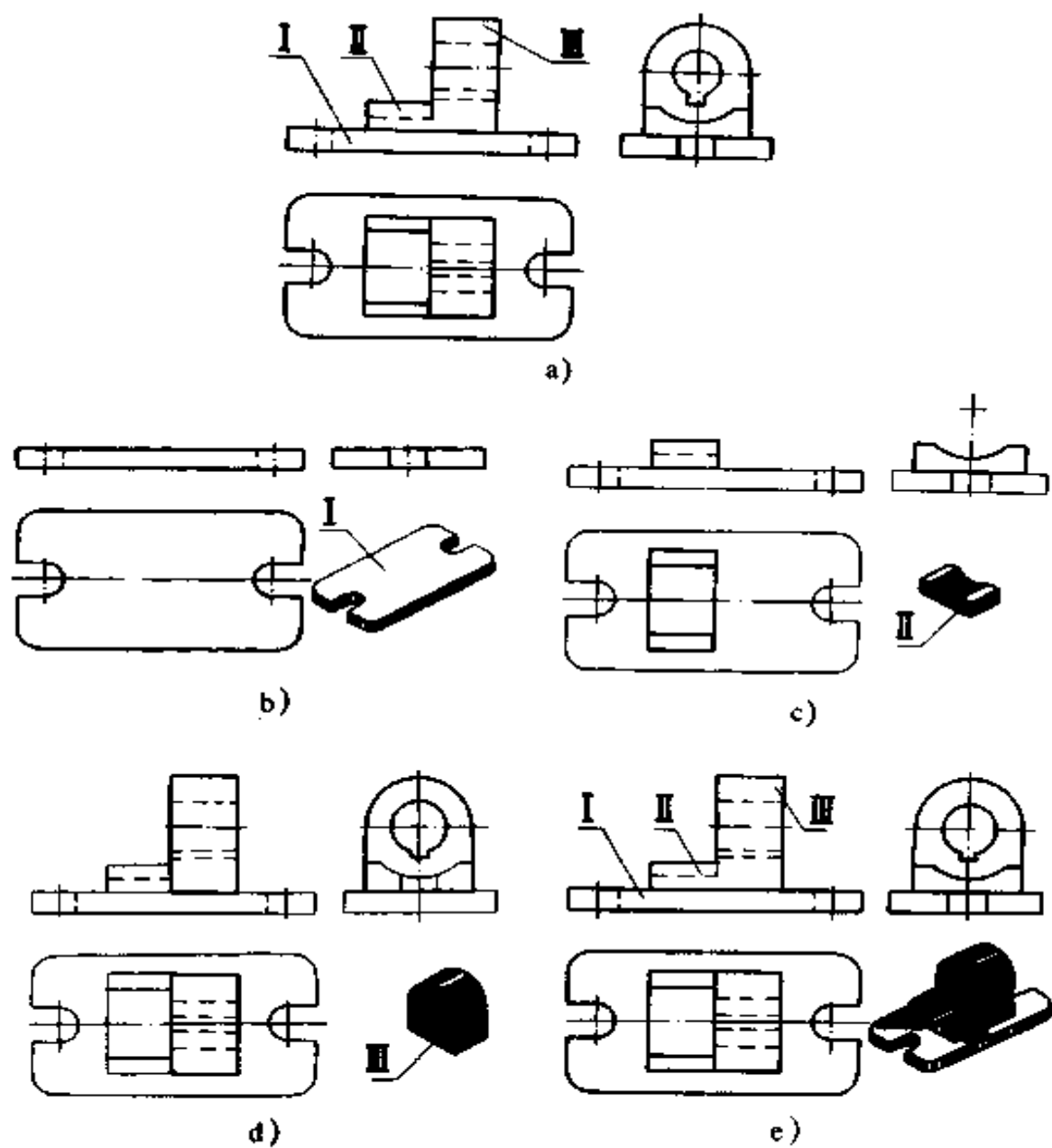


图 2-15 底座的形体分析

a)底座 b)形体 I 是两端挖槽四角倒圆的平板 c)形体 II 是顶部挖去一个小半圆的长方块 d)形体 III 是中间钻孔并开有键槽 e)底座的三视图和立体图

①如图 2-16a 所示,主、侧视图中  $p'_1$ 、 $p''_1$  都是七边形线框,根据“三等”规律,可知对应俯视图的斜线  $p_1$ ,是一前一后

垂直于水平面的两个七边形平面。

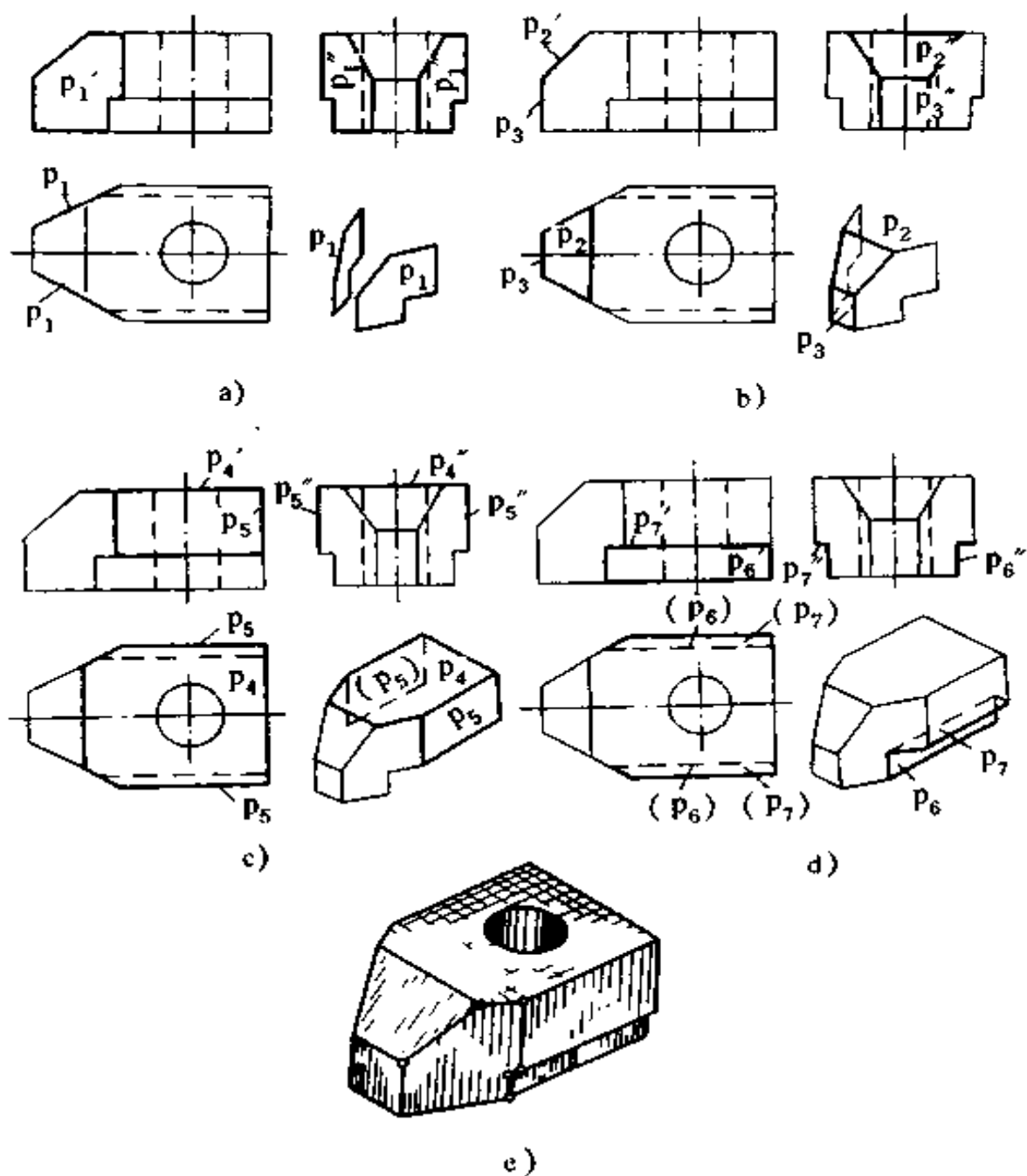


图 2-16 压块三视图的线面分析

②如图 2-16b 所示,俯、侧视图中  $p_2$ 、 $p_2''$  是梯形线框,与对应的主视图上是一条斜线  $p_2'$ 。根据投影的“三等”规律,

可知  $p_2$  是一个垂直于正面的梯形平面。另外,从左侧视图中的矩形线框  $p''_3$  和与之对应的主、俯视图中的直线  $p'_3$ 、 $p_3$ ,可知  $p_3$  是一个平行于侧面的矩形平面。

③按上述方法继续对图 2-16c、d 进行分析,可知  $p_4$  是平行于水平面的六边形平面, $p_5$  是平行正面的两个矩形平面, $p_6$  是平行于正面的矩形平面, $p_7$  是平行于水平面的两个矩形平面。

通过线面分析,即可弄清压块的形状,如图 2-16e 所示。

看三视图,以形体分析法为主。当形体上有切割部分而不易看懂形状时,可用线面分析法配合,就容易想象出物体结构形状了。

## 五、机件形状及内部结构的表示方法

在生产中,有时只靠三个视图还不能表示清楚机件的形状结构,此时还需补充使用其它表达方法才能表示清楚。

### (一)增加或另辟视图

1. 基本视图 当机件的形状结构比较复杂时,三个视图已不能充分表示出机件各个面的形状,此时还可增加视图。设将机件放在由六个基本投影面组成的正六面体中,从机件的上、下、左、右、前、后向六个基本投影面投影,相应得到俯视图、仰视图、右视图、左视图、主视图、后视图,这六个视图叫作基本视图,如 2-17 所示。除常用的主视图、俯视图、左视图外,还可按需要增加右视图、仰视图、后视图。

在一张纸上如按图 2-17c 位置配置视图时,可一律不标注视图名称。如各视图不按规定位置配置时,需对视图进行标注,标注方式见图 2-17d 所示。

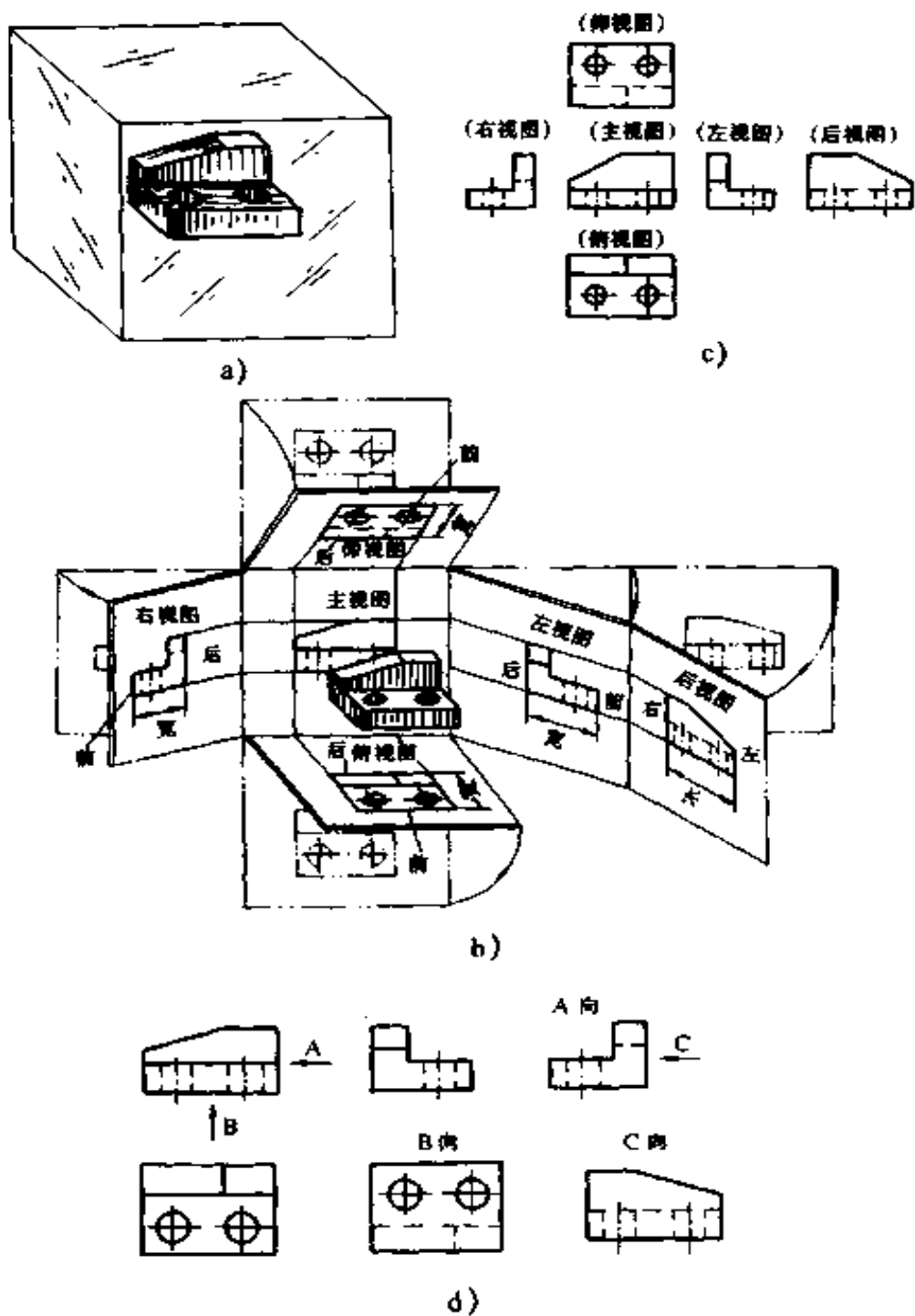


图 2-17 基本视图及其配置

a) 六个基本投影面 b) 六个基本投影面的展开方法 c) 基本视图的配置关系 d) 视图不能按规定的配置时的画法与标注

2. 局部视图 把机件的某一部分向基本投影面投影所得的视图,叫局部视图。局部视图只是为了看图、作图方便,用它来表示某个基本视图中表示不清楚的机件局部形状,如图 2-18 中 A 向、B 向视图。

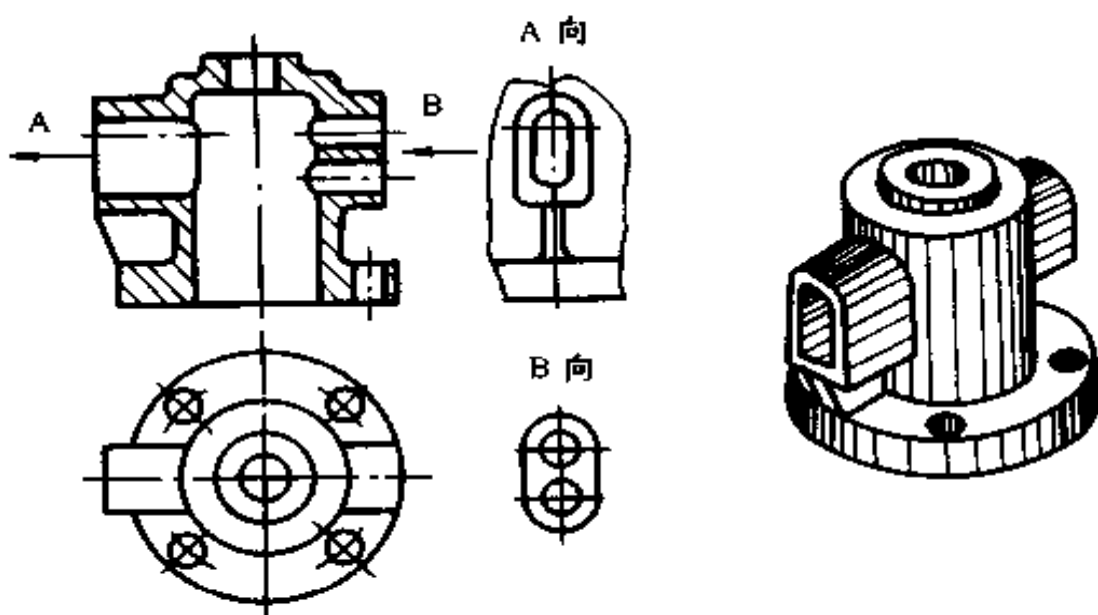


图 2-18 局部视图

局部视图的断裂边界线应以波浪线表示,如图 2-18 中的 A 向视图。但当表示的结构是完整的、且外轮廓线又成封闭时,波浪线可省略,如图 2-18 中的 B 向视图。局部视图一般用字母和箭头来表示投影的部位和方向,如图 2-18 所示。

3. 斜视图 为了得到机件倾斜面实形,把机件向与斜面平行的辅助投影面投影所得的视图叫斜视图。如图 2-19b 中的 B 向视图。

斜视必须用字母和箭头表明投影的部位和方向,一般配置在箭头所指的方向,直接保持它们的投影关系;但有时也允许将图形旋转放置在其它适当的位置,但这时要注写“旋转”

二字,如图 2-19b 中的 B 向旋转视图。斜视图中只用来表达机件倾斜部分的实形,其余部分不必画出,用波浪线断开。

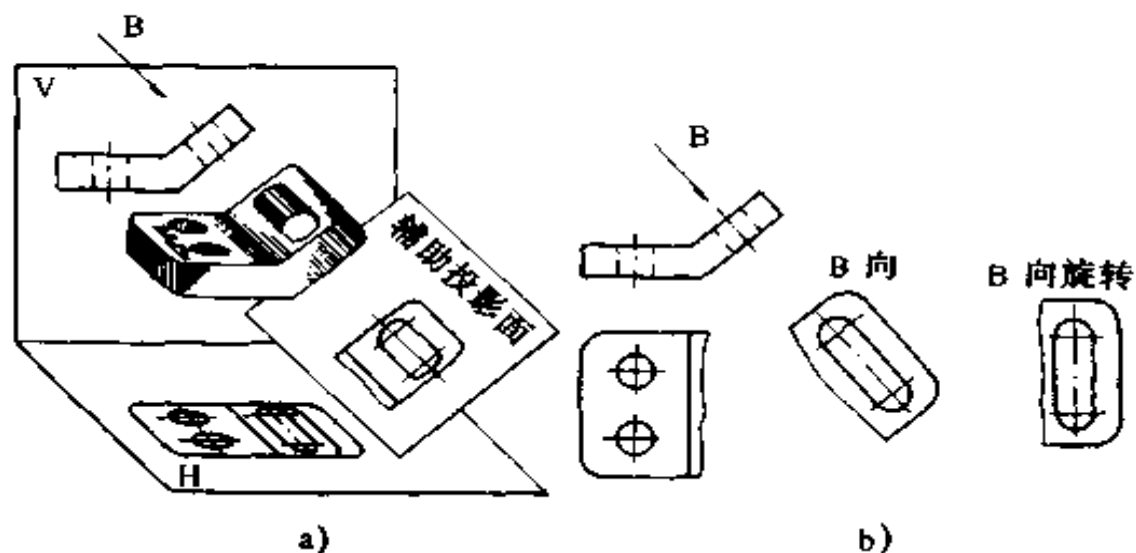


图 2-19 斜视图

a)斜视图的形成 b)斜视图的配置

4. 旋转视图 假想把机件倾斜部分旋转到与某一选定的基本投影面平行后投影,所得的视图叫旋转视图,如图 2-20 所示。

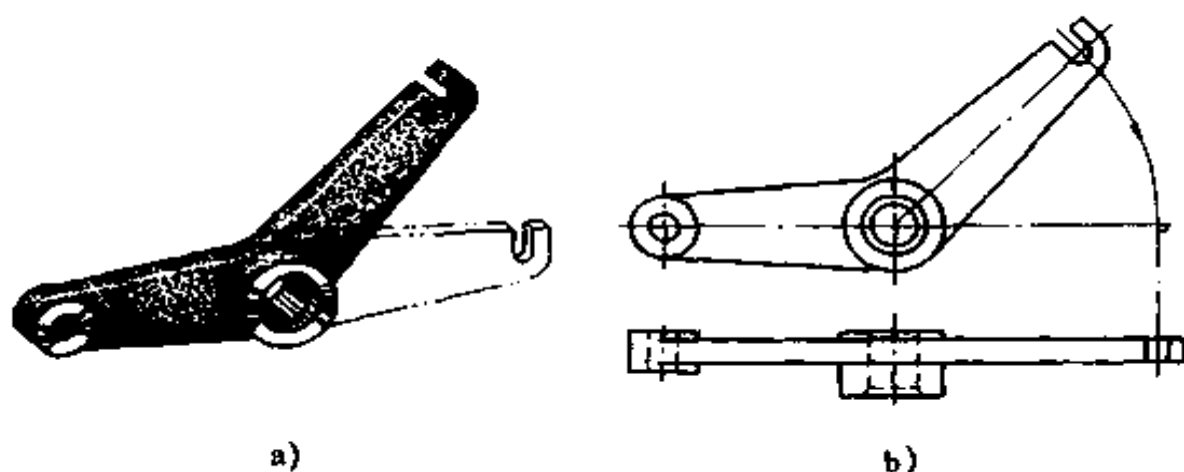


图 2-20 旋转视图

## (二) 剖视

机件内部看不见的轮廓,在视图上用虚线表示,如图 2-21a 所示。对于内部形状比较复杂的机件,为了避免视图中出现过多的虚线而影响看图,通常就采用剖视图来取代。

如图 2-21b 所示,假想用一個剖切平面剖开机件,移去观察者和剖切平面之间的部分,将其余部分向投影面投影所得的视图叫剖视图,简称剖视。

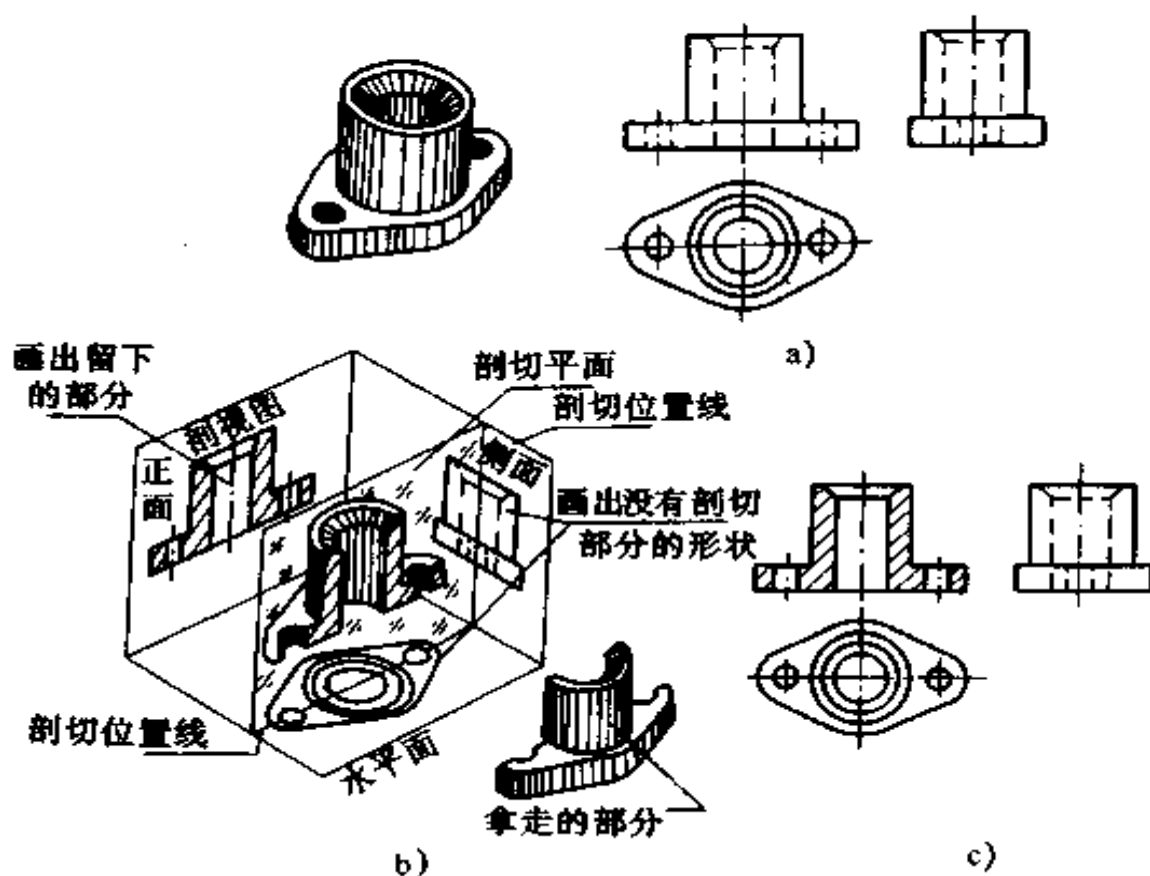




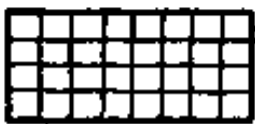







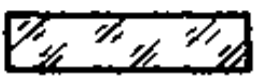


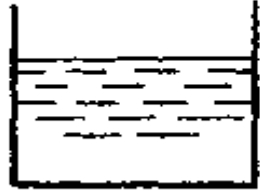

图 2-21 剖视的基本概念

a) 机件视图 b) 剖视的形成 c) 剖视的画法

在剖视图或剖面图中,剖切面与机件材料实体接触部分的投影部位,应画上剖面符号。各种材料的剖面符号见表 2-1。



表 2-1 剖面符号

金属材料 (已有规定剖面符号者除外)		木质胶合板 (不分层数)		
线圈绕组元件		基础周围的泥土		
转子、电枢、变压器和电抗器等的叠钢片		混凝土		
非金属材料 (已有规定剖面符号者除外)		钢筋混凝土		
型砂、填砂、粉末冶金、砂轮、陶瓷刀片、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、过滤网等)		
木材	纵剖面		液体	
	横剖面			

金属材料的剖面符号称剖面线,用与水平成  $45^\circ$  的平行细实线画出。但当图形的主要轮廓与水平面成  $45^\circ$  时,则该图的剖面线应画成与水平成  $30^\circ$  或  $60^\circ$  的平行线。在同一零件的不同剖视图上的剖面线间隔和方向应相同。

在剖视图中一般应用断开的粗实线表示剖切位置,用箭头表示剖视方向,并注上字母。当剖视图按投影关系配置,中间又没有其它图形隔开时,可省略箭头,如图 2-22a 中的 A-A。当单一剖切平面通过机件的对称平面或基本对称面,同时剖视图按投影关系配置,中间又没有其它图形隔开时,可省略标注,如图 2-22b 的主视图,其俯视图剖切面两端未注剖面符号。

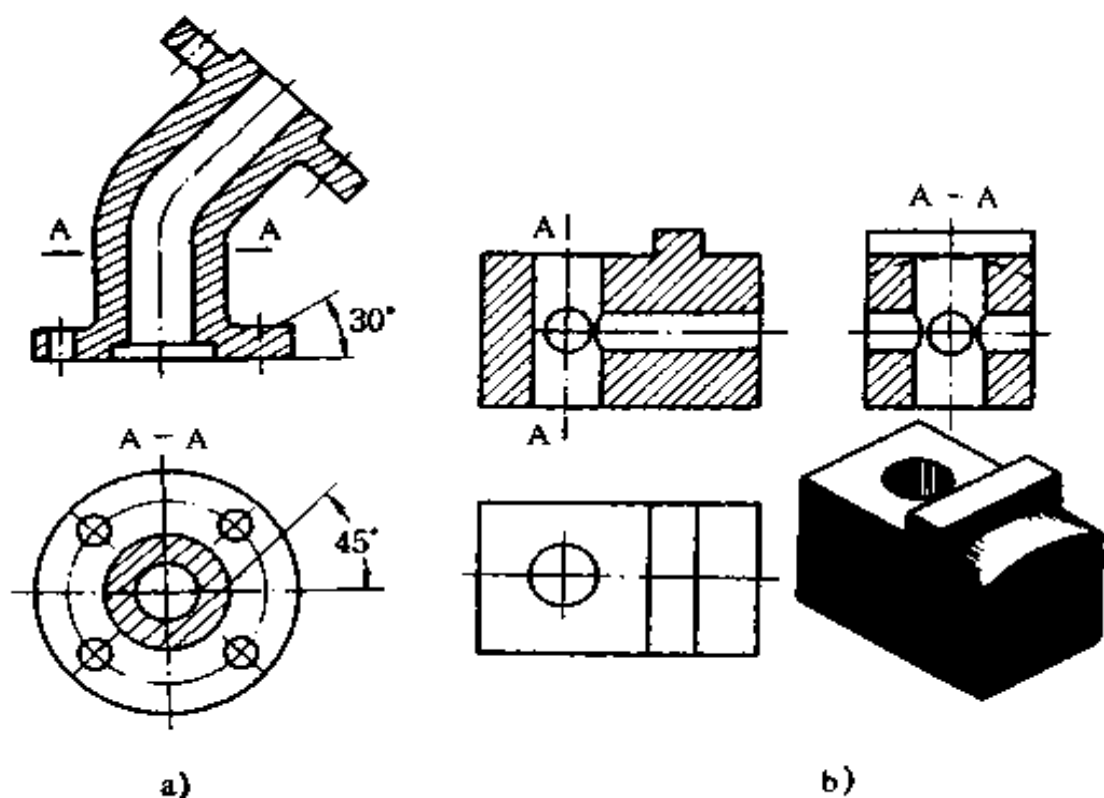


图 2-22 剖视图

a) 剖视图中一般不画虚线 b) 剖视图中必要的虚线应当画出

画剖视图时注意,剖切平面后的可见轮廓线必须画出,不得遗漏,如图 2-23 所示。

由于机件形状及内部结构一般较复杂而变化较多,有时需要在不同部位选用不同的剖切方法,才能将其表达清楚。常用剖视图有:

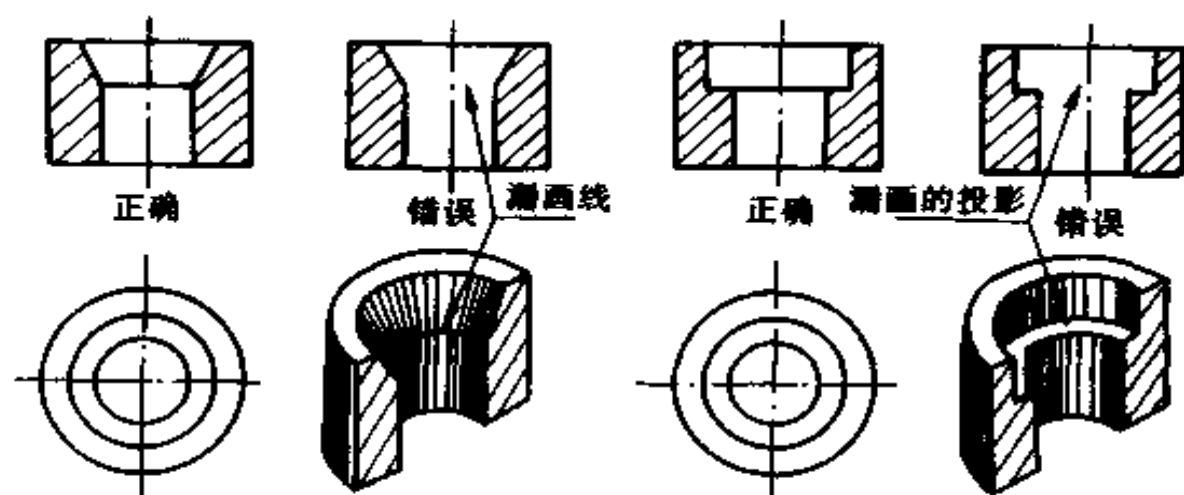


图 2-23 剖切面后的可见轮廓线必须画出

1. 全剖视 用剖切面完全剖开机件后所得的视图叫全剖视图,如图 2-24 所示。全剖视图的机件内部形状表示清晰,但外部形状结构表示不清,常用于表示外形简单、但内部结构复杂的机件。

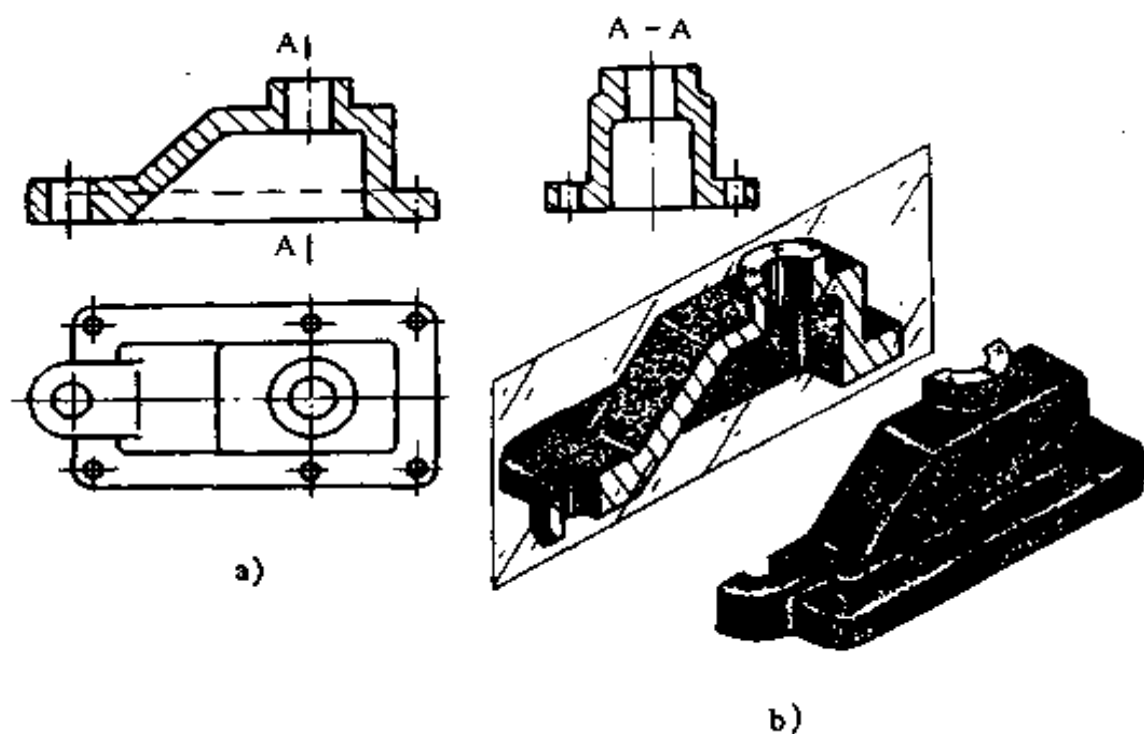


图 2-24 全剖视图

2. 半剖视 当机件的某个视图是对称时,可以对称中心线为界,将对称图形一半画成剖视,另一半画成不剖视图的图形,这种视图叫半剖视图,如图 2-25a 所示。半剖视图既能反映机件的外形,又能反映其内部结构,适用于内外形状对称或接近对称,且不对称部分已另有图形表示的机件。

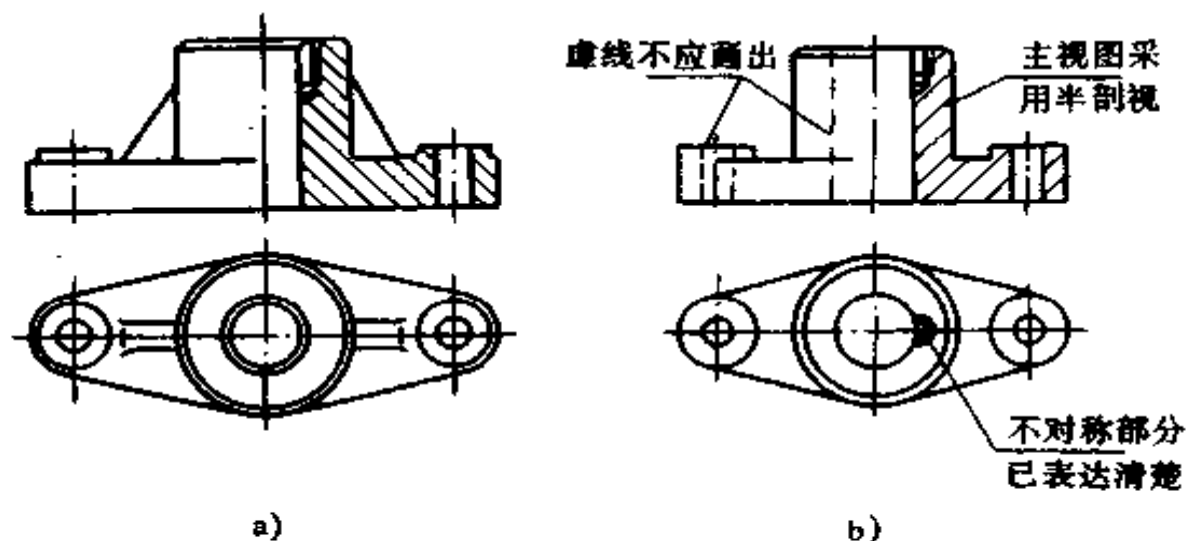


图 2-25 半剖视图

画图时应注意,半个视图和半个剖视图的分界线应以点划线为界,不能画成其它线或图形;机件的内部结构已在半个剖视图中表示清楚时,另半个视图上不再画虚线,见图 2-25b 所示。

3. 局部剖视 用剖切面局部剖开机件所得的视图叫局部剖视图,如图 2-26 所示。局部剖视图用来表示机件某一部分的内部形状结构,可根据机件结构形状灵活选择剖切位置和范围,其应用广泛。

局部剖视图和视图的分界线画波浪线。波浪线不应与图上其它图线重合,也不能画在轮廓延长线上;只能画在实体

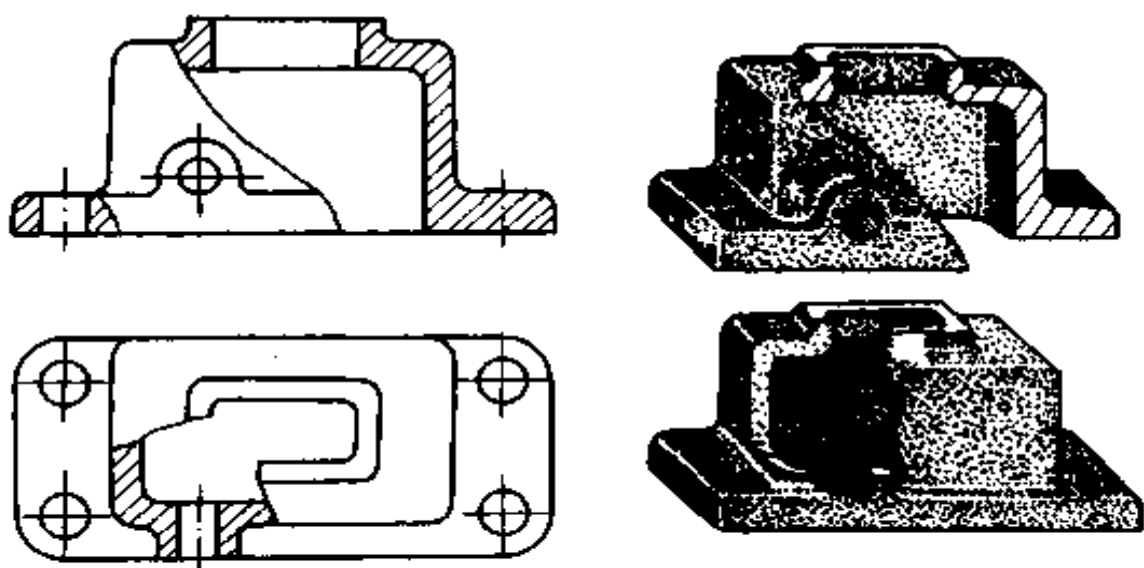


图 2-26 局部剖视图

上,不能超出机件外形轮廓线。局部剖视一般都省略标注。

4. 阶梯剖视 假想用若干个平行于投影平面的剖切平面剖开机件所得的视图叫阶梯剖视图,如图 2-27 所示。阶梯剖视适用于内部结构层次较多,且其轴线或对称面相互平行的机件。

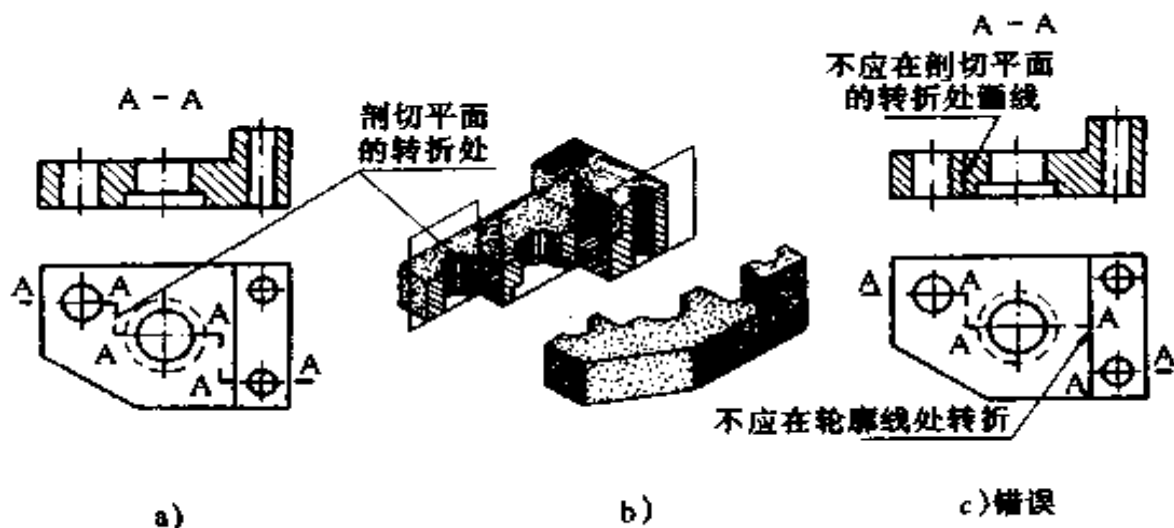


图 2-27 阶梯剖视

画图时应注意,由于剖切是假想的,剖视图上剖切面的转折处不应画轮廓线;剖切平面的转折处不得与剖视图轮廓线重合(图 2-27c)。阶梯剖必须标注,标注方式如图 2-27a 所示。

5. 旋转剖视 用两个相交的剖切平面(交线垂直于某一投影面)剖开机件,把倾斜的部分旋转到与选定的投影面平行后再进行投影所得的视图叫旋转剖视图,如图 2-28 所示。旋转剖视常用于表示具有明显旋转轴线的机件内形,如盘、轮、盖上成辐射状均布的孔、槽、轮等。旋转剖视的标注如图 2-28c 所示。

用两个相交的剖切平面剖开机件,将倾斜部分旋转到与投影面平行再进行投影

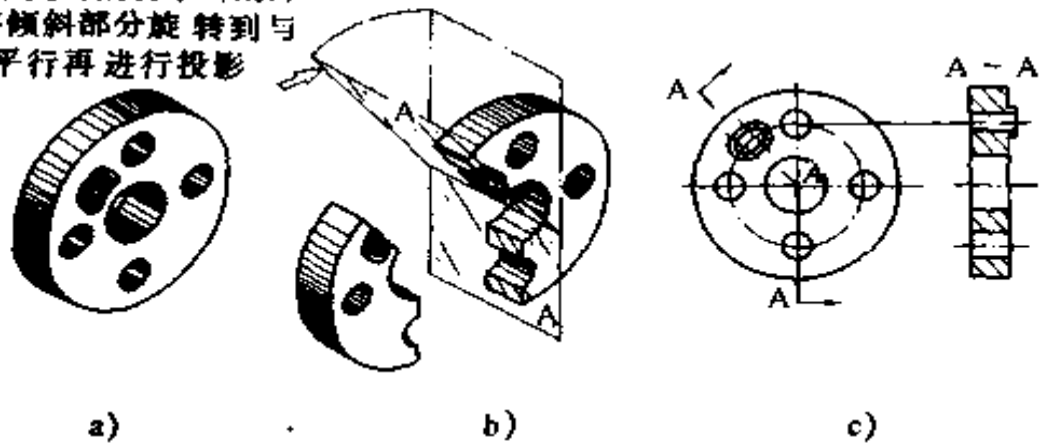


图 2-28 旋转剖

6. 斜剖视 用不平行于任何基本投影面的剖切平面剖开机件所得的剖视图叫斜剖视图,如图 2-29 所示。斜剖视常用来表示机件倾斜部分的内形,此处基本视图不能反映真实形状结构。

斜剖视的常用标注方式如图 2-29b 所示。

在不引起误解时,允许将图旋正,标注方式如图 2-29c 所示。

7. 复合剖视 除旋转、阶梯剖以外,假想用组合的剖切

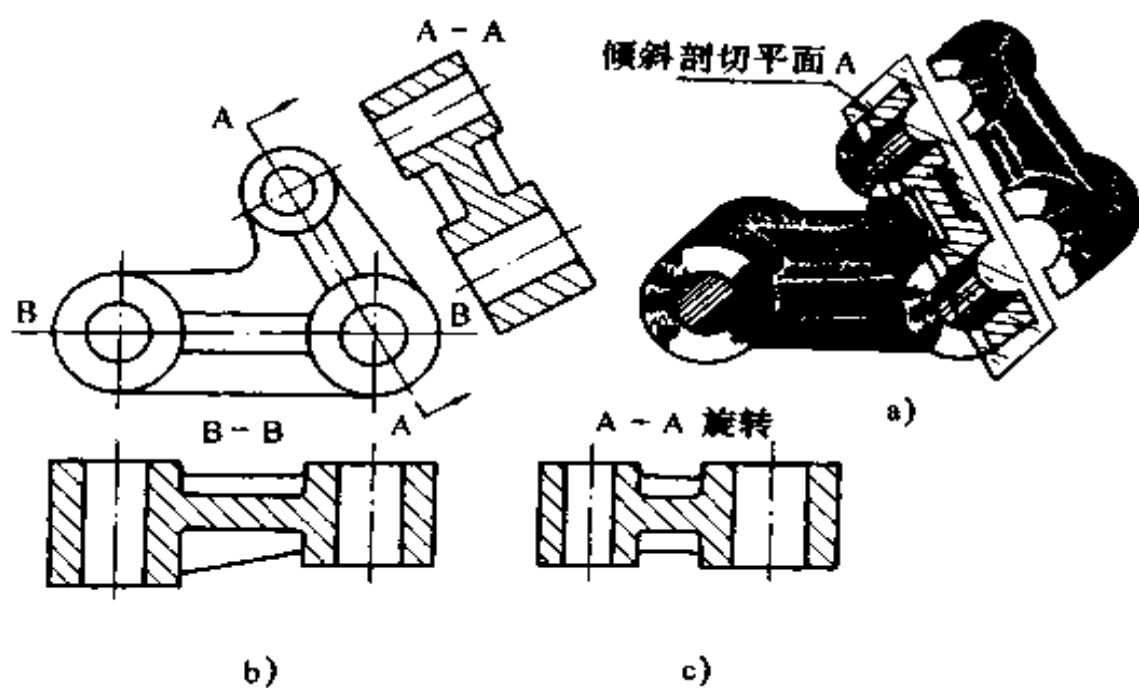


图 2-29 斜剖

平面剖开机件所得的剖视图叫复合剖视图,如图 2-30 所示。

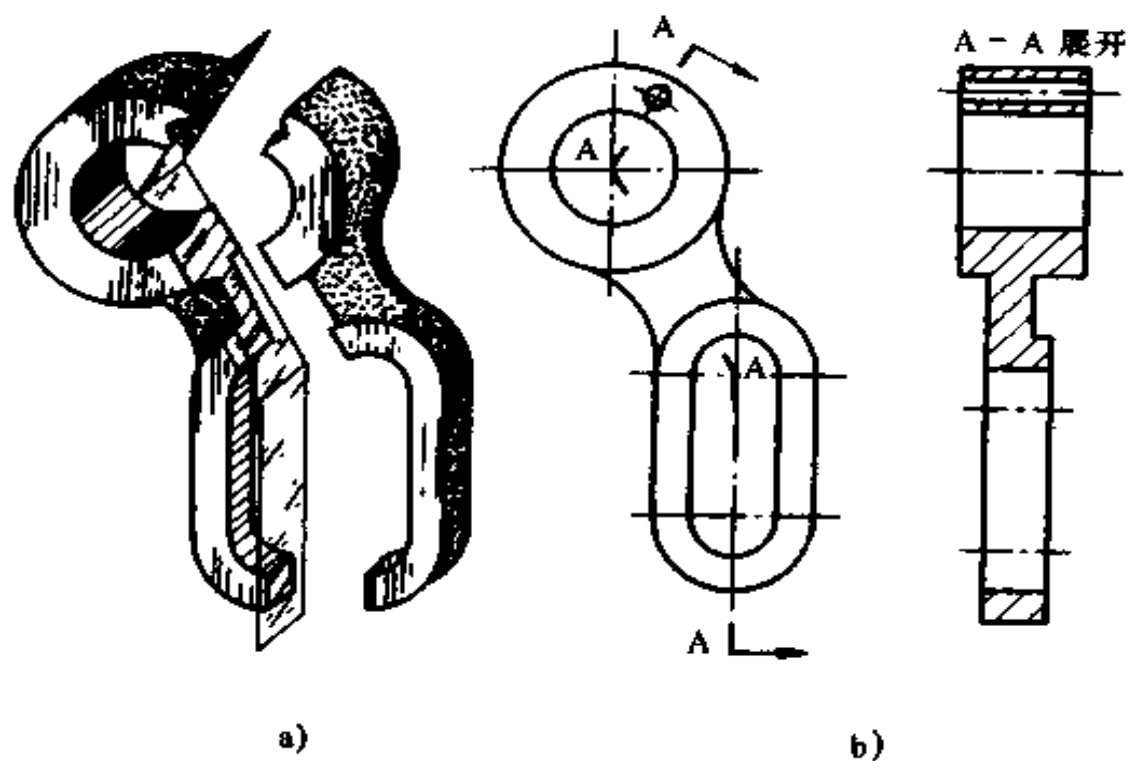


图 2-30 复合剖

### (三) 剖面

假想用剖切平面,将机件某处断开,只画出断面的图形,叫剖面图,简称剖面,如图 2-31 所示。剖面分移出剖面 and 复合剖面两种。

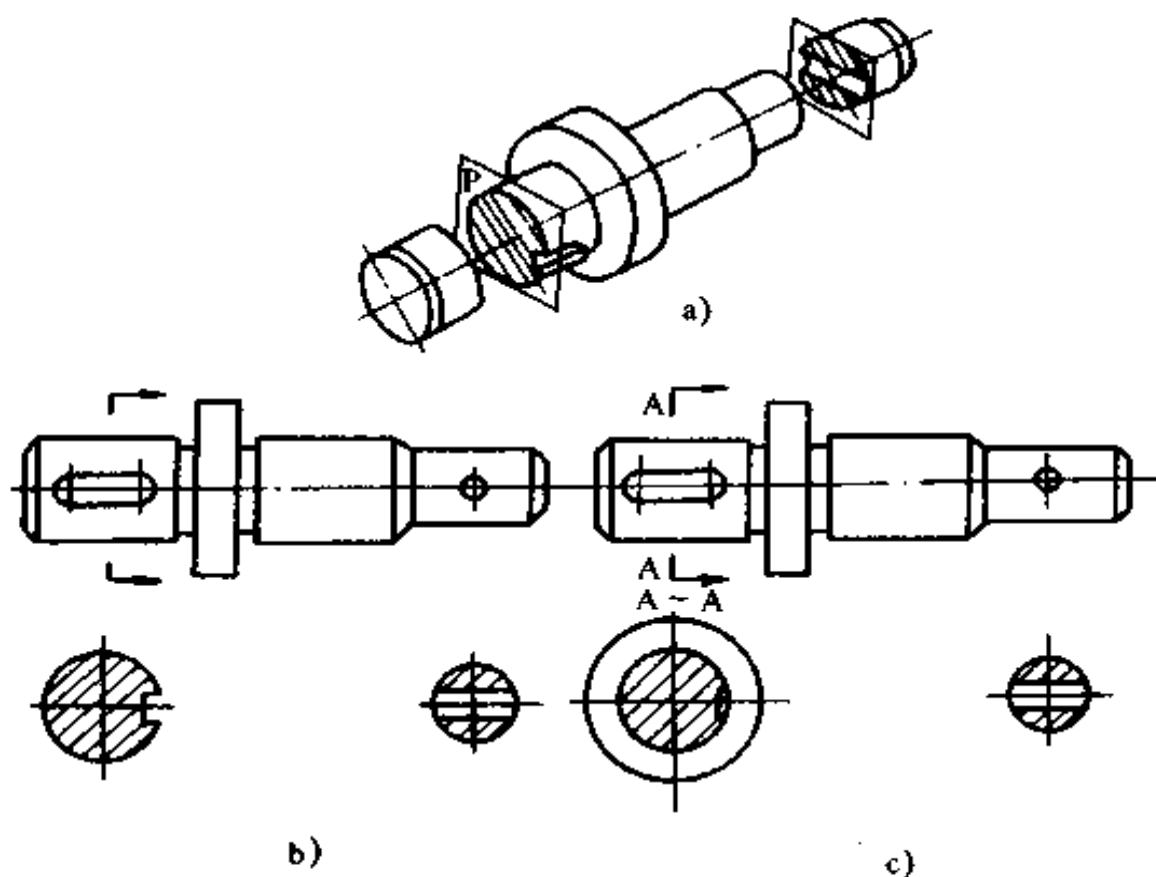


图 2-31 剖面与剖视的区别

a)剖面的形成 b)剖面 c)剖视

剖面和剖视的区别是:剖面仅画出机件被剖切断面的形状,而剖视还应画出剖切平面后的结构形状的投影,如图 2-31 所示。剖面图常用来表示机件某一方向断面的形状,如筋板、轮辐、键槽、孔等。

1. 移出剖面 画在视图外面的剖面叫移出剖面。画移出剖面时应注意:剖面应尽可能画在剖切符号的延长线上(参



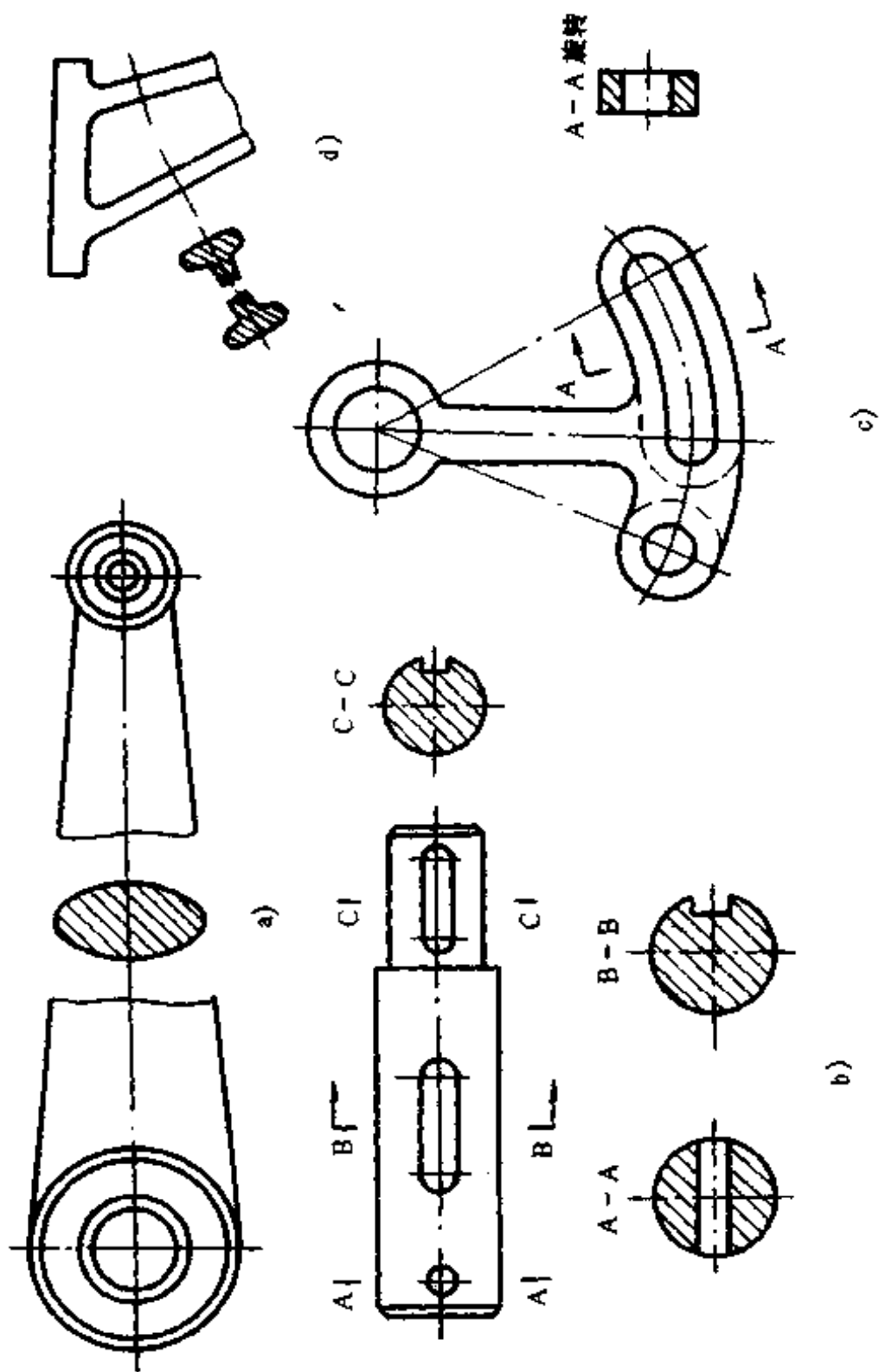


图2-32 移出剖面  
 a)剖面配置在视图的中断处 b)剖面配置在其它适当位置 c)剖面允许旋转 d)两剖切平面相交的移出剖面

见图 2-31b),也可画在其它适当位置,如图 2-32 所示。当剖面图形对称时,移出剖面可以画在视图的中断处(图 2-32a);当剖切平面通过回转面形成的孔或凹坑时,这些结构按剖视规则绘制(图 2-32b);在不引起误解时,允许把剖面图旋转后画出(图 2-32c);剖切平面应与被剖切部分的主要轮廓线垂直,有两个剖切平面分别剖切得到的移出剖面,两者中间应断开(图 2-32d)。

移出剖面一般应用剖切符号、箭头表示剖切位置和投影方向,并标上字母。配置在剖切符号延长线上的剖面,若剖面图形不对称,可省略字母;若剖面图形对称,可省略标注(参见图 2-31b);若剖面按投影关系配置,(参见图 2-32b 中的 C-C)或图形对称时(参见图 2-32c 中的 A-A),可省略箭头。

2. 重合剖面 画在视图之内的剖面叫重合剖面,如图 2-33 所示。重合剖面用细实线绘制。当剖面轮廓线与视图轮廓线重合时,仍按视图轮廓线画出。对称的重合剖面不用标注,不对称的应注出剖切符号和箭头。

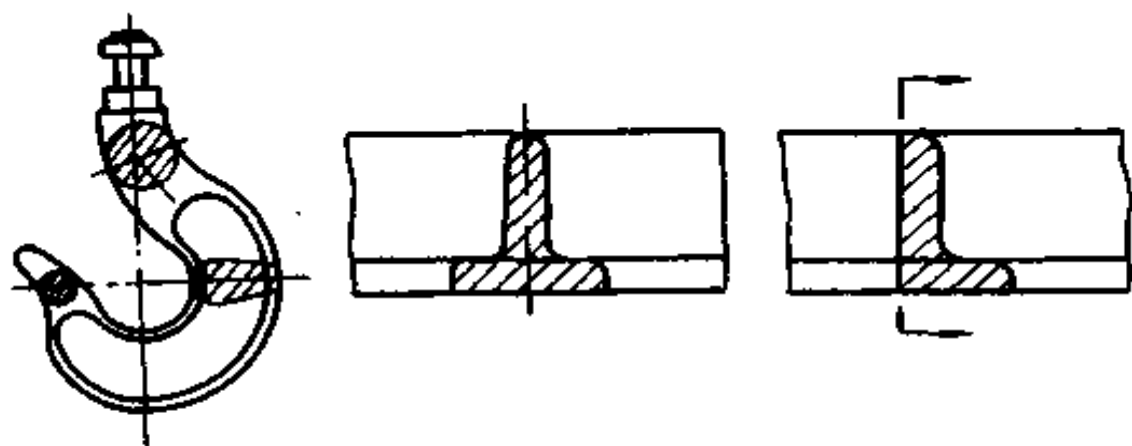


图 2-33 重合剖面

#### (四) 视图中其它表示方法

1. 局部放大图 将机件某部分的细小结构,用比原图形

放大的比例画出的图形叫局部放大图。画局部放大图时,用细实线圆圈限定放大部分,尽量把图形配置在放大部位的附近。局部放大图可画成视图、剖视、剖面。在局部放大图上方,应如图 2-34 所示的方式注明。同一机件上有几个被放大部位时,必须用罗马数字标注;若只有一个放大部位时,可省略罗马数字标注。

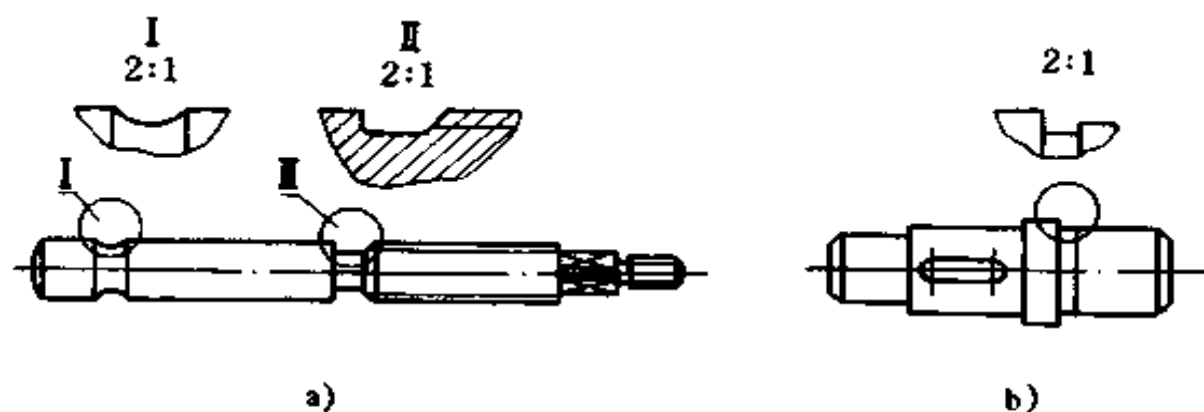


图 2-34 局部放大图

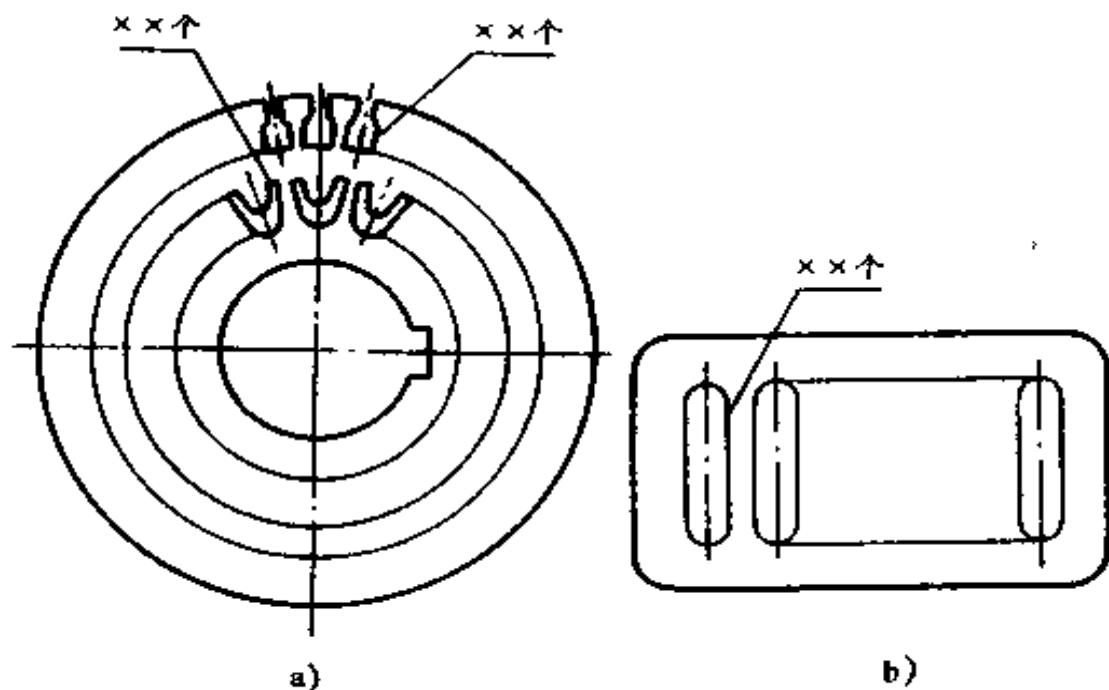


图 2-35 相同结构的简化画法

## 2. 规定画法和简化画法

(1) 当机件具有若干相同结构(孔、槽、齿),并按一定规律分布时,只需画出几个完整的结构,槽、齿用细实线连接,孔表示中心位置,但在图中应注明该结构的总数,如图 2-35 所示。

(2) 表示机件上的肋、轮辐及薄壁等结构,当纵向剖切时,都不画剖切线(相当于这些部分未被剖切),且用粗实线将它与邻接部分分开。机件上成辐射状均匀分布的肋、轮辐或孔,在剖视图上按对称形式画出,如图 2-36 所示。

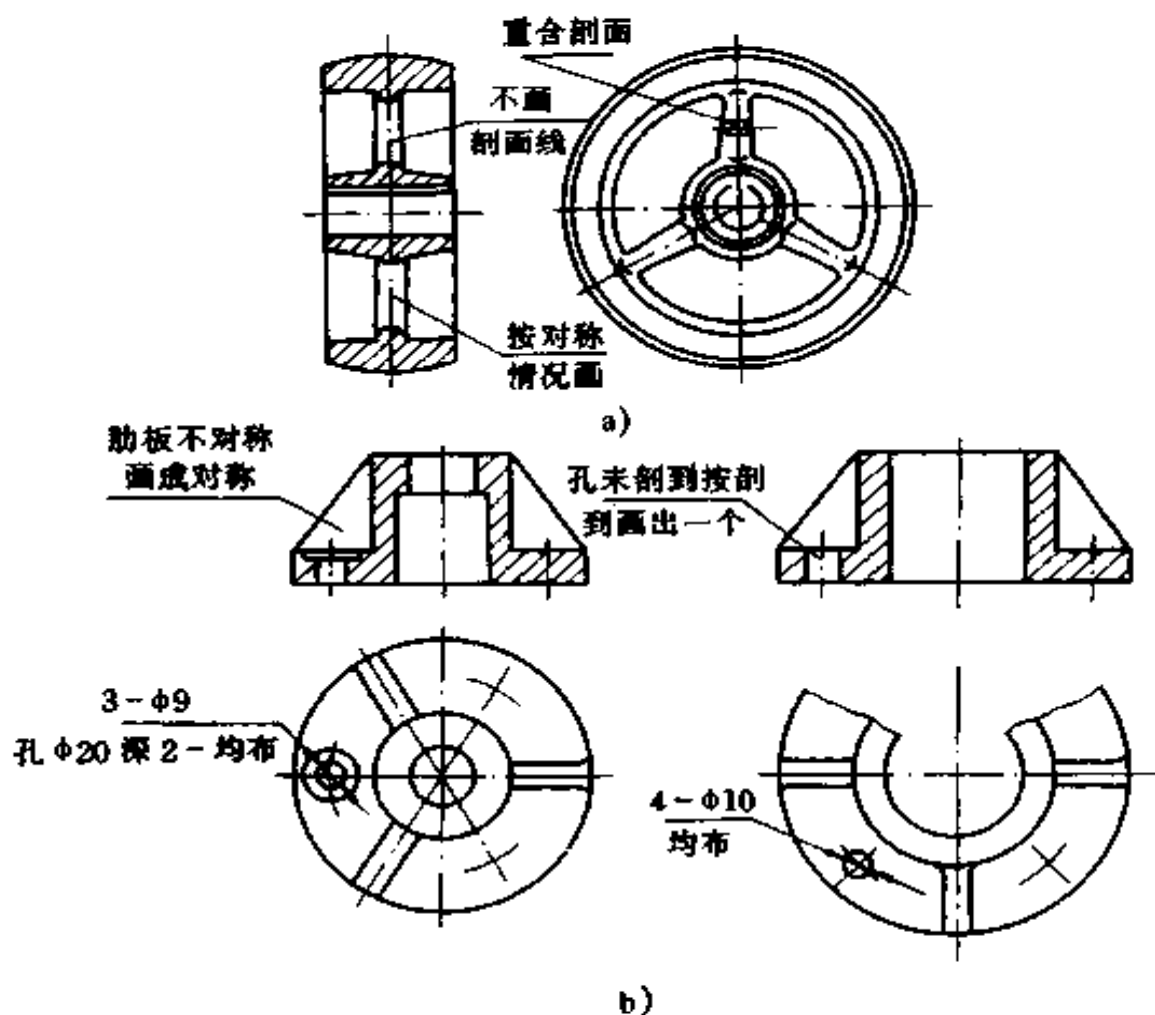


图 2-36 均布孔、肋、轮辐的剖视画法

a) 轮辐 b) 孔和肋

(3)当图形对称时,可只画一半或大于一半,如图 2-36b 右下图所示。

(4)当视图上的图形不能充分表示出平面表面时,可采用平面符号(相交细实线)来表示,如图 2-37 所示。



图 2-37 回转体上小平面的表示方法

(5)机件上的细小结构,如在一个图形中已表示清楚,其它图形可简化或省略,如图 2-38 所示。

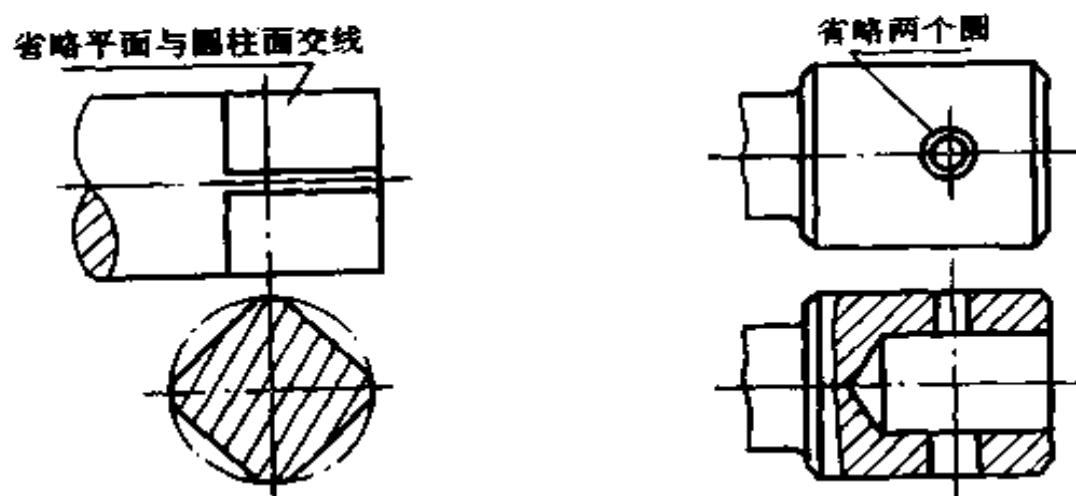


图 2-38 小结构的简化画法

(6)圆柱形法兰和类似机件上均匀分布的孔,可按图 2-39 的方法绘制。

(7)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,但必须按原来的实际长度标注尺寸,如图 2-40 所示。

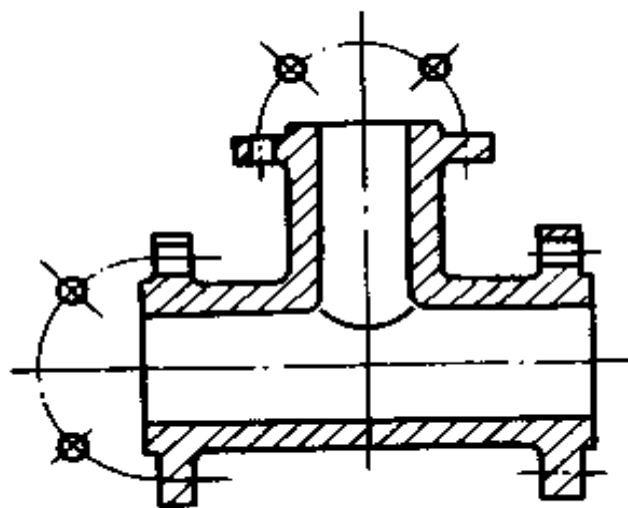
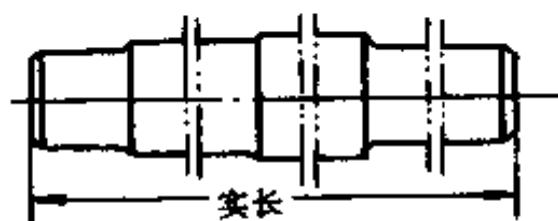


图 2-39 法兰端面均布孔的表示法



a)



b)

图 2-40 连杆和轴、杆的断开画法

a)长度方向有规律变化 b)长度方向形状一致

## 六、常用零件的规定画法

在各种机械设备中,一些常用零件(如螺纹连接件、齿轮、键、弹簧、轴承等)的形状,为了制图方便,不需要按照其真实投影画出,而只要根据国家标准的规定绘制和标注即可。

### (一)螺纹件

螺纹是指螺钉、螺杆、丝杆等零件上起连接或传动作用的部分。在圆柱或圆锥外表面上的螺纹叫外螺纹,在圆柱或圆锥内表面上的螺纹叫内螺纹。内外螺纹件螺纹相配。

#### 1. 螺纹要素(图 2-41)

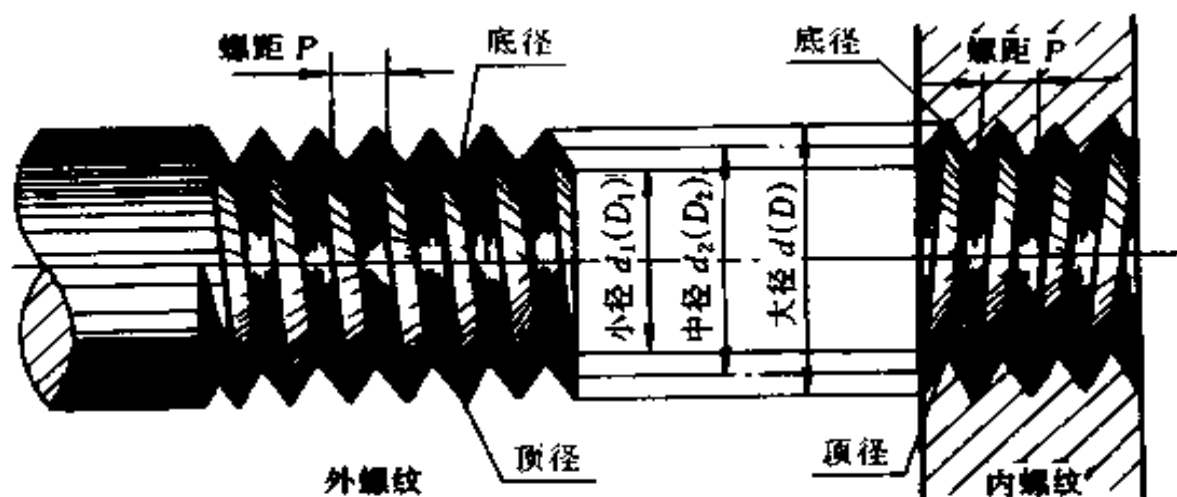
(1)牙型:沿螺纹轴线剖切的剖面形状叫牙型。牙型有三角型、梯型、锯齿形等。

(2)直径:螺纹直径有大径、小径、中径之分。大径是指螺纹的最大直径,即外螺纹的顶径和内螺纹的底径,也是螺纹的公称直径;小径是指螺纹的最小直径,即外螺纹的底径和内螺纹的顶径;中径是一假想圆柱的直径,内、外螺纹以此假想的圆柱面作无间隙配合。

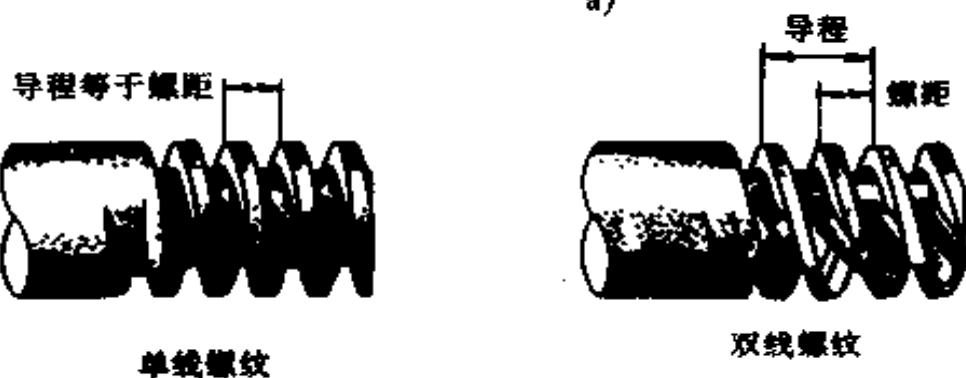
(3)线数:沿一条螺旋线形成的螺纹叫单线螺纹;沿两条或两条以上在轴向等距分布的螺旋线形成的螺纹叫多线螺纹。

(4)螺距和导程:螺距是指相邻两个牙型上对应点间的轴向距离。导程是指同一螺旋线上两个牙型对应点间的轴向距离。

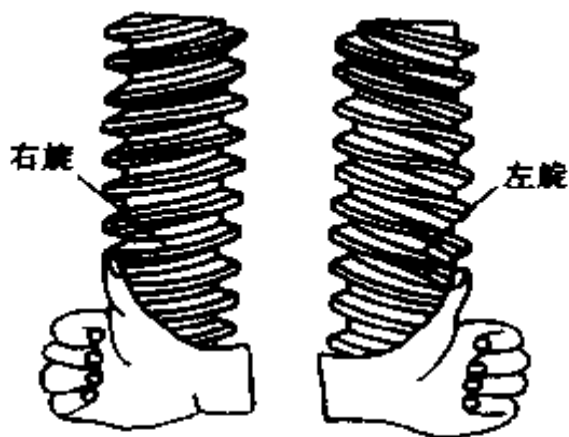
(5)旋向:外螺纹顺时针旋进螺孔叫右旋螺纹,逆时针旋进螺孔叫左旋螺纹。



a)



b)



c)

图 2-41 螺纹要素

a) 螺纹的直径和螺距    b) 螺纹的线数、导程与螺距的关系    c) 螺纹的旋向



2. 螺纹的规定画法 外螺纹的规定画法见图 2-42。大径和螺纹终止线用粗实线表示,小径用细实线表示,与轴线平行的视图上,小径的细实线应画到倒角处。与轴线垂直的视图上,表示小径的细实线只画约 3/4 圈,螺纹倒角圆省略不画。

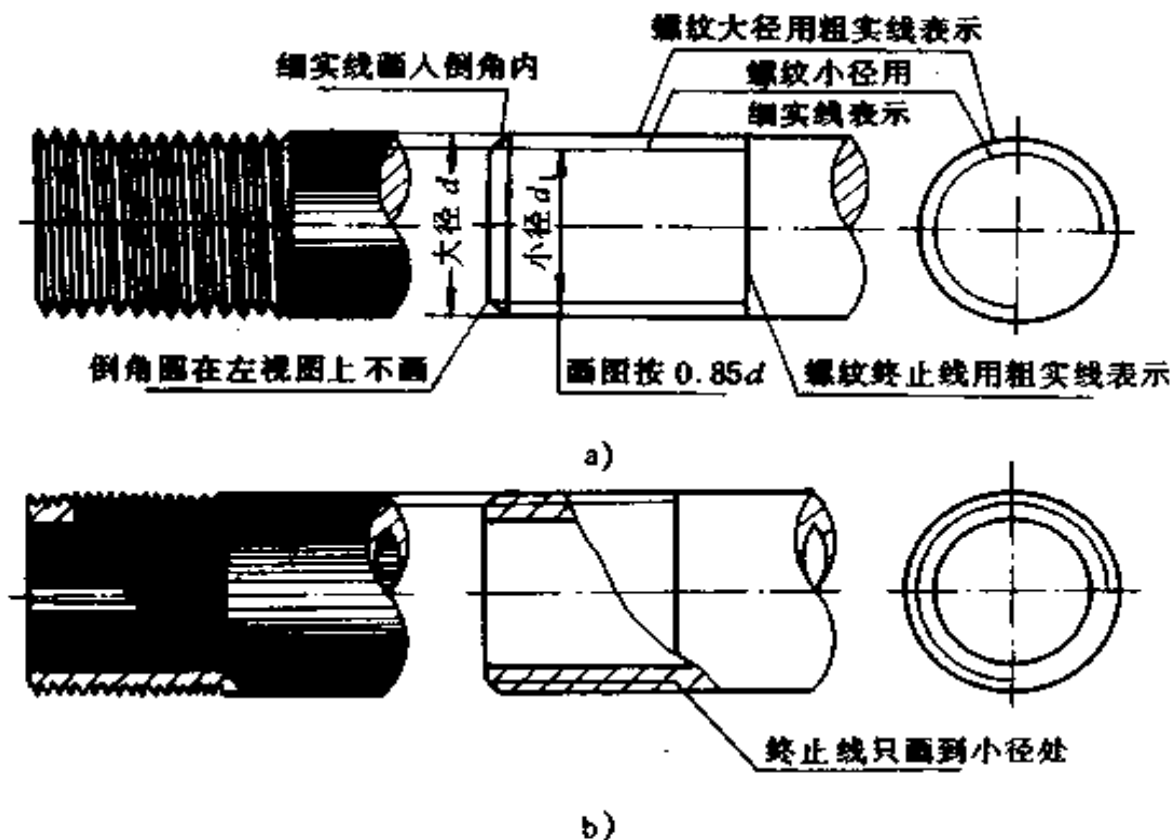


图 2-42 外螺纹的规定画法

a)不剖时 b)剖开时

内螺纹的画法如图 2-43 所示,小径和螺纹终止线用粗实线表示,大径用细实线表示。不穿通的螺纹孔应由钻头钻成  $120^\circ$  锥面画出。螺孔相贯时,只用粗实线画小径产生的相贯线。

内、外螺纹连接的画法如图 2-44 所示,在剖视图中,连接的部分按外螺纹绘制,其余部分按各自的画法绘制。

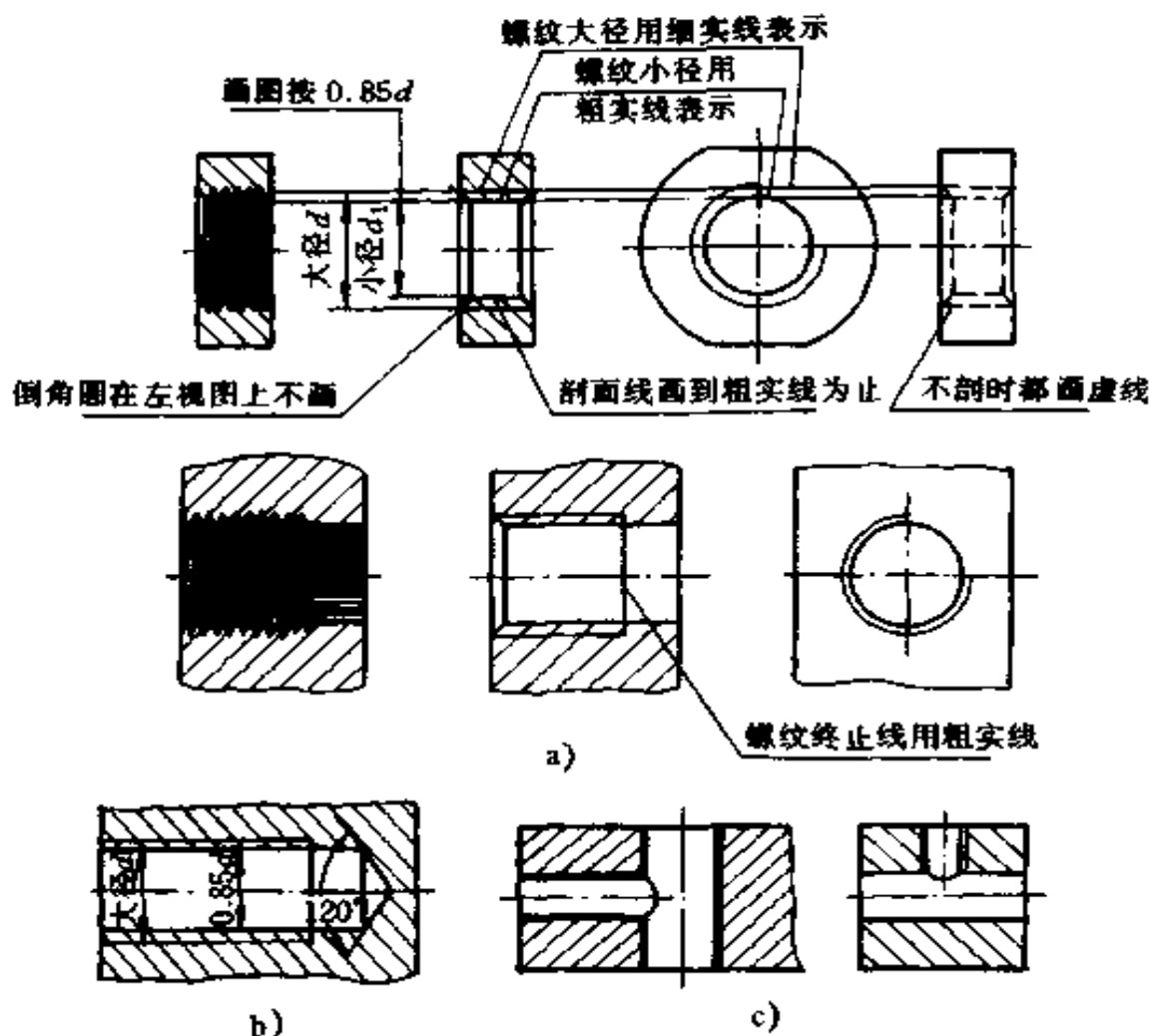


图 2-43 内螺纹的规定画法

a) 穿透螺孔的画法 b) 未穿透的螺孔画法 c) 螺孔相贯线的画法  
内、外螺纹粗细线应分别对齐

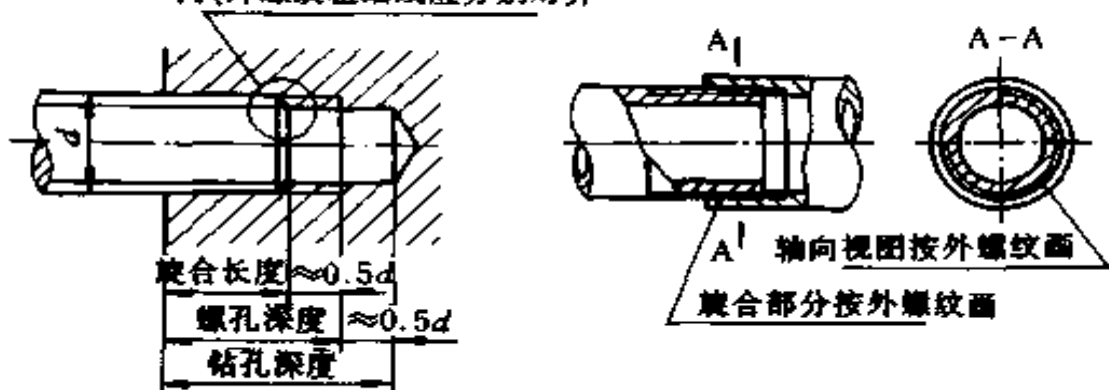


图 2-44 螺纹连接画法

3. 螺纹的标注 螺纹规定画法不能表示清楚螺纹种类、螺纹要素及其它要求,因而需要用标注的方法来表示,见表 2-2。

## (二) 键和销连接

1. 键连接 键连接用于轴与轮的扭矩。键的种类很多,常见的有平键、半圆键、钩头楔键和花键,均已标准化。

键的形式、标准、画法及标注见表 2-3 所列。

花键的画法和尺寸标注如图 2-45 所示。

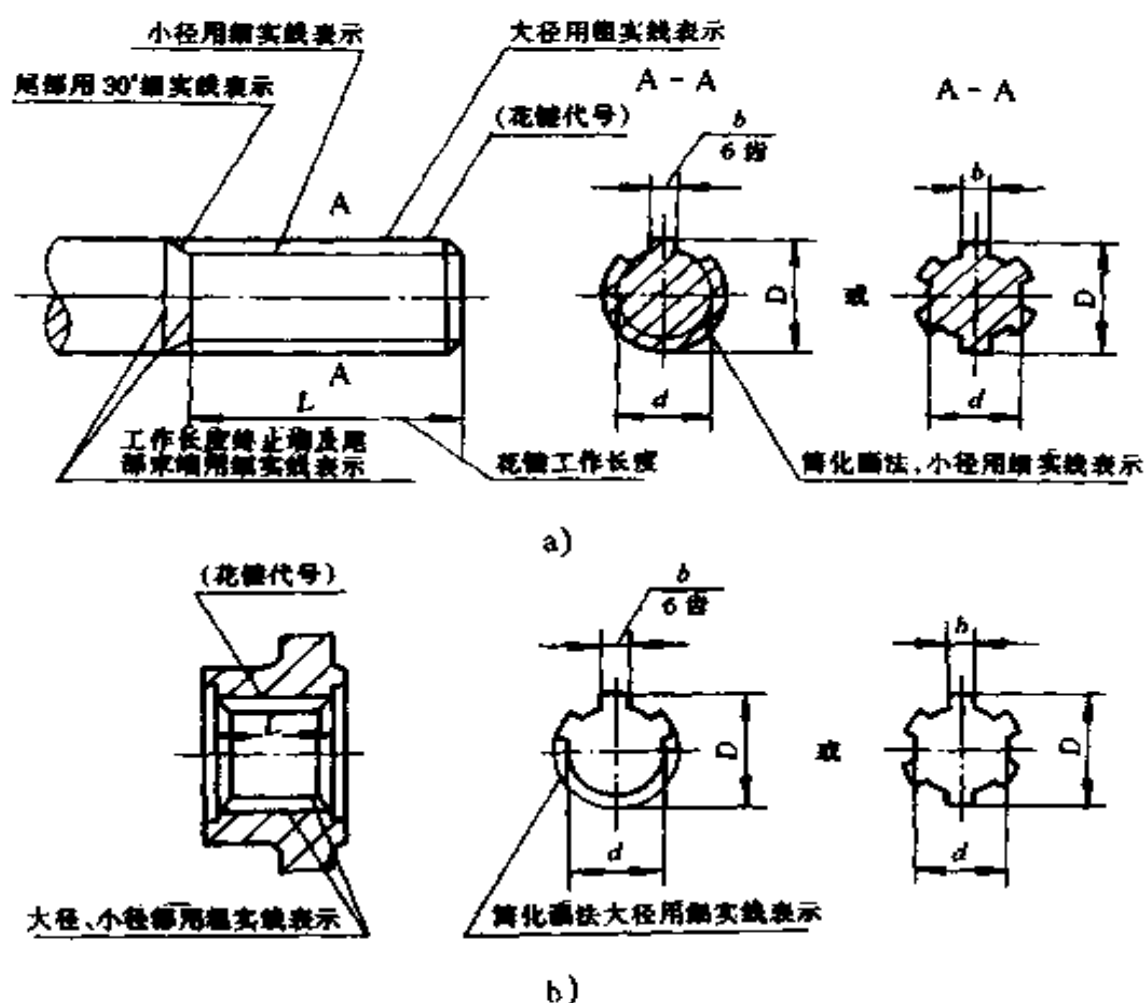
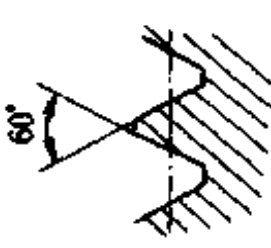
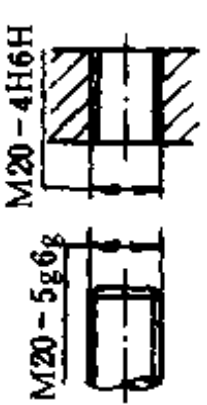
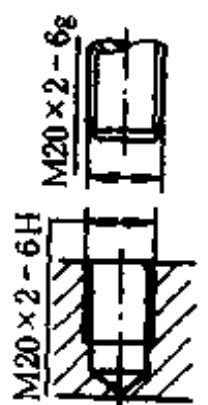
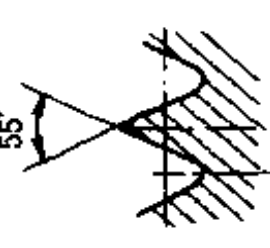
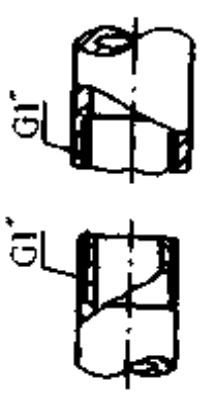


图 2-45 花键画法和尺寸标注

a) 外花键的画法和尺寸标注 b) 内花键的画法和尺寸标注

表 2-2 螺纹的标注

序号	螺纹种类	牙型符号	应注明的项目	牙型放大图	标注示例	说明
1	粗 普通螺纹	M	牙型、公称直径、旋向、公差带代号、旋合长度代号	 <p>60°</p>	 <p>M20-5g6g M20-4H6H</p>	M20-4H6H 表示粗牙普通螺纹, 大径 $d = 20\text{mm}$ , 中径公差带代号为 4H, 顶径公差带代号为 6H
2	细 普通螺纹	M	牙型、公称直径、螺距、旋向、公差带代号、旋合长度代号	与粗牙同	 <p>M20x2-6H M20x2-6g</p>	M20x2-6H 表示细牙普通螺纹, 大径 $d = 20\text{mm}$ , 螺距 $P = 2\text{mm}$ , 内螺纹中径和顶径公差带代号为 6H
3	英寸制管螺纹	G	牙型、公称直径	 <p>55°</p>	 <p>G1"</p>	G1" 表示圆柱管螺纹, 1" 为管子通径(1英寸), $d = 33.25\text{mm}$ , $P = 2.309\text{mm}$

续表 2-2





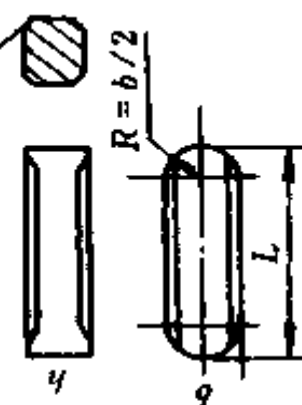
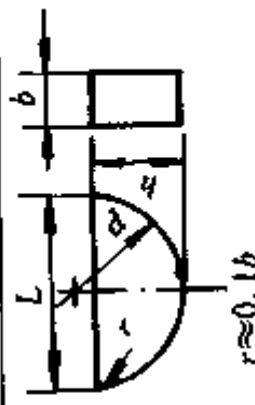
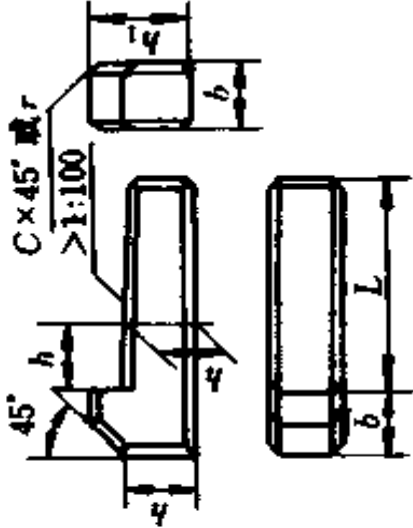
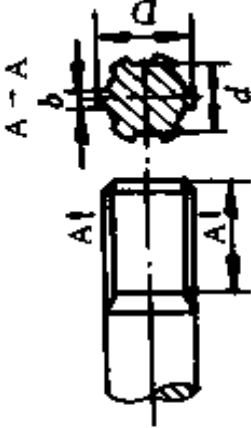
序号	螺纹种类	牙型符号	应注明的项目	牙型放大图	标注示例	说明
4	梯形螺纹	Tr	牙型、公称直径、导程(螺距)、旋向、公差带代号、旋合长度代号		<p>Tr40×14(P7)LH-7e-L</p> 	<p>Tr40×14(P2)LH-7e -L 表示梯形螺纹, 大径为 40mm, 导程为 14mm, 线数为 2, 左旋, 中径公差带代号为 7e, 旋合长度为 L 组</p>
5	锯齿形螺纹	S	牙型、公称直径、螺距、精度等级、旋向		<p>S36×6-2左</p> 	<p>S36×6-2左 表示锯齿形螺纹, 大径 <math>d = 36\text{mm}</math>, 螺距 <math>P = 6\text{mm}</math>, 精度等级为 2 级, 左旋</p>

表 2-3 键的型式、标准、画法和技术标注示例

名称	标准号	图例	标记示例
普通平键	GB1096-90		$b = 6, h = 11, d = 100$ 的圆头普通平键; 键 18×100 GB1096-90
半圆键	GB1099-90		$b = 18, h = 11, L = 100$ 的方头普通平键(B型); 键 B18×100 GB1096-90  $b = 6, h = 10, d = 25, L = 24.5$ 的半圆键; 键 6×25 GB1099-90

续表 2-3

名称	标准号	图例	标记示例
钩头楔键	GB1565-90		$b = 18, h = 11, L = 100$ 的钩头楔键; 键 18 × 100 GB1565 - 90
花键			齿数 $z = 6$ , 外径 $D = 37$ , 内径 $d = 32$ , 齿厚 $b = 6$ 的外径定心矩形齿花键; $6D - 37 \times 32 \times 6$ $(z - D \times d \times b)$

2. 销连接 销主要用于零件间的连接或定位。常用的有圆柱销、圆锥销、开口销等,均已标准化。表 2-4 为销的型式、标记及连接画法。

### (三) 齿轮

齿轮是机械传动中广泛应用的传动件,常用于传递动力、改变转速或旋转方向。常见的齿轮有圆柱齿轮、圆锥齿轮和蜗轮蜗杆三类。

1. 圆柱齿轮 圆柱齿轮有直齿、斜齿、人字齿等。

单个齿轮的规定画法如图 2-46 所示。齿顶圆和齿顶线画粗实线,分度圆和分度线画点划线,齿根圆和齿根线画细实线,也可省略。在剖视图上齿根线要画粗实线,而轮齿规定按不剖处理。单个齿轮一般用两个视图表示即可。

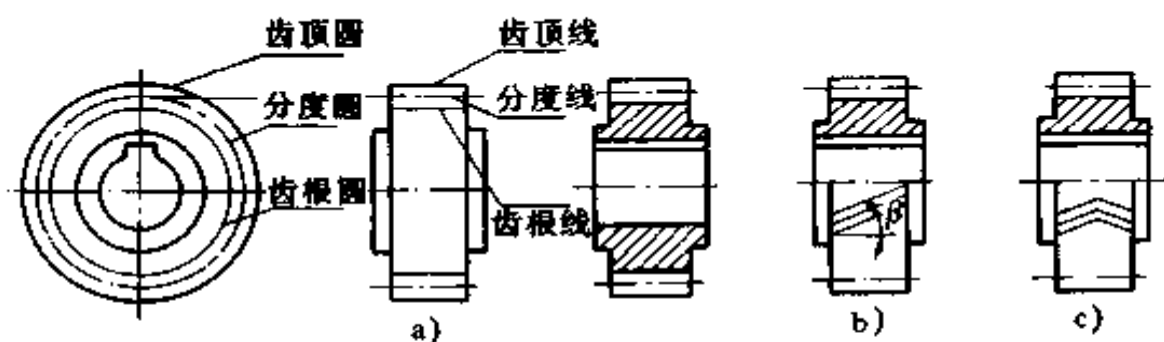


图 2-46 单个圆柱齿轮的规定画法

a) 直齿 b) 斜齿 c) 人字齿

圆柱齿轮的啮合画法如图 2-47 所示。在反映圆的视图中啮合区内的齿顶圆均用粗实线绘制,也可省略不画,相切的两节圆用点划线画出,两齿根圆省略不画。在剖视图上,啮合区内两节圆重合为一条点划线,齿根线都画成粗实线,一个齿顶线画细实线,另一个齿顶线画虚线或省略不画(齿顶和齿根的间隙为  $0.25m$ ,  $m$  为齿轮的模数)。若不作剖视,啮合区内的节线用粗实线绘制,齿顶线不必画出。



表 2-4 销及标记示例

名称	标准号	图例	连接画法	标记示例
圆柱销	GB119-86			直径 $d = 5\text{mm}$ 、长度 $L = 20\text{mm}$ 、A 型圆柱销 GB119-86 A5×20
圆锥销	GB117-86			直径 $d = 10\text{mm}$ 、 $L = 100\text{mm}$ 的 A 型圆锥定位销 GB117-86 A10×100
开口销	GB91-86			公称直径 $d = 3\text{mm}$ 、长度 $L = 20\text{mm}$ 的开口销 GB91-86 3×20

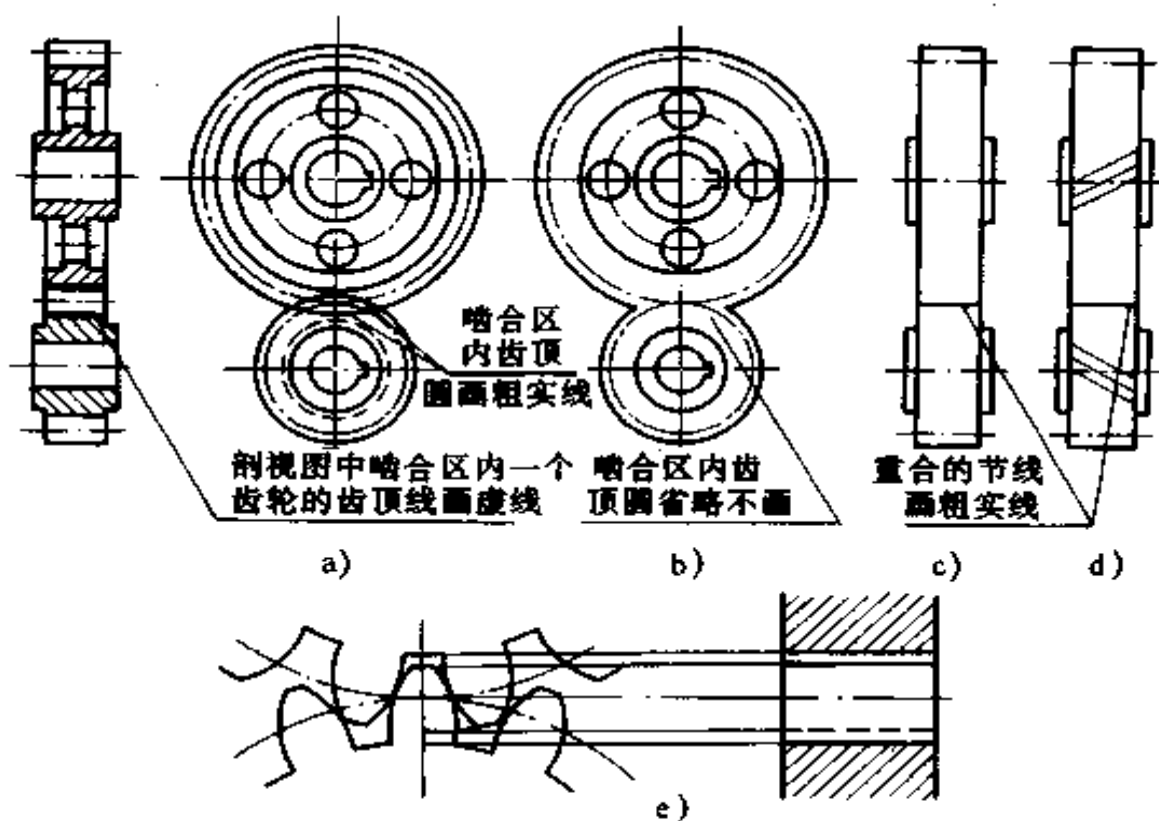


图 2-47 圆柱齿轮的啮合画法

2. 圆锥齿轮 由于圆锥齿轮的轮齿位于圆锥面上, 所以它的轮齿一端大, 一端小。直齿圆锥齿轮各部分名称及单个圆锥齿轮的规定画法如图 2-48 所示。投影为非圆的视图常

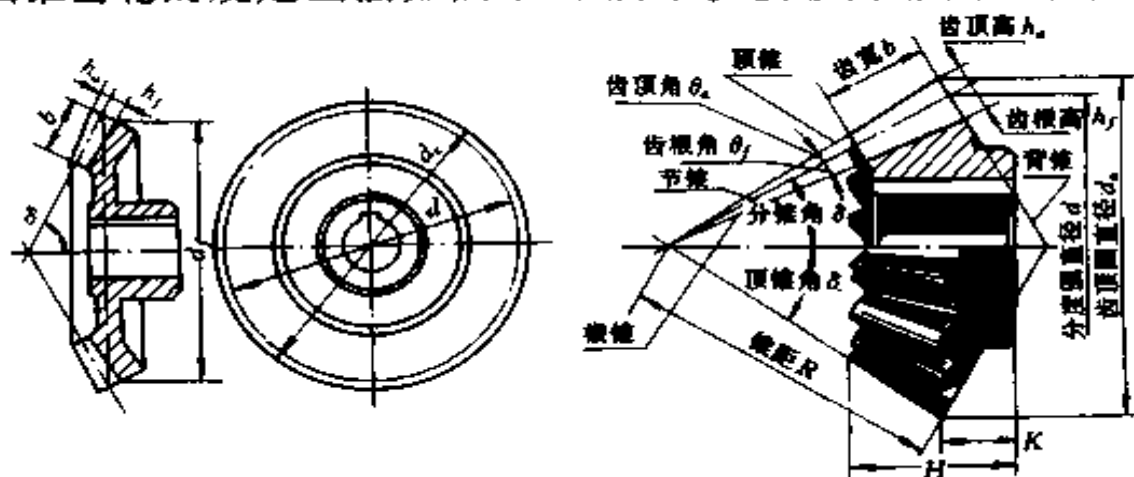


图 2-48 单个圆锥齿轮的规定画法

画成剖视图,齿部分仍按不剖绘制,顶锥线和根锥线都用粗实线表示,分度锥线画点划线。在反映圆的视图上,用粗实线画大端和小端的齿顶圆,用点划线画大端的分度圆。齿根圆不必画出。

圆锥齿轮的啮合画法如图 2-49 所示。主视图常画成剖视图,啮合区的画法与圆柱齿轮相同。左视图画成外形图,两分度圆相切,大齿轮被挡住部分不画。

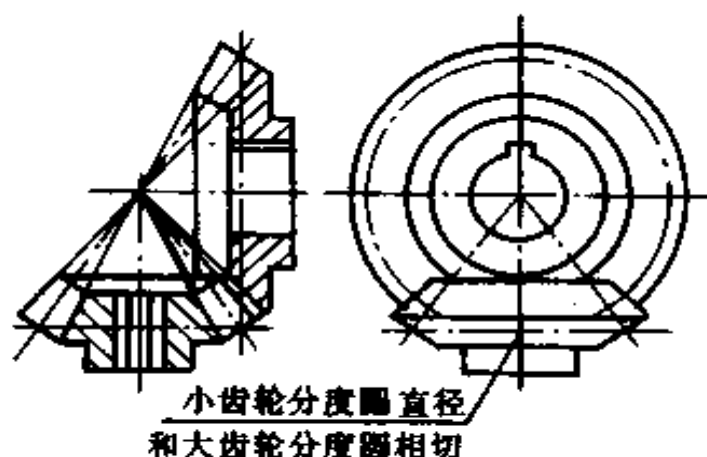


图 2-49 圆锥齿轮啮合的画法

3. 蜗轮与蜗杆 蜗轮和蜗杆用于垂直交叉两轴之间的传动。它们的齿向是螺旋形的,蜗轮的轮齿顶面常制成凹形环面以适应与蜗杆啮合。

蜗轮与蜗杆的啮合画法如图 2-50 所示。蜗轮的规定画法与圆柱齿轮大致相同,在投影为圆的视图上只画外圆和分度圆,齿顶圆、齿根圆省略不画。蜗杆的规定画法与圆柱齿轮画法相同,为了表达蜗杆上的牙型,一般采取局部剖视或局部放大图。画蜗轮蜗杆啮合图时,无论是否剖视,在蜗杆投影为圆的视图上,啮合部分只画蜗杆。在蜗轮投影为圆的视图上,蜗杆节线与蜗轮节圆相切,蜗杆被蜗轮挡住部分不画。

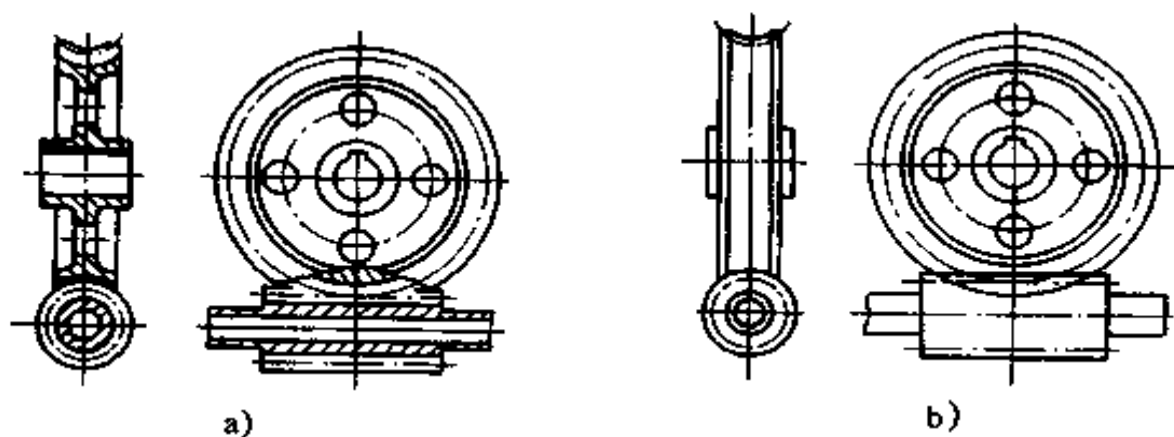


图 2-50 蜗轮与蜗杆啮合画法

a) 剖视画法 b) 外形画法

#### (四) 弹簧

弹簧是一种用来减震、夹紧、测力和贮能的零件，种类很多，有螺旋弹簧、蝶形弹簧、涡卷弹簧等，最常见的是圆柱螺旋压缩弹簧。

圆柱螺旋压缩弹簧的规定画法如图 2-51a 所示，在与弹

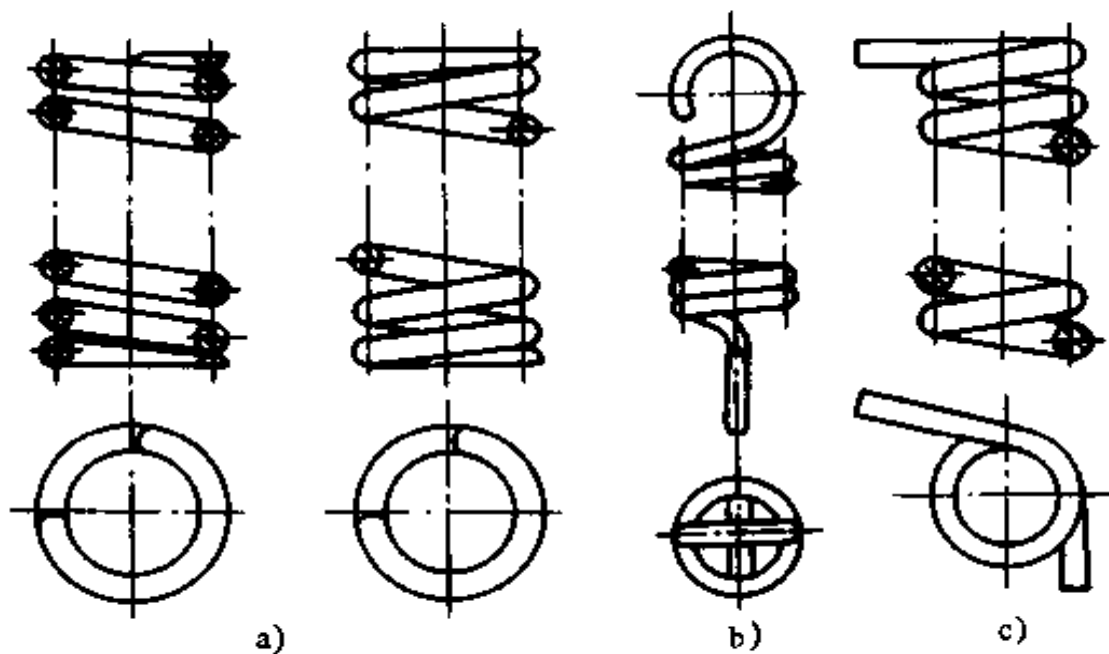


图 2-51 弹簧的规定画法

簧轴线平行的视图中，各圈的轮廓画成直线。当弹簧的旋向

不作规定时,无论右旋弹簧还是左旋弹簧均应画成右旋,但若是左旋弹簧应加注“左”字。有效圈数在四圈以上的弹簧只画两端各1~2圈(不含支承圈),中间部分省略不画,但应画出簧丝中心线。圆柱螺旋拉伸弹簧、扭力弹簧的规定画法如图2-51b、c所示。

在装配图中,被弹簧挡住的部分不必画出。对于簧丝直径小于2mm的剖面可用涂黑表示,小于1mm的剖面可采用示意画法。

## 七、识读零件图

### (一)零件图的内容

零件图是用来制造和检验的图样。一张完整的零件图应包括下列内容或要求:

1. 一组视图 能完整、清晰地表达零件内外各部分的形状和结构的视图。

2. 必要的尺寸 零件在制造、检验时所需的全部尺寸能完整、清晰、合理地标注出,无一遗漏。

3. 技术要求 用规定的代号或文字标出零件在制造和检验时应达到的全部技术要求,如尺寸公差、表面粗糙度、形位公差、热处理等。

4. 标题栏 标题栏内说明零件的名称、材料、图号、数量、比例以及制图、校核人的姓名等。

### (二)识读零件图的方法和步骤

零件的种类很多,按其结构形状,大致可分为轴套、轮盘、叉架、箱体等四种类型。现以图2-52所示一级圆柱齿轮减速器的箱体为例来说明读零件图的方法和步骤。

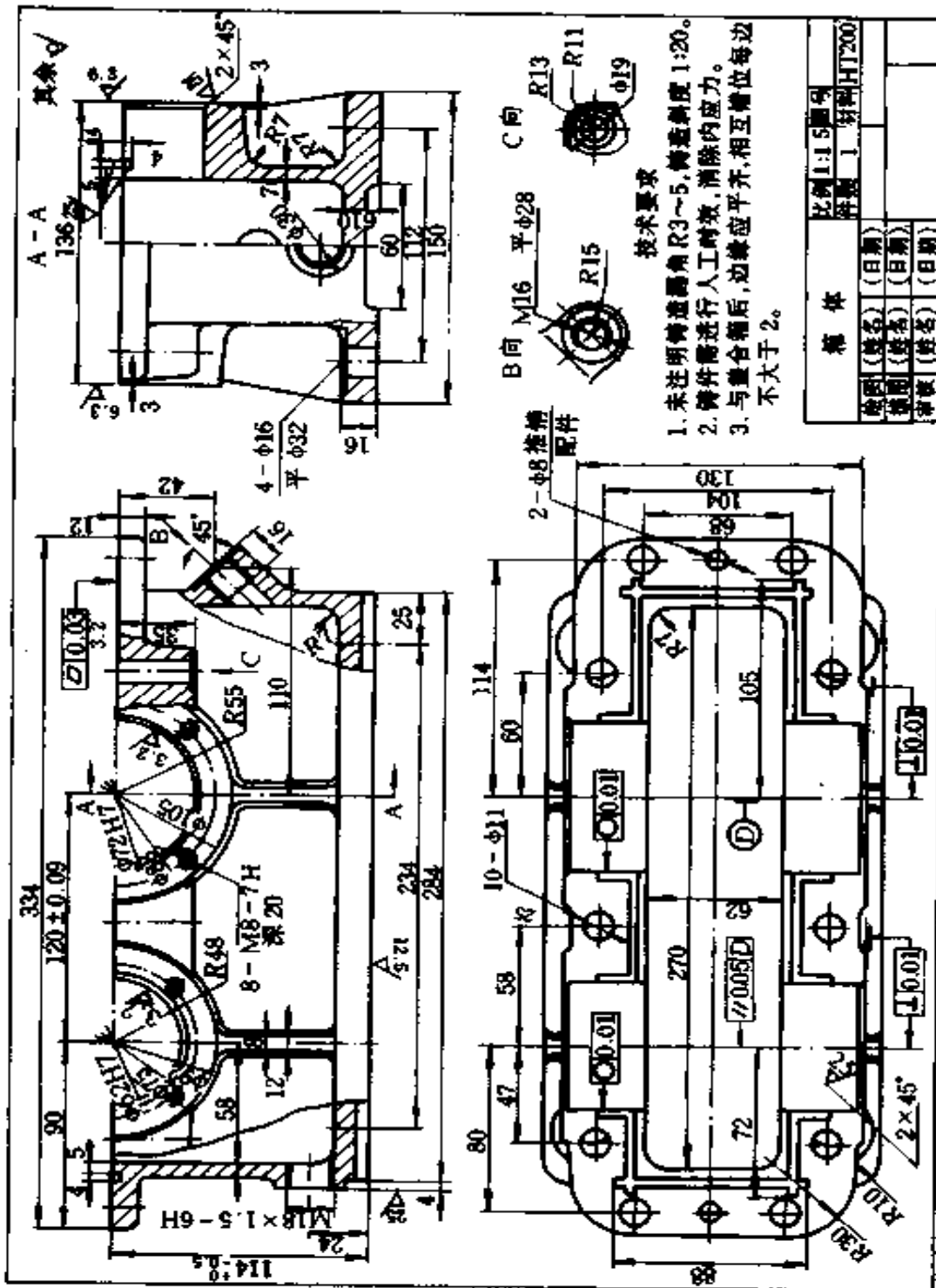


图2-52 箱体零件图

箱体	比例 1:1.5 图号	
绘图 (姓名) (日期)	审核 1	材料 HT200
绘图 (姓名) (日期)		
审核 (姓名) (日期)		

1. 首先看标题栏 从标题栏了解零件的名称、材料、比例、重量等,结合对全图的浏览,初步认识该零件在机器中的部位、功能作用和特点。图 2-52 所示零件为减速器箱体,属箱体类零件。箱体类零件在部件中起支承和包容轴承、齿轮等零件的作用,上有支承、安装、包容等结构(带有轴承孔、凸台或凹台、内腔、肋板、螺纹孔、螺栓通孔等)。零件的材料为铸铁(HT200),由铸件经机加工而成,外廓大小为  $334 \times 150 \times 114$ 。

2. 分析视图和形体,想象零件形状 视图和形体分析是读零件图的重要一环。看图时要首先找到主视图。围绕主视图弄清各视图的名称、投影方向、剖切位置、表示目的,以形成对零件整体轮廓的初步概念,然后应用形体分析法或线面分析法进行仔细分析,逐步看懂,最后综合想象出零件的整体形状。

箱体类零件结构形状通常较为复杂。图 2-52 箱体零件图共有五个视图,即三个基本视图、一个局部视图和一个斜视图。三个基本视图表达了箱体的外形结构,主视图的三处局部剖视以及左视图的半剖视和一外局部剖视表明了箱体内腔、壁厚和螺栓孔、销钉孔、螺纹孔、斜孔等的结构形状,B 向斜视图和 C 向局部视图分别表示了两个凸台端面的结构形状。

在进行形体分析时,要把零件分成若干部分,按各自投影关系逐一对照分析。对减速器箱体大致可分为箱壁、支承、联接板和底板四部分。三个基本视图表明了这四部分的结构形状、大小和相对位置。

箱体内部要安装一对齿轮,故箱体基本形状是中空的长方体。主视图的局部剖视和左视图的半剖视表明了箱壁壁厚。支承孔用于支承齿轮轴和轴承。在主、左视图上可以看

出支承孔开在前后两箱壁的上方,其基本形状为对开式半圆柱孔,共两对。在支承孔内要安装轴承和端盖等零件。为保证具有足够的连接强度和刚度,加大了支承孔的宽度和凸缘的厚度,并设置了凸台,主视图上可看出支承孔上共有 8 个 M8 深 20 的螺钉孔,用来安装端盖。

矩形联接板用来连接对开式的箱体与箱盖,基本形状是中空长方体,从俯视图可以看出其外形,四角是圆弧,其上有 10 个  $\phi 11$  的螺栓通孔和 2 个  $\phi 8$  的销钉孔。销钉孔和螺栓孔分别用来使箱体与箱盖定位和固定,防止两者偏移。主视图的右上局部剖视图和 C 向局部视图表示出螺栓孔及凸台端面的形状。

底板的基本形状为长方体,俯、左视图表明它较箱壁宽,其上有四个通孔安装地脚螺栓;左视图还表明底板中部挖了一宽为 60 的空槽,这是为了减少加工面和安装结合面;从主、左视图上还可看出,主支承孔和底板之间设置了加强筋,这是为了增加支承孔的强度和刚度;左视图的局部剖视表明了 4 个 M16 的地脚螺栓孔的形状。主视图左端局部剖视表示了 M18 $\times$ 1.5 螺纹通孔是放油孔,是用来更换箱内的齿轮润滑油的;主视图右端局部剖视表示的斜孔,是用来插油面指示器的;B 向斜视图表明其凸台端面外形。在俯视图上看见的截油槽,是为防止箱体与箱盖的结合面处漏油而设置的,主、左视图上表示出了油槽的宽度、深度。

经过分析,弄清了零件各组成部分及细小部分的结构形状和相对位置后,就可逐步想象出该零件的整体形状结构如图 2-53 所示。但对于比较复杂的零件或识图经验不多时,则应在归纳总结后,再次审视全图,检查和完善已形成的零件整体形象,务使该形象能正确、完整地反映图示的零件。



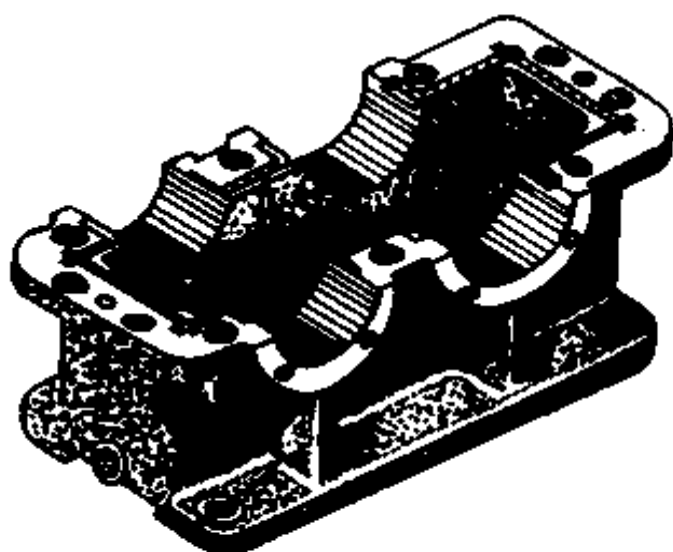


图 2-53 箱体的整体形状结构

3. 分析尺寸和技术要求 明确有哪些待加工部位及其要求的粗精程度。

分析尺寸时,首先要找出尺寸基准,然后从基准出发,用形体分析法找出各组成部分的定形尺寸和定位尺寸,分清主要尺寸和次要尺寸。箱类零件常以孔的轴线、对称平面、较大的加工平面或结合面作为长、宽、高三个方向尺寸的基准。图 2-52 箱体长度方向的尺寸基准是  $\phi 62H7$  和  $\phi 72H7$  的中心线;箱体前后是对称的,其对称平面是宽度方向的尺寸基准;箱体的上表面是箱体与箱盖的结合面,是箱体高度方向的尺寸基准。支承轴承的半圆孔  $\phi 62H7$  和  $\phi 72H7$  是箱体与箱盖连接在一起加工的,所以要标注直径,  $120 \pm 0.09$  是两轴承孔中心距,  $114_{-0.5}^0$  是两轴承孔的中心高度,这几个尺寸在图上直接注出了尺寸公差,比较重要。另外,螺纹孔的标注也有尺寸公差。上述诸符号含意详见第三章。图上还有许多尺寸(如 234 和 112)是地脚螺孔的定位尺寸等,留给读者自己分析。

看技术要求时,根据图上标注的表面粗糙度、尺寸公差、形

位公差及其它技术要求,搞清楚零件上的主要加工面、一般加工面和非加工面,从而明确加工任务,即哪些部位或尺寸需加工,哪些不必;需加工部位或尺寸加工质量要求如何。减速器箱体的技术要求,主要集中于支承轴承的半圆孔和上端面,其表面粗糙度、尺寸精度和形位公差将直接影响减速器的质量,是主要加工面。半圆孔的表面粗糙度为  $\sqrt{3.2}$ ,其圆度公差以及轴线对端面的垂直度公差均为 0.01, $\phi 62H7$  孔的孔轴线对基准  $D\phi 72H7$  孔的轴线的平行度公差为 0.05。上端表面粗糙度为  $\sqrt{3.2}$ ,平面度公差为 0.03;轴承孔表面粗糙度为  $\sqrt{3.2}$ ,端面  $\sqrt{6.3}$  是加工面。图上其它的加工面为  $\sqrt{\quad}$ 。其余均为非加工面。在技术要求中,还注出了对铸造的工艺要求。

4. 综合归纳,全面了解零件 通过以上的分析,将认识所得进行一次综合归纳,从而对该零件产生出全面的认识和概念。

以上是看零件图的大致步骤和方法。对较复杂的零件,往往还需要借助装配图、相关零件图、产品说明书和有关技术资料才能完全读懂。对识图的每一步骤不要完全孤立进行,要相互结合反复分析。如能结合尺寸进行分析,往往更有利于读懂图纸。

## 八、识读装配图

任何机器或部件都是由许多零件根据机器的工作原理和性能要求,按一定的相互关系和技术要求装配而成的。表达机器或部件的图样叫装配图。装配图是机器在制造、使用过程中用来指导装配、安装、调试以及维修的主要技术文件。

## **(一)装配图的内容**

一张完整的装配图应包括下列内容:

1. 一组图形 表示机器或部件的工作原理,各零件间的装配连接关系以及零件的主要结构。除视图、剖视、剖面等外,必要时还有一些特别的表达方法。

2. 必要的尺寸 装配图上只表示机器或部件的外形尺寸、安装尺寸、特征尺寸(表示机器或部件的性能、规格)、配合尺寸(零件间有公差配合要求的尺寸)、相对位置尺寸(装配时需要保证的零件间较重要的相对位置)等。

3. 技术要求 用文字或符号说明机器或部件在装配、检验、调试、使用等方面的要求。

4. 零件序号、明细表、标题栏 序号在图上用指引线引出,并按顺序编写每一个零件的序号。明细表在标题栏上方,用来说明每一个零件的序号、名称、数量、材料和备注等。标题栏用来说明机器或部件的名称、图号、比例以及制图、审核人的姓名等。

## **(二)装配图的特殊表示方法**

机件的各种表达方法都适用于装配图,由于装配图和零件图所表达的侧重点不同,装配图上还有一些特殊表示法,如规定画法、简化画法、假想画法、夸大画法等。

## **(三)识读装配图的方法和步骤**

读装配图的目的,是要从中了解机器或部件中各个组成零部件的相对位置、装配关系和连接方式,分析机器或部件的工作原理和作用功能,搞清各零件的作用和结构形状,有时还要从中拆绘出各零件的零件图。现以图 2-54 所示齿轮油泵装配图为例,说明识读装配图的方法和步骤。

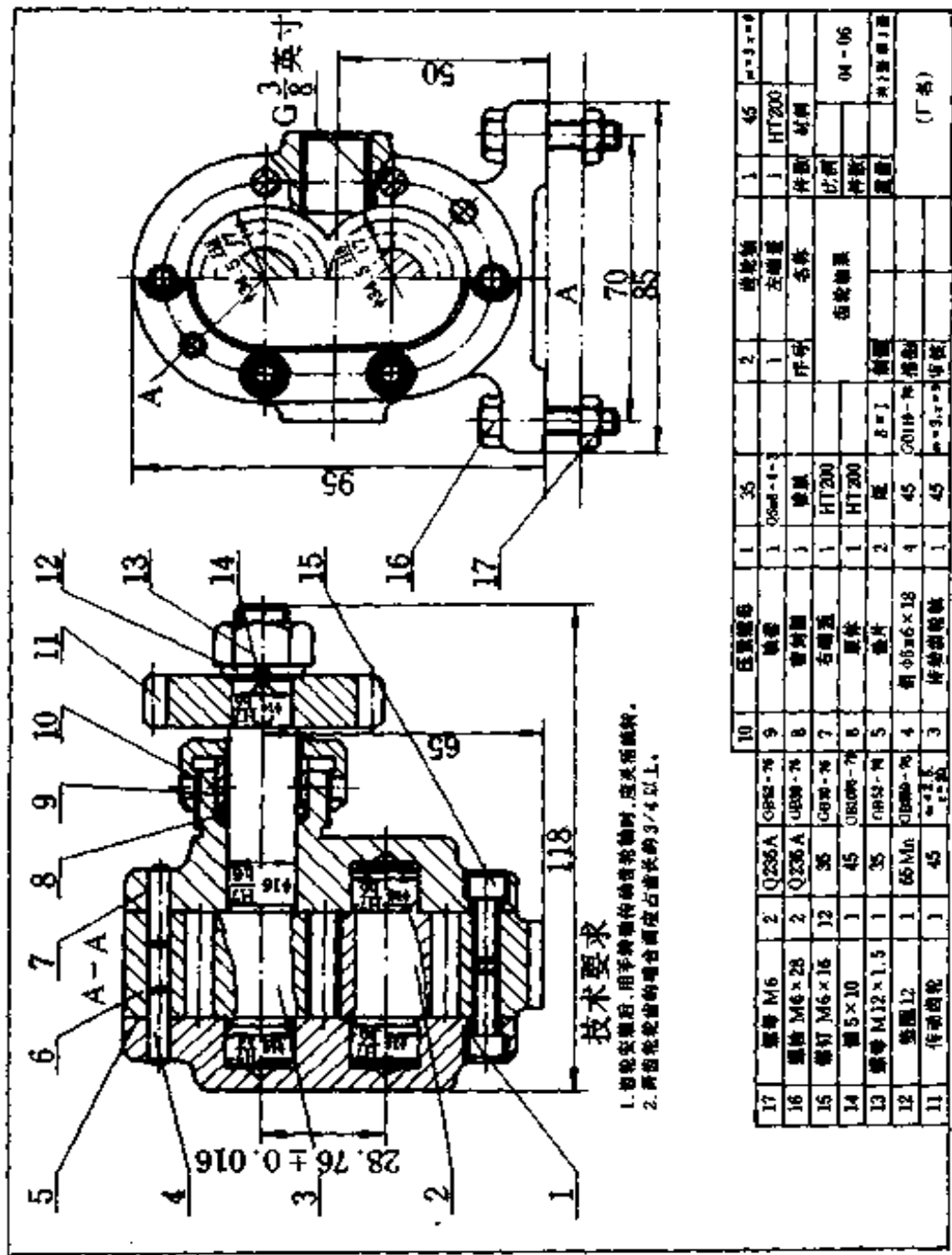


图2-54 齿轮油泵装配图

1. 读标题栏及明细表 从标题栏中了解机器或部件的名称,从明细表中了解各零件的名称、材料和数量等,结合对全图的浏览,初步认识该机器或部件的大致用途和大体装配情况。图 2-54 所示的齿轮油泵,由泵体、端盖、齿轮等 17 个零件组成,外形尺寸为  $118 \times 85 \times 95$ ,结构复杂,体积不大,是机器中用于输送润滑油或压力油的一种部件。

2. 分析视图,明确装配关系 分析视图时,要根据图样上的视图、剖视剖面等的配置和标注,找出投影方向、剖切位置,了解各图形的名称和表达方法。齿轮油泵采用主、左两个基本视图。全剖视的主视图(沿传动齿轮轴轴线剖切)表达了泵的内部结构和各零件间的装配关系;左视图的半剖视图(沿左端盖,与泵体 6 的结合面剖切)表达了外部形状和齿轮啮合情况;局部剖视表明了油口的结构形状。

分析工作原理,有时需阅读产品说明书和有关资料。

分析装配关系时,要弄清各零件间的连接、固定、定位、调整、密封、润滑、配合关系、运动关系等。在图 2-54 中可看到,传动齿轮 11 用键 14 与齿轮轴 3 连接,并用垫圈 12、螺母 13 固定;一对带齿轮的齿轮轴 2、3 装入泵体 6 的内腔中,两侧由左、右端盖 1、7 支承;端盖与泵体由销 4 定位后,再用 12 个螺钉 15 将左、右端盖与泵体连接成整体。为了防止泵体与端盖的结合处,以及齿轮轴 3 的伸出轴处漏油,分别用垫片 5 和密封圈 8、轴套 9、压紧螺母 10 密封。两齿轮的齿顶与泵体内腔半圆孔的配合尺寸为  $\phi 34.5H8/f7$ ,是间隙配合;两齿轮轴轴颈与左、右端盖孔的配合尺寸均为  $\phi 16H7/h6$ ,是间隙配合;齿轮轴 3 与齿轮 11 的配合尺寸是  $\phi 14H7/h6$ ,也是间隙配合。带齿轮的齿轮轴 2、3 和齿轮 11 是油泵中的运动零件,当齿轮 11 旋转时,通过键将旋转运动及力矩传递给齿轮轴 3,经过齿轮啮合传动带动齿轮轴 2 转动。

分析零件的结构形状时,首先要按标准件、常用件、简单零件、复杂零件的顺序将零件逐个从各视图中分离出来,然后再从分离出的零件投影中用形体分析法或线面分析法逐个读懂各零件的形状结构。图 2-54 中,首先根据标准件、常用件在装配图上的规定画法和简化画法等表达方法,把螺栓、螺母、螺钉、垫片、键等标准件以及齿轮轴、轴套等常用零件逐一从图中识出并分离出来,对这些零件不难读懂它们的形状。再将左端盖、泵体用形体分析法读懂,最后识读较复杂的右端盖。

3. 综合归纳,形成完整认识 通过上面分析,把已经了解了结构形状的各个零件,按其在机器或部件中的相对位置、装配关系、连接方式结合起来,即可想象出机器或部件的总体形状,如图 2-55 所示。在此基础上,综合尺寸、技术要求等有关资料,进行归纳总结,以形成或加深对机器或部件的认识。

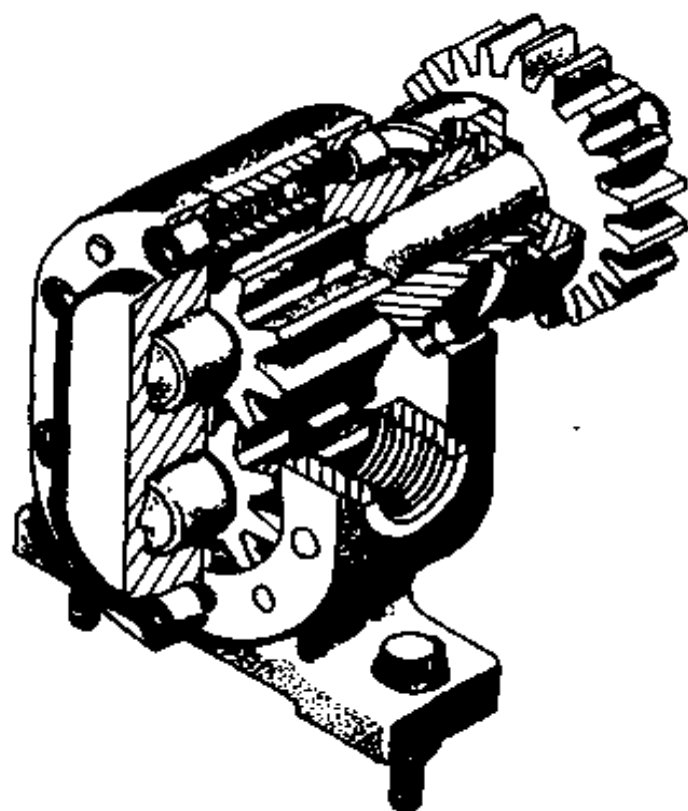


图 2-55 齿轮油泵装配轴测图

## 第三章 公差与配合

“优质或保质前提下高产低成本”始终是生产发展的方向。不同车间或厂家专业化协作生产零(部)件是获得高产低成本的有效手段。装配时当然希望,不论是哪个车间或哪个厂家生产的零件,随机拿来不经任何挑选或现场修配就能装上,装上后即能满足装配体的配合精度和使用功能要求。

为此,如规定各协作单位都按统一的标准或规范来加工零件,就可满足上述互换性要求,从而实现“保质、高产、低成本三者优化”的目的。

机械制造中通常所说的零件互换性,包括尺寸精度、形状精度、位置精度和表面粗糙度四项。

### 一、光滑圆柱结合的尺寸公差与配合

#### (一)基本术语和定义

1. 尺寸、偏差、公差 以图 3-1a 为例,设轴径为  $\phi 30_{-0.020}^{-0.041}$ ,孔径为  $\phi 30_{+0.007}^{+0.040}$ (图纸上标注的尺寸单位是 mm 时,单位可不标)。

$\phi 30$  表示设计给定,即图纸上标注的尺寸称为基本尺寸。轴、孔的基本尺寸通常分别以  $d$ 、 $D$  表示。孔、轴配合时,两者基本尺寸应相同,即  $D = d$ 。

$-0.020$ 、 $-0.041$  及  $+0.040$ 、 $+0.007$  分别表示轴径的上、下极限偏差(其代号为  $es$ 、 $ei$ )及孔径的上、下极限偏差(其

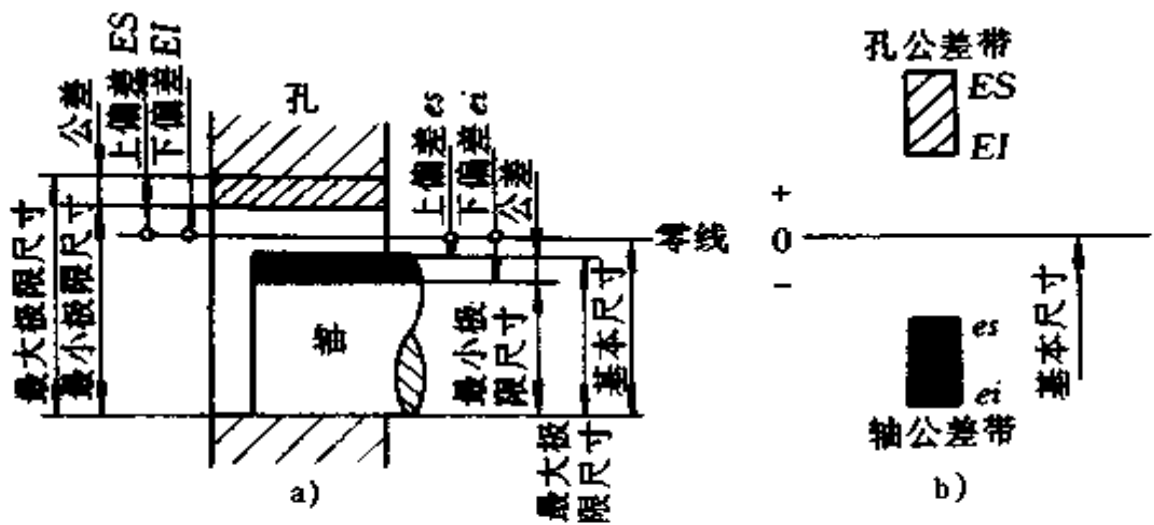


图 3-1 尺寸、偏差、公差

代号为  $ES$ 、 $EI$ )。意即加工后的轴径实际尺寸  $d_a$  不得上超最大极限尺寸  $d_{\max}$  ( $d_{\max} = d + es = 29.980$ ), 不得下越最小极限尺寸  $d_{\min}$  ( $d_{\min} = d + ei = 29.959$ ), 亦即  $d_a$  值落在  $29.980 \sim 29.959$  范围内才算合格; 加工后的孔径实际尺寸  $D_a$  不得上超最大极限尺寸  $D_{\max}$  ( $D_{\max} = D + ES = 30.040$ )、下越最小极限尺寸  $D_{\min}$  ( $D_{\min} = D + EI = 30.007$ ), 亦即  $D_a$  值落于  $30.040 \sim 30.007$  范围内才算合格。

实际上确定尺寸合格与否, 常以其实际偏差是否落在其上、下偏差范围内要方便得多。

孔与轴结合时, 孔是包容面, 孔径是包容尺寸; 轴是被包容面, 轴径是被包容尺寸。此定义亦可广义引伸到非圆柱结合的场所; 例如, 键与键槽结合时, 槽宽是包容尺寸, 通常记作  $L$  或  $B$ , 键宽是被包容尺寸, 通常记作  $l$  或  $b$ 。其它含义均与上同。

最大极限尺寸与最小极限尺寸之差, 亦即上、下偏差之差称为公差  $T$ 。因而上例中, 孔公差  $T_D = ES - EI = 0.040 -$



$0.007 = 0.033$ , 轴的公差  $T_d = es - ei = 0.021$ 。

应指出的是,不能混淆“偏差”与“公差”两者不同的定义和概念。偏差值有正有负,公差值是一绝对值,即正值。公差不存在负值,也不允许为零。偏差有正偏差、负偏差(或零偏差)之分,而公差决无负公差(或零公差)一说。

$T_D$  或  $T_d$ (统称为  $T$ )值分别表征了  $D_a$  或  $d_a$  值的允许变动范围。显然,  $T$  值越大,(尺寸)精度越低。

2. 零线与(尺寸)公差带图及配合 将孔或轴的基本尺寸作为零线,零线以上为“+”,以下为“-”,利用其上、下偏差值及由其相应确定的公差值可画出图 3-1b 的公差带图。利用公差带图来分析孔与轴的配合性质、松紧程度及配合精度,非常直观方便。

配合就是基本尺寸相同的孔、轴之间的结合关系,实质上表现在两者公差带位置关系上。配合分三类:

(1)从一批基本尺寸相同的孔件、轴件中若始终出现孔尺寸大于轴尺寸,此时将出现间隙  $X$ ,称作间隙配合,在公差带图上表现为孔公差带居于轴公差带之上(图 3-2a)。最大间隙  $X_{\max} = ES - ei$ ,最小间隙  $X_{\min} = EI - es$ 。

(2)若始终出现轴尺寸大于孔尺寸,此时将出现过盈  $Y$ ,称作过盈配合,在公差带图上表现为轴公差带居于孔公差带之上(图 3-2c)。最大过盈  $Y_{\max} = es - EI$ ,最小过盈  $Y_{\min} = ei - ES$ 。

(3)若时而出现间隙,时而出现过盈,取件前未能预料,一经取定结合后才能确定其是间隙配合或是过盈配合,此谓之过渡配合,在公差带图上表现为孔、轴公差带部分或全部重叠(图 3-2b)。此时出现的最大间隙  $X_{\max} = ES - ei$ ,最大过盈  $Y_{\max} = EI - es$ 。

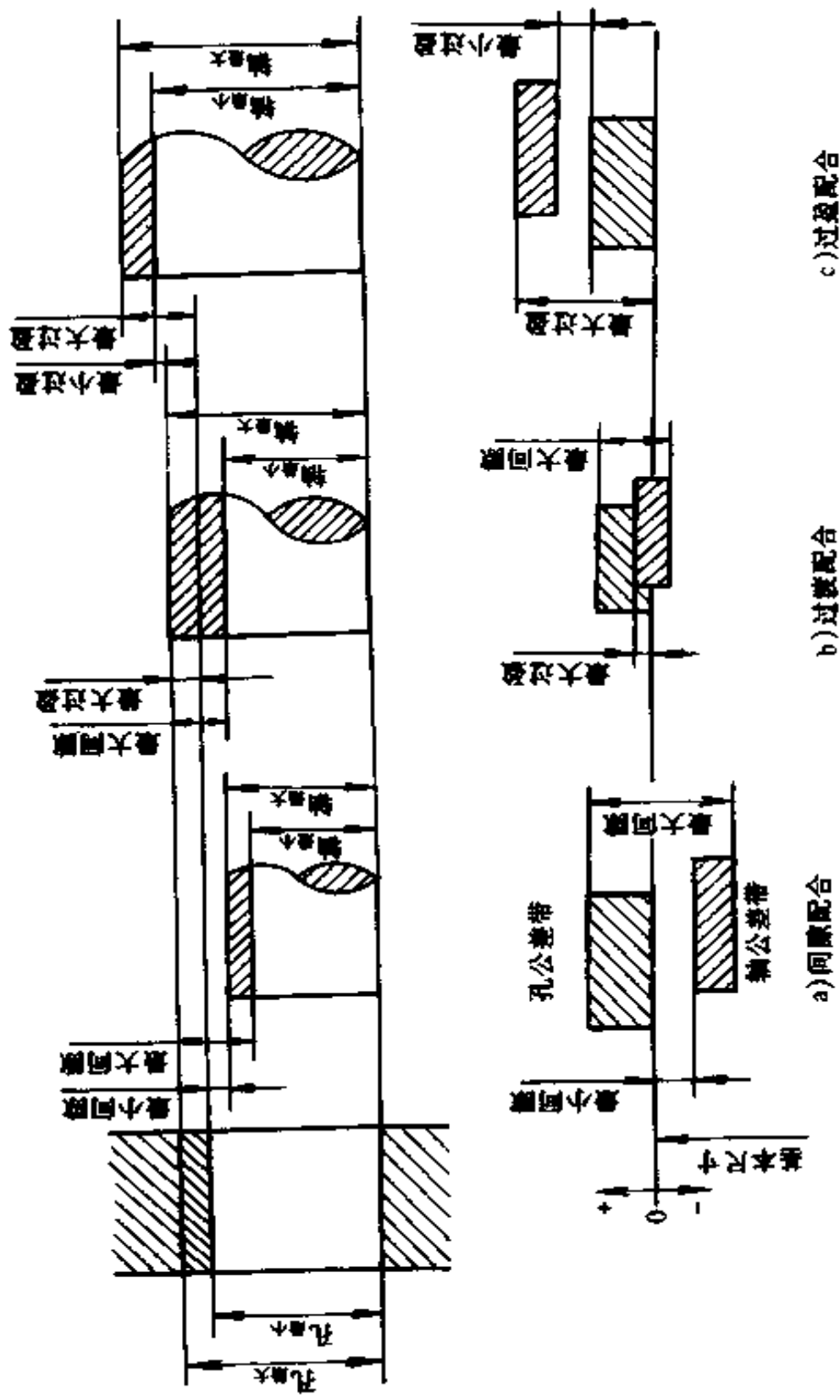


图 3-2 配合示意图

无论哪一种性质的配合,实际间隙值  $X_a$  或实际过盈值  $Y_a$  的变动范围称为间隙公差  $T_x$  或过盈公差  $T_y$ ,其值均等于孔、轴公差之和,即

$$T_x = T_y = T_D + T_d = T_f$$

其中  $T_x$ 、 $T_y$  统称配合公差,以  $T_f$  表之。

由公差带可直观地看出配合性质、配合松紧程度(轴公差带越上,孔公差带越下,配合越紧;反之,配合越松。又从  $T_f = T_D + T_d$  式得知,  $T_D$  或  $T_d$  越大,  $T_f$  越大,配合精度越低,此在图 3-2b 中亦可明显地看出。欲提高配合精度,必须减小孔和轴的公差。孔、轴公差带不同的相对位置决定了两者的配合性质及松紧程度。

3. 基孔制与基轴制 从上可知,改变孔、轴公差带的相对位置可得到不同性质的配合和松紧程度。

(1)基孔制即是孔的公差带确定,与不同位置的轴公差之间组合形成各种不同配合的一种制度(图 3-3a)。标准规定基准孔的下偏差为零,其代号为“H”。

(2)基轴制即是轴的公差带确定,与不同位置的孔公差带之间形成各种配合的一种制度(图 3-3b)。标准规定基准轴的上偏差为零,其代号为“h”。

## (二)标准公差系列

GB1800-1804-79《总论 标准公差与基本偏差》规定的标准公差系列值见表 3-1。

表 3-1 中,标准公差分为 IT01、IT0、IT1、IT2……IT18 共 20 个等级,公差值依次增大,精度依次降低。同一公差等级中,基本尺寸越大,标准公差值越大。

在机械制造中,IT5~IT8 属于高精度级。

表 3-1 标准公差数值

基本尺寸		公差等级																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
mm		$\mu\text{m}$																			
大于 至		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	1.60	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	4.0	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	300	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9

续表 3.1

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																			
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
630	800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	500	0.80	1.25	2.00	3.2	5.0	8.0	12.5
800	1000	5.5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	560	0.90	1.40	2.30	3.6	5.6	9.0	14.0
1000	1250	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.60	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.10	5.0	7.8	12.5	19.5
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	920	1.50	2.30	3.70	6.0	9.2	15.0	23.0
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.80	4.40	7.0	11.0	17.5	28.0
2500	3150	13	18	26	38	50	60	93	135	210	330	540	860	1350	2.10	3.30	5.40	8.60	13.5	21.0	33.0

注:基本尺寸小于1mm时,无IT14至IT18。

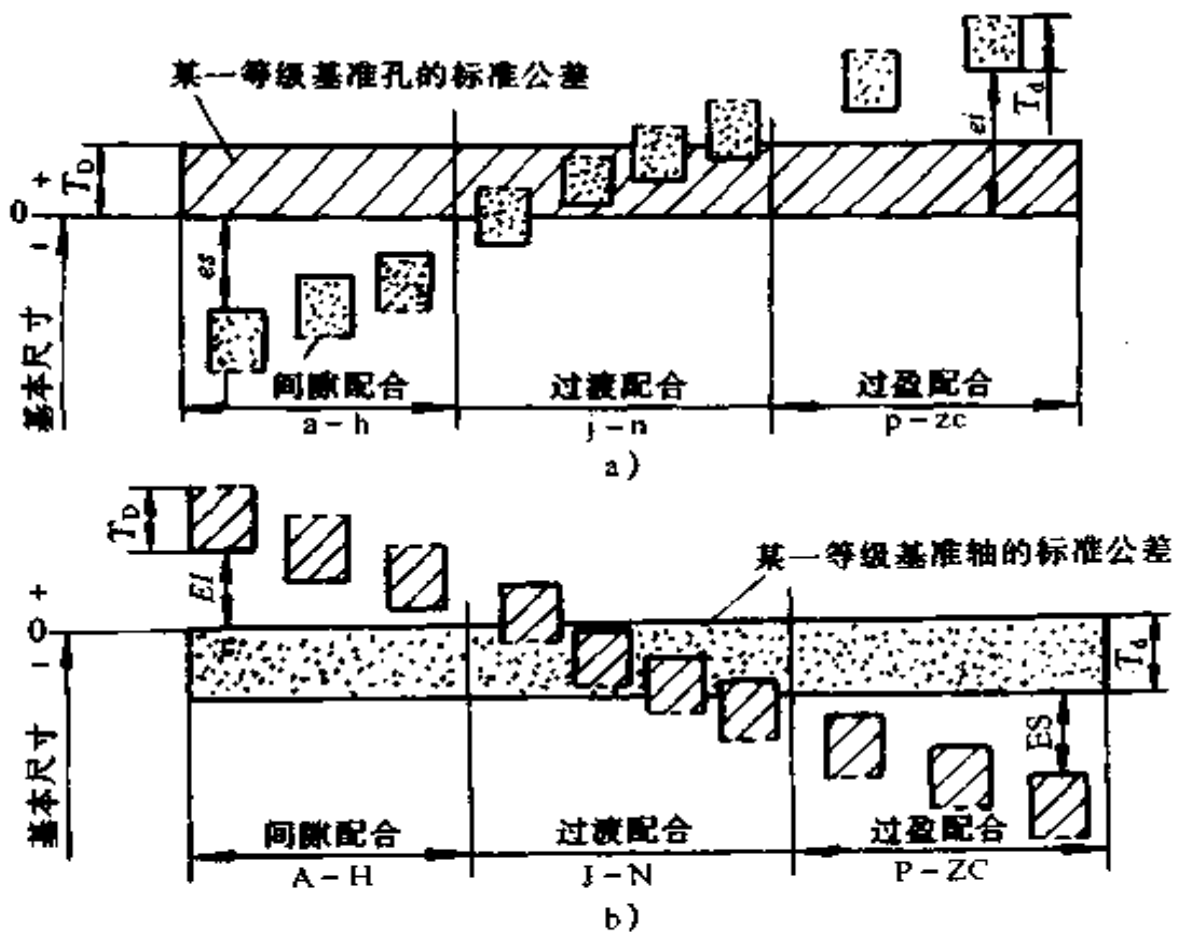


图 3-3 基孔制与基轴制公差带

### (三) 基本偏差系列

公差值一经选定,公差带的上、下偏差中只要给出其中的一个(称为基本偏差),另一个偏差即可按“ $ES(es) = EI(ei) + ITX$ ”式或“ $EI(ei) = ES(es) - ITX$ ”式算得。上、下偏差既定,公差带位置随之确定。从而标准公差系列和基本偏差系列就可共同组成并兑现了标准公差带的大小和位置系列。

基本偏差定义为上、下偏差中,靠近零线的那个偏差。

图 3-4 为孔、轴基本偏差系列。孔、轴各规定了 28 种基本偏差代号,孔用大写拉丁字母,轴用小写拉丁字母——对应表示。基本偏差值可从专门表上查得。由图可知:

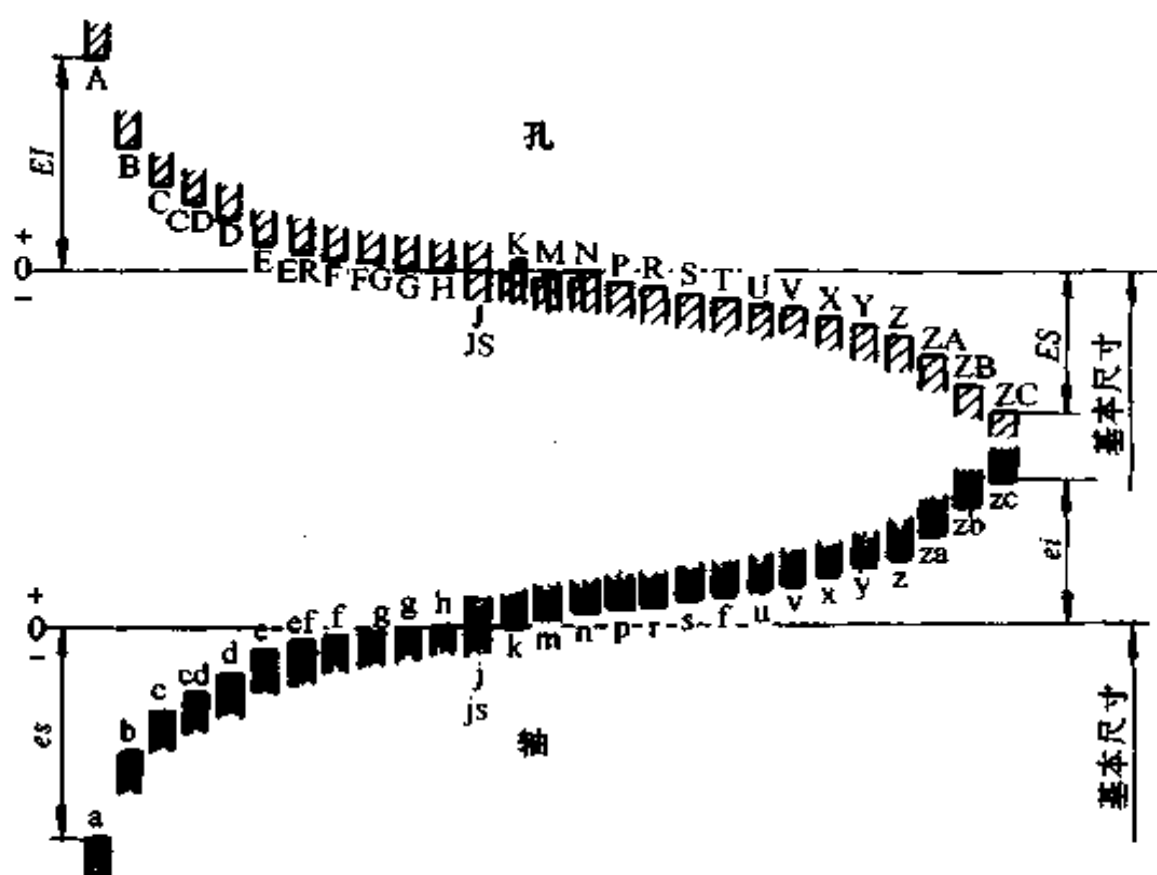


图 3-4 孔、轴基本偏差系列图

1. 轴的基本偏差 a 至 h 的基本偏差为上偏差  $es$ , 其值为“-”, 其绝对值依次渐减, 至 h 时  $es = 0$ ; js 的公差带对零线对称均布; j 至 zc 的基本偏差为下偏差  $ei$ , 自 k 至 zc 其值为“+”, 其绝对值依次渐增。

2. 孔的基本偏差 A 至 H 的基本偏差为下偏差  $EI$ , 其值为“+”, 其绝对值依次渐减, 至 H 时  $EI = 0$ ; JS 的公差带对零线对称均布; J 至 ZC 的基本偏差为上偏差  $ES$ , 自 K 至 ZC 值为“-”, 其绝对值依次渐增。

由于公差带位置可由基本偏差代号确定, 因此, 前面提到的基孔(轴)制定义可作如下改动: 基孔(轴)制即是孔(轴)以规定的基本偏差代号(孔为 H,  $EI = 0$ ; 轴为 h,  $es = 0$ )所形成

的公差带与不同基本偏差代号所形成的轴(孔)公差带组合形成各种不同配合的一种制度。分析孔、轴基本偏差代号的相对位置可知:

(1)基孔制基准孔 H 与轴 a~h 组合获得间隙配合;与轴 js~n、p 组合获得过渡配合;与轴 n、p~zc 组合获得过盈配合。轴自 a→zc 与基准孔 H 结合时,配合越来越紧。

(2)基轴制基准轴 h 与孔 A~H 组合获得间隙配合;与孔 JS~N、P 组合获得过渡配合;与孔 N、P~ZC 组合获得过盈配合。孔自 A~ZC 与基准轴 h 组合时,配合越来越紧。

在装配图上常见到的配合符号,如  $\phi 30H8/f7$  等,此符号说明该种配合的孔、轴基本尺寸均为 30(必须相同),分子 H8 表示孔采用 IT8 级公差等级,基本偏差代号为 H 的公差带;分母 f7 表示轴采用 IT7 级公差等级,基本偏差代号为 f 的公差带。该配合属于基孔制间隙配合。若配合符号为  $\phi 30F8/h7$ ,则该配合属于基轴制间隙配合。

#### (四)一般用途、常用和优先孔轴公差带及配合

根据 GB1800~1804-79 规定的 20 个公差等级标准及孔、轴各 28 种基本偏差,可组成大量大小和位置都不相同的孔、轴公差带。不同的孔、轴公差带又可组成种类更为繁多的配合。若这么多的孔、轴公差带及比这更多的配合种类全部投入使用,显然会给生产制造管理带来极大的麻烦,且也不必要。故在生产中有必要对孔、轴公差带及配合种类加以限制和筛选使用。

在国家标准中,对孔、轴分别规定了 105、119 个一般用途公差带,在其中,对孔、轴又分别筛选出了 44、59 个常用公差带,在此基础上又进一步筛选出孔、轴各 13 个优先采用的公差带(图 3-5 和图 3-6),方框内的是常用公差带,圆圈中的是优先公差带。



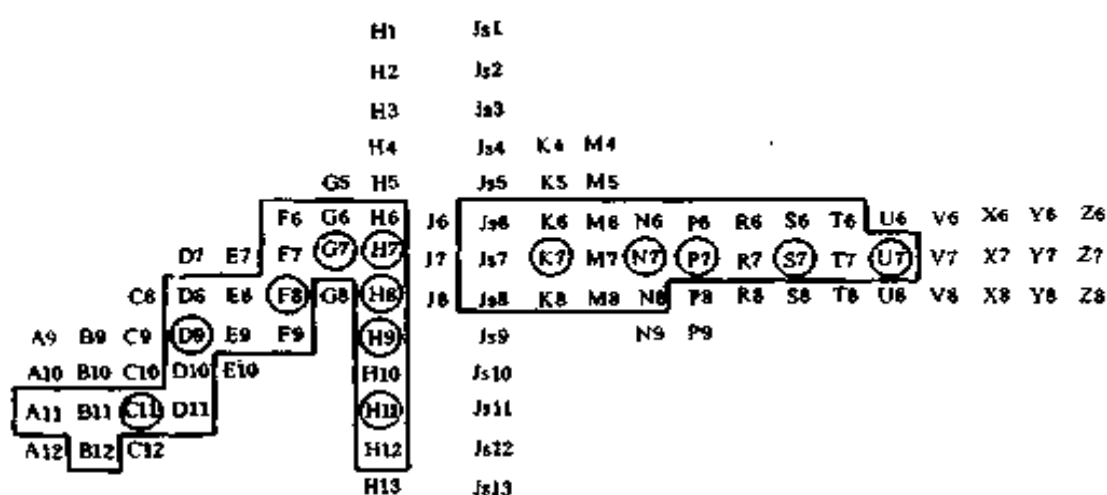


图 3-5 一般常用和优先的孔公差带

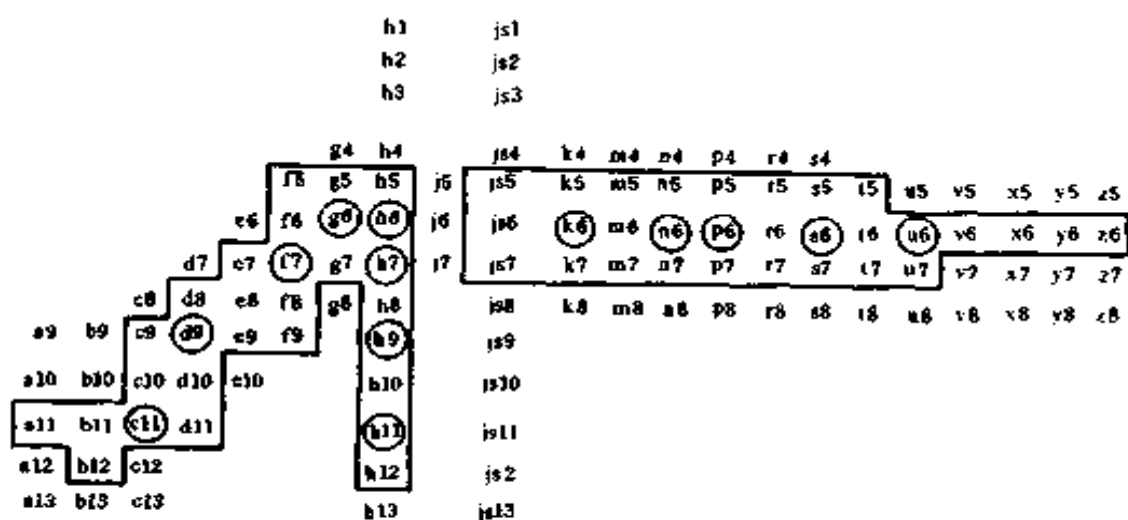


图 3-6 一般常用和优先采用的轴公差带

## 二、形位公差

经过加工完成的零件,实际所具有的形状,对其图纸上所给出的形状除尺寸存在误差以外,还不可避免地存在形状和位置误差(简称形位误差)。这个误差将直接影响零件或机器

的使用功能和寿命。为此,国家制定了评定零件几何形状和几何要素相对位置的标准——形状和位置公差(GB/T1182—1996及GB/T1184—1996,GB13319—91),对不同要求的零件作了相应的规定。

### (一)基本术语和定义

#### 1. 形状误差与公差

- (1)形状误差:指实际形状对理想形状的变动量。
- (2)理想形状:指图纸上给出的几何形状。
- (3)实际形状:指零件加工完后,实际所具有的形状。
- (4)形状公差:是实际形状对理想形状所允许的变动量。

#### 2. 位置误差与公差

- (1)位置误差:指实际位置对理想位置的变动量。
- (2)理想位置:指图纸上给出零件的两个或两个以上的几何要素(点、线、面)之间相对的几何位置。
- (3)实际位置:指零件加工完后,其上各几何要素实际所处的位置。
- (4)最小条件:指被测实际几何要素对其理想几何要素的最大变动量为最小。

(5)基准:理论上正确的几何要素的简称,如点、线、面等。它是确定各要素间几何关系的依据。基准可以是点、线或面。通常基准要素由设计者在图纸上标明。

(6)位置公差:是关联实际被测要素对于基准所允许的变动全量。其目的是为了限制关联实际被测要素的位置误差,以保证零件使用性能的要求。

3. 形状公差 形状公差包括直线度、平面度、圆度、圆柱度、线轮廓度、面轮廓度等六个项目。

- (1)直线度:表示零件直线的弯曲程度。包括圆柱体和圆

锥体的素线、回转体的轴线、棱线及平面上的任一素线。实际直线允许对理想直线的变动量称直线度公差。用来限制上述几种情况直线的误差。

(2)平面度:表示一个平面的不平整的程度。实际平面允许对理想平面的变动量称平面度公差。用来限制平面的形状误差。

(3)圆度:表示圆柱(圆锥)形轴或孔模剖面实际轮廓的不圆程度。实际圆允许对理想圆的变动量称圆度公差。用来限制圆柱(圆锥)形垂直轴线剖面的形状误差。

(4)圆柱度:表示圆柱上一定距离内两端同轴横剖面上半径相差的程度。实际圆柱面允许对理想圆柱面的变动量称圆柱度公差。用来限制圆柱面的轴向剖面和横剖面的形状误差的综合指标。

(5)线轮廓度:表示零件表面上实际轮廓线与理想轮廓线等距程度。实际轮廓线允许对理想轮廓线的变动区域称线轮廓度公差。用来限制轮廓曲线的形状误差。

(6)面轮廓度:表示实际轮廓面与理想轮廓面之间等距程度。实际轮廓面允许对理想轮廓面的变动量。用来限制轮廓曲面的形状误差。

4. 位置公差 位置公差分为定向公差、定位公差、跳动公差三类。它们的共同特点是被测要素是关联要素,其公差带的方向和位置由基准确定,所以在进行测量时要同时考虑与之相关联的基准要素。

(1)定向公差是关联实际要素对基准要素在方向上的允许变动量。它包括平行度、垂直度、倾斜度三项。

①平行度:表示两个或两个以上相互平行的要素(直线、轴心、平面)间的平行程度。平行度公差,是指实际要素允许

对平行基准要素之间在给定方向的变动量。是用来限制被测实际要素相对基准要素在平行方向的误差。

②垂直度:表示两个相关联要素(如两个平面、轴心线与平面、两条轴心线)间所形成的实际角度与直角( $90^\circ$ )之差。垂直度公差,是指被测实际要素允许对基准要素在垂直方向的变动量。用来限制被测要素相对基准要素在垂直方向的误差。

③倾斜度:表示实际被测要素(面、直线、轴心线)与基准要素(平面、直线、轴心线)之间形成 $<90^\circ$ 的角度与理想角度之差。倾斜度公差是指实际要素方向允许对基准要素方向的变动量。是用来限制被测实际要素相对基准要素在 $<90^\circ$ 范围内一般角度方向的误差。

(2)定位公差是相关联的实际要素相对基准要素在位置上允许的变动量。它包括同轴度、对称度、位置度三项。

①同轴度:表示同一轴心线上两个回转体(圆柱、圆锥或圆柱与圆锥)的实际轴心线产生相互偏移程度。同轴度公差是指实际轴心线对理想轴心线的允许变动量。它是用来限制被测轴心线与基准轴心线的同轴性误差。

②对称度:表示实际表面的对称中心要素,与基准对称中心要素的相互偏移程度。对称度公差,是指实际要素对称中心对基准对称中心要素的允许变动量。它是用来控制被测实际要素对称中心,与基准对称中心的对中性误差。

③位置度:表示实际的点、线、面位置,相对于理想位置的偏移程度。位置度公差是指实际要素(点、线、面)的位置,对理想要素位置的最大允许变动量。它是用来控制被测实际要素对基准要素的位置误差,多用于控制孔的轴线在任意方向上的位置变动。

(3)跳动公差是以测量方法为特征的一种几何公差。它是把被测要素绕其基准轴线作无轴向移动旋转时,用指示器(一般为百分表)测量被测要素相对于基准轴线的跳动量。它具有一定的综合控制功能,能将某些形状误差与位置误差综合在跳动量中反映出来,同时此法简单实用,在生产中应用较为广泛。

①圆跳动(或单跳动)又可分为径向跳动、端面跳动和一般方向跳动(斜跳动)三种。

圆跳动表示被测形体绕基准轴作无轴向移动回转一周时,指示器在给定方向上读得的变动数值。最大与最小数值之差称最大跳动量。

圆跳动公差,指被测实际要素绕基准轴线作无轴向移动旋转一周时,在限定为测量面内,所允许的最大跳动量。

端面跳动是在垂直于基准轴线的任一平面内测量;径向跳动是在与基准轴线同轴的任一直径位置圆柱面上测量;斜跳动是在与基准轴线同轴的任一圆锥面上测量。

②全跳动(包括径向全跳动、端面全跳动)是指被测形体绕基准轴线作无轴向移动的连续回转,同时指示器(百分表)作平行于(径向全跳动)或垂直于(端面全跳动)基准轴线移动,在整个被测形体表面上测得其跳动的方法。在整个被测表面上所允许的最大跳动量,为全跳动公差。

## (二)形位公差符号及标准方法

1. 形位公差的项目符号及代号 按国家标准规定,形位公差共 14 个项目,其中形状公差 6 项,位置公差 8 项。形位公差符号及其它有关符号见表 3-2。

按 GB1182-1996 规定,形位公差应采用代号标注。当无法采用代号标注时,也允许在技术条件中用文字说明。

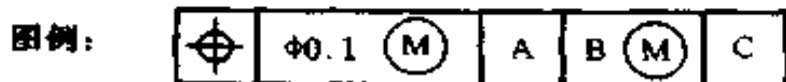
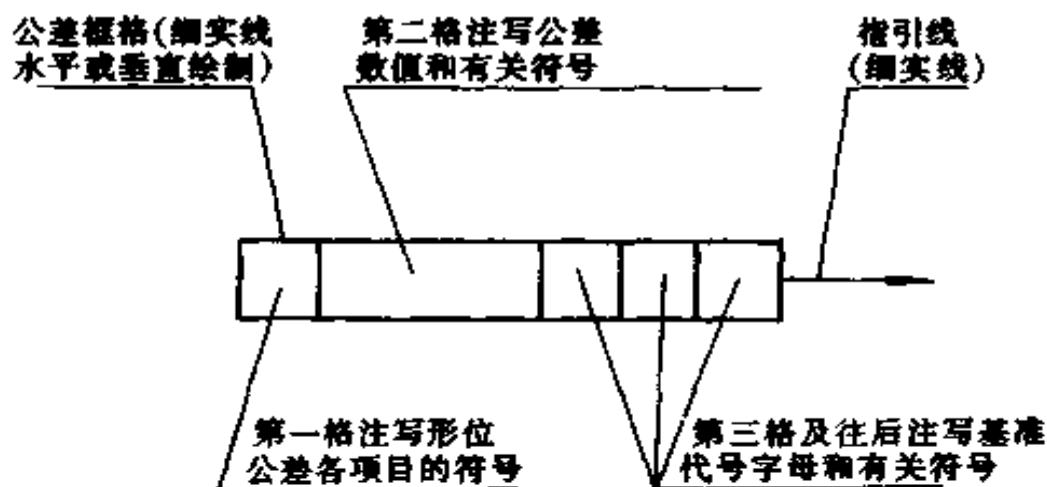
表 3-2 形位公差符号及其他有关符号

分类	项目	符号	分类	项目	符号	名称	符号
形状公差	直线度	—	位置公差	平行度	//	基准符号, 基准代号	
	平面度			垂直度	⊥	基准目标	
	圆度	○		倾斜度		最大实体原则	
	圆柱度			同轴度		包容原则	
	圆锥度			对称度		延伸公差带	
	圆球度			位置度		理论正确尺寸	
			跳动				
			圆跳动		其它符号	只许凸出	
			全跳动			只许凹下	
						只许小端方向减少	

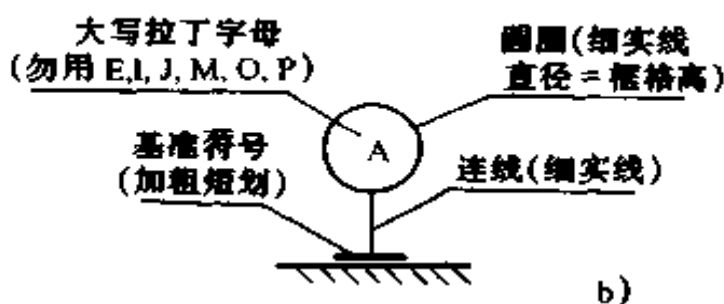
形位公差代号和基准代号由四个方面内容组成, 如图 3-7 所示。

2. 形位公差的标注方法 采用框格标注法。框格可分成两格至五格, 从左到右依次为第一至第五格。框格应水平或垂直绘制。水平绘制时(参见图 3-7), 框格内各有关内容自左至右填写。第一格应填写形位公差项目的符号(参见表 3-2); 第二格填写公差值, 并可根据需要填写各种其它符号。若无附加说明, 则公差值是整个被测范围内的形位误差最大允许值。

形位公差标注示例见表 3-3。

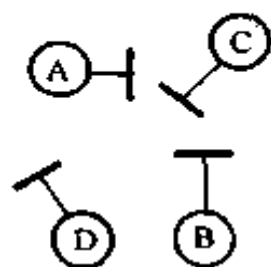


a)

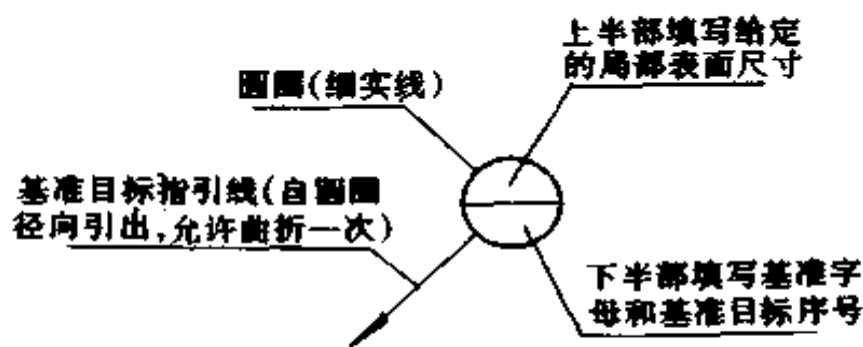


b)

字母应水平书写



示例



c)

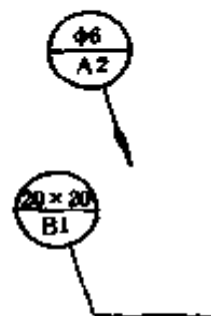
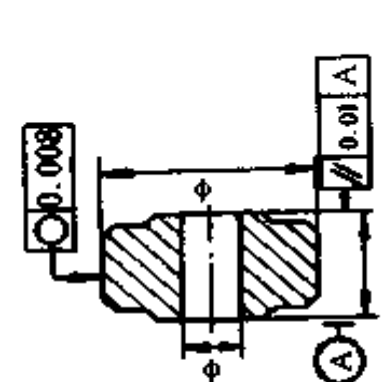
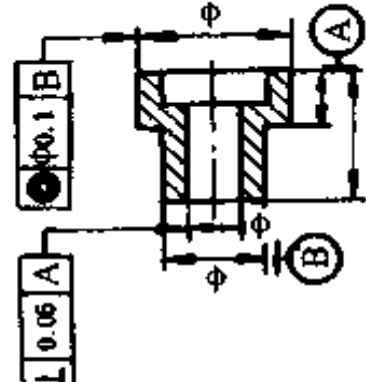


图 3-7 形位公差代号和基准代号

a)形位公差代号 b)基准代号 c)基准项目代号

表 3-3 形位公差标注示例

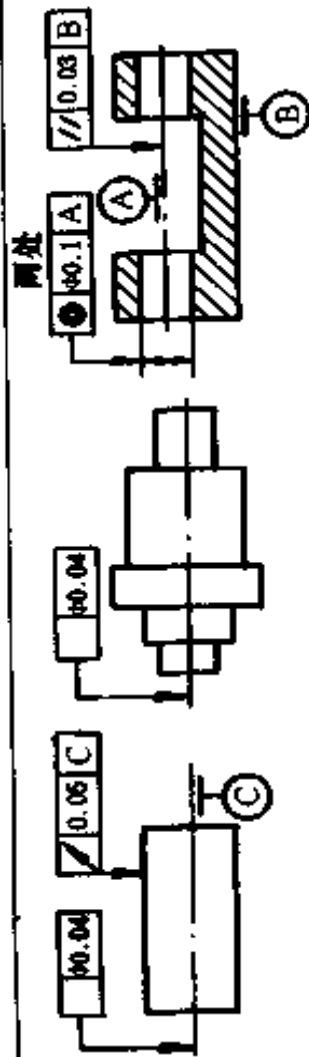
标 注 示 例	说 明
	<p>当被测(或基准)部位为线或表面时,指引线的箭头应垂直于被测部位轮廓线或其引出线,基准符号应平行于基准部位轮廓线或其引出线,并应明显地与尺寸线错开</p>
	<p>当被测(或基准)部位为轴线、球心、中心平面时,指引线的箭头(基准代号的连线)应与该要素的尺寸线对齐</p>



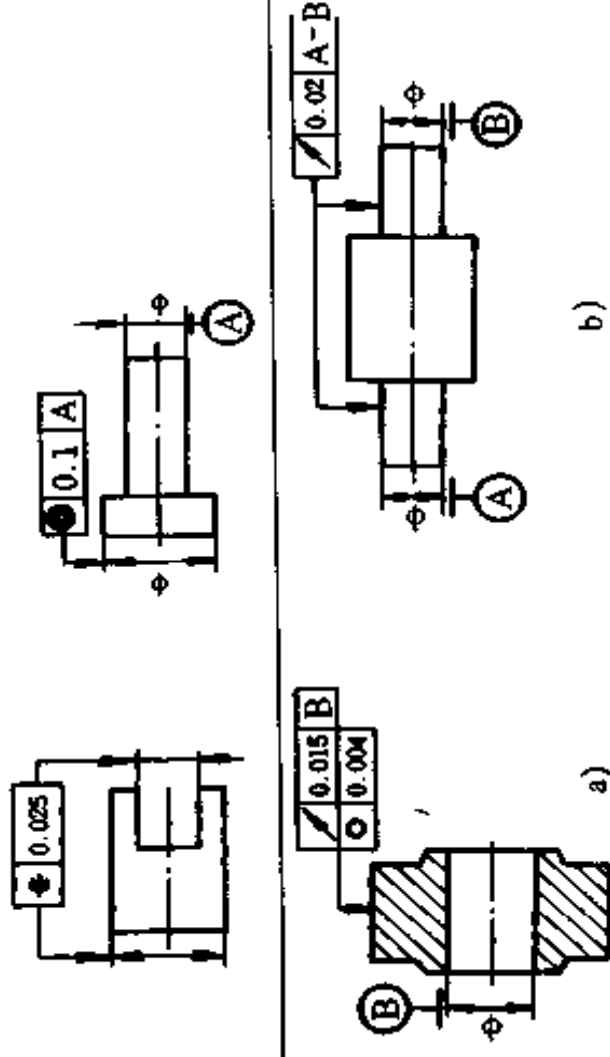
续表 3-3

标注示例

说明



当被测(或基准)部位属于整体轴线时,指引线的箭头可以直接指到轴线上,短划可直接靠近公共轴线



当指引箭头或基准符号与尺寸线箭头重叠时,该箭头可省略

当同一部位有多项形位公差要求时,可采用框格并列注法,如图 a  
当几个被测部位有相同形位公差要求时,可以在框格指引线上绘制多个箭头,如图 b

续表 3-3

标 注 示 例	说 明
<p>图 a</p>	<p>属于被测部位数量的说明,写在框格上方,如图 a</p> <p>属于解释性的说明,写在框格的下方,如图 b</p>
<p>图 b</p>	<p>如需给出被测部位任一长度(或范围)的公差值时,其注法如图 a 所示。如同时还需给出全长(或整个被测要素)的公差值时,其注法如图 b 所示,其分子表示被测部位全长(或整个要素)的公差值,分母表示被测部位给定长度(或范围)的公差值</p>
	<p>对形位公差有附加要求时,应在框格内的公差数值后面加注有关的符号:</p> <p>(+) 只许中间部分向材料外凸起</p> <p>(-) 只许中间部分向材料内凹入</p> <p>(▷) 只许按符号尖端所指方向缩小</p> <p>(◁)</p>

### 三、表面粗糙度

经机械加工后工件表面看起来很光滑平整,但由于机床的振动、切屑分离时材料的塑性变形等原因,总会留下刀刃或磨轮的加工痕迹。在显微镜下可以看到这些痕迹都是由许多微小高低不平的谷峰组成。

国标 GB/T1031 - 1995 规定,表面粗糙度就是指加工表面具有较小间距和谷峰所组成的微观几何形状特性,即表面的微观不平度(按相邻两波的峰或谷间距在 1mm 以下)。表面粗糙度较确切地反映了工件表面微观几何形状的概念,它是指表面粗糙不平的程度。

表面粗糙度对机械零件的配合性质、耐磨性、抗腐蚀性都有着密切的关系,它影响到机器的可靠性和使用寿命。因此,表面粗糙度是衡量机器和机械零件质量的重要指标之一。

#### (一)有关术语和评定参数

国标规定,采用中线制评定表面粗糙度。评定表面粗糙度的参数从轮廓算术偏差  $R_a$ 、微观不平度十点高度  $R_z$ 、轮廓最大高度  $R_y$  三项中选取。推荐优先选用  $R_a$ 。

1. 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。其数值在评定时按表面要求在规定系列中选用其中一个值。

2. 评定长度  $l_n$  评定轮廓所必须的一段表面长,它包括一个或几个取样长度。评定长度的长短主要是考虑到加工表面的不均匀程度和保证测量结果能客观地反映被测表面的粗糙度特征。一般情况下,  $l_n = 5l$ , 如被测表面均匀性较好,可选用  $l_n < 5l$ , 均匀性较差表面可选用  $l_n > 5l$  的评定长度。

3. 轮廓算术平均偏差  $R_a$ 。在取样长度  $l$  内轮廓偏离绝对值的算术平均值。 $R_a$  参数概念较直观,易于理解,并在仪器上进行处理运算较简单,被普遍采用。如图 3-8 所示。

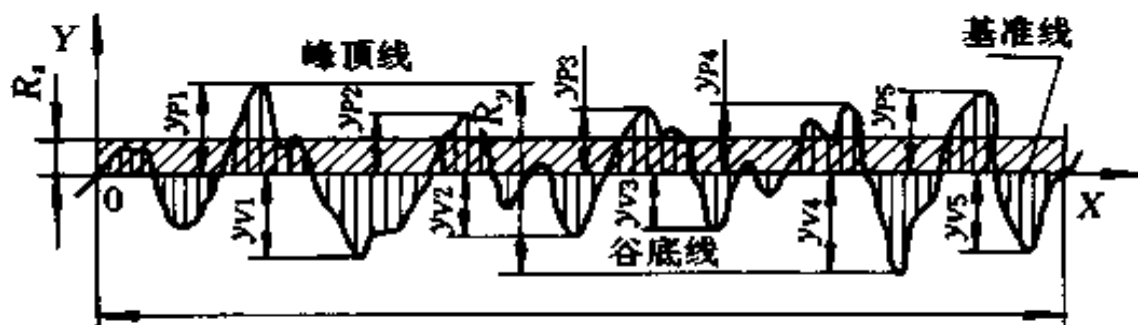


图 3-8 表面微观几何形状误差

4. 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。 $R_z$  参数概念较严密直观,易在仪器上测得,但只考虑峰高和谷深的几个点,反映出的表面有局限。 $R_z$  也是用得较多的一个参数。

5. 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。 $R_y$  参数对某些表面不允许出现较深的加工痕迹和小零件表面有其实用意义,并且测量计算比较简单。

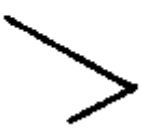




关于  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_y$  三个参数的详细计算可查国家有关标准。

## (二) 表面粗糙度的标注

1. 表面粗糙度符号、代号 (GB/T 131 - 93) 图样上表示零件表面粗糙度的符号见表 3-4。

表面粗糙度数值及其有关的规定在符号中注写的位置如图 3-9 所示。

表 3-4 表面粗糙度符号、代号

符 号	意义及说明
	<p>基本符号,表示表面可用任何方法获得。当不加注粗糙度参数值或有关说明(例如:表面处理、局部热处理状况等)时,仅适用于简化代号标注</p>
	<p>基本符号加一短划,表示表面是用去除材料的方法获得。例如:车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等</p>
	<p>基本符号加一小圆,表示表面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)</p>
	<p>在上述三个符号的长边上均可加一横线,用于标注有关参数和说明</p>
	<p>在上述三个符号上均可加一小圆,表示所有表面具有相同的表面粗糙度要求</p>

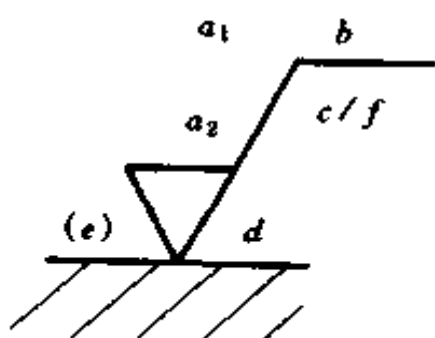


图 3-9 表面粗糙度标注位置

- 图中  $a_1$ 、 $a_2$ ——粗糙度高度参数代号及其数值(单位为  $\mu\text{m}$ );
- $b$ ——加工要求、镀覆、涂覆、表面处理或其它说明等;
- $c$ ——取样长度(单位为  $\text{mm}$ )或波纹度(单位为  $\mu\text{m}$ );
- $d$ ——加工纹理方向符号;
- $e$ ——加工余量(单位为  $\text{mm}$ );
- $f$ ——粗糙度间距参数值(单位为  $\text{mm}$ )或轮廓支承长度率。

2. 表面粗糙度在图纸上的标注方法 表面粗糙度的标注应符合 GB/T 131 - 93《机械制图表面粗糙度符号、代号及其注法》。在图样所标注的表面粗糙度符号、代号是该表面完工后的要求。其标注方法可查阅 GB/T 131 - 93 规定。

## 第四章 常用计量器具

### 一、测量误差

由于计量器具、测量方法、人员素质等众多原因,造成测量结果不可避免地存在着误差。因此,任何测量结果都不是被测值的真值。但是,通过分析误差的规律、种类和原因,可以采取**措施减小测量误差**。测量误差按其性质的不同可分为**系统误差、随机误差和过失误差**三大类。

#### (一) 系统误差

在同一条件下对同一个量多次重复测量时,其误差值的正、负号始终保持不变;或者当条件改变时,其误差按一定的规律变化,这类误差称作**系统误差**。前者称**常值性系统误差**,后者称**变值性系统误差**。系统误差可以通过分析和计算得出其数值和符号的正或负,然后对测量结果加入相应的值进行修正,以消除或减小其影响。

#### (二) 随机误差

在同一条件下对同一个量多次重复测量时,其误差的大小和符号没有规律,这种误差称为**随机误差**。随机误差没有规律,无法修正,在足够多的重复测量中,出现正负误差的概率大致相同。因此,可用增加测量次数而取其平均值的方法使其正、负误差相互抵消。这样就可以减小随机误差对测量

结果的影响。

### (三) 过失误差

过失误差,又称反常误差或粗大误差。由于使用了不合格的计量器具、操作错误或读数错误等人为的主观失误;或者由于外界特殊原因(如严重的冲击、振动等)所引起的个别较大误差,称为过失误差或粗大误差。这种误差只能通过把多次测量结果进行分析比较才能发现,而后将其去除。

### (四) 减小测量误差的方法

1. 减小测量器具本身的误差 应正确选择测量器具的灵敏度、量程范围,并定期校准及正确保养,保持器具有良好的使用状态和技术性能。

2. 减小因环境条件引起的测量误差 测量的标准温度是 $20^{\circ}\text{C}$ 。计量器具的标称尺寸及工件尺寸都是指标准温度下的尺寸。当偏离标准温度较多及工件热胀冷缩性较大时,必须考虑温度的影响。对于高精密度测量时,除温度外,还应考虑湿度、气压和振动等因素的影响。

3. 减小测量力及测量方法造成的误差 测量力过大会造成工件、测量器具的变形;测量力过小又会造成测量器具与工件被测面接触不良。这些均能引起测量误差,应该引起注意,其对高精度的测量影响甚大。另外,应合理选择测量基准和测点。

4. 减小人为主观因素造成的误差 操作人员必须熟悉计量器具的使用方法,认真检查所用器具是否合格,消除被测面的毛刺,操作时精神集中,认真负责,尽量避免操作、读数、计算等方面的失误。



## 二、常用量具、量仪

计量器具按用途可分为通用量具、专用量具和标准量具。标准量具,主要用于校验计量器具。通用量具在生产测量中应用最为广泛,下面介绍几种通用的测量器具。

### (一) 卡钳

卡钳本身并不能直接测出工件尺寸,常用来控制工件尺寸或作为在工件与量仪之间移取尺寸的用具。卡钳分为内卡钳和外卡钳两种,分别用于卡取内表面及外表面尺寸,内、外卡钳的使用场合为:

1. 测量工件尺寸 调节两个钳口的间距,使两个钳口同时与两个被测面接触,那么钳口间距就等于被测尺寸,称为量尺寸;而后,将钳口间距与量具比较(如与钢板尺、卡尺等)才能读出具体的尺寸,称为读尺寸。图 4-1 是用外、内卡钳量得尺寸后,通过与钢板尺或卡尺比较来读取尺寸。

2. 控制工作尺寸 通过量具(钢尺、卡尺等)把钳口之间的开距调整到图样所要求的尺寸;称为取尺寸;或者直接从已加工好的合格零件上的相应位置调整好钳口开距,称为卡实物,这样也相当于取尺寸。然后,用调整好钳口开距的卡钳来检验加工中的零件,当工件的大小与钳口开度一致时,工件的尺寸就符合要求了。用卡钳控制工件尺寸的应用示意图,如图 4-2 所示。

3. 预测零件装配时的松紧度 用内外卡钳分别卡取两个互相配合表面的尺寸,也就是调整钳口开度与配合表面尺寸一致。通过内、外卡钳口的相互校对来预测装配时的松紧度,若两个钳口相处较紧时,装配时就较松;反之,则装配时就较紧。

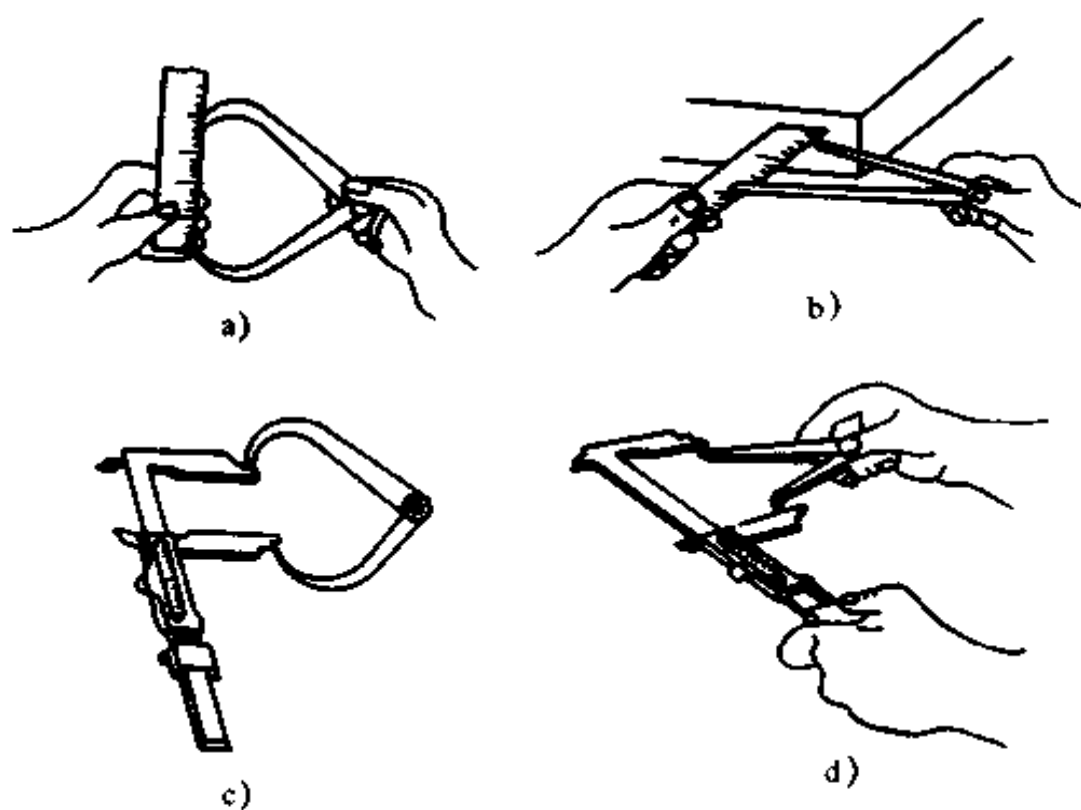


图 4-1 利用钢板尺、卡尺读尺寸

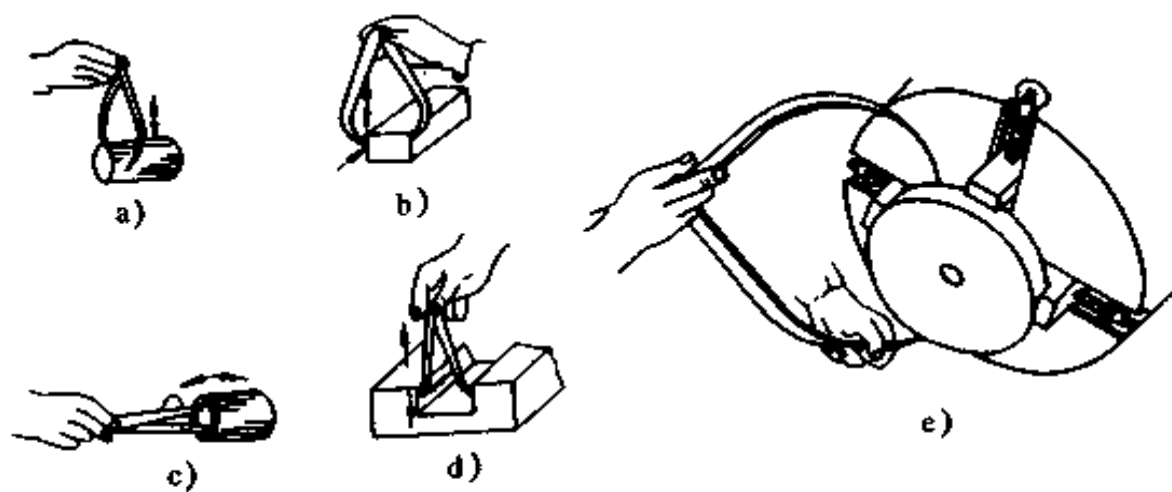


图 4-2 用外、内卡钳控制工件尺寸示意图

## (二) 游标卡尺

1. 游标卡尺的用途和构造 游标卡尺是一种长度量仪,可以用来测量内外直线尺寸、深度和高度尺寸。其原理是利用两平行尺上刻度间的微小差别来读出比较精确的尺寸。游标卡尺具有结构简单、使用方便等优点;但其没有测力装置,测量力的大小全靠手感来掌握,且量爪易磨损、变形等。因此,游标卡尺一般只适用于测量精度要求不高的尺寸。三用游标卡尺的外形如图 4-3 所示。这种卡尺既可卡量外尺寸

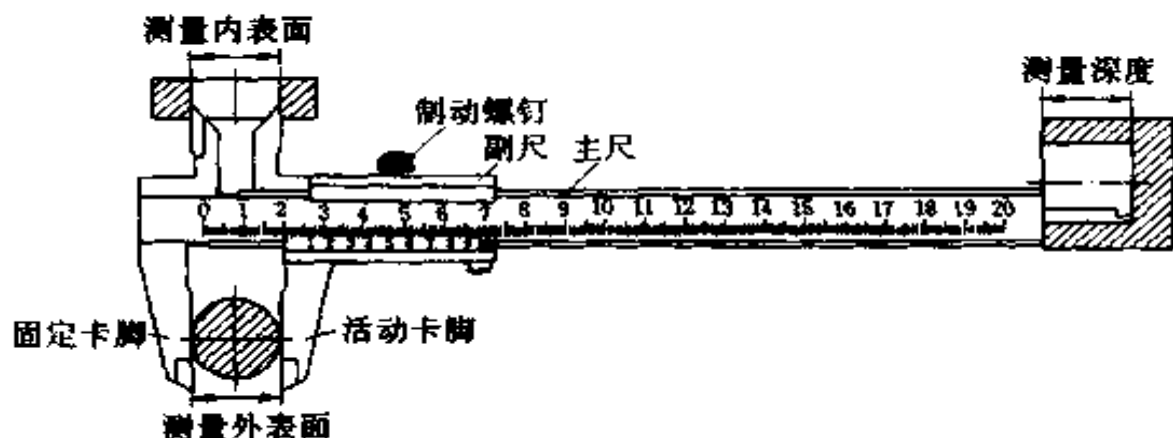


图 4-3 三用游标卡尺的结构示意图

(如轴径、长度等),又可卡量内尺寸(如孔径、槽宽等),还可测量深度方向(高度方向)的尺寸(如槽深等)。不带深度量尺,称为两用游标卡尺。另外,还有专用深度游标卡尺、专用高度游标卡尺、轮齿厚测量卡尺及电子数显卡尺等多种类型的游标卡尺。

2. 游标卡尺的读数方法 利用游标能读出的最小尺寸称为游标读数值(称为卡尺精度)。游标卡尺的游标读数值有 0.1、0.05 和 0.02mm 三种,标在尺框上。测量时的读数方法为:

(1) 读出整数部分“mm”数。读出游标零线所在尺身多

少“mm”后面,如游标零线在主尺 15mm 后面,则整数部分的读数即为 15mm。

(2) 读出小数部分“mm”数。读出游标上那一条与尺身上的刻线(任意刻线)对齐的刻线(注意游标零刻线不算),这条刻线所代表的即为小数部分的“mm”数,具体为:

小数部分的读数 = 与尺身对齐的那条游标刻线的序数  $\times$  读数值。

如与尺身对得最齐的游标刻线的序数为 8,卡尺的游标读数是 0.02,则小数部分的读数 =  $8 \times 0.02 = 0.16\text{mm}$ 。

另外,也可按下面的方法:

小数部分的读数等于在与尺身对得最齐的那条游标刻线下的数字前加上小数点。

如与尺身对得最齐的游标刻线(刻度)是 12,则小数部分的读数是 0.12mm。

(3) 计算测量结果,测量结果 = 整数部分 + 小数部分 + 该卡尺零位误差

其中零位误差可能为正或负或零。

### 3. 游标卡尺的使用方法

(1) 使用前的检查。尺框在尺身上移动应当平稳灵活,尺框与尺身不能有明显的晃动;量爪并拢时,量爪的测量面不应该有明显的漏光。否则,说明量爪已磨损不平或变形,会引起较大的测量误差。

(2) 使用前校对零位。把卡尺量爪反复并拢几次,每次并拢后游标与尺身的零线都应对齐。如果并拢时零位对不齐,并且每次并拢零线位置都不相同时,这样的卡尺不能再用。如果并拢时零位对不齐,但是,各次并拢时零线的位置都相同,可以用于不精确的测量。但此时必须对读数结果进行

零位误差修正,其方法是:读数 + 零位误差 = 被测尺寸。当量爪并拢时,游标零线在尺身零线之前时,零位误差为“正”。否则为“负”。

(3) 测量操作:

①正确握尺,如图 4-4,所示。小卡尺一般单手握尺,大卡尺要用双手握尺。

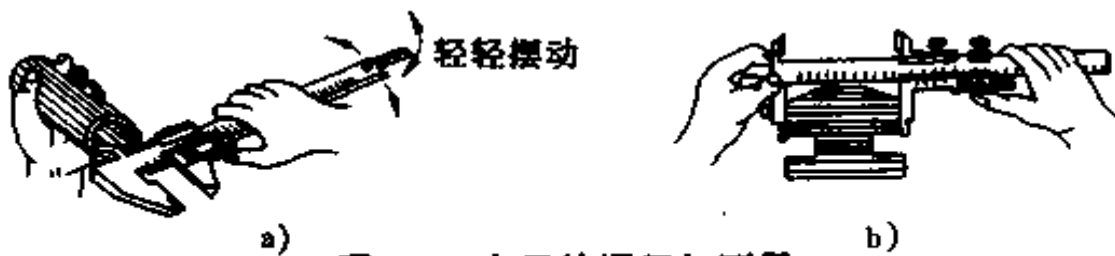


图 4-4 卡尺的握尺与测量

②正确接触被测位置,如图 4-5 所示。图中实线量爪表示接触部位正确,虚线量爪表示接触部位错误。

③正确进尺,进尺测量进行时,不许把量爪挤上工件,应预先把量爪间距调整到稍大于(测量外尺寸时)或小于(测量内尺寸时)被测尺寸,量爪放入测量部位后,轻轻推动游标,使量爪轻松接触测量面,如图 4-6 所示。

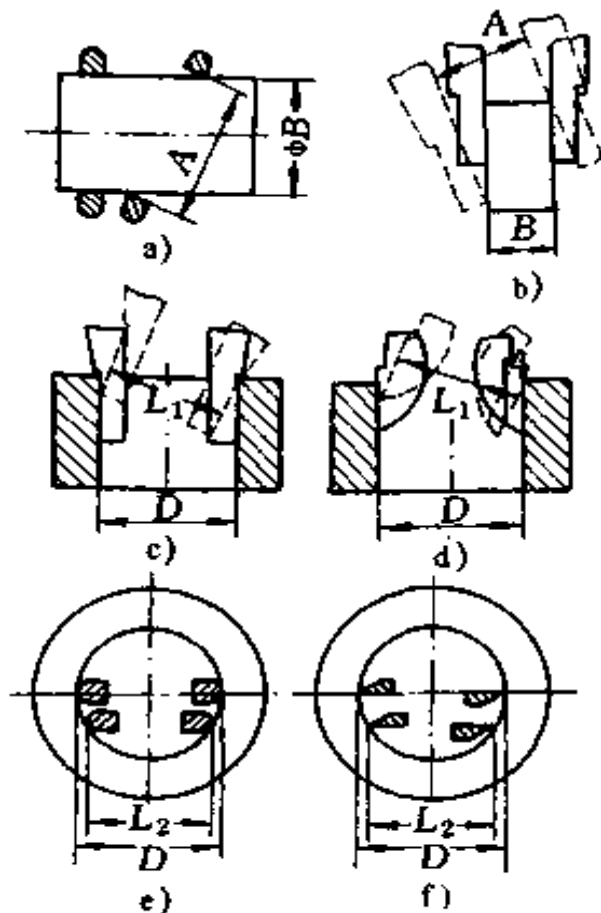


图 4-5 卡尺测量中的接触部位

(三) 深度及高度游标卡尺

1. 深度游标卡尺 图 4-7 所示,为深度游标卡尺,常用于测量孔、槽的深度、台阶高度及轴肩长度等,其工作原理与游标卡尺基本相同。它是靠尺框 2 的测量面与尺身 1 的测量面之间的相对位置变化来测量的。它的测量范围有 0~200mm、0~300mm、0~500mm 三种,分度值有 0.02mm、0.05mm 和 0.10mm 三种。

2. 高度游标卡尺 图 4-8 所示为高度游标卡尺。它可用于测量工件表面的相对高度和精密划线。图中 3 为划线爪,测量时应换成测量爪。其测量原理与深度游标尺相同,测量范围有 0~200mm、0~300mm、0~500mm 和 0~1000mm 四种,分度值有 0.02mm、0.05mm 和 0.10mm 三种。

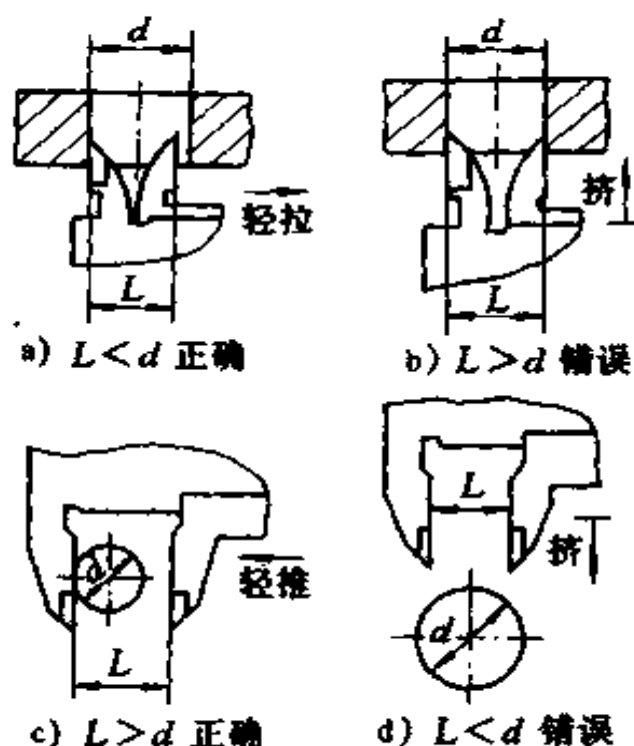


图 4-6 卡尺测量时的进尺方法

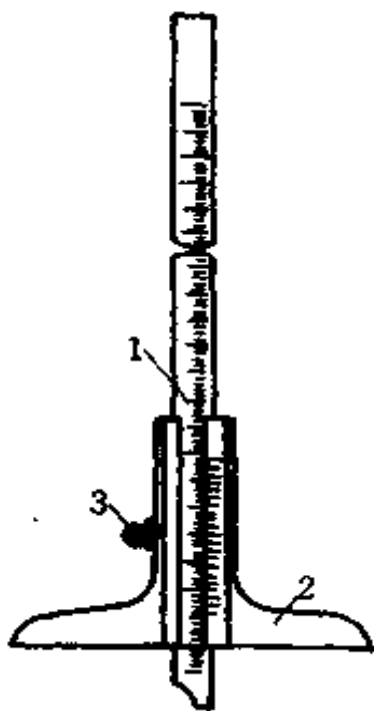


图 4-7 深度游标卡尺  
结构示意图

1. 尺身 2. 尺框 3. 紧固螺钉

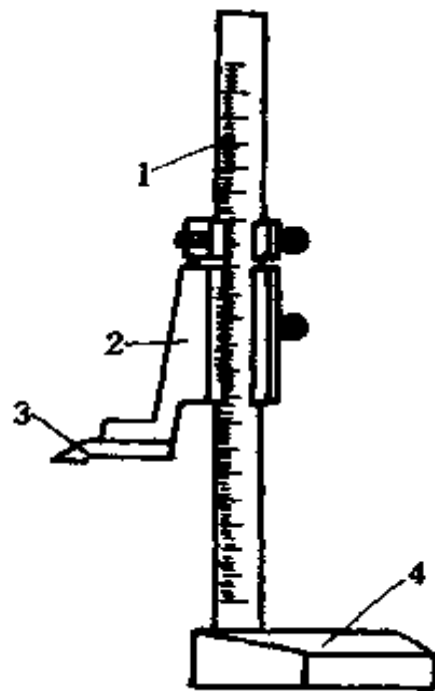


图 4-8 高度游标卡  
尺结构示意图

1. 尺身 2. 尺框 3. 测量爪或划  
线爪 4. 尺座

### 三、常用精密量具、量仪

#### (一) 外径千分尺

千分尺又叫百分尺,有多种类型。它比游标卡尺精度高,是一种精密量具。外径千分尺如图 4-9 所示,用于测量外尺寸。其主要由弓形尺架 1、固定测砧 2、活动测砧 3、锁紧扭 4、测力转帽 5、微分筒 6、固定套筒 7 和绝热垫 8 组成。

外径千分尺使用方法:

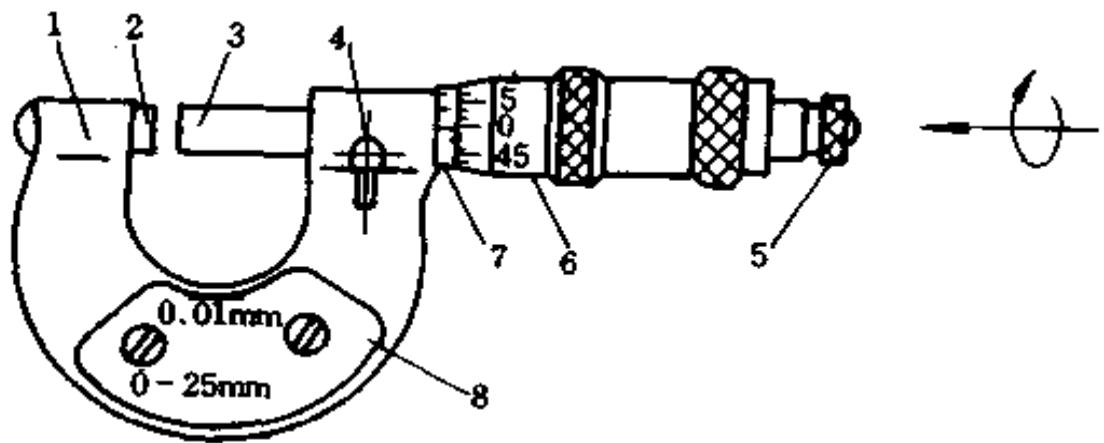


图 4-9 外径千分尺示意图

1. 用前检查 两测砧应光洁平整,微分筒应转动灵活并没有旷动和串动的感觉,锁住活动测砧后拧动测力转帽时应能够发出均匀的“卡、卡”声响。

2. 校对零位 对于量程在 0~25mm 的外径千分尺,调整动、定砧面,使其微接触后,拧动测力转帽至发出“卡、卡”的声响时,微分筒前沿应在横刻度零线上,并且微分筒的零线应与小数指示线对齐。这样重复几次都应如此,方可使用。如果零位不对时,也可按卡尺相同的原理确定出零位误差,以此对测量结果进行修正。

3. 测量操作 千分尺测量采用双手操作,左手捏住尺架上的绝热垫,右手先转动微分筒,后拧测力转帽,如图 4-10a 所示。对于小工件测量,可用支架固定住千分尺,左手拿工件,右手拧转帽,如图 4-10b 所示。测量时,还必须正确选择测砧与被测面的接触位置。进尺时,先调整可动测砧与活动测砧之间的距离,使其稍大于被测尺寸。放入测量位置后,拧动测力转帽并同时微微前后左右摆动测力杆或工件,使测力



杆与被测尺寸线重合,当测力转帽发出“卡、卡”声时,表明测量力合适,即可读数。

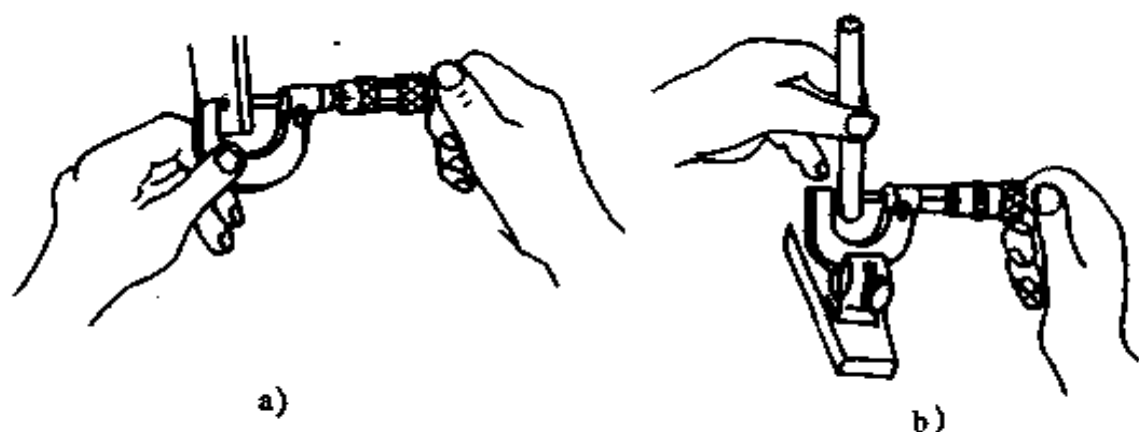


图 4-10 千分尺测量示意图

#### 4. 外径千分尺的读数

(1) 从微分筒上读取  $0.5\text{mm}$  以下的小数部分,微分筒的分度值为  $0.01\text{mm}/\text{格}$ 。

(2) 以离微分筒前沿最近的横刻度线为依据,从固定套筒横刻度上读取整数和整数后的  $0.5\text{mm}$  小数。如果这条线与微分筒前沿处于似压非压的状态,那么这条刻度线是否计入尺寸,应根据微分筒上的读数来判断。当微分筒读数等于或稍大于零时,应计入读数。若微分筒上的读数稍小于  $0.5$  时,这条刻度则不计入读数。

(3) 把以上两部分尺寸相加,若干分尺本身有误差修正值,应对上述相加后的尺寸加以修正,即得到被测尺寸值。

外径千分尺读数举例:试读出图 4-11 的测量尺寸(规定误差修正值是零)。

解 根据三步法读数如下:

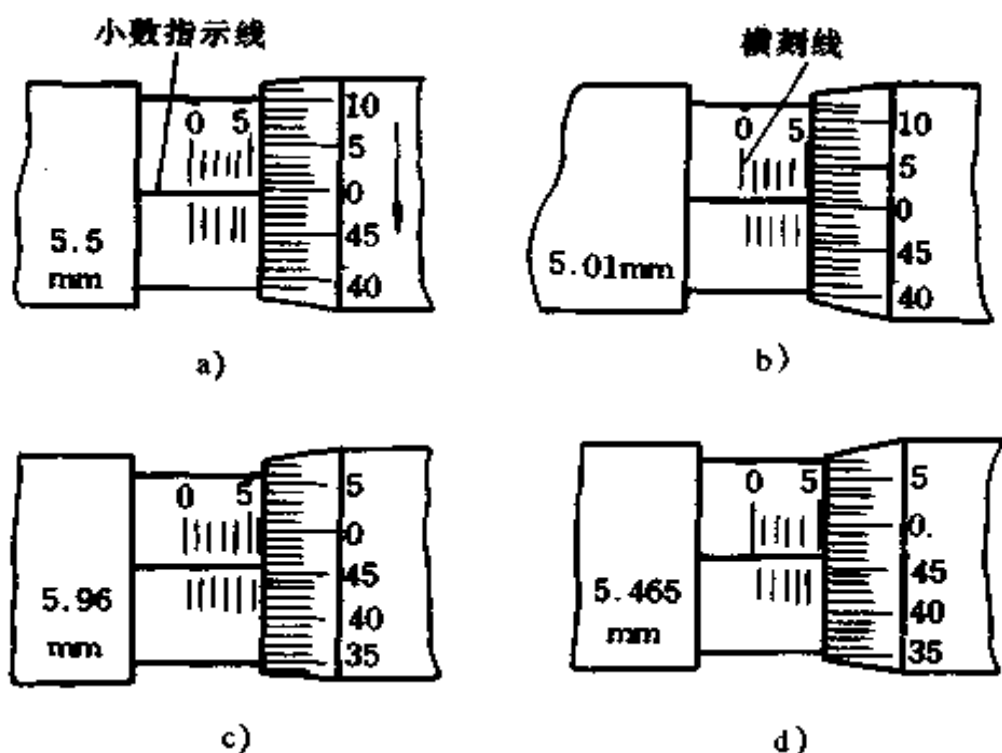


图 4-11 千分尺的刻线方法和读数示例

图 4-11a 读法:

①微分筒读数为 0。

②固定套筒上的读数是 5.5mm(离微分筒前沿最近的横刻度线被微分筒前沿似压非压,但因微分筒读数等于零,所以刻度线计入)。

③测量结果 =  $0 + 5.5 = 5.5\text{mm}$ 。

图 4-11b 读法:

①微分筒读数是 1 个格,代表 0.01mm。

②固定套筒上的读数是 5mm。

③测量结果 =  $0.01 + 5 = 5.01\text{mm}$ 。

图 4-11c 读法:

①微分筒读数是 46 格,代表 0.46mm。

②固定套筒上的读数为 5.5mm(被微分筒前沿似压非压的那条横刻度线不计入,因为微分筒上的读数小于 0.5mm)。

③测量结果 = 0.46 + 5.5 = 5.96mm。

图 4-11d 的读法:

①微分筒读数是介于 46 到 47 之间,约读为 46.5 个格,代表尺寸是 0.465mm。

②固定套筒上的读数是 5mm(5.5mm 这条刻度线被微分筒前沿似压非压,但不应计入读数内,因微分筒读数尺寸小于 0.5mm,即  $0.465 < 0.5$ )。

③测量结果 = 0.465 + 5 = 5.465mm。

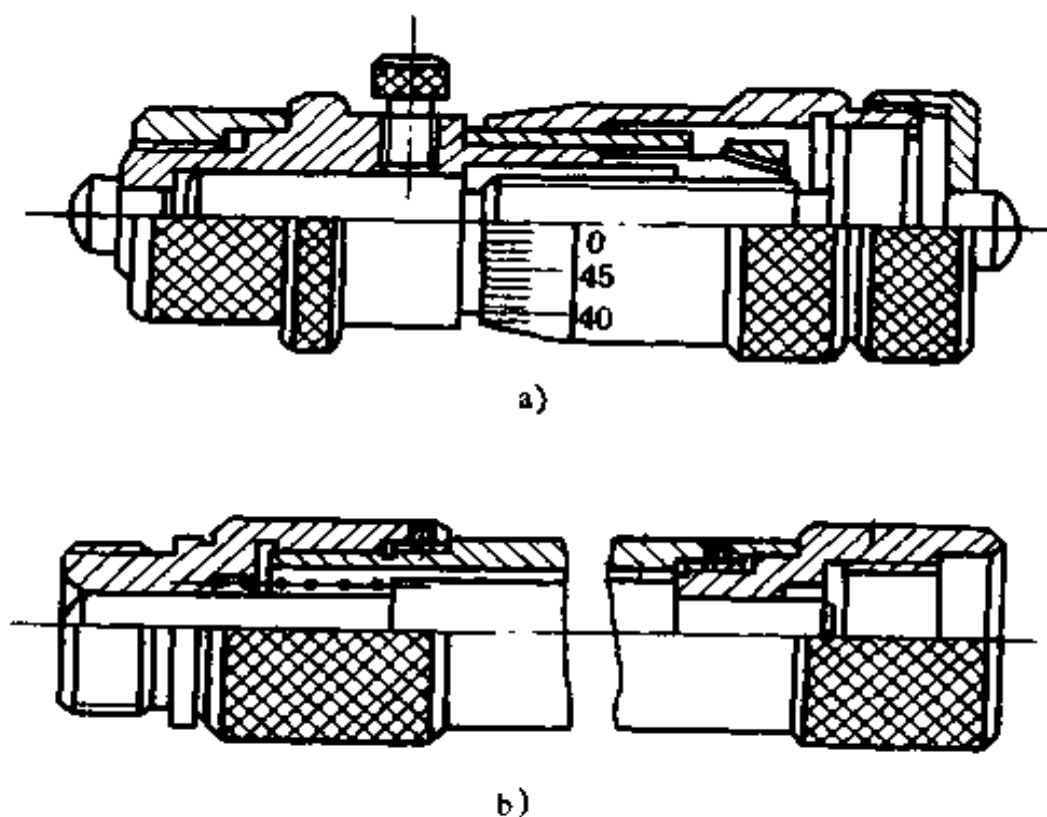


图 4-12 内径千分尺和接长杆

a)微分头 b)接长杆

## (二) 内径千分尺

如图 4-12 所示,内径千分尺主要由微分头和一组不同长度的接长杆组成。微分头的结构与外径千分尺的结构大体相同,但是没有尺架和测力装置。可直接用微分头测量内尺寸,但微分头本身测量范围很小,要扩大测量范围,可选用不同长度的接长杆与微分头串接。

## (三) 内测千分尺和深度千分尺

内测千分尺如图 4-13 所示。它只用来测量较小的内尺寸,填补内径千分尺的小尺寸测量盲区。

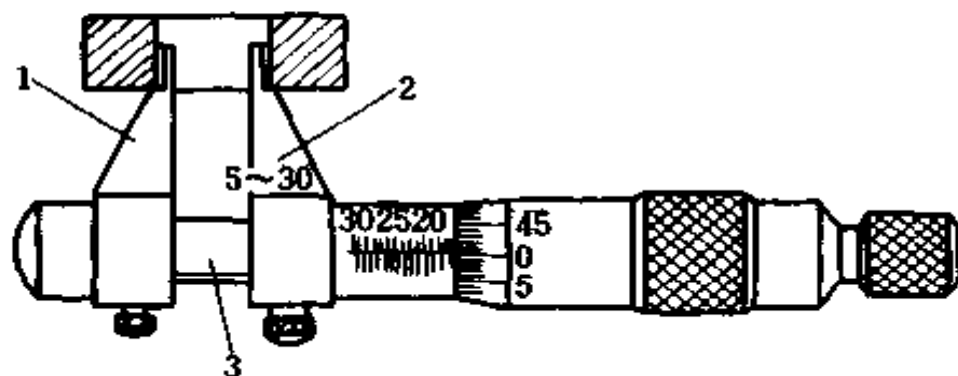


图 4-13 内测千分尺

1. 活动量爪 2. 固定量爪 3. 测微螺杆

深度千分尺专门用于测量盲孔及沟槽深度、台阶高度等。

## (四) 百分表

百分表是一种指针式的相对量仪,其分度值为 0.01mm。另外,还有千分表,其分度值是 0.001mm。这是一种精密测量仪表,但它不能直接测出工件尺寸。其用途之一,是用它直接测出工件相对于基准件的尺寸偏差值,经过计算得到工件尺寸;另一种用途是,测量工件的形位误差。

百分表、千分表的机理相同,只是分度值不同,其外形如图 4-14 所示。进行测量时都要安装在表的支座上。

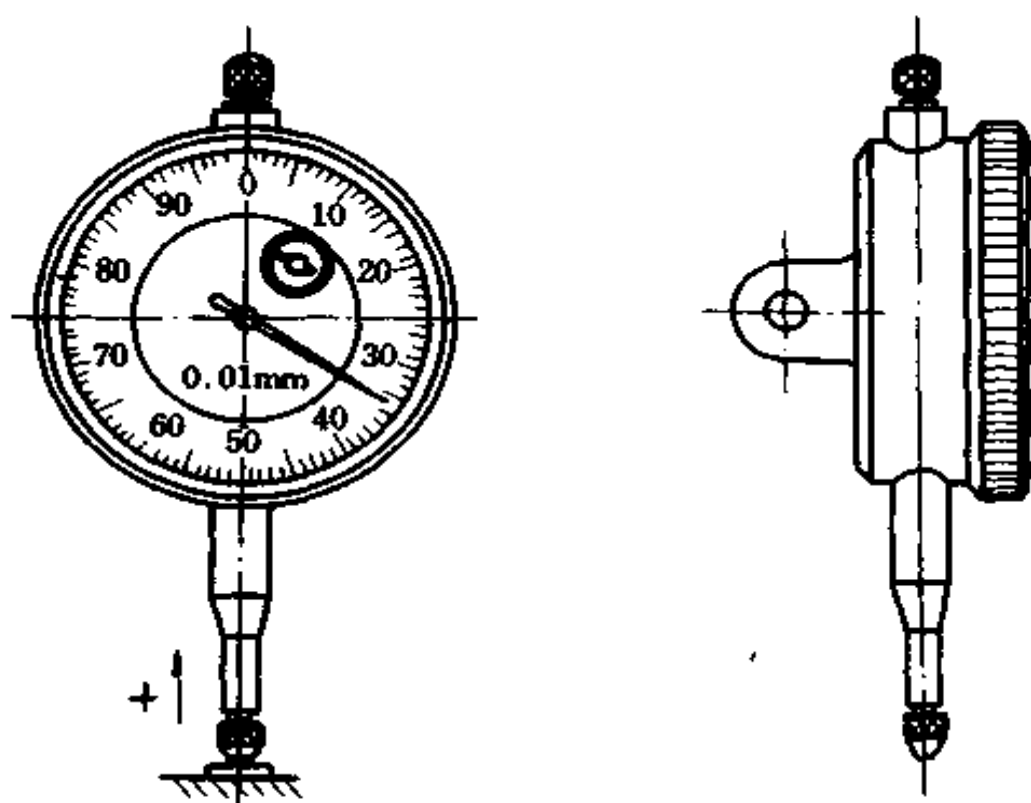


图 4-14 百分表外形

#### 四、间接测量的方法及其应用

测量方法可以分为直接测量和间接测量两种。

直接测量是把被测量与标准量直接进行比较,而得到被测量数值的一种测量方法。例如用卡尺测量直径时,可直接读出被测数据,此属于直接测量。

间接测量只是测出与被测量有函数关系的量,然后再通过计算得出被测尺寸具体数据的一种测量方法。例如:要测出图4-15所示的孔心距  $L$ ,无法直接测得,只能通过直接测出相关的量  $A$  和  $B$  后,再通过关系式  $L = (A + B) / 2$ ,求出孔心距  $L$  的具体数值,此属于间接测量。

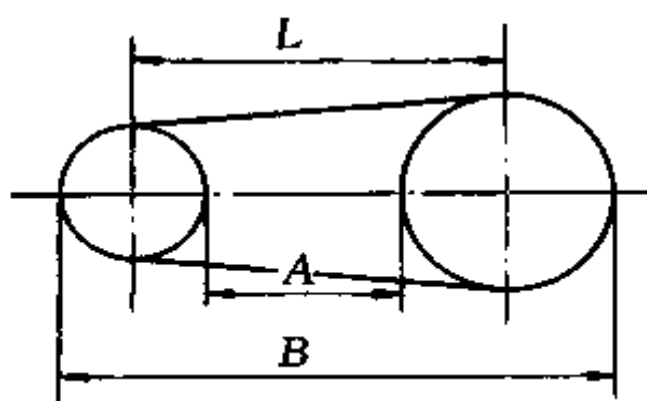


图 4-15 间接法测量孔心距

一些形状复杂的模具、夹具、工件等,在加工及修理过程中,时常要采用间接测量法。其具体应用可见加工制造等方面的有关部分。

## 第五章 金属材料 and 工程塑料

### 一、金属材料的性能及其试验方法

机械设备及其零件所用的材料是多种多样的,通常分为金属和非金属两大类。从总的来说,金属材料的应用最为广泛。

凡是以铁为主要成分的金属及其合金称为黑色金属,如生铁、钢、铁合金等即属于黑色金属。除黑色金属以外的其它金属及其合金称为有色金属,如铜、铝、锡、铜合金等均为有色金属。

合金材料比纯金属具有更好的机械性能和工艺性能,而且成本通常较纯金属低。所以,在广泛应用的金属材料中很少采用纯金属,而是以各种合金材料为主。

合金是以一种金属为基础(称为基体金属),加入其它的一种或几种金属或非金属元素,经过熔合而获得的具有金属特性的材料。常用的合金有以铁为基础的铁合金材料、以铜为基础的铜合金材料和以铝为基础的铝合金材料等。

为了合理地选用材料和确定加工方法,必须熟悉和掌握材料的性能。金属材料的性能主要包括物理、化学、力学和工艺等几个方面。在机械设计和制造中,通常主要以机械性能(力学方面的性能)作为选材依据,兼及考虑工艺性能等。

机械性能是指金属材料在受到外力的作用下,所反应出

来的抵抗性能。它主要包括强度、硬度、塑性、韧性和疲劳强度等几个方面,是衡量金属材料极其重要的指标。

### (一) 强度

强度指的是金属材料在静载荷的作用下,抵抗变形和破坏的能力。抵抗能力越强,说明材料的强度越高。反之,则越低。按载荷对材料作用方式的不同,可分为抗压、抗拉、抗弯、抗扭和抗剪等五种主要强度。工程上常用抗拉强度和屈服强度作为金属材料的强度指标。

1. 抗拉强度 金属材料在静拉力的作用下被拉伸,直至拉断前所能承受的最大拉应力称为抗拉强度,常以  $\sigma_b$  表示,即

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \text{ (MPa)}$$

式中  $P_b$  ——试样在拉断前所承受的最大拉力(N);

$F_0$  ——试样的原始横截面积( $\text{mm}^2$ )。

抗拉强度的高低表明了金属材料抵抗拉断能力的大小。工作时,材料所受到的拉应力如果超过其抗拉强度,就会发生断裂。

2. 屈服强度 金属材料在拉力作用下,产生屈服现象时的最小应力称为屈服强度,常用  $\sigma_s$  来表示,即

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \text{ (MPa)}$$

式中  $P_s$  ——试样发生屈服时所受到的外载荷(N);

$F_0$  ——试样的原始横截面积( $\text{mm}^2$ )。

屈服强度的高低表明了金属材料抵抗微量塑性变形能力的大小。金属材料不能在超过屈服强度的条件下工作。否则,将产生较大的塑性变形,而使零件失效或性能降低。

3. 拉伸实验 金属的抗拉强度、屈服强度以及塑性等,



一般都是通过对相应品种的材料按照国家标准的规定进行拉伸实验测得的。图 5-1 是拉伸试样。试样原始截面直径为  $d_0$ , 面积  $A_0 = \pi d_0^2/4$ ; 标距原始长度为  $L_0$ , 其形状、尺寸已列入国家标准。

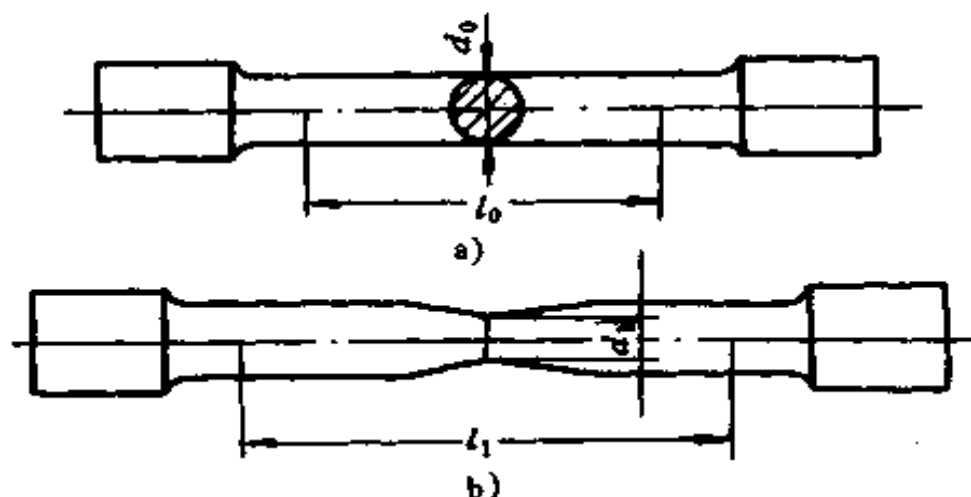


图 5-1 拉伸试样

a) 试件 b) 拉伸后试样

把试样夹装在拉伸实验机上, 逐渐加大拉伸载荷, 直到拉断为止。根据拉伸过程中载荷与试样变形之间的关系, 可以测出该金属材料的拉伸曲线。图 5-2 所示, 即为低碳钢的拉

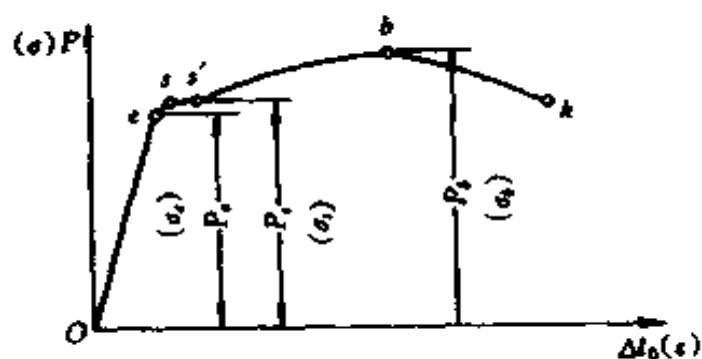


图 5-2 低碳钢的拉伸曲线

伸曲线,由此可测定出该材料的强度、刚度、弹性和塑性等指标。由于  $\sigma = P/F_0$  及  $\epsilon = \Delta l_0/l_0$ ,两者均是线性关系,故  $P$  与  $\sigma$  以及  $\Delta l_0$  与  $\epsilon$  坐标可互换,而不影响曲线形状。

通过拉伸曲线可以把整个拉伸过程分为弹性变形、塑性变性和断裂三个阶段。

(1) 当拉伸载荷不超过  $P_e$  时,曲线的  $oe$  段称为弹性变形阶段。此时的  $\sigma_e$  称为弹性极限。

(2) 当拉伸载荷超过  $P_e$  后,试样开始有塑性变形产生。当载荷达到  $P_s$  后,试样开始产生明显的塑性变形,在拉伸曲线上出现水平的或锯齿形的线段,这种现象称为“屈服”。此时的  $\sigma_s$  称为材料的屈服强度。

(3) 当载荷继续增大至  $P_b$  时,试样发生局部横截面迅速缩小,此现象称为“颈缩”。由于颈缩使试样横截面变小,故使得载荷也逐渐降低即曲线呈弧线下降,直到  $k$  点试样被拉断。

各种不同的金属材料都可以通过拉伸实验获得其力学特性参数。

## (二) 硬度

金属材料抵抗比它更硬的物体压入表面的能力称为硬度。它是金属材料的重要性能参数之一。机械制造中所用的各类刀具、模具、量具以及一些特殊的零件都需要有较高的硬度,以保证其具有足够的耐磨性。

生产中常用布氏法、洛氏法和维氏法等来测定金属材料的硬度。

1. 布氏硬度及其测试原理 布氏硬度的测试原理如图 5-3 所示,用一直径为  $D$  的淬火钢球或硬质合金球体,在规定载荷  $P$  的作用下压入被测金属表面,并停留一段时间后卸荷。用刻度放大镜,测出被测金属表面所形成的压痕直径  $d$ 。

根据该直径算出压痕的球冠面积  $F$ , 然后再求出压痕单位面积所承受的平均压力  $P/F$ , 以此作为被测金属的布氏硬度值。布氏硬度的单位为  $\text{kgf}/\text{mm}^2$  ( $1\text{kgf} = 9.8\text{N}$ , 下同), 通常不注。

实际上测得压痕直径  $d$  后, 即可查“ $d$ -HB”表直接查得布氏硬度值。

布氏硬度符号是: 当压头是淬火钢球时用 HBS 表示, 适用于测布氏硬度低于 450 的金属材料; 当压头为硬质合金球体时用 HBW 表示, 适用于测布氏硬度在 450~650 之间的金属材料。布氏硬度测试法因压入被测材料表面的压痕面积较大, 可反映出较大范围内的平均硬度, 所以测试结果较为准确。但正因压痕大, 不适于对成品件及薄片类金属进行硬度测定。

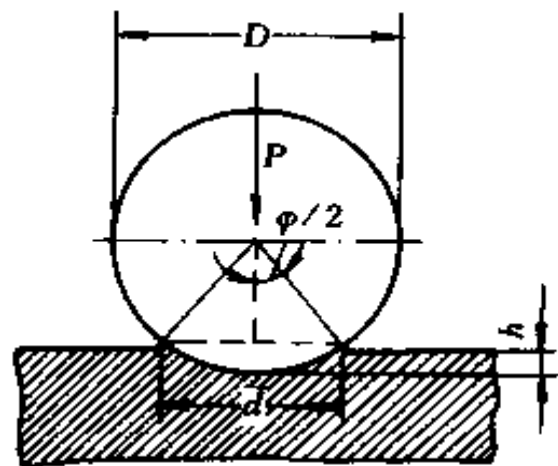


图 5-3 布氏硬度试验原理

## 2. 洛氏硬度及其测试原理

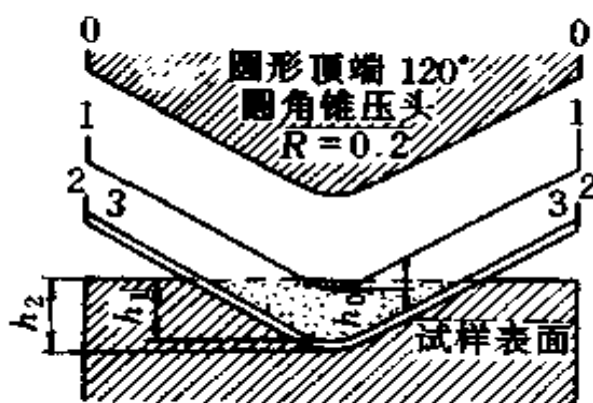


图 5-4 洛氏硬度测试原理

以测试 HRC 为例, 如图 5-4 所示, 以锥顶角为  $120^\circ$  的金刚石圆锥作为压头(也可采用一定直径的钢球作为压头), 图中 0—0 为圆锥压头的初始位置, 然后施加初载荷  $10\text{kgf}$ , 压头遂移至 1—1 位置, 压入深度为  $h_0$ 。加初载荷的目的, 是为了消除试件表面粗糙不平对测试的影响, 使压头与被测表面接触紧密。继

面粗糙不平对测试的影响, 使压头与被测表面接触紧密。继

叠加主载荷,2—2 为在总载荷(初载荷 + 主载荷)作用下的压头位置,此时压入深度为  $h_2$ 。3—3 是卸去主载荷后,被压处略有弹性回复,致使压头略为回弹后的位置,这时的压入深度为  $h_1$ 。因此,因主载荷作用使压头压入的实际深度为  $h = h_1 - h_0$ ,以此值来衡量被测金属的硬度。

洛氏硬度用符号 HR 表示。规定压头每压入 0.002mm 为一个洛氏硬度单位值,此时指针转过满均匀刻度为 100 的刻度盘上一小格。为了适应“硬度值越大,材料越硬”这一习惯概念,随着压头压入深度的增加,指针逆刻度标值旋转。在加初载使压头压入  $h_0$  时,将指针对零,即表示压入深度由此计算。故该度盘上的读数即是压头最后的实际压入深度( $h_1 - h_0$ )所示出的 HRC 值。

为了扩大洛氏硬度计的适应性,以测试品种及软硬不同的多种金属,可采用不同的压头和不同的主载,从而得到不同的洛氏硬度标值。常用的有 HRC、HRB、HRA 三种。

洛氏硬度具有操作简单、压痕小、几乎不伤工件表面和可以用来测量较薄、较软或较硬、很硬甚至极硬工件的硬度,在成品测试及热处理质量检验中应用很广。但由于压痕小,当材料组织不均匀时,需要多点测试取其均值才能获得材料真实的硬度。

3. 维氏硬度及其测试原理 维氏硬度 HV 的测试原理与布氏硬度的测试基本相同,两者的主要区别在于压头。维氏硬度试验采用的压头是两对面夹角是  $136^\circ$  的金刚石正四棱锥,如图 5-5 所示。

维氏硬度试验法的主要优点是,试验时加压载荷小,压入深度浅,适用于测量经淬硬处理或经化学处理(如渗氮层、渗碳层)的零件表面的硬度。测试维氏硬度时,也是用刻度放大

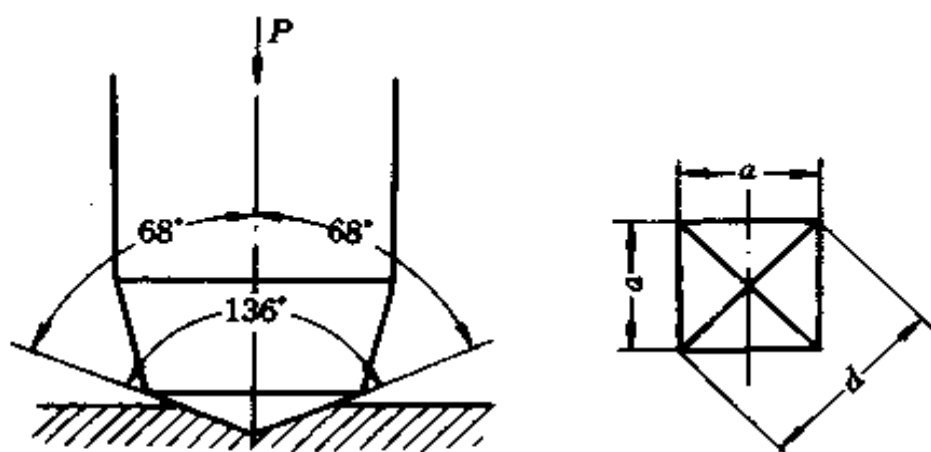


图 5-5 维氏硬度试验原理

镜测得  $d$  值(取两条对角线之平均值)后,查  $d$ -HV”表得 HV 值。维氏硬度试验法,在具体操作方面比较麻烦,因此,在生产当中不如洛氏硬度应用广泛。

### (三) 塑性

金属材料在外力作用下产生永久变形的能力,称为塑性。衡量金属材料塑性好坏,常用的指标是延伸率和断面收缩率。

1. 延伸率 对试件进行拉伸试验,拉断后,标距增长量与原始标距长度之比的百分数,称为延伸率,用  $\delta$  表示,即

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中  $l_0$  ——试件标距原始长度(mm);

$l_k$  ——试件拉断后的标距长度(mm)。

2. 断面收缩率 试件被拉断后,在拉断处横截面积的缩量与原始横截面积之比的百分数,称为断面收缩率,用  $\psi$  表示,即

$$\psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \times 100\% = \frac{d_0^2 - d_k^2}{d_0^2} \times 100\%$$

式中  $A_0$  ——试件的原始横截面积( $\text{mm}^2$ );  
 $d_0$  ——试件原始横截面的直径( $\text{mm}$ );  
 $A_k$  ——试件被拉断处的横截面积( $\text{mm}^2$ );  
 $d_k$  ——试件预缩处横截面的直径( $\text{mm}$ )。

#### (四) 刚度与弹性

绝大多数机械零件都是在弹性状态下工作的,工作过程中一般不允许有过多的弹性变形,更不允许有明显的塑性变形。因此,对材料的刚度都有一定的要求。

1. 弹性模量 弹性模量  $E$  是指金属材料在弹性状态下的应力  $\sigma$  与应变  $\epsilon$  的比值,即

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

弹性模量  $E$  的大小表示了材料能够抵抗拉、压弹性变形能力的强弱。不同的材料  $E$  值可通过实验的方法来确定。表 5-1 列出了几种工程材料的弹性模量。

表 5-1 几种工程材料的弹性模量

材 料	弹性模量 $E$ (MPa)
中碳钢	210000
弹簧钢	210000
硬铝	72400
铍青铜 CeBe2	120000
磷青铜 CeSn6.5-0.1	101000
ABS	1725
丁苯橡胶	2

2. 刚度 工程上把材料抵抗弹性变形的能力称为刚度。拉伸时的刚度用试样的原始横截面积  $A_0$  与该材料弹性模量  $E$  的乘积( $EA_0$ )来表示。材料的刚度( $EA_0$ )愈大,产生的弹性变形量愈小。

### **(五) 冲击韧性**

冲床、内燃机连杆、气锤等一些机件在工作中承受的主要是冲击力。由于对零件瞬时冲击的作用引起的应力和变形要比受到静载荷作用时大得多。因此对这些零件选材时,必须考虑所选材料抵抗冲击载荷作用的能力,即考虑材料的冲击韧性。

金属材料的冲击韧性是采用一次性冲击试验的方法来确定的。一次性冲击试验,主要包括冲击弯曲、冲击扭转和冲击拉伸实验。

通常把冲击韧性值低的材料称作脆性材料,冲击韧性值高的材料称为韧性材料。

必须注意,在冲击载荷作用下的零件一般都不是受到一次大能量冲击就损坏的。因此,用一次性冲击弯曲试验测得的冲击韧性,作为承受冲击载荷零件的设计依据是不足的。通常好多零件都是在小能量,多次重复冲击条件下工作的。实践证实,零件破坏与否主要取决于强度,故它并不需要过高的冲击韧性。例如,球墨铸铁的冲击韧性并不很高,但只要强度满足要求,就可以用来制造承受冲击载荷作用的某些内燃机曲轴。

### **(六) 疲劳强度**

机械零件在交变载荷作用下,工作较长的时间后发生断裂,称为疲劳破坏。疲劳破坏的原因是由于材质不好,如材料内部有夹杂、表面有划伤等,致使零件的应力集中于局部,并超过屈服强度,引起局部塑性变形而导致微裂纹,随交变载荷的循环继续,裂痕逐渐扩展,直到零件承受不住外载荷而突然断裂。这种事故是突然发生的,危险性极大,在零件设计、选材时,必须予以足够的重视,即必须考虑材料的疲劳强度。

金属材料在无数次交变载荷作用下,不致发生断裂的最大应力,称为材料的疲劳强度。它是通过疲劳试验机测得的。然而,无论何种试验机,何种方法,也无法实现无数次的交变载荷疲劳试验,所以一般规定对于钢在经受了 $10^6 \sim 10^7$ 、有色金属经受了 $10^7 \sim 10^8$ 次交变载荷作用,而不破坏的最大应力,作为该材料的疲劳强度。

## 二、常用金属材料的种类、牌号、性能及其应用

机械制造中所用的金属材料,主要有铸铁、碳钢、合金钢、有色金属及硬质合金等,其中应用最广泛的是铸铁和碳钢。

### (一) 铸铁

含碳量大于2.11%的铁碳铸造合金称为铸铁。与钢相比,铸铁的强度、塑性和韧性较差,不能进行锻造;但它却具有良好的铸造性、耐磨性、减振性和可切削性,并且它的生产设备和工艺简单,价格低廉,所以应用非常广泛。

铸铁根据碳在其中的存在形式不同,主要分为白口铸铁和灰口铸铁两大类。灰口铸铁中根据石墨存在形态的不同又分为普通灰口铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁和蠕墨铸铁等。

1. 白口铸铁 这类铸铁断口呈银白色,故称白口铸铁,性能脆而硬,切削极为困难,故很少用来制造机械零件,主要用作炼钢原料。

2. 灰口铸铁 断口呈暗灰色,故称灰口铸铁,简称灰铁。它具有多种良好的性能(耐磨、减振、可切削性等均好),其牌号、性能和用途见表5-2。牌号中的“HT”表示“灰铁”(HT为灰铁二字汉语拼音的第一字母),其后的数字表示最低抗拉强度。



表 5-2 灰铸铁的牌号、性能和用途

牌 号	试样直 径(mm)	抗拉 强度 $\sigma_b$ (MPa)	抗弯强 度 $\sigma_{bb}$ (MPa)	布氏硬度 HBS	用 途 举 例
HT100	30	100	260	143~229	低载荷和不重要的零件,如 盖、外罩、手轮、重锤、支架等
HT150	30	150	330	163~229	承受中等载荷零件,如机床 支架、箱体、带轮、刀架、阀体、 锅炉省煤器、飞轮等
HT200	30	200	400	170~240	承受中等载荷的重要零件, 如气缸、齿轮、齿条、一般机床 床身等
HT250	30	250	470	170~241	承受较大载荷和较重要的零 件,如气缸、齿轮、凸轮、油缸、 轴座、联轴器等
HT300	30	300	540	187~255	承受高载荷的重要零件,如 压力机床身、高压液压筒、车床 卡盘、凸轮、齿轮等
HT350	30	350	610	197~269	

注:牌号及抗拉强度摘自 GB9439-88(灰铸铁件)。

3. 球墨铸铁 在浇铸前的铁水中加入球化剂等,使其中的石墨呈球状分布,得出的铸铁称为球墨铸铁,简称球铁。球铁具有灰铸铁的一系列优点,且其机械性能大大超过了灰铸铁,在某些场合可以代替钢。球墨铸铁的牌号、性能和用途见表 5-3。牌号的意义为“QT”代表球铁二字汉语拼音的第一个字母,两组数字依次代表最低抗拉强度和最低延伸率。

4. 可锻铸铁 白口铸铁在固态下经较长时间(约 15h)高温(约 900~1000℃)的石墨化退火,使其中的石墨呈团絮状分布,这一类铸铁称为可锻铸铁,又称马铁或玛钢。可锻铸铁具有较好的综合机械性能,但它实际上并不可锻造,可锻铸铁的牌号、性能和用途见表 5-4。牌号的意义为“KT”表示可锻铸铁,后面的两组数字依次表示最低抗拉强度和最低延伸率,“KTH”表示黑心可锻铸铁,“KTZ”表示珠光体可锻铸铁。

表 5-3 球墨铸铁牌号、性能和用途

牌 号	抗拉强度	条件屈服强度	延伸率 $\delta$	冲击韧性	布氏硬度 HBS	用 途 举 例
	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	(%)	$\sigma_{kv}$ (J/cm <sup>2</sup> )		
QT400-17	400	250	17	60	$\leq 179$	汽车、拖拉机上的轮毂、离合器壳、拨叉等，通用机械方面的阀盖、阀盖，压缩机气缸，农具上的犁托、犁柱等
QT420-10	420	270	10	30	$\leq 207$	同上
QT500-05	500	350	5	—	147~241	机油泵齿轮，铁路机车车辆轴瓦，水轮机的阀门体等
QT600-02	600	420	2	—	229~302	内燃机曲轴、凸轮轴、气缸套连杆等，部分磨床、铣床、车床的主轴，空压机、制氧机、泵的曲轴、缸体、缸套等，桥式起重机大小车滚轮，小型水轮机主轴等
QT700-02	700	490	2	—	229~302	同上
QT800-02	800	560	2	—	241~321	同上
QT1200-01	1200	840	1	30	(HRC) $\geq 38$	汽车螺旋锥齿轮，拖拉机减速齿轮，柴油机凸轮轴及农具上犁铧、肥片等

注：牌号摘自 GB5612-85《铸铁牌号表示方法》，机械性能摘自 GB1348-78《球墨铸铁件》。

表 5-4 常用可锻铸铁的牌号、性能和用途

类别	牌 号		试样 直径 (mm)	机 械 性 能			用 途 举 例
	A	B		抗拉强度 $\sigma_b$ (MPa)	屈服强度 $\sigma_s$ (MPa)	延伸率 $\delta$ (%)	
黑心可锻铸铁	KTH300-06			300	—	6	汽车、拖拉机零件,如后桥壳、 轮壳、转向机构壳体、弹簧钢板支 座等、钩型板手、弯头、三通等管 件,中压阀门
	KTH350-10	KTH330-08	15	330	—	8	
		KTH370-12		350	200	10	
珠光体可锻铸铁	KTZ450-06			450	270	6	曲轴,凸轮轴,连杆,齿轮,万向 接头,传动链条等
	KTZ550-04		12 或 15	550	340	4	
	KTZ650-02			650	430	2	
	KTZ700-02			700	530	2	

注:1. 除用途举例外,摘自 GB9440-88(可锻铸铁件)。

2. 牌号 B 系列为推荐牌号。

5. 蠕墨铸铁及合金铸铁 灰铸铁中石墨呈较薄、端头较尖的片状。球墨铸铁中石墨呈球状。蠕墨铸铁中石墨呈短而厚、头部较圆形似蠕虫,故名由此而得。蠕墨铸铁兼具灰铸铁和球墨铸铁的优良性能。合金铸铁是通过加入一定的合金元素而获得的、具有某种独特性能的一类铸铁,主要有耐磨铸铁、耐热铸铁和耐蚀铸铁等几种。

## (二) 碳钢

含碳量小于 2.11% 的铁碳合金称为碳素钢,简称碳钢。由于碳钢机械性能良好、加工容易、冶炼方便、价格较低,因而它像铸铁一样应用非常广泛。

碳钢的种类很多,一般按用途、质量等级结合起来分为碳素结构钢、优质碳素结构钢、碳素工具钢和铸钢等几类。

1. 碳素结构钢 这类钢中含有害杂质硫、磷,以及非金属夹杂较多,但其性能可以满足一般工程构件和机械零件的要求。

碳素结构钢的牌号由代表屈服点的字母“Q”、屈服点数值、质量等级代号(A、B、C、D 表示其质量依次提高)和脱氧方法等四部分组成。例如 Q235A,表示屈服强度为 235MPa 的 A 级碳素结构钢。表 5-5 列出了部分碳素结构钢的牌号和用途。

表 5-5 碳素结构钢的用途

牌 号	用 途 举 例
Q195 Q215A Q215B	用来制造薄板、低碳钢丝、焊接钢管、钢钉、钢丝网、炉撑、烟囱、屋面板、地脚螺栓、铆钉等
Q235A	由于价格低廉,又具有良好的强度、塑性、焊接性、切削加工性等,应用广泛,常用来制造薄板、钢筋、钢结构用各种型条钢、中厚板、铆钉,某些机械零件,常用化工容器外壳、法兰、机车车辆
Q225A	用来制造钢结构用各种型条钢和钢板,但使用面不如 Q235A 钢广泛;也用于制造各种机械零件

2. 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢与普通碳素结构钢之区别,主要在于硫、磷等有害杂质含量更小(各控制在大约0.03%以下)。其质量和机械性能较普通碳素结构钢更好。它主要用来制造比较重要的机械零件。其牌号用两位数字表示(数字代表平均含碳量的万分数),如35号钢表示平均含碳量为0.35%(即万分之35)的优质碳素结构钢。当含锰量为0.70%~1.20%时称为高锰优质碳素结构钢,且在钢号数字后标出锰元素符号“Mn”,如15Mn、30Mn等。部分优质碳素结构钢的牌号及其用途,见表5-6。

表 5-6 优质碳素结构钢的主要用途

牌 号	用 途 举 例
10 10F	用来制造锅炉管、油桶顶盖、钢带、钢丝、钢板和型材,用于制造机械零件
20 20F	用于不经受很大应力而要求韧性的各种机械零件,如拉杆、轴套、螺栓、螺钉、起重钩等;也用于制造在60大气压(1大气压=101×10 <sup>3</sup> Pa)、450℃以下非腐蚀介质中使用的管子等;还可以用于心部强度不大的渗碳与氰化零件,如轴套、链条的滚子、轴以及不重要的齿轮、链轮等
35	用作热锻的机械零件、冷拉和冷顶锻钢材、无缝钢管,机械制造中的零件,如转轴、曲轴、轴销、拉杆、连杆、横梁、星轮、套筒、轮圈、钩环、垫圈、螺栓螺钉、螺母等;还可用来铸造汽轮机机身、轧钢机机身、飞轮等
40	用来制造机器的运动零件,如辘子、轴、曲柄销、传动轴、活塞杆、连杆、圆盘等
45	用来制造蒸汽透平机、压缩机、泵的运动零件;还可以用来代替渗碳钢制造齿轮、轴、活塞销等零件,但零件需经高频或火焰表面淬火,并可用作铸件
55	用于制造齿轮、连杆、轮圈、轮缘、扁弹簧及轧辊等
65	用于制造气门弹簧、弹簧圈、轴、轧辊、各种垫圈、凸轮及钢丝绳等
70	用于制造弹簧

3. 碳素工具钢 碳素工具钢具有较高的硬度、韧性和较好的耐磨性,主要用于制造刀具、模具和量具。其牌号是“T”字母(碳字汉语拼音的第一个字母)后面加数字(代表平均含碳量的千分数)来表示。例如 T8,表示平均含碳量是 0.8% 的碳素工具钢。碳素工具钢的牌号、性能和用途见表 5-7。

4. 铸钢 铸钢的性能比铸铁更好。对于一些形状复杂的零件很难用锻压成形,用铸铁又不能满足机件的性能要求,此时常选用铸钢。其牌号用“ZG”(铸钢二字的汉语拼音第一个字母)后加两组数字(依次表示屈服强度及抗拉强度),如 ZG200-400,表示屈服强度为 200MPa,抗拉强度为 400MPa 的铸钢。铸钢的牌号、用途见表 5-8。

### (三) 合金钢

在冶炼碳钢时有意地加入一定量的合金元素,使其具有更加优良性能,这种钢称为合金钢。

合金钢品种繁多,分类复杂。按合金元素总含量分,可分为低合金钢(总含量 $<5\%$ )、中合金钢(总含量 $=5\% \sim 10\%$ )和高合金钢(总含量 $>10\%$ )三类。按用途分,可分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢三大类。实际应用中常把两者结合起来分类。

1. 合金结构钢 合金结构钢的特点,是在碳素结构钢中加入一种或数种合金元素,如 Cr、Mn、Si、Mo、Ni、V、W、Ti 等。合金结构钢主要包括普通低合金钢、易切削钢、调质钢、渗碳钢、弹簧钢和滚动轴承钢等。

合金结构钢的牌号表示方法,是由三部分组成的,即“数字+元素符号+数字”。前面的数字(两位数)表示钢的平均含碳量,以万分之几表示,如平均含碳量为 0.16% 则以 16 表示(如 16Mn);合金元素直接用化学符号表示;后面的数字表

表 5-7 碳素工具钢的牌号、成分、硬度和用途

牌号	化 学 成 分 (%)						硬 度		用 途 举 例
	C	Si (不大于)	Mn	S (不大于)	P (不大于)	退火状态 HBS (不大于)	试样淬火		
							淬火温度 (°C)和冷却剂	HRC (不小于)	
T7	0.65~0.74	0.35	≤0.40	0.030	0.035	187	800~820 水	62	用作能承受冲击,硬度适当,并有较好韧性的工具,如扁铲、手钳、大锤及木工工具等
T8	0.75~0.84	0.35	≤0.40	0.030	0.035	187	780~800 水	62	用作能承受冲击,要求较高硬度与耐磨性的工具,如冲头、压缩空气工具及木工工具等
T9	0.85~0.94	0.35	≤0.40	0.030	0.035	192	760~780 水	62	用作硬度高、韧性中等的工具,如冲头等
T10	0.95~1.04	0.35	≤0.40	0.030	0.035	197	760~780 水	62	用作不受剧烈冲击,要求硬度高、耐磨的工具,如冲模、钻头、丝锥、车刀等
T11	1.05~1.14	0.35	≤0.40	0.030	0.035	207			
T12	1.15~1.24	0.35	≤0.40	0.030	0.035	207	760~780 水	62	用作不受冲击,要求硬度高、极耐磨的工具,如锉刀、精车刀、量具、丝锥等
T13	1.25~1.35	0.35	≤0.40	0.030	0.035	217	760~780 水	62	用作刮刀、拉丝模、链刀、剃刀等

注:化学成分、硬度摘自 GB1298-86《碳素工具钢技术条件》。

表 5-8 铸造碳钢的应用

牌 号	应 用 举 例
ZG200-400	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	同上,如砧座、外壳、轴承盖、底板、阀体等
ZG270-500	用于作轧钢机机架、轴承座、连杆、箱体、曲轴、缸体、飞轮、蒸气锤等
ZG310-570	用载荷较高的零件,如大齿轮、缸体、制动轮、辘子等
ZG340-640	用作起重运输机中的齿轮、联轴器及重要的机件

示合金的含量,以百分之几表示,当合金元素含量小于 1.5% 时,含量数字省去不标,如合金含量等于或大于 1.5%、2.5%、3.5%……,则相应地以 2、3、4……表示,例如含碳 0.37%~0.45%、含铬 0.8~1.1% 的铬合金钢以 40Cr 表示;含碳 0.57%~0.65%、含硅 1.5%~2.0%、含锰 0.6~0.9% 的合金钢以 60Si2Mn 表示。若为含磷、硫量较低 ( $P \leq 0.03\%$ 、 $S \leq 0.02\%$ ) 的高级优质合金钢,则在钢号最后加“A”表示,例如 20Cr2Si4A。

2. 合金工具钢 合金工具钢(包括刃具钢、模具钢、量具钢)的牌号表示方法与合金结构钢相似,但当其平均含碳量  $C \geq 1\%$  时,则碳含量不标出,当  $C < 1\%$  时以千分之几表示。但对于高速钢有所例外,对于高速钢不论含碳量是多少都不予表出,但当合金成分相同仅含碳量不同时,对于高碳钢在牌号前加“C”字。另外,合金工具钢都是高级优质钢。故牌号最后的“A”省去。合金元素的表示方法与合金钢相同。合金工具钢牌号举例:



CrMn——平均含碳量  $\geq 1\%$ , Cr、Mn 平均含量均  $< 1.5\%$  的合金工具钢。

9SiCr ——平均含碳量为  $0.90\%$ , Si、Cr 平均含量均  $< 1.5\%$  的合金工具钢

W 18Cr4V——含碳量为  $0.70\% \sim 0.80\%$ , W、Cr、V 平均含量分别为  $18\%$ 、 $4\%$  和小于  $1.5\%$  高速钢。

表 5-9 列出了常用低合金工具钢的牌号、成分、热处理、硬度及用途。

表 5-9 常用低合金工具钢的牌号、成分、热处理、硬度和用途

牌 号	主要化学成分 (%)					淬 火		用 途 举 例
	C	Si	Mn	Cr	其它	温度 (°C)	HRC (不小于)	
9Mn2V	0.85~ 0.95	$\leq 0.40$	1.70~ 2.00		V0.10 ~0.25	780~ 810 油	62	小冲模, 冲模及 剪刀, 冷压模, 量 规, 样板, 丝锥, 板 牙, 铰刀
9SiCr	0.85~ 0.95	1.20~ 1.60	0.30~ 0.60	0.95~ 1.25		780~ 860 油	62	板牙, 丝锥, 钻 头, 冷冲模, 冷轧 辊
Cr06	1.30~ 1.45	$\leq 0.40$	$\leq 0.40$	0.50~ 0.70		780~ 810 水	64	拉刀, 长丝锥, 量规, 块规
CrWMn	0.90~ 1.05	$\leq 0.40$	0.80~ 1.20	0.90~ 1.20	W1.20 ~1.60	800~ 830 油	62	板牙, 拉刀, 量 规, 形状复杂高精 度冲模

注: 1. 主要化学成分、淬火温度和冷却剂摘自 GB1299-85《合金工具钢技术条件》。

2. 淬火系指试样淬火。

(1) 刀具钢: 刀具在工作时受到复杂的切削力作用, 刃部与切屑间产生强烈的摩擦, 使刃部磨损并发热(可达  $800 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ ), 会使刃部硬度降低甚至丧失切削能力。另外, 刀具还承受冲击与震动。因此, 要求刀具钢应具有高硬度与高耐

磨性、高的红硬性和足够的强度与韧性。

另外,高速钢是一种红硬性耐磨性比低合金刃具钢更好的高合金工具钢,因其允许有更高的切削速度而得名。

(2)模具钢:根据工作条件的不同,模具钢分为使金属在冷状态下成型的冷作模具钢和在热态下成型的热作模具钢。

冷作模具包括冷冲模(冲载模、拉延模、弯曲模等)和冷挤压模等。

表 5-10、表 5-11、表 5-12 分别列出了冷作模具钢的牌号、热处理、性能和用途;不同冷作模具,对硬度的要求及不同模具的选材示例。

表 5-10 常用冷作模具钢的牌号、热处理、性能和用途

牌 号	交货状态 布氏硬度 HBS	淬 火		洛氏 硬度 HRC 不小于	用 途 举 例
		温度(℃)	冷却剂		
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 5-11 冷作模具对硬度的要求

模型	要求洛氏硬度 HRC							
	硅钢片 冲 模	薄钢板 冲 模	厚钢板 冲 模	拔丝模	剪 刀	φ5mm 以 下小冲头	挤铜铝 冷挤模	挤钢冷 挤 模
凸模	58~60	50~60	56~58	—	54~58	56~58	60~64	60~64
凹模	60~62	58~60	56~58	>64	—	—	60~64	58~60

表 5-12 冷作模具钢选材举例

冲模种类	钢 号			备 注
	简单(轻载)	复杂(轻载)	重 载	
硅钢片冲模	Cr12, Cr12MoV, Cr6WV	Cr12, Cr12MoV, Cr6WV	—	因加工批量大,要求寿命较长,故均采用高合金钢
冲孔落料模	T10A, 9Mn2V	9Mn2V, Cr6WV, Cr12MoV	Cr12MoV	
压弯模	T10A, 9Mn2V	—	Cr12, Cr12MoV, Cr6WV	
拔丝拉伸模	T10A, 9Mn2V	—	Cr12, Cr12MoV	
冷挤压模	T10A, 9Mn2V	9Mn2V, Cr12MoV, Cr6WV	Cr12MoV, Cr6WV	要求热硬性时还可选用 W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2
小冲头	T10A, 9Mn2V	Cr12MoV	W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2	冷挤压钢件、硬铝冲头还可选用超硬高速钢、基体钢*
冷镦(螺钉、螺母)模冷镦(轴承钢、球钢)模	T10A, 9Mn2V	—	Cr12MoV, 8Cr8Mo2SiV, Cr12MoV, W18Cr4V, Cr4W2MoV, 8Cr8Mo2SiV2, 基体钢*	

\* 基体钢指 5Cr4W2Mo3V、6Cr4Mo3Ni2WV、55Cr4WMo5VCo8, 它们的成分相当于高速工具钢在正常淬火状态的基体成分。这种钢过剩碳化物数量少、颗粒细, 分布均匀, 在保证一定耐磨性和热硬性条件下, 显著改善抗弯强度和韧性, 淬火变形也较小。

热作模具包括热锻模(含热挤压模)和热压铸模。

表 5-13 列出了常用热作模具钢的牌号、成分、热处理、性能和用途。

表 5-13 常用热作模具钢牌号、成分、热处理、性能和用途

牌 号	主要化学成分 (%)						热 处 理		洛 氏 硬 度 HRC	用 途 举 例
	C	Si	Mn	Cr	Mo	其它	淬火(°C)	回火 (°C)		
5CrMnMo	0.05~0.60	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	0.05~0.60	0.40	0.50~0.80	0.50~0.80	0.15~0.30	Ni 1.40~ 0.80	830~860 油	490~660	30~47	大型锻模
3Cr2W8V	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 GB1199-85《合金工具钢技术条件》。

热作模具材料的选择示例见表 5-14。

表 5-14 热作模具选材举例

名称	类型	选材举例	硬度 HRC
锻模	高度 < 250mm 小型热锻模	5CrMnMo, 5Cr2MnMo*	39~47
	高度在 250~400mm 中型热锻模		
	高度 > 400mm 大型热锻模	5CrNiMo, 5Cr2MnMo*	35~39
	寿命要求高的热锻模	3Cr2W8V, 4Cr5MoSiV, 4Cr5W2SiV	40~54
	热锻模	4Cr3W4Mo2VTiNb, 4Cr5MoSiV, 4Cr5W2SiV, 3Cr3Mo3V, 基体钢	39~54
	精密锻造或高速锻模	3Cr2W8V 或 4Cr5MoSiV, 4Cr5W2SiV, 4Cr3W4Mo2VTiNb	45~54
压铸模	压铸锌、铝、镁合金	4Cr5MoSiV, 4Cr5W2SiV, 3Cr2W8V	43~50
	压铸铜和黄铜	4Cr5MoSiV, 4Cr5W2SiV, 3Cr2W8V, 钨基粉末冶金材料, 钼、钛、锆难熔金属	
	压铸钢铁	钨基粉末冶金材料, 钼、钛、锆难熔金属	
挤压模	温挤压和温锻(300~800℃)	8Cr8Mo2SiV, 基体钢	
	热挤压**	挤压钢、钛或镍合金用 4Cr5MoSiV, 3Cr2W8V (>1000℃)	43~47
		挤压钢或铜合金用 3Cr2W8V (<1000℃)	36~45
		挤压铝镁合金用 4Cr5MoSiV, 4Cr5W2SiV (<500℃)	46~50
		挤压铅用 45 号钢 (<100℃)	16~20

\* 5Cr2MnMo 为堆焊锻模的堆焊金属牌号,其化学成分为:0.43%~0.53% C, 1.80%~2.20% Cr, 0.60%~0.90% Mn, 0.80%~1.20% Mo。

\*\* 所列热挤压温度均为被挤压材料的加热温度。

(3)量具钢:量具钢主要用于制造游标卡尺、千分尺、塞规、卡规、块规和样板等量具。对其性能要求是高硬度、高耐磨及高的尺寸稳定性等。

表 5-15 列出了常用量具钢的牌号、热处理及用途。

表 5-15 常用量具钢牌号、热处理和用途

牌 号	热 处 理	用 途 举 例
15,20,20Cr	渗碳,淬火,低温回火	简单平样板、卡规及大型量具
50,55,60,65	高频表面淬火,低温回火	
T10,T12	淬火,低温回火	低精度塞规、块规及卡尺
CrWMn	淬火,低温回火	高精度量规、块规及形状复杂的样板
Gr2,GCr15	淬火,低温回火	

### 三、有色金属简介

最常用的有色金属材料主要有铜、铜合金和铝、铝合金等。纯铜纯铝的强度、硬度较差,而导热、导电性能好,常用于制造电线、电缆以及对强度要求不高的零件及生活日用品。当在冶炼过程中有意加入一些合金元素构成其合金材料时,其强度、硬度等机械性能可得到极大的提高,因此工业上大量应用的是它们的合金。

1. 铝及铝合金 铝合金通常分为变形铝合金(又称压力加工铝合金)和铸造铝合金两大类。

常用变形铝合金的牌号、化学成分、机械性能及用途见表 5-16。

表 5-16 常用变形铝合金的牌号、化学成分、机械性能及用途举例

类别	牌号	主要化学成分(%)						材料状态	机械性能			用途举例
		Cu	Mg	Mn	Zn	其它	抗拉强度 $\sigma_b$ (MPa)		延伸率 $\delta_{10}$ (%)	布氏硬度 HBS		
防锈铝合金	LF5	0.10	4.8~5.5	0.3~0.6	0.02			M	280	20	70	焊接油箱、油管、焊条、铆钉以及中载零件及制品
	LF11	0.10	4.8~5.5	0.3~0.6	0.20	Ti 或 V 0.02~0.15		M	280	20	70	油箱、油管、焊条、铆钉以及中载零件及制品
	LF21	0.20	0.05	1.0~1.6	0.10	Ti 0.15		M	130	20	30	焊接油箱、油管、焊条、铆钉以及轻载零件及制品
硬铝合金	LY1	2.2~3.0	0.2~0.5	0.20	0.10	Ti 0.15		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		CZ	420	15	100	中等强度的结构零件,如骨架模锻的固定接头、支柱、螺旋桨叶片、局部锻粗零件、螺栓和铆钉
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		CS	600	12	150	结构中主要受力件,如飞机大梁、桁梁、加强框、蒙皮接头及起落架
锻铝合金	LD5	1.8~2.6	0.4~0.8	0.4~0.8	0.30	Ni 0.10 Ti 0.10		CS	420	13	105	形状复杂的中等强度的锻件及模锻件
	LD6	1.8~2.6	0.4~0.8	0.4~0.8	0.30	Ni 0.10 Co 0.10~0.2 Ti 0.02~0.1		CS	390	10	100	形状复杂的锻件和模锻件,如压气机叶轮和风扇叶轮
	LD7	1.9~2.5	1.4~1.8	0.20	0.30	Ni 0.9~1.5 Ti 0.02~0.1		CS	440	12	120	内燃机活塞,在高温下工作的复杂锻件、板材、结构件

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. 热处理代号:M—退火,CZ—淬火+自然时效,CS—淬火+人工时效。

常用的部分铸造铝合金的牌号和用途见表 5-17

表 5-17 常用的部分铸造铝合金的牌号和用途

合金牌号	用 途 举 例
ZAlSi7Mg	形状复杂的砂型、金属型和压力铸造零件,如飞机、仪器零件、水泵壳体,工作温度不超过 185℃ 的汽化器等
ZAlSi9Mg	砂型、金属型和压力铸造的形状复杂、在 200℃ 以下工作的零件,如发动机机匣、汽缸体等
ZAlCu4	砂型铸造、中等载荷和形状比较简单的零件,如托架和工作温度不超过 200℃ 并要求切削加工性能好的小零件
ZAlMg5Si1	腐蚀介质作用下的中等载荷零件,在严寒大气中以及工作温度不超过 200℃ 零件,如海轮配件和各种壳体
ZAlZn11Si7	压力铸造零件,工作温度不超过 200℃、结构形状复杂的汽车、飞机零件

2. 铜及铜合金 纯铜俗称紫铜。铜合金通常按化学成分的不同分为黄铜、白铜和青铜三大类。

黄铜的代号为 H。部分常用黄铜的牌号、成分、机械性能和用途见表 5-18。

青铜的代号为 Q。部分常用青铜的牌号、成分、机械性能和用途见表 5-19。



表 5-18 部分黄铜的牌号、成分、机械性能及用途

类别	牌 号	主要化学成分 (%)		制品种类或铸造方法	机械性能			用 途 举 例	
		Cu	Zn 及其它		抗拉强度 $\sigma_b$ (MPa)	延伸率 $\delta$ (%)	布氏硬度 HBS		
压力加工黄铜	H96	95~97	Zn 余量	板,带,箔,棒,线,管	270	35	导管、冷凝器、散热片及导电零件,冷冲、冷挤零件,如弹壳、铆钉、螺母、垫圈等		
	H68	67~70			300	40			
	H62	60.5~63.5			300	40		56	
	HPb59-1	57~60	Pb 0.8~1.9 Zn 余量	板,带,管,棒,线	350	25		49	各种结构零件,如销、螺钉、螺母、衬套、垫圈
	HMn58-2	57~60	Mn 1~2 Zn 余量	板,带,棒,线	390	30		85	船舶和弱电用零件
铸造黄铜	ZCuZn16Si479~81		Si 2.5~4.5 Zn 余量	S	345	15	90	在海水、淡水和蒸汽(<265℃)条件下工作的零件,如支座、法兰盘、导电外壳	
				J	390	20	100		
	ZCuZn40Pb258~63		Pb 0.5~2.5 Al 0.2~0.8 Zn 余量	S	220	15	80*	选矿机大型轴套及滚珠轴承的轴承套	
				J	280	20	90*		
	ZCuZn31Al266~68		Al 2~3 Zn 余量	S	295	12	80	海运机械、通用机械的耐蚀零件	
				J	390	15	90		

注:1. 压力加工黄铜化学成分摘自 GB5232-85《加工黄铜的化学成分和产品形状》。

2. 铸造黄铜化学成分、机械性能摘自 GB1176-87《铸造铜合金技术条件》。

3. 铸造方法代号:S—砂型铸造;J—金属型铸造。

4. 有“\*”符号的数据为参考值。

表 5-19 部分常用青铜的牌号、成分、机械性能及用途

类别	牌 号	主要化学成分 (%)		制品种类或铸造方法	机械性能			用 途 举 例
		Sn	其它		抗拉强度 $\sigma_b$ (MPa)	延伸率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 HBS	
压力加工锡青铜	QSn4-3	3.5~4.5	Zn2.7~3.3 Cu余量	板,带 棒,线	350	40	60	做弹簧、管配件和化工机械等较为次要的零件
	QSn6.5-0.4	6.0~7.0	Pb0.26~0.4 Cu余量	板,带, 棒,线	350~450	60~70	70~90	弹簧和耐磨零件以及造纸工业用的铜网
	QSn4-4-2.5	3.0~5.0	Zn3.0~5.0 Pb1.5~3.5 Cu余量	板,带	300~350	35~45	60	做轴承和轴套的衬垫
铸造锡青铜	ZCu6Ni10Zn2	9.0~11.0	Zn1.0~3.0 Cu余量	S	240	12	70*	在 1.5MPa(15个大气压)以上工作的重要管配件、阀、泵、齿轮和轴套等
				J	245	6	80*	
	ZCuSn10Pb1	9.0~11.5	Pb1.5~1.0 Cu余量	S	220	3	80*	
				J	310	2	90*	
无锡青铜	QA17	—	Al6.0~8.0 Cu余量	板,带	470	70	70	重要的弹簧和弹簧零件
	QBe2	—	Be1.8~2.1 Ni0.2~0.5 Cu余量	板,带, 棒,线	500	3	100	重要用途的弹簧及齿轮等
	QA19-4	—	Al8.0~10.0 Fe2.0~4.0 Cu余量	S	400	10	100	重要用途的耐磨耐蚀的零件,如齿轮、轴套
J				500	12	110		

注:1. 压力加工锡青铜、无锡青铜化学成分摘自 GB5233-85《加工青铜的化学成分和产品形状》。

2. 铸造锡青铜的化学成分和机械性能摘自 GB1176-87《铸造铜合金技术条件》。

3. 铸造方法代号:S—砂型铸造;J—金属型铸造。

4. 有“\*”的数据为参考值。

## 四、工程塑料及其它常用非金属材料

### (一) 塑料

塑料通常可分为通用塑料和工程塑料两大类。通用塑料产量大、价格低、性能一般,主要用来制造生活用品,以及包装材料等。工程塑料价格较高,但具有较好的力学性能、化学性能和电性能,被广泛应用在机械、化工、轻工等多种行业中。表 5-20 列出了工程塑料的品种、性能和应用。

### (二) 橡胶

橡胶按来源的不同可分为天然橡胶及合成橡胶;根据应用情况,可分为通用橡胶和特殊橡胶。表 5-21 列出了部分常用橡胶的品种、性能特点和用途。

### (三) 复合材料

由两种或两种以上不同性质的物质,经人工合成的一类材料,称为复合材料。金属与金属、金属与非金属、非金属与非金属均可复合。复合材料具有高强度、高刚度、低密度、隔热、隔音、减振和阻燃等特点。但抗冲击性能差、横向和层间剪切强度较低,质量还不十分稳定,价格较高。表 5-22 列出了目前应用最为广泛的纤维增强复合材料的种类、特性和用途。

表 5.20 工程塑料的品种、性能和应用

品 种	机 械 性 能							热 性 能				应 用 举 例
	抗拉强度 (MPa)	抗压强度 (MPa)	抗弯强度 (MPa)	延伸率 (%)	冲击值 $\times 10^3$ ( $\frac{N \cdot m}{m^2}$ )	弹性模量 $\times 10^3$ (MPa)	硬度	熔点 (°C)	马丁耐热 (°C)	脆化温度 (°C)	线胀系数 ( $\times 10^{-5}/^{\circ}C$ )	
尼龙 6	54~78	60~90	70~100	150~250	带缺口 3.1	0.83~2.6	HRB 85~114	215~223	40~50	-20~ -30	7.9~8.7	具有优良的机械强度和耐磨性,广泛用作机械、化工及电气零件,例如:轴承、齿轮、凸轮、滚子、蜗轴、泵叶轮、风扇叶轮、蜗轮、螺钉、螺母、垫圈、高压密封圈、阀座、输油管、储油容器等。尼龙粉末还可喷涂于各种零件表面,以提高摩擦磨损性能和密封性能
尼龙 9	58~65		80~85		无缺口 250~300	0.97~1.2		209~215	12~48		8~12	
尼龙 66	67~83	90~120	100~110	60~200	带缺口 3.9	1.4~3.3	HRB 100~113	265	50~60	-25~ -30	9.1~10.0	
尼龙 610	47~60	70~90	70~100	100~240	带缺口 3.5~5.5	1.2~2.3	HRB 90~113	210~223	51~56		9.0~12.0	
尼龙 1010	52~55	110	82~89	100~250	带缺口 4~5	1.6	HB 7.1	200~210	45	-60	10.5	

续表 5-20

品 种	机 械 性 能							热 性 能				应 用 举 例
	抗拉强度 (MPa)	抗压强度 (MPa)	抗弯强度 (MPa)	延伸率 (%)	冲击值 $\times 10^3 \left( \frac{N \cdot m}{m^2} \right)$	弹性模量 $\times 10^3 (MPa)$	硬度	熔点 (°C)	马丁耐热 (°C)	脆化温度 (°C)	线胀系数 $(\times 10^{-5} / ^\circ C)$	
MC尼龙 (无填充)	91.6	106.8	158.6	20	无缺口 520~ 624	3.6 (拉伸)	HB 21.3		55		8.3	强度特高, 适于制造大型齿轮、蜗轮、轴套、大型阀门密封面、导向环、导轨、浮动轴承保持器、船尾轴承、起重汽车吊索绞盘蜗轮、柴油发动机燃料泵蜗轮、矿山铲掘机轴承, 水压机立柱导套、大型轧钢机辊道轴瓦等
聚甲醛 (均聚物)	(屈服)	127	98	15	带缺口 7.6	2.9(弯曲)	HB 17.2		60~ 64		8.1~10.0 (当温度在 0~40°C时)	具有良好的摩擦磨损性能, 尤其是优越的干摩擦性能。用于制造轴承、齿轮、凸轮、滚轮、辊子、阀门上的阀杆螺母、垫圈、法兰、垫片、泵叶轮、鼓风机叶片、弹簧、管道等

续表 5-20

品 种	机 械 性 能							热 性 能				应 用 举 例
	抗拉强度 (MPa)	抗压强度 (MPa)	抗弯强度 (MPa)	延伸率 (%)	冲击值 $\times 10^3$ $\left(\frac{N \cdot m}{m^2}\right)$	弹性模量 $\times 10^3$ (MPa)	硬度	熔点 (°C)	马丁耐热 (°C)	脆化温度 (°C)	线胀系数 $(\times 10^{-5}/^{\circ}C)$	
聚碳酸酯	66~70	83~88	106	100	带缺口 64~75	2.2~2.5 (拉伸)	HB 9.7~ 10.4	220~ 230	110~ 130	-100	6~7	具有高的冲击韧性和优异的尺寸稳定性。用于制造滑轮、蜗轮、轴杆、齿条凸轮、心轴、轴承、滑轮、铰链、传动链、螺栓、螺母垫圈、铆钉、泵叶轮、汽车化油器部件、节流阀、各种外壳等
聚 砜	85.6 (屈服)	89~97	108~ 127	20~ 100	带缺口 7.0~ 8.1	2.5~2.8 (拉伸)	HRB 120		156	-100	5.0~5.2	具有高的热稳定性,长期使用温度可达 150~174°C,是一种高强度材料。可做齿轮、凸轮、电表上的接触器、线圈骨架、仪器仪表零件、计算机和洗涤剂零件及各种薄膜、板材、管道等

注:尼龙 6,66 和 610 等由于吸水性很大,因此其各项性能上下限差别很大。

表 5-21 常用橡胶品种、特点和用途举例

类 别	橡胶品种(代号)	特 点	最高使用 温度(°C)	常用温度 上限 (°C)	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、气密性与耐热性好,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

续表 5-21

类别	橡胶品种(代号)	特点	最高使用温度(°C)	常用温度上限(°C)	用途举例
特种橡胶	聚氯酯橡胶(UUR)	耐磨、耐油性好,强度较高	80	—	胶辊,实心轮胎,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°C)、耐低温(达-50°C),绝缘性好	150	—	散热器,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°C),绝缘性好	200	—	耐高低温制品,绝缘件
	氟橡胶(FPM)	耐高温,耐油,耐腐蚀性好,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



表 5-22 纤维增强复合材料

纤维种类	基 体	特 性	用 途
聚芳酰胺纤维 (芳纶纤维)	合成树脂	韧性好、弹性模量高、密度低。但耐压强度及弯曲疲劳强度较差	可制造雷达天线罩,高强度绳索(如降落伞),高压防腐蚀容器,游艇的船体等
玻璃纤维	合成树脂	有优良的抗拉、抗弯、抗压及抗蠕变性能,耐冲击性、电绝缘性好	可制作减摩、耐磨的机械零件,密封件、仪器仪表零件、管道、泵阀、汽车船舶壳体,以及建筑结构,飞机制造等
碳纤维	合成树脂 陶瓷 金属	密度小,强度和弹性模量高,耐磨,自润滑性好。热膨胀系数小,可经受剧烈的加热或冷却,且可耐 2000℃ 以上的高温	在航天、航空、原子能工业中用作燃气轮机叶片、发动机体,轴瓦、齿轮、卫星结构。还可作人工关节
硼纤维	合成树脂 金属	弹性模量高,耐热性能好	可作航天、航空、飞行器结构件、涡轮机、推进器零件
碳化硅纤维	合成树脂	有极高强度和高温下的化学稳定性	可制作涡轮叶片
石棉纤维	合成树脂	耐热,耐酸,耐磨,吸湿性小,绝缘性好	可制作密封件、制动件及绝热材料

## 第六章 钢的热处理

钢的热处理就是利用钢的组织随温度变化的规律,通过把钢加热、保温和冷却的操作过程,以改变钢的组织结构,从而获得所需要的性能的工艺方法。

热处理主要有两方面的作用:一是获得零件所要求的使用性能,如提高零件的强度、韧性和使用寿命等。所以,主要的机械零件都要进行热处理;二是作为零件加工过程中的一个中间工序,为消除生产过程中妨碍继续加工的某些不利因素(如改善切削加工性、冲压性),以保证继续加工正常进行。因此,热处理在机械制造业中,是提高产品质量和延长机械零件使用寿命所不可缺少的一环。

### 一、铁碳合金状态图

钢铁是当前工农业生产中应用最广泛的金属材料。它是由铁、碳和少量的硅、锰、硫、磷等元素及杂质组成的,其中,铁和碳两种元素对金属材料组织和性能的影响最大,并且含量也较多。因此可以说,钢铁基本上是以铁和碳两种元素为主组成的铁碳合金,含碳量小于 2.11% 叫碳钢,含碳量大于 2.11% 叫铸铁。

#### (一) 铁碳合金的基本组织

1. 合金的晶体结构 由两种或两种以上的金属元素(或金属与非金属元素)经熔合或烧结在一起,固体时具有金属特

性的物质称为合金。组成合金最基本的、独立的元素称为组元,如碳钢是由铁和碳两种组元组成的二元合金。

合金在大多数情况下,液态时各种元素(组元)能够互相溶解形成均匀合金溶液。经过冷却为固态后,由于合金中各元素之间的相互作用不同,可以得到下列三种合金结构。

(1) 固溶体:固溶体是溶质(组元)的原子溶入溶剂(组元)的晶格中,但其晶格类型不改变,而只使晶格中的原子排列遭到破坏,使晶格发生畸变。这将导致变形阻力增加,从而提高了合金的强度和硬度。这种现象称为“固溶强化”。实际使用的金属材料大多数是固溶体合金,或是以固溶体为基体的多相合金。

(2) 化合物:化合物是由两种或两种以上元素(金属元素之间或金属元素与非金属元素)按一定比例相互化合而形成的物质称化合物。如铁和碳形成的化合物为碳化铁( $\text{Fe}_3\text{C}$ )。它既不同于铁的晶格,也不同于碳的晶格,形成一种复杂的结构。同时,它的性能也完全不同于组成合金原来元素的各自性能。化合物的性能特点是,熔点高、硬而脆、塑性和韧性差。

金属化合物存在于合金中,可以使合金的强度、硬度和耐磨性提高,而塑性和韧性有所下降。因此,可以通过调整合金中金属化合物的数量、大小、形状分布状况来改善金属材料的机械性能,满足使用要求。

(3) 机械混合物。机械混合物是由组成合金的元素或化合物在固态下不能互相溶解、又不能形成化合物,而是机械地混合在一起的一种多相组织。它的组成仍然保持各自的晶格类型。它的性能取决于各相在混合物中的数量、大小、形状和分布状况。

机械混合物可以是纯金属、固溶体或化合物各自组成的

混合物,也可以是它们之间的混合物。但是,绝大多数工业用合金材料,大都是在固溶体基体上,分布着数量不等的化合物(一种或几种)所构成的机械混合物。

2. 铁碳合金的基本组织 铁碳合金中铁和碳结合的形式有:一是碳溶于铁中形成的固溶体;二是碳与铁形成的化合物;三是固溶体和化合物组成混合物。因此,铁碳合金组织最基本的有下面几种:

(1) 铁素体(F):碳原子溶入  $\alpha$ -Fe 中形成的间隙固溶体称为铁素体,呈体心立方晶格。其晶格的空间较小,因此溶碳量较小,在  $727^{\circ}\text{C}$  时溶碳量最大为  $0.0218\%$ ,随温度下降溶碳量逐渐减小,在  $600^{\circ}\text{C}$  时溶碳量约为  $0.0057\%$ ,在  $200^{\circ}\text{C}$  时只能溶碳  $7 \times 10^{-7}\%$ 。因此,铁素体在室温时的性能几乎与纯铁相同,其强度、硬度较低,塑性较好。

铁素体存在于  $912^{\circ}\text{C}$  以下,可以在室温下存在。

(2) 奥氏体(A):碳溶入  $\gamma$ -Fe 中形成的间隙固溶体称为奥氏体,呈面心立方晶,其晶格的空间较大,碳在  $\gamma$ -Fe 中溶解能力较大。奥氏体在  $1148^{\circ}\text{C}$  时溶碳量最大为  $2.11\%$ ,随温度下降溶碳量逐渐减少,在  $727^{\circ}\text{C}$  时溶碳量为  $0.77\%$ 。奥氏体的性能与溶碳量及晶粒大小有关,其强度、硬度较低而塑性较高。所以,在轧钢和锻造时,常把钢加热到高温呈奥氏体状态进行。奥氏体没有磁性。

奥氏体可以在  $727^{\circ}\text{C}$  以上高温区域内存在。

(3) 渗碳体:铁与碳形成的化合物称为渗碳体。它的分子式为  $\text{Fe}_3\text{C}$ ,含碳量为  $6.67\%$ ,熔点约为  $1227^{\circ}\text{C}$ 。渗碳体晶格复杂,硬度高(约为  $950 \sim 1050\text{HV}$ ),极脆,而塑性几乎等于零,有磁性转变而没有同素异晶转变。它在  $230^{\circ}\text{C}$  以下具有弱铁磁性,而在  $230^{\circ}\text{C}$  以上则失去磁性。

渗碳体是碳在铁碳合金中存在的主要形式,它与铁素体等固溶体形成混合物。它的形态和分布,对钢的性能影响很大。它在钢中所占比重愈大,硬度愈高,塑性愈差。渗碳体不能单独使用,但在一定条件下会发生分解形成石墨状的自由碳。它可在室温下存在。

(4) 珠光体(P):铁素体和渗碳体的混合物称为珠光体。其性能介于铁素体和渗碳体之间,强度较高,硬度中等,具有一定的塑性和韧性。

珠光体是含碳量为 0.77% 的奥氏体冷却到 727℃ 时发生转变的产物,一般是铁素体与渗碳体呈片层状相间分布。它在 727℃ 以下和室温存在。

## (二) 铁碳合金状态图

铁碳合金状态图就是用于研究铁碳合金在加热、冷却时的结晶过程和固态下随温度变化而组织转变的图解。实际生产中应用的铁碳合金状态图,其含碳量的范围为 0% ~ 6.67%。因为含碳量超过 6.67% 时,硬度高、脆性大,故没有实用价值。

铁碳合金状态图是以温度为纵坐标,含碳量为横坐标,经过试验(在极缓慢加热和冷却条件下进行),测出各种不同含碳量的铁碳合金在加热或冷却时的临界点(发生组织转变开始或終了的那个温度,叫做临界温度或叫做临界点),标示图上,并把相同性质的临界点连接起来,就构成了如图 6-1 所示的铁碳合金状态图(含碳量 < 2.11 为钢的部分)。

1. 图中各点、线的分析 图中的符号都是通用的。

E 点为在 1148℃ 时,碳在  $\gamma$ -Fe 中最大溶解度,含碳量为 2.11%。钢和铁以此(E 点)为界,凡含碳量 < 2.11% 的铁碳合金称为钢,含碳量 > 2.11% 的铁碳合金称为生铁。

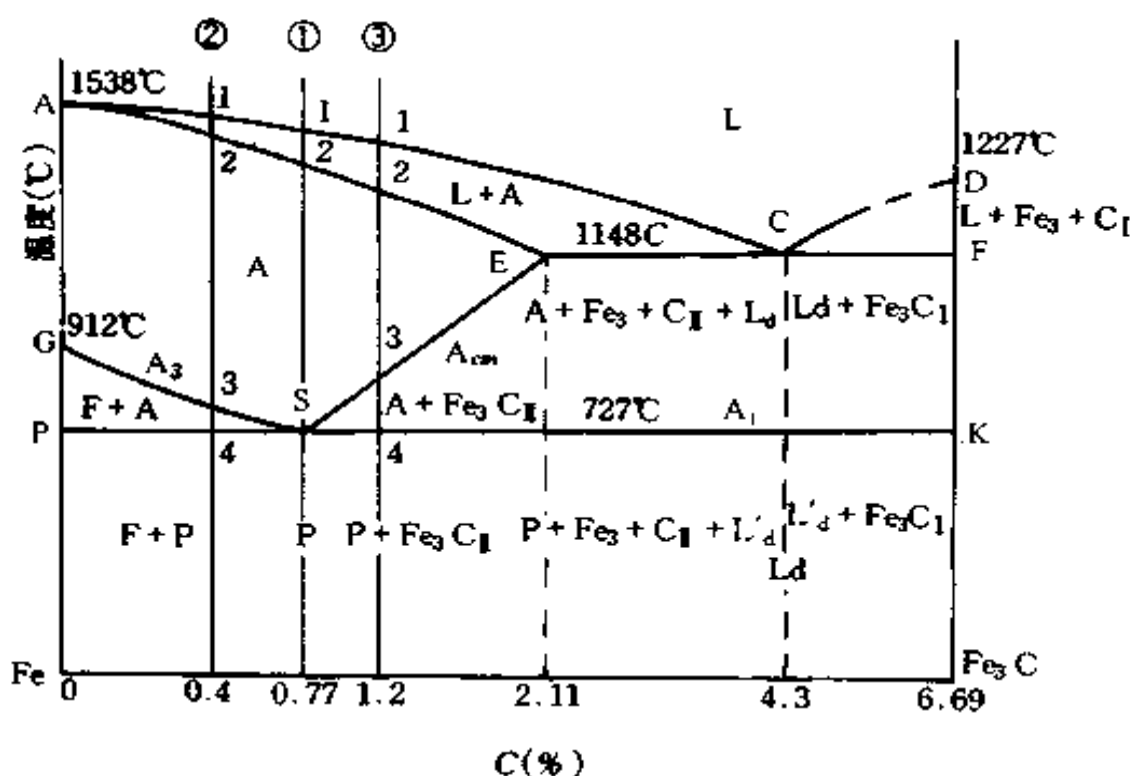


图 6-1 简化后的 Fe-Fe<sub>3</sub>C 状态图

G 点为在 912°C 时, 纯铁的同素异晶转变点, 即  $\alpha\text{-Fe} \rightleftharpoons \gamma\text{-Fe}$ 。

P 点为在 727°C 时, 碳在  $\alpha\text{-Fe}$  中最大溶解度, 含碳量为 0.0218%。

S 点为共析点。温度为 727°C, 含碳量为 0.77%。奥氏体将在恒温下同时析出铁素体和渗碳体的细密混合物, 称为珠光体。这个过程称为共析转变 ( $A \xrightarrow{727^\circ\text{C}} F + \text{Fe}_3\text{C}$ )。

ES 线也叫  $A_{cm}$  线, 是碳在奥氏体中的溶解度曲线, 碳在奥氏体中最大溶解度是 E 点, 随着温度下降, 溶解度减小, 到 727°C 时, 奥氏体中溶碳量为 0.77%。由图可知, 凡含碳量 > 0.77% 的铁碳合金, 由 E 点 (1148°C) 冷却到 S 点 (727°C) 的过程中, 因碳的溶解度减少, 而过剩的碳将以渗碳体 (为区别

于从液态合金中直接析出的渗碳体而称为二次渗碳体)的形式从奥氏体中析出。

GS线也叫  $A_3$  线,是含碳量  $< 0.77\%$  的铁碳合金在冷却时,奥氏体开始转变(析出)铁素体的温度线。

PSK线也叫  $A_1$  线(称为共析线),铁碳合金冷却到此线时(即温度是  $727^\circ\text{C}$  时)由奥氏体中同时析出两种新的固相物质:一是含碳为  $0.0218\%$  的铁素体;另一是渗碳体,故称为共析转变。共析转变所形成的混合物,称为珠光体,又称共析体。

上述各线的意义,不仅适用于冷却,也适用于加热。加热时组织转变的顺序与冷却相反。即

$A_{cm}$  线,奥氏体  $\xrightleftharpoons[\text{加热}]{\text{冷却}}$  渗碳体

$A_3$  线,奥氏体  $\xrightleftharpoons[\text{加热}]{\text{冷却}}$  铁素体

$A_1$  线,奥氏体  $\xrightleftharpoons[\text{加热}]{\text{冷却}}$  珠光体

2. 钢的转变过程及其组织 含碳量在  $2.11\%$  以下的铁碳合金称为碳钢,其特点是,高温固态组织为塑性很好的奥氏体,因而钢进行热压加工时,必须使钢呈奥氏体状态。

根据状态图中共析点 S,钢又可分为三部分。在 S 点左边的称为亚共析钢(含碳量  $< 0.77\%$ );在 S 点右边的称为过共析钢(含碳量  $> 0.77\%$ );在 S 点上的称为共析钢(含碳量  $= 0.77\%$ )。在 PSK 线以下时,它们的组织分别是:亚共析钢为珠光体 + 铁素体;共析钢为珠光体;过共析钢为珠光体 + 渗碳体。

## 二、钢在加热和冷却时的转变

### (一) 钢在加热时的转变

钢在进行热处理时,任何成分的钢有时需要加热到奥氏体,由于在加热(冷却)时,按一定的速度进行,故其加热(冷却)时的临界点要高于(低于)状态图上的临界点,且加热(冷却)的速度越大,其偏离状态图上的临界点也越远。为了区别于状态图上的临界点,将加热时的临界点用  $A_{c1}$ 、 $A_{c3}$ 、 $A_{cm}$  表示;冷却时用  $A_{r1}$ 、 $A_{r3}$ 、 $A_{rcm}$  表示。

1. 加热温度的选定 加热的主要目的是使钢既要得到单相奥氏体组织,又要防止奥氏体晶粒的粗化,加热温度愈高,晶粒长大愈快,也就愈粗大。因此,为了获得细小奥氏体晶粒,必须根据钢的化学成分和生产条件,正确地选定热处理加热温度范围。一般对碳钢根据铁碳合金状态图来选定,加热到临界点以上某一适当温度。

2. 保温时间 保温的目的是要保证钢在某一固定温度下得到单一而均匀的奥氏体,而钢在加热时随保温时间的延长,晶粒不断长大。确定钢热处理的保温时间,还要考虑生产的具体条件,如加热炉容量、被加热工件的大小、数量、成分等因素。生产中按下述经验选定:对碳钢一般每 1mm 厚需保温 1~1.5min,对合金钢每 1mm 厚需 1.5~2min。

3. 加热速度 加热速度愈快,奥氏体形成温度愈高,形成的温度范围扩大,形成所需的时间可缩短,因此可获得细小的起始晶粒。

### (二) 钢在冷却时的转变

奥氏体冷却转变的方式有等温冷却和连续冷却两种。



1. 过冷奥氏体的等温转变 等温转变是把加热到奥氏体状态的钢,快速冷却到  $A_{r1}$  线以下某一温度,然后等温停留(即保持温度不变)一段时间,让奥氏体发生转变后再冷却到室温。

在不同的温度范围内进行等温转变,共析钢在冷却过程中产生三种不同的转变产物。

(1) 高温转变:由  $A_1$  至 C 曲线的鼻尖(约  $550^{\circ}\text{C}$ )之间的转变,由于温度较高称高温转变,其转变产物是由面心立方晶格的奥氏体转变为由体心立方晶格的铁素体和片状渗碳体组成的珠光体,故又称为珠光体转变。珠光体的性能主要取决于片层间的距离。

(2) 中温转变:过冷奥氏体在  $550^{\circ}\text{C}$  (鼻尖)至  $M_s$  (约  $240^{\circ}\text{C}$ ) 温度之间的转变,其转变产物是由含过饱和碳的铁素体和渗碳体组成的混合物称贝氏体,故又称贝氏体转变,用符号“B”表示。根据贝氏体形态不同,又分为上贝氏体和下贝氏体两种。在  $550\sim 350^{\circ}\text{C}$  形成呈羽毛状结构,称上贝氏体,硬度可达 HRC45 左右,塑性较差。所以,在热处理时应防止出现上贝氏体组织。在  $350^{\circ}\text{C}\sim M_s$  形成呈黑色针状结构,称下贝氏体,硬度可达 HRC55 左右,并且有较好的塑性和韧性,所以在生产中有时采用等温淬火工艺来获得下贝氏体组织。

(3) 低温转变:当奥氏体快速冷却到较低温度( $M_s$  以下)时,由于碳原子在低温下失去扩散能力,被迫留在体心立方晶格的  $\alpha$  铁内(铁素体)。这种由奥氏体快冷而形成的过饱和的  $\alpha$  固溶体(即过饱和的铁素体)称为马氏体,故又称为马氏体转变,用符号“M”表示。此温度称为马氏体开始转变温度,用“ $M_s$ ”表示。马氏体转变终止温度为  $-50^{\circ}\text{C}$ ,用“ $M_f$ ”表示。即马氏体是在快速的连续冷却过程中形成的。

由于碳原子留在晶格内,引起晶格歪扭,使共析钢马氏体的硬度可达到 HRC65 左右。马氏体中碳的含量愈高,晶格歪扭愈严重,马氏体的硬度也愈高。另外,马氏体的比容比奥氏体大,当奥氏体转变为马氏体时,钢的体积增大。这种体积变化将引起很大的内应力,使钢发生变形,甚至开裂。

亚共析钢和过共析钢的过冷奥氏体等温转变曲线图与共析钢等温转变相似。

2. 过冷奥氏体的连续冷却转变 在生产中进行热处理时,钢的冷却绝大多数是采用连续冷却。连续冷却时,由于冷却速度不同,如空气中冷却、油冷、水冷和随炉冷等。因此,研究奥氏体在连续冷却时的转变规律,具有重要的实际意义。

奥氏体在不同的冷却速度进行连续冷却,可获得珠光体、索氏体、托氏体、贝氏体或某两种组织的混合物。当冷却速度小于临界冷却速度  $V_k$  (即为奥氏体全部转变成马氏体的最低冷却速度)时,随冷却速度增大,转变温度降低,所得组织的强度、硬度越高。共析钢在不同冷却速度时所获得的组织和硬度见表 6-1。

表 6-1 共析钢在不同冷却速度时所获得的组织和硬度

冷却速度 ( $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ )	转变温度		获得组织	洛氏硬度 HRC
	分解温度( $^{\circ}\text{C}$ )	$M_s$ ( $^{\circ}\text{C}$ )		
1	680		珠光体(粗)	22
10	650		索氏体(珠光体细)	25~35
70	550		托氏体(珠光体极细)	40
100	550~500	200	贝氏体+马氏体	45~55
$\geq 150$		200	马氏体	60

马氏体转变发生在一定的温度范围内,它有固定的开始转变温度( $M_s$ )和转变终了温度( $M_f$ )。 $M_s$ 和 $M_f$ 与冷却速度无关,而与钢的化学成分有关。所以,每一种钢都有它自己的马氏体转变开始温度和转变终了温度。 $M_s$ 和 $M_f$ 随含碳量的增高而下降。

钢中含碳量对马氏体转变的影响,如图 6-2 所示。由图可知,奥氏体的含碳量超过 0.5% 时, $M_f$  降至室温以下,因此钢淬火到室温时,奥氏体向马氏体的转变不能全部进行到底,总有一部分奥氏体被残留下来。随着含碳量的增加,淬火后残余奥氏体量也增多。即使在保证把奥氏体冷却到  $M_f$  以下,组织中仍然得不到全部转变成的马氏体,而总有少量的残余奥氏体被留下来。这被称为奥氏体转变的不完全性。一般低、中碳钢淬火到室温后,约有 1%~2% 的残余奥氏体;高碳钢淬火到室温后,约有 10%~15% 的残余奥氏体。残余奥氏体的存在降低了淬火钢的硬度、耐磨性和工件的尺寸精度。要使残余奥氏体继续向马氏体转变,可将淬火钢继续冷却到室温以

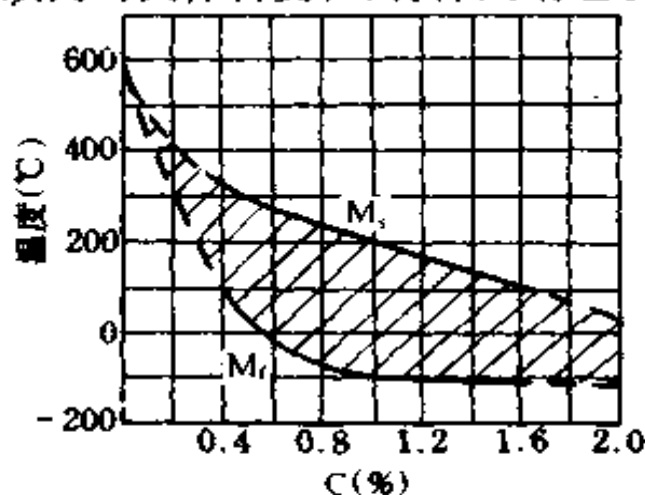
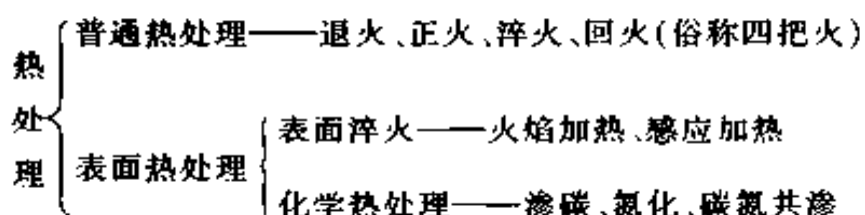


图 6-2 奥氏体的含碳量对  $M_s$  和  $M_f$  点的影响

下(一般为 $-50\sim-80^{\circ}\text{C}$ )。这种处理方法称为冷处理。

### 三、钢的热处理基本工艺

生产上常用的热处理基本工艺的分类如下：



热处理的工艺方法虽然很多,但各种热处理工艺过程都是由加热、保温、冷却三个阶段组成。通常可用温度—时间坐标图形来表示,称为热处理工艺曲线,如图 6-3 所示。因此,我们只要掌握钢件的加热(包括保温)、冷却这两个过程中组织变化规律,就能容易地理解各种热处理工艺的作用和目的。

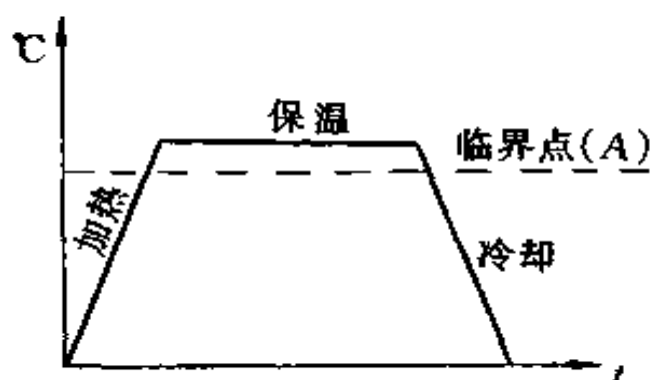


图 6-3 热处理工艺曲线

#### (一) 钢的退火与正火

退火与正火是应用广泛的热处理基本工艺,在机械零件或工模具等工件的制造过程中,往往作为预先热处理工序,安排在铸造或锻造之后、切削(粗)加工之前,用于消除前一工序

带来的缺陷；或是为随后的工序做好组织准备。

1. 退火 退火除经常作为预先热处理工序外，有时也用于最后热处理，但是，只能用于一些性能要求不高，而退火后能满足使用时机械性能要求的工件。例如一些容器和箱体的焊接件或铸件。

根据钢的成分，退火的目的和工艺的不同，常用的退火分为完全退火、等温退火、均匀化退火、球化退火和去应力退火等。

2. 正火 正火是将钢加热到  $A_{c3}$  或  $A_{cm}$  以上  $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，保温一段时间，达到完全奥氏体化后，然后在空气中冷却。其目的是：用于低碳钢和某些低合金钢，可细化晶粒、均匀组织、改善切削加工性；用于中碳钢，可改善不合理组织，为随后热处理作准备，而对于要求不高的零件通过调整硬度，作为最终热处理；用于高碳钢，可消除网状碳化物，为球化退火作好组织准备。

正火实质上是退火的一种特例，与退火相比，钢的机械性能高，操作简便，所用时间短，生产效率高。在热处理中，凡能用正火代替的，应尽量采用正火处理。

## (二) 钢的淬火与回火

1. 淬火 将钢加热到临界点以上保温一段时间，获得奥氏体组织（亚共析和共析钢为均匀的奥氏体；过共析钢为奥氏体+渗碳体），然后快速（ $V_{冷} > V_k$ ）冷却，阻止奥氏体向珠光体转变，使其发生马氏体（或马氏体+残留奥氏体）转变的热处理工艺，称为淬火。

淬火的目的是：为提高工具的硬度及耐磨性；为机械零件获得较好的综合机械性能；为改变钢的某些物理和化学性质，如不锈钢的淬火可提高耐蚀性和软化。由于马氏体很脆，为满足各类钢件的实际需要，在淬火后要配以适当的回火。所

以,淬火是为回火时,调整和改善钢件性能作准备,回火则决定了钢件的最终组织。

淬火是热处理中最重要的一种工艺方法。淬火的质量与加热温度、加热速度、加热方法、保温时间、冷却速度和冷却方法有关。

(1) 加热温度:淬火时加热温度主要取决于钢的化学成分。因此,对碳钢主要根据铁碳合金状态图来选择下限淬火加热温度,而决定上限淬火温度还要考虑到工件的技术要求、尺寸大小、形状复杂程度等具体因素。

(2) 加热保温时间:淬火时,为得到均匀一致的组织 and 性能要求,确定加热时间也是一个极为重要的问题。生产上常常把工件升温 and 保温时间合在一起计算,统称为加热时间。升温时间指工件表面加热到淬火温度的时间(或仪表指示温度达到淬火温度的时间)。保温时间指工件表面 and 心部均达到淬火温度,并完成组织转变所需的时间。

工件淬火加热时间与钢的成分、原始组织、工件的形状 and 尺寸、加热介质、装炉方式、炉温等许多因素有关。在实际生产中,通常按工件的有效厚度计算确定。

(3) 冷却介质:钢在淬火时,为了获得高硬度的马氏体,淬火的冷却速度要快( $> V_k$ ),但要减少变形 and 防止开裂,淬火的冷却速度又不能太快。因此,冷却速度是关系淬火质量好坏的关键。

为了得到马氏体组织,不需要在整个冷却过程中都快速冷却,只需在奥氏体最不稳定的区域(在  $650 \sim 550^\circ\text{C}$ ),应当快速冷却,也就是说,冷却速度应当大于该种钢的临界冷却速度,使其不发生向珠光体类的组织转变。而在  $650^\circ\text{C}$  以上 and  $550^\circ\text{C}$  以下的奥氏体比较稳定,并不需要快冷。特别是在  $M_s$

以下,奥氏体向马氏体转变,更应缓慢冷却,以减少内应力和防止工件变形与开裂。根据上述要求,钢淬火时理想的冷却曲线如图 6-4 所示。因此,在保证获得马氏体的前提下,应尽量选用冷却能力较弱的淬火剂。

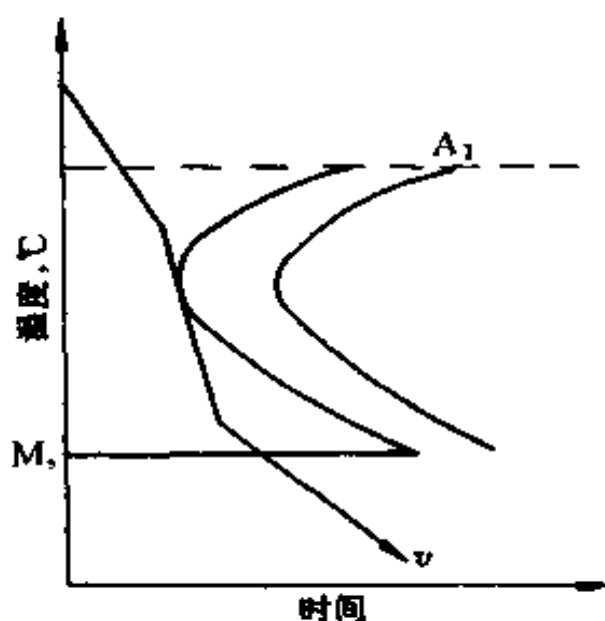


图 6-4 钢淬火时的理想冷却曲线

目前生产中,常用的淬火剂有水、油及盐或碱的水溶液。其冷却性能如表 6-2 所示。

表 6-2 常用淬火剂冷却能力

淬 火 剂	冷却速度(°C/s)	
	在 650~550°C 区间	在 300~200°C 区间
水(18°C)	600	270
水(50°C)	100	270
水(74°C)	30	200
10% NaOH 水溶液(18°C)	1200	300
10% NaCl 水溶液(18°C)	1100	300
50°C 矿物油	150	30

水是应用最广的淬火剂。凡是洁净的水都可作为淬火剂。水价廉易得,使用安全,无燃烧和腐蚀等危险,且冷却能力较强,在  $650\sim 550^{\circ}\text{C}$  的范围内能可靠地阻止奥氏体分解,有利于获得马氏体。但在  $300\sim 200^{\circ}\text{C}$  范围内冷却能力仍然很快,产生应力较大,容易引起变形和开裂。提高水温只能减弱它在  $650\sim 500^{\circ}\text{C}$  范围内的冷却能力,不能减弱它在  $300\sim 200^{\circ}\text{C}$  范围内的冷却能力。一般水温不能超过  $40^{\circ}\text{C}$ 。水淬常用于形状简单的碳钢零件。

油也是应用较广的淬火剂。常用有各种矿物油,如机油、锭子油、变压器油、柴油等。油的冷却能力比水小得多,这对于减少工件的变形和开裂有利,但对临界冷却速度大的钢,不能保证得到马氏体,故只能用于奥氏体稳定性较好的合金钢工件的淬火。用油作淬火剂,最好将油热至  $60\sim 80^{\circ}\text{C}$  使用,因为油温提高,流动性增大,可使冷却能力增强。

为了得到理想的淬火剂,国内外进行了研究已取得较大成就。目前生产上应用效果较好的有水玻璃、聚乙烯醇等。

(4) 冷却方法:常用的淬火冷却方法有下列几种:

①单液淬火:将加热到淬火温度后的工件投入一种淬火剂中冷却到室温,称为单液淬火法。这种方法操作简单,易实现机械化与自动化。但工件在一种淬火剂中冷却,可能工件不能保证淬硬,也可能产生很大的内应力。因此,这种方法一般用于碳钢或合金钢制造、形状简单或要求变形不太严格工件的淬火。

②双液淬火:将加热到淬火温度的工件先投入冷却速度较大的淬火剂(一般为水)中快速冷却,使其达到稍高于  $M_s$  (接近于马氏体转变区)温度,取出再放入另一种冷却速度较慢的淬火剂中(一般为油)使其发生马氏体转变的淬火工艺,



称为双液淬火法。

③分级淬火：将加热到淬火温度的工件，先投入一种温度在  $M_s$  附近的淬火剂（如盐浴或碱浴）中冷却，停留适当时间，使工件内外温度与淬火剂均匀一致，然后取出转入另一种淬火剂（油或空气）中冷却，使奥氏体转变为马氏体，称为分级淬火法。这种淬火方法使工件在  $M_s$  附近保温，消除内外温度差。它所产生的内应力比较小，能防止工件开裂和较小的变形。但盐浴或碱浴的冷却能力较低，对于截面尺寸较大的零件是不能达到临界冷却速度（ $V_k$ ）的，在分级过程中形成珠光体。因此它仅用于截面尺寸小、形状比较复杂的碳钢和合金钢工具的热处理。

④等温淬火：将加热到淬火温度的工件投入需要温度（一般稍高于  $M_s$ ）的盐浴中，等温足够时间，使奥氏体转变为下贝氏体，然后取出在空气中冷却到室温，称等温淬火法。这种淬火法的组织转变是在较高的一定温度范围内进行的，组织转变比较缓慢，因而淬火内应力很小，工件不易发生变形和开裂。同时所得到的下贝氏体具有良好的综合机械性能，其强度、硬度、韧性和耐磨性都较高。等温淬火后组织比较稳定，可不再进行回火处理。它适用于处理小型精密零件，如冷、热冲模、精密齿轮等。

各种淬火方法的冷却曲线示意图 6-5 所示。

2. 回火 将淬火钢重新加热到  $A_{c1}$  以下的某一温度，保温一定时间，然后以一定的冷却速度冷却到室温的热处理工艺称为回火。它是紧接淬火后的热处理工序。如高碳钢、高碳高合金钢及渗碳钢制的工件，在淬火后必须立即进行回火。

回火的目的是为了消除淬火内应力，稳定工件尺寸和获得工件所需的组织和性能。在实际生产中，根据对工件性能

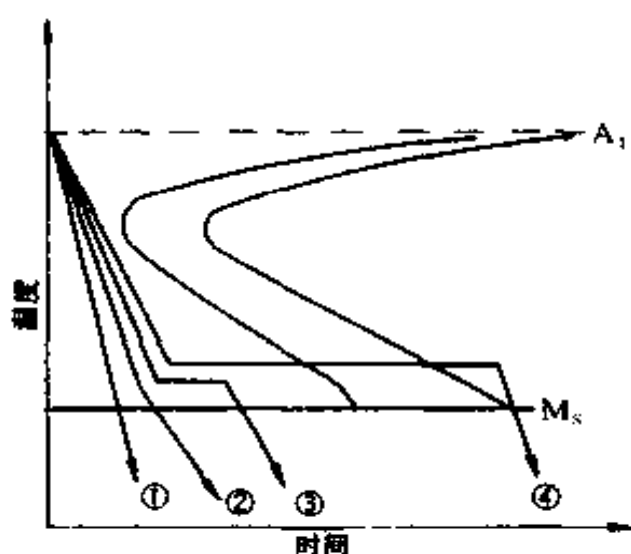


图 6-5 常用淬火方法冷却曲线

1. 单液淬火 2. 双液淬火 3. 分级液火 4. 等温淬火

要求的不同,按其回火温度范围,将回火分为以下三种。

(1) 低温回火:加热温度为  $150 \sim 250^{\circ}\text{C}$ , 所得组织为回火马氏体。其目的是在保持钢淬火后的高硬度和高耐磨性的前提下,降低其淬火时所带来的内应力和脆性。它主要用于量具、刀具、冲模、滚动轴承及渗碳件等。

(2) 中温回火:加热温度为  $350 \sim 500^{\circ}\text{C}$ , 所得组织为回火托氏体,硬度一般在 HRC35 ~ 50 之间。其目的是获得高的屈强比( $\sigma_s/\sigma_b$ )、弹性极限和较高的韧性。因此,它主要用于各种弹簧和锻模的热处理。

(3) 高温回火:加热温度为  $500 \sim 650^{\circ}\text{C}$ , 所得组织为回火索氏体,其硬度一般为 200 ~ 330HBS。其目的是获得强度、硬度、塑性和韧性都较好的综合机械性能。通常将淬火和高温回火相结合,称为调质处理。它是热处理的一项极其重要的工艺。它主要用于结构钢所制造的工件,如连杆、齿轮及轴类等。

调质处理一般作为最终热处理,也可以用于预先热处理。工件调质后性能的好坏与工件淬透与否有密切的关系。合金钢的淬透性比碳钢好,所以合金钢经调质处理后比碳钢显示出更好的机械性能。

3. 钢淬火的缺陷及其消除方法 由于淬火加热温度高,冷却剧烈,因而容易产生一些缺陷。常遇到的缺陷有以下几种:

(1) 过热与过烧:由于加热温度过高,或保温时间过长,使奥氏体晶粒粗化的现象,称为过热。过热钢淬火后具有粗大的针状马氏体组织,其韧性较低。

加热温度接近于开始熔化温度,沿晶界处产生熔化或氧化现象,称为过烧。过烧后,钢的强度很低,脆性很大。

这两个缺陷都是由于加热温度过高或保温时间过长造成的。因此,要求:一要正确制定淬火工艺;二要经常观察仪表和炉膛火色,掌握好加热温度。对于过热的钢件可以通过一次或两次正火或退火来消除。过烧无法补救。

(2) 氧化和脱碳:钢件在加热时与炉中含有的  $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$  等气体发生化学反应,使其产生氧化和脱碳。这些气体与钢中的铁起反应,使钢件表面形成一层松脆的氧化皮,称为氧化。氧化使钢件表面硬度不均,丧失原有精度,甚至造成废品。

这些气体能与钢中碳结合,形成气体,使钢体表面的碳被“燃烧”,称为脱碳。脱碳使钢件表面含碳量降低,淬火后降低硬度、耐磨性和疲劳强度。所有零件和工具都不允许脱碳。

防止氧化、脱碳的办法有:采用具有保护性气氛的无氧化炉中加热;装箱加热;采用盐浴加热等。

(3) 软点和硬度不足:钢件淬火后,表面有局部未被淬硬的区域称为软点。产生软点缺陷的原因主要是,由于加热温度不够和淬火时局部冷却能力不够,其它还有钢件局部脱碳

或表面不洁；钢件浸入淬火剂的方式不正确等也会形成软点。

出现软点的钢件，除了因脱碳和氧化而造成的以外，仍可进行重新淬火。在重新淬火前将钢件进行一次正火或退火，然后再在较为强烈的淬火剂中淬火，或将淬火温度比正常淬火温度提高  $20\sim 30^{\circ}\text{C}$  等办法来补救。

硬度不足是指钢件淬火后，低于所要求的硬度。淬火加热温度低、冷却速度慢、加热温度过高或保温时间过长，都会使钢件产生硬度不足的现象。

防止出现硬度不足现象，最根本的办法是按正确的工艺进行热处理。对出现硬度不足的钢件，可采用重新在正常的工艺规范下进行淬火，但在淬火前，先进行一次正火或退火处理，以消除内应力或其它组织缺陷。对留有大量残余奥氏体的钢件，可以采用冷处理来提高其硬度。

(4) 变形和裂纹：变形和裂纹，主要是内应力（热应力和组织应力的统称）造成的。当应力超过屈服极限（ $\sigma_s$ ）时，钢件产生变形，当应力超过抗拉强度时钢件就会出现裂纹。

变形是不可能完全避免的，减少淬火变形的一般办法是：做好预先热处理；制定合理的淬火工艺；钢件易变形部位加大淬火后磨削余量；在热处理过程中进行校直，包括淬火过程中校直和回火过程中校直。

由于产生裂纹与产生变形相同，因此，减少变形的措施也同样适用于防止裂纹的措施。此外，在淬火时钢件不要在淬火剂中冷透；淬火钢件要及时进行回火处理；正确安排钢件的加工工艺和制定合理的热处理技术要求等，对防止裂纹的倾向，也是重要的措施之一。

### (三) 钢的表面淬火

机器上某些零件，如齿轮、曲轴、凸轮、活塞销等，为满足

经常在交变应力及摩擦条件下工作的需要,既要求表面具有高的硬度和耐磨性,内部又需要有足够的强度和韧性。仅仅依靠选择钢材不能满足其要求,可采用表面淬火方法来使零件同时具有上述两种性能。

钢的表面淬火是一种不改变钢表层化学成分,而只改变表层组织的热处理方法。

表面淬火是将零件快速加热,使表面很快达到淬火温度,而不等热量传到心部,迅速冷却,使零件表面层淬成马氏体,而心部仍保持原来组织。使零件得到表面层硬度高又耐磨,而心部仍保持较好的塑性和韧性。

根据加热方法的不同,表面淬火方法主要有火焰加热表面淬火、感应加热表面淬火、电接触加热表面淬火及电解液加热表面淬火等几种。生产上最常用的是火焰加热表面淬火和感应加热表面淬火两种。

1. 火焰加热表面淬火 火焰加热表面淬火是利用氧-乙炔混合气体燃烧的火焰(火焰温度可达  $3100^{\circ}\text{C}$ ),喷射到零件表面快速加热,当表面达到淬火温度时立即喷水冷却,从而使零件表层获得预期硬度和淬硬层深度的一种表面淬火方法,其操作如图 6-6 所示。

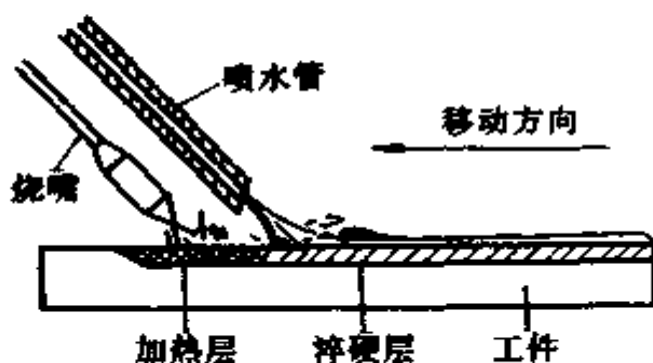


图 6-6 火焰加热表面淬火示意图

火焰加热表面淬火零件的材料,常用中碳钢、中碳合金结构钢等。它的淬硬层深度一般为 $2\sim 4\text{mm}$ 。若淬硬层过深,容易引起表面过热和产生淬火裂纹。

火焰加热表面淬火的设备简单,操作方便,淬火零件不受体积限制,也可用于零件的局部淬火,而不影响其它部分,适用于单件或小批生产的大型零件。由于淬火温度高,易使表面过热和裂纹,淬火质量不稳定。

2. 感应加热表面淬火 利用交变磁场产生的感应电流,使零件表面层快速加热到淬火温度,然后用水急冷的方法,称为感应加热表面淬火。图 6-7 是感应加热表面淬火示意图。将需要表面淬火的零件,放入与它相适应的一个感应器(线圈)内,线圈与零件间需保持 $1.5\sim 3\text{mm}$ 的间隙,将一定频率的交流电通入感应线圈时,感应线圈的周围便产生交变磁场,零件在交变磁场的作用下产生感应电流。这种电流主要集中在零件表面层。由于电流热效应的作用,零件表面层很快被加热到淬火温度,随之喷水急冷,使零件表面层淬硬。

感应加热表面淬火时,淬硬层深度主要取决于电流频率,频率愈高,电流透入深度愈浅,即淬硬层愈薄。生产上常用的感应加热电流频率有以下几种:

- (1) 高频感应加热( $100\sim 1000\text{Hz}$ ),淬硬层深度为 $1\sim 2\text{mm}$ 。
- (2) 中频感应加热( $0.5\sim 10\text{kHz}$ ),淬硬层深度为 $3\sim 5\text{mm}$ 。
- (3) 工频感应加热( $50\text{Hz}$ ),淬硬层深度为 $10\sim 15\text{mm}$ 。

感应加热表面淬火多用于零件材料为含碳量 $0.4\%\sim 0.5\%$ 的中碳钢,或中碳合金结构钢。在表面淬火前,应先进行调质处理。

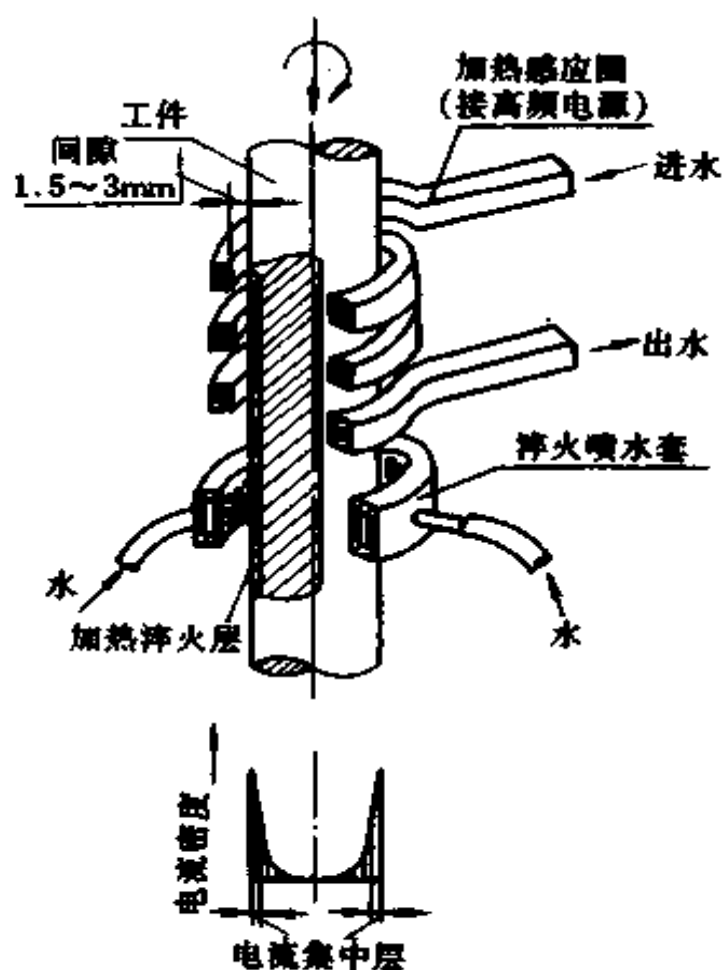


图 6-7 感应加热表面淬火示意图

感应加热表面淬火与普通加热淬火相比,主要特点是加热速度快,生产效率高,便于实现机械化和自动化,能防止表面层氧化和脱碳,变形小,被处理零件机械性能高,特别是疲劳极限和韧性较高,硬度比普通淬火高出 HRC2~3,淬硬层深度易控制,适用于大批量生产;但设备较贵,较复杂,消耗电能较大。

#### (四) 钢的化学热处理

化学热处理是将钢制零件置于某种介质中加热和保温,使介质分解出某些元素渗入零件表面,从而改变零件表面层

的化学成分,再经过相应的热处理,使表面层具有与心部不同的组织和物理、化学、机械性能的热处理工艺过程。它和表面淬火比较,其特点不仅是表面层的组织发生变化,而且化学成分也发生变化。

化学热处理种类很多,由于渗入元素的不同,它的作用也不同,主要有两个方面:

一是强化零件表面。通过渗入某些非金属元素,如碳、氮等提高零件表面层的硬度、耐磨性、疲劳强度等。

二是保护零件表面。通过渗入某些金属元素,如铬、铝等提高零件表面层的耐腐蚀性和耐热抗氧化性等。

目前工业生产中,常用的化学热处理有渗碳、渗氮和碳氮共渗。

1. 钢的渗碳 渗碳是将零件放在渗碳剂(渗碳介质)中,加热到单相奥氏体温度,经保温使碳原子渗入零件表面层的过程。其目的是使零件表面层含碳量增加。渗碳层的含碳量最好在  $C = 0.85\% \sim 1.05\%$  范围内,其深度一般为  $0.5 \sim 2\text{mm}$ 。经淬火和低温回火处理后,使表面层具有高的硬度和耐磨性,而心部仍保持原来高的塑性和韧性。为达到上述目的,渗碳零件必须是低碳钢和低合金钢。

根据所用渗碳剂不同,渗碳方法分为固体渗碳、气体渗碳和液体渗碳三种。其中气体渗碳法生产率高,渗碳质量易控制,且易实现机器化和自动化。它是目前应用最广的一种方法。

气体渗碳法是将工件放入密封的加热炉(如井式气体渗碳炉)中,通入渗碳剂,加热到  $900 \sim 950^{\circ}\text{C}$ ,使零件在高温的渗碳气氛中进行渗碳的一种方法。

常用的气体渗碳剂有煤油、丙酮、天然气等化合物,而最



常用的是煤油和丙酮。

零件渗碳后必须进行热处理,才能有效地发挥渗碳层的作用。常用的热处理有下面三种。

(1) 直接淬火法:零件渗碳后,出炉经预冷,再淬火和低温回火的热处理工艺。这种方法,只用于要求具有高的表面硬度,而其它性能不作要求的零件。

(2) 一次淬火法:零件渗碳后出炉空冷,再重新加热到淬火温度,进行淬火和低温回火的热处理工艺。这种方法,用于对表面和心部的组织和机械性能,均有要求的零件。

(3) 二次淬火法:它的方法是:第一次淬火(或正火)是把零件渗碳后重新加热到  $A_{c3}$  以上( $850 \sim 900^{\circ}\text{C}$ )进行油冷,其目的是使心部组织细化和消除表面层的网状渗碳体。然后再将零件加热到共析钢和过共析钢正常的淬火温度( $A_{c1}$  以上)进行第二次淬火,其目的是为了表面层硬化。最后,再进行低温回火,以降低淬火内应力。此法工艺较复杂,主要用于表面层硬度、耐磨性和疲劳强度,以及心部的韧性和塑性等要求较高的重载零件。

2. 钢的渗氮(氮化) 渗氮是使氮原子渗入零件表面的过程。其目的是提高零件表面的硬度、耐磨性、疲劳强度和抗腐蚀性能。常用的渗氮方法有气体渗氮和离子渗氮。

气体渗氮是将准备好(调质处理和清洁表面)的零件装入渗氮炉(预先排除空气的井式炉)中,加热至一定温度(生产中常用温度为  $500 \sim 560^{\circ}\text{C}$ ),然后通入氨气,分解出氮原子,逐渐渗入零件表面,形成一定深度的渗氮层的过程。

零件经渗氮后表面形成一层极硬的合金氮化物,不需要进行淬火,表面层便具有很高的硬度( $950 \sim 1200\text{HV}$  或相当  $\text{HRC}68 \sim 72$ )和耐磨性;具有较高的热硬性(在  $600 \sim 650^{\circ}\text{C}$

时,硬度不明显下降)和抗蚀性;另外对疲劳强度可提高 15%~35%。

渗氮的缺点是生产周期太长,要获得 0.3~0.5mm 渗氮层深度,约需 40~60h,故生产率低,成本高。

3. 钢的碳氮共渗(氰化) 碳氮共渗是同时向零件表面渗入碳和氮原子的化学热处理工艺,又称为氰化。其目的主要是提高零件表面的硬度、耐磨性和疲劳强度。

碳氮共渗根据所用的共渗介质不同分为固体、液体和气体碳氮共渗三种。而气体碳氮共渗因加热温度不同又分为低温(500~600℃)、中温(700~870℃)和高温(880~950℃)碳氮共渗三种。目前生产中应用较广的为低温和中温气体碳氮共渗两种方法。

## 四、模具的热处理

模具按工作条件的不同可分为三类:一是在室温状态下使金属发生塑性变形的模具,称为冷变形模具。如冷冲模(冲裁模、弯曲模、拉延模等)和冷挤压模等;二是使加热的固态金属发生塑性变形的模具,称为热变形模具。如热锻模、热冲模、热切料模等;三是使加热的液态金属,在压力下成型的模具,称为压铸模具。

### (一) 冷变形模具的热处理

1. 对冷变形模具的性能要求 这类模具在工作过程中,使室温状态的金属在一定压力作用下产生塑性变形,因而模具受到很大的压力、摩擦和冲击。冷变形模具的正常损坏(失效)一般是磨损,有时也因模具结构和热处理不当而产生崩刃、脆断而造成提前失效。因此,冷变形模具主要要求高硬

度、高耐磨性、足够的强度与韧性、较低的淬火变形倾向。但是,冷变形模具的种类很多,其性能要求差别较大,应根据具体的工作条件确定。如用于冲孔或落料的冲头,其头部要求有较大的硬度和耐磨性,杆部应有足够的强度和韧性,所以硬度要求为:头部 HRC56~60;杆部 HRC48~52;尾部 HRC40~44。

目前常用冷变形模具的硬度要求及钢种如表 6-3 所示。

表 6-3 常用冷变形模具的材料及硬度要求

名称	一般硬度要求 HRC		钢 号		
	凸模	凹模	简单(轻载)	复杂(轻载)	重 载
单、复式硅钢片冲模	60~62	62~64	CrWMn Cr12 Cr12MoV	Cr12 Cr12MoV	—
级进式硅钢片冲模	58~62	62~64	CrWMn Cr12 Cr12MoV	Cr12 Cr12MoV	—
薄钢板冲头	58~60	60~62	T8~T12 9Mn2V GCr15	CrWMn 9Mn2V Cr12MoV	Cr12MoV
厚钢板冲模	<56	<56	T8~T12 9Mn2V GCr15	CrWMn 9Mn2V Cr12MoV	Cr12MoV
小冲头( $\phi < 5$ )	56~62	—	T10A 9Mn2V 9CrSi	—	W18Cr4AV W6Mo5Cr4V2
剪刀	45~50 54~58 60~62	—	T8~T12 CrWMn 9Mn2V GCr15	—	Cr12MoV

续表 6-3

名称	一般硬度要求 HRC		钢 号		
	凸模	凹模	简单(轻载)	复杂(轻载)	重 载
切边模	56~60	58~62	T8~T10	CrWMn	Cr12MoV
拔丝模	—	>64	T8~T12 9Mn2V	—	Cr12 Cr12MoV
滚丝模	—	58~62	9CrSi Cr12MoV	—	—

## 2. 冷变形模具的热处理

(1) 冷变形模具预先热处理:冷变形模具预先热处理一般与工具钢相同。

对于精度高、形状复杂的模具,一般采用调质处理代替球化退火。调质处理安排在粗加工之后,有利于减少模具淬火时的变形和提高加工精度。

有时采用低温退火,退火温度达 600℃ 时,残余应力可大部分消除。在 600℃ 以下,模具表面氧化不严重可不用保护。退火时间一般为 1.5~3h,退火后可空冷或随炉冷。合金模具钢导热性差,在 600℃ 以下应特别注意缓慢加热。

对于旧模翻新或淬火硬度不符合要求的模具,在重新淬火前常进行高温回火。

(2) 冷变形模具的淬火:冷变形模具的淬火应能使模具获得高硬度、高强度和适当的淬硬层深度,以保证良好的使用性能。

为减少模具变形,通常先缓慢预热,碳素工具钢为 500~600℃,合金钢为 700~600℃。在箱式电炉中预热时,若温度 <600℃,可不用防氧化脱碳保护;若温度 >600℃,应采用保

护措施。

模具淬火加热,一般用的保护剂有旧渗碳剂、铸铁屑、氧化铝粉和硼砂等。涂硼砂层的方法是将硼砂调成水溶液,让加热到  $100^{\circ}\text{C}$  左右的模具浸入,随后取出,模具上就有一层硼砂。

淬火温度对模具的硬度、强度、淬硬层深度、冲击韧性和变形程度影响很大,应严格控制。如 Cr12 钢在  $980^{\circ}\text{C}$  淬火和 Cr12MoV 在  $1020^{\circ}\text{C}$  淬火,可得到高硬度。若 Cr12 在  $1050^{\circ}\text{C}$  以上和 Cr12MoV 在  $1200^{\circ}\text{C}$  以上淬火,钢的硬度、强度和韧性下降,但塑性较好,变形也小。所以冷变形模具的淬火温度一般不应超过获得最高硬度的温度。

碳素钢模具通常采用盐水、水-油或碱浴、硝酸盐浴分级淬火。当采用  $160\sim 180^{\circ}\text{C}$  碱浴分级淬火,仍可得到高的表面硬度(HRC56~62)和较好的韧性,但淬硬层较薄。因此只适用于不需要刃磨的成型模具,或要求表面高硬度,而中心有一定强度、高韧性的模具,如冲头、落料模具等。

低合金钢模具通常采用冷油、分级和等级淬火。在冷油中淬火,冷却能力较大,淬硬层较深,但淬火热应力较大,变形严重,适用于断面一致和形状简单的模具。在油温为  $60\sim 100^{\circ}\text{C}$  的热油中淬火,可减少淬火热应力和变形,适用于小型模具。

高合金钢模具,当变形要求不严时,可采用油冷至  $200^{\circ}\text{C}$  左右取出空冷,硬度可达 HRC59~61;变形要求严格时,可在  $300\sim 350^{\circ}\text{C}$  等温淬火,或在  $180\sim 240^{\circ}\text{C}$  分级淬火。

(3) 冷变形模具的回火:模具淬火后都应及时进行回火。采用分级淬火的模具,一般冷至室温后再进行回火。对高合金钢模具,冷至  $80^{\circ}\text{C}$  左右就加热回火。回火温度应根据硬度

要求来确定。回火时间一定要充分,如果时间太短,模具易早期失效。高合金钢模具应回火两次;第一次,使残余奥氏体转变成二次马氏体;第二次,使二次马氏体转变成回火马氏体,并消除内应力。

目前常用来制造冷变形模具钢种的热处理工艺参数,如表 6-4 所示。

## (二) 热变形模具的热处理

1. 热变形模具的性能要求 这类模具的工作特点,是在一定力的冲击作用下,使高温金属产生塑性变形。这类模具受冲击压力、热金属的摩擦和冷却剂时冷时热的作用,导致模具工作表面产生热疲劳裂纹。因此,要求热变形模具具有在较高温度下保持高的强度、韧性、耐磨性,以及较好的硬度和热疲劳强度;还要求大型模具有高的淬透性,以提高模具热处理后的整体性能。热锻模热处理后的硬度要求见表 6-5 所示。

2. 热变形模具的热处理 热变形模具一般在锻造后需进行退火,加工后再进行淬火与回火,以达到高强度、高韧性和一定的硬度、耐磨性。常用的几种热变形模具钢热处理参数,见表 6-6 所示。

(1) 热变形模具的退火:为便于机械加工和消除锻造后的应力和组织缺陷,需先进行退火。

(2) 热变形模具的淬火:淬火通常是在模具工作型面加工好之后进行,故在加热过程中,应特别注意防止氧化和脱碳。常用的方法是装箱保护加热,即把模具的型面朝下,放入预先铺满一层焙烧过的渗碳剂(或生铁屑和木炭混合)的铁箱中,燕尾部用铁盒盖上,盒盖与模具周边保持一定的间隙。

中、小型模具可不预热,大型模具或复杂的模具加热至 600~650℃左右,停留一段时间,再随炉升温至淬火温度。保

表 6-4 几种冷变形模具钢的热处理工艺参数

牌 号	淬火加热				淬 火 剂	获得以下洛氏硬度所需回火温度(℃)			
	箱式炉		盐 溶 炉			HRC55~58	HRC52~54	HRC45~50	HRC38~62
	温 度 (℃)	时 间 (min/mm)	温 度 (℃)	时 间 (min/mm)					
T10	830~850	1~1.2	820~840	0.4~0.5	盐水→油	250~270	300~320	360~380	160~180
CrWMn	830~850	1.2~1.5	820~840	0.5~0.6	油	200~300	320~340	380~400	160~180
Cr12	980~990	0.5~0.6	960~980	0.3~0.4	油	260~280	370~380	500~530	160~180
Cr12MoV	1020~1060	0.5~0.6	1020~1040	0.3~0.4	油	260~280	370~380	500~530	160~180
9Mn2V	800~820	1.2~1.5	790~810	0.5~0.6	油	260~280	320~340	380~400	160~180

表 6-5 热锻模热处理后的硬度要求

锻模类型	锻模高度 (mm)	模面硬度		尾部硬度	
		布氏硬度 HB	洛氏硬度 HRC	布氏硬度 HB	洛氏硬度 HRC
小 型	< 275	387~444	41~47	321~364	35~39
		364~415	39~44		
中 型	275~325	364~415	39~44	302~340	33~37
		340~367	37~41		
大 型	325~375	321~364	35~39	286~321	30~35
特大型	375~500	302~340	33~37	269~321	28~35

注：中、小型锻模模面硬度有两个标准：一般型腔浅而简单的采用高硬度值；型腔复杂而深的采用低硬度值。

温后，由炉中取出，除去保护剂，清理模具工作面，在空气中预冷至 750~780℃，然后模面向下放入低于 70℃ 的油中冷却。对于深孔型的模具，采用侧垂或倾斜方式放入油中；大型模具应在循环油中冷却。当模面冷至 200~300℃（油中取出时冒烟不着火），取出于空气中冷至 100~150℃，立即进行回火。

(3) 热变形模具的回火：热变形模具淬火后要立即回火。回火时先在 300℃ 左右的炉中预热后，再缓慢加热到回火温度。常用的几种热变形模具钢的回火温度见表 6-6 所示。为了避免回火脆性，回火后应油冷，然后再进行一次低温回火（180~200℃），有的采用二次高温回火。

模具的尾部（燕尾处），要求有较高的韧性和较低的硬度（HRC26~37），因此，在整个模具回火之后，尚需对尾部进行补充回火。也可采用自身回火，即整个模具在油冷一段时间后，将尾部取出油面，待温度回升自行回火，再放入油中冷却，



表 6-6 常用的几种热变形模具钢的热处理参数

工 牌 号	退 火 工 艺			布 氏 硬 度 HB	淬 火 温 度 ( $^{\circ}$ C)	下 列 回 火 温 度 内 的 布 氏 硬 度 HB									
	加 热 温 度 ( $^{\circ}$ C)	保 温 时 间 (h)	冷 却 方 法			490~ 510 $^{\circ}$ C	520~ 540 $^{\circ}$ C	560~ 580 $^{\circ}$ C	600~ 620 $^{\circ}$ C	620~ 640 $^{\circ}$ C	640~ 660 $^{\circ}$ C				
5GNiMo	780~ 800	4~6	炉冷至 500 $^{\circ}$ C 后空冷	197~241	830~860	115~444	315~394	311~340	286~321	—	—	—	—	—	—
5CrMnMo	850~ 870	4~6	炉冷至 680 $^{\circ}$ C保温 4~6h,再冷至 500 $^{\circ}$ C出炉空冷	197~241	820~850	387~444	351~387	—	—	—	—	—	—	—	—
6SiMnV	780~ 800	2~4	炉冷至 500 $^{\circ}$ C后空冷	$\leq$ 229	820~860	375~444	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5CrMnSiMoV	850~ 870	3~4	炉冷至 720~740 $^{\circ}$ C 保温 6~8h冷至 $\leq$ 500 $^{\circ}$ C出炉空冷	$\leq$ 241	870~890	—	387	444	351~387	321~364	—	—	—	—	—

反复几次就可达到要求。

### (三) 压铸模具的热处理

压铸模具的工作特点是使液体金属在压力下,注入金属,以形成精确的、组织紧密的铸件。因此,要求它除具有热变形模具相同的性能外,还因其与高温金属接触的时间长,要具有更高的热疲劳强度和抗高温金属液的腐蚀,抗高速冲刷能力。

压铸模的热处理,一般采用  $400\sim 500^{\circ}\text{C}$  和  $800\sim 850^{\circ}\text{C}$  的两次预热,淬火冷却为油冷或空冷,回火温度根据性能要求而定,一般在  $560\sim 650^{\circ}\text{C}$  内进行 2~3 次回火。

## 第七章 机械传动与液压传动基本知识

### 一、机械传动基本知识

工作机械的运转需要动力来驱动。但是,把原动机(如电动机、柴油机等)直接与工作机械相连的情况是很少见的,一般都需要在两者之间加入传递动力、变速、变向等的传动装置。可见,传动装置是大多数机械的主要组成部分。

传动装置按其工作原理的不同,可分为两大类。一类是传动过程中,机械能不转变为其它形式的能量,称作机械传动;二类是传动过程中,机械能转变为电能,或电能转变为机械能,称为电传动。其中机械传动的应用最为广泛,常见的有带传动、链传动、螺旋传动、齿轮传动和蜗杆传动等。其主要特性见表 7-1。

表 7-1 各种传动型式的主要特性

特 性	传 动 型 式			
	带传动	齿轮传动	蜗杆传动	链传动
主要优点	中心距变化范围广,传动平稳,能缓冲,可起安全装置作用,结构简单,制造成本低	传动比准确,工作效率高,结构紧凑,应用范围广	传动比大且准确,外廓尺寸小,工作平稳,可设计成自锁传动	用于大中心距,能承受大载荷,应用范围广

续表 7-1

特 性	传 动 型 式			
	带传动	齿轮传动	蜗杆传动	链传动
主要缺点	外形尺寸大,传动比不准确,轴上受力大,寿命低	噪音,不能缓冲,制造精度要求高	效率低,要求制造精度高,需用价高的青铜制造	冲击振动,只能用于两平行轴间的传动
效率 $\eta$ (%)	94~96	95~99	50~90	92~98
圆周速度 $V_{\max}$ (m/s)	30( $\leq 20$ )	130( $\leq 15$ )	30( $\leq 10$ )	40( $< 20$ )
单级传动比 $i_{\max}$	10( $< 7$ )	( $\leq 10$ )	1000(8~100)	( $\leq 8$ )
功率 $P_{\max}$ (kW)	500( $\leq 100$ )	50000	750(50)	3500(100)

注:( )内数字为一般情况。

### (一) 带传动

1. 带传动的原理与特点 图 7-1 所示的带传动,是一种应用较广的机械传动形式。它是依靠紧套在主、被动带轮上的环形带与带轮之间的摩擦力,来传递动力和运动的。运动时,主动轮通过皮带之间的摩擦力牵引皮带运动,运行的皮带通过与从动轮之间的摩擦力带动从动轮运转,这样就实现了主、从动轮之间的动力和运动的传递。

带传动结构简单,造价低廉;由于传动带具有弹性,所以,在传动过程中能够吸收运动冲击,因而传动平稳;当工作系统过载时,传动带会打滑,这样可以保护系统中其它零件

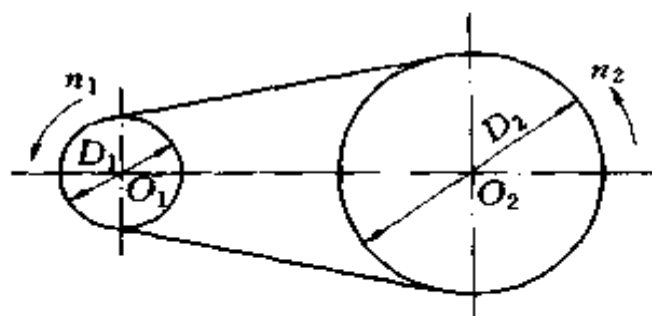


图 7-1 带传动示意图

不被损坏。但是,即使工作系统正常运转不过载时,带传动也存在着一定的弹性滑动,因此,使得其传动比不能像齿轮传动那样准确;且带传动外廓尺寸较大,传动效率较低。

## 2. 带传动的主要类型

(1) 平型带开口传动,如图 7-2 所示。这种类型适用于两轴平行,且要求两轴转向相同的场合,是一种应用较广泛的传动类型。

(2) 带交叉传动,如图 7-3 所示。这种传动适用于两轴平行,且要求两轴转向相反的场合。在交叉处带的两边相互摩擦,皮带容易磨损,一般只用于中心距大且低速传动的场合。

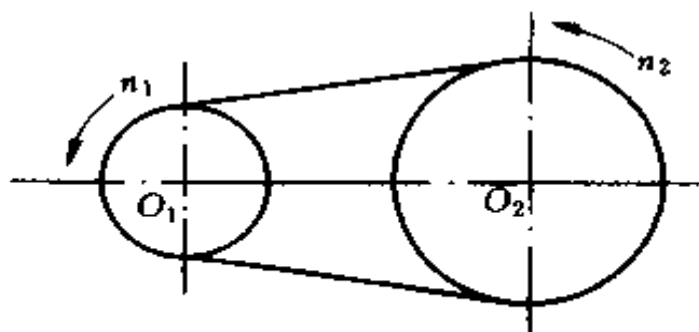


图 7-2 平型带开口传动示意图

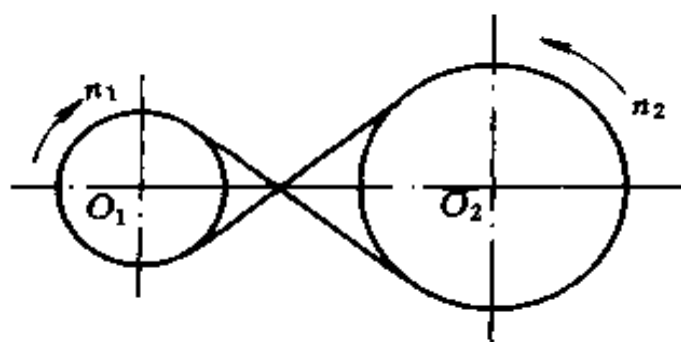


图 7-3 带交叉传动示意图

(3) V带传动,又称三角带传动。在平型带系统中传动带的横截面是矩形,而V带的横截面是等腰梯形,两侧面(腰面)的夹角是 $40^\circ$ ,是没有接头的环形带。其传动原理是靠带的两个侧面与带轮上带槽的两个腰面之间的摩擦力传递动力和运动的。与平型带传动相比,其主要特点是传动能力强,不易打滑。V带已经标准化、系列化,有多种型号和规格,选用非常方便。因此,在带传动类型中,V带传动性能更好,应用最广。V带的结构见图7-4,V带在带轮上的安装情况见图7-5。V带按其横截面积的大小分为O、A、B、C、D、E、F七种型号,每种型号又有多种长度规格,具体型号尺寸见表7-2。V带型号选用可参考表7-3。



图 7-4 V带结构示意图

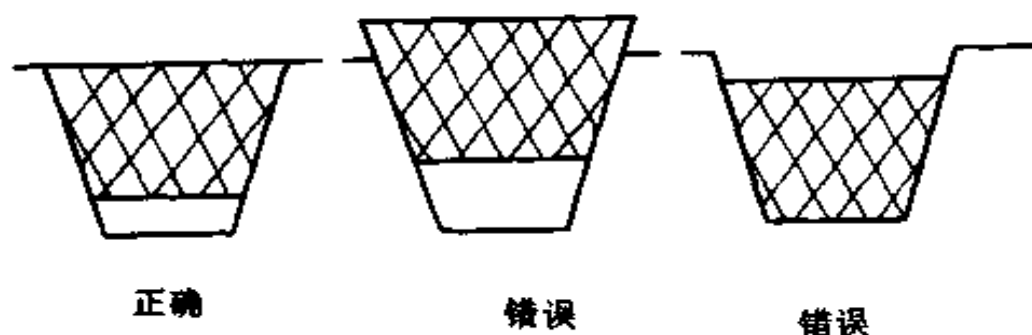


图 7-5 V带在带轮槽中的安装示意图

表 7-2 V 带的截面尺寸及长度系列

型号	O	A	B	C	D	E	F	截面图		
$b$ (mm)	10	13	17	22	32	38	50			
$b_p$ (mm)	8.5	11	14	19	27	32	42			
$h$ (mm)	6	8	10.5	13.5	19	23.5	30			
$c$ (mm)	2.1	2.8	4	4.8	6.9	8.3	11			
$q$ (kg/m)	0.06	0.1	0.17	0.3	0.62	0.9	1.52			
$\varphi$	40°	40°	40°	40°	40°	40°	40°			
$L_0$ 的范围 (mm)	450~2000	560~4000	630~5600	1250~6300	3150~11200	4500~1600	6300~1600			
$\Delta L$ (mm)	25	33	40	59	76	96	119			
$L_0$ 的标准 系列(mm)	450 1120 2800 7100	500 1250 3150 8000	560 1400 3550 9000	630 1600 4000 10000	710 1800 4500 11200	800 2000 5000 12500	900 2240 5600 1400			1000 2500 6300 16000

表 7-3 V 带型号的选用

传递功率 (kW)	皮带的速度 (m/s)		
	$\leq 5$	5~10	$> 10$
0.4~0.75	O	O	O
0.75~2.2	O、A	O、A	O、(A)
2.2~3.7	O、A	O、A、B	O、A
3.7~7.5	B、C、(D)	A、B、(C)	A、B
7.5~20	C、D	B、C	B、C
20~40	—	C、D	C、D
40~75	—	D、E	C、D
75~150	—	E、F	D、E
150 以上	—	—	E、F

3. 带传动的传动比及其带速的计算 带传动的传动比是主动轮与从动轮的转速或角速度之比,用  $i$  来表示,则:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

式中  $n_1、n_2$ ——分别表示主、从动轮的转速(r/min);

$\omega_1、\omega_2$ ——分别表示主、从动轮的角速度(rad/min);

$D_1、D_2$ ——分别表示主、从动轮的直径(mm)。

上式表明带传动系统中,主、从动轮的转速与其直径成反比。

带传动线速度的计算:

$$V = \pi \cdot D_1 \cdot n_1 / (60 \times 1000) (\text{m/s})$$

式中  $V$ ——皮带运行的线速度(m/s);

$D_1$ ——主动轮直径(mm);

$n_1$ ——主动轮转速(r/min)。

上面的计算式中,主动轮直径  $D_1$  是指带轮上与 V 带中性层重合的圆的直径。带传动合理的线速度应在 5~25 m/s 范围内。

## (二) 链传动

1. 链传动的原理及其传动比 图 7-6 所示的链传动是由带齿的主动链轮、从动链轮和一条封闭的传动链构成的。运转时,由于链节与链轮中的齿不断相互啮合,使得主动链轮每转过一个齿,链条就转过一个链节;同时,链条也就带动从动链轮转过一个齿,主动链轮连续运转,也就带动链条连续运行,链条连续运行,也就带动从动链轮连续运转,如此就实现了动力和运动的传递。

参看图 7-6,设主、从动轮的转速分别为  $n_1、n_2$ (r/min);主、从动轮的齿数分别为  $z_1, z_2$ , 则在单位时间内(设为



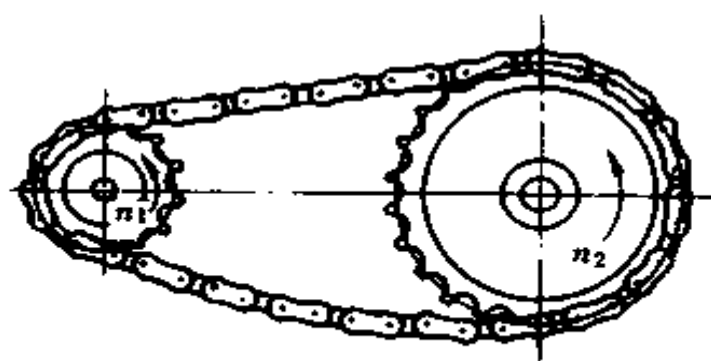


图 7.6 链传动示意图

1min), 主、从动链轮所转过的齿数分别是  $n_1 z_1$ 、 $n_2 z_2$ , 因链传动是链节与轮齿的啮合传动, 没有相对间的打滑, 所以, 同一单位时间内(1min), 主、从动轮所转过的齿数必相等, 则

$$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$$

链传动的传动比仍是指主、从动轮的转速之比, 其传动比用  $i$  表示:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

此式说明, 链传动比与主、从动轮的齿数成反比。

2. 链条的种类及其结构 链条按用途不同, 可分为三种:

(1) 传动链: 传动链在一般机械中用来传递动力和运动, 应用比较广泛, 如自行车的链条, 以及一些工程机械、农业机械上都有应用。

(2) 起重链: 起重链在起重机械上用来升降重物。

(3) 牵引链: 牵引链用在一些特殊用途的胶带输送机上, 用来驱动输送机运行。

各类链中应用最广的是传动链。链中最常用的结构类型是套筒滚子链, 其结构如图 7-7 所示。其主要组成是: 外链板

与销轴之间、内链板与套筒之间是过盈配合；销轴与套筒之间、套筒与滚子之间是间隙配合，它们之间可以相对自由转动。这样，运转时可以减轻链轮齿与链条啮合时的磨损。

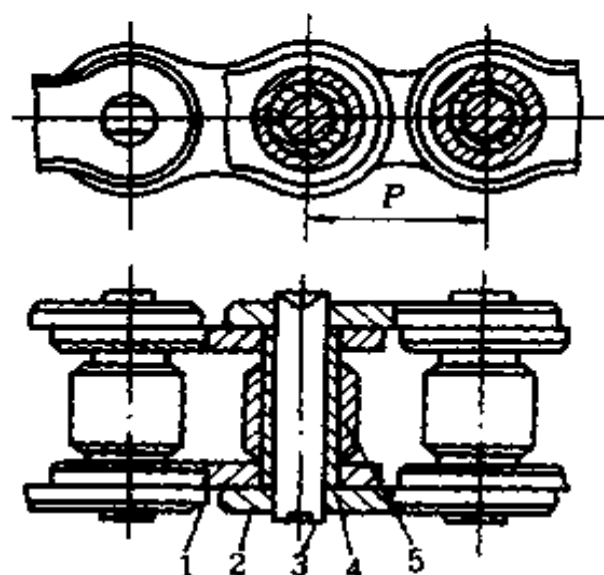
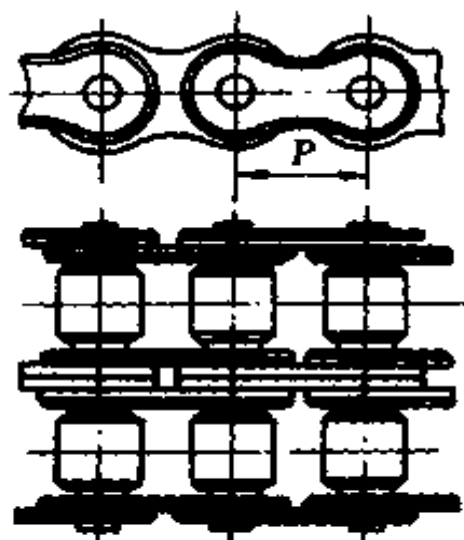


图 7-7 套筒滚子链的结构

1. 内链板 2. 外链板 3. 销轴 4. 套筒 5. 滚子



、图 7-8 多排链(双排)示意图

链传动系统在传递功率较大时，链条及链轮尺寸均较大，有时为了减小传动装置的尺寸，常采用双排链或多排链，使每排链共担负荷，排数越多，传递功率越大。但是，排数一般不宜超过四排。否则，因排数过多而难以保证每排链平均分担负荷，造成各排链受力不均匀，并且排数过多也会使传动装置复杂化，传动性能变差；多排链示意图如图 7-8 所示。

3. 链传动的特点及应用 链传动与带传动相比,具有平均传动比准确、传递功率大、传动效率高(可高达 95% ~ 98%),在高温、多尘等恶劣环境中适应性强等特点。与齿轮传动相比,当两轴间中心距较大时,链传动结构简单。但链传动速度不宜过高,运动平稳性不如齿轮及皮带传动好,运转时链条容易磨损和脱落,且链传动系统对于安装精度及维护要求较高。

### (三) 齿轮传动

1. 齿轮传动的特点及应用 机械传动中传动形式很多,除前所述的带传动、链传动外,齿轮传动也是一种应用非常广泛的传动形式,如汽车、拖拉机、机床、机械式手表等都大量采用齿轮传动。

齿轮传动的主要特点有:

(1) 传动比准确、传动效率高。在常用的机械传动中,齿轮传动的效率最高,可高达 99%。其传动的高效率,对于大功率系统具有显著的意义。因为,即使效率提高 1%,其经济效果也非常可观。

(2) 工作可靠,使用寿命长。维护和使用良好的齿轮传动系统,工作可靠,寿命可长达 20 年之久,这是其它机械传动类型根本无法相比的。这对于车辆、矿山井下机械的工作意义尤为重大。

但是,齿轮传动系统制造及安装精度要求高、价格较贵;抗冲击过载能力较差;不适应于大中心距场合的传动。

2. 齿轮传动的分类 因齿轮的种类很多,所以分类方法也较多。按啮合情况不同可分为内啮合、外啮合和齿轮齿条传动;按轮齿方向不同可分为直齿、斜齿和人字齿等。图 7-9 为齿轮传动分类示意图。

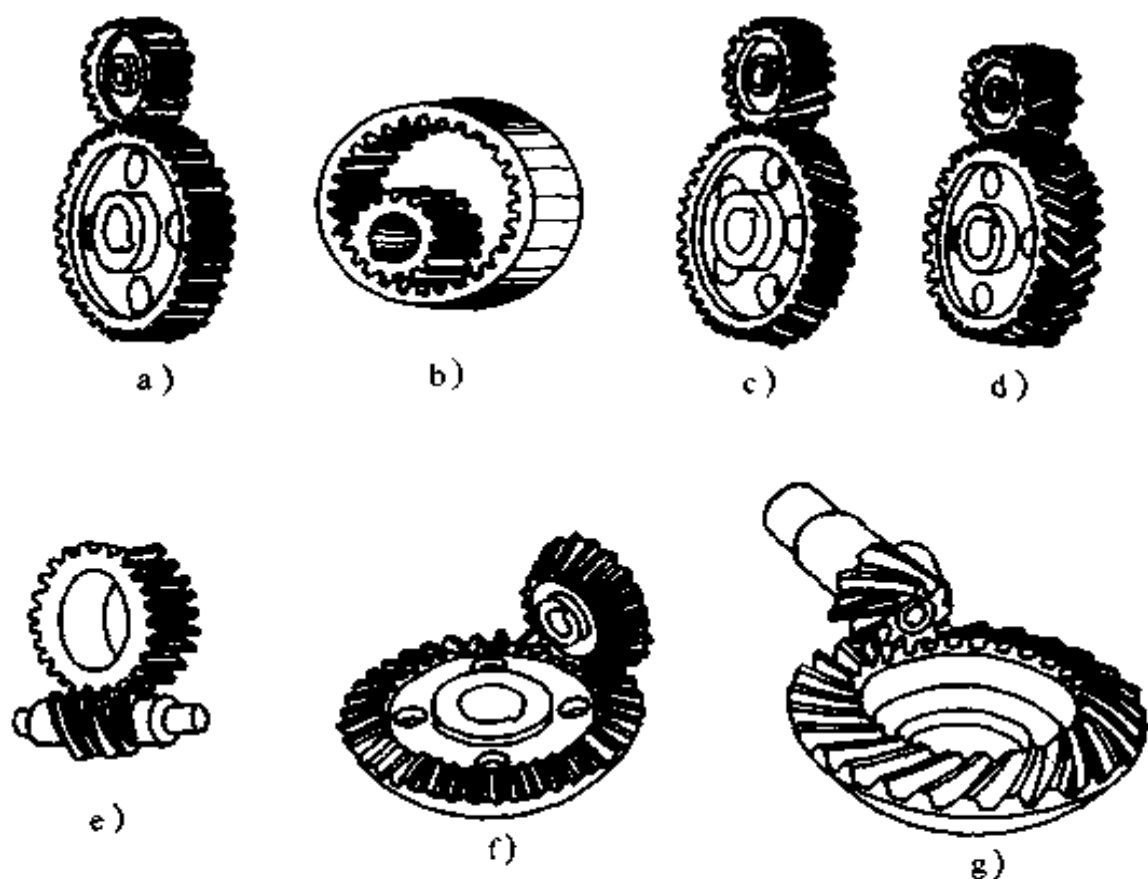


图 7-9 齿轮传动分类示意图

- a)直齿圆柱齿轮传动 b)内齿轮传动 c)斜齿轮传动 d)人字齿轮传动  
e)蜗杆蜗轮传动 f)直齿锥齿轮传动 g)弧齿锥齿轮传动

3. 齿轮的参数及传动比 在各种齿轮类型中,应用最广泛的是渐开线标准直齿圆柱齿轮,因其轮齿的齿廓曲线是由一段圆的渐开线构成,所以称为渐开线齿轮。

齿轮轮齿两侧端面的齿廓形状是由两段曲线构成的,称为齿廓曲线。一对齿轮的传动是依靠主动齿轮齿廓曲线上各点依次推动从动齿轮齿廓曲线上的各点来实现的。要使齿轮传动系统运转平稳,并且具有较强的传动力,就必须选择合理的齿廓曲线。理论和实践证明,采用圆的渐开线作为齿廓曲

线是比较合适的,其承载能力和运动平稳性方面均较理想,因而渐开线齿轮被广泛采用。

(1) 齿轮参数:

① 齿轮分度圆及模数。图 7-10 是一个渐开线标准直齿圆柱齿轮的一部分,可以看出在不同直径的圆周上,轮齿的厚度(简称齿厚)与两个相邻齿之间的齿槽弧长(简称齿槽宽)是不同的。为了便于测量和分析,规定以齿厚与齿槽宽相等处的圆作为测量基准,这个圆叫作分度圆,该圆的半径用  $r$ 、直径用  $d$  表示。在该圆上,齿轮厚  $s =$  齿槽宽  $e$ 。

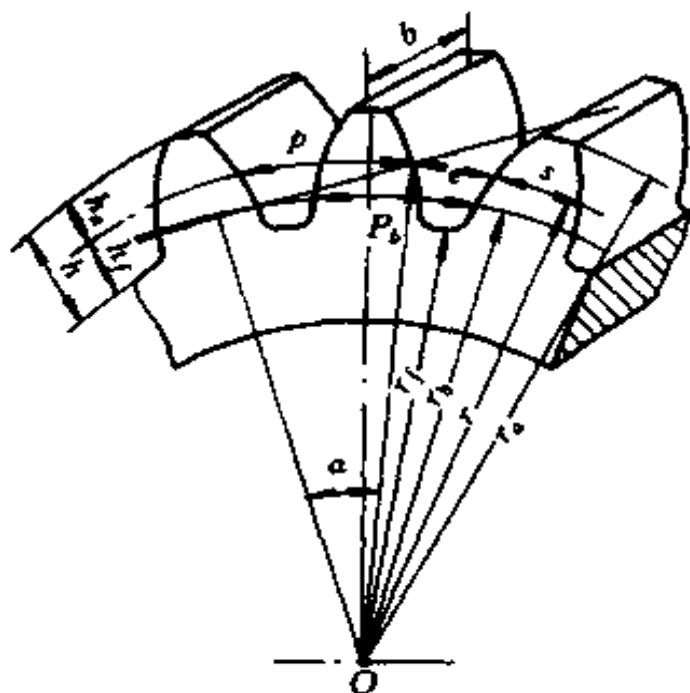


图 7-10 齿轮各部分的名称

模数是齿轮各部分尺寸计算的基本参数。我国对齿轮模数已经标准化,表 7-4 列出了齿轮标准模数系列。齿轮模数的大小直接影响齿轮强度、齿形及几何尺寸。对于齿数相同的齿轮其模数越大,则齿轮的几何尺寸越大,轮齿也越大,承

载能力也越强。

表 7-4 标准模数系列表

(mm)

	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1
第一系列	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	(30)	36	45

注:选用模数时,应优先采用第一系列,其次是第二系列,括号内的尽量不用。

②齿轮的压力角。如图 7-11 所示,渐开线上任意一点所受力的方向  $P_1$ 、 $P_2$  分别与该点圆周速度方向  $V_1$ 、 $V_2$  之间的夹角,称为各相应点的压力角  $\alpha_{01}$  和  $\alpha_{02}$ 。渐开线齿廓上任一点的力的作用线就是该点渐开线的垂直线,也是通过该点与基圆相切的直线,即渐开线的发生线;该点速度的方向线就是垂直于该点到圆心连线的直线。从图中可以看出,  $\alpha_{01} > \alpha_{02}$ , 说明渐开线上各点的压力角是不相等的,越靠近齿顶处其压力角越大。反之,则越小。基圆上的压力角为零。渐开线齿轮规定以分度圆上的压力角作为标准值,我国的设计标准规定:分度圆上的压力角定为  $20^\circ$ 。

一对直齿圆柱齿轮要保证能够正确地啮合传动(不发生冲击和卡死),必须使两齿轮的模数和分度圆上的压力角分别相等,即

$$m_1 = m_2 = m; \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$$

③标准直齿圆柱齿轮各部分尺寸的计算。一个标准直齿圆柱齿轮

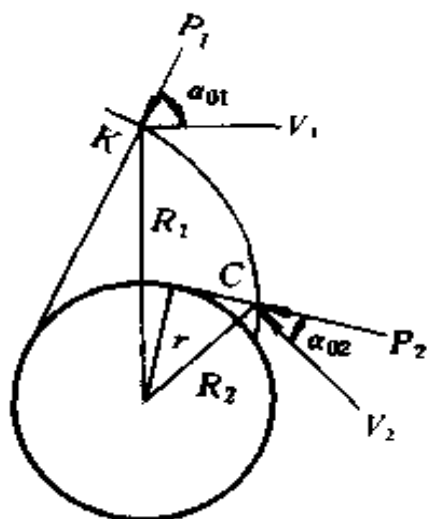


图 7-11 压力角示意图

的基本参数是它的模数、压力角、齿顶高系数、齿根高系数和顶隙系数。一个直齿圆柱齿轮,如果它的基本参数都取标准值,它就是标准直齿圆柱齿轮。

标准直齿圆柱齿轮的各部分尺寸一般都以模数为依据,其计算公式见表 7-5。

表 7-5 外啮合标准圆柱齿轮几何尺寸计算公式

名 称	代号	计 算 公 式	名 称	代号	计 算 公 式
模 数	$m$	通过计算或按表 7-4 确定	全 齿 高	$h$	$h = h_a + h_f$
压 力 角	$\alpha$	$\alpha = 20^\circ$	齿顶圆直径	$d_a$	$d_a = d + 2h_a$ $= m(z + 2h_a^*)$
齿 数	$z$	由传动计算确定	齿根圆直径	$d_f$	$d_f = d - 2h_f = m$ $(z - 2(h_a^* + c^*))$
分度圆直径	$d$	$d = mz$	基 圆 直 径	$d_b$	$d_b = d \cos \alpha$
齿 距	$p$	$p = \pi m$	齿 厚	$s$	$s = p/2 = \pi m/z$
顶 隙	$c$	$c = c^* m$	齿 槽 宽	$e$	$e = s = \pi m/2$
齿 顶 高	$h_a$	$h_a = h_a^* m$	齿 宽	$b$	$b = (6 \sim 12)m$ 通常取 $b = 10m$
齿 根 高	$h_f$	$h_f = (h^* + c^*)m$	中心距	$a$	$a = d_1/2 + d_2/2$ $= m/2(z_1 + z_2)$

表中: $h_a^*$ 叫做齿顶高系数,对于正常标准齿,规定  $h_a^* = 1$ ;  $c^*$ 叫做顶隙系数,对于正常标准齿,规定  $c^* = 0.25$ 。

(2) 齿轮传动的传动比:如图 7-12 所示,设主动齿轮的齿数为  $z_1$ ,转速为  $n_1$ (r/min);从动轮的齿数为  $z_2$ ,转速为  $n_2$ (r/min)。由于齿轮传动是齿与齿的啮合传动,单位时间(例如 1 min)内相互啮合的主、从动轮所转过的总齿数必然相

等,即

$$z_1 \cdot n_1 = z_2 \cdot n_2$$

主动轮与从动轮的转速之比叫做传动比,用  $i$  来表示,则传动比公式为:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

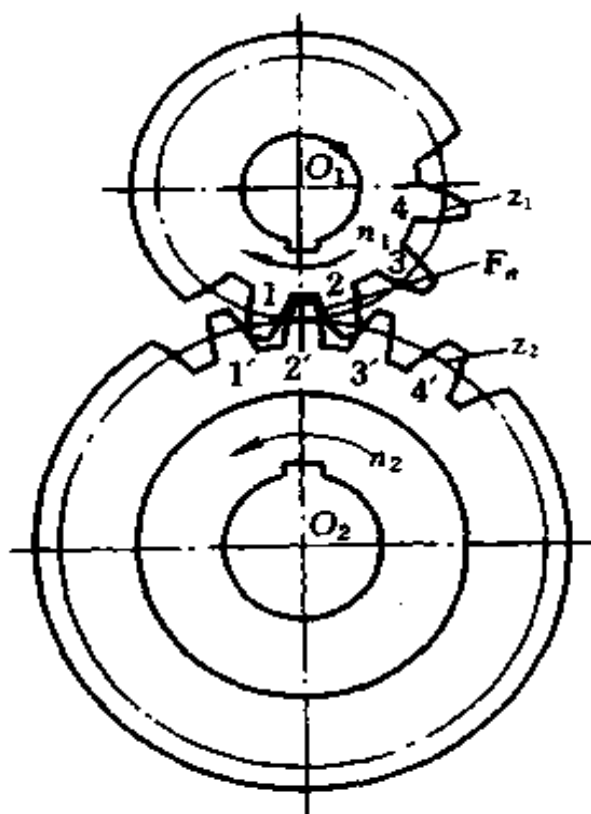


图 7-12 齿轮转动示意图

传动比公式应用举例:

某齿轮传动装置,其主动轮齿数是 20,转速为 3000 r/min,从动轮的齿数是 60,求传动比和从动轴的转速各是多少?(参见图 7-12)

解:

已知:主动轮齿数  $z_1 = 20$ ,转速  $n_1 = 3000(\text{r}/\text{min})$



从动轮齿数  $z_2 = 60$ ,

$$\text{则 } i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{60}{20} = 3$$

$$\therefore i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$\therefore n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{3000}{3} = 1000(\text{r/min})$$

答:该传动装置的传动比是 3,从动轮的转速是 1000 r/min。

#### (四)螺旋传动的原理、类型及应用

螺旋传动是利用螺杆和螺母组成的螺旋副来实现动力和运动传递的。它主要用于把回转运动转变为直线运动,同时传递动力。

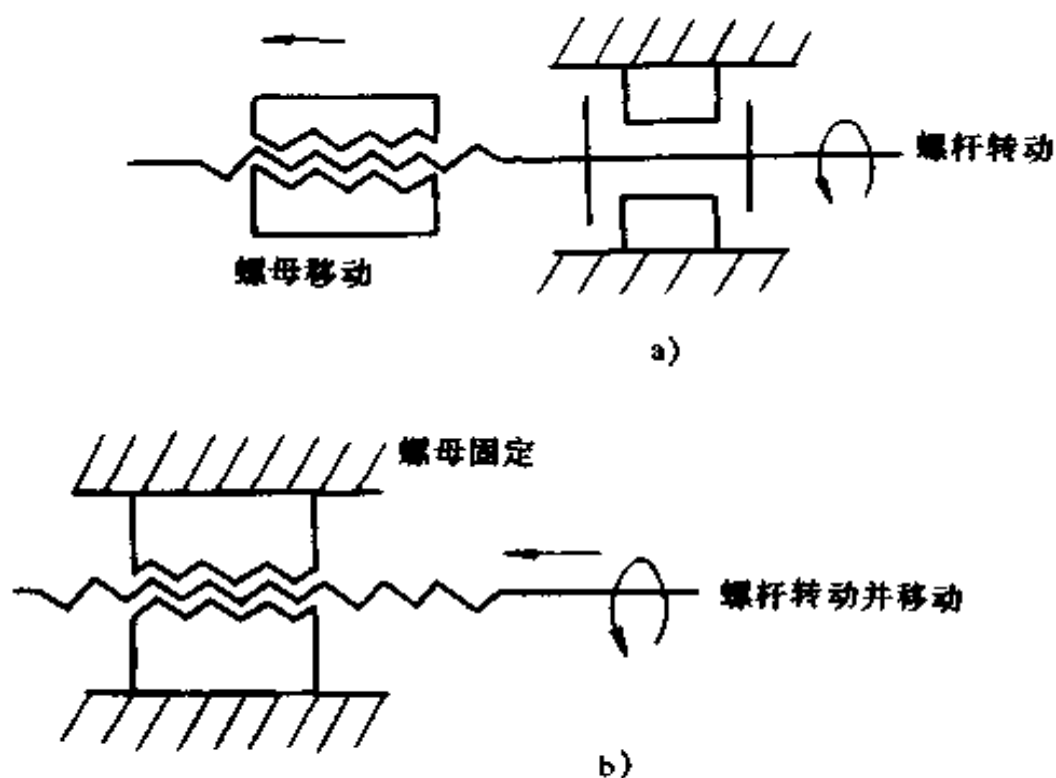


图 7-13 螺旋传动类型示意图

根据螺旋副中螺杆与螺母的运动关系,螺旋传动主要有两种常用类型:一是螺杆转动,螺母移动,多用于机床的自动进给或手动进给机构,如图 7-13a 所示;二是螺母固定,螺杆转动并移动,主要应用在螺旋压力机、螺旋千斤顶等装置中,如图 7-13b 和图 7-14 所示。

螺旋传动按用途的不同又可分为下列三类:

1. 传力螺旋 它以传递动力为主,并且要求能够用较小的转矩产生较大的轴向推力,以实现顶压工件或顶起重物。螺旋副承受很大的轴向力,并要求具有自锁能力,传力螺旋副一般在低速间歇状态下工作。如螺旋压力机,螺旋千斤顶即为传力螺旋。

2. 传导螺旋 以传递运动为主,有时也承受较大的轴向载荷。传导螺旋副一般在较长时间连续状态下工作,运动速度较高,并要求有较高的传动精度。如机床的螺旋式进给机构即为典型的传导螺旋。

3. 调整螺旋 用来调整、固定零件的相互位置,一般在空载下调整,且不经常转动。如仪器、仪表中的螺旋调整机构,内燃机气门间隙的螺旋调整机构等。

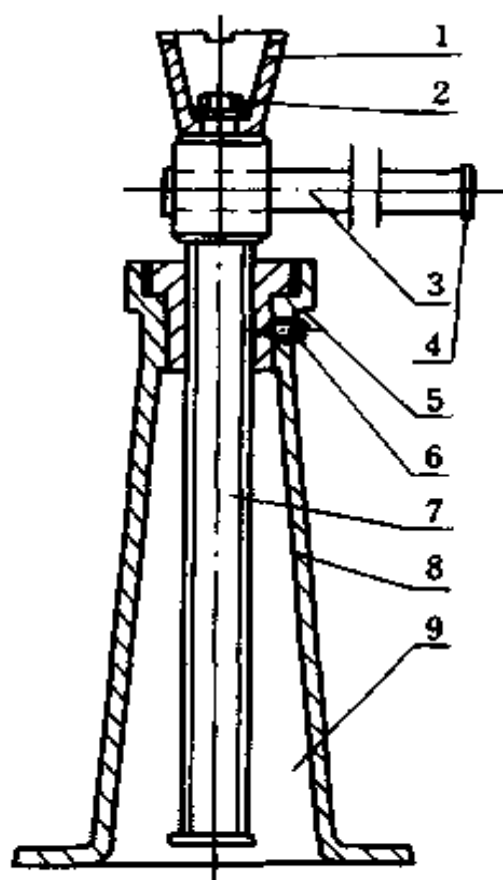


图 7-14 螺旋千斤顶

1. 托杯 2. 螺钉 3. 手柄  
4. 挡环 5. 螺母 6. 紧定螺钉  
7. 螺杆 8. 底座 9. 挡环

## 二、液压传动系统基本知识

液压传动与机械传动有着本质的区别,液压传动是以液体为中间介质,实现动力传递和控制的一种传动方式。它具有很多独特的优点,被广泛应用在多种机械设备中,如液压挖掘机,液压起重机,液压自控机床、汽车、拖拉机等。

### (一) 液压传动系统的组成及工作原理

一个完整的液压系统一般由动力部分、执行部分、控制部分和辅助部分等四部分组成。

1. 动力部分 这部分主要是由液压泵组成的。其作用是把原动机(如电动机)的机械能转变为液压能,提供给液压工作系统,也就是向液压工作系统提供压力油。

2. 执行部分 这部分主要是由液压缸或液压马达组成。其作用是把系统的液压能转变为机械能,带动外负载做功。

3. 控制部分 这部分主要是由各类液压控制阀组成的。其作用是控制和调节系统的压力、流量和方向,以满足执行部分对力、速度和运动方向的要求。

4. 辅助部分 这部分包括油箱、油管、管接头、滤油器、压力表等。其作用是储油、滤油、检测等,并把液压系统的各元件按要求连接起来,构成一个完整的液压系统。

现用图 7-15 来说明液压传动系统的工作原理:当电动机带动油泵运转时,油泵从油箱经滤油器吸油,并从其排油口排油,也就是把经过油泵获得了液压能的油液排入液压系统。

在图示状态,即换向阀手把位于中位时,油泵排出的油液经排油管—节流阀—换向阀 P 口—换向阀 O—回油箱。

如果把换向阀手把推向左位,则该阀阀芯把 P、A 两口勾

通,同时,B、O 两口也被勾通,油泵排出的油液经  $P \rightarrow A \rightarrow$  液压缸上腔;同时,液压缸下腔的油液  $\rightarrow B \rightarrow O \rightarrow$  油箱,这样液压缸上腔进油,下腔回油,活塞在上腔油压的作用下带动活塞杆一起向下运动。当活塞向下运行到液压缸下端极限位置时,运行停止,而后可根据具体工作需要或者保压,或者使活塞杆返回原位。

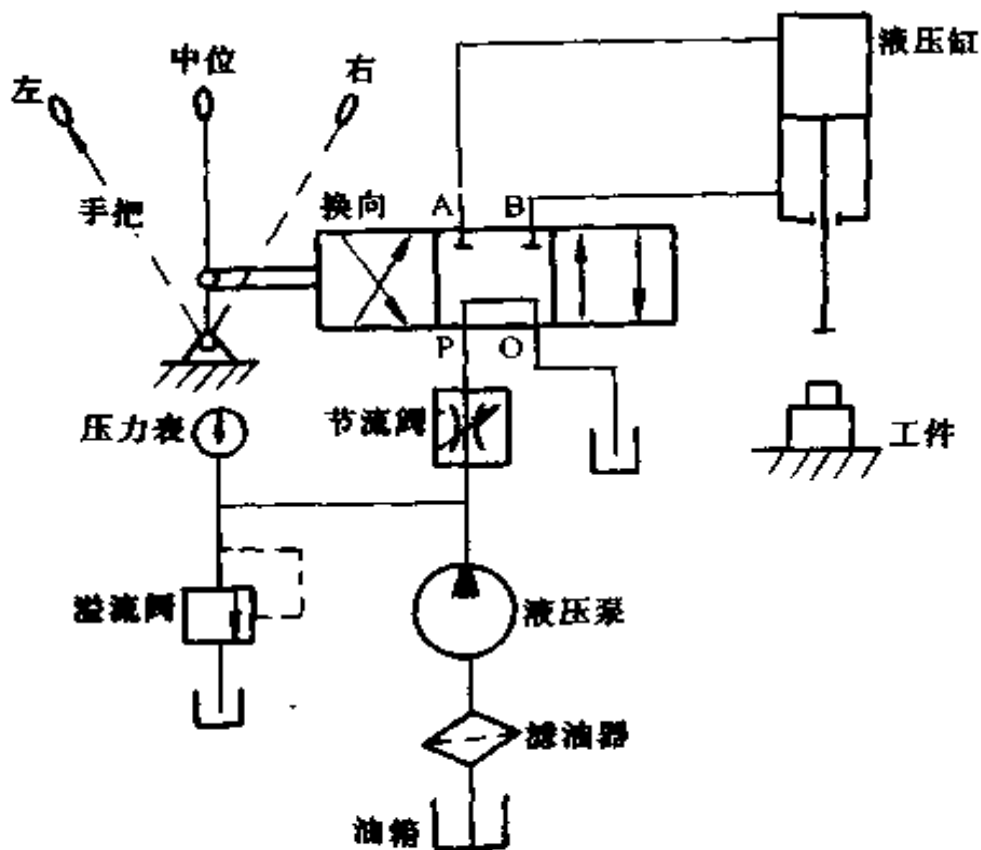


图 7-15 液压传动系统原理图

如果需要活塞杆向上运动返回原位,则应把换向阀手把推向右位,这时 P、B 被阀芯通道勾通,油泵排出的油液经  $P \rightarrow B \rightarrow$  液压缸下腔;同时液压缸上腔的油液经  $A \rightarrow O$  (当换向阀勾通 P、B 时,也同时勾通了 A、O)  $\rightarrow$  油箱,这样,液压缸下腔进油,上腔回油,活塞在下腔油压的作用下,连同活塞杆一起

向上运动返回原位,通过操纵换向阀手把的左、中、右位置,可以分别实现液压缸活塞杆的伸、停、缩三种运动状态。手把不断左右换位,活塞带动活塞杆就不断地作往复直线运动。

系统中的节流阀可用来调节液压缸活塞杆运动速度的快慢;溢流阀用于稳压和限制系统压力;压力表用来观测系统压力;滤油器用于过滤液压泵吸的油;油箱用于储油和沉淀油液杂质等。

## (二) 液压传动的特点及应用

液压传动与机械传动相比具有如下一些特点:

1. 系统运行平稳灵活 由于液压传动一般都采用油液作为工作介质,因此系统各元件自润滑性好,元件使用寿命长;另外,由于液体传动具有良好的吸振性,所以系统运行平稳且动作灵敏。

2. 能传动较大的力和力矩 液压传动能够传动较大的力和力矩;能够比较容易产生很高的压力;液压传动较容易地实现大范围无级调速。

3. 控制操作简便 液压传动系统控制调节简单,操作方便省力、易于实现自动化控制,特别是和电气控制结合后,能够方便地实现复杂的自动工作循环。

4. 运行安全 液压传动系统通过安全阀等装置能够非常容易地实现过载保护。

5. 元器件“三化”率高 液压元件易于实现标准化、系列化、通用化,便于设计、制造。目前,已有大量的标准化系列化产品,选用非常方便。

但液压传动工作过程中,要经过液压泵把机械能转变成液体的压力能,最终还要经过液压执行机构(液压缸,液压马达)把液压能转化为机械能对外做功,整个工作过程经过两次

能量转换。因而能量损失较大,降低了系统的总效率。液压系统一般总效率为 70% ~ 80% 左右,而某些机械转动形式,如齿轮转动最高可达 99%;由于工作液体存在着可压缩性,以及系统中存在泄漏现象,因此,液压传动不能保证准确的传动比。此外,液压传动系统故障比较隐蔽,不易查找;由于液压件制造加工精度要求高,所以,液压传动的成本也比较高。

液压传动相对于机械传动来说是一门较新兴的技术。但是,由于它在某些方面具有的优良性能及特点,使得它发展非常迅速,目前已被大量应用于多种行业中,例如在机床制造业中的液压车床、磨床、铣床和刨床等的应用越来越多;在自动、非自动和数控等高效自动化机床中,其液压传动与控制技术的采用已不可缺少;在汽车制造业方面有采用液压传动的全液压越野车、液压自卸车、消防高空作业车等;在工程建筑业方面有全液压挖掘机、装载机和隧道掘进机等。此外在农业机械、轻工、冶金、船舶、军工等行业也越来越多地采用液压传动。

### (三) 常用液压件的种类、原理及应用

1. 液压泵 液压泵是液压系统的动力源。其作用是吧原动机(如电动机)的机械能转变为液体的压力能,以便向液压系统执行机构提供压力油。

液压泵的类型很多。按泵的结构特点可分为齿轮式、叶片式、螺杆式和柱塞式;按泵的流量特点可分为定量式和变量式。

下面介绍几种常用液压泵的结构、工作原理及其应用特点。

(1) 齿轮泵:该泵由一对参数相同的外啮合齿轮装入泵体内,每个齿轮轴有一对轴承(滑动轴套),以及泵的端盖等零部件组成。泵体上开有一个吸油口和一个排油口,齿轮的齿

顶与泵体内圆表面的间隙很小(间隙密封),泵盖或轴承端面与齿轮端面的间隙也很小(仍为间隙密封)。由于这两处密封的作用,使得泵体内的吸、排油区被隔开。吸油区经吸油口、吸油管、接入油箱油面以下适当深度;排油区经排油口、排油管、控制阀等接入液压执行机构。

齿轮泵的工作原理如图 7-16 所示。当电动机带动泵轴使齿轮按图示方向转动时,油液就不断地被吸入,由齿谷不断地带人排油区;轮齿连续地进入啮合,泵就连续不断地排油。

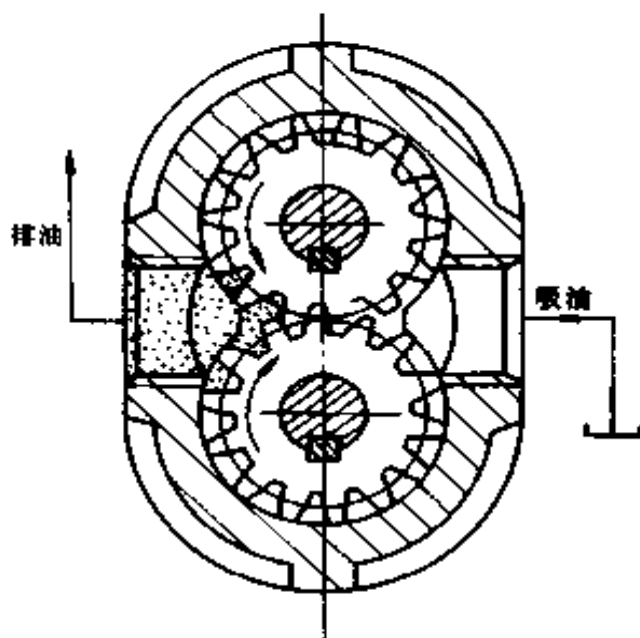


图 7-16 外啮合齿轮泵原理示意图

齿轮泵流量(单位时间内的排油体积  $L/min$ )的大小取决于齿轮旋转的快慢。当电动机转速确定后,油泵的流量固定不变,所以齿轮泵属于定量泵。

齿轮泵的特点是结构简单,零部件少,且加工制造容易,价格低廉。但其流量均匀性差,压力脉动大,高压能力差。所以,齿轮泵只广泛应用于中、低压系统。

图 7-17 是河北省石家庄煤矿机械厂生产的 YBC 型齿轮

泵的结构图。该泵采用了浮动轴套液压自动补偿端面泄漏的结构(排油区的液体从齿轮端面与轴套端面相接触的间隙面向吸油区泄漏,称为端面泄漏,它是齿轮泵的主要内泄漏途径),其端面泄漏得到了良好的控制,即使压力较高时,其内泄漏也不致于很大。该泵的工作压力为 8MPa,已成为系列产品,其规格性能见表 7-6。

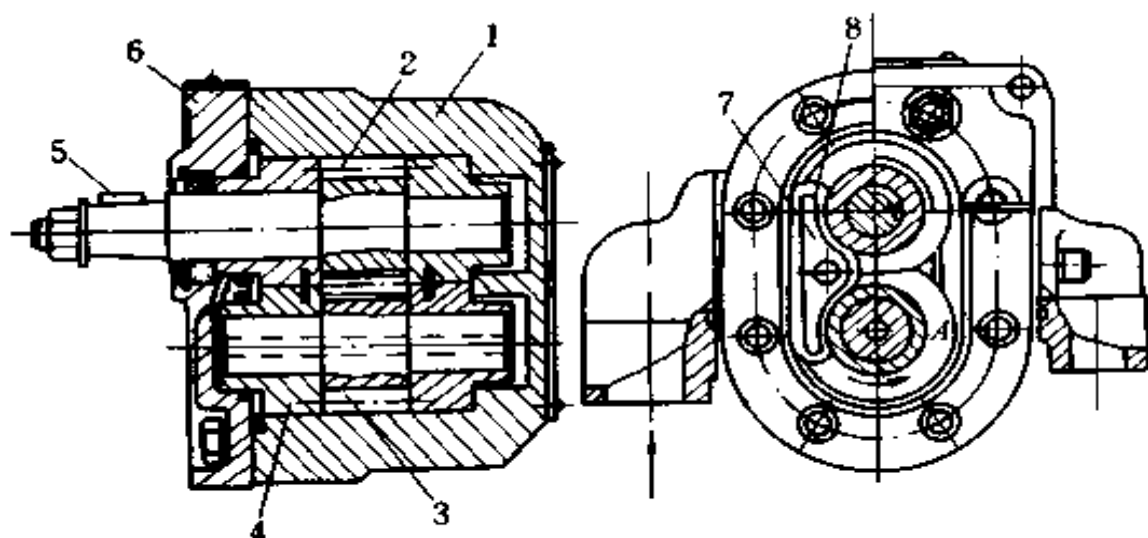


图 7-17 YBC 型齿轮泵的结构图

1. 泵体 2. 主动轴齿轮 3. 被动轴齿轮 4. 滑动轴承  
5. 键 6. 端盖 7. 弓形板 8. 橡胶密封环

(2) 叶片泵:叶片泵具有运转平稳、噪音低、压力脉动小、流量大等特点。但其结构比齿轮泵复杂,加工工艺要求高,所以成本也较高。叶片泵对油液污染比齿轮泵敏感,常用于中、高压以下系统。叶片泵有单、双作用之分,有单、双联之分和单、双级之分。

叶片泵的转子旋转一周,泵完成一次吸、排油的称为单作用式叶片泵。转子旋转一周,完成两次吸、排油的称为双作用式叶片泵。可见,双作用式叶片泵由于每转一周吸、排油两



次,所以流量比单作用式叶片泵大且流量脉动小。

表 7-6 YBC 型齿轮泵技术性能参数

型号	流量 (L/min)	压力(MPa)		转速(r/min)		功率 (kW)	容积效率 (%)	质量 (kg)
		额定	最大	额定	最大			
YBC-5/80	5					1.7		
YBC-10/80	10	8	120	1500	2000	3	~95	1.6
YBC-12/80	12					4		
YBC-30/80	30					8		
YBC-45/80	45	8	120	1500	2000	14	~95	4.6
YBC-60/80	60					16		
YBC-75/80	75					20		
YBC-100/80	100	8	120	1500	2000	26	~95	11.8
YBC-125/80	125					30		

单作用式叶片泵的工作原理如图 7-18 所示。

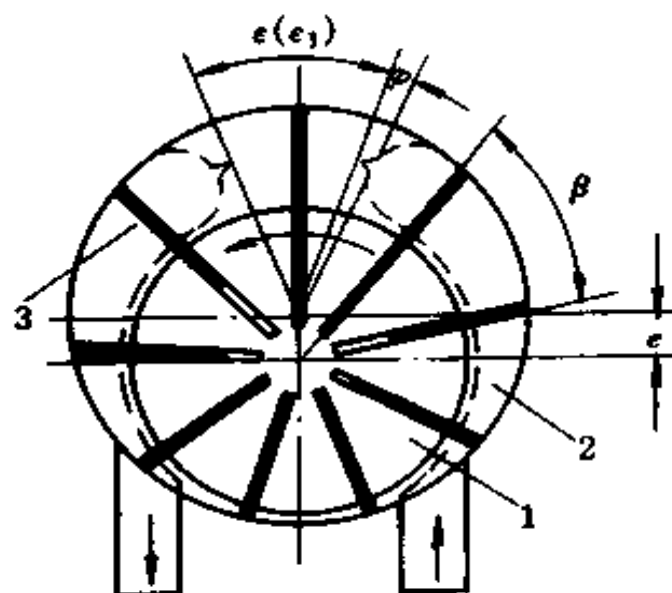


图 7-18 单作用式叶片泵的工作原理图

1. 转子 2. 定子 3. 叶片

它由内表面为圆形的定子(泵体)、转子和装在转子径向槽内的叶片等零件组成。定子中心与转子中心在上下方向不重合,其偏心距为  $e$ 。当转子由电动机带动旋转时,由于离心力或液压力的作用,使叶片伸出紧贴在定子的内曲面上。这样,每两个叶片与定子内曲面、转子外曲面和前后泵盖之间,就构成了一个密闭的容积。油泵运转时,转子旋转,叶片在槽内做径向伸、缩运动。如果转子如图示方向逆时针旋转,转子右半部分的叶片做伸出运动,使叶片间的密闭容积增大,而产生局部真空,油液便通过吸油口被吸入,并充满叶片间的容积。随着转子连续转动,吸满油的两叶片所夹的容积随着定子反时针旋转,通过过渡区进入定子的左半部,这时转子槽内的叶片受到定子内曲面的强制压迫而逐渐缩回,使得原吸满油的容积变小,压力升高,通过排油口强制压出,这就是泵的排油;当转子继续旋转,叶片缩至极限位置(过渡区内),而后又进入定子右半部位置,重新伸出,进行下一次吸、排油循环。转子旋转一周,每两个叶片间的容积吸、排油一次,所以这是单作用式叶片泵。

当调节定子、转子的偏心距  $e$  时,叶片的径向伸缩量将发生变化。当  $e=0$  时,叶片无法径向伸缩,叶片间的容积不发生变化,泵无法吸、排油,此时泵的排油量为零;偏心距越大,吸、排油量越大,泵的流量就越大;当偏心距反向调节到零后继续反向增大时,不仅泵的吸、排油量变化,同时其吸、排油方向也随之改变,因此,单作用式叶片泵可以做成双向、变量泵。

双作用式叶片泵的工作原理如图 7-19 所示。其结构特点是其定子内曲面不像单作用式叶片泵那样是圆形,而是呈椭圆形的,并且泵体内有两个吸油腔和排油腔。转子旋转时,叶片靠弹簧力和液压力的作用紧贴定子内曲面。同时,在定

子内曲面的强制作用下使叶片回缩,其吸、排油原理与单作用式叶片泵相同。泵轴带动转子旋转,当叶片由定子内曲面的小半径转到大半径时,叶片逐渐伸出,使得叶片间的封闭容积逐渐增大而吸油;当叶片由大半径转到小半径时,叶片回缩,叶片间吸满的油液被强迫排出。转子每转一周,每个叶片受到定子内曲面大、小半径的各两次作用,使叶片伸、缩循环两次,也就是完成两次吸、排油。所以,这种泵称作双作用式叶片泵。这种泵的吸、排油区都分别对称于转子轴。所以,转子轴和轴承所受到的径向液压力互相抵消,使得轴及轴承工作寿命长,泵也可以承受较高的工作压力。但这种叶片泵变量困难,所以双作用式叶片泵属于定量泵。

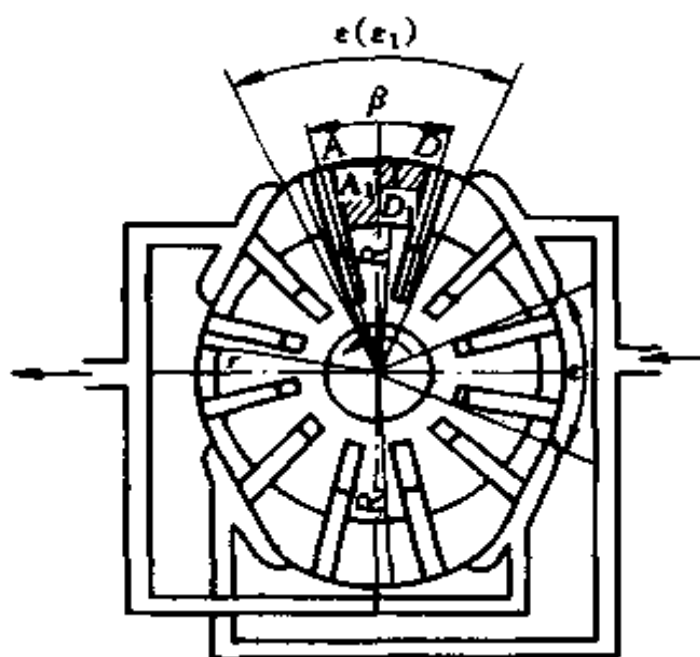


图 7-19 双作用式叶片泵工作原理图

(3) 柱塞泵:柱塞泵主要分为轴向柱塞泵和径向柱塞泵两大类。

柱塞的安装和运动方向与主轴的轴线方向一致时,称为

轴向柱塞泵。柱塞的安装和运动方向与主轴的半径方向一致时,称为径向柱塞泵。

不论是轴向柱塞泵还是径向柱塞泵,其工作原理,实质上都是通过柱塞在缸内的往复运动来实现吸、排油的。

柱塞泵具有下列特点:

① 柱塞泵中,柱塞与柱塞缸都是圆柱形的,其工艺性好,加工精度高。因此,泵的内泄漏小,容积效率高。

② 柱塞与缸体的刚性好,承压能力强。所以,在各类泵中柱塞泵所能产生的压力最高,一般为  $20 \sim 40\text{MPa}$ ,最高可达  $70\text{MPa}$ 。

③ 柱塞泵的转速范围大,可达  $500 \sim 6000\text{r/min}$ ;流量也大,并在结构上易实现变量。所以,柱塞泵有多种变量类型。

④ 柱塞工作时,受力情况较好,柱塞与缸孔磨损小,运转噪音小,使用寿命长。

⑤ 柱塞泵结构复杂,价格高;对油液污染敏感;对使用及维修水平要求高。

鉴于以上特点,柱塞泵一般用于高压及高压大功率液压系统。

2. 液压缸 液压缸通常称为油缸,其作用是把系统的液压能,转变为往复直线运动的机械能来带动外负载。它主要以推、拉和顶压的形式对外负载工作。

液压缸的种类较多,但其工作原理基本相同。以图 7-20 单杆双作用活塞式液压缸为例,其工作原理如下:

当油缸 A 口进油,B 口回油时,压力油推动活塞使活塞及活塞杆向左运动,输出推力和运动;当 B 口进油、A 口回油时,活塞及活塞杆返回。油缸的工作就是靠控制 A、B 口的交替进、回油来实现往复运动对外作工的。

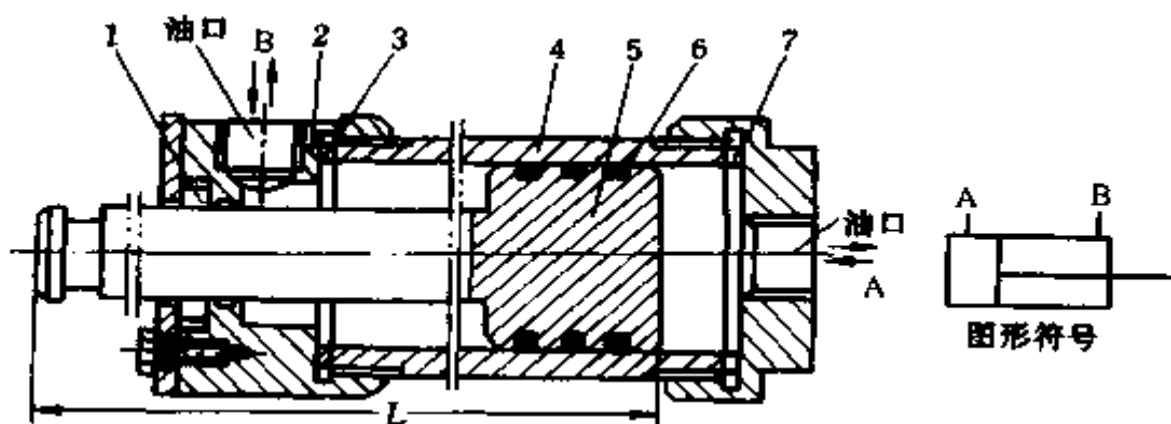


图 7-20 单杆、双作用活塞式液压缸示意图

1、6. 密封圈 2、7. 端盖 3. 垫圈 4. 缸体 5. 活塞

3. 液压马达 液压马达习惯上又称为油马达。它同液压缸一样,也是将液压能转化为机械能对外作功的,不同的是,液压马达是把液压能转变为旋转运动的机械能,来带动需要做旋转运动的工作机械。

液压马达与液压泵,在理论上说可以互逆使用,即具有可逆性。所以,马达的种类与泵相同,常用的液压马达有齿轮式、叶片式和柱塞式三大类。需要注意的是,油马达与油泵虽有可逆性,但实际上由于使用目的的不同,其结构是有差别的。所以,实际上一般泵与马达是不能直接互逆使用的。

4. 液压控制阀 液压控制阀是用来控制系统压力、流量和液流方向的液压元件。其控制的目的在于使执行机构(液压缸、马达)输出所需要的力、力矩、速度、方向以及实现系统保护。

液压控制阀的种类很多,根据其用途不同,可分为流量阀、压力阀和方向控制阀三大类。

(1) 流量控制阀:这类阀是用来调节进入液压缸或马达流量的,目的是调节其输出运动的速度,如节流阀和调速阀

等。

(2) 压力控制阀:它是用来控制、调节系统压力的。目的是调节液压缸或马达的输出作用力或调节运动顺序,以及系统过载保护等,如减压阀、顺序阀和安全阀等。

(3) 方向控制阀:它是用来控制系统内液流方向的。以达到控制执行机构(液压马达的正反转、油缸的正反向运行等)的运动方向,如手动换向阀、电磁换向阀和单向阀等。

5. 常用液压元件的职能符号 在液压系统中,凡是作用相同的元件,不论其结构、原理如何,都用同一种代号表示,这种代号称为职能符号。用职能符号绘制系统原理图简单、方便、功能清晰、读图容易。我国已有该符号的国家标准,用时可查阅。

#### (四) 液压泵的流量、压力、功率及效率

流量、压力、功率、效率是液压泵的主要性能参数。

1. 流量 单位时间内排出液体的体积(L/min)。

2. 额定流量 正常工作条件下,按试验标准规定,必须保证的流量(L/min)。

3. 额定压力 正常工作条件下,按试验标准规定连续运转时,允许的最高压力。

4. 最高允许压力 按试验标准,液压泵允许短时过负载运行时的压力。

5. 输入功率 外动力(如电动机)输入给液压泵轴的机械功率。它可为选择电动机提供依据。

6. 输出功率 液压泵输出的是液体的流量和压力,即指泵输出的液压功率,可通过下列计算得出:

$$N_y = 16.7P \cdot Q \times 10^{-3}(\text{kW})$$

式中  $N_y$ ——液压功率(kW);

$P$ ——油液的压力 (MPa);

$Q$ ——泵的流量 (L/min)。

7. 液压系的总效率 它是用来衡量液压泵运转经济性好坏的指标。能量损耗过大,总功率太低的泵就不应该使用了。各类泵的总效率指标见表 7-7。实际运转工作的液压泵其总效率是通过对其有关参数的观测和计算得出的。具体公式如下:

$$\eta_z = N_y / N_j$$

式中  $\eta_z$ ——泵的总效率;

$N_y$ ——泵实际输出的液压功率 (kW);

$N_j$ ——泵实际输入的机械功率 (kW)。

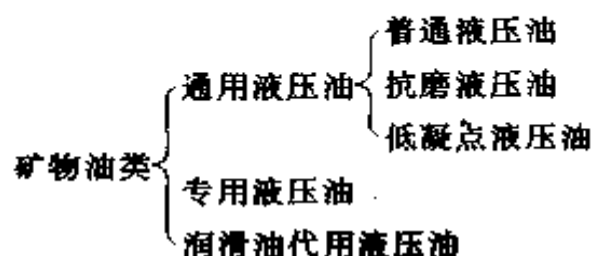
表 7-7 几种液压泵的效率指标

泵的种类	齿轮泵	叶片泵	柱塞泵
容积效率	0.7~0.9	0.8~0.95	0.85~0.98
总效率	0.6~0.8	0.75~0.85	0.75~0.9

液压泵除有总效率外,还有容积效率(表示泵内部自高压区向低压区泄漏量的大小。容积效率越高,说明泵的内泄漏越小)、机械效率(表示泵内部轴承等机械摩擦损失的大小。机械效率越高,说明泵内机械摩擦损失越小)等参数。

### (五) 液压传动工作液体的种类、性质及选用

液压传动工作液体,主要包括矿物油和难燃液两大类。



1. 普通液压油 用于压力低于 8MPa 的中低压机床液压系统,以及压力低于 16MPa 的中高压系统。此种油对于高压及低温环境下工作的系统均不适应。

2. 抗磨液压油 在普通液压油中加入抗磨剂等,即成为抗磨液压油。它适用于高压、重载液压系统。

3. 低凝点液压油 其凝固点可低于  $-35^{\circ}\text{C}$  且其粘度指数可高达 130,具有很好的粘温性及低温工作性能。

4. 专用液压油 它主要是为满足特殊设备的需要而生产的,大多用于航空、航海、军工等部门。这种油价格较高。

5. 润滑油代用液压油 由于液压油的产量有限,以及有时为减少油液的种类,便于油液管理,对于要求不高的液压系统,可以采用机械润滑油代替液压油使用。如对柴油机中的液压系统,如果没有特殊要求,可以直接采用柴油机油代替液压油,这样可减少油液品种,便于管理。

上述几类液压油及润滑油的具体牌号、性能指标,可参阅其各自的产品说明书,表 7-8 给出了几种常用液压油的牌号及其主要性能指标。

选用液压传动系统工作液体应遵循以下原则:

(1) 液体类型的选择:工作液体有各类矿物油和难燃液,应根据其具体情况综合考虑。用量大,并对防火要求较高的场合,应选用价格便宜抗燃的乳化液类或其它抗燃液;高温、高压、重载的场合,应选用高闪点及抗磨油类;寒冷地区,应选用低凝点油类;要求高的特殊系统,应选用专用油类;通常的一般系统,可选用普通液压油或机械润滑油代用。

(2) 液体粘度的选择:液压油粘度过高将使运动阻力增加,且造成油泵吸、排油不畅,功率损耗增大。粘度过低将使泄漏增大,且润滑性变差等。粘度的选择与泵、马达的结构、工作



速度、工作压力、工作环境温度有关。系统中液压泵是对液体粘度最敏感的元件,所以一般都按照泵的要求来选择液体的粘度。各类泵对粘度的适应情况及推荐油液品种,见表 7-9。

表 7-8 几种国产液压油的主要质量指标

主要指标 牌 号		运动粘度 50℃时 (mm <sup>2</sup> /s)	闪点(开口) (℃) (不低于)	凝 点 (℃) (不高于)	酸 值 (mg KOH/g) (不大于)	机械杂质 (%)
汽轮机油	22号	20~30	180	-15	0.02	无
	30号	28~32	180	-10	0.02	无
机 械 油	10号	7~13	165	-15	0.14	0.005
	20号	17~23	170	-15	0.16	0.005
	30号	27~33	180	-10	0.20	0.007
	40号	37~43	190	-10	0.35	0.007
精密机床 液 压 油	20号	17~23	170	-10		无
	30号	27~33	170	-10		无
	40号	37~43	170	-10		无
稠化液 压 油	上稠 20-1	12.51	163.5	-33	0.237	无
	上稠 30-1	18.67	185.5	-49	0.131	无
	上稠 50-1	40.56	174	-48.5	0.123	无
	上稠 90-1	60.81	217	-27.5	0.063	无
航空液 压 油	10号	10	92	-70	0.05	无

**表 7-9 在不同工作温度下,常用泵的工作液体与粘度选择表**

液 压 泵 类 型		工 作 温 度 (°C)		推 荐 工 作 液 体 的 品 种
		5~40	40~80	
		40°C时适用粘度(mm <sup>2</sup> /s)		
叶 片 泵	7MPa 以下	28~46	39~72	普通液压油及其代用油品
	7MPa 以上	49~70	56~90	抗磨液压油
齿 轮 泵		28~70	99~170	中低压 普通液压油 中高压 抗磨液压油
径向柱塞泵		28~46	61~240	
轴向柱塞泵		40~70	70~160	

## 第八章 钳工基本技术

钳工主要是手持工具,并经常在台虎钳上对工件进行切削加工的工种。此外,钳工还可以完成用机械加工方法不太适宜,或甚至难以进行机械加工的某些工作。

钳工工作虽然劳动强度大,生产效率低,但在机械设备的装配和维修工作中是主力之一。它是机械制造过程中不可缺少的一个组成部分。

钳工工作场地的常用设备有钳工工作台(钳台)、砂轮机、台虎钳、台钻和立钻等。如图 8-1 所示。

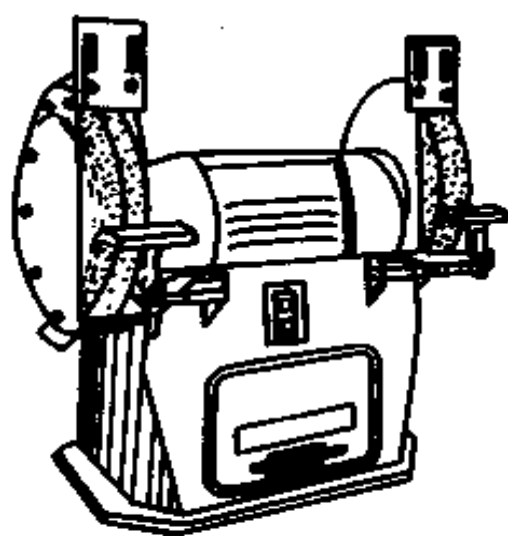
钳工的基本操作有划线、锯切、錾削、锉削、钻孔、扩孔、铰孔、铰孔、攻丝和套丝、矫正和弯曲、铆接、刮削和研磨等。

### 一、划线

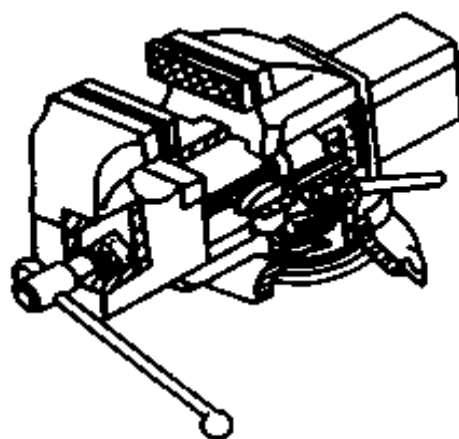
根据图纸要求,在毛坯或半成品工件表面上,划出加工图形或加工界线的操作称为划线。工件通过划线可达到的目的是:明确表示出工件的加工位置及加工余量,检查毛坯形状尺寸是否符合图纸要求,避免后续加工造成废品;对一些局部存在缺陷的毛坯,有时可通过划线用借料的方法来进行补救,免其报废。

#### (一) 划线前的准备

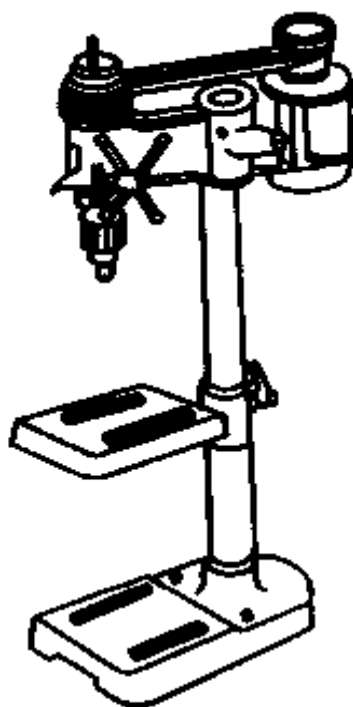
为了使工件表面划出的线条清晰、正确,必须清除毛坯上的氧化皮、残留型砂、毛边和灰尘,以及半成品上的毛刺、油污



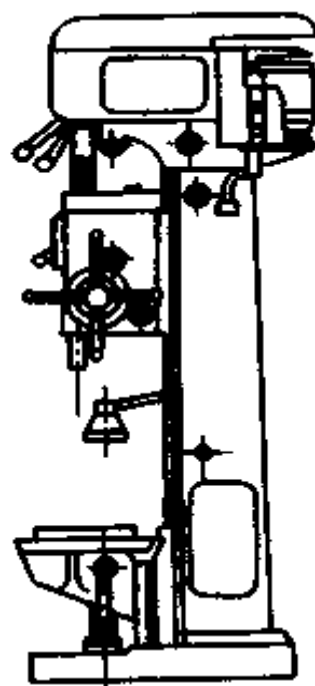
a)



b)



c)



d)

图 8-1 钳工常用设备

a)砂轮机 b)回转式台虎钳 c)台式钻床 d)立式钻床

等,对于划线的部位,更要仔细清扫,以增强涂料的附着力,保证划线的质量。有孔的工件还要用木块或铅块把孔堵塞,以便定心划圆。然后,在划线表面涂上一层薄而均匀的涂料。应根据工件的情况来选择涂料。一般情况下,锻铸件涂石灰水(由熟石灰和水胶加水混合而成);小件可用粉笔涂刷;半成品已加工表面涂品紫或硫酸铜溶液。品紫是用2%~4%紫颜料(如青莲、蓝油)、3%~5%漆片和95%~91%的酒精混合而成。

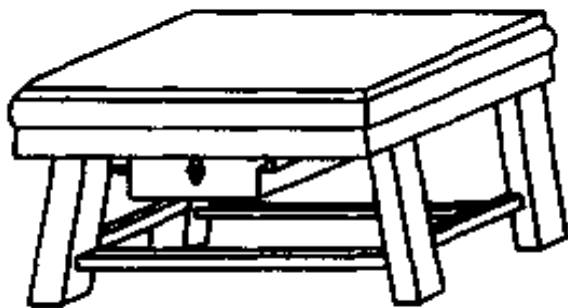


图 8-2 划线平板

## (二) 划线工具

1. 划线平板(又称划线平台) 它是一块经过精刨和刮削等精加工的铸铁平板,是划线工作的基准工具(图 8-2)。平板表面的平整性直接影响划线的质量,因此,要求平板

水平放置,平稳牢靠。平板各部位要均匀使用,以免局部地方磨凹;不得碰撞和在平板上锤击工件。平板要经常保持清洁,用毕擦净涂油防锈,并加盖保护。

2. 划针与划针盘 划针的形式如图 8-3a 所示。它由直径 3~5mm 的弹簧钢丝或碳素工具钢刃磨后经淬火制成,也可用碳钢丝端部焊上硬质合金磨成。划针长约 200~300mm,尖端磨成  $15^{\circ}$ ~ $20^{\circ}$ 。

用划针划线对尺寸时,针尖要紧靠钢尺,并向钢尺外侧倾斜  $20^{\circ}$ ~ $25^{\circ}$ (图 8-3b)。划线要尽量做到一次划成。若重复划同一条线,则线条变粗或不重合模糊不清,会影响划线质量。

划针盘是用来进行立体划线和找正工件位置的工具。它分为普通式和可调式两种,其结构如图 8-3c 和图 8-3d 所示。

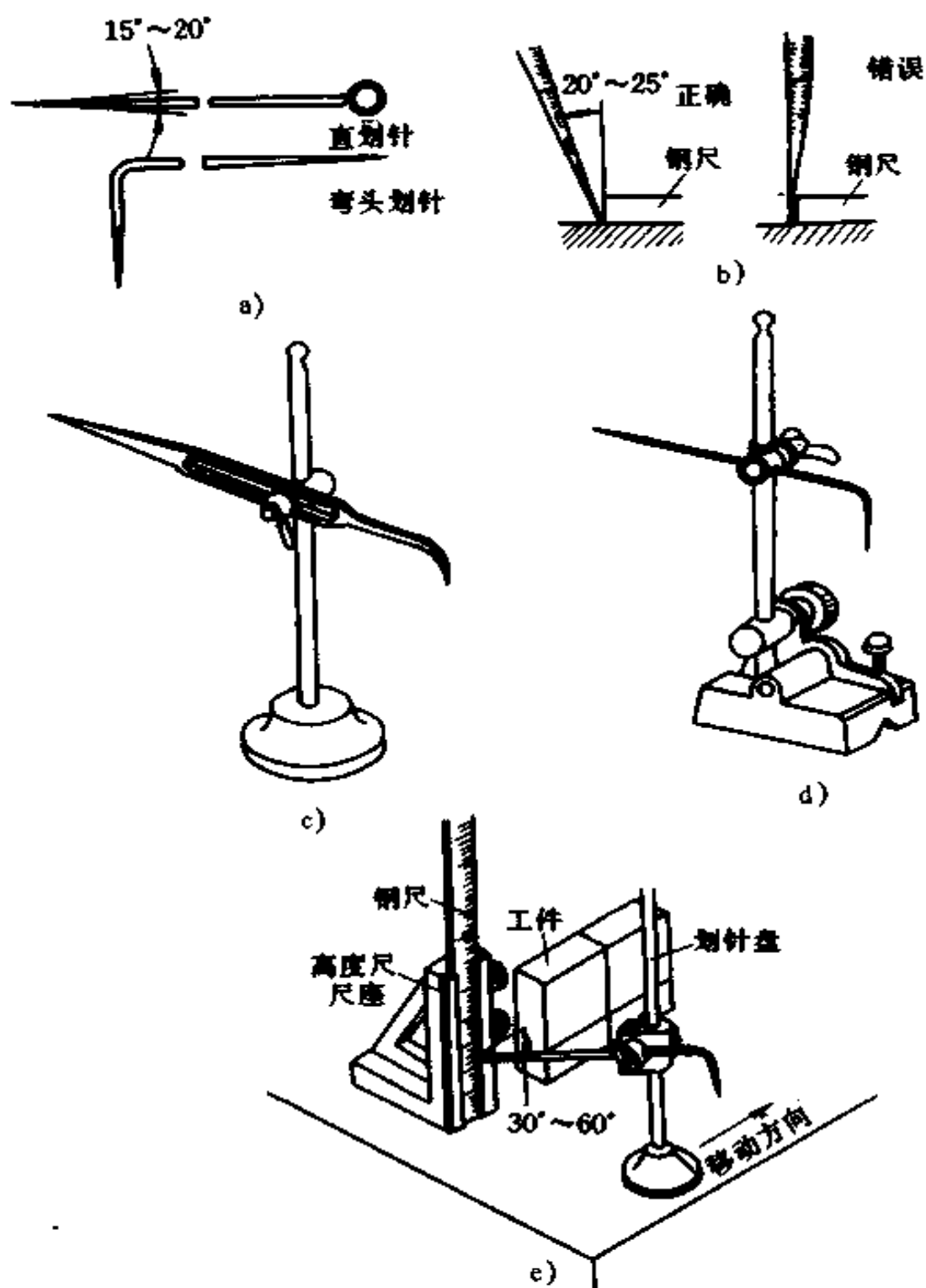


图 8-3 划针及划线方法

- a)划针 b)用划针划线 c)普通划线盘  
d)可微调划线盘 e)划针和划线盘的使用

使用划针盘时,划针的直头端用来划线,弯头端用来找正工件的划线位置。划针伸出部分应尽量短;在拖动底座划线时,应使它与平板平面贴紧。划线时,划针盘朝划线(移动)方向倾斜  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ (图 8-3e)。

3. 圆规和单脚规(划卡) 圆规用来作划圆、划圆弧、划出角度、量取尺寸和等分线段等工作(图 8-4)。

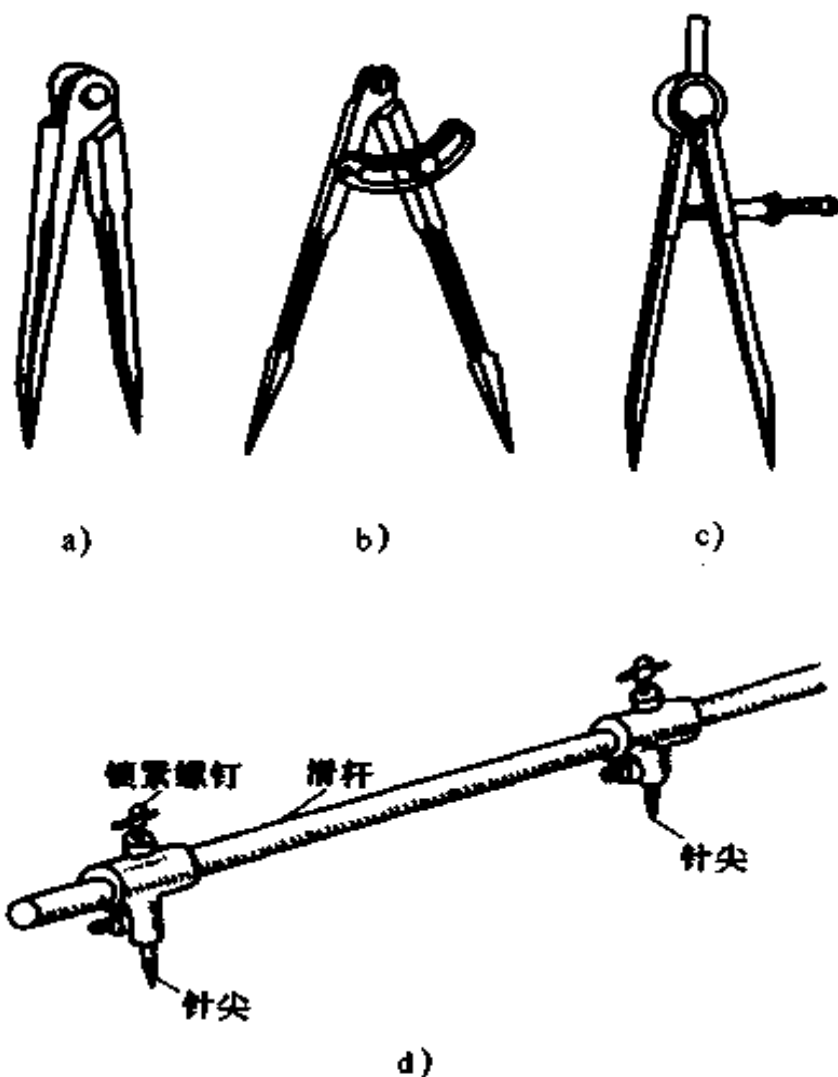


图 8-4 圆规和大尺寸圆规

a)普通圆规 b)扇形圆规 c)弹簧圆规 d)大尺寸圆规

单脚规用来确定轴及孔的中心位置。图 8-5 表示为单脚规的使用方法。圆规和单脚规都是用工具钢锻造加工制成，脚尖经淬火硬化。

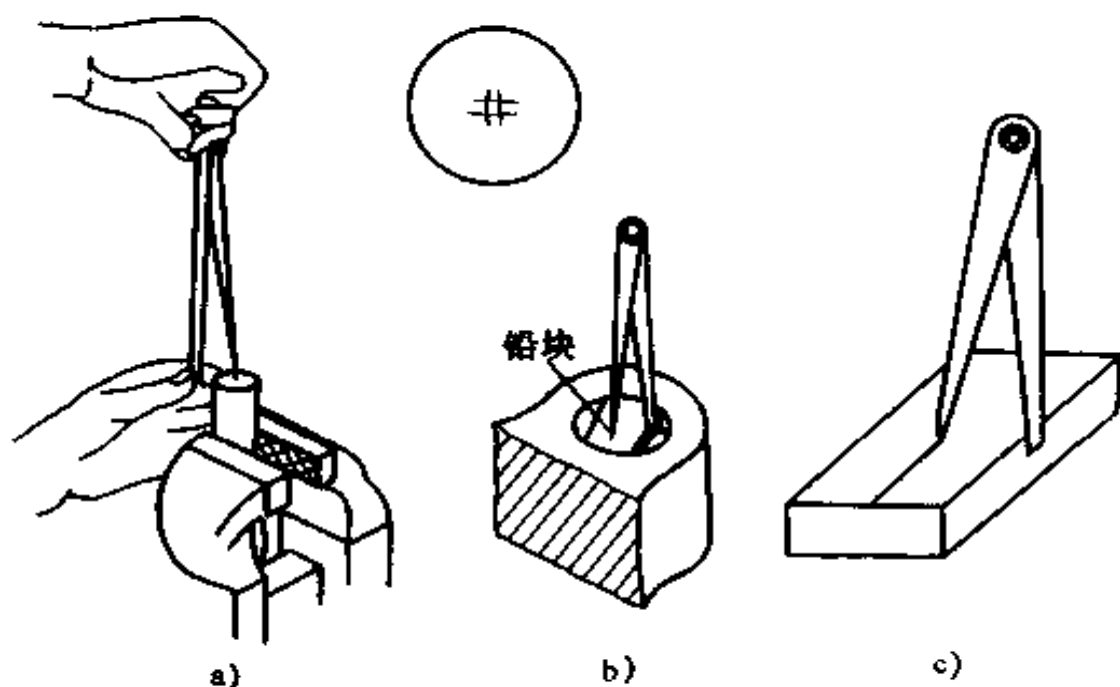


图 8-5 单脚规的应用

a)定轴心 b)定孔中心 c)划直线

4. 样冲 样冲主要是用来在工件表面划好的线条上冲出小而均匀的冲眼，以免划出的线条被擦掉。样冲用工具钢或弹簧钢制成，尖端磨成  $45^\circ \sim 60^\circ$ ，经淬火硬化，如图 8-6a 所示。

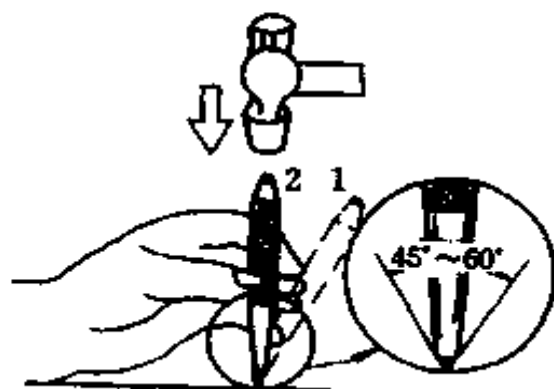
样冲冲眼时，开始样冲向外倾斜，使冲尖对正划线的中心或所划孔的中心，然后把样冲立直，用锤击打样冲顶端，如图 8-6b 所示。

5. V 形铁和千斤顶 V 形铁和千斤顶都是用来支承工件，供校验、找正及划线时使用的。它们都是用铸铁或碳钢加





a)

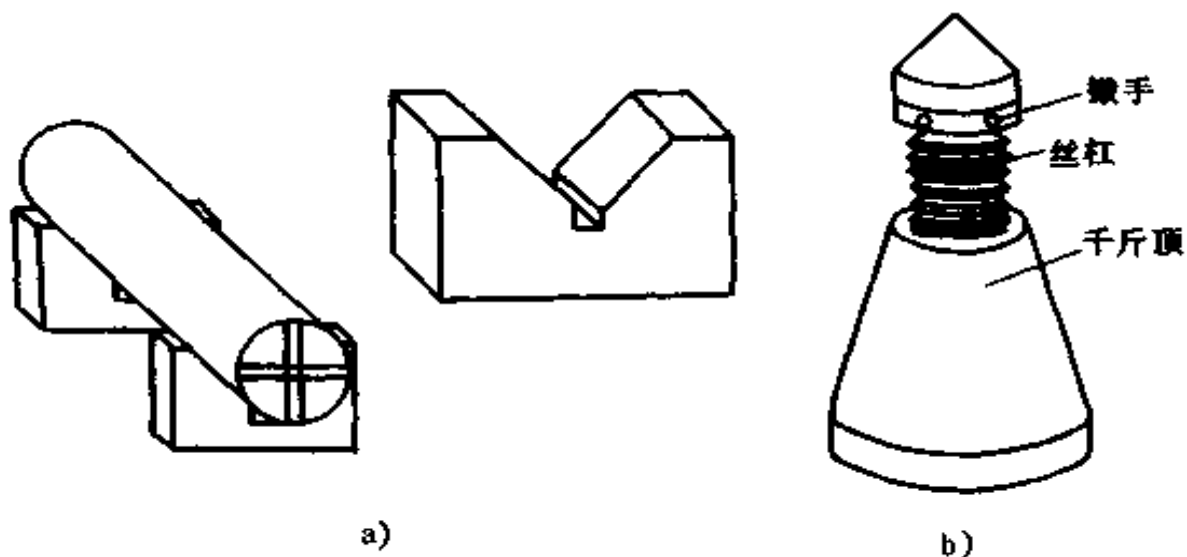


b)

图 8-6 样冲及使用

1. 向外倾斜对准位置 2. 冲子垂直打眼

工制成,其结构型式如图 8-7 所示。



a)

b)

图 8-7 V形铁和千斤顶

a)V形铁及应用 b)千斤顶

6. 方箱和角铁(图 8-8) 方箱是一个由铸铁制成的空心立方体,每个面均经过精加工,相邻平面互相垂直,相对平面互相平行。用夹紧装置把小型工件固定在方箱上,划线时只要把方箱翻 90°,就可把工件上互相垂直的线在一次安装中划出。

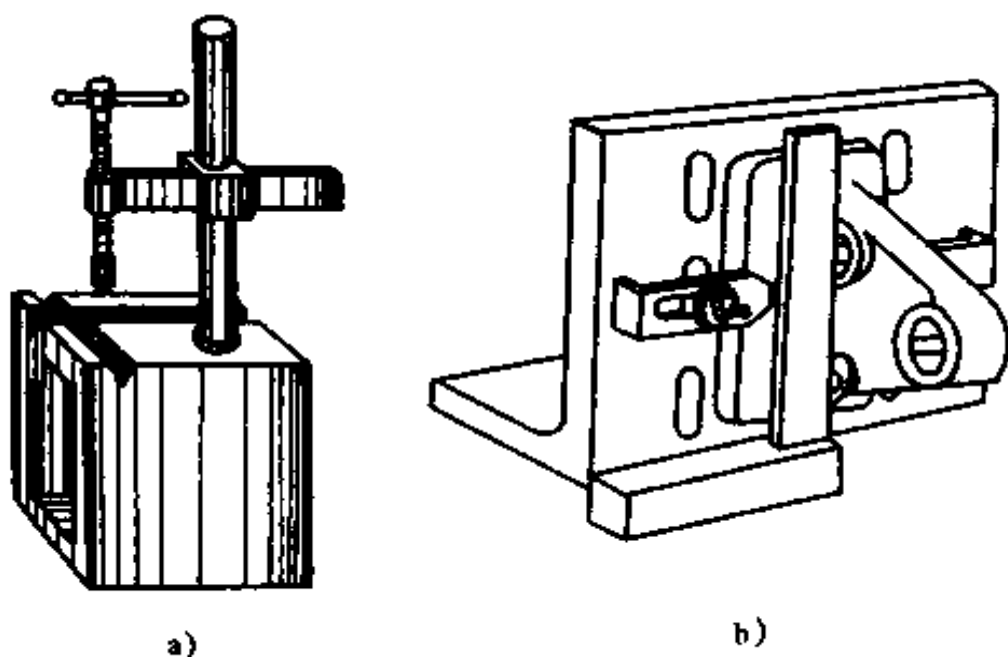


图 8-8 方箱与角铁及其应用

a)方箱 b)角铁及应用

角铁由铸铁制成,它的两个互相垂直的平面经刨削和研磨加工。角铁通常与压板配合使用,将工件紧压在角铁的垂直面上划线,可使所划线条与原来找正的直线平面保持垂直。

### (三) 划线方法

1. 划线基准的选择 划线时需要选择工件上某个点、线或面作为依据,以用来确定工件上其它各部分尺寸、几何形状和相对位置,此所选的点、线或面称为划线基准。划线基准一般与设计基准应该一致。选择划线基准时,需将工件、设计要

求、加工工艺及划线工具等综合起来分析,找出其划线时的尺寸基准和放置基准。

划线有平面划线和立体划线两种。平面划线一般要划两个方向的线条,而立体划线一般要划三个方向的线条。每划一个方向的线条就必须有一个划线基准,故平面划线要选两个划线基准,立体划线要选三个划线基准。划线前要认真细致地研究图纸,正确选择划线基准,才能保证划线的准确、迅速。

(1) 选择划线基准的原则如下:

① 根据零件图上标注尺寸的基准(设计基准)作为划线基准。

② 如果毛坯上有孔或凸起部分,应以孔或凸起部分中心为划线基准。

③ 如果工件上已有一个已加工表面,则应以此面作为划线基准;如果都是未加工表面,则应以较平整的大平面作为划线基准。

(2) 常用划线基准选择示例如下:

① 以两个互相垂直的线(或面)作为划线基准,如图 8-9a 所示。

② 以一个平面和一条中心线作为划线基准,如图 8-9b 所示。

③ 以两条互相垂直的中心线作为划线基准,如图 8-9c 所示。

2. 划线方法 平面划线与画机械投影图样相似,所不同的是,它是用划针、圆规等划线工具在金属材料的平面上作图。在批量生产中,为了提高效率,也常用划线样板来划线。

图 8-10 表示了轴承座的立体划线过程。

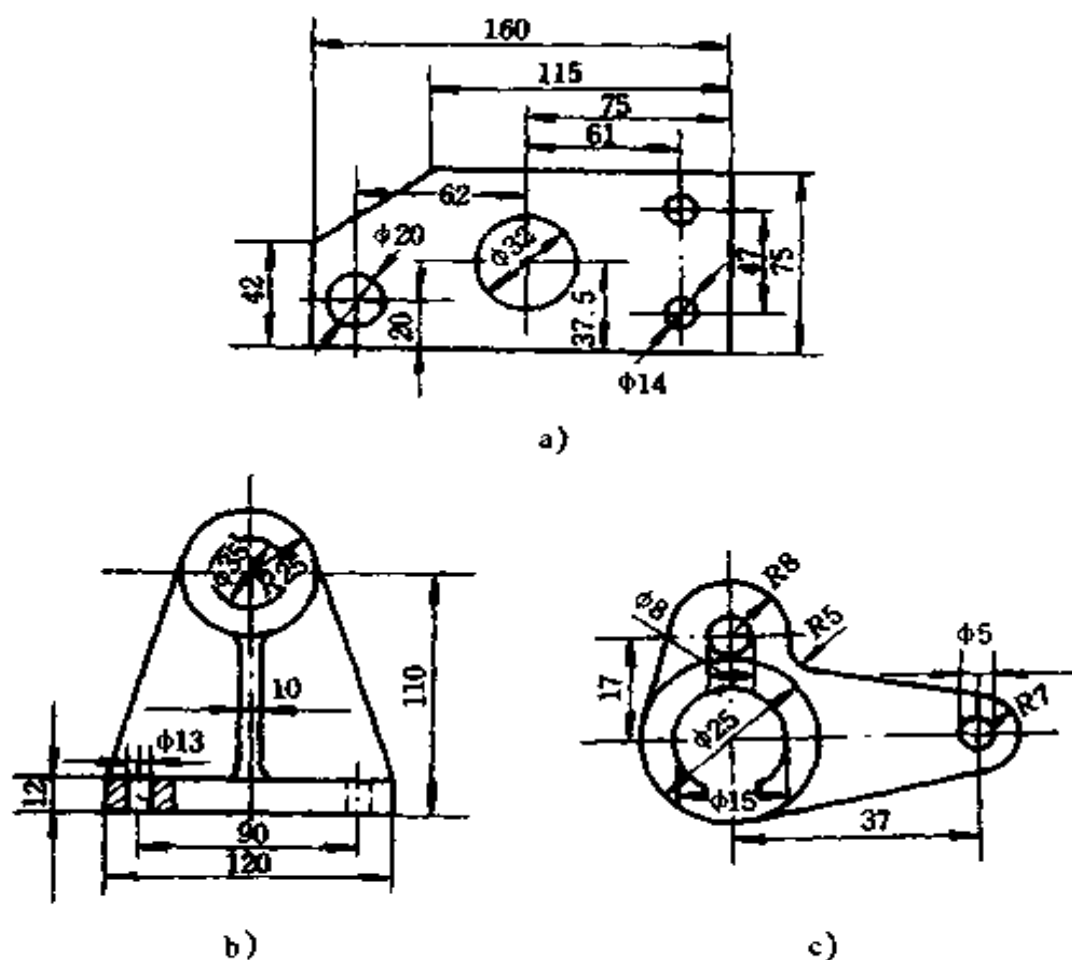


图 8-9 选择平面划线基准实例

- a) 以两个相互垂直的边为基准    b) 以一个面和一条中心线为基准  
c) 以两条中心线为基准

除上述介绍的划线方法以外,还有直接按照原件实物面进行的模仿划线和在装配工作中采用的配合划线(有用工件直接配合后划线,也有用硬纸板托印及其它印迹配合划线)等方法。通过配合划线加工后的工件,一般都能达到装配要求。

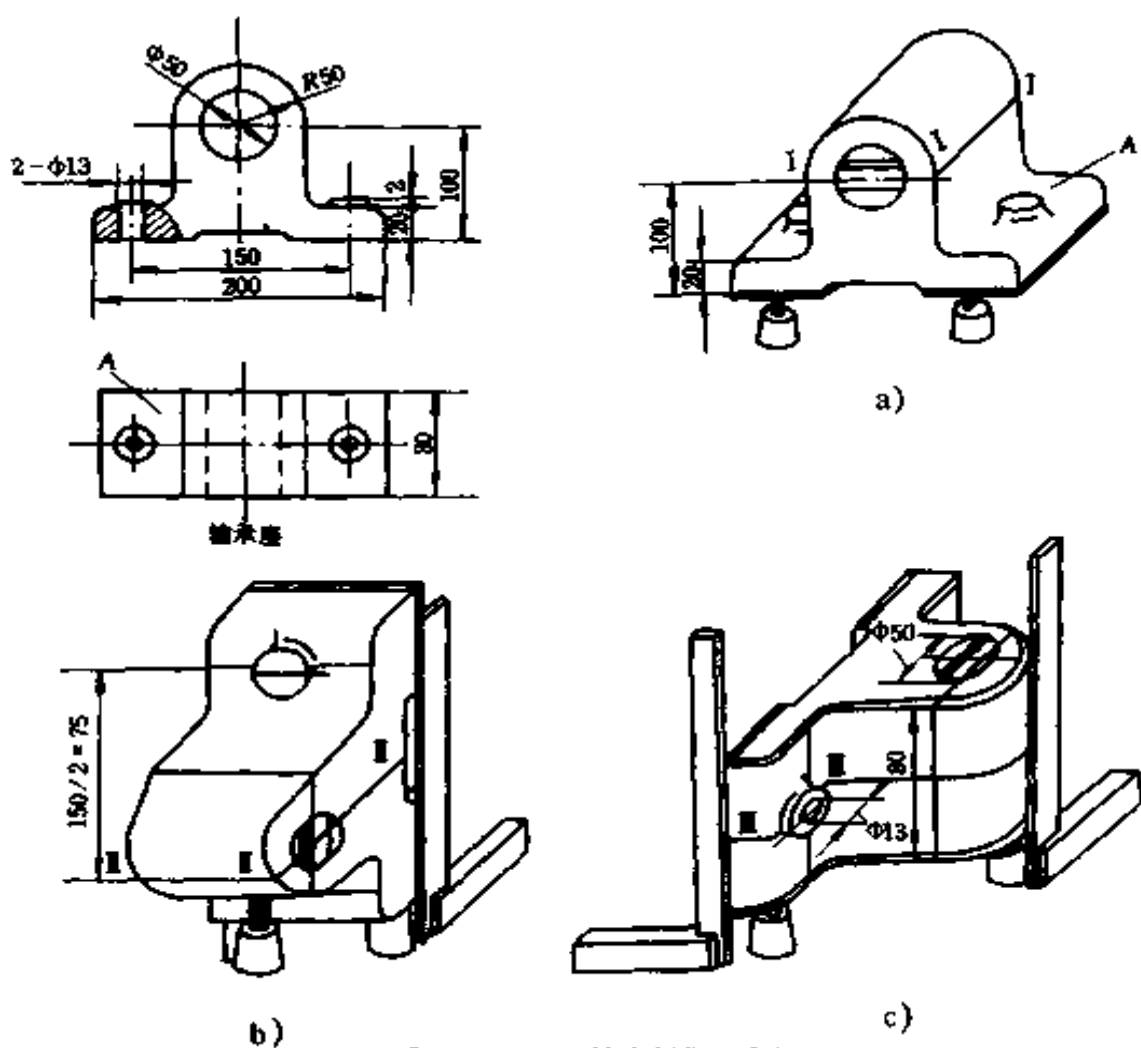


图 8-10 立体划线示例

a) 划底面加工线 b) 划螺钉孔中心线 c) 划大端面加工线

## 二、锯切

锯切是用手锯把金属材料(或工件)分割开来或锯出沟槽的操作。

### (一) 锯切工具

手锯由锯弓和锯条两部分组成(图 8-11)。锯弓用来张紧锯条,有固定式和可调式两种,常用的是可调式。锯条一般用渗碳钢冷轧而成,也有用碳素工具钢或合金钢制成,经热处

理硬化。常用的锯条是长 300mm(两安装孔间的长度),宽 12mm,厚 0.8mm 这一种。

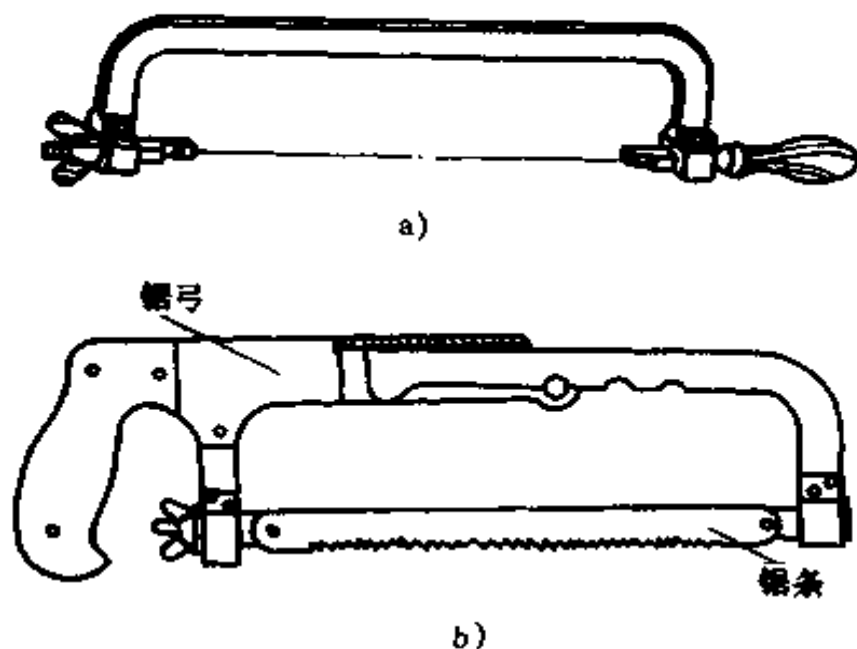


图 8-11 手锯

a) 固定式 b) 可调节式

目前使用的锯条锯齿形状如图 8-12a 所示。锯齿的角度是:后角  $\alpha = 40^\circ$ ,前角  $\gamma = 0^\circ$ ,楔角  $\beta = 50^\circ$ 。锯齿按齿距  $t$  的大小可分为粗齿( $t = 1.6\text{mm}$ )、中齿( $t = 1.2\text{mm}$ )和细齿( $t = 0.8\text{mm}$ ),也可按锯条每 25mm 长度内齿数来表示:粗齿为 14~18 个齿,中齿为 22~24 个齿,细齿为 32 个齿。

锯条的选用应根据加工材料的软硬和厚度大小来确定,一般锯条上同时工作的齿数为 2~4 个齿。粗齿用于锯切低碳钢、铜、铝、塑料等软材料以及截面厚实材料;细齿用于锯切硬材料、板料和薄壁管子等;加工普通钢材、铸铁及中等厚度的材料,多用中齿锯条。

为减少锯口两侧与锯条间的摩擦,锯齿不排列在一个平

面内,而是略带波浪起伏(图 8-12b)。

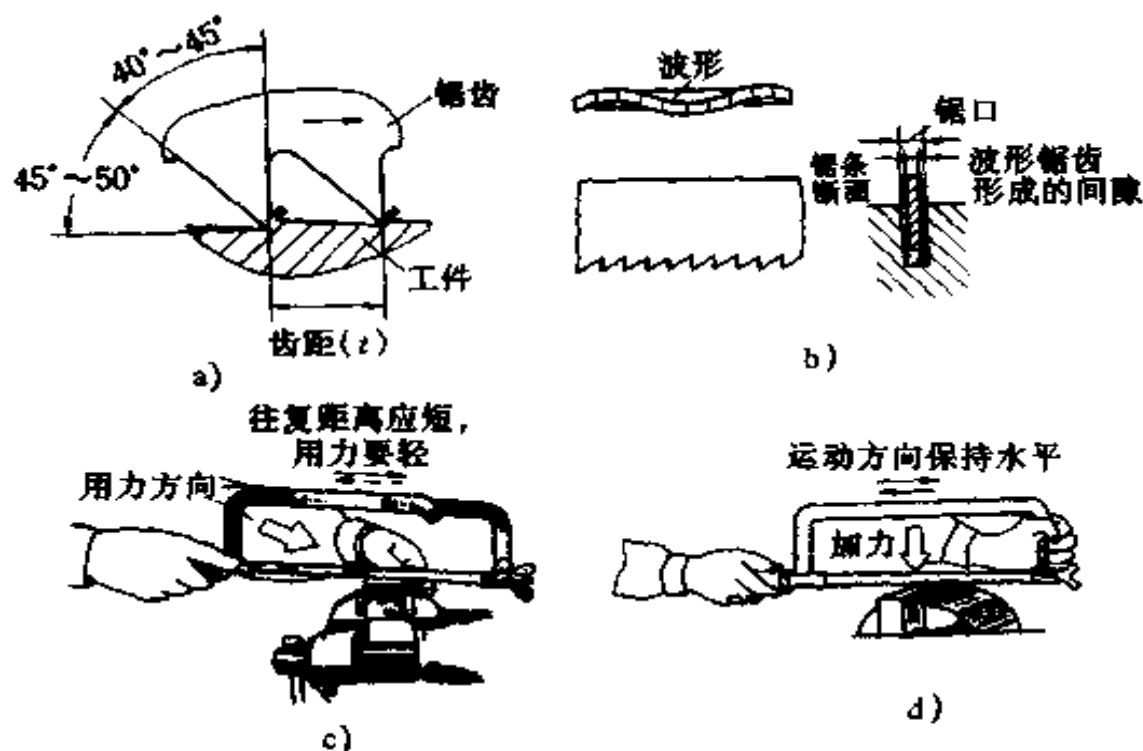


图 8-12 锯齿形状及锯割方法

a) 锯齿形状 b) 锯齿波形排列 c) 起锯姿势 d) 锯割姿势

## (二) 锯割方法

锯割时,手锯是在向前推进时才起切削作用,所以安装锯条时,齿尖朝前进方向装入锯弓的销钉上并拧紧。起锯开始时,往复距离应短,用力要轻(图 8-12c),锯割时,运动方向保持水平,并向下加力(图 8-12d)。

## 三、錾削(凿削)

錾削是用手锤锤击錾子,以对金属进行切削加工的操作。錾削工作主要用于不便机械加工的场所,或在余量太多的部位去掉足够的余量。它是钳工工作中一项较重要的基本操作

技能。錾削可以加工平面、沟槽、切断板料及清理铸、锻件上的毛刺等,如图 8-13 所示。

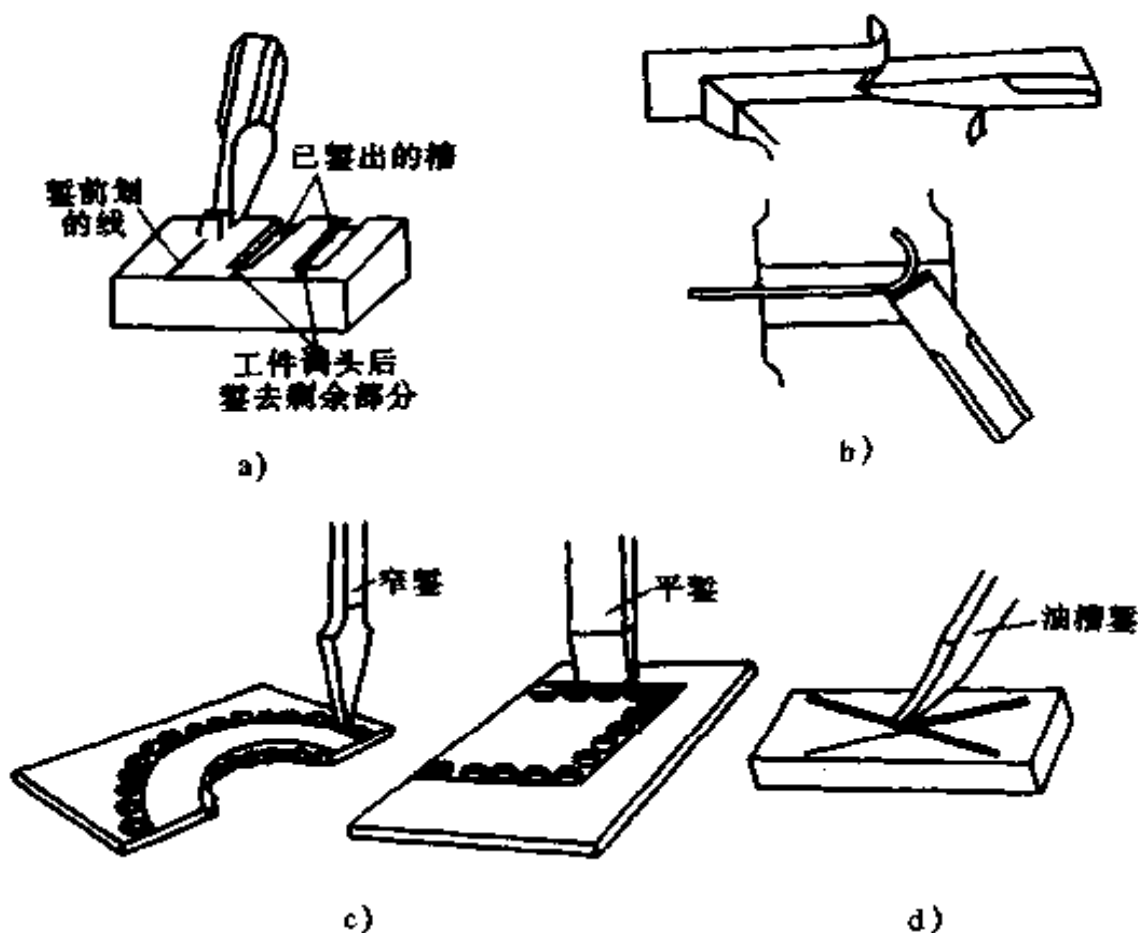


图 8-13 錾削加工形式

a) 平面錾削 b) 板料切断 c) 分割曲线板料 d) 錾油槽

### (一) 錾削一般原理

錾子能切下金属,必须具备两个基本条件:一是錾子切削部分材料的硬度,应该比被加工材料的硬度大;二是錾子切削部分要有合理的几何角度,主要是楔角。錾子在錾削时的几何角度如图 8-14 所示。

1. 楔角  $\beta$  为前刀面和后刀面之间的夹角。楔角愈小切削阻力愈小,愈省力,但切削部分强度减弱,錾刃容易折断,



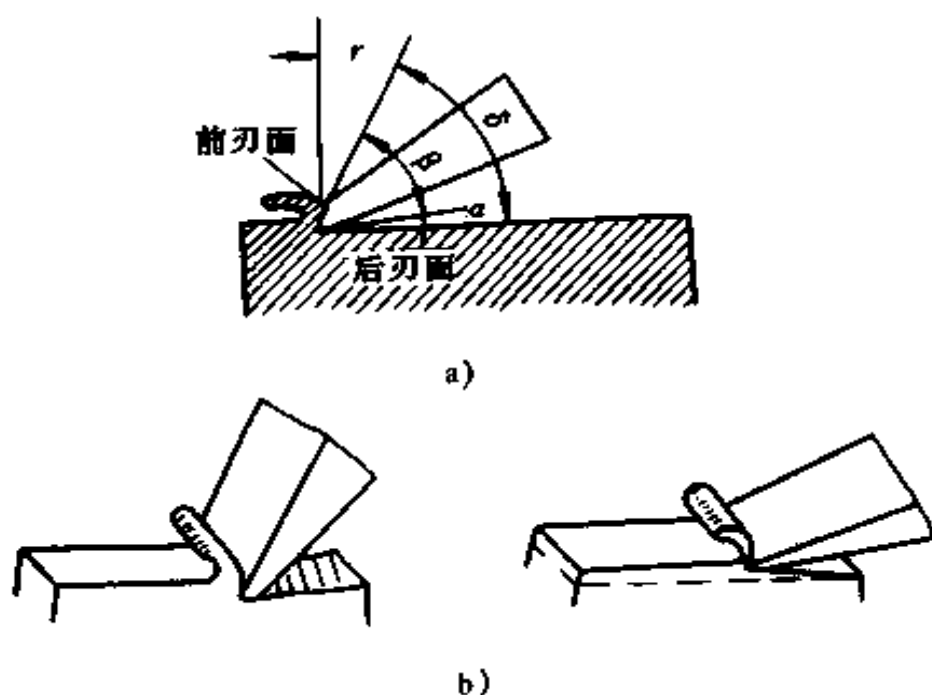


图 8-14 鏟削时的角度

a) 鏟削时的角度 b) 鏟削时角度的变化

楔角过大,切削部分强度大,但鏟削阻力大。所以,鏟削时在保证足够强度下,应尽量选取小的  $\beta$  角。鏟削一般钢材取  $\beta = 50^\circ \sim 60^\circ$ , 硬钢取  $\beta = 60^\circ \sim 70^\circ$ , 鏟削铜、铝等有色金属取  $\beta = 30^\circ \sim 50^\circ$ 。

2. 后角  $\alpha$  为后刀面与切削平面之间的夹角,后角是保证鏟削质量的关键。后角的大小由鏟子被掌握的位置来决定。它的作用是减少后刀面与切削表面之间的摩擦,并使鏟子容易切入被加工材料。一般鏟削时,后角  $\alpha$  掌握在  $5^\circ \sim 8^\circ$  为宜。后角太大,鏟子切入过深;后角太小,鏟子易在工件表面打滑不能顺利切入。

## (二) 鏟子的种类和用途

鏟子通常用碳素工具钢 T7 或 T8 锻制而成,刃部经淬火和回火处理。其形状是根据工作需要而做成的,一般全长为

170~200mm。钳工常用的錾子有以下三种,如图 8-15 所示。

1. 扁錾(平錾) 是钳工最常用的錾子,其刃口扁平,刃宽一般为 10~20mm,主要用于去掉平面上的凸缘、毛刺、錾削平面、切断板料等。



a)

2. 尖錾(窄錾) 刃口较窄,约为 5mm 左右,刃口两侧有倒锥,防止在开深槽时錾子被卡住。主要用于錾槽和分割曲线形板料。



b)

3. 油槽錾 切削刃很短并呈圆弧形,专门用于錾削滑动轴承轴瓦上和机床滑行轨道平面上的润滑油槽。



c)

图 8-15 錾子种类

a) 平錾 b) 窄錾 c) 油槽錾

### (三) 錾子的热处理与刃磨

1. 热处理 先将錾子的切削部分进行粗磨,然后把錾子切削部分的 25mm 左右深度插入炉中(一般采用锻造炉),加热到 750~780℃,呈暗樱红色后,取出快速浸入冷水中冷却(浸入深度约为 5~6mm),并沿水面作缓慢移动,可使淬火部分与不淬火部分的界线不十分明显,减少在这交界处发生开裂的倾向。当錾子未在水中的部分变成黑色时,即从水中取出,迅速将刃面在砖石或砂布上擦几下,去掉表面氧化层或污物,利用上部余热进行回火。这时要注意观察刃面随温度升高而颜色的变化情况:从水中取出后由灰白色变为黄色,再由黄色变为红色、紫色、蓝色;当呈现黄色时,把錾子全部浸入水中冷却,这种回火温度称为“黄火”;当呈现蓝色时,把錾子全部浸入水中冷却,这种回火温度称为“蓝火”。“黄火”的硬度

比“蓝火”高,耐磨,但较脆容易断裂;“蓝火”硬度比较适宜,故较多采用。

2. 刃磨 新的鍮子和用钝了的鍮子,要在砂轮上磨锐。首先要按正确的形状刃磨,并使刃口锋利。为此,要求鍮子两刃面对中心平面的夹角相等;两刃面的宽窄相等且平整光滑;刃口要平直。

刃磨鍮子时,双手握持鍮子,一手在上,一手在下,使刃口向上倾斜放在旋转的砂轮轮缘上,并沿砂轮轴心线方向来回平稳地移动,刃磨时压在鍮子上的力不能过大,要控制握鍮方向、位置,以保证磨出所要的楔角。为了保持刃口硬度,刃磨时要经常沾水冷却,以防止刃口高温退火。

#### (四) 鍮削方法

1. 鍮削平面 鍮削平面一般用扁鍮进行,每次鍮削余量约0.5~2mm。鍮削平面时,掌握好起鍮、鍮削和鍮出三个阶段,如图8-16所示。

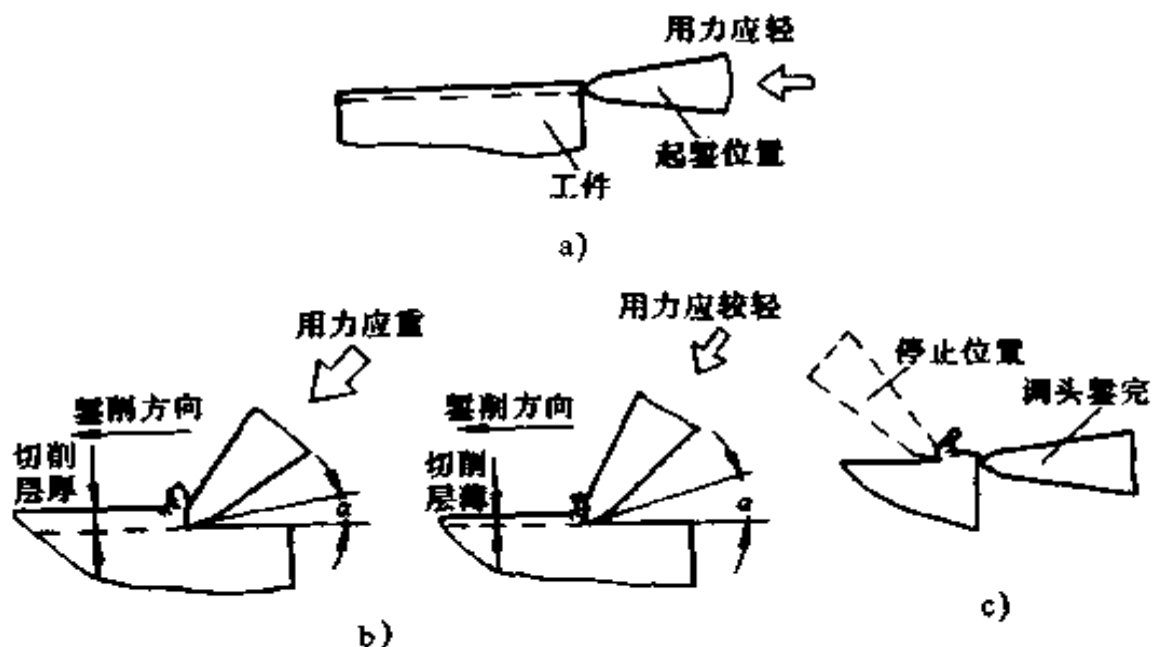


图8-16 鍮削方法

a) 起鍮 b) 鍮削(粗鍮和细鍮) c) 鍮出

(1) 起錾时,应从工件边缘尖角处着手(錾槽除外),切削刃靠紧錾削部位后,錾子握平基本与工件端面垂直,轻击錾子,以便切入。

(2) 錾削时,要保持錾子的正确位置和前进方向。并控制好角的大小和锤击力的均匀。锤击数次后,将錾子退出一下,观察加工情况,也给錾子刃口散热。

(3) 錾出即錾削快到尽头(约离尽头 10mm 左右)时,应调头錾去余下部分,以免工件边缘崩裂,尤其是錾削铸铁、青铜等脆性材料时更要注意。

錾削窄平面(工件的宽度小于扁錾刃口宽度)时,錾子的切削刃口最好与錾削前进方向倾斜一定角度,以增加接触面和使錾子掌握平稳。

錾削宽大平面,先用尖錾开槽,再用扁錾把槽间两边凸起部分錾去,其开槽的数量,以能使各剩余部分的宽度略小于扁錾的宽度为宜。

## 2. 錾槽

(1) 錾键槽:先在应加工键槽部位划出加工线,再按键槽的形状,在一端(或两端)钻孔,完成圆弧形的加工,再把尖錾磨成适合的尺寸进行錾削。

(2) 錾油槽:先在轴瓦上划出油槽的形状,再根据图纸上油槽断面形状,刃磨油槽錾的切削刃口。錾削曲面上油槽时,錾子的倾斜度要随着曲面而变动,目的是使后角保持不变。如果錾子倾斜度不变,则錾削时各部位的后角就不一致,后角太小的部位錾削时易打滑。

錾油槽要掌握好尺寸,一般油槽的宽度应和油槽深度一致,同时也要注意油槽的表面粗糙度,因油槽錾好后不再进行精加工,仅作一些修整。

3. 鋸斷板料 鋸斷厚度不超過 2mm 的薄板料時, 採用夾在台虎鉗上鋸斷(參見圖 8-13b)。用扁鋸沿鉗口並斜對板面(約  $45^\circ$ )自右向左鋸切, 並使鋸切線與鉗口平行。

鋸斷厚板料時, 可在鐵鑽(或平板)上鋸削。在板料下面要墊上軟鐵材料, 以防損傷鋸子切削刃。先按劃線鋸出凹痕, 再利用錘擊使它折斷。對於尺寸較大或形狀較複雜的板料, 一般先在工件輪廓線周圍鑽出一排密集的小孔, 再用鋸子進行鋸斷(參見圖 8-13c)。

## 四、銼削

銼削是用銼刀對工件進行切削加工, 使其達到所要求的尺寸、形狀和表面粗糙度的操作。銼削是一種比較精細的鉗工手工操作, 其加工精度可達  $0.01\text{mm}$  左右, 表面粗糙度可達  $R_a 3.2 \sim 1.6\mu\text{m}$ 。銼削可加工工件的內外平面、內外曲面、溝槽和各種形狀複雜的表面, 尤其是加工那些用機械加工不易甚至不可能加工的部位, 以及在裝配和修理過程中對個別零件進行修整等。

### (一) 銼刀

銼刀是用碳素工具鋼 T12 或 T13 制作, 經熱處理後, 硬度可達 HRC62~72 的一種手工用切削工具。銼刀結構如圖 8-17 所示。

銼刀的規格是以銼刀頂端到根部有齒部分的長度(圓銼以直徑)來表示的, 計有 100mm 至 350mm 許多種。銼刀的各部分名稱見圖 8-17a。

1. 齒紋 銼刀的寬面是銼削的主要工作面, 前端略帶圓弧形, 寬面上有齒紋, 銼刀的齒紋有單齒紋和雙齒紋兩種, 一

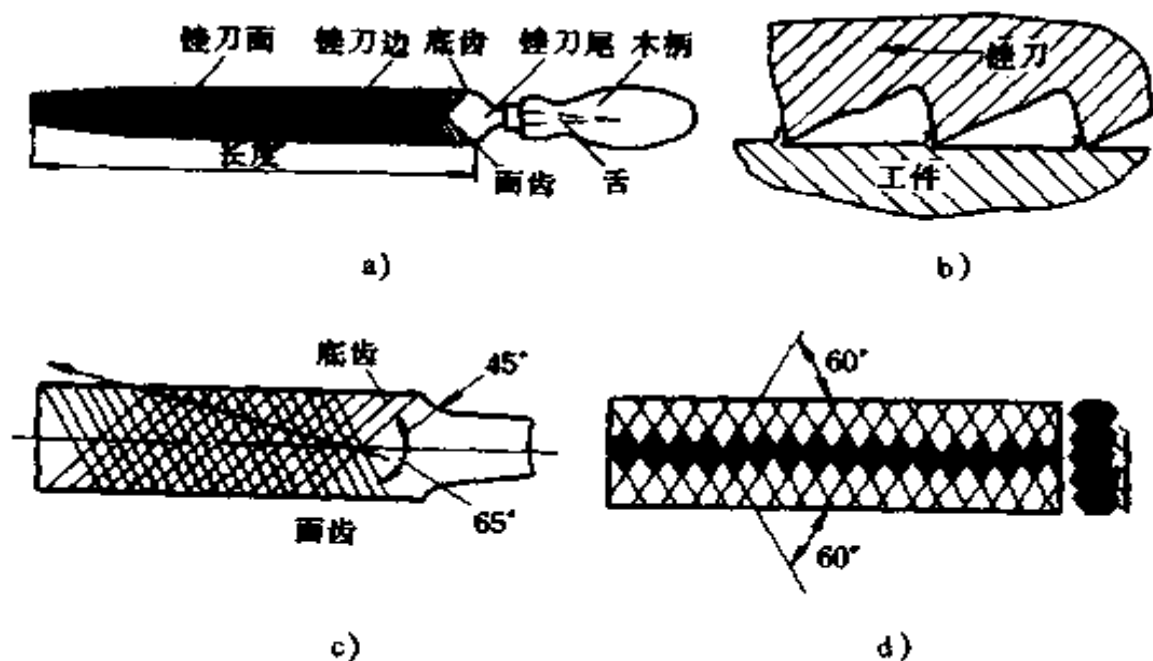


图 8-17 锉刀的结构

a) 锉刀的各部分名称 b) 剃出的刀齿形状 c)、d) 锉齿的排列

一般都是由剃齿机剃制而成。剃出的齿纹其前角都大于  $90^\circ$  (图 8-17b), 故锉削工作过程属于刮削类型。

锉刀上齿纹只有一个方向的称为单齿纹锉刀。齿纹一般与锉刀中心线成直角或  $70^\circ$  左右。用这种锉刀锉削时由于锉刀全齿宽都同时参加工作, 故切削较费力, 因而只适用于锉削软材料。

锉刀上齿纹有两个方向交叉排列的称为双齿纹锉刀, 如图 8-17c 所示。其中, 浅的齿纹是底齿纹, 它与锉刀中心线之间的夹角称为底齿角, 通常为  $45^\circ$ ; 深的齿纹是面齿纹, 它与锉刀中心线夹角称为面齿角, 通常为  $65^\circ$ 。由于面齿角与底齿角的角度不同, 构成无数小齿前后交错排列, 并向一边倾斜, 故工件被锉出的锉痕交错而不重叠, 锉出的表面比较光洁。若面齿角与底齿角的角度相同, 则构成的许多锉齿将平

行于锉刀中心线依次排列,锉出的工件表面就会出现一条条沟纹而影响表面质量(图 8-17d)。

## 2. 锉刀的种类

(1) 按锉刀齿纹的齿距大小,可将锉刀分为:

粗齿锉刀: 齿距为  $2.3 \sim 0.83\text{mm}$ (1号纹);

中齿锉刀: 齿距为  $0.77 \sim 0.42\text{mm}$ (2号纹);

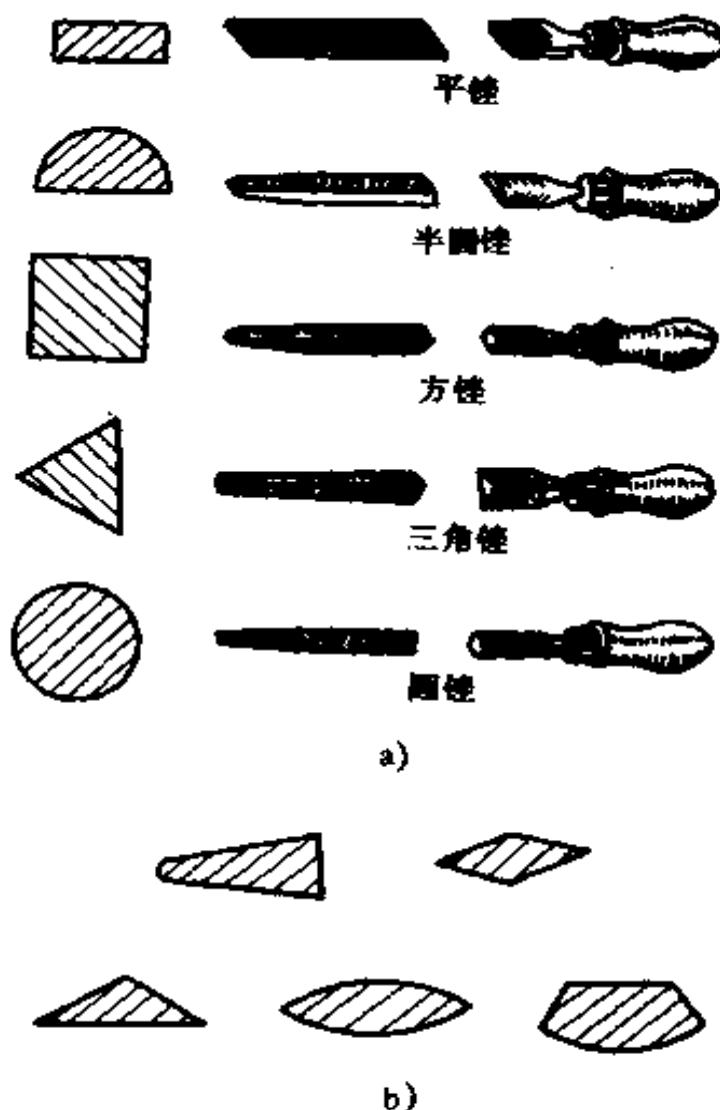


图 8-18 锉刀的断面形状

a)普通锉刀的种类和断面形状 b)特种锉刀的断面形状

细齿锉刀： 齿距为  $0.33\sim 0.25\text{mm}$ (3号纹)；  
 油光锉刀： 齿距为  $0.25\sim 0.20\text{mm}$ (4号纹)；  
 细油光锉刀： 齿距为  $0.20\sim 0.16\text{mm}$ (5号纹)。

(2) 按锉刀使用情况,常用的锉刀分为普通锉刀、特种锉刀和什锦锉刀(整形锉刀或粗锉)三类。

(3) 按锉刀断面形状的不同,可分为多种,各类锉刀的断面形状如图 8-18 所示。

普通锉刀又以其断面形状分为平锉(又称板锉)、方锉、三角锉、半圆锉和圆锉五种,分别应用在不同场合,如图 8-19 所示。

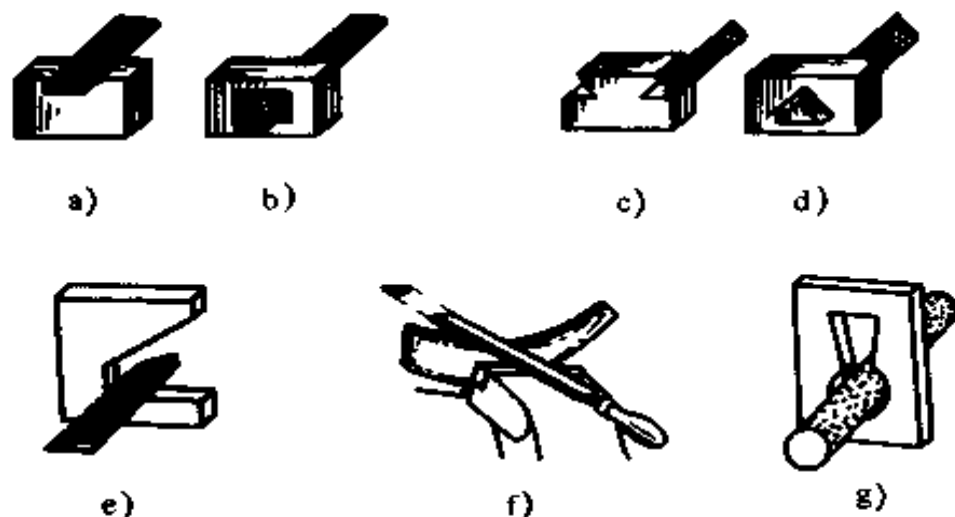


图 8-19 普通锉刀的应用

a)、b) 锉平面 c)、d) 锉燕尾面和三角孔

e) 锉交角 f) 锉内弧面 g) 锉小圆弧

特种锉刀用于加工特殊表面。

什锦锉刀很小,形状也很多,用于修整工件精密细小的部位,通常是 8 把、10 把或 12 把组成一组,成组供货。

3. 选择锉刀 每种锉刀都有它适当的用途,锉削时要合理地选择锉刀,才能充分发挥其效能和延长其使用寿命。



锉刀断面形状和长度的选择决定于工件的大小和表面形状。

锉刀齿纹粗细等级的选择决定于工件加工余量的大小、工件材料的性质、加工精度的高低和表面粗糙度的要求。粗齿锉刀适用于锉削加工余量大、加工精度和表面粗糙度要求不高的工件；而细齿锉刀适用于锉削加工余量小、加工精度和表面粗糙度要求较高的工件。

## (二) 锉削基本操作

1. 锉刀柄的装卸 为了能握持锉刀和使用方便,锉刀必须装上木柄。木柄必须用较坚韧的木材制作,在插孔的外部要套有一个铁圈,以防装锉时将木柄涨裂。锉刀柄安装孔的深度约等于锉舌的长度,其孔径以锉舌能自由插入  $1/2$  为宜。装柄与卸柄方法如图 8-20 所示。

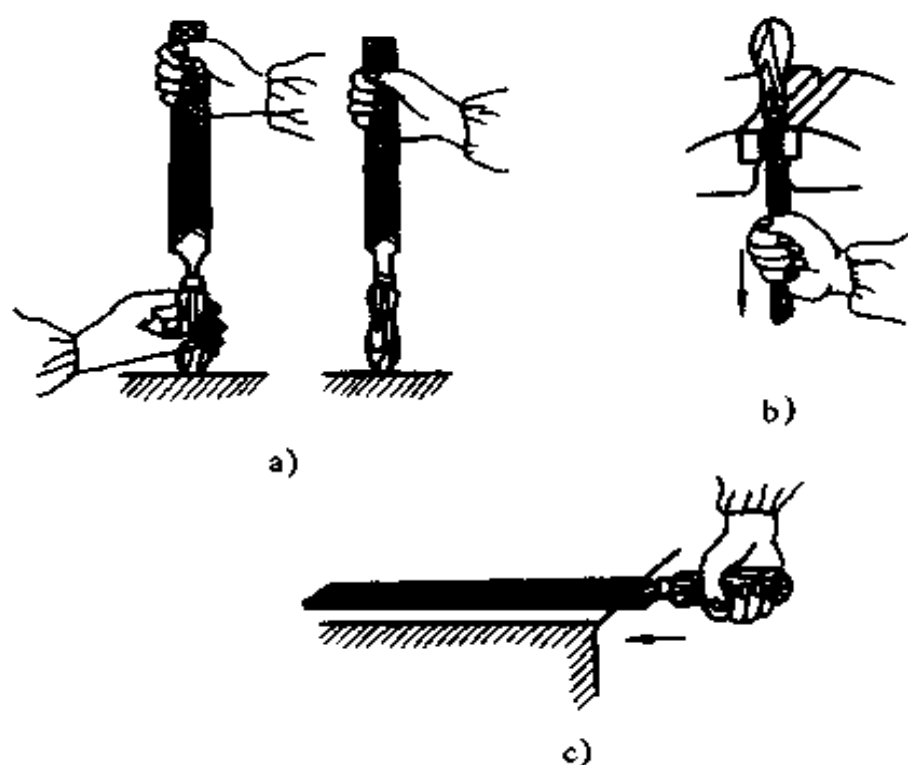


图 8-20 锉刀柄的装卸

2. 锉刀使用方法 锉削时,必须正确掌握锉刀的握法和两手用力的变化。一般是右手心抵着锉刀木柄的端头握锉柄,大拇指放在木柄上面,左手压锉,如图 8-21a 所示。根据锉刀的种类、规格和场合的不同,锉刀的握持也会有所不同。

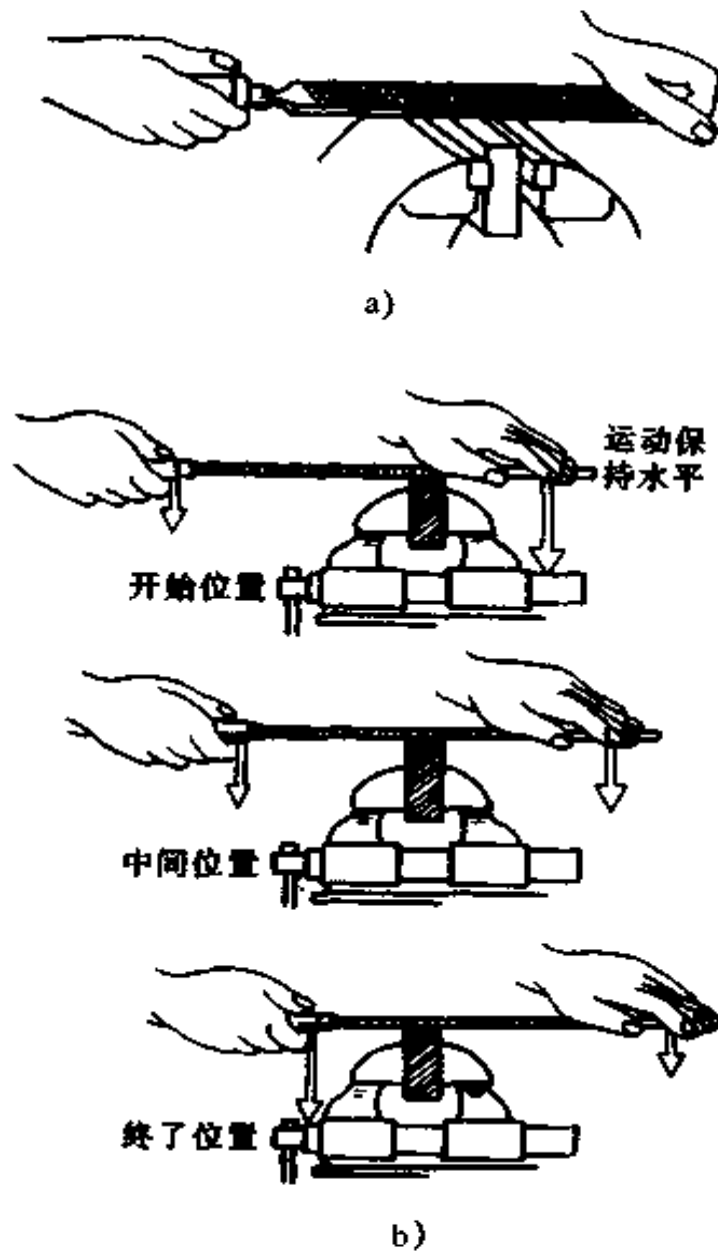


图 8-21 锉刀握法及锉削时的施力变化

a) 锉刀握法 b) 锉削时的施力变化

锉刀推进时,应保持在水平面内运动,主要靠右手来控制,而压力的大小由两手控制,使锉刀在工件上的任一位置时,锉刀前后两端所受的力矩应相等,才能使锉刀平直水平运动。两手用力的变化,如图 8-21b 所示。

锉削开始时,左手压力大,右手压力小,随着锉刀向前推进,左手压力要逐渐减小,右手压力逐渐增大,到中间时两手压力应相等;再向前推进时,左手压力又逐渐减小,右手压力逐渐增大;锉刀返回时,两手都不加压力,以减少齿面磨损。如两手用力不变,则开始时刀柄会下偏,而锉削终了时,前端下垂,结果会锉成两端低,中间凸的鼓形表面。

3. 工件夹持要求 工件夹持的正确与否,将直接影响锉削的质量与效率。因此,夹持工件应符合下列要求:

(1) 工件应尽量夹在虎钳钳口中间,伸出钳口不要太高,夹持力均匀,夹持牢固,但不能使工件变形;

(2) 夹持已加工面、精密工件和形状不规则工件时,应在钳口加适宜的衬垫,以免将工件表面夹坏。

4. 平面锉削 平面锉削是最基本的锉削方法,常用的有顺向锉、交叉锉和推锉三种,如图 8-22 所示。

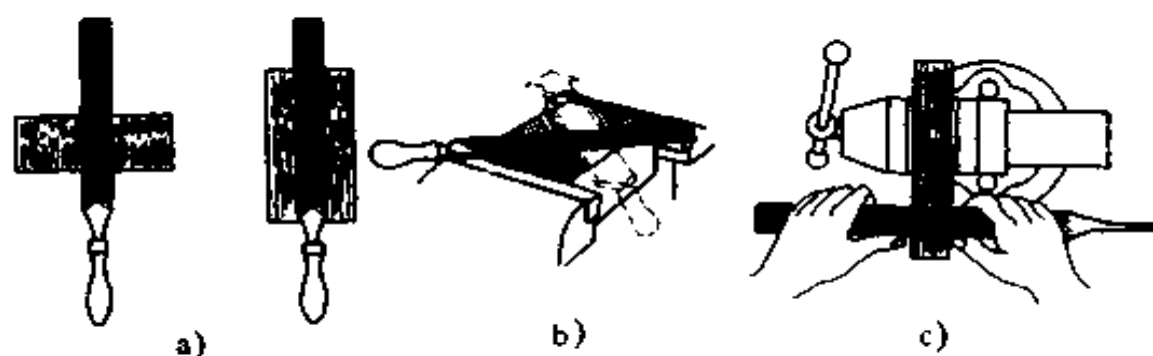


图 8-22 平面锉削方法

a) 顺向锉 b) 交叉锉 c) 推锉

顺向锉是锉刀始终沿其长度方向锉削,一般用于锉平或锉光,它可得到正直的锉痕。

交叉锉是先沿一个方向锉一层,然后再转 $90^\circ$ 锉第二遍,如此交叉进行。这样可以从锉痕上发现锉削表面的高低不平情况,容易把平面锉平。此法锉刀与工件接触面较大,锉刀容易掌握平稳,适用于加工余量较大和找平的情况。

推锉是锉刀的运动与其长度方向相垂直。一般用于锉削窄长表面或是工件表面已锉平、加工余量很小时,为光洁其表面或修正尺寸用。

工件锉平后需要检验尺寸和形状精度。一般用钢尺或刀口直尺,以透光法来检验平面度;用直角尺检验垂直度;用外卡钳来检验平行度和尺寸,如图 8-23 所示。

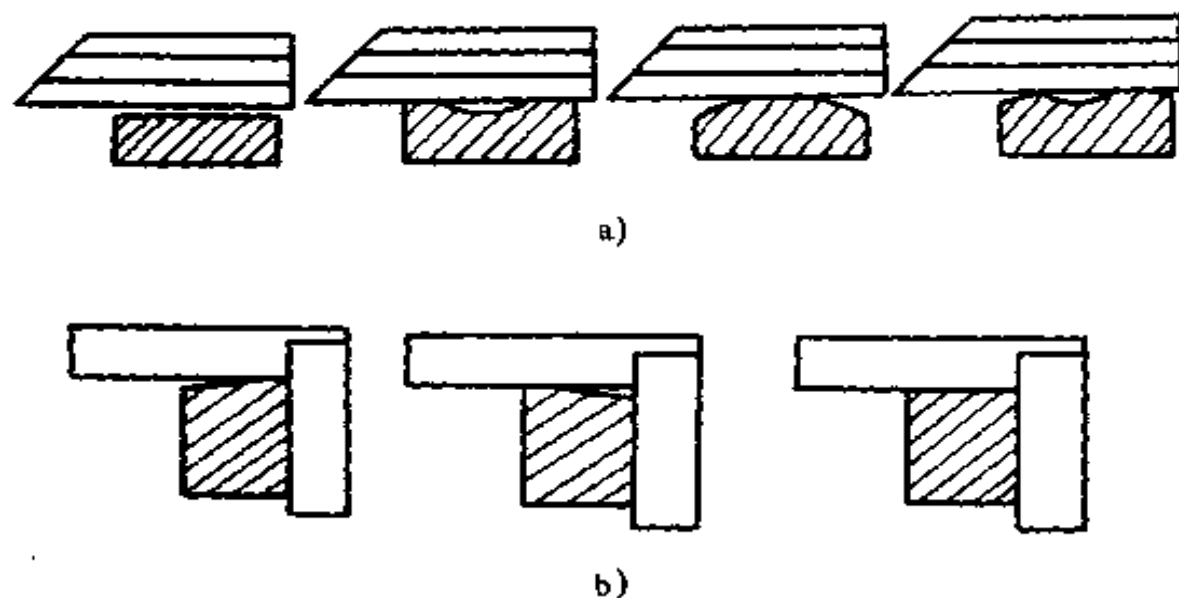


图 8-23 平面锉削的检验

a) 平面度的检验 b) 垂直度的检验

5. 曲面锉削 曲面有外圆弧面、内圆弧面、球弧面三种。一般锉外圆弧面用平锉,锉内圆弧面用圆锉或半圆锉。

(1) 外圆弧面的锉法:一般采用顺着圆弧面锉削,如图 8-24a 所示。锉削时,在锉刀作前进动作的同时绕工件圆弧中心摆动,在摆动时右手下压,而左手把锉刀前端往上提,这样,能使锉出的圆弧表面圆滑无棱边。此法因力量不易发挥,故效率不高,锉削位置不易掌握,因而只适用于余量较小或精锉外圆弧面。



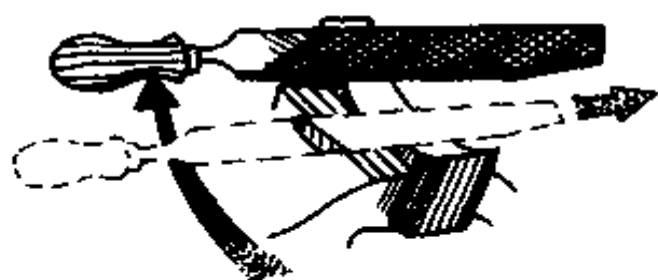
图 8-24 外圆弧面的锉削

a) 顺圆弧面锉 b) 横着圆弧面锉

当余量较大时,采用横着圆弧面锉削,如图 8-24b 所示。此法力量易于发挥,效率较高,常用于圆弧面粗加工。

(2) 内圆弧面的锉法:锉内圆弧面时,一般采用滚锉法。锉刀要同时完成三个动作,如图 8-25 所示。即前进回缩动作、向左或向右移动(约半个或一个锉刀直径)动作、绕锉刀中心线转动(顺时针或逆时针方向转动  $90^\circ$  左右)。只有三个动作同时协调进行,才能锉出良好的内圆弧面。

(3) 球面的锉法:锉圆柱工件端部球面时,锉刀在作外圆弧面锉法动作的同时,还要绕球面中心向周边摆动,如图 8-26 所示。



a)

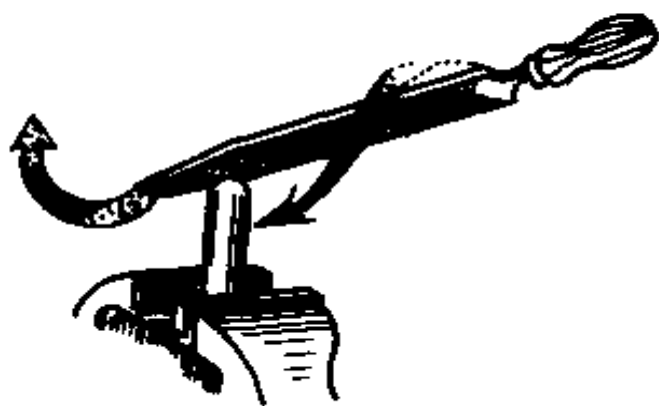


b)

**图 8-25 内圆弧面的锉削**

a) 锉内圆弧面的三种运动

b) 内圆弧面的不同锉法



**图 8-26 球面的锉法**

6. **锉配** 通过锉削,使两个相配零件的配合表面,达到图纸上规定要求的锉削工艺称为锉配。它的基本方法是先把相配零件中一件的配合表面锉好,然后按锉好的一件来锉配另一个配合零件的配合表面。因为外表面一般比内表面容易加工,所以最好先锉外表面的一件,后锉内表面的一件。

### (三) 锉削缺陷分析及注意事项

#### 1. 锉削缺陷 锉削时产生的缺陷有以下几种:

(1) 工件损伤:工件已加工过的表面夹出钳口伤痕或空心件被夹扁变形,其原因是台虎钳口未加保护衬垫,或夹持方法不正确,如夹在工件薄弱处,或夹紧力太大等。

(2) 工件尺寸和形状不准确:主要是由于划线不准确,或在锉削时锉削量过大,又没及时检查而锉过了划线界限所引起;或是因选用锉刀不准确与操作技术不高而造成锉削的平面形状不平。

(3) 表面不光滑:主要由于选用锉刀不合适。在精锉时仍用粗齿锉刀;或在粗锉时因锉痕太深,精锉时无法去掉锉痕;或锉削时,未及时清除嵌在锉齿中的铁屑,而把工件表面拉毛。

#### 2. 锉削注意事项

(1) 新锉刀应先用一面,用钝后再使用另一面。在使用中先用于锉削软金属,使用一段时间后,再锉削硬金属,以延长锉刀使用寿命。

(2) 锉刀上不可沾油或沾水,以防锉削时打滑或锉齿锈蚀。

(3) 不可用锉刀来锉带有型砂的铸件或带有硬皮表面的锻件,以及经过淬硬的表面,也不可用细锉锉软金属。

(4) 不可用锉刀当作装拆、锤击或撬动的工具。

(5) 不可使用无柄锉刀(什锦组锉除外),以防刺伤手掌。

(6) 锉刀放置时,不应露出台外,以防落下摔断锉刀或伤人。

(7) 锉刀上的铁屑应用毛刺顺齿纹刷掉,不准用嘴吹,也不准用手去清除,以防铁屑飞进眼里或伤手。

## 五、钻孔

用钻头在材料上加工出孔的操作称为钻孔。钻孔是钳工的基本操作内容之一。钳工中的钻孔主要用于装配、修理及攻丝前的钻孔。

### (一) 钻孔机具

钳工钻孔一般在台式钻床或立式钻床上进行,若工件笨重或钻孔部位受到限制时,也常使用手电钻钻孔。钻孔的精度一般为  $1T10 \sim 1T11$ ,表面粗糙度为  $R_a 50 \sim 12.5$ ,故只能作粗加工,加工精度要求不高的孔。

钻头是钻孔的主要工具,它的种类很多,常用的有麻花钻头、扁钻头、中心钻头等。

1. 扁钻头 它是一种特制的钻头,其结构简单,容易制造,缺点是导向性差,不易排屑,适用于钻浅孔。

2. 中心钻 它专用于在工件端面上钻出中心孔。其形状有两种:一种是普通中心钻;另一种是带有  $120^\circ$  保护锥的双锥面中心钻,如图 8-27 所示。

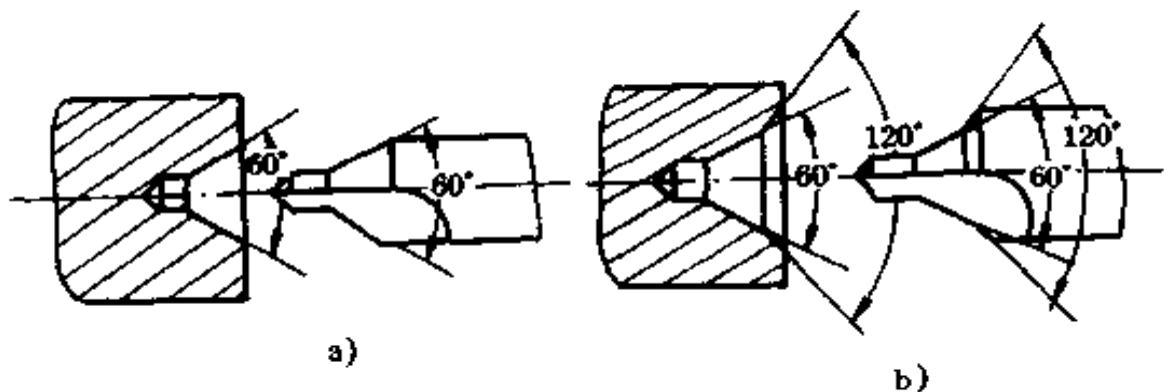


图 8-27 中心孔和中心钻

a) 加工普通中心孔的中心钻 b) 加工双锥面中心孔的中心钻



3. 麻花钻 由于钻头的工作部分形状似麻花状故而得名。它是生产中使用最多、最广的钻孔工具,  $\phi 0.1 \sim 80\text{mm}$  的孔都可用麻花钻加工出来。

## (二) 麻花钻

1. 麻花钻的结构 标准麻花钻由柄部、颈部和工作部分组成, 如图 8-28 所示。

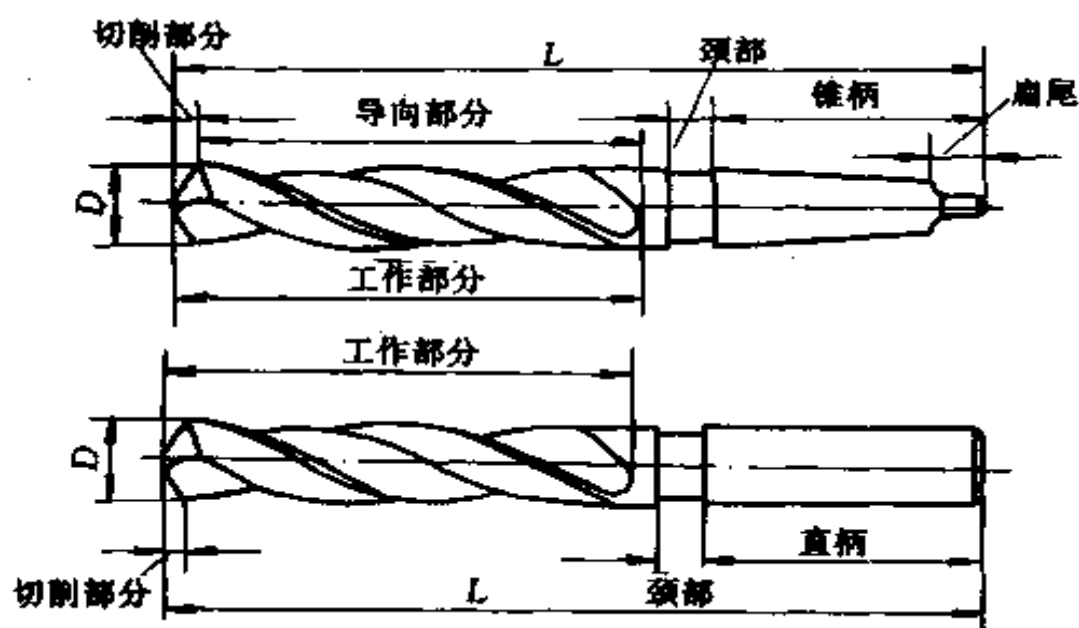


图 8-28 麻花钻的结构

(1) 柄部: 柄部是钻头的夹持部分, 用来传递钻孔时所需的扭矩。它的形状有直柄和锥柄两种。直柄传递的扭矩较小, 一般用于  $\phi 13\text{mm}$  以下的钻头, 借助钻夹头夹紧在钻床主轴上。锥柄可传递较大的扭矩, 一般用于  $> \phi 13\text{mm}$  的钻头。它采用莫氏 1~6 号锥度, 可直接插入钻床主轴孔内。锥柄端部的扁尾可增加传递扭矩和方便拆卸钻头。

(2) 颈部: 颈部位于工作部分与柄部之间, 它是为磨削钻柄外圆时而设的砂轮越程槽, 也用来刻印规格和商标。

(3) 工作部分: 工作部分是钻头的主体, 它由切削部分和

导向部分组成。切削部分担负主要的切削工作,包括两个主刀刃、两个副刀刃和横刃等;导向部分是由螺旋槽、刃带、刃背组成,起着引导钻头切削方向的作用。

钻头材料多用高速钢(高合金工具钢)制成。直径大于8mm的长钻头也有制成焊接式的,其工作部分用高速钢、柄部用45钢制成。

2. 麻花钻的几何参数 麻花钻头切削部分的几何角度,主要有螺旋角 $\omega$ 、前角 $\gamma$ 、后角 $\alpha$ 、顶角 $2\varphi$ 和横刃斜角 $\psi$ 等,如图8-29所示。

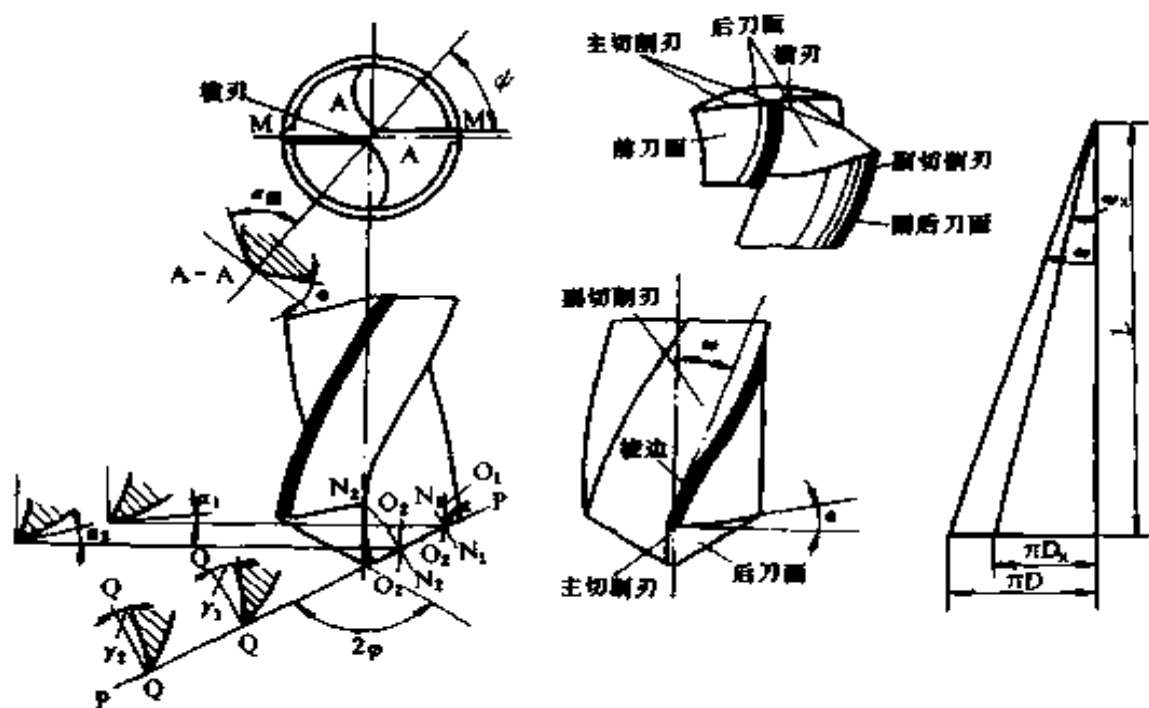


图 8-29 麻花钻的几何参数

(1) 螺旋角 $\omega$ :钻头的轴心线与螺旋槽上最外缘处螺旋线切线之间的夹角。它的大小影响主切削刃的前角、钻头刃瓣强度和排屑情况。螺旋角愈大,切削愈容易,但钻头强度愈低;螺旋角小则相反。标准麻花钻的螺旋角直径在10mm以上为 $30^\circ$ ;直径在10mm以下为 $18^\circ \sim 30^\circ$ 。

(2) 前角  $\gamma$ : 前角是前刀面与基面之间的夹角。主切削刃上任一点的前角是在主截面 ( $N_1-N_1$  或  $N_2-N_2$ ) 中测量的。由于麻花钻的前刀面是螺旋面, 因此沿主切削刃上各点的前角是变化的: 螺旋角愈大, 前角也愈大, 前角在外缘处最大, 约为  $30^\circ$ ; 自外圆向中心逐渐减小 (参见图 8-29 上  $\gamma_1 > \gamma_2$ ), 在离中心  $D/3$  ( $D$  为钻头直径) 处变为负值, 靠近横刃处为  $\gamma = -30^\circ$  左右, 在横刃上的前角达  $-50^\circ \sim -60^\circ$ 。

(3) 后角  $\alpha$ : 由于钻头的主切削刃是绕钻头中心轴旋转的, 其上各点的运动方向是圆周的切线方向, 所以主切削刃上, 后角是在轴向剖面 ( $O_1-O_1$  或  $O_2-O_2$ ) 中测量的。后角是过切削刃上选定点后刀面的切线与切削平面之间的夹角。钻头主切削刃上的后角, 随刀刃上各点直径的不同而不同。刀刃最外缘处后角最小, 约为  $8^\circ \sim 14^\circ$ , 在靠近横刃处后角最大, 约为  $20^\circ \sim 25^\circ$ , 一般把钻头中心处后角磨得较大, 外缘处后角磨得较小, 这样有利于使横刃得到较大的前、后角, 既可增加横刃的锋利性, 又可使钻头切削刃中心处的工作后角与外缘处的后角相差不多。

(4) 顶角  $2\varphi$ : 又称锋角, 是两条主切削刃之间的夹角。分为设计制造时的顶角 ( $2\varphi_0$ ) 和使用刃磨时的顶角 ( $2\varphi$ )。标准麻花钻  $2\varphi_0 = 118^\circ$ , 使用时顶角 ( $2\varphi$ ) 的大小, 根据加工条件在刃磨时决定。钻头顶角可根据不同钻削材料按表 8-1 来选择。

表 8-1 钻头顶角选择 (\*)

加工材料	顶角 ( $2\varphi$ )	加工材料	顶角 ( $2\varphi$ )
钢和生铁 (中硬)	116~118	钢锻件	125
锰钢	136~150	黄铜和青铜	130~140
硬铝合金	90~100	塑料制品	80~90

(5) 横刃斜角  $\psi$ : 是横刃与主切削刃之间的夹角, 在刃磨后面时形成的。标准麻花钻的横刃斜角为  $50^{\circ} \sim 55^{\circ}$ 。

3. 麻花钻的刃磨 钻头刃磨的目的, 是将已钝化了的或损坏了的切削部分重磨, 或为适应不同材料需要而重磨成符合所需要的几何参数, 以使钻头具有良好的钻削性能。钻头刃磨的正确与否, 对钻孔质量、效率和钻头使用寿命等都有直接影响。

手工刃磨钻头是在砂轮机上进行的。一般使用的砂轮粒度为 46~80。砂轮旋转时, 必须严格控制跳动量。

(1) 主切削刃的刃磨: 刃磨时, 用右手(也可用左手)握住钻头的头部作为定位支点(或靠在砂轮机托架上), 左(或右)手握住钻柄, 使钻头的轴线和砂轮圆柱面倾斜成  $2\varphi/2$  角, 同时向下倾斜  $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$ , 其主切削刃呈水平位置, 与砂轮中心线以上的圆周面轻轻接触。用握钻头头部的手向砂轮施加压力和定好钻头绕自身轴线转动的位置, 握钻柄的手使钻头绕轴线按顺时针方向转动并上下摆动。钻头绕自身轴线转动是为使整个后刀面都能磨到, 而上下摆动是为了磨出一定的后角。两手动作必须协调配合好, 摆动角度的大小要随后角的大小而变化, 因为后角在钻头的不同半径处是不相等的。照此反复磨几次, 一个主切削刃磨好后, 转  $180^{\circ}$  刃磨另一个主切削刃。这样便可磨出顶角、后角和横刃斜角, 如图 8-30 所示。

主切削刃刃磨好后, 应检查顶角  $2\varphi$  是否为钻头轴线平分, 两主切削刃是否对称等长, 且各为一条直线; 检查主切削刃上外缘处的后角是否符合要求数值和横刃斜角是否准确。

(2) 修磨横刃: 修磨横刃时, 钻头与砂轮的相对位置如图 8-31 所示。修磨时, 先使刃背与砂轮接触, 然后转动钻头使磨削点逐渐向钻心移动, 从而把横刃磨短。修磨横刃的砂轮

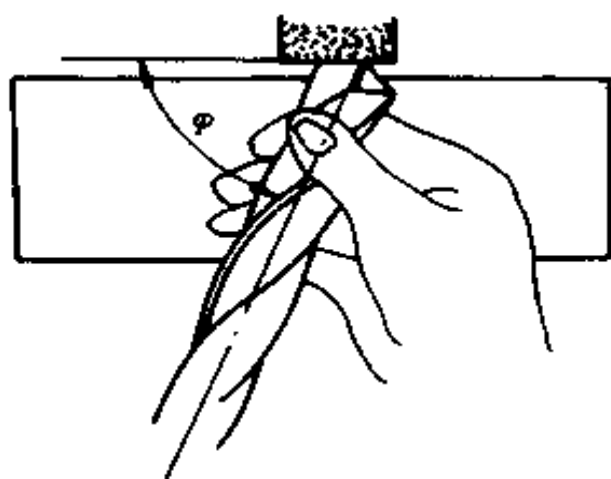


图 8-30 磨主切削刃的方法

边缘圆角要小,砂轮直径最好也小些。

4. 麻花钻的缺点 麻花钻因本身结构的关系,存在以下缺点:

(1) 前角分布不合理,外缘大,中心小。由计算知,离钻心约三分之一直径范围内前角都是负值。横刃的前角是负值,且绝对值较大,导致切削负荷

大。不经修磨的钻头轴向力较大,在很大程度上影响钻孔精度与使用寿命。

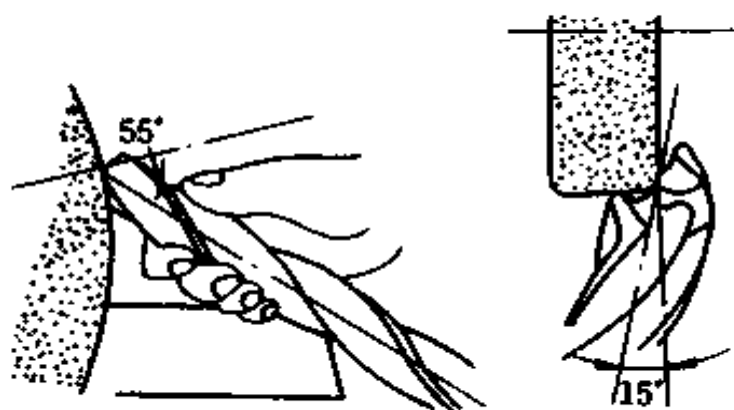


图 8-31 修磨横刃的方法

(2) 横刃长度占比例大,钻孔时定心条件差,钻头易摆动,易造成刃带磨损和使钻孔质量恶化。

(3) 主切削刃较长,全部参加工作,切削刃上各点的切削速度不一致。切钢料时,切屑卷成较宽的螺旋形,占空间大,不利于排屑和散热。

### (三) 钻孔常用辅助工具及钻模钻孔特点

1. 钻夹头 钻夹头用来装夹直径不大于 13mm 的直柄钻头,其结构如图 8-32 所示。钻夹头体 1 的上端有一个莫氏锥形盲孔,用以与钻夹柄紧配。钻头柄莫氏锥体的一端与钻夹头上的莫氏锥孔配合;另一端与钻床主轴锥孔或钻头套筒内锥孔配合,装入钻床主轴孔内。钻夹头上的三个夹爪 4,用来夹紧钻头的直柄。用带有小圆锥齿轮的钥匙 3,插入钻夹头体 1 的孔内,与夹头套筒 2 下端面上的锥齿轮啮合,用手转动钥匙,通过一系列传动,使三个夹爪同时上下移动和张开合拢,将钻头直柄松开或夹紧。

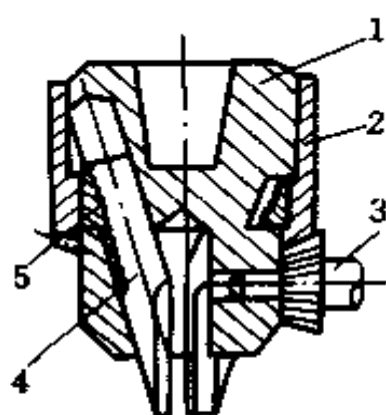


图 8-32 钻夹头

1. 夹头体 2. 夹头套筒 3. 钥匙 4. 夹爪 5. 内螺纹圈

2 钻头套筒和楔铁 钻头套筒是用来装夹锥柄钻头的工具,其形状如图 8-33a 所示。由于钻床主轴锥孔和钻头的锥柄规格大小不同,一般立式钻床主轴的锥孔为 3 号或 4 号莫

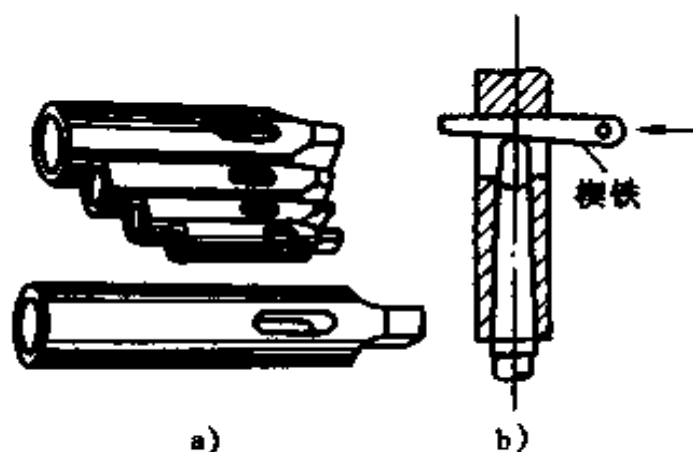


图 8-33 钻头套筒和楔铁

a) 钻头套筒 b) 楔铁

氏锥度,摇臂钻床主轴的锥孔为 5 号或 6 号莫氏锥度,而钻头锥柄锥度是随钻头直径的不同而变化的。当钻头锥柄的号数与钻床主轴上锥孔的号数相同时,可直接装入,而两者不相同,需用钻头套筒(简称钻套)配

接起来才能使用。钻套的内外表面都是锥形的,其外圆锥锥度比锥孔锥度大1~2个莫氏锥度号,其规格见表8-2。

表 8-2 钻头套筒(钻套)规格

钻头套筒(钻套)	莫氏锥度号	
	内锥孔	外圆锥
1号	1	2
2号	2	3
3号	3	4
4号	4	5
5号	5	6

当把几个钻套配接起来使用时,增加了装拆的麻烦,同时影响钻床主轴与钻头的同轴度。

为此,有时可采用特制的钻套,减少钻套配接的数量,如锥孔为莫氏1号而外圆锥可制成为莫氏3号或更大号。

钻床主轴和钻套的内圆锥孔底都有扁形的横向通孔,装夹时,钻头的扁尾要与锥孔内的扁孔方向一致,这样可防止两锥面相对滑动。

楔铁是用来把钻头从钻套(或主轴锥孔)中卸下的必备工具,如图8-33b所示。使用时,必须把做成半圆形的窄面向上,以保护主轴或钻套通孔上边的圆柱面不受损坏。

3. 钻模钻孔的特点 对于成批生产的工件,在加工孔的过程中,通常采用钻模夹具以提高生产率和保证加工精度。钻模是按不同工件专门设计的,它的作用是以工件上已形成的表面为基准来限定钻头钻入的位置,并引导钻头的钻进方向,或同时完成对工件的装夹。钻模的结构是多种多样的,图8-34是其中的一种。工件1上装有钻模2,钻模上的钻套3用来引导钻头。采用钻模钻孔可省略划线工序,并可提高孔

的加工质量(包括尺寸精度、位置精度和表面粗糙度)。

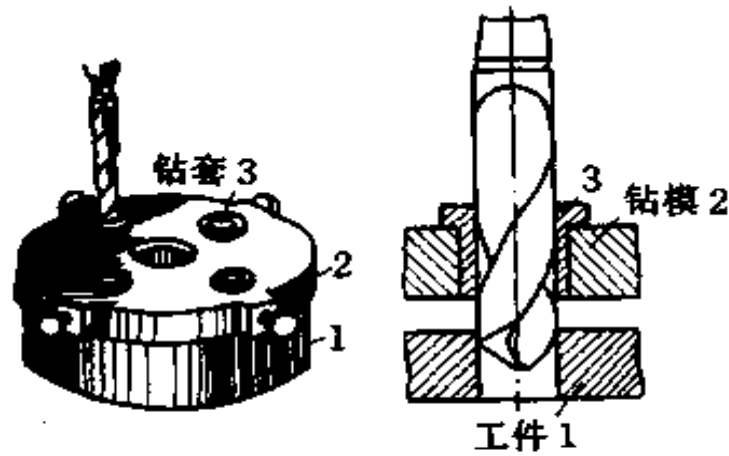


图 8-34 钻模与钻模钻孔

#### (四) 钻孔方法

钳工中的钻孔大多用于加工工件上的孔、装配检修以及攻丝前钻攻丝孔等场合。

钻孔前,工件先要划线和定中心。在工件上面孔的位置划出孔径圆,检查无误后,在孔径圆周上用样冲打出冲眼,在孔中心的样冲眼冲大一些,这样在钻孔时钻头不易偏离中心,如图 8-35 所示。

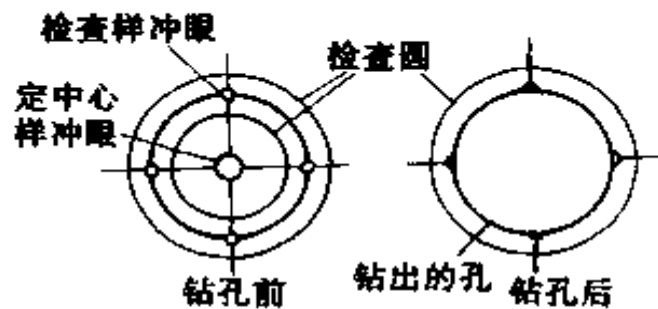


图 8-35 钻孔前的准备

1. 工件的装夹 钻孔时,牢固地固定工件是非常重要的。否则,工件会被钻头带着转动,有可能损坏工件和钻床,也威胁人身安全。在没有充分把握时,禁止用手把持工件。



根据工件大小不同,可用不同的装夹方法(图 8-36)。在台钻或立式钻床上钻孔,一般可用手虎钳、平口钳、台虎钳装夹。长工件钻孔时可用手把持,用螺钉靠住(止转)工件。对圆柱形工件可垫在 V 形铁上装夹。较大工件可用压板螺栓直接装夹在工作台上。

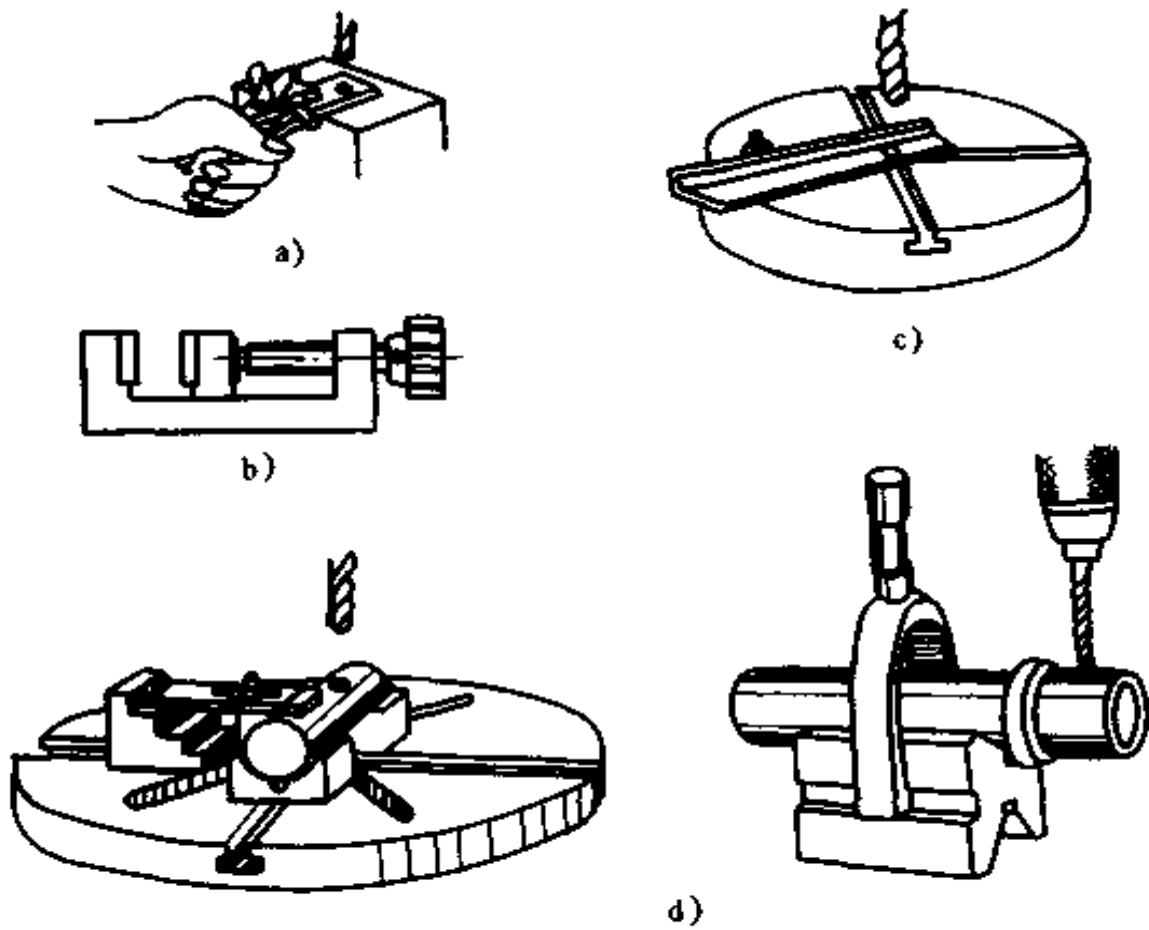


图 8-36 钻孔时工件的装夹

- a) 手虎钳夹持    b) 小型机虎钳夹持  
 c) 长工件用螺钉靠住    d) 圆柱形工件的夹持方法

2. 一般工件的钻孔方法 钻孔时,先对准样冲眼试钻一浅锥坑。如钻出的锥坑与钻孔划线圆不同心,可移动工件或钻床主轴来纠偏。当偏离较多时,可用样冲重新冲孔纠正,或

用铰子铰出几条槽来纠正,如图 8-37a 所示。钻较大孔时,因大直径钻头的横刃较长,定心困难,最好用中心钻先钻出较大的锥坑(图 8-37b),或用小顶角( $2\phi = 90^\circ \sim 100^\circ$ )短麻花钻先钻出一个锥坑。经试钻达到同心要求后,必须将工件或钻床主轴重新紧固,才能重新开钻进行钻孔。

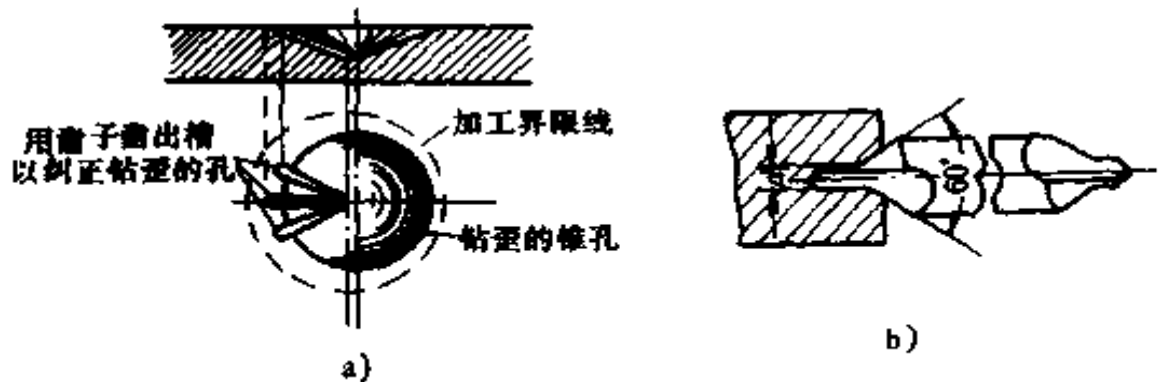


图 8-37 钻孔定心

a) 通过铰槽纠正孔的定心 b) 用中心钻钻引导孔为大孔定心

钻通孔在即将钻透时,应用手动进给,轻轻进刀直到钻透。对薄工件尤应特别注意。

钻不通孔时,可通过钻头长度和实际测量尺寸来检查所钻的深度是否准确。

在工件未加工表面,或材料较硬面上钻孔时,开始应手动进给。

钻孔径大于 30mm 的孔,要分两次钻成。先用 0.5~0.7 倍孔径的钻头钻孔,再用所需孔径的钻头扩孔。

钻直径 < 4mm 的小孔时,只能用手动进给,开始时应注意防止钻头打滑,压力不能太大,以防钻头弯曲和折断,并及时提起钻头进行排屑。

钻深孔(孔深与孔径之比大于 3)时,进给量必须小,钻头要定时提起排屑,以防止排屑不畅引起切屑阻塞扭断钻头或

损伤内孔表面。

### 3. 几种孔的钻孔方法

(1) 钻圆柱形工件的孔:即在轴类或套类等零件外圆上,钻出与轴线垂直并通过圆柱中心的孔。钻孔前,先用定心工具(一般用V形铁)夹持在钻床主轴上,找正钻床主轴中心与安装工件的V形铁的中心位置,并用压块将V形铁位置固定。再把要钻孔的圆柱形工件卧放在V形铁中,调节使之位于水平位置。移动大钻头对准钻孔中心后,把工件夹紧,进行试钻和钻孔。如果找正工作认真细心,钻孔中心与工件中心线的对称度可控制在0.1mm以内。

(2) 钻斜孔:斜孔有三种情况,即:在斜面上钻孔、在平面上钻斜孔和在曲面上钻孔。它们有一个共同的特点,即孔的中心与钻孔端面不垂直。在钻孔时,可将入钻的部位镗出平台或锉出平台,或用立铣刀铣出平台(图8-38a),然后先用小直径钻头或中心钻钻出一个浅坑或浅孔,合适后再钻孔;也可用三个尖等高的群钻来钻斜孔(图8-38b)。

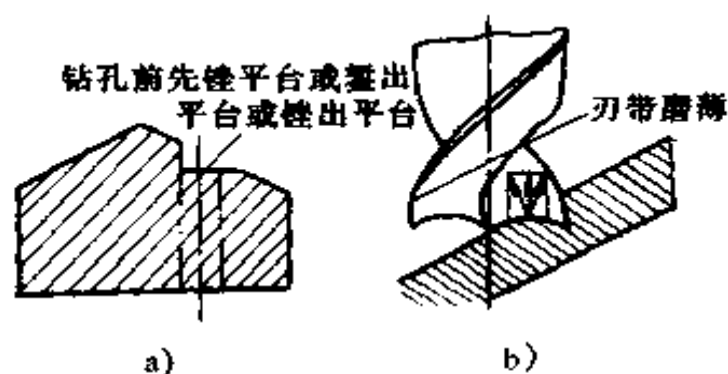


图 8-38 钻斜孔

(3) 钻半圆孔:钻半圆孔时,由于钻头的一边受径向力,被迫向另一边偏斜,会使钻头弯曲或折断,钻出的孔也不垂直。为防止出现上述情况,当半圆孔在工件边缘时,可把两个

相同的工件合起来钻；外部为半圆孔时，可用相同的材料充实再钻孔，如图 8-39 所示。

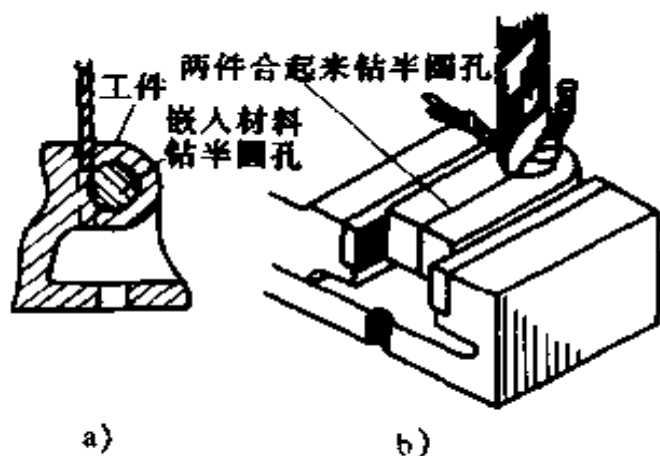


图 8-39 钻半圆孔

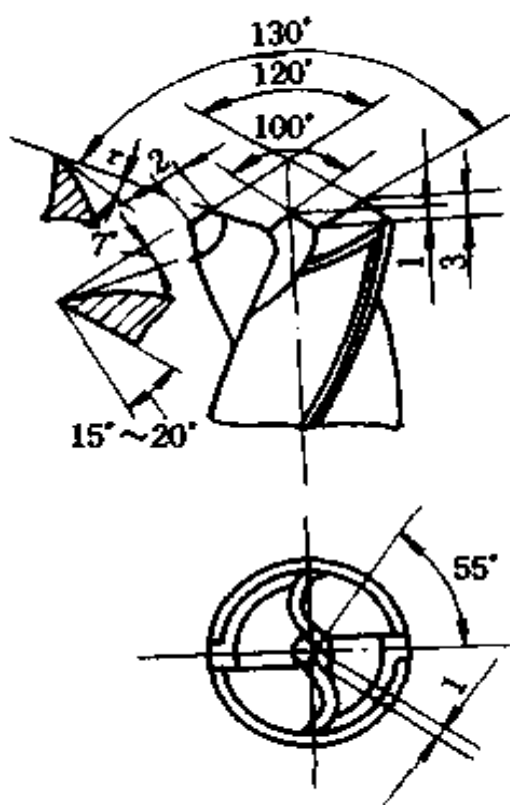


图 8-40 用半孔钻钻半圆孔

钻骑缝螺钉孔且缝两边的两种材料硬度不同时，应使用刚度大的钻头（尽量短），样冲眼要稍偏向较硬材料的一侧。待钻头钻入一定深度已向较软一侧接触面中间时，再将钻头对正接触面钻进。

采用图 8-40 所示半孔钻，钻半圆孔效果较好。半孔钻是把标准麻花钻的钻心修磨成凹、凸形，以凹为主，突出两个外刀尖，钻孔时切削表面形成凸形，限制了钻头的偏斜。半孔钻也可以进行单边切削。

(4) 钻三联孔：常见的三联

孔有如图 8-41 所示的三种情况。由于两孔比较深或距离比较远,钻孔时钻头伸出很长,容易产生摆动,且不易定心,也容易弯曲使钻出的孔倾斜,同心度达不到要求。此时可采用以下方法钻孔:

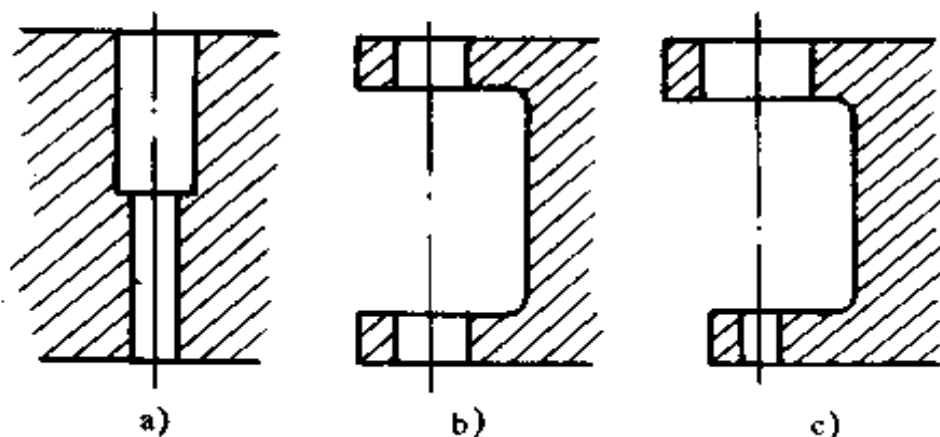


图 8-41 常见的二联孔

钻图 8-41a 的二联孔时,可先用较短的钻头钻小孔至大孔深度,再改用长的小钻头将小孔钻完,然后钻大孔,再铰平大孔底平面。

钻图 8-41b 的二联孔时,先钻出上面的孔,再用一个外径与上面孔配合较严密的大样冲,插进上面的孔中,冲出下面孔的冲眼,然后用钻头对正冲眼慢速钻出一个浅坑,确认正确,再高速钻孔。

钻图 8-41c 的二联孔时,对于成批生产,可制一根接长钻杆,其外径与上面孔为动配合。先钻完上面大孔后,再换上装有小钻头的接长钻杆,以上面孔为引导,钻出下面的小孔,也可采用钻图 8-41b 二联孔的方法钻孔。

(5) 配钻:在有装配关系的两个零件中,一个孔已加工好,按此孔需要,在另一件上钻出相应孔的钻削过程称为配钻。常见的有图 8-42 所示的配钻情况。主要是要求两相应

孔的同轴度。

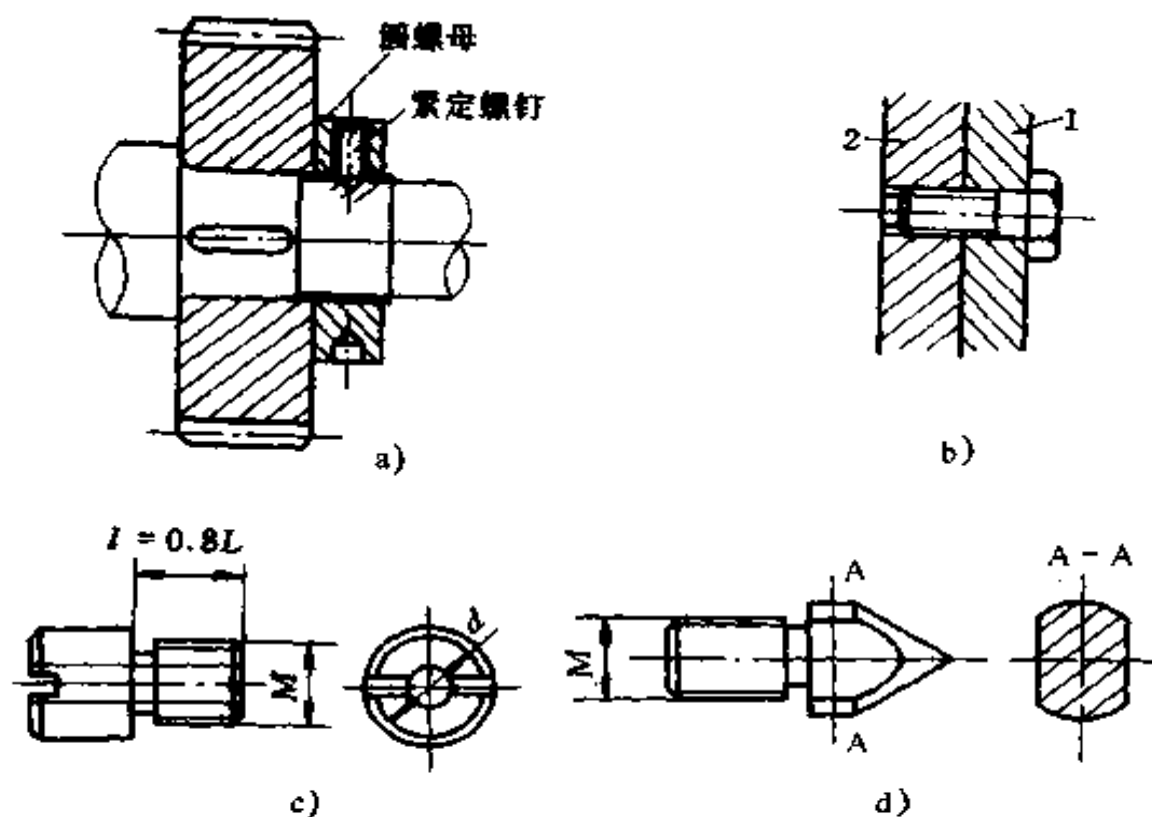


图 8-42 常见的配钻情况

配钻图 8-42a 所示的轴上紧定螺钉锥孔(或圆柱孔)时,先把圆螺母拧紧到所要求位置,用外径略小于紧定螺钉孔内径的样冲插入螺孔内在轴上冲出样冲眼,卸下螺母后钻出锥坑或圆柱孔。也可以把圆螺母拧紧后配钻底孔,卸下后再在螺母上攻丝。

配钻图 8-42b 所示工件 1 上的光孔时(工件 2 上的螺纹孔已加工好),可先做一个与工件螺纹孔相配合的专用钻套(图 8-42c)。从左面拧在工件 2 上,把 1、2 两个工件相互位置对正并夹紧在一起,用一个与钻套孔径  $d$  相配合的钻头通过钻套在工件 1 上钻一个小孔,再把两个工件分开,按小孔定心钻出光孔。若工件上的螺纹孔为盲孔时,则可加工一个与工

件 1 螺纹孔相配合的专用样冲(如图 8-42d),螺纹部分的长度约为直径的 1.5 倍,锥尖处硬度为 HRC56~60。使用时,将专用样冲拧进工件 2 的螺纹孔内,再把露在外的样冲顶尖的高度调整好,然后将工件 1、2 的相互位置对准并放在一起,用木锤击打工件 1 或 2,样冲便会在工件 1 上打出样冲眼;随后按样冲眼钻出光孔。

### (五) 冷却润滑液和切削用量的选择

1. 冷却润滑液的选择 钻头在钻孔过程中,由于钻头和工件的摩擦与切屑的变形会产生高热,容易引起钻头主切削刃退火,失去切削能力和很快使钻头磨钝。为了降低钻头工作时的温度、延长钻头的使用寿命、提高钻削的生产率、保证钻孔质量,在钻孔时,必须注入充足的冷却润滑液。

钻孔一般属于粗加工工序,采用冷却润滑液的目的主要是以冷却为主。钻孔常用冷却润滑液见表 8-3。

表 8-3 钻孔用冷却润滑液

工件材料	冷却润滑液
结构钢	乳化液、机油
工具钢	乳化液、机油
不锈钢、耐热钢	亚麻油水溶液、硫化切削油
紫 铜	乳化液、菜油
铝合金	乳化液、煤油
冷硬铸铁	煤油
铸铁、黄铜、青铜、镁合金	不用
硬橡皮、胶木	不用
有机玻璃	乳化液、煤油

2. 切削用量的选择 钻孔时的切削用量,是指钻头在钻

削时的切削速度、进给量和切削深度的总称。

钻孔时的切削速度( $v$ ),是指钻削时钻头直径上一点的线速度(m/min)。

钻孔时的进给量( $f$ ),是指钻头每转一周向下移动的距离(mm/r)。

钻孔时的切削深度( $a_p$ ),等于钻头半径,即

$$a_p = \frac{D}{2} \text{ (mm)}$$

钻孔时,只需选择切削速度( $v$ )和进给量( $f$ )。此两项多凭经验选择。一般情况下,用小直径钻头钻孔时,速度应快些,进给量要小些;用大直径钻头钻大孔时,速度要慢些,进给量可适当大些;钻硬材料时,速度慢些,进给量小些;钻软材料时,速度可快些,进给量大些。具体数值可在有关手册中查到。

#### (六) 钻孔常见缺陷分析及安全技术要求

##### 1. 钻孔常见缺陷分析 钻孔时常见有以下几种缺陷:

(1) 钻出孔径大于规定尺寸:由于钻头两主切削刃长短不等、顶角与钻头轴线不对称、钻头摆动(钻床主轴本身摆动、钻头夹装不正确、钻头弯曲)等因素所引起。

(2) 钻孔偏移:由于划线或样冲冲眼不准确、钻孔时开始未对正、工件装夹不稳固、钻头横刃太长等因素所引起。

(3) 钻孔歪斜:由于钻头与工件表面不垂直、工件表面不平或有硬物、进给量太大使钻头弯曲、横刃太长定心不良等因素所引起。

(4) 孔壁粗糙:由于钻头切削刃不锋利、进给量太大、后角太小、冷却润滑不充分等因素所引起。

##### 2. 钻孔安全技术要求



(1) 钻孔时操作者身体不要贴近钻床主轴,袖口要扎紧,衣扣要完整扣严,头发必须纳入工作帽内,严禁戴手套和拿棉纱操作。

(2) 一定要把工件夹紧稳固,不准用手拿工件钻孔,不准在钻削进行过程中紧固工件。

(3) 注意保持良好的冷却和排屑,不许用棉纱、破布滴注冷却液,不许用手抹或嘴吹来清除切屑。

(4) 钻削进给过程中,发现异常情况要立即抬起钻头,停钻检查。如工件随钻头一起转动应立即停电,严禁用手制动工件。

(5) 钻孔时,进给的压力不可过猛过大。钻通孔时,工件下面应放垫块,以免损伤工作台。

(6) 使用电钻等手持机动工具钻孔时,必须遵守有关安全操作技术。

## 六、扩孔和铰孔

### (一) 扩孔

扩孔是用扩孔钻或钻头来扩大工件上已冲压或钻出孔的操作方法,如图 8-43 所示。

标准扩孔钻的形状似麻花钻。扩孔钻钻心粗、刚度好,切削刃多(3~4个),且不延伸到中心处而没有横刃,导向性好,切削平稳。所以,扩孔常用作铰孔或磨孔前的预加工工序。它属于孔的半精加工,其加工精度可达 IT11~IT10。

实际生产中,多用麻花钻改磨成扩孔钻。

### (二) 铰孔

铰孔是用铰孔钻在已有的孔口表面,加工出所需形状的

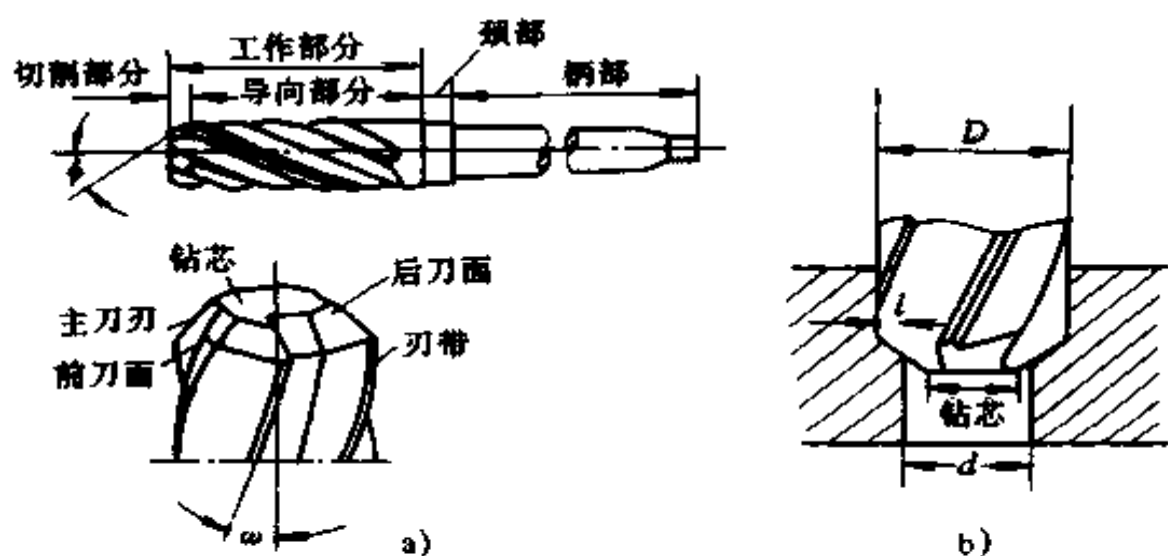


图 8-43 扩孔钻和扩孔

a) 扩孔钻 b) 扩孔

沉坑或表面的操作方法,如图 8-44 所示。

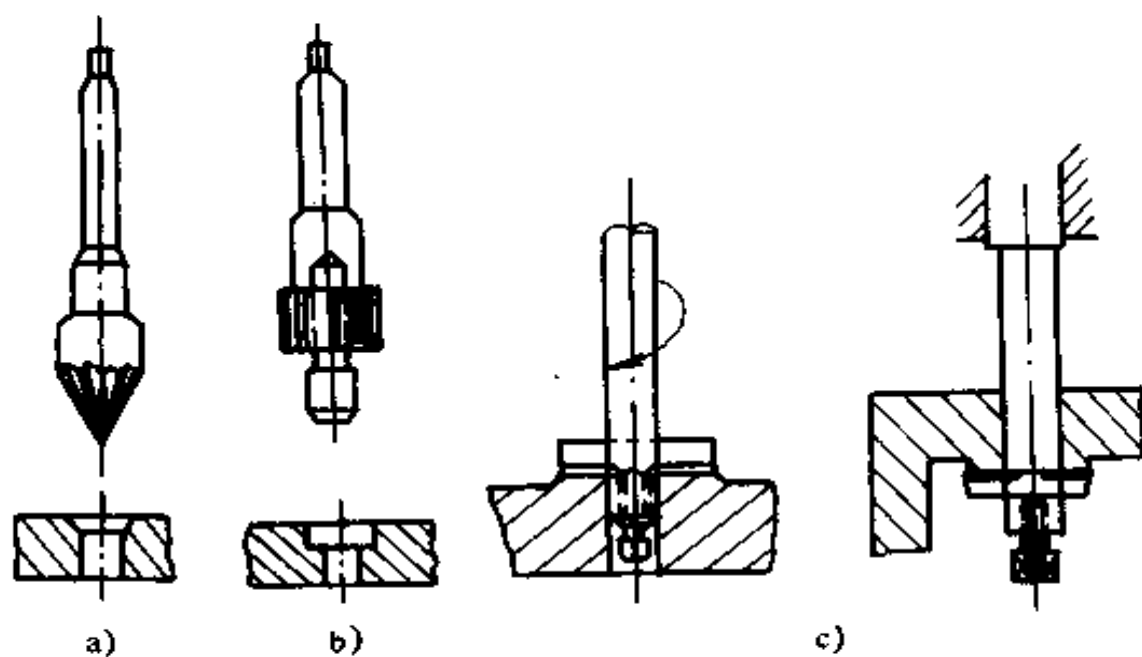


图 8-44 锪钻的应用

图 8-44a 为锥面锪钻,顶角  $60^\circ$  的用于清除毛刺; $75^\circ$  的用

于铰沉头铆钉沉坑;90°的用于铰沉头螺钉沉坑。图 8-44b 为圆柱形铰钻,用于铰圆柱形沉坑,铰钻上有定位圆柱,使沉坑圆柱面与孔同轴,底面与孔垂直。图 8-44c 为端面铰钻,用于铰平面孔口凸台。

铰钻已有国家标准,可以根据铰孔的种类加以选用。铰钻并不像其它刀具使用广泛,故在实际生产中多用麻花钻改制成铰钻。

一般用短钻头改制,以减小振动,切削刃要对称,以保持切削平稳;后角及外缘前角应较小,以防扎刀。

铰孔时主要要防止振动。因此,工作时刀具、工件的装夹要牢固可靠;切削速度要小(只为钻孔速度的  $1/2 \sim 1/3$ );手动进给,进给量要小而用力均匀。

## 七、铰孔

铰孔是用铰刀对不淬火工件上,已粗加工的孔进行精加工的一种孔加工方法。铰孔的精度可达 IT8~IT7(手铰可达 IT6),表面粗糙度可达  $R_a 3.2 \sim R_a 0.8$ 。铰孔的精度高主要是由刀具的结构和精度来保证的,铰孔过程如图 8-45 所示。

### (一) 铰刀

铰刀的类型很多,按使用方式可分为手用和机用;按加工孔的形状,可分为圆柱形和圆锥形;按结构可分为整体式、套式和可调式三种;

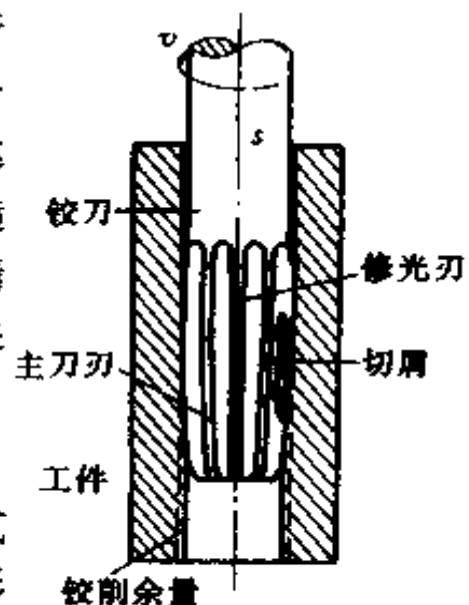


图 8-45 铰孔过程

按容屑槽型式,可分为直槽和螺旋槽;按材质可分为碳素工具钢、高速钢和镶硬质合金片三种。

1. 铰刀的结构 一般常用的为手用铰刀和机用铰刀两种。手用铰刀(图 8-46a)用于手工铰孔,其工作部分较长,导向作用较好,可防止铰孔时产生歪斜。机用铰刀(图 8-46b)多为锥柄,它可安装在钻床或车床上进行铰孔。

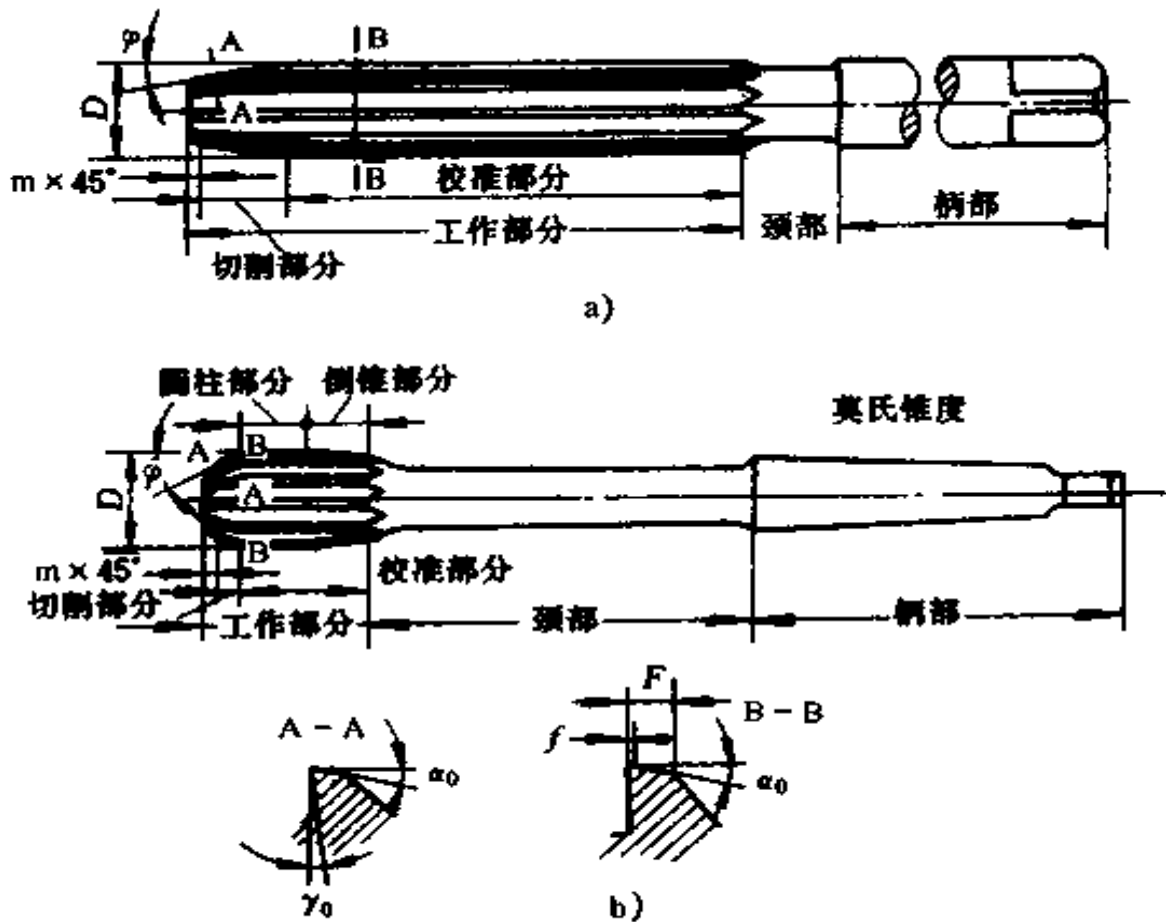


图 8-46 整体圆柱铰刀

a) 手用铰刀 b) 机用铰刀

铰刀的结构由柄部、颈部和工作部分组成。

(1) 柄部:用来安装铰刀和传递扭矩。手用铰刀的圆柱形柄部末端制成不完整的方头,工作时用扳手或铰杠套于其上,

通过它来转动铰刀。机用铰刀的锥形柄部直接装在机床上。

(2)颈部:用于连接工作部分和柄部,它也是磨削工作部分外圆时的砂轮越程槽,还用来刻印和打标记。

(3)工作部分:包括切削部分和校正部分。

切削部分为锥形,最前端有 $45^\circ$ 倒角,其后是切削锥角。铰刀的工作部分长度较长,切削锥角 $2\varphi$ 较小,手用铰刀一般取 $\varphi = 30' \sim 1^\circ$ ;机用铰刀锥角较大,加工钢及韧性材料时 $\varphi = 15^\circ$ ,加工铸铁及脆性材料时 $\varphi = 3^\circ \sim 5^\circ$ ,机铰盲孔时 $\varphi = 45^\circ$ ,其作用是为了能切下全部余量。

校准部分的前段制成圆柱形,后段制成倒锥形。校准部分起导向、校准孔径和修光孔壁的作用,也是切削部分的备磨部分。手用铰刀靠校准部分导向,所以校准部分较长,倒锥较小,一般为 $(0.005 \sim 0.008)/100$ 。机用铰刀主要由机床导向,所以其校准部分较短,其中后段倒锥部分的倒锥较大,一般为 $(0.04 \sim 0.06)/100$ 。

铰孔时铰削余量小,切屑与前面接触长度短,故前角对切屑变形影响不大。为了便于制造,并防止前角过大时产生“啃刀”现象,前角一般取 $r = 0^\circ \sim 4^\circ$ ,常用 $r = 0^\circ$ ,故铰削近于刮削,铰削表面粗糙度较高。但对加工韧性较大的金属时,宜选较大前角( $r = 5^\circ \sim 10^\circ$ )。后角的大小主要影响加工表面的粗糙度和刀齿强度。因此,在满足表面粗糙度条件下,尽量取较小的后角。但对于小直径铰刀,为防止其后刀面与加工表面产生摩擦,后角应取大一些。 $\phi 10 \sim 50\text{mm}$ 铰刀切削部分和校准部分的后角一般取 $12^\circ \sim 8^\circ$ 。

校准部分的后面有宽度 $f = 0.1 \sim 0.3\text{mm}$ 的刃带,其作用主要是引导铰削方向和修整孔壁,也是为了便于测量铰刀的直径。刃带与后续的斜面总称为齿背,齿背宽度 $F =$

2~5mm。

校准部分做成倒锥是为了减小与孔壁的摩擦和防止铰刀在孔中可能产生的倾斜而导致校准部分的刀刃将孔径扩大。

铰刀的齿数通常随直径的增大而增多,铰刀直径在  $\phi 10 \sim 80\text{mm}$  时,齿数  $Z=6 \sim 16$  的偶数。为了获得较高的铰孔精度,手用铰刀相邻两个齿间的距离在圆周上不是均匀分布的。

铰刀直径是铰刀最基本的结构参数。它是根据加工孔的基本尺寸( $D$ )和公差、铰孔的扩张量或收缩量、铰刀的磨损和制造公差等因素决定的。按其铰出孔的公差不同分为 H7、H9、H10 三级,每级铰刀的实际尺寸都比基本尺寸大几个到几十微米。等级的数字越小,铰出的孔径越接近基本尺寸。铰成孔的直径一般都铰刀校准部分直径大(扩张)或小(缩小)。孔的扩张和缩小量受多种因素影响,很难预计,一般通过试铰来选定铰刀等级。若铰出的孔径大于要求尺寸时,可用公差等级高的铰刀或对校准部分进行研磨。

2. 铰刀的选择 铰孔时,应根据不同的加工对象来选用铰刀。

(1) 铰孔的工件批量较大,应选用机铰刀。

(2) 铰锥孔应根据孔的锥度要求和直径选择相应的锥铰刀。

(3) 铰带键槽的孔,应选择螺旋槽铰刀。

(4) 铰非标准孔,应选用可调节铰刀。

## (二) 手工铰孔

### 1. 铰削余量和冷却润滑液

(1) 铰削余量:选择铰削余量时,应考虑到铰孔的精度和表面粗糙度的要求,以及孔径的大小、材料的软硬和铰刀类型等。铰削余量在孔预加工之前就应该确定,而且应留得合适。

余量留得太小,铰削时不易校正上道工序残留的变形和去掉表面最大不平度部位,达不到铰孔质量要求。同时,由于余量太小,使铰刀啃刮严重,加快铰刀磨损,从而降低了铰刀的耐用度;余量太大时,将加大每一刀齿的切削负荷,影响切削过程的稳定性,又增加切削热,使孔随铰刀的直径胀大也随之扩张,同时切屑呈撕裂状态,从而使表面粗糙化。适宜的铰削余量如下:

①圆柱孔的铰削余量见表 8-4。

表 8-4 铰削余量 (mm)

铰孔直径	<5	5~20	20~50	>50
铰削余量	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.6

②铰锥孔的底孔应钻成台阶形,各段间的直径差愈小,铰削余量也愈小。最小直径  $d$  可等于铰刀直径。台阶孔各阶台的直径  $d_n$ 、深度  $L_n$  ( $n=1,2,\dots$ ) 应根据锥度  $K$  通过下式计算:

$$L_n < L \frac{(d_n - d)}{K}$$

铰削余量应比台阶孔两端差值略大些(图 8-47)。

(2) 冷却润滑液:铰削的铁屑都很细碎,容易粘附在刀刃上,或夹在孔壁和铰刀校准部分的棱边间,刮毛已加工表面,并使孔径扩大。此外,由于切削过程中热量积累过多,

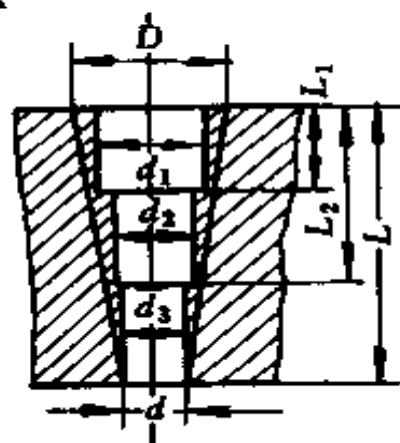


图 8-47 铰锥孔时的阶梯形底孔

还容易引起工件和铰刀变形,从而降低铰刀的耐用度和铰孔质量。因此,在铰削中必须采用冷却润滑液,其用量只要能把切屑及时冲掉和散热即可。铰孔时常用冷却润滑液(切削液)见表 8-5。

表 8-5 铰孔时的冷却润滑液

加工材料	冷却润滑液
钢	1. 10%~20%乳化液 2. 铰孔要求高时,采用 30%菜油加 70%肥皂水 3. 铰孔的要求更高时,可用茶油、柴油、猪油等
铸铁	1. 不用 2. 煤油,但要引起孔径缩小,最大缩小量达 0.02~0.04mm 3. 低浓度的乳化液
铝	煤油
铜	乳化液

## 2. 手工铰孔方法

### (1) 手工铰孔工具:

①铰手(俗称铰杠):是装夹铰刀和丝锥并扳动铰刀和丝锥的专用工具,如图 8-48 所示。常用的有固定式、可调节式、固定丁字式、活把丁字式四种。其中可调节式铰手只要转动右边手柄或调节螺钉,即可调节方孔大小,能装夹柄部端对边距在一定尺寸范围内的多种铰刀和丝锥。丁字铰手适用于在工件表面周围没有足够空间时,以免因工件结构妨碍铰手整周转动。

②活扳手:在一般铰手的转动受到阻碍而又没有活把丁字铰手时,才用活扳手。扳手的大小要与铰刀大小适应,大扳手不宜用于扳动小铰刀。否则,容易折断铰刀。



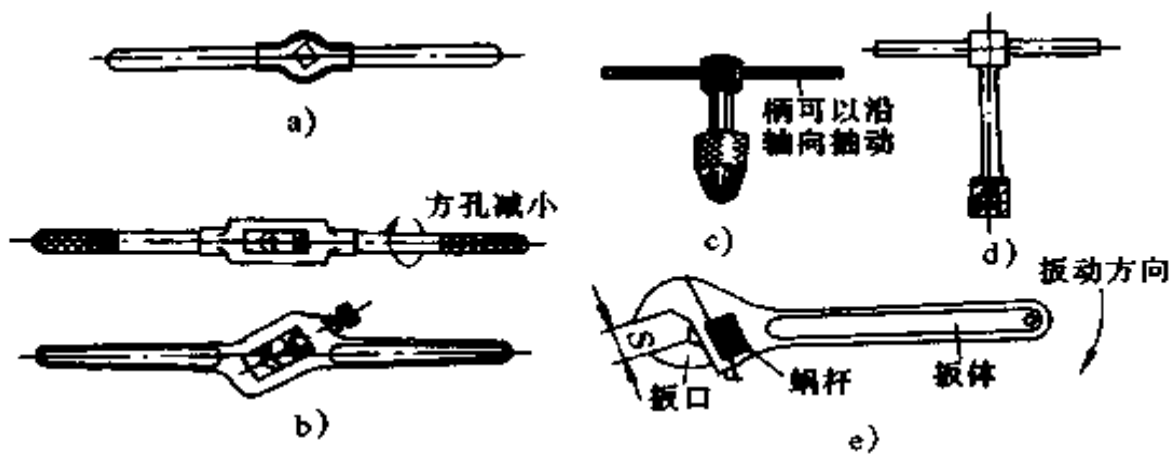


图 8-48 铰手(或丝锥扳手)

a)固定铰手 b)可调节铰手 c)活把丁字铰手 d)丁字铰手 e)活扳手

(2) 手工铰孔要点(图 8-49):

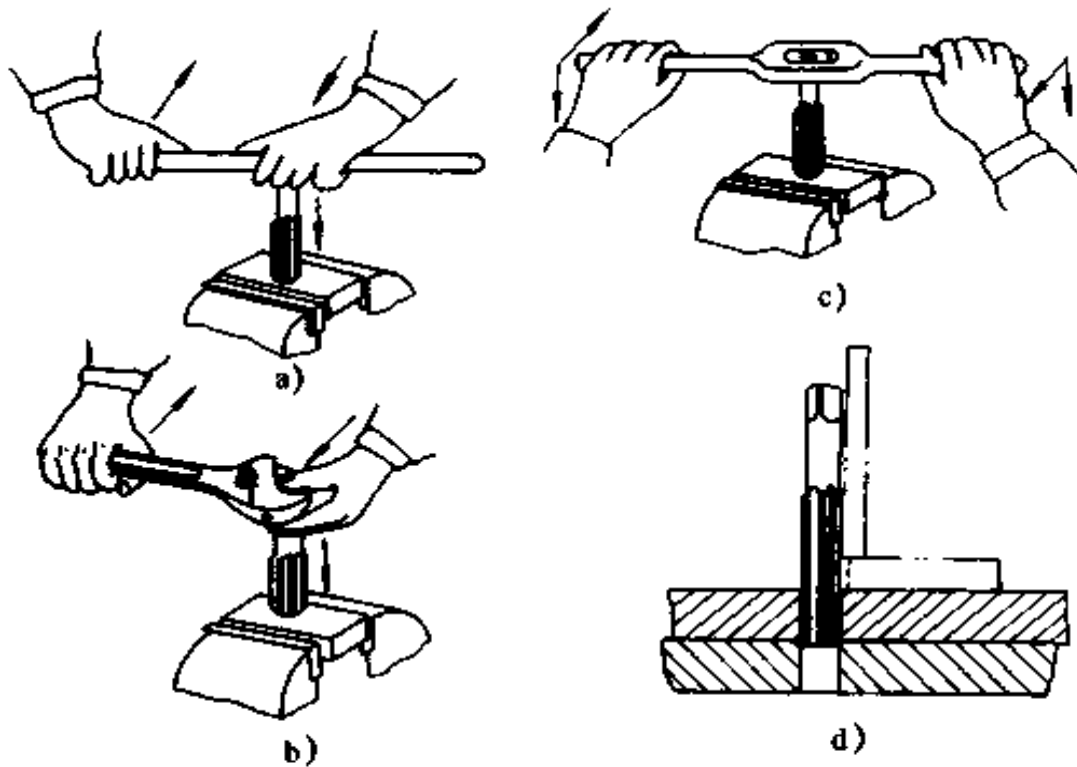


图 8-49 手工铰孔

①工件要夹正,将铰刀放入底孔,从两个垂直方向用角尺

校正,方向正确后用拇指向下把铰刀压紧在孔口上。对薄壁工件的夹紧力不得过大,以免将孔压扁。

②试铰时,套上铰手用左手向下压住铰刀并控制方向,右手平稳扳转铰手,切削刃在孔口切出一小段锥面后,检查铰刀方向是否正确,歪斜时应及时进行纠正。

③在铰削过程中,两手用力要平衡,转动铰手的速度要均匀,铰刀要保持垂直方向进给,不得左右摆动,以避免在孔口出现喇叭口或将孔径扩大。要在转动中轻轻加力,不能过猛,掌握用力均匀,并注意变换每次铰手的停歇位置,防止因铰刀常在同一处停歇而造成刀痕重叠,以保证表面光洁。

④铰刀不许反转,退刀时也要顺转,避免切屑挤入刃带后擦伤孔壁,损坏铰刀。退刀时要边转边退。

⑤铰削锥孔时,要常用锥销检查铰入深度。

⑥铰刀被卡住时不要硬转,应将铰刀退出,清除切屑,检查孔和刀具;再进行铰削时,要缓慢进给,以防在原处再被卡住。

⑦铰定位销孔,必须将两个装配工件相互位置对准固定在一起,用合钻方法钻出底孔后,不改变原有状态一起铰孔。这样,才能保证定位精度和顺利装配。当锥销孔与锥销的配合要求比较高时,先用普通锥铰刀铰削,留有一定余量,再用校正锥铰刀进行精铰。

⑧铰刀是精加工工具,使用完后要擦拭干净,涂上机油保管。

### (三) 铰孔时产生废品的原因

铰孔时产生废品的原因,主要有下列几个方面:

#### 1. 孔的表面粗糙度达不到要求

(1) 铰刀工作部分不光洁,刀口不锋利或有裂口、毛刺,

或是其磨损已超过允许值等。

(2) 铰削余量太大或太小。

(3) 铰刀切削刃上有积屑或容屑槽内切屑没有清除干净。

(4) 铰屑时转动不平稳,铰刀退出时反转。

(5) 冷却润滑液不充足或选择不当。

## 2. 孔径扩大

(1) 铰刀与孔的中心不重合,铰刀偏摆过大,进给量和铰削余量太大。

(2) 两手用力不均匀,使铰刀晃动。

(3) 铰锥孔时,没有及时用锥销检验,将锥孔铰得过深。

## 3. 孔径缩小

(1) 铰刀工作部分超过磨损标准,尺寸变小仍使用,铰出的孔自然变小。

(2) 用磨钝的铰刀铰孔,铰刀对金属产生挤压作用,而引起过大的孔径收缩。

(3) 铰铸铁时加了煤油。

## 4. 孔中心不直

(1) 铰孔前的钻孔不直,铰小孔时铰刀刚度差。

(2) 铰刀的切削锥角太大,导向不良,铰削时方向发生偏斜。

(3) 手铰时,两手用力不均匀。

## 5. 孔不圆呈多棱形

(1) 铰削余量太大,铰刀刃口又不锋利,铰削过程中铰刀发生“啃切”现象,产生振动,从而使孔壁呈现多棱形。

(2) 铰孔前钻孔不圆,铰削时铰刀产生弹跳。

(3) 钻床主轴振摆太大。

## 八、攻丝和套丝

用丝锥在工件孔中切削出内螺纹称为攻丝。用板牙在圆柱杆上切削出外螺纹称为套丝。

### (一) 螺纹的基本知识

1. 螺纹的种类 螺纹的种类很多。按螺纹牙型、外径、螺距是否符合国家标准可分为：

标准螺纹——牙型、外径、螺距均符合标准。

特殊螺纹——牙型符合标准，而外径或螺距不符合标准。

非标准螺纹——牙型不符合标准，如有方牙螺纹和平面螺纹等。

标准螺纹又可分为三角形、梯形和锯齿形三种。三角形螺纹又有普通螺纹(粗牙、细牙两种)、管螺纹(有圆柱、 $55^\circ$ 圆锥、 $60^\circ$ 圆锥和米制圆锥)及英制螺纹等。常用螺纹按牙型的分类、特点及应用见表 8-6。

钳工攻丝和套丝时，所接触到的螺纹主要是三角形螺纹，具体有普通螺纹(粗牙、细牙、英制)和管螺纹(英制和公制)等。手工切制的螺纹大径一般为  $3 \sim 20\text{mm}$ ，最大的不超过  $27\text{mm}$ 。

2. 螺纹基本要素 螺纹基本要素由牙型、直径(大径、小径、中径)、螺距(或导程)、线数(或头数)、精度、旋向和旋合长度等组成。

(1) 牙型：是指通过螺纹轴线剖面上的牙轮廓形状。它由牙顶、牙底和牙侧的特征决定。图 8-50 所示为几种螺纹的牙型。根据国家有关标准米制普通螺纹的基本牙型见表 8-7。

表 8-6 螺纹的分类、特点及应用

种 类		代号	特 点	应 用	
三 角 形 螺 纹	普通螺纹	M	普通螺纹是联接螺纹的基本形式。牙型角为 $60^\circ$ 的普通螺纹按螺距分为粗牙和细牙两种。细牙普通螺纹比同一公称直径的粗牙普通螺纹强度较高,自锁性能较好	普通螺纹应用最广,一般联接多用粗牙。细牙用于薄壁零件或受变载、振动及冲击载荷的联接,还可用于微调机构的调整	
	管 螺 纹	非螺纹密封的管螺纹	G	牙型角为 $55^\circ$ ,公称直径指管子的孔径。内外径间均无间隙并做成圆顶,以便结合紧密	多用于压力为 $1.57\text{MPa}$ 以下的水煤气管道、润滑和电线管道系统
		用螺纹密封的管螺纹	R	牙型角为 $55^\circ$ ,公称直径指管子的孔径,螺纹分布在 $1:16$ 的圆锥管壁上。牙型顶和槽底为圆形,内外螺纹配合时没有间隙。可不用填料而保证联接不渗漏,拧紧时可消除制造不准或磨损所产生的间隙	用于高温、高压系统和润滑系统
		60°圆锥管螺纹(布锥管螺纹)	Z	牙型角为 $60^\circ$ ,牙型顶和牙型槽底是平的,其它与用螺纹密封的管螺纹相似	用于汽车、拖拉机、机床等的燃料、油、水、气输送系统的管联接
		米制锥螺纹	ZM	牙型角为 $60^\circ$ ,牙型顶和牙型槽底是平的,其它与用螺纹密封的管螺纹相似	用于气体、液体管路系统依靠螺纹密封的联接(水、煤气管道用管螺纹除外)

续表 8-6

种 类	代号	特 点	应 用
矩形螺纹		<p>矩形螺纹牙型为正方形,传动效率较其它螺纹高,但强度比同样螺距的其它螺纹要低,制造较困难,对中精度低,磨损后造成的轴向和径向的间隙较大。牙型尚未标准化</p>	<p>一般用于力的传递,例如千斤顶,小的压力机等</p>
梯 形 螺 纹	Tr	<p>梯型螺纹牙型呈等腰梯形,牙型角为 <math>30^\circ</math>。虽传动效率稍低于矩形螺纹,但基本上不存在矩形螺纹的缺点</p>	<p>梯形螺纹是传动螺旋的主要螺纹形式,常用于丝杠、刀架丝杆等</p>
锯齿形螺纹	S	<p>锯齿形螺纹型呈锯齿状,其牙型角为 <math>33^\circ</math>(两边不相等),工作面牙型角为 <math>3^\circ</math>,非工作面为 <math>30^\circ</math>。它具有矩形螺纹效率高和梯形螺纹牙根强度高的特点。外螺纹的牙根有相当大的圆角,以减小应力集中</p>	<p>用于承受单向压力,例如螺纹压力机、起重机的吊钩等</p>

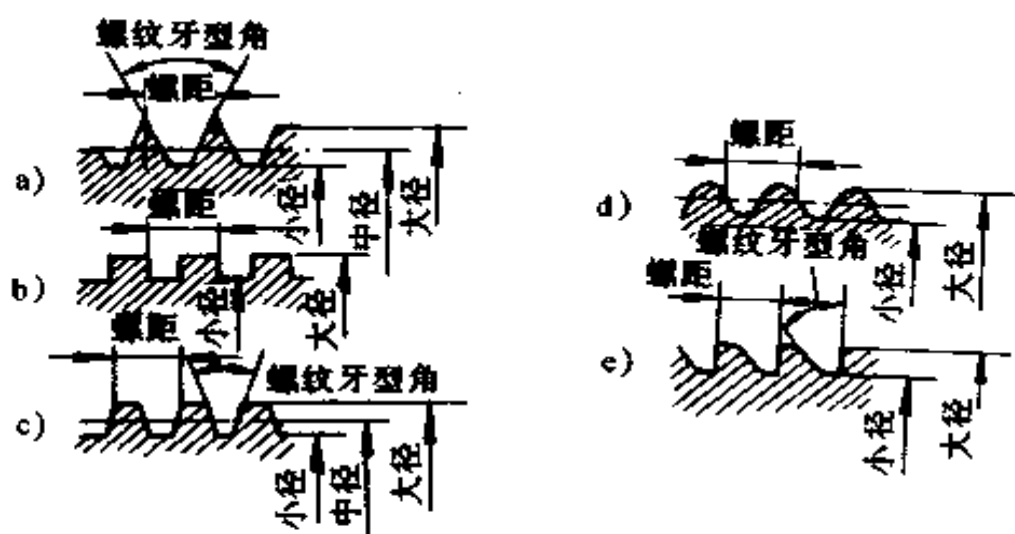


图 8-50 螺纹牙型

a)三角螺纹 b)方牙螺纹 c)梯形螺纹 d)圆牙螺纹 e)锯齿形螺纹

表 8-7 普通螺纹基本牙型

	$D_2 = D - 2 \times \frac{3}{8} H$ $d_2 = d - 2 \times \frac{3}{8} H$ $D_1 = D - 2 \times \frac{5}{8} H$ $d_1 = d - 2 \times \frac{5}{8} H$ $H = \frac{\sqrt{3}}{2} P$ $= 0.866025 P$
--	---

(2) 直径:螺纹直径的有关术语如下:

①大径  $D$  或  $d$ :它是外螺纹上与内螺纹牙底或内螺纹上与外螺纹牙顶相重合的假想圆柱体直径。国家标准规定米制普通螺纹大径的基本尺寸为螺纹的公称直径。

②小径  $D_1$  或  $d_1$ :它是外螺纹上与内螺纹牙顶或内螺纹

上与外螺纹牙底相重合的假想圆柱体直径。

③中径  $D_2$  或  $d_2$ : 为一假想圆柱体直径, 其母线在  $H/2$  处, 在此母线上牙体与牙槽的宽度相等。

④牙型角  $\alpha$ 、牙型半角  $\alpha/2$ : 在螺纹牙型上相邻两牙侧的夹角称为螺纹牙型角。对于米制普通螺纹  $\alpha = 60^\circ$ , 牙型半角  $\alpha/2 = 30^\circ$ 。

⑤原始三角形高度  $H$ : 指原始等边三角形顶点到底边的垂直距离。

⑥牙型高度  $h$ : 指螺纹牙顶与牙底间的垂直距离。  
 $h = 5/8H$ 。

上述各项之间的关系可参见表 8-7 中的计算公式。

(3) 螺距  $P$  与导程  $\lambda$ : 相邻两牙在中径母线上, 对应两点间的轴向距离称为螺距(参见图 8-50)。同一种公称直径的普通螺纹, 螺距可有大有小, 其中螺距最大的螺纹称为粗牙螺纹, 其余螺距较小的螺纹称为细牙螺纹。英制螺纹, 以及代号为 G、R、Z 的管螺纹都用每英寸内的牙数来代替螺距。同一条螺旋线上的相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离(即螺旋线沿圆周绕一周轴向位移的距离)称为导程  $\lambda$ 。单线螺纹的螺距等于导程, 多线螺纹的导程等于螺距乘线数。

(4) 线数(头数): 一个螺纹上螺旋线的数目。有单线和多线螺纹两种, 如图 8-51 所示。

(5) 精度: 普通螺纹的公差等级标准规定内螺纹为 4、5、6、7、8 五个等级。外螺纹为 3、4、5、6、7、8、9 七个等级, 精度依次降低。一般 6 级为基本级。螺纹的配合精度分为精密级、中等级和粗糙级三种等级。

(6) 旋向: 螺纹方向有右旋和左旋两种旋向, 顺时针旋转时旋入螺纹称为右旋螺纹; 逆时针旋转时旋入螺纹称为左旋





图 8-51 螺纹的线数与导程

a)单线螺纹 b)双线螺纹

螺纹。通常用的绝大多数是右旋螺纹。

(7) 旋合长度:指两相配合的螺纹沿螺纹轴线方向相互旋合部分的长度,如图 8-52 所示。它分为短旋合长度  $S$ , 中等旋合长度  $N$  和长旋合长度  $L$  三种,具体数值可查有关手册。一般情况多选用中等旋合长度。

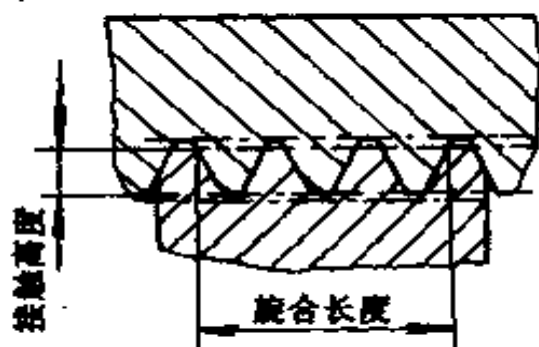


图 8-52 螺纹旋合长度

## (二) 攻丝(或攻螺纹)

攻丝工具包括丝锥、铰手(丝锥扳手)和机用攻丝安全夹头等。

1. 丝锥 丝锥是加工内螺纹的刀具,有手用丝锥、机用丝锥和管螺纹丝锥三种。丝锥是用碳素工具钢或高速钢制造,它的构造如图 8-53 所示。

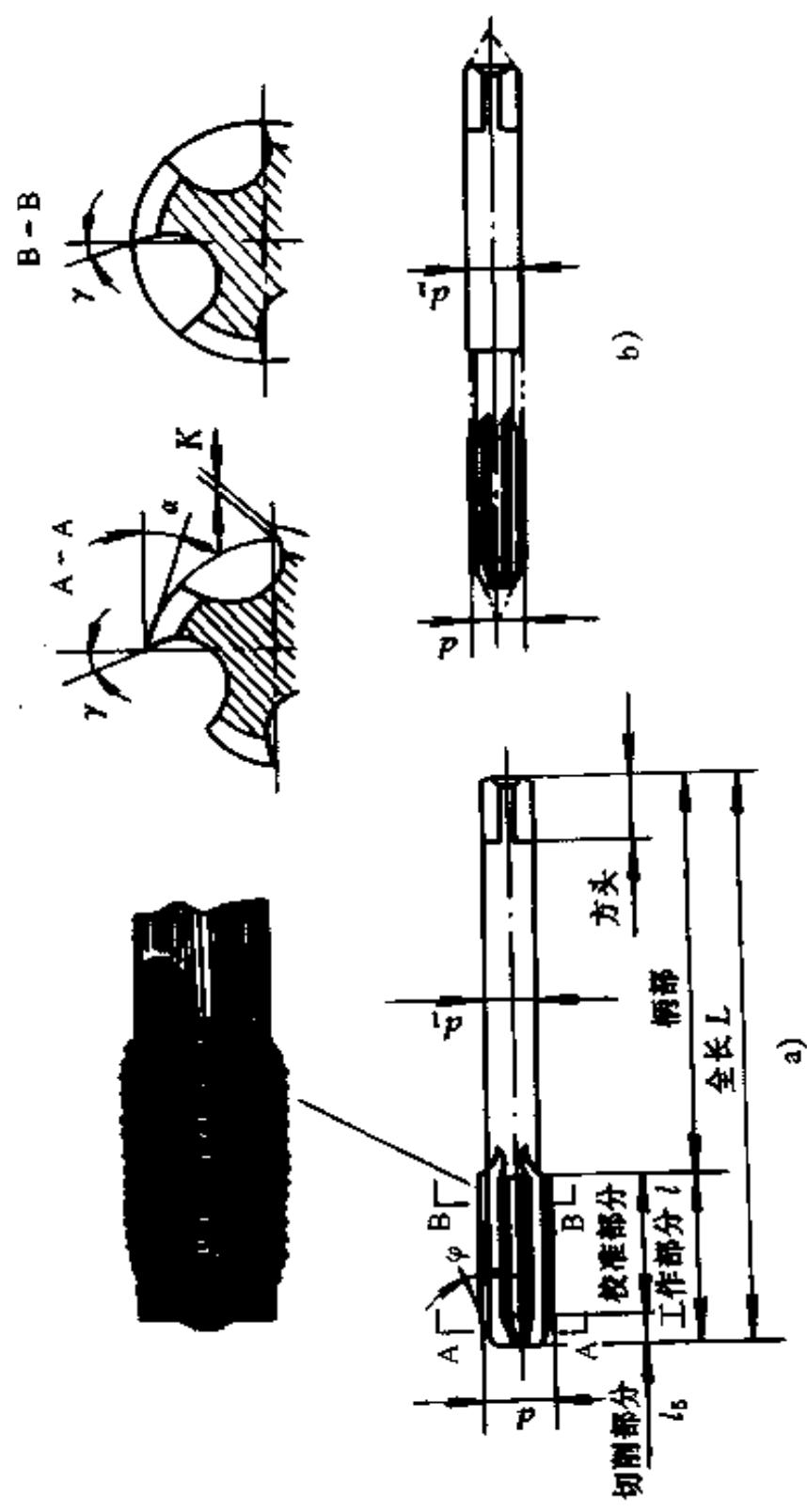


图8-53 丝锥构造

丝锥由工作部分(包括切削部分和校准部分)和柄部组成。切削部分磨成圆锥形,切削负荷被分配在几个刀齿上,逐渐切出内螺纹的沟槽。校准部分具有完整的齿形,用以修光已切出的牙侧。工作部分有3~4条容屑槽,形成切削刃和排除切屑。切削部分的前角 $\gamma=5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ,后角 $\alpha=6^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 。导向部分的切削刃前角等于零。柄部端的方头装在机床上或铰手内,用于传递力矩。

(1) 手用和机用丝锥:通常由2~3支组成一套。手用丝锥中,M6~M24的丝锥由两支组成一套,M6以下及M24以上的丝锥由三支组成一套,细牙丝锥不论大小均为两支一套。机用丝锥为两支一套。每套丝锥的大径、中径、小径都相等(故又称等径丝锥),只是切削部分的长短和锥角不同。切削部分从长到短,锥角( $2\varphi$ )从小到大依次称为头锥(初锥)、二锥(中锥)、三锥(底锥)。头锥切削部分长为5~7个螺距,锥角 $\varphi=4^{\circ}$ ;二锥切削部分长为2.5~4个螺距,锥角 $\varphi=10^{\circ}$ ;三锥切削部分长为1.5~2个螺距,锥角 $\varphi=20^{\circ}$ 。在攻丝时,所切削的金属头锥占60%,二锥占30%,三锥起定径和修光作用,切削较少,约占10%。

(2) 管螺纹丝锥:分圆柱式和圆锥式两种。圆柱管螺纹丝锥与手用丝锥相似,但它的工作部分较短,一般以两支为一套,可攻各种圆柱管螺纹。圆锥管螺纹丝锥的直径从头到尾逐渐加大,而螺纹齿形仍然与丝锥中心线垂直,保持内外锥螺纹齿形有良好接触,但管螺纹丝锥工作时的切削量较大,故机用为多,也有手用的。

2. 铰手(丝锥扳手):手用丝锥攻丝时,一定要用铰手。铰手的结构形式(参见图8-48)。一般攻M5以下的螺纹孔,宜用固定式铰手。可调铰手有150~600mm六种规格,可攻

M5~M24 的螺纹孔。当需要攻工件高台阶旁边的螺纹孔或箱体内部的螺纹孔时,需用丁字铰手。

3. 攻丝安全夹头 在机床上攻丝时,采用安全夹头来装夹丝锥,可以对丝锥起到安全保护、防止折断、更换方便的作用;同时在不改变机床转向的情况下,可以自动退出丝锥。但这些作用不一定集中在一个夹头上,主要根据攻丝需要,加以选择,其结构力求简便、使用方便可靠。常用的安全夹头有以下两种:

(1) 弹性摩擦攻丝安全夹头。这种安全夹头是通过旋转调整螺母来调节扭矩大小。在攻丝过程中,当切削力矩突然超过所调整的扭矩时,外套就不再随夹头体转动,从而起到安全作用。夹头体下端的顶尖直径顶住丝锥柄部中心孔,使两者之间有较好的同心度。当使用不同直径的丝锥时,只要更换相应的夹头和橡皮圈即可。

(2) 快换丝锥安全夹头。这种夹头是通过拧紧调节螺母,在夹头体、中心轴、摩擦片之间产生摩擦力来带动丝锥攻丝的。夹头左端有一套快换装置,可快换各种不同规格的丝锥。事先将丝锥与可换套组装好,拧动左旋螺纹锥套,即可进行更换。根据不同的螺纹直径,调整调节螺母的松紧,使其超过一定扭矩时打滑,便可起到安全保护作用。

4. 攻丝前底孔直径的确定 用丝锥切削内螺纹时,它除起切削作用外,还对材料产生挤压,因此在螺纹牙顶要凸出一部分,材料塑性愈好,挤压出的材料愈多。为防止丝锥卡住折断,要求攻丝前的底孔直径应大于螺纹标准中规定的螺纹小径。

确定底孔直径。通常根据工件材料塑性的优劣和钻孔时孔的扩张量来确定,务使攻丝时既保证有足够的空隙来容纳

被挤压出的金属,又要保证切削出完整的牙型。

加工钢或塑性较高的材料时,钻头直径取

$$d_0 = D - P$$

其中  $D$ ——螺纹大径 (mm);

$P$ ——螺距 (mm)。

钻普通螺纹底孔的钻头直径的经验值见表 8-8,攻其它螺纹时底孔的钻头直径见表 8-9、表 8-10。

加工铸铁和塑性较小的材料时,扩张量较小,钻头直径取

$$d_0 = D - (1.05 \sim 1.1)P$$

英制螺纹攻丝时,钻底孔的钻头直径一般按下列经验公式计算:

(1) 加工钢或塑性材料时

$$d_0 = (D - 0.9P) \times 25.4 \text{ (mm)}$$

(2) 加工铸铁或塑性较小的材料时

$$d_0 = (D - 0.98P) \times 25.4 \text{ (mm)}$$

式中  $P$ ——英制螺纹螺距,即每英寸牙数的倒数,如

12 牙/英寸,即  $P = \frac{1}{12}$ 。

表 8-8 普通螺纹攻丝前钻底孔的钻头直径 (mm)

螺纹直径 $D$	螺距 $P$	钻头直径 $d_0$	
		铸铁、青铜、黄铜	钢、可锻铸铁、紫铜、层压板
2	0.4	1.6	1.6
	0.25	1.75	1.75
2.5	0.45	2.05	2.05
	0.35	2.15	2.15
3	0.5	2.5	2.5
	0.35	2.65	2.65

续表 8-8

螺纹直径 $D$	螺距 $P$	钻头直径 $d_0$	
		铸铁、青铜、黄铜	钢、可锻铸铁、紫铜、层压板
4	0.7	3.3	3.3
	0.5	3.5	3.5
5	0.8	4.1	4.2
	0.5	4.5	4.5
6	1	4.9	5
	0.75	5.2	5.2
8	1.25	6.6	6.7
	1	6.9	7
	0.75	7.1	7.2
10	1.5	8.4	8.5
	1.25	8.6	8.7
	1	8.9	9
	0.75	9.1	9.2
12	1.75	10.1	10.2
	1.5	10.4	10.5
	1.25	10.6	10.7
	1	10.9	11
14	2	11.8	12
	1.5	12.4	12.5
	1	12.9	13
16	2	13.8	14
	1.5	14.4	14.5
	1	14.9	15

续表 8-8

螺纹直径 $D$	螺距 $P$	钻头直径 $d_0$	
		铸铁、青铜、黄铜	钢、可锻铸铁、紫铜、层压板
18	2.5	15.3	15.5
	2	15.8	16
	1.5	16.4	16.5
	1	16.9	17
20	2.5	17.3	17.5
	2	17.8	18
	1.5	18.4	18.5
	1	18.9	19
22	2.5	19.3	19.5
	2	19.8	20
	1.5	20.4	20.5
	1	20.9	21
24	3	20.7	21
	2	21.8	22
	1.5	22.4	22.5
	1	22.9	23

表 8-9 英寸制管螺纹攻丝前钻底孔的钻头直径

英寸制管螺纹		
螺纹直径 (in)	牙数/英寸	钻头直径 (mm)
1/8	28	8.8
1/4	19	11.7
3/8	19	15.2
1/2	14	18.9

续表 8-9

英寸制管螺纹		
螺纹直径 (in)	牙数/英寸	钻头直径 (mm)
3/4	14	24.4
1	11	30.6
1¼	11	39.2
1½	11	41.6
1¾	11	45.1

表 8-10 英寸制锥管螺纹和英寸制锥螺纹攻丝前钻底孔的钻头直径

英寸制锥管螺纹			英寸制锥螺纹		
公称直径 (in)	牙数/英寸	钻头直径 (mm)	公称直径 (in)	牙数/英寸	钻头直径 (mm)
1/8	28	8.4	1/8	27	8.6
1/4	19	11.2	1/4	18	11.1
3/8	19	14.7	3/8	18	14.5
1/2	14	18.3	1/2	14	17.9
3/4	14	23.6	3/4	14	23.2
1	11	29.7	1	11½	29.2
1¼	11	38.3	1¼	11¼	37.9
1½	11	44.1	1½	11½	43.9
2	11	55.8	2	11¼	56

攻不通孔(盲孔)螺纹时,由于图纸上通常只标注具有完整螺纹部分的深度  $H$ ,但丝锥切削部分不能切出完整螺纹,



所以钻底孔深度要超过螺纹孔深度,钻底孔深度  $H_1$ ,可按下列式确定:

$$H_1 = H + 0.7D$$

式中  $D$ ——螺纹大径。

#### 5. 手工攻丝方法和注意事项

(1) 螺纹底孔的孔口要倒角,通孔螺纹的两端都要倒角,以便于丝锥切入和防止切出时孔口螺纹崩裂。

(2) 工件装夹要平正牢靠。攻丝时丝锥在孔口应放正,然后用一只手压丝锥,另一只手转动铰手,并随时观察和校正丝锥位置,使丝锥的位置正确无误。当攻下 3~4 个螺纹牙后,就不必再加压力,只需两手均匀用力转动铰手即可。

(3) 丝锥进入孔内时,每转动 0.5~1 圈要倒转 0.5 圈,以使切屑割断,从而易于从孔中排出。在攻 M5 以下螺纹、较深螺孔,尤其是攻高塑性材料螺纹时,更应及时倒转。攻不通孔螺纹时,要经常退出丝锥,及时排除孔中切屑。当攻到底孔时,更要及时清除积屑,以免丝锥被卡住。

(4) 先用头锥攻,再用二锥攻。在更换丝锥过程中,要用手将丝锥先旋入到不能再转时,然后用铰手转动。攻塑性材料螺孔时,要加润滑油。

(5) 丝锥退出时,先用铰手将丝锥倒转松劲,然后取下铰手用手旋出,以防破坏螺孔表面的光洁度。

6. 丝锥的刃磨 当丝锥切削部分崩牙或折断时,先把损坏部分磨掉,再刃磨其后刃面,如图 8-54 所示。

刃磨时,要注意保持切削锥角  $\varphi$  及切削部分长度的准确和一致性,同时,要小心地控制丝锥转动角度和压力大小来保证不损伤另一刃边,且保证原来的合理后角。

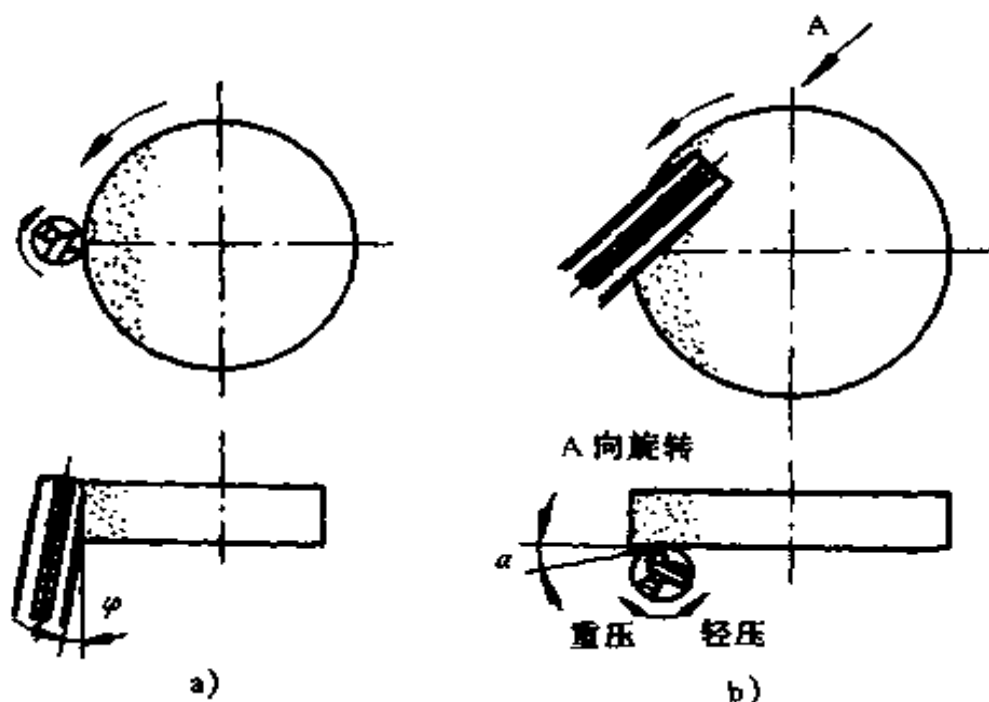


图 8-54 刃磨丝锥后刃面

### (三) 套丝

1. 套丝工具 套丝工具有圆板牙和板牙架两类。

(1) 圆板牙: 圆板牙是切削外螺纹的工具, 其形状和螺母相似, 在靠近螺纹外径处钻了几个排屑孔, 并形成切削刃。其结构如图 8-55 所示。它由切削部分和校准部分组成。圆板牙

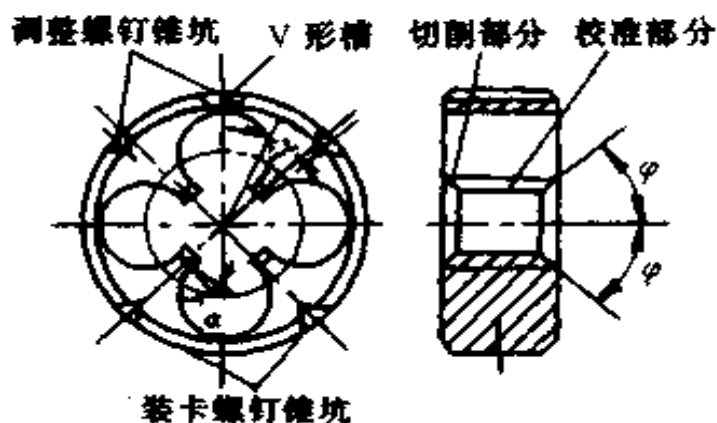


图 8-55 圆板牙

孔两端的锥角( $2\varphi = 40^\circ \sim 50^\circ$ )是切削部分。切削部分不是圆锥面,而是经过铲磨而成的阿基米德螺旋面,形成后角 $\alpha = 7^\circ \sim 9^\circ$ 。它的前角 $\gamma$ 大小沿切削刃而变化,因为前刀面是曲线形,前角在曲率小处为最大,曲率大处为最小,一般粗牙 $\gamma = 30^\circ \sim 35^\circ$ ,细牙 $\gamma = 25^\circ \sim 30^\circ$ 。板牙中间一段是定径部分,也是导向部分。它的前角比切削部分的前角小 $4^\circ \sim 6^\circ$ ,后角为 $0^\circ$ 。圆板牙的外圆周上有四个锥坑和一条V形槽,用于定位和紧固。

(2) 圆锥管螺纹板牙:这种板牙专门用来套小直径管子端的锥形螺纹,其结构如图8-56所示。圆锥管螺纹板牙只是在单面制成切削锥,只能单独使用,其它部分的结构与圆板牙相似。

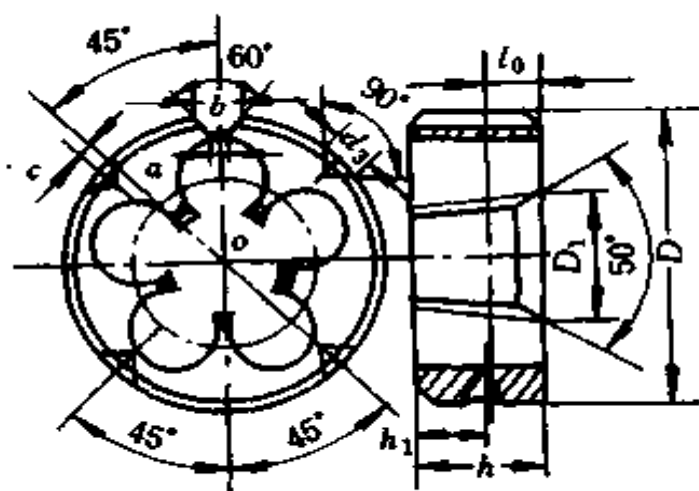


图 8-56 圆锥管螺纹板牙

(3) 圆板牙架:圆板牙架用以安装板牙,常见结构如图8-57所示。使用时,调整螺钉和拧紧紧定螺钉,将板牙紧固在板牙架中。

## 2. 套丝方法

(1) 套丝前圆杆直径的确定:圆杆直径 $d_0$ 。按下列经验公

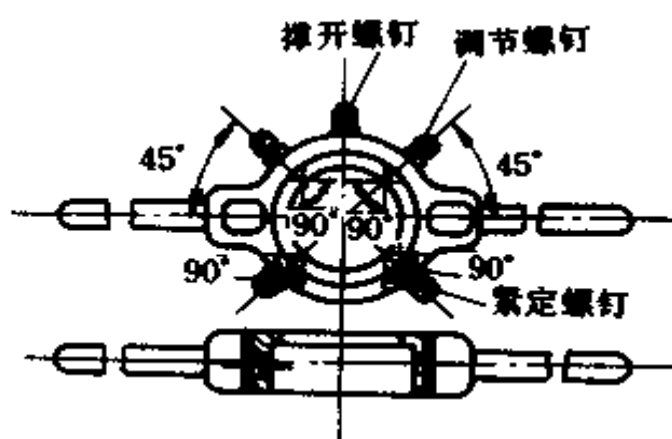


图 8-57 圆板牙架

式计算：

当  $P = 0.5 \sim 1.25\text{mm}$  时,  $d_c = d - 0.2P$

$P = 1.5 \sim 3\text{mm}$  时,  $d_c = d - 0.13P$

式中  $d$ ——螺纹大径(mm)；

$P$ ——螺距(mm)。

圆杆直径  $d_c$ , 亦可由表 8-11 查得。

(2) 手工套丝方法和注意事项：

①套丝前, 圆杆端头要倒成  $15^\circ \sim 20^\circ$  斜角, 顶端最小直径要小于螺纹小径, 以易于板牙对正切入。

②套丝时, 切削力矩很大, 圆杆套丝部分离钳口要近。夹紧时, 要用硬木或厚铜板作钳口衬垫来夹圆杆, 要求既能夹紧又不夹坏圆杆表面。

③套丝时, 板牙端面与圆杆轴线应垂直, 用左手掌端按压板牙, 右手转动板牙架。当板牙已旋入圆杆套出螺纹后, 不再用力, 只要均匀旋转。为了断屑, 需时常倒转。套钢杆螺纹时, 要加切削润滑液, 以提高螺纹表面光洁程度和延长板牙寿命。

表 8.11 板牙套丝时圆杆的直径

粗牙普通螺纹		英制螺纹		圆柱管螺纹		
螺丝直径 $d$ (mm)	螺距 $p$ (mm)	圆杆直径 $d_G$ (mm)		螺纹直径 (in)	圆杆直径 $d_G$ (mm)	管子外径 $d_G$ (mm)
		最小直径	最大直径			
M6	1	5.8	5.9	1/4	5.9	9.4
M8	1.25	7.8	7.9	5/16	7.4	12.7
M10	1.5	9.75	9.85	3/8	9	16.2
M12	1.75	11.75	11.9	1/2	12	20.5
M14	2	13.7	13.85	—	—	22.5
M16	2	15.7	15.85	5/8	15.2	26
M18	2.5	17.7	17.85	—	—	29.8
M20	2.5	19.7	19.85	3/4	18.3	32.8
M22	2.5	21.7	21.85	7/8	21.4	37.4
M24	3	23.65	23.8	1	24.5	41.4
M27	3	26.65	26.8	1 1/4	30.7	43.8
M30	3.5	29.6	29.8	—	—	47.3
M36	4	35.6	35.8	1 1/2	37	—
M42	4.5	41.55	41.75	—	—	—
M48	5	47.5	47.7	—	—	—
M52	5	51.5	51.7	—	—	—
M60	5.5	59.45	59.7	—	—	—

#### (四) 攻丝和套丝时产生废品及刀具损坏原因

##### 1. 攻丝和套丝时产生废品的原因

###### (1) 螺纹烂牙或歪斜:

①螺纹底孔直径太小或圆杆直径过大,使丝锥或板牙不易切入,造成孔口或杆端处烂牙或螺纹歪斜。

②切削时,丝锥或板牙一直不倒转,切屑堵塞,把螺纹啃坏。

③丝锥或板牙与底孔或圆杆轴线不同心,操作时用力不均匀,造成螺纹歪斜。

###### (2) 螺纹牙深不够:

①螺纹底孔直径太大或圆杆直径过小,使切出的螺纹高度不够。

②使用磨损严重的丝锥或板牙切削螺纹。

2. 丝锥和板牙损坏的原因 在攻、套螺纹操作中,常发生丝锥折断或板牙切削刃崩裂现象,其主要原因如下:

(1) 在攻丝或套丝时,没有及时倒转而继续转动,使切屑堵塞,造成崩刃或折断。

(2) 操作时位置不正,单边用力过大或过猛,使丝锥或板牙歪斜造成崩刃或折断。

(3) 底孔直径过小或圆杆直径过大,切削负荷过大。

(4) 攻不通孔时,丝锥已到底仍继续转动。

## 九、刮削

刮削是用刮刀从工件表面上刮去很薄一层金属的手工操作,如图 8-58 所示。刮削是钳工的精加工方法,经刮削的表面精度和表面粗糙度都较高,还可以增加零件相配合表面的

接触面积,减少摩擦和磨损,提高零件的使用寿命及增加零件表面美观。

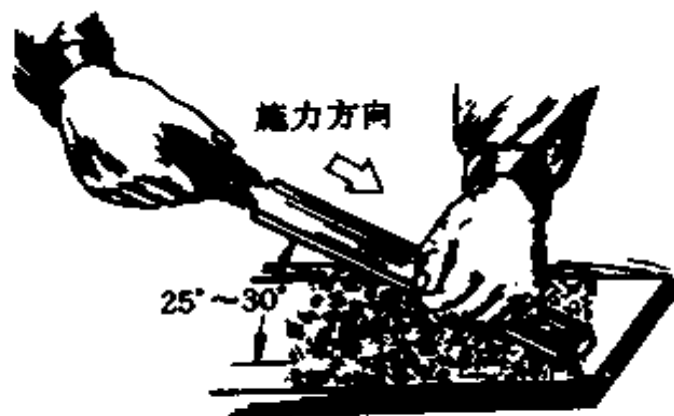


图 8-58 平面刮削操作示意

### (一) 刮刀的种类和刃磨

1. 刮刀的种类 刮刀是刮削工件表面的主要工具,要求刀头部分具有较高的硬度和锋利的刃口。刮刀一般用碳素工具钢 T8、T10、T12A 和滚珠轴承钢 GCr15 锻制而成,经热处理,硬度可达 HRC60 左右。当刮削硬度很高的工件表面时,也有用镶硬质合金刀头的刮刀。根据不同的刮削表面,刮刀分为平面刮刀和曲面刮刀。

(1) 平面刮刀:这类刮刀主要用来刮削平面和外曲面。按使用方法和所刮表面要求可分为手刮刀、挺刮刀、精刮刀、压花刮刀和钩头刮刀五种,如图 8-59 所示。

(2) 曲面刮刀:这类刮刀主要用来刮削内曲面。按其形状可分为三角刮刀、半圆头刮刀和柳叶刮刀三种,如图 8-60 所示。

刮刀的长短宽窄并无严格规定。按人体手臂长短的不同,以使用适当为宜。

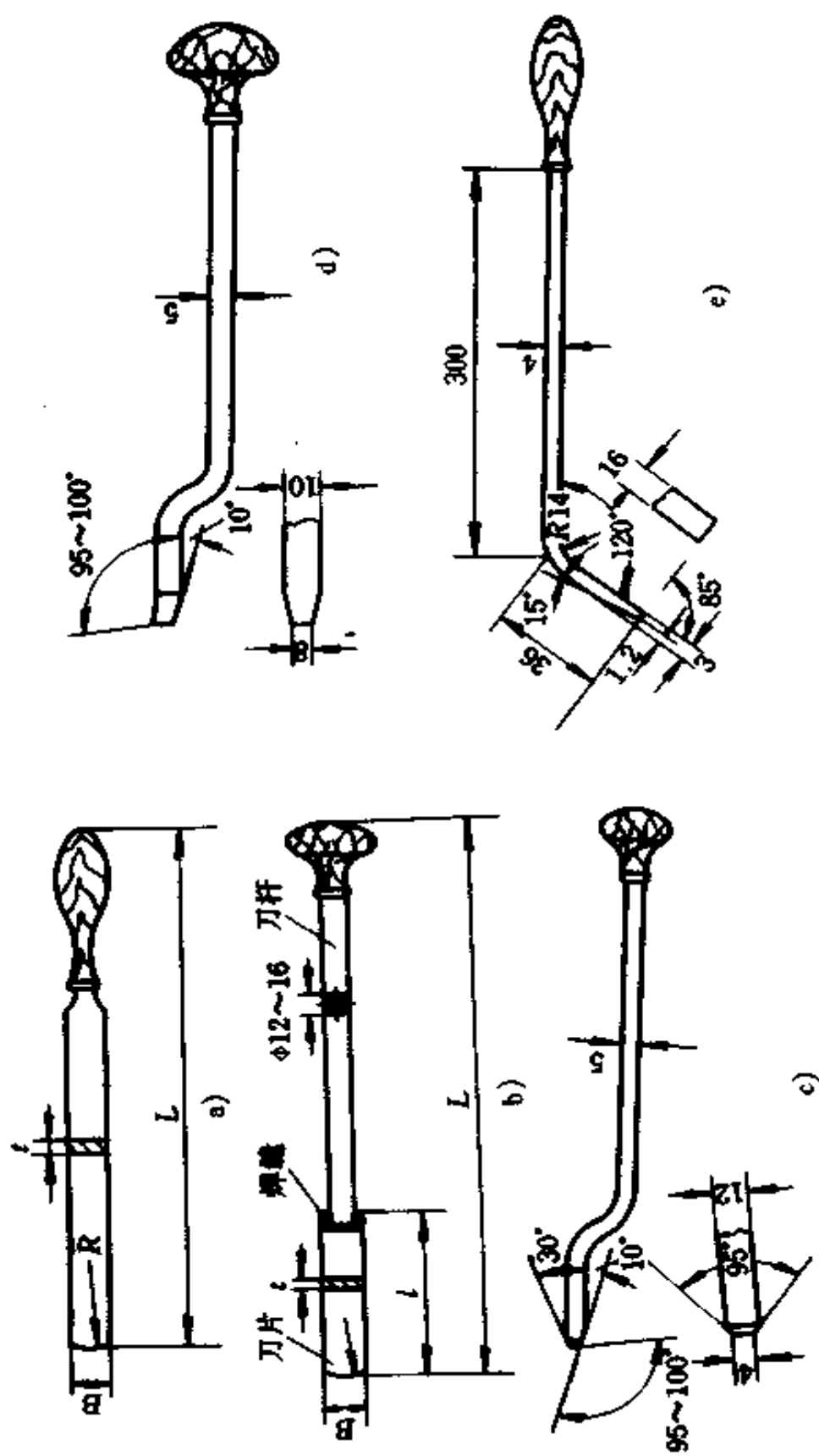


图8-59 平面刮刀

a)手刮刀 b)挺刮刀 c)精刮刀 d)压花刮刀 e)钩头刮刀



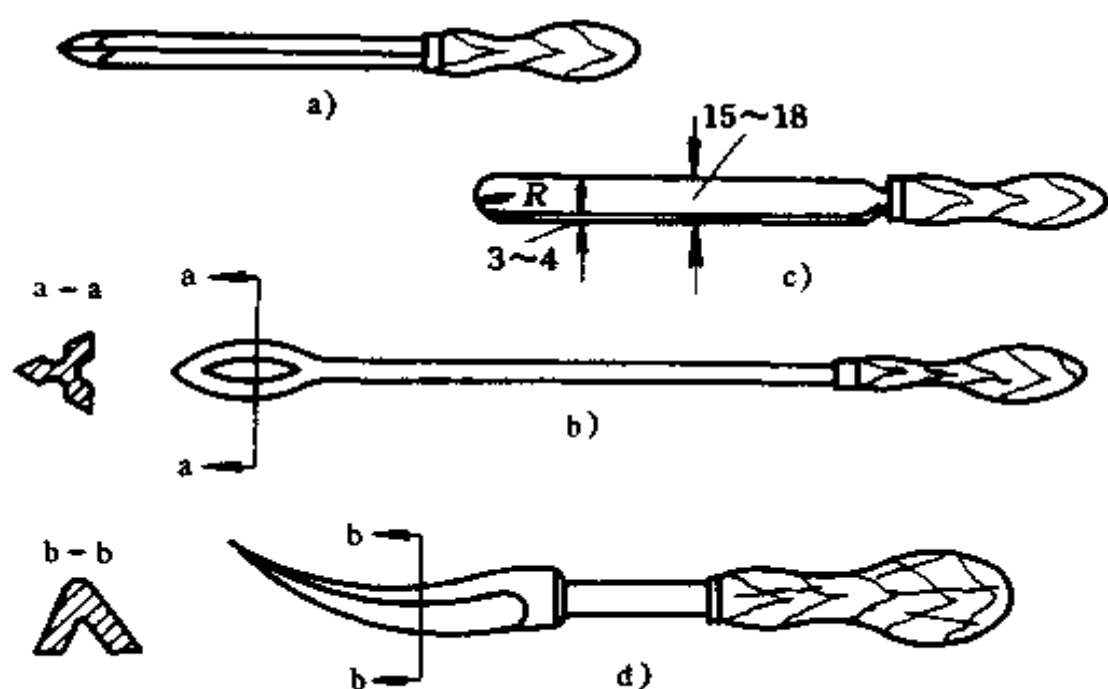


图 8-60 曲面刮刀

a)、b)三角刮刀 c)半圆头刮刀 d)柳叶刮刀

## 2. 刮刀的刃磨

(1) 粗磨:先将刮刀端头在砂轮上按刮刀使用要求磨出各种形式的刃口。粗磨后,应将刮刀进行淬火。

(2) 刃磨:经淬火后,或将钝的刮刀在油石上磨光刀面,形成锐利的切削刃,使表面光洁、无毛刺、无缺口。刃磨质量的好坏与合理选用和使用的油石有关。磨刃时,常用  $50\text{mm} \times 25\text{mm} \times 20\text{mm}$  的长方形油石,粒度不宜小于 150 目。新油石在使用前要在机油中浸透,刃磨时,油石上要滴上适量的干净机油,并保持不干涸。这样,可使油石表面磨料间的空隙不堵塞,又可使刃面更为光洁。如油石表面因缺油而形成光亮的垢层,要用毛刷和煤油洗掉。刃磨时,要经常改变刮刀在油石上的位置。

## (二) 显示剂

显示剂是显示待刮面与研具(或基准工作面)接触情况的着色剂。是刮削工作中判断误差的基本手段之一。

### 1. 常用显示剂的种类

(1) 红丹油或黄丹油:由红丹粉(氧化铁粉末)或黄丹粉(氧化铅粉末)、20号机械油和煤油混合调成膏状。其质量比,一般为红丹粉(或黄丹粉):20号机械油:煤油=100:7:3。红丹粉质量应符合国家标准规定的一级或二级。

(2) 普鲁士蓝油:由普鲁士蓝粉按一定的重量比与蓖麻油、20号机械油配合调制而成膏状,色泽鲜明,适用于铜合金工件着色。

(3) 油墨:它适用于刮精密轴承时,着色对研。

2. 显示剂的使用 根据粗刮和精刮的不同要求,显示剂可分别涂在工件待刮表面或研具(基准平板工作面)上。

粗刮时,待刮表面是经磨削的,表面很光亮,为了不反光和保持显点清晰,可在待刮表面上涂红丹油,研具上涂蓝油。

精刮时,待刮表面不宜涂色,而只在研具上涂色,也有只涂在待刮表面的,根据习惯而定。

涂抹的显示剂要分布均匀,并要保持清洁,防止切屑、砂粒和其它杂物等掺入。涂抹厚度,根据标准规定,一般不大于 $5\mu\text{m}$ 。

## 十、研磨

研磨是在其它金属切削加工方法未能满足工件精度和表面粗糙度要求时,所采用的一种精密加工方法。

研磨是将磨料(即研磨剂)放在工件和研具之间,在压力

作用下,使研具与工件作相对运动,对工件进行微量切削。这种微量切削,是以物理和化学的综合作用,除去工件表面微量金属的加工方法。

### (一) 研磨原理

研磨时,介于研具(研磨工具)与工件之间的磨料,在压力作用下嵌入研具(一般研具材料的硬度较工件为低)表面,形成无数的小切削刃。随着研具和工件两表面的相对运动,使磨料对工件进行研磨所特有的微量切削,从而使工件逐渐得到准确的尺寸精度和较小的表面粗糙度数值。当采用氧化铬、硬脂酸或其它化学物质为研磨剂,对工件进行研磨时,可以在短时间内,使工件表面形成一层极薄而易于脱落的氧化膜,经过多次反复,使工件表面获得较高的精度和很小的表面粗糙度数值。由此可见,研磨加工实质上体现了物理和化学的综合作用。

研磨后,可使工件公差达到最高的 01 级,表面粗糙度可达到  $R_a0.8 \sim 0.05$ ,最小可达  $R_a0.012$ ,磨出的表面光鉴如镜。

### (二) 研磨方法

研磨有手工研磨和机械研磨两种方法。对表面要求极为光洁的工件,研磨后再进行抛光。手工研磨时,要使工件表面各处都受到均匀的切削,应选择合理的相对运动轨迹,这对提高工件表面精度、研具使用寿命和效率都有直接的影响。一般采用直线、螺旋线和 8 字形等几种运动轨迹。不论采用哪一种轨迹研磨,均要求工件的被加工面与研具工作面,作密合的相对运动。

1. 平面研磨 这种方法,一般是把工件放在表面非常平整的平板(研具)上进行的。平板分有槽的和光滑的两种。粗

研磨在有槽的平板上进行,精研磨则在光滑的平板上进行。

研磨前,先用煤油把平板的工作表面清洗擦干,再在平板上涂上适量的研磨剂,然后把工件所需研磨的表面压在平板上,沿平板以“8”字形轨迹研磨,同时不断改变工件的运动方向。

在研磨过程中,研磨压力和速度对研磨效果有很大影响。一般粗研时,或研磨较小硬工件时,可用较大的压力和较低的速度;精研时,或研磨较大工件时,则宜用较小的压力和较快的速度。研磨中,应防止工件发热。一旦稍有发热,应立即暂停研磨。否则,会使工件变形。

2. 圆柱面的研磨 圆柱面研磨的方法有手工研磨和机床配合手工研磨两种,通常以后者居多。

(1) 外圆柱面研磨:研磨外圆柱面一般在车床上或钻床上进行。先把工件装夹在车床或钻床上,工件外圆柱表面涂一层薄而均匀的研磨剂,装上研套(即研具),调整好研磨间隙,开动机床,手握住研套,通过工件旋转运动和研套在工件上沿轴线方向作往复运动进行研磨。工件旋转的速度,一般为 $50\sim 100\text{r}/\text{min}$ ,直径大,取低转速;直径小,取高转速。研套往复运动的速度,以在工件表面研磨出来的网纹成 $45^\circ$ 为适当。

(2) 内圆柱面研磨:它与外圆柱面的研磨相反,是将研磨棒(研具)装夹在车床上,并涂上一层薄而均匀的研磨剂,把工件套上,开动车床,手握工件在研磨棒全长上作往复移动。研磨棒工作部分的长度,一般以工件研磨长度的 $1.5\sim 2$ 倍为宜,研磨棒与工件内孔的配合,一般以用手推动时不十分费力为宜。研磨时如工件两端有过多的研磨剂被挤出,应及时擦去。否则会使孔口扩大。

3. 圆锥面研磨 它包括圆锥孔和外圆锥面的研磨。其方法与圆柱面的研磨相同,但其所用的研磨棒或研套必须与工件锥度相同。若一对工件是彼此直接接触配合的,可不必用研具,只需在工件上涂上研磨剂,直接进行研磨。如配阀时,阀芯与阀体的研磨,就是以彼此接触表面直接进行研磨的。

### (三) 研磨剂和研具

1. 研磨剂 研磨剂是由磨料、研磨液和辅助材料调和而成的混合物。其形态可分为液态、固态和研磨膏三种。手工研磨最适合的是研磨膏。

磨料在研磨中起切削作用。磨料的种类及其用途见表8-12。最常用的是碳化硅(多用于粗研)和氧化铝(多用于精研)。

表 8-12 磨料的种类及其用途

系列	磨料名称	代号	特 性	适用范围
氧化铝系	棕刚玉	GZ	棕褐色。硬度高,韧性大,价格便宜	粗精研磨钢、铸铁、黄铜
	白刚玉	GB	白色。硬度比棕刚玉高,韧性比棕刚玉差	精研磨淬火钢、高速钢、高碳钢及薄钢及薄壁零件
	绿刚玉	GG	玫瑰红或紫红色。韧性比白刚玉高,磨削光洁度好	研磨量具、仪表零件及高光洁度表面
	单晶刚玉	GD	淡黄色或白色。硬度和韧性比白刚玉高	研磨不锈钢、高钒高速钢等强度高、韧性大的材料

续表 8-12

系列	磨料名称	代号	特 性	适用 范围
碳化物系	黑碳化硅	TH	黑色有光泽。硬度比白刚玉高,性脆而锋利,导热性和导电性良好	研磨铸铁、黄铜、铝、耐火材料及非金属材料
	绿碳化硅	TL	绿色。硬度和脆性比黑碳化硅高,具有良好的导热性和导电性	研磨硬质合金、硬铬宝石、陶瓷、玻璃等材料
	碳化硼	TP	灰黑色。硬度仅次于金刚石,耐磨性好	精研磨和抛光硬质合金,人造宝石等硬质材料
金刚石系	人造金刚石	JR	无色透明或淡黄色、黄绿色或黑色。硬度高,比天然金刚石略脆,表面粗糙	粗、精研磨硬质合金、人造宝石、半导体等高硬度脆性材料
	天然金刚石	JT	硬度最高,价格昂贵	
其它	氧化铁		红色至暗红色。比氧化铬软,最细的抛光剂	精研磨或抛光钢、铁、玻璃等材料
	氧化铬		深绿色,最细的抛光剂	

磨料粒度的粗细及其表示方法见表 8-13。

表 8-13 磨料的粒度号及其对应的公称尺寸

粒度号	公称尺寸( $\mu\text{m}$ )	粒度号	公称尺寸( $\mu\text{m}$ )	粒度号	公称尺寸( $\mu\text{m}$ )
8 <sup>*</sup>	3150~2500	20 <sup>*</sup>	1000~800	60 <sup>*</sup>	315~250
10 <sup>*</sup>	2500~2000	24 <sup>*</sup>	800~630	70 <sup>*</sup>	250~200
12 <sup>*</sup>	2000~1600	30 <sup>*</sup>	630~500	80 <sup>*</sup>	200~160
14 <sup>*</sup>	1600~1250	36 <sup>*</sup>	500~400	100 <sup>*</sup>	160~250
16 <sup>*</sup>	1250~1000	46 <sup>*</sup>	400~315	120 <sup>*</sup>	125~100

续表 8-13

粒度号	公称尺寸( $\mu\text{m}$ )	粒度号	公称尺寸( $\mu\text{m}$ )	粒度号	公称尺寸( $\mu\text{m}$ )
150*	100~80	W28	28~20	W5	5~3.5
180*	80~63	W20	20~14	W3.5	3.5~2.5
240*(W63)	63~50	W14	14~10	W2.5	2.5~1.5
280*(W50)	50~40	W10	10~7	W1.5	1.5~1.0
W40	40~28	W7	7~5	W1	1.0~0.5
				W0.5	<0.5

注:较粗的磨料用 $\times\times^*$ 表示(旧称 $\times\times$ 目),其中数字是这一级粒度可通过的筛子在1英寸长度内的筛孔数。细磨料用 $W\times\times$ 表示,其中数字是这一级粒度中磨料的最大尺寸( $\mu\text{m}$ ),W表示微粉。

其中 $100^* \sim 280^*$ 及 $W40 \sim W20$ 用于粗研时,研磨表面粗糙度 $R_a$ 可达 $0.125\mu\text{m}$ ;  $W14 \sim W7$ 用于半精研时, $R_a$ 可达 $0.064\mu\text{m}$ ;  $W5$ 及以下用于精研时, $R_a$ 可达 $0.032\mu\text{m}$ 。

研磨剂中常用的辅助材料有硬脂酸 $[\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}]$ 、油酸 $[\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}]$ 、脂肪酸 $[\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}]$ 和工业甘油等。

研磨膏一般可用现成的商品研磨膏,磨料粒度有从 $60^* \sim 280^*$ 多种。质量要求很高的可按表8-14配方进行配制。

表 8-14 氧化铝研磨膏配方

研磨膏粒度号	成 分 (质量%)					用途
	微粉	油酸	混合脂	凡士林	煤油	
W20	52	22	26		少许	粗研
W14	45	26	29		少许	半精研
W10	41	28	31		少许	半精研
W7	41	28	31		少许	研端面及精研
W5	41	28	31		少许	精研
W3.5	45	25	18	12		精细研
W1.5	20	30	35	15		配研

将油酸、混合脂、凡士林加热到 90~100℃ 后搅匀,冷至 60~80℃ 时,渐渐加入磨料并不断搅拌,到凝固时,再加入少许煤油搅成膏状。

2. 研具 研具是在研磨中直接保证被研磨工件表面几何精度的重要工具。因此,对研具工作面的精度、表面粗糙度都有较高的要求。研具材料要有良好的耐磨性,组织结构致密均匀,有很好的嵌存磨料的性能,工作面的硬度均匀,但应比工件表面硬度稍低。

常用的研具材料是铸铁。此外,也可用低碳钢、黄铜、紫铜和硬木等。研具的形状和结构按加工对象和要求来确定。最常用的有研磨平板和圆柱形研具、圆锥形研具及异形研具三类。

#### (四) 研磨时常见缺陷的形式和原因

研磨中产生的缺陷、原因及防止方法见表8-15。

表 8-15 研磨时产生废品的形式、原因及防止方法

废品形式	废品产生原因	防止方法
表面不光洁	1. 磨料过粗 2. 研磨液不当 3. 研磨剂涂得太薄	1. 正确选用磨料 2. 正确选用研磨液 3. 研磨剂涂布应适当
表面拉毛	研磨剂中混入杂质	重视并做好清洁工作
平面成凸形或孔口扩大	1. 研磨剂涂得太厚 2. 孔口或工件边缘被挤出的研磨剂未擦去就继续研磨 3. 研磨棒伸出孔口太长	1. 研磨剂应涂得适当 2. 被挤出的研磨剂应擦去后再研磨 3. 研磨棒伸出长度应适当



续表 8-15

废品形式	废品产生原因	防止方法
孔成椭圆形 或有锥度	1. 研磨时没有更换方向 2. 研磨时没有调头研	1. 研磨时应变换方向 2. 研磨时应调头研
薄形工件 拱曲变形	1. 工件发热了仍继续研磨 2. 装夹不正确引起变形	1. 不使工件温度超过 50℃, 发热后应暂停研磨 2. 装夹要稳定, 不能夹得太紧

## 十一、铆接

### (一) 铆接概述

用铆钉将两个或两个以上工件连接成不可拆卸的操作称为铆接。铆接过程如图 8-61 所示。铆接时, 将铆钉插入待连接的两个工件的孔内, 并使铆钉头紧贴工件表面, 然后用压力将露出工件表面的铆钉墩粗而成为铆合头。这样, 就把两个工件连接起来。

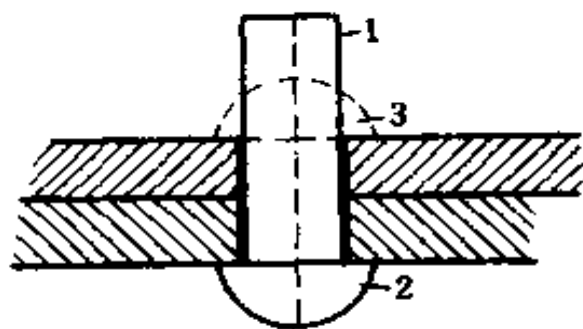


图 8-61 铆接过程

1. 铆钉杆 2. 铆钉原头  
3. 铆成的铆钉头(铆合头)

## 1. 铆接的形式

(1) 按铆接温度的不同,铆接可分冷铆和热铆。

① 冷铆:铆接时,铆钉不需加热,直接镦出铆合头。一般直径小于 8mm 的铆钉都可用此法进行铆接。

② 热铆:铆接时,需将铆钉加热到一定温度后,再铆接。在进行热铆时,要把孔径放大 0.5~1mm,才能使铆钉在热态时容易插入。直径大于 8mm 的钢制铆钉要铆得牢靠密实,均需采用热铆。

(2) 按使用要求的不同铆接可分为以下三种:

① 活节铆接(铰链铆接):铆钉只构成不可卸的销轴,被连接的部分可相互转动。如各种手用钳子、剪刀、圆规等的铆接。

② 固定铆接:被连接部分是固定不动的。这种铆接按要求不同又可分为:要求有足够强度和刚度的强固铆接,如用于屋架、桥梁、车辆和起重机架等钢结构的铆接;要求容纳液体或气体不渗漏的紧密铆接。这种铆接的铆钉小而密排,铆缝中央有橡皮或其它填料,如用于制造低压容器、液(气)体管路装置的铆接;要求既有足够的强度和刚度,又要求接缝非常紧密的强密铆接,如蒸汽锅炉、压缩空气罐、高压容器等的铆接。

③ 堵塞铆接:堵塞出现小孔的容器而采用的一种检修措施。

2. 铆钉种类 按形状、材料和用途的不同铆钉有多种,如图 8-62 所示。

(1) 按铆钉头的形状分:常用的有半圆头、锥形平头、平头、扁圆沉头、沉头、抽芯和击芯等七种。其中半圆头铆钉、锥形平头铆钉和平头铆钉用于强固铆接;扁圆沉头铆钉用于铆接处表面有微小凸起,防止滑跌的地方或非金属材料的连接;

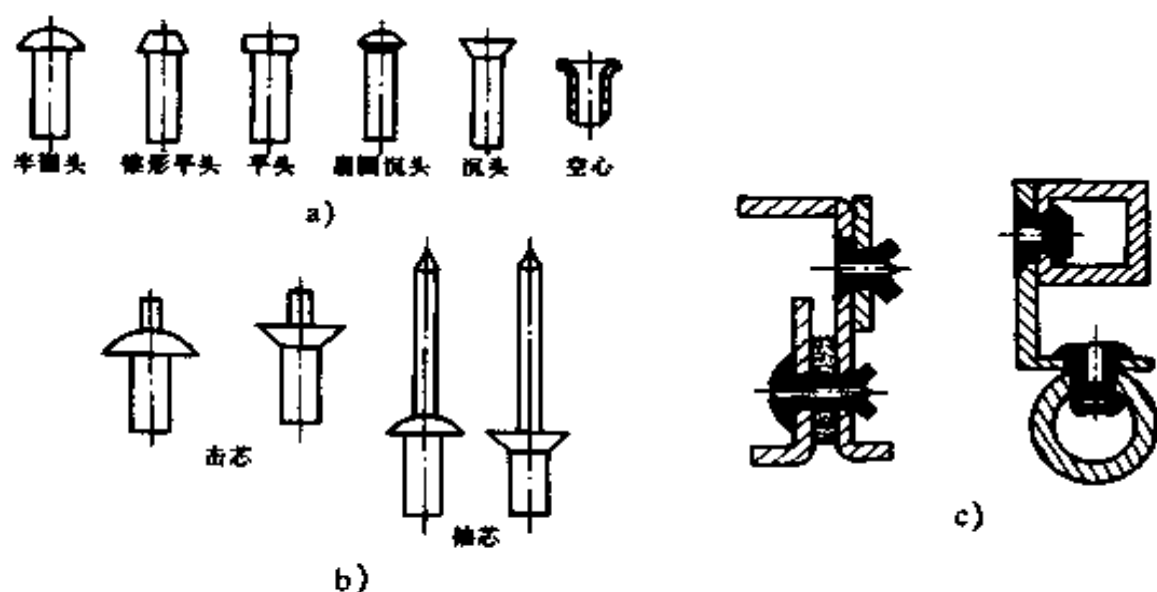


图 8-62 铆钉种类

a) 常用的铆钉形状 b) 新型铆钉的形状 c) 抽芯、击芯铆钉的连接

沉头铆钉用于工件表面要求平滑的铆接；抽芯和击芯铆钉（各有扁圆头和沉头两种形状）用于单面和盲面的薄板与型钢、型钢与型钢的连接，具有铆接效率高，形状美观和工艺简单等优点。

(2) 按铆钉杆的形状分：有实心、半空心和空心三种。其中：实心用于承受大剪切的连接；半空心用于铆合头压力不很大的连接；空心用于在铆接中容易损伤的软材料或希望形成光滑孔洞的连接。

(3) 按铆钉的材料分：铆钉的材料应有较高的塑性和韧性，常用的材料有低碳钢、铜及铜合金和铝及铝合金等。

3. 铆钉的标记方法 铆钉的标记如下。例如：

铆钉 GB×××—86 10×30

其中 GB×××—86——标准号，指明铆钉种类；

10×30——铆钉直径为 10mm，铆钉杆长度为

30mm。

铝铆钉按材料牌号的不同,在钉头上压有凸出的点或线作标记。

## (二) 铆钉直径、长度的确定

1. 铆钉直径的确定 铆接时,铆钉直径的大小和被连接件的材料性质及最小厚度有关。可参照以下数据确定:

(1) 钢结构件铆接铆钉直径:

搭接和单极搭接  $d \approx 2\delta$

双搭接  $d \approx (1.25 \sim 1.5)\delta$

其中  $d$ ——铆钉直径 (mm);

$\delta$ ——主板厚度 (mm)。

(2) 有色金属或其它材料铆接时铆钉直径:

$d = 1.5\delta + 2$  (mm)

(3) 通孔直径的确定:通孔直径的大小应随被连接件装配精度的要求来确定。标准铆钉直径与相应的通孔直径见表 8-16。

表 8-16 标准铆钉直径及通孔直径 (mm)

铆钉公称直径		2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
通孔直径	精装配	2.1	2.6	3.1	4.1	5.2	6.2	8.2	10.3
	粗装配	2.2	2.7	3.4	4.5	5.6	6.6	8.6	11

2. 铆钉长度的确定 铆钉所需的长度应根据铆接件的厚度和应留作铆合头的部分来确定。铆钉长度必须留够。通常取半圆头铆钉的伸出部分长度为铆钉直径的 1.25~1.5 倍;沉头铆钉的伸出部分长度为铆钉直径的 0.8~1.2 倍;击芯铆钉的伸出部分长度为 2~3mm;抽芯铆钉伸出部分长度为 3~6mm。

### (三) 铆接方法

铆接有手工铆接和机械铆接两法。钳工多数用手工铆接。

1. 工件清理 被铆接件必须平整光滑,接触面边缘毛刺、接触表面上的锈迹、油污等应清除干净。

2. 半圆头铆钉的铆接(图 8-63) 铆接过程为:将需铆接的工件贴紧钻孔后,把铆钉从工件下方穿入孔内,用顶模的球面坑支承钉头压紧工件,锤击压紧冲头将连接件压实(图 8-63a);用手锤重击镦粗铆钉伸出部分,将钉孔充满并使杆头变粗(图 8-63b);用锤顶斜向适当位置打击镦粗部分的周边(图 8-63c);最后用罩模修整成形铆合(图 8-63d)

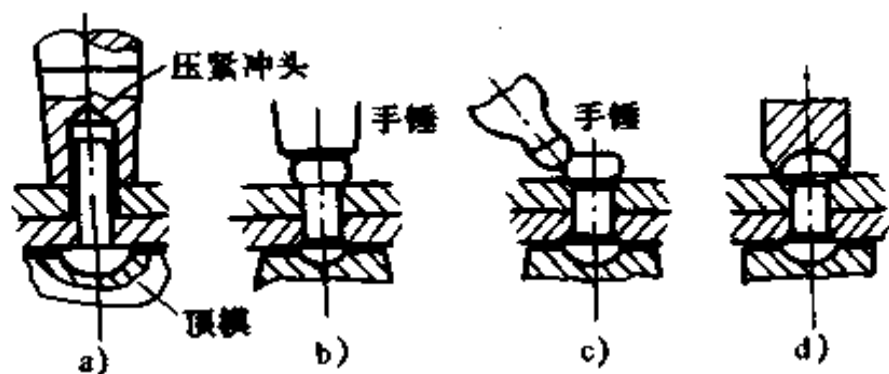


图 8-63 半圆头铆钉的铆接

3. 沉头铆钉的铆接 这种铆接用的铆钉有两种:一种是现成的沉头铆钉。另一种是用圆钢按所需长度截断作为铆钉。铆接时,将截断的圆钢插入孔内。压紧连接件,将钉两头伸出部分镦粗先铆第二个面,再铆第一个面,最后修平高出部分。这种方法不易将连接件压实,很少采用。

4. 空心铆钉的铆接 铆接过程如图 8-64 所示。将铆钉插入工件孔后,下面压实钉头。先用锥形冲子冲压一下,使铆钉孔口张开与工件孔贴紧(图 8-64a),再用边缘为平面的特制

冲头边转边打,使铆钉孔口贴平工件孔口(图 8-64b)。

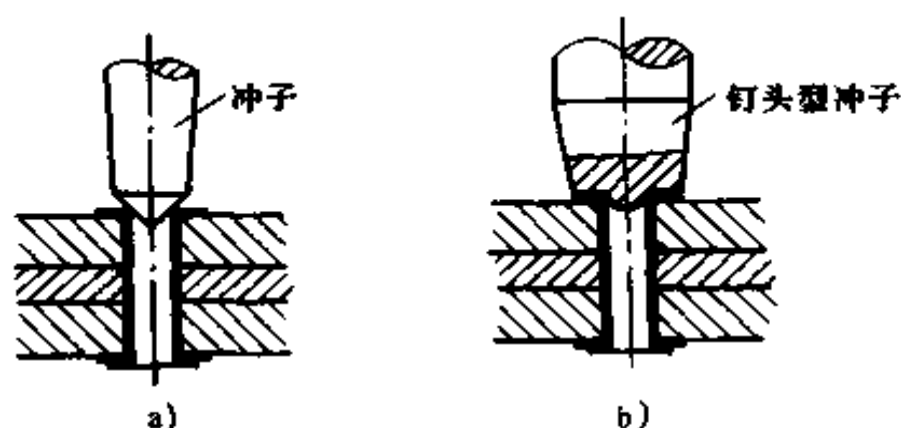


图 8-64 空心铆钉的铆接

除上述几种铆接方法外,还有击芯铆钉的铆接和抽芯铆钉的铆接方法等。

#### (四) 铆接废品分析

常见铆接废品的形式与产生原因见表 8-17。

表 8-17 铆接的废品形式及产生的原因

废 品 形 式	废 品 原 因
铆合头偏歪	1. 铆钉太长 2. 铆钉歪斜;铆钉孔没对准 3. 墩粗铆合头时不垂直
铆合头不光洁或有凹痕	1. 罩模工作面不光洁 2. 铆接时锤击力过大或连续锤击,罩模弹回时棱角锤在铆合头上
半圆铆合头不完整	铆钉太短
沉头座没填满	1. 铆钉太短 2. 墩粗时,锤击方向和板料不垂直
原铆钉头没紧贴工件	1. 铆钉孔直径太小 2. 孔口没倒角

续表 8-17

废 品 形 式	废 品 原 因
工件上有凹痕	1. 罩模歪斜 2. 罩模凹坑太大
铆钉杆在孔内弯曲	1. 铆钉孔太大 2. 铆钉杆直径太小
工件之间有间隙	1. 工件板料不平整 2. 板料没压紧

### (五) 铆钉的拆除

拆除铆钉时要注意,只能毁坏铆钉,工件的表面和钉孔要保持平整和不变形。

拆除铆钉的方法是用稍小于钉径的钻头沿钉杆轴线钻孔至略大于钉头高度,然后用冲子向下冲击钉杆。

## 十二、粘接

粘接是利用粘接剂直接把材料连接起来的一种工艺。近年来,粘接发展很快,效果较显著,已在不少企业中获得广泛应用,例如在工具模具制造、产品的装配、设备修理等方面曾解决了不少关键问题。粘接在一定条件下,可以部分地代替焊、铆和螺栓的连接。

粘接具有如下特点:

- ① 工艺简单,不需复杂设备;粘接剂可随时使用不需加温。
- ② 被粘接件不会出现变形、裂纹等缺陷。
- ③ 粘接件不受被粘接材料的限制,可实现金属与非金属之间的粘合。

④ 粘接接头处的应力分布均匀,且具有密封、耐水、耐油和绝缘等性能。

但是,粘接的机械-物理性能较低,粘接接头的耐冲击、抗弯、抗剥离强度和耐高温性能都较低(一般只能用于 150℃ 以下),而且胶层容易老化变质。

### (一) 粘接剂的组成

1. 有机粘接剂的组成 有机粘接剂通常由下列几种成分组成:

(1) 基本材料:有热固性树脂(包括环氧树脂、酚醛树脂、硅树脂等)、热塑性树脂(聚丙烯酸酯、乙烯型、聚酰胺等)、丁腈橡胶等多种。其中,环氧树脂应用最广。

(2) 固化剂:使环氧树脂固化而加入的添加剂。目前固化剂有近百种。常用的固化剂有胺类、酸酐类、低分子聚酰胺、酚醛树脂固化剂等。其中,胺类固化剂由于能在室温下快速固化,又可增加粘接强度,故用得较广。但是,其固化后的胶层性能较脆,固化剂易挥发,毒性较大,使用时应注意通风或戴防护罩。低分子聚酰胺也可在室温下固化。其毒性低,固化产物韧性好、耐冷热冲击、耐水性好、粘接性好、使用寿命长,在密封、阴凉、干燥处保存 2~3 年仍可使用。它既是固化剂,又是增韧剂,是环氧树脂的优良固化剂。

(3) 稀释剂:为使粘接剂调制和使用降低粘度,以期使用方便而加以稀释的添加剂。用于环氧树脂的稀释剂有环氧丙烷烯醚、环氧丙烷丁基醚、甘油环氧等多种。但需注意,这类稀释剂都带有毒性,易使皮肤过敏。

(4) 增韧剂:是为了降低粘接剂脆性,提高韧性和粘接接头耐久性所加的添加剂。常用的增韧剂有低分子聚硫橡胶、丁腈橡胶、聚酰胺等。



(5) 填充剂:是为了减少粘接剂固化过程中的收缩率和增加导热性和机械强度的添加剂。常用的填充剂有石英粉、刚玉粉、玻璃纤维等。

(6) 促进剂:是为了缩短固化周期,降低固化温度的添加剂。常用的有间苯二酚、四甲基二氧基甲烷等。

(7) 防老剂:是为了避免粘接剂过快地老化的添加剂。常用的有酮胺缩合物、芳香族胺等。

2. 无机粘接剂的组成 工业上应用的无机粘接剂有氧化铜-磷酸粘接剂。它是由氧化铜和磷酸二氢铝溶液按一定比例调制而成的。为了获得不同的性能,还可加入一些辅助材料,例如加入金刚砂或碳化硼,可提高它的硬度;加入铁粉可改善它的导电性等。

氧化铜和磷酸二氢铝溶液,已有化工厂专门生产和供应。若需自己配制,可用化学试剂的二、三级品的氧化铜粉和磷酸及加氢氧化铝配制。

## (二) 粘接剂的种类和用途

粘接剂的供应方式有两种。一种是配制后较长时间不用就失效,它只能以原料形式供应,在使用前自行配制;另一种是已经配制好的成品粘接剂,用瓶或金属管或袋装供应。表8-18列出一些常用粘接剂的情况,供参考。

## (三) 粘接工艺

1. 一般程序 粘接工艺的一般程序为:待粘接面的表面处理—预装—粘接剂的调制—粘接和固化—修整。

2. 粘接实例 粘接在检修中,可起连接、堵塞孔洞、修补裂纹,以及密封等作用。

(1) 用粘接剂接长钻头(或立铣刀、锥柄铰刀等柄部的连接)。图8-65所示为用粘接剂接长钻头。先把钻头柄部和

表 8-18 几种机械修理用粘接剂

类别	牌 号	主要成分	组分	主要性质	用 途
结 构 类	KH-520	环氧树脂	双	高强度、高韧性、耐油、耐水	60℃以下金属及各种材料
	J-32	环氧树脂	双	高强度、高韧性、耐油、耐水	120℃以下各种材料
	J-19	环氧-聚醚树脂	单	高强度、高韧性、耐油、耐水	120℃以下各种材料
	SL-4	环氧树脂	单	高强度、高韧性、耐温性好	200℃以下各种金属材料
	SL-5	环氧树脂	单	中强度、高韧性、耐温性好	250℃以下各种金属材料
	KH-802	环氧-丁腈	单	高强度	100℃以下各种硬质材料
	农机 1、2 号	环氧-聚硫橡胶	双	中强度	120℃以下各种材料
	J-04	酚醛-丁腈	单	中强度、耐油、耐水	200℃以下工作, 摩擦片粘结
	J-08	酚醛-缩醛	单	中强度、耐高温、耐老化	最高温度 350℃, 各种材料
	铁锚 204	酚醛-有机硅	单	中强度、耐高温、耐油、耐有机溶剂	200℃长期工作, 摩擦片粘结
	502	丙烯酸酯	单	中强度、耐高温、耐油、耐有机溶剂	常温、金属、非金属
耐 磨 类	AR-4	环氧树脂	双	硬度 HB5-6.8 耐油、耐水	恢复零件尺寸、堵漏
	AR-5	环氧树脂	双	硬度 HB11.7~11.9	恢复零件尺寸、堵漏
	尺寸恢复胶	环氧树脂	双		180℃以下磨损零件尺寸恢复
	420 胶膜	环氧树脂	双	硬度 HB15.3~15.7	轴承、轴套尺寸恢复

续表 8-18

类别	牌 号	主要成分	组分	主要性质	用 途
密封	Y-150	丙烯酸酯	单	厌氧型	螺纹防松,堵漏
	铁锚 604	改性油	单	液态、耐压 10MPa、耐温 500℃	高温密封
	WS-1	改性油	单	液态、耐压 5MPa、耐温、耐水、耐冲击	受振动、常拆卸平面密封
	可剥性密封胶	过氧乙烯	单	可剥离、耐油、耐水	零件结合面密封
	铁锚 609	酚醛-丁腈	单	易成膜、耐油、耐水	低压密封
	153、154	聚四氟乙烯	单	耐强酸	酸介质动、静密封
	168.3GX		单	耐碱	碱介质动、静密封
	无机类	氧化铜无机粘接剂	磷酸,氧化铜	双	耐温 700~800℃,快干
轻质氧化铜粘接剂		磷酸,氧化铜	双	耐温 700~800℃,缓干	刀具、模具粘接,补漏

接长柄的连接加工出定位段  $d \times l_1$  和粘接段  $D \times l$  (图 8-65a)。定位段的表面粗糙度应在  $R_a 1.6$  以下,孔与轴的配合为 H7/f7,  $l_1$  越长定心越准确。粘接段外圆面加工成粗糙面,也可滚直花纹或铣削几条直纹槽,孔与轴的间隙为  $0.2 \sim 0.4\text{mm}$ ,粘接后接长柄与刃部的同轴度在  $0.04 \sim 0.10\text{mm}$  内,可不必再经车削或磨削。

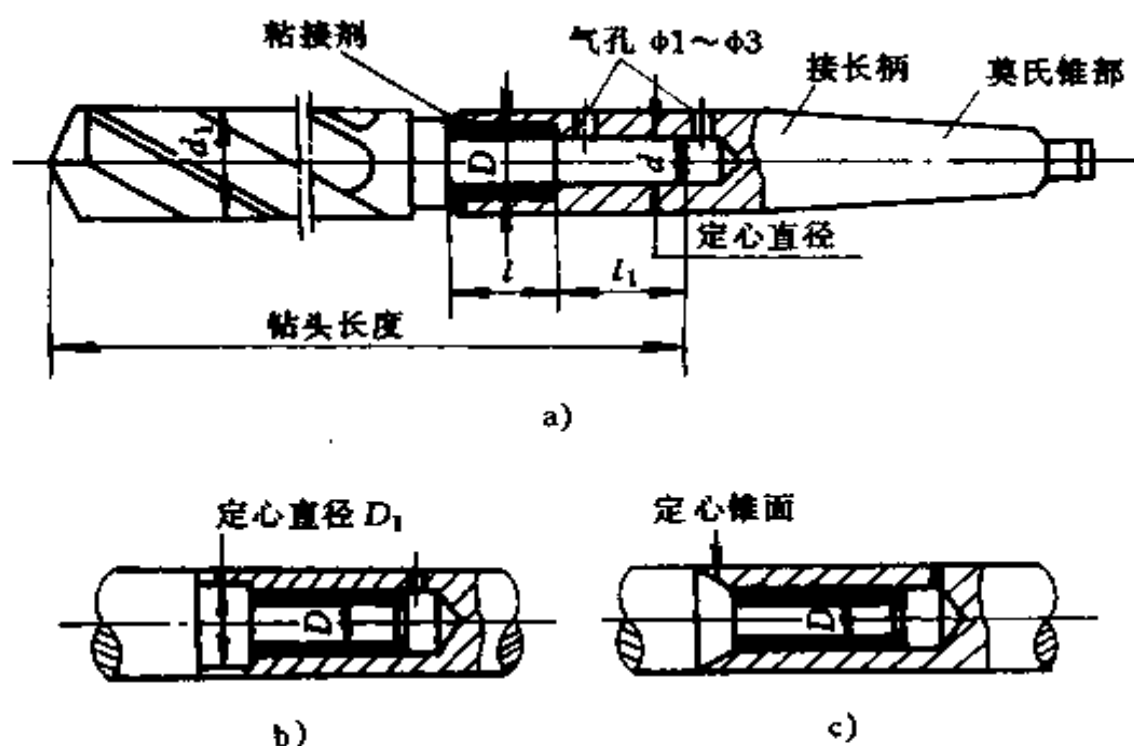


图 8-65 用粘接剂接长钻头

a) 小头定位 b) 大头定位 c) 锥面定位

(2) 钻模板的定位粘接。图 8-66a 是一块钻模板,其上孔距有一定要求,现已磨损,需要修复。先加工出图 8-66b 所示的定位件定位。把钻套套入定位件相应的销柱上,并在其外圆面上均匀涂上粘接剂,然后把模板放入钻套中,待固化后,再取出定位件。

(3) 冷冲模上凸、凹模与固定板的粘接。图 8-67 所示为凸、凹模与固定板粘接结构。

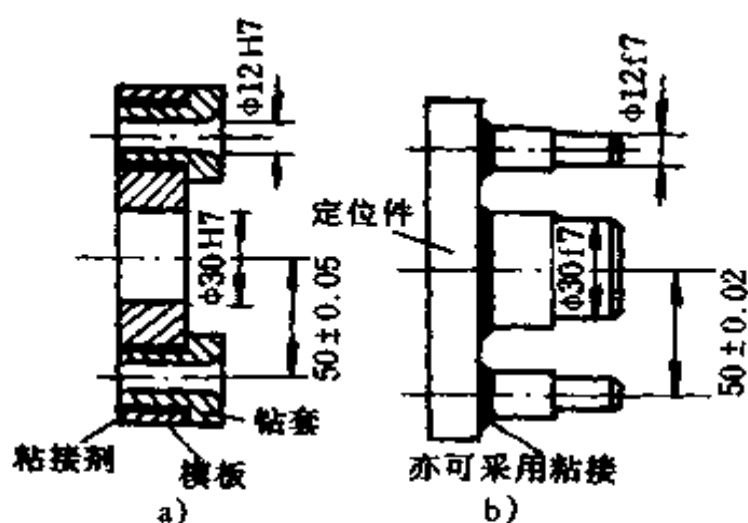


图 8-66 钻模板的定位粘接

a) 钻模板 b) 一定位件

在加工固定板型孔时,对方形固定孔,应在周边开几条横槽,如图 8-67a、图 8-67d 所示;对较大圆形固定孔,可开垂直轴线的环形槽,如图 8-67c、图 8-67d 所示,对一般圆形固定孔,也可做成喇叭形,如图 8-67e 所示;为防止凸模因受较大退料力而被拉脱的危险,应将凸模加工成有台肩的,如图 8-67f 所示。

粘接时,因冲头多的凸模(或凹模)型孔之间的距离要求相应一致,一般用凹(凸)模来定位。将凸模刃口部位长约 10mm 处塞一层厚度相当于单面间隙的铜或锌,以能轻轻敲入凹模对应孔内为宜,这样可保证众凸凹模的配合间隙均匀。然后校正它们之间的垂直度,并控制凸模露出凹模表面的高度一致。再把固定板放在表面涂有一层薄钙基润滑脂的玻璃纸的平台上。然后,即可浇灌入粘接剂。

### 3. 非金属材料的粘接

(1) 塑料标牌与带油漆的钢板的粘接。采用环氧树脂(6101)和聚酰胺树脂在室温下调和,不必刮去油漆,即可与带油漆的钢板粘接。但需用溶剂将钢板表面油脂洗净,不需加热、加压即可在室温下固化,效果较好。

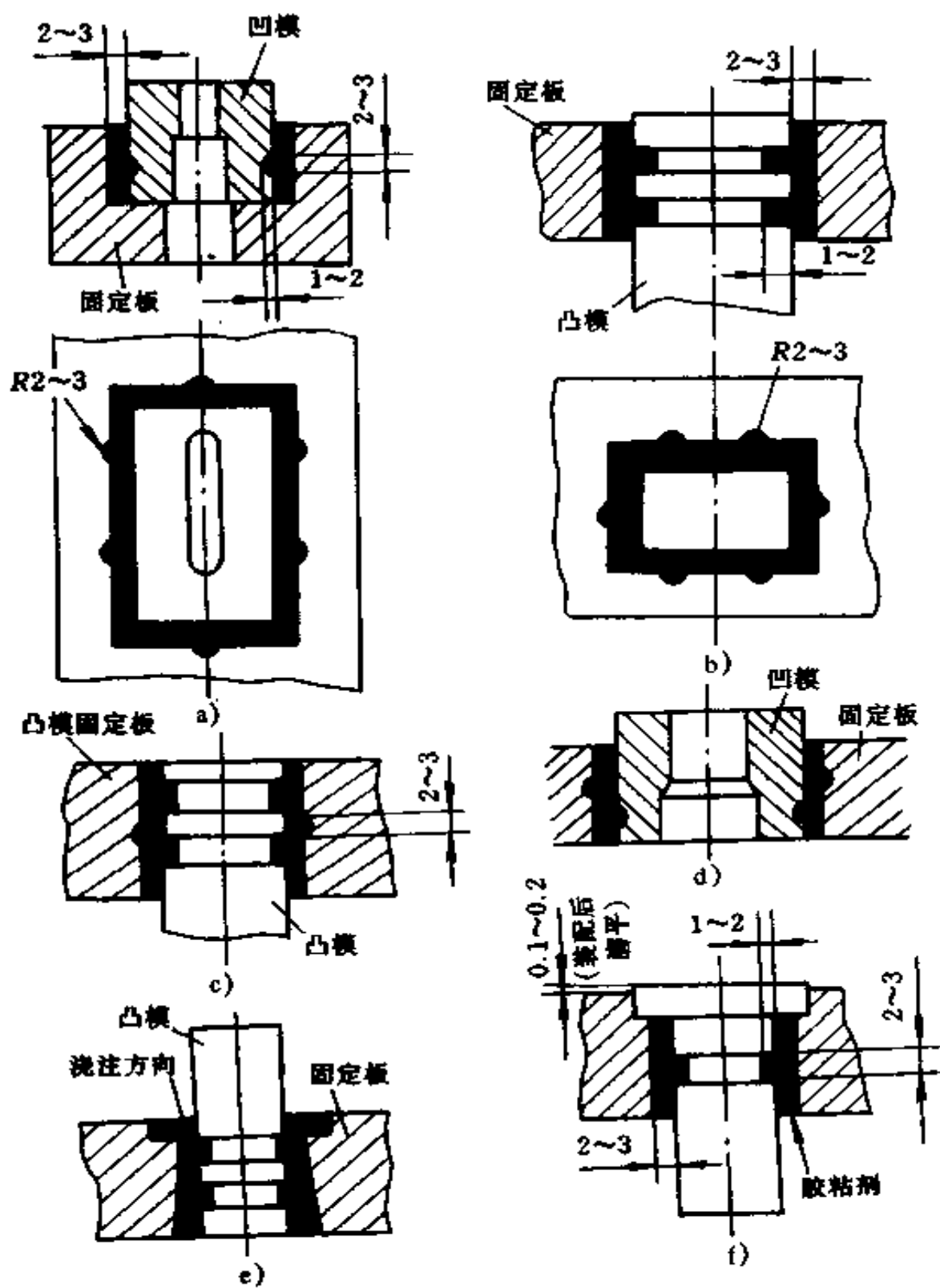


图 8-67 凸、凹模与固定板粘接结构

(2) 铝、有机玻璃与带油漆的钢板的粘接。采用 301 胶液,加入 3%~4%的胺类液体固化剂调匀,涂于粘接表面,并施以轻微压力,在室温下自干一天,即可固化。

(3) 橡胶摩擦轮的粘接。钢圆盘面上要铺一层橡胶,采用 303 树脂胶,使用时将橡胶表面用锉刀去毛刺,两粘接面用丙酮洗净,粘合后用夹具夹紧,自干 1~2 天即可固化。

#### 4. 设备维修

(1) 缸体破裂的修补。图 8-68 所示为汽车的气缸体破裂后粘接修复的实例。若采用气、电焊修补,则会产生变形。所以采用粘接来修补。粘接时,先将孔洞处需粘接的表面加工出 1.1~1.2mm 深,距孔洞边缘 15~25mm 处加工出一台肩,粗糙度差些。然后根据它的形状相应地裁剪一块厚 1mm 的钢板或紫铜板为修补板,将修补板四周拉毛成波浪形,用搭接进行粘接。其粘接工艺为:将钢板(铜板)和气缸体破裂洞的周边均匀涂上无机胶粘剂,然后把钢板盖住洞口放正,并在洞口边涂几次胶粘剂,这样经自然干燥一周后,即可用。

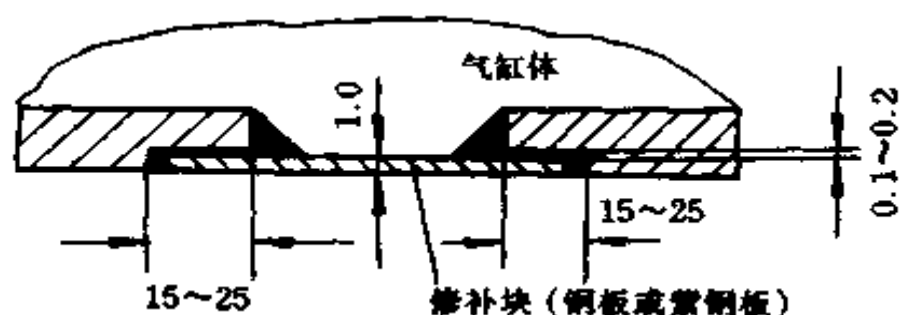


图 8-68 气缸破裂的粘接修复

(2) 粘接修复磨损的机床导轨。车床尾架长期在床面上往复滑动,造成磨损,使尾架顶尖孔的轴心线低于车床主轴轴心线。可采用环氧粘接剂来修复。粘接前,先将磨损的尾架导轨面加工成很粗糙的表面或钻一些均布的小盲孔。用一块

垫板在需粘接的表面拉毛,然后在各自的粘接面涂上粘接剂后合上,待完全干燥固化后,加工垫板到导轨面要求的尺寸即可使用。此法效果较好,且工艺简单。垫板可采用铸铁、尼龙板、塑料板等。

### 十三、矫正和弯曲

消除金属材料不应有的弯曲、扭曲变形等缺陷的操作方法称矫正。将管子、棒材、条料或板料等弯成所要求曲线面形状或一定角度的加工方法称弯曲。

#### (一) 矫正

钳工常在平台、铁砧或台虎钳上用手锤等工具,采用扭转、伸长、弯曲、延展等方法进行矫正,使材料恢复到要求的形状。

矫正利用的是材料的塑性,所以待矫正的材料必须是塑性高的材料。

矫正时,由于材料受到锤击时产生冷加工硬化,必要时可通过退火处理,再进行矫正。

1. 条料和角钢的矫正 条料被扭曲变形后,一般可用图 8-69a 和图 8-69b 所示的方法进行矫直。若条料在宽度方向弯曲,将条料凸面向上放在铁砧上,锤打凸面,然后再平放在铁板砧上用延展法矫直,如图 8-69c 所示。图 8-69d 是用扭转法矫直条料的实例。

角钢翘曲变形时,不论是哪个方向(向里或向外)翘曲,均可采用如图 8-70a 和图 8-70b 所示方法矫直。矫直时应锤打凸起的一边,而不应锤打凸起的面。角钢扭曲变形时,一般用图 8-70c 所示的方法矫直。将一直部分放在铁砧上,锤打上



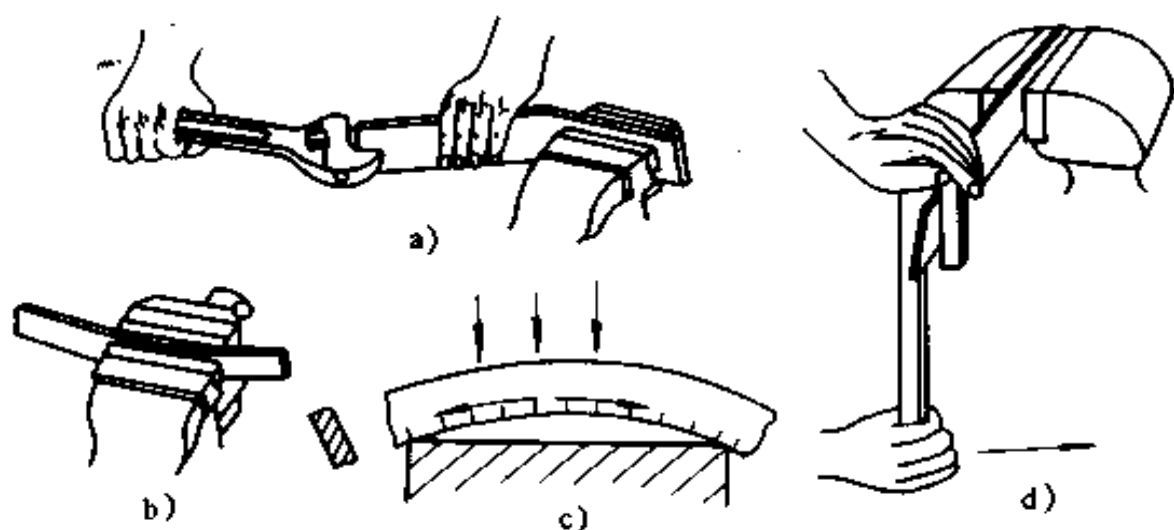


图 8-69 条料矫直法

- a) 用扳手初步扳直 b) 用台虎钳初步夹直  
c) 用延展法矫直条料 d) 用扭转法矫直条料

翘的一面,从边向里逐渐由重到轻。锤打一面后,反过来用同样的方法,再锤打另一面,反复几次即可使角钢矫直。

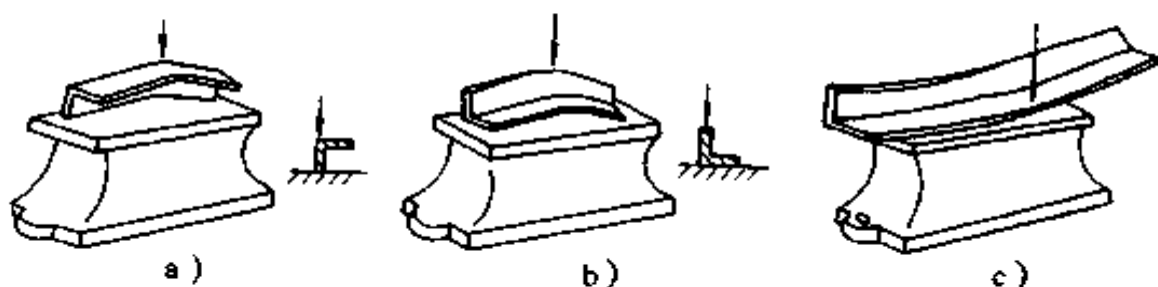


图 8-70 角钢矫正方法

- a) 矫直角钢里翘方法 b) 矫直角钢外翘方法 c) 在铁砧上矫正角钢扭曲方法

2. 棒料的矫直 棒料弯曲变形后,一般先检查弯曲程度和部位,并作好标记,然后把棒料凸起部位向上,在平台上用锤打进行矫直。

对轴类工件进行矫直时,因轴的直线度一般要求较高,所以一般都用压力机进行矫直,并用百分表测示矫直的情况。

为了消除因弹性变形产生回弯,加压时可适当地压过火一些,经多次加压,达到矫直为止。

矫直弯曲的细长线料时,可按图 8-71 所示用拉力的作用来进行矫直。

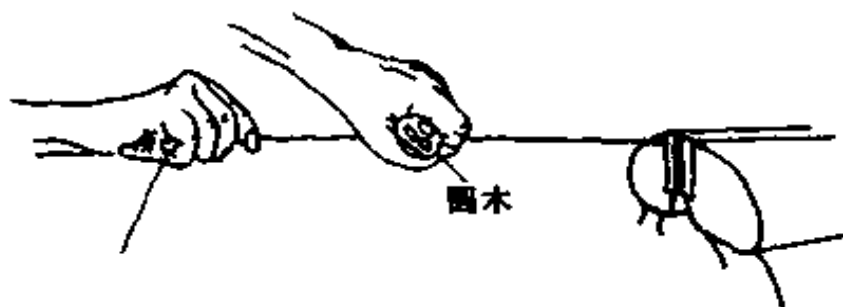


图 8-71 用伸张法矫直细长线料

3. 板料的矫正(平) 板料的变形主要是凹凸不平,或四周呈波浪形而中间平整等形式。图 8-72a 所示为一块中部凸起的板料。这部位是由于受外力作用后变得比原来薄而凸起的。若直接锤击凸起部位,材料将变薄,凸起会更严重。此时应采用图 8-72b 所示的从板料边缘开始由外向里逐渐由重到

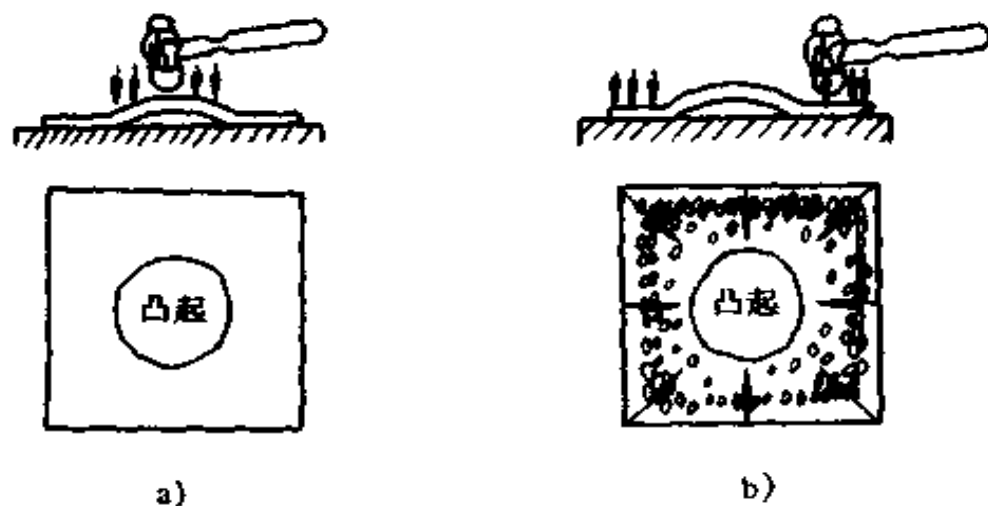


图 8-72 中凸板料的矫平方法

a) 不正确 b) 正确

轻、由密到稀进行锤打。这样才能使凸起部分逐渐消除,最后达到平整要求。

当板料上有几处凸起时,应先锤打凸起部位之间,让分散的凸起部位形成一个总的凸起。然后用上述的延展法达到平整要求。

对四周呈波浪形而中间平整的板料,按图 8-73 所示箭头方向,由四角向中心逐渐由轻到重、由稀到密的方式锤击,经反复多次锤击可使板料达到平整。

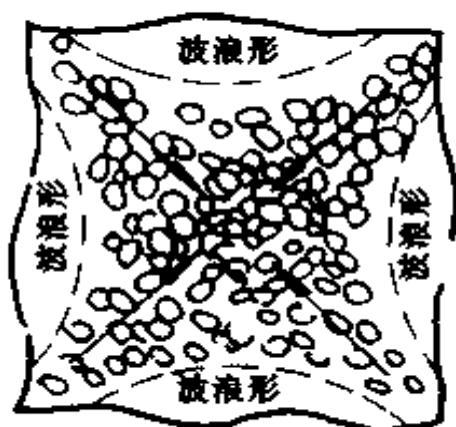


图 8-73 四周波浪形板料的矫平方法

矫平薄板时,可用木锤敲平、木块压推和抽条抽平等方法进行矫平(直)。

## (二) 弯曲

弯曲的机理是材料产生塑性变形。因此只有塑性高的材料才能进行弯曲。材料经过弯曲后,弯曲部分的外层材料伸长,内层材料缩短,而中间一层材料在弯曲后长度不变,这一层称为中性层。但它不一定在材料厚度的正中间。实验证明,只有当弯曲半径  $r > 16t$  ( $t$  为材料厚度)时,中性层才在材料厚度中间,其它情况都靠内层一边。材料弯曲部分其断面中产生变形,但断面面积基本保持不变。

1. 弯曲前毛坯长度的计算 弯曲工件的毛坯长度,一般按中性层的长度计算。如图 8-74 所示常见几种弯曲形式中,圆弧部分的长度可用下列公式计算:

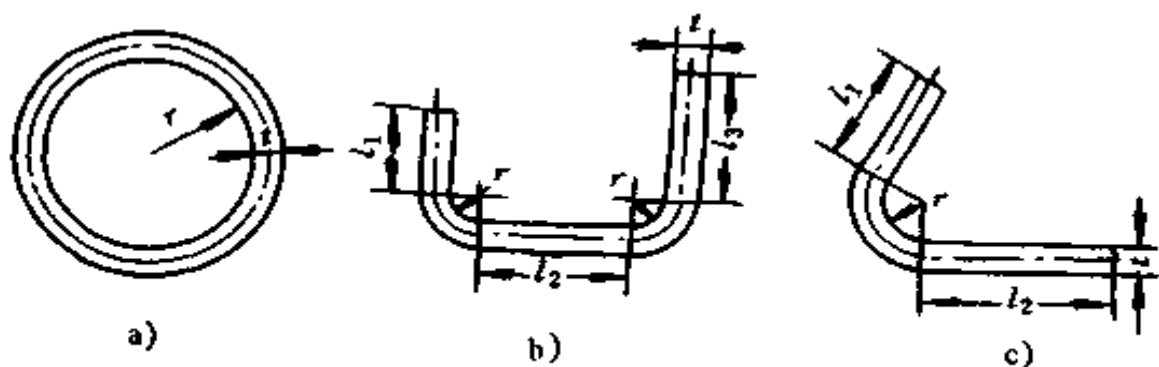


图 8-74 常见的几种弯曲形式

$$A = \pi \left( r + \frac{t}{2} \right) \frac{\alpha}{180^\circ} \quad (\text{mm})$$

式中  $A$ ——圆弧长度(mm);

$r$ ——内弯曲半径(mm);

$t$ ——材料厚度(mm);

$\alpha$ ——与圆弧相对的圆心角( $^\circ$ )。

弯曲圆形时,  $\alpha = 360^\circ$ ; 弯曲直角形时  $\alpha = 90^\circ$ ; 弯曲任意角度时,  $\alpha$  根据图纸尺寸确定角度。如图 8-74c 所示的工件, 设  $l_1 = 60\text{mm}$ ,  $l_2 = 100\text{mm}$ , 圆心角  $\alpha = 120^\circ$ ,  $r = 100\text{mm}$ ,  $t = 4\text{mm}$ , 则工件材料的总长度为

$$L = l_1 + l_2 + A$$

$$A = \pi \left( r + \frac{t}{2} \right) \frac{\alpha}{180^\circ} = 3.14 \left( 10 + \frac{4}{2} \right) \frac{120^\circ}{180^\circ} = 25.12(\text{mm})$$

$$L = 60 + 100 + 25.12 = 185.12(\text{mm})$$

由于材料本身的性质和弯曲方法不同, 其计算结果和实际情况之间, 有时仍会出现差异。因此在生产中, 经常是采用试验方法来最后确定毛坯材料的长度。

2. 弯曲方法 弯曲有冷弯(在室温下进行弯曲)和热弯(把工件需弯曲部分加热后, 再进行弯曲)两种。一般工件材料的厚度  $t < 5\text{mm}$  时, 可采用冷弯曲;  $t > 5\text{mm}$  时, 采用热弯

曲。

在弯曲过程中,材料产生塑性变形的同时,也有弹性变形存在。当外力去掉后,工件弯曲部位要产生角度和半径的回弹,称为弯曲回弹变形。回弹变形是弯曲过程中的一种有害现象,影响产品质量。因此,在弯曲工件时,要适当考虑其回弹变形的因素。

(1) 弯直角形工件。工件尺寸不大,形状简单,并只需弯成一个直角,可在台虎钳上用手工工具进行。先在弯曲部位划好线,将工件的尺寸线与钳口对齐夹牢,用木锤敲击根部到直角即可。

若弯制多个直角的工件,先做一个木块或金属块的辅助工具,将材料按划线位置夹入台虎钳内进行弯制即可。

(2) 弯圆弧形工件。按图 8-75 所示的方法和顺序进行,最后在图 8-75d 所示的半圆块上修整圆弧。

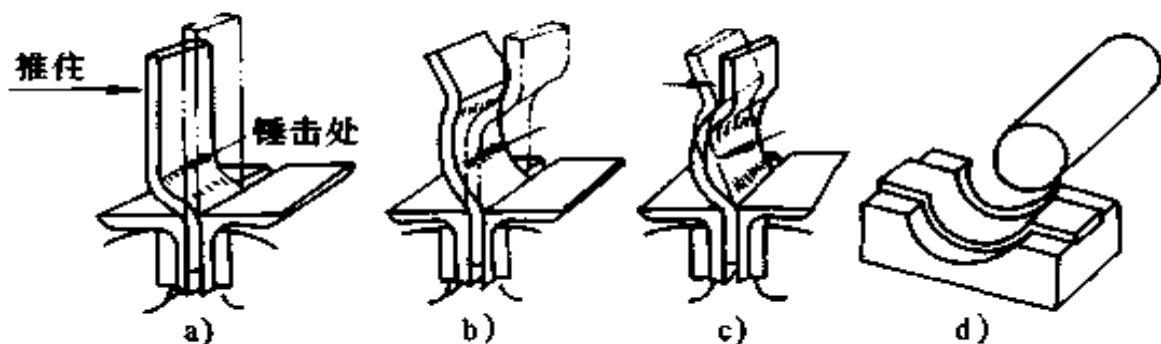


图 8-75 弯圆弧形工件的顺序

(3) 管子的弯曲。管子的弯曲有冷弯和热弯两种。管径在 12mm 以下的可采用冷弯法,管径在 12mm 以上的则采用热弯。为防破裂,管子的最小弯曲半径必须大于管径的 4 倍。弯有缝的管子时,焊缝必须置于中性层位置上。

弯管子时,先在管内装满干砂(热弯时用烘干的砂子)。

装砂时,用木棒敲击管壁,使砂装得结实,两端用木塞塞紧(热弯时,木塞上留小孔,便于排气),把管子(热弯时用火加热弯曲部位)放在弯管工具上,振动手柄慢慢弯曲即可。

图 8-76 为常见弯管的几种方法。

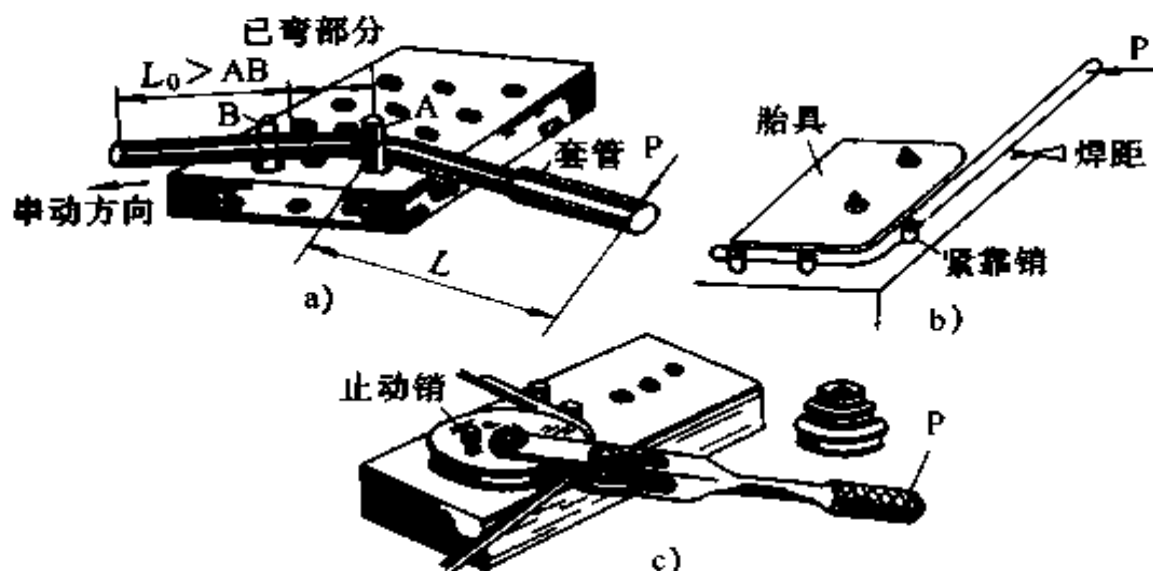


图 8-76 弯管方法

a) 不用胎具弯管 b) 用胎具弯管 c) 用辗压滚弯管

## 十四、弹簧

弹簧是一种常用的机械零件,主要用来减震、测力、夹紧和储存能量。弹簧的特点是在去掉外力后,能立即恢复原状。

弹簧的种类很多,按受力性质可分为拉伸弹簧、压缩弹簧、扭转弹簧和弯曲弹簧四种;按照形状可分为螺旋弹簧、碟形弹簧、环形弹簧和平面涡卷弹簧等。用得最多的是圆柱螺旋压缩弹簧,如图 8-77 所示。其各部分名称如下:

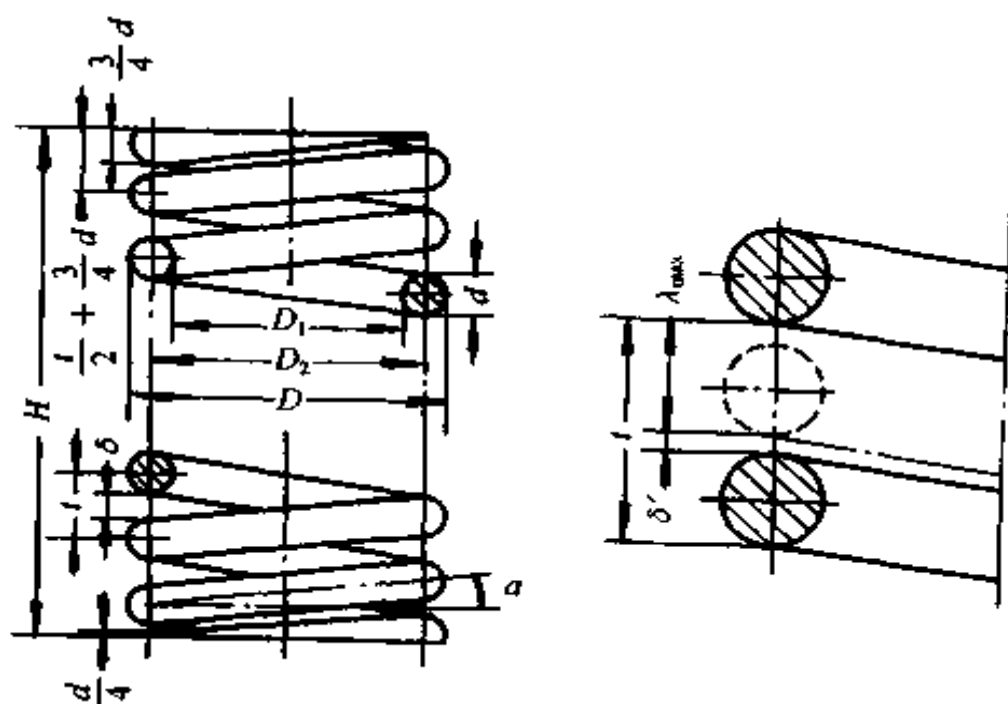


图 8-77 压缩弹簧结构

簧丝直径  $d$  (mm)

外径  $D = D_2 + d$  (mm)

内径  $D_1 = D_2 - d$  (mm)

中径  $D_2 = D_1 + d = D - d$  (mm)

或  $D_2 = cd$  (mm)

旋绕比  $c = D_2/d$ , 一般规定  $c \geq 4$

节距  $t$  (除支承圈外, 相邻两圈的轴向距离)

$$t = d + \frac{\lambda_{\max}}{n} + \delta' \approx \frac{D_2}{3} \sim \frac{D_2}{2} \text{ (mm)}$$

式中  $\lambda_{\max}$ ——弹簧在最大工作载荷下的压缩变形量(mm);

$n$ ——有效圈数(工作圈数);

$\delta'$ ——使弹簧在最大工作载荷下各工作圈不相接触、在相应两圈间应保留的轴向间隙(mm)。

一般取  $\delta' > 0.1d$ 。

$n_2$  为支承圈。为使压缩弹簧工作时受力均匀,保证弹簧中心线垂直于端面,两端各有  $\frac{3}{4} \sim 1 \frac{3}{4}$  圈并且端面磨平,起支承作用,工作时不参予变形。

总圈数  $n_1 = n + n_2$

自由高度  $H = nt + (n_2 - 0.5)d$  (mm)

簧丝展开长度  $L \approx n_1 \sqrt{(\pi D_2)^2 + \delta^2}$  (mm)

弹簧受力大小主要决定于中径  $D_2$  和簧丝直径  $d$ 。对于圆柱螺旋压缩弹簧,通过弹簧轴线簧丝截面上所受的扭矩  $T = F \frac{D_2}{2}$  和剪力  $F$  来确定。由工程力学可知,直杆受扭转和剪力作用时,其横截面上由扭转而引起扭转应力。按剪切强度条件计算,可得出受压缩弹簧的最大工作极限载荷  $F_{\max}$ 。计算公式如下

$$F_{\max} \leq \frac{\pi d^2 [\tau]}{8KC} \cdot N$$

$$d \geq 1.6 \sqrt{\frac{KF_{\max} C}{[\tau]}} \text{ (mm)}$$

式中  $[\tau]$ ——许用剪应力,由材料手册可查得。

$K$ ——曲度系数,是旋绕比  $C$  对应力影响的修正系数。它综合考虑了弹簧钢丝的曲率、螺旋升角及剪切对最大扭转剪应力的影响。其值按下式计算或由表 8-19 查出。

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C}$$



表 8-19 曲度系数  $K$

旋绕比 $C$	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$K$	1.4	1.31	1.25	1.21	1.18	1.16	1.14	1.12	1.10

对于压缩弹簧,为了保证弹簧工作时的稳定性,要求  $H/D_2 \leq 3$ 。如果  $H/D_2 > 3$ ,应在弹簧的外径圈外侧加导向套筒或内径圈内侧加导杆,以免工作时造成弹簧侧弯而失稳。

## 第九章 金属切削加工与机械制造工艺

### 一、金属切削加工基本知识

时至今日,金属切削加工仍是机械制造业中的基本加工方式。凡精度要求高,表面要求光洁的零件,一般都得经切削加工。

切削加工是用刀具从毛坯件或工件上切去多余的材料(余量)以获得符合图纸要求的机械零件图形的加工方法。它分为机械加工和钳工两部分。常见的机械加工基本方法有车、铣、钻、刨、磨等,如图9-1所示。所有的机械加工方法都

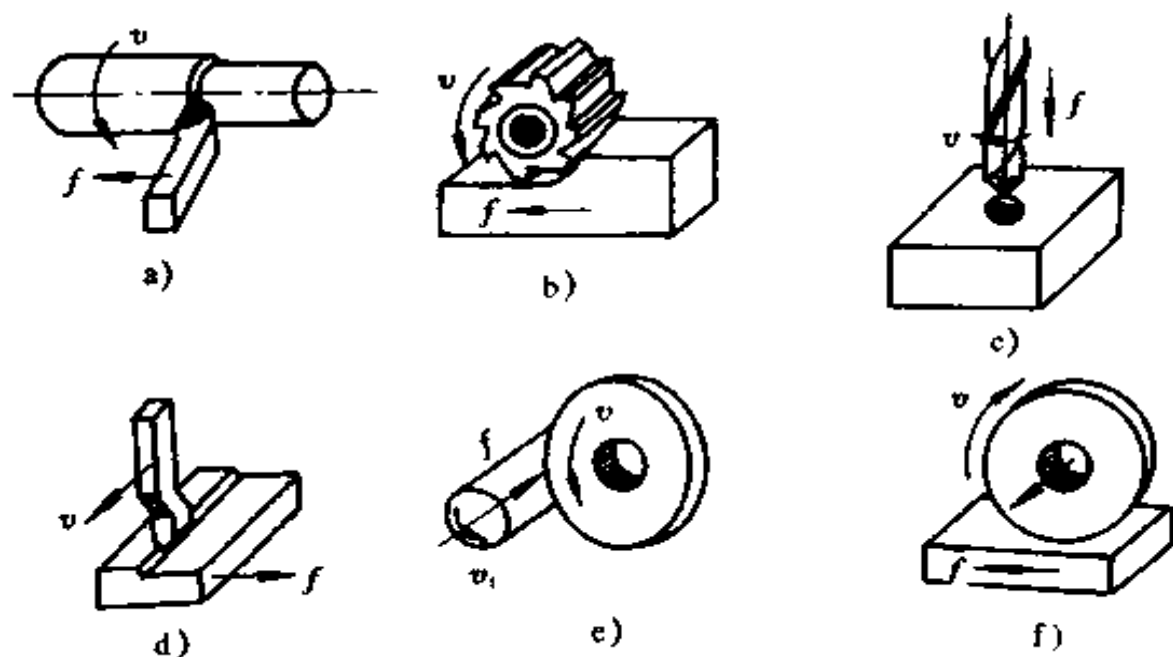


图 9-1 机械加工基本方法

是将刀具和工件(或毛坯件)安装夹持在机床上,由机床产生所需的“刀具-工件”相对运动进行切削的。

机械制造业中,零件材料迄今仍以金属材料为主,故本章主要讲的是金属切削加工。

### (一) 金属切削基本术语

1. 主运动和进给运动 切削过程实质上是“刀具-工件”作相对运动的过程。根据在切削过程中所起的作用,切削运动可分为两类:

(1) 主运动:是切除多余材料最基本的运动。它只有一个,是切削运动中速度最高、主要消耗切削功率的运动。

(2) 进给运动:是维持切削得以继续进行的运动。它可以是一个,也可以是若干个。图 9-1 所示的几种基本切削加工方式中,图 9-1a 是车削,主运动是工件旋转运动,进给运动是车刀沿工件轴向移动;图 9-1b 是铣削(卧铣),主运动是铣刀旋转运动,进给运动是工件纵向移动;图 9-1c 是钻削(钻孔),主运动是钻头(即刀具)旋转运动,进给运动是钻头轴向移动;图 9-1d 是牛头刨削,主运动是刨刀直线往复运动,进给运动是工件横向间歇移动;图 9-1e 是外圆磨削,主运动是砂轮旋转运动,进给运动是工件旋转和纵向往复运动;图 9-1f 是平面磨削,主运动同图 9-1e,进给运动是工件纵向往复移动。

2. 工件上形成的表面 工件在切削过程中形成三个表面。这三个表面在切削过程中随时在变化(见图 9-2)。它们是:

- (1) 待加工表面:工件上即将被切削的表面。
- (2) 加工表面:工件上正在进行切削的表面。
- (3) 已加工表面:工件上已切去切屑的表面。

3. 切削要素(图 9-3) 是研究分析切削运动的基本参

数,分为切削用量参数和切削层参数两大类。

(1) 切削用量参数(简称切削用量):切削用量是表示主运动及进给运动大小的参数。它包括切削深度  $a_p$ 、进给量  $f$  和切削速度  $v$ 。现以车削为例来说明。

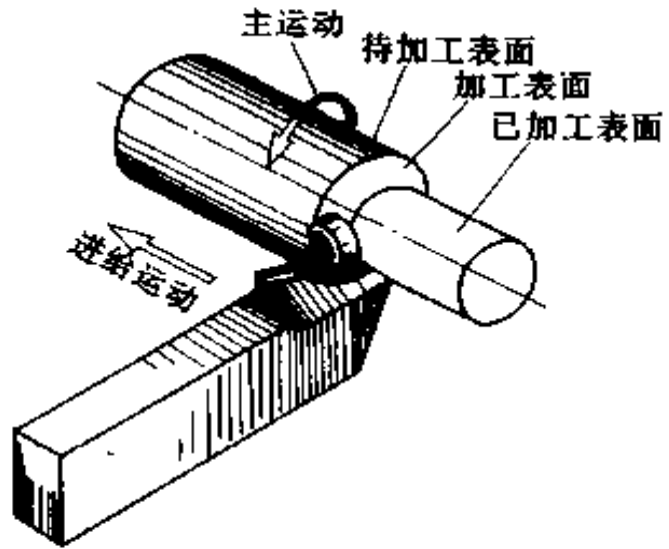


图 9-2 车削运动和工件上的表面

① 切削深度  $a_p$ : 工件上已加工表面和待加工

表面间的垂直距离(图 9-3a),也是每次进刀时车刀切入工件的深度,单位为 mm。

② 进给量  $f$ : 是主运动在一个循环内(车削时工件转一周)刀具沿工件间进给方向相对移动的距离(图 9-3a)。它是衡量进给运动大小的参数。车削时,进给量单位为 mm/r。主运动

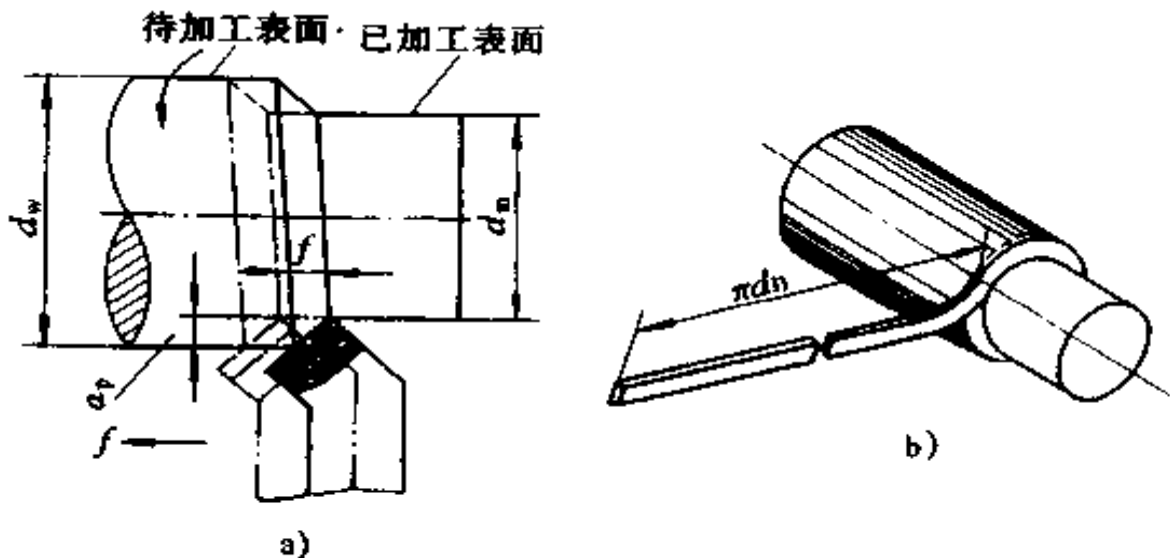


图 9-3 切削深度和进给量

是直线往复运动时,  $f$  的单位为 mm/str(毫米/双行程)。

③切削速度  $v$ : 是主运动的线速, 也可以理解为车刀在一分钟内车削工件表面切下的切屑理论展开的直线长度(切屑无变形和收缩)(图 9-3b)。它是衡量主运动大小的参数, 单位为 m/min 或 m/s。

显然, 提高  $v$ 、 $f$ 、 $a_p$  都可缩短加工时间, 从而提高生产率。

(2) 切削层参数: 是主运动在一个循环内刀具主切削刃相邻两位置间的一层金属, 如图 9-4 所示。车削时, 工件转一周, 刀具主切削刃从位置 I 移到位置 II 之间的这层金属称切削层。若主切削刃为直线, 切削层横截面是一个平行四边形。切削层的尺寸规定在刀具基面中测量。图 9-4 中  $\square ABCD$  称切削层横截面积。它的参数包括切削宽度  $a_w$ 、切削厚度  $a_c$ 。

## (二) 刀具几何形状和刀具材料

切削加工中使用的刀具种类很多, 形状各不相同, 都是由夹持和切削两部分组成。前者是将刀具牢固可靠地夹持在机床上, 后者担负切削工作。

1. 车刀切削部分的几何参数 车刀是最简单、最常用的切削刀具。外圆车刀有广泛的代表性, 其它刀具都相当于外圆车刀的演变和组合, 所以分析和研究刀具的几何参数常以外圆车刀为典型。

车刀是由刀杆(夹持部分)和刀头(切削部分)两部分组成。表示组成刀具切削部分各个刀刃和刀面空间位置的数据, 叫刀具切削部分的几何参数。它包括刀具几何形状和刀具几何角度。

(1) 刀具切削部分几何形状(刀具几何形状)是由三面、两刃、一尖所组成, 如图 9-5a 所示。

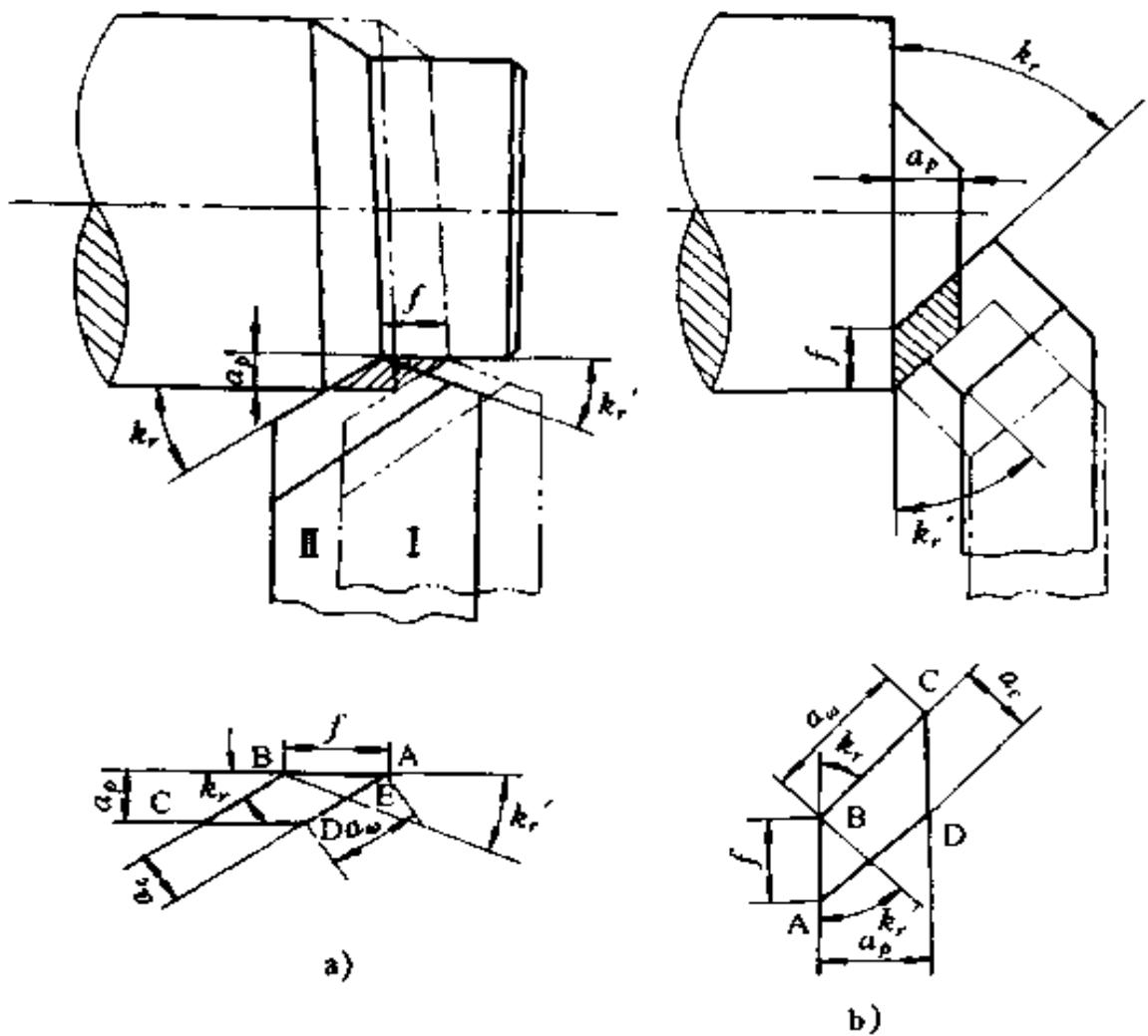


图 9-4 切削层参数

- ①前刀面:切削时,切屑流出所经过的刀具表面。
- ②主后刀面:切削时,刀头上同工件的加工表面相对的表面。
- ③副后刀面:切削时,刀头上同工件已加工表面相对着的表面。
- ④主切削刃:刀具上前刀面与主后刀面的交线,它担负主要的切削工作。
- ⑤副切削刃:刀具上前刀面与副后刀面的交线。

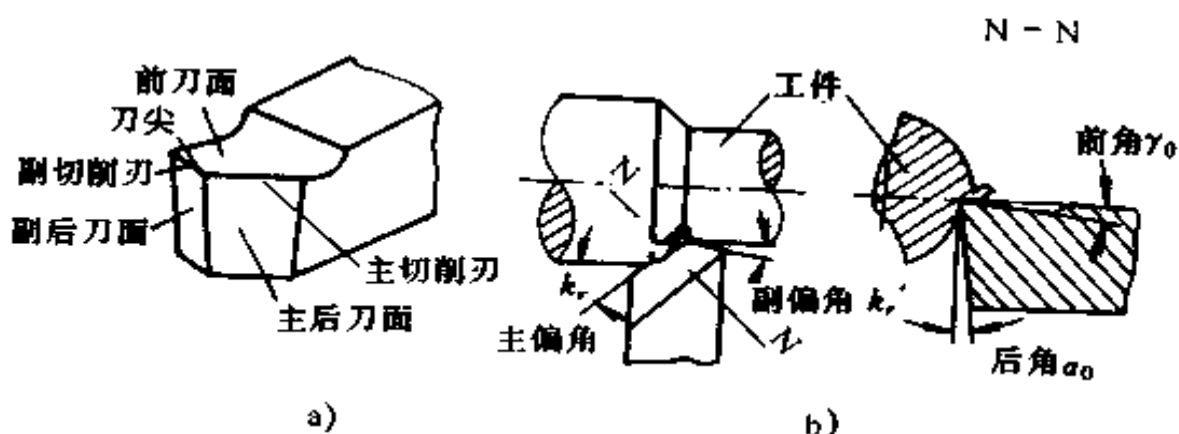


图 9-5 车刀切削部分名称和角度

a)名称 b)角度

⑥刀尖：主切削刃和副切削刃的交点。刀尖并非绝对尖点，一般磨成小圆或折线。

一般刀具都具有上述的刀面、刀刃和刀尖，但其数目并不完全相同。如切断刀就只有两个副切削刃和两个刀尖。

(2) 车刀的几何角度：刀具几何角度是用来确定各个刀面相互空间位置的一些角度。例如车刀切削部分的几何角度共有 10 个，其中有几个是主要的，如：前角  $\gamma_o$ 、后角  $\alpha_o$ 、主偏角  $k_r$ 、副偏角  $k'_r$  等，如图 9-5b 所示。

## 2. 刀具材料

(1) 对刀具材料的性能要求。在金属切削过程中，刀具切削部分是直接承受高温、高压、强摩擦作用的。为了减少刀具磨损，提高刀具耐用度和加工质量，刀具材料应满足金属切削要求的基本切削性能。主要有以下几点：

①高的硬度：刀具材料在常温下硬度至少应为工件材料硬度的 1.3~1.5 倍。否则，就切不动工件材料。目前，各种刀具材料的硬度都在 HRC60 以上。

②高的耐磨性：它表示刀具材料抗磨损的能力。刀具材

料的硬度越高,耐磨性也越好。

③足够的强度和韧性:用以抵抗切削过程中作用在刀具上的切削力和冲击,避免刃口崩缺和刀齿折断。

④高的热硬性:热硬性是指刀具材料在高温下仍能保持其硬度、耐磨性和韧性的能力。热硬性是评定刀具材料切削性能优劣的主要指标。如碳素工具钢在 250℃ 时, HRC 为 64;合金工具钢在 350℃ 左右时, HRC 为 64;高速钢在 630℃ 时, HRC 为 70;硬质合金在 1000℃ 时, HRC 为 70 以上。

为了便于制造,刀具还要具备良好的工艺性,如锻造性好;热处理变形小,淬透性好;刃磨性、切削加工性和焊接性好。

(2) 常用刀具材料。目前常用的刀具材料有以下几种:

①碳素工具钢:用来制造刀具的主要钢号有 T10A 和 T12A 等。这种钢热处理淬火后硬度为 HRC60~65,淬透性差,淬火变形较大,不耐高温,在 200~250℃ 以上失去原来硬度。但是,价格低廉,刃口容易磨得锋利。一般只用于低速、形状简单的手用刀具,如锉刀、手用锯条、手用铰刀等。

②合金工具钢:常用的牌号有 9CrSi、GCr15 和 CrWMn 等。这类钢热处理变形小,淬透性好,热硬性较碳素工具钢略高(250~350℃),淬火后硬度与碳素工具钢相同。主要用于制造低速、细长刀具,如板牙、手用铰刀、硬质合金钻头的刀体等。

③高速钢:这类钢因容易磨得锋利故称“锋钢”;又因淬火后,在空气中(风中)便能变硬,故又称“风钢”。使用最普通的牌号为 W18Cr4V 等。高速钢热处理变形小,刃口强度和韧性较高,热硬性可达 600℃,淬火后其常温硬度为 HRC62~65,刃磨性能较好,允许切削速度比碳素工具钢高两倍以上



(约为  $30\sim 50\text{m}/\text{min}$ )。广泛用于制造较复杂的热成形刀具,如钻头、铣刀、齿轮刀具等。

④硬质合金:它是由硬度和熔点很高的碳化物和粘接剂,用粉末冶金法制成的合金。硬质合金的硬度很高,可达 HRA89~93(相当 HRC74~81),耐热性较好,能耐  $800\sim 1000^{\circ}\text{C}$ (或更高温度)高温。不足之处是它的抗弯强度和韧性较低,刃口也不易磨得很锋利。常用的有两类,其牌号为 YG 和 YT,可以制造各种切削刀具。

⑤其它刀具材料:它包括陶瓷材料、人造金刚石和立方氮化硼等。其共同特点是硬度高,耐磨性好,强度和韧性低。

### (三) 金属切削过程

金属切削过程是指工件上一层多余的金属,被刀具切除和已加工表面形成过程。其特点是被切金属层在刀具的挤压、摩擦作用下产生变形,随着刀具的连续移动,金属层的变形和应力达到最大值,将沿刀具前刀面流出,形成切屑,完成切削。

1. 切屑种类 不同性质的工件材料和不同切削条件,切削过程产生不同的变形情况,就形成不同类型的切屑。常见的切屑有三种,如图 9-6 所示。

塑性材料在用较大前角的刀具和高速、小进给量、小切削深度切削时,被切削金属层产生最大的塑性变形,而尚未达到破裂极限即被切离工件母体,就易形成带状切屑(图 9-6a)。这种切削过程产生的力和热都小,切削平稳,加工表面粗糙度数值小。当对中等硬度的材料用低速进行粗加工时,被切削金属层的变形达到强度极限(破裂程度),被切金属一层一层地挤裂,切屑靠近前刀面部分尚未裂开而形成挤裂切屑(图 9-6b)。这种切削过程产生的切削力较图 9-6a 时波动大,加

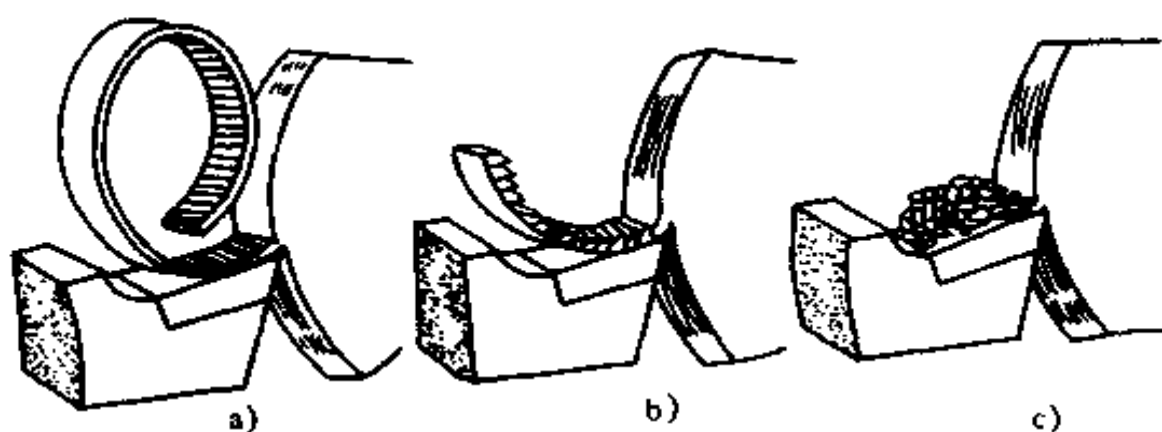


图 9-6 切屑的种类

a) 带状切屑 b) 挤裂切屑 c) 崩碎切屑

工表面粗糙度也差些。当切削脆性材料(如灰铸铁、铸造黄铜等)时,被切金属层在刀具的挤压作用下产生较小的变形后,便呈脆性断裂而形成崩碎切屑(图 9-6c)。

2. 刀具磨损与刀具耐用度 切削时,刀具是在较大的切削力和较高的切削温度作用下工作的。锋利的刀刃随着切削时间的延续或其它原因,会逐渐变钝或突然破损,使刀具失去正常切削的能力称为钝化或磨损。刀具正常磨损(崩刃、碎裂、卷刃为不正常磨损)时,按其主要发生的部位不同,有以下三种形式,如图 9-7 所示。

(1) 后刀面磨损。这种磨损主要发生在后刀面上(图 9-7a)。后刀面磨损后使得刀刃形成后角接近于  $0^\circ$  的小棱面,它的磨损大小用棱面高度  $h_{后}$  表示。后刀面磨损一般在切削脆性材料,或以较小的切削厚度( $a < 0.1\text{mm}$ ),切削塑性金属材料的情况下发生。

(2) 前刀面磨损。这种磨损主要发生在前刀面上(图 9-7b),磨损在主切削刃口后方出现月牙洼,磨损大小用月牙洼的深度  $h_{前}$  表示。在连续切削过程中,月牙洼会逐渐加深加

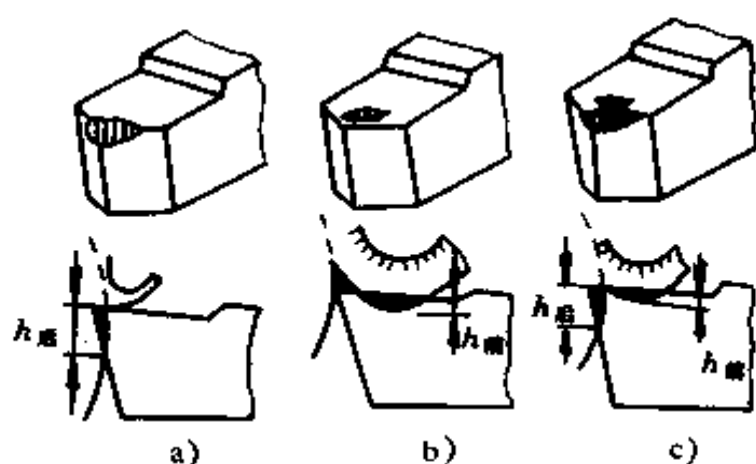


图 9-7 刀具磨损的三种形式

宽,当接近刃口时,有可能崩刃。这种磨损,一般在以较大的切削厚度( $a > 0.5\text{mm}$ ),切削塑性材料的条件下发生。

(3) 前、后刀面同时磨损。这种磨损是指前刀面的月牙洼和后刀面的棱面,同时出现(图 9-7c)。它一般在  $a = 0.1 \sim 0.5\text{mm}$ ,切削塑性金属材料的条件下发生。

在多数情况下后刀面都有磨损,故常用后刀面上的磨损高度  $h_{后}$  来表示刀具的磨损程度。

造成刀具磨损的原因:一是机械摩擦。这是在低速切削时,刀具磨损的主要原因;二是高温效应。这是在较高切速下,造成刀具温度升高,硬度下降,从而使刀具磨损。

刀具磨损到一定程度以后,刀具便失去了正常的切削能力,已加工表面粗糙度恶化,并且易产生振动和噪音等坏现象。所以,刀具不可能无休止地使用下去,应该给磨损规定一个合理的限度,称磨损限度。当刀具的磨损量达到磨损限度(磨钝)时,就应及时重磨或换刀。通常是以限定后刀面上的磨损高度  $h_{后}$  作为刀具磨钝的衡量标准。但是,在实际生产中,不便于经常停车检查  $h_{后}$  的高度,而规定刀具使用的时间

作为刀具限定磨损量的衡量标准。

刀具耐用度是指一把新磨好的刀具,从开始切削至达到磨损限度为止所使用的切削时间。通常以符号  $T$  表示,单位为  $\text{min}$ 。刀具磨损限度确定以后, $T$  越大表示刀具磨损越慢; $T$  越小表示刀具磨损越快。因此,凡是影响刀具磨损的因素都会影响刀具的耐用度。

刀具耐用度  $T$  的数值是大好,还是小好,初看起来,似乎  $T$  越大越好,事实并非如此。在工件和刀具已经确定时,如  $T$  定得大,则应选用较小的切削用量(尤其选用较小的切削速度),这样会降低生产率和提高加工成本。反之, $T$  定得很小,则切速要高,刀具磨损很快,加速了刀具的损耗和辅助时间(换刀、调整等),因此对加工成本和生产率也不利。为此,刀具耐用度要有一个合理数值。各类刀具耐用度和数值可查阅“金属切削加工手册”。

3. 刀具的刃磨 刃磨刀具是为了得到锋利的刀刃和正确的刀具几何形状。刀具刃磨的正确与否,将直接影响刀具的切削性能、加工表面质量和生产率。

刃磨刀具的方法,一般有机机械刃磨和手工刃磨两种。机械刃磨效率高,操作方便,质量可靠;而手工刃磨比较灵活,对设备的要求低,在一般中小型工厂仍普遍应用。另外,手工刃磨是基础,作为一个模具钳工,除了要用好工具外,还必须掌握手工刃磨的过硬功夫。

## 二、机械制造工艺基础

### (一)机械加工精度和误差

加工精度是指工件加工后的实际几何参数(尺寸、几何形

状、相互位置)与理想工件几何参数相符合的程度。符合程度愈好,加工精度愈高;反之,符合程度愈差,加工精度就愈低。

由于加工中各种原因,任何一种加工方法,不管使用多么精密的机床,采用多么可靠的加工方法,都不可能把工件做得绝对精确,总会产生一些误差,称为“加工误差”。工件的误差可分为:

1. 尺寸误差 工件加工后的实际尺寸和理想尺寸之差。
2. 几何形状误差 它包括宏观几何形状误差(即形状误差)和微观几何形状误差(即表面粗糙度)。
3. 相互位置误差 工件加工后,各表面或中心线之间的实际相互位置与理想位置的差值。

在机械加工中,工件的尺寸、几何形状和表面间相互位置的形成,都是取决于工件和刀具在加工过程中相互位置和相对运动的关系。而工件和刀具又是安装在夹具和机床上面,并受它们的约束。因此,在机加工时,机床、刀具、夹具和工件组成一个完整的系统,称工艺系统。而工艺系统的种种误差(包括工艺系统的几何误差;工艺系统的热变形、受力变形误差;工件内应力引起的变形误差及其它调整、测量误差等),就是产生加工误差的原因。

提高加工精度,即减少加工误差,一般采用的方法有:直接消除或减少误差法;补偿或抵消误差法;分组调整和均分误差法;误差转移或变形转移法;“就地加工”法和误差平均法等。

但是,从机器的使用性能看,也没有必要把每个零件加工得绝对准确,同时也不可能加工得高度准确,仍然有误差。因此,只要能保证零件在机器中的功能,只要零件的加工误差不超过零件图上所规定的公差范围,就算符合精度要求。由此

可见,加工精度和加工误差这两个概念,只不过是评定零件几何参数准确程度着眼点的不同。加工精度的高低,是通过加工误差的大和小来表示的。为了保证和提高工件的加工精度,必须采取措施限制和降低加工误差,将其控制在允许的偏差范围内。

## (二) 尺寸链的基本概念

在零件加工或机器由若干个零、部件装配过程中,它们相互之间存在着尺寸联系,这些相互联系的尺寸构成封闭式的一组尺寸,称工艺尺寸链。如图 9-8 所示的车床主轴中心与

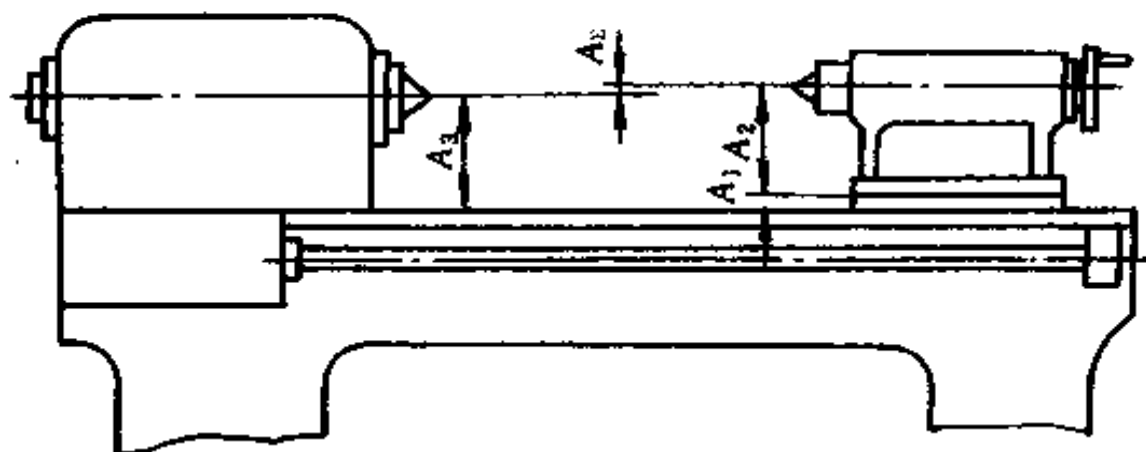


图 9-8 装配尺寸链

尾架中心之间的间隙  $A_\Sigma$  与尾架底板厚度  $A_1$ 、尾架中心高  $A_2$  和主轴中心高  $A_3$  有关,即

$$A_1 + A_2 - A_3 - A_\Sigma = 0$$

再如图 9-9 所示的零件,加工时以右端面为基准依次加工尺寸  $A_1$  和  $A_2$ ,则尺寸  $A_\Sigma$  就随之确定,即

$$A_1 - A_2 - A_\Sigma = 0$$

由此看出尺寸链的特点为:

一是封闭性。尺寸按一定顺序连接,形成封闭外形;

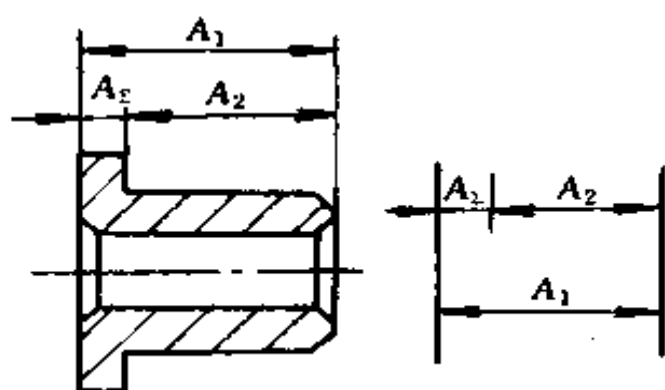


图 9-9 零件工艺尺寸链

二是制约性。其中一个尺寸改变将影响其它所有尺寸的变化。

### 1. 尺寸链的构成

(1) 尺寸链图: 在分析计算尺寸链时, 为方便起见, 只依次绘出各个尺寸, 构成封闭形式的图形。

在绘制尺寸链图时, 各环

尺寸可用单箭头标注, 增环与封闭环箭头方向相反, 减环与封闭环箭头方向相同。

(2) 环: 组成尺寸链中的各个尺寸称环, 环分为封闭环(终结环)和组成环两种。

① 封闭环(终结环): 尺寸链中的一个特殊环, 由加工或装配最后形成的尺寸  $A_3$  称为封闭环。在装配尺寸链中, 封闭环即装配技术要求。在零件尺寸链中, 封闭环必须在加工顺序确定后才能判定。

② 组成环: 尺寸链中, 除封闭环以外的尺寸。它又分为增环和减环两种。当组成环尺寸增大时封闭环尺寸随之增大, 这种组成环称为增环; 当组成环尺寸增大时, 封闭环尺寸反而减小, 这种组成环称为减环。如图 9-8 中  $A_3$  为封闭环,  $A_1$ 、 $A_2$  为增环,  $A_3$  为减环。同时, 封闭环的基本尺寸等于各增环尺寸之和, 减去各减环基本尺寸之和。

2. 尺寸链的分类 按使用场合, 尺寸链可分为:

(1) 零件尺寸链: 用以确定零件上各尺寸的精度联系。

(2) 装配尺寸链: 用以确定组成机器的零、部件之间各尺寸的精度联系。

按尺寸链在空间的相对位置和几何特征可分为直线、平面、空间、长度和角度尺寸链等。

3. 尺寸链的计算 通过尺寸链的分析计算是为了在机械设计制造中,合理地确定尺寸链中各环节的基本尺寸及偏差,使设计的结构合理实用。

尺寸链的计算情况,归纳起来有下列三种:

(1) 已知各组成环的基本尺寸、公差和极限偏差,求算封闭环的基本尺寸、公差和极限偏差。这种方法简称正计算,主要用于验算、校核所设计的零部件能否满足产品装配性能要求或零件加工后能否满足图纸规定的精度要求。

(2) 已知封闭环,求算各组成环。此法简称反计算,主要用于产品设计、加工和装配工艺等方面,根据机器使用要求,将封闭环的公差值合理地分配给各组成环。

(3) 已知封闭环及部分组成环,求算一个或几个组成环,主要用于工艺计算,如基准换算、工序尺寸的确定等。

尺寸链的计算方法主要有极值解法和概率解法两种。

### (三) 夹具基本概念

在机械制造过程中,用来安装固定工件(加工对象)的装置称为机床夹具,简称夹具。其功用是保证发挥机床的基本性能;扩大机床的工作范围,保证加工精度,提高生产率,减轻工人的劳动强度等。

1. 夹具的分类 夹具的分类方法较多,按应用范围可分为:

(1) 通用夹具:这类夹具已经标准化,适用于多种工件的加工,如卡盘、虎钳、万能分度头和回转工作台等。

(2) 专用夹具:这类夹具是专为某一工件、某道工序的加工要求而设计制造的,不能用于该工件的其它工序。

(3) 通用可调夹具:这类夹具,只需调整或更换个别元



件,即可加工形状相似、尺寸相近或加工工艺相似的多种工件,其通用范围较大。同时,它也能起到专用夹具的作用。

(4) 组合夹具:这类夹具是由各种通用的标准元件和部件组装而成,组装迅速,拆卸存放方便,能反复使用。它也能起到专用夹具的作用。

另外,也可按使用机床类型和驱动夹具工作的动力不同等来分类。

2. 结构组成 各种类型夹具在结构形式上虽然不同,但它们的工作原理基本上是相同的,都是由几个既相对独立,又彼此联系的部分组成。一般有以下几个组成部分。

(1) 定位元件:它与工件的定位基准相接触,其作用是确定工件在夹具中的位置。如钻模中的定位短销。

(2) 夹紧装置:它的作用是将工件正确定位后压紧夹牢,保持在加工过程中不会移动。一般情况下,夹具的定位和夹紧是由一个动作来完成的。

(3) 夹具体:它使夹具与机床相连接,以确定夹具对机床上各部分的相互位置。

(4) 其它装置:因使用机床和加工对象的不同,夹具还有一些其它装置,如钻模中用以确定钻头位置并引导钻头钻孔的钻套等。

#### (四) 机械加工方式简介

在机械制造过程中,常见的切削加工有车削、铣削、刨削、磨削、钻削、镗削和齿轮加工等。

1. 车削加工 在车床上进行切削加工称为车削加工。车削加工时工件被夹持在车床主轴上作旋转主运动,车刀作纵向或横向的直线进给运动。在车床上可以加工各种回转表面。其主要车削加工内容如图 9-10 所示。

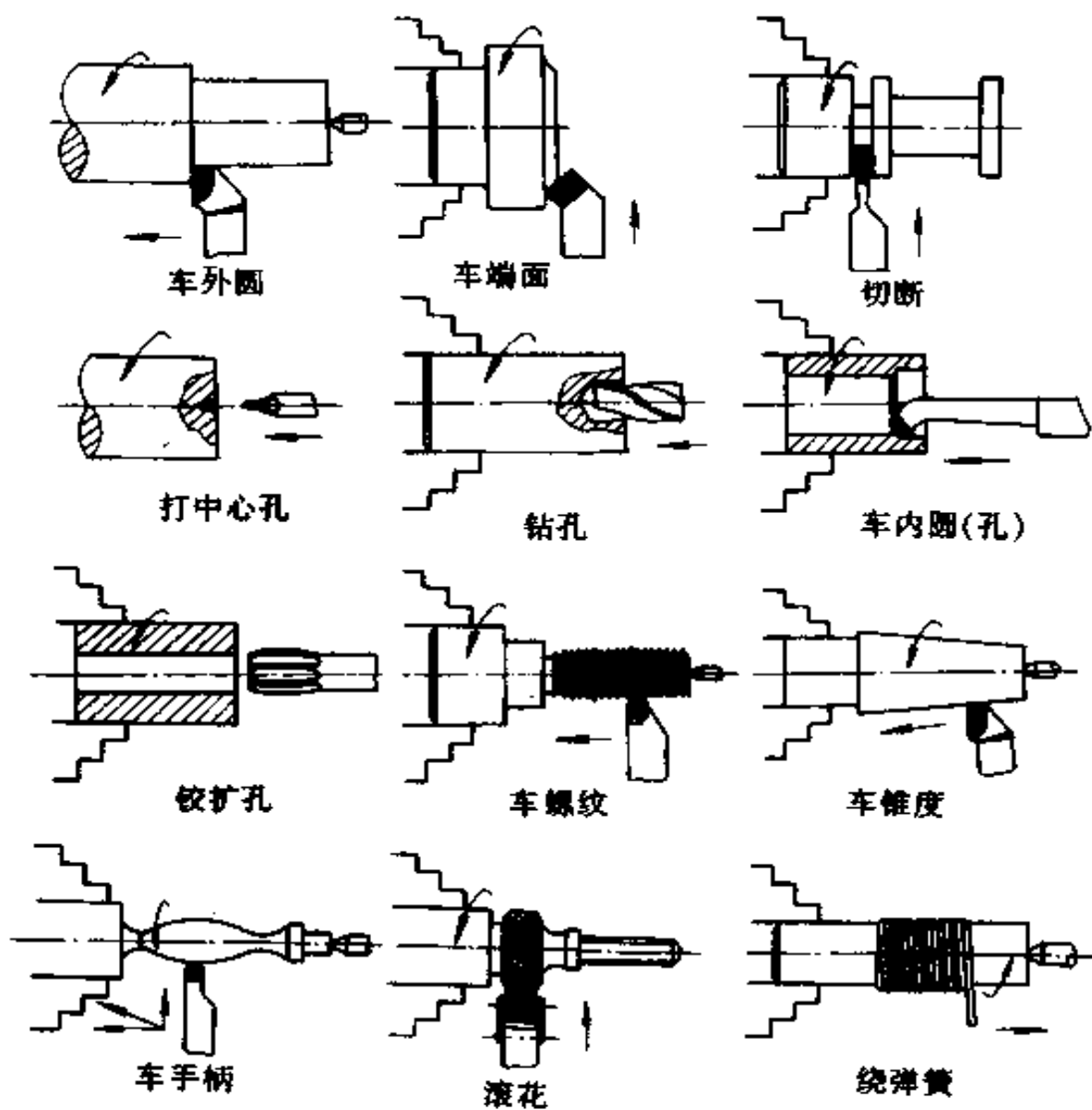


图 9-10 车削加工主要内容

车削加工使用的刀具主要是车刀。根据加工对象不同，必须采用不同种类的车刀，常用的车刀类型如图 9-11 所示。

2. 铣削加工 在铣床上进行切削加工称为铣削。在铣削加工时，铣刀作旋转的主运动，工件夹持在工作台上作前后、上下、左右的直线进给运动。它加工的主要内容如图 9-12 所示。若在铣床上装上某些其它附件，还可加工齿轮、螺旋槽、

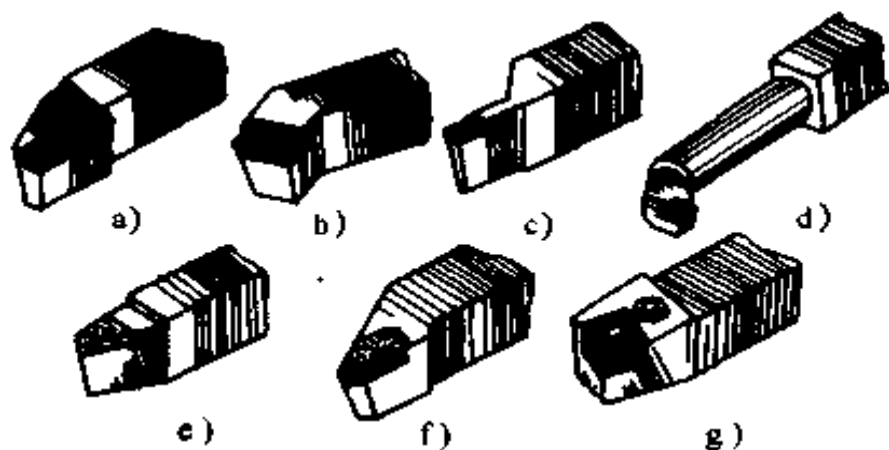


图 9-11 常用车刀的型式

凸轮等。

根据加工内容的不同要求,铣削加工使用的刀具结构和种类很多,常见的如图 9-13 所示。

3. 刨削加工 在刨床类机床上加工称为刨削。在刨削加工时,对于牛头刨床(或插床),刀具的运动为主运动,工件运动为进给运动。对于龙门刨床,则工件的运动为主运动,刀具的运动为进给运动。它加工的主要内容和常见的刨刀型式如图 9-14 所示。

4. 磨削加工 磨削是用砂轮或其它磨具(如油石、研磨)加工工件表面的工艺过程。它主要用于精加工和磨削硬材料,其主要加工内容如图 9-15 所示。

5. 钻削加工 在钻床上进行切削加工称钻削。它主要用于加工尺寸不太大,精度要求不高的孔,其工作的主要内容如图 9-16 所示。

6. 镗削加工 在镗床上进行切削加工称镗削。它也是重要的孔加工方法之一,可以加工尺寸、形状和位置精度要求较高的孔,尤其适合加工箱体、机架等结构复杂、外形尺寸较大的工件。它的工作内容如图 9-17 所示。

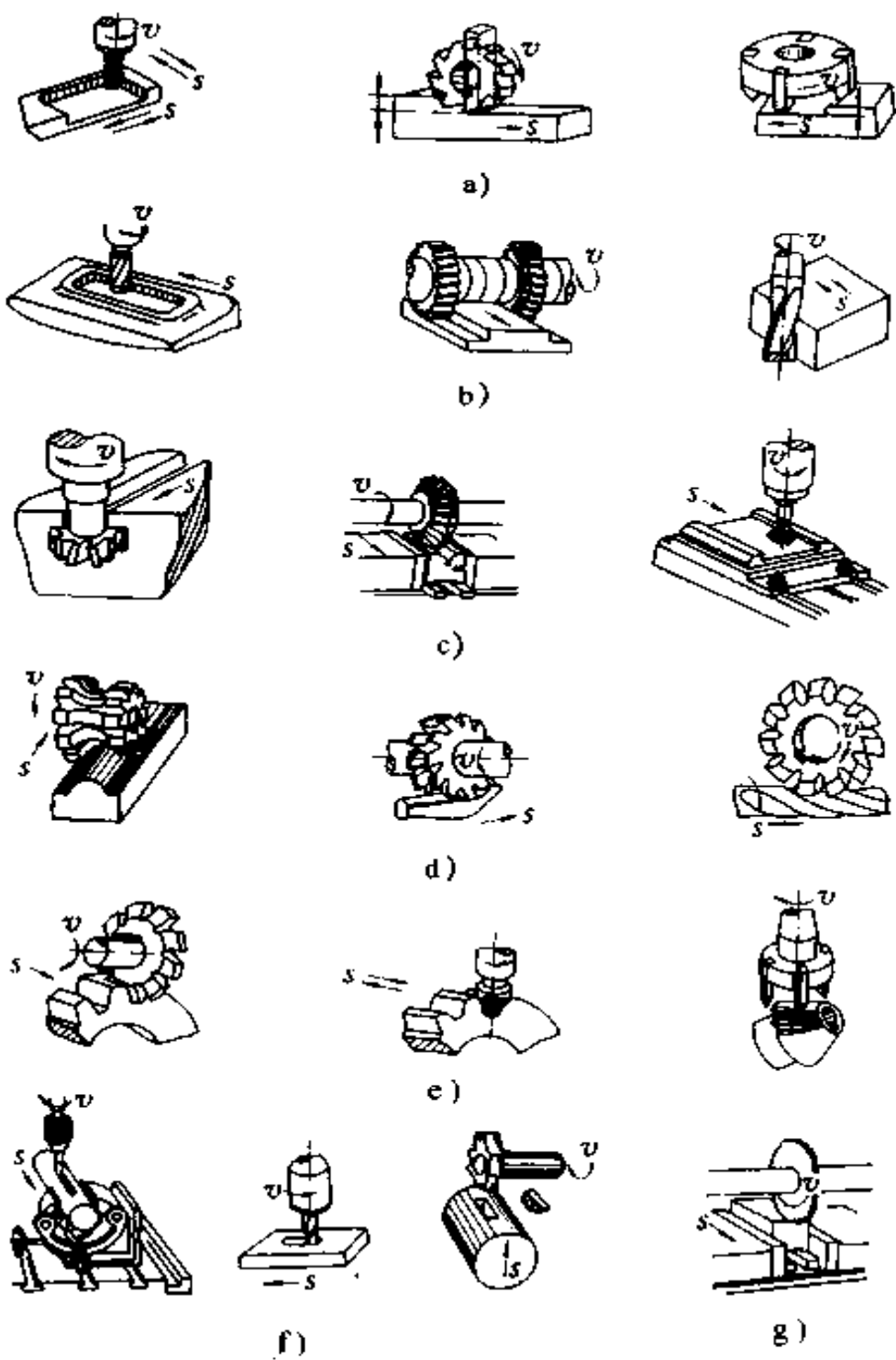


图 9-12 铣削加工内容简图

a) 铣平面 b) 铣侧面 c) 铣特形槽 d) 铣成形面  
e) 铣齿轮 f) 铣键槽 g) 切断

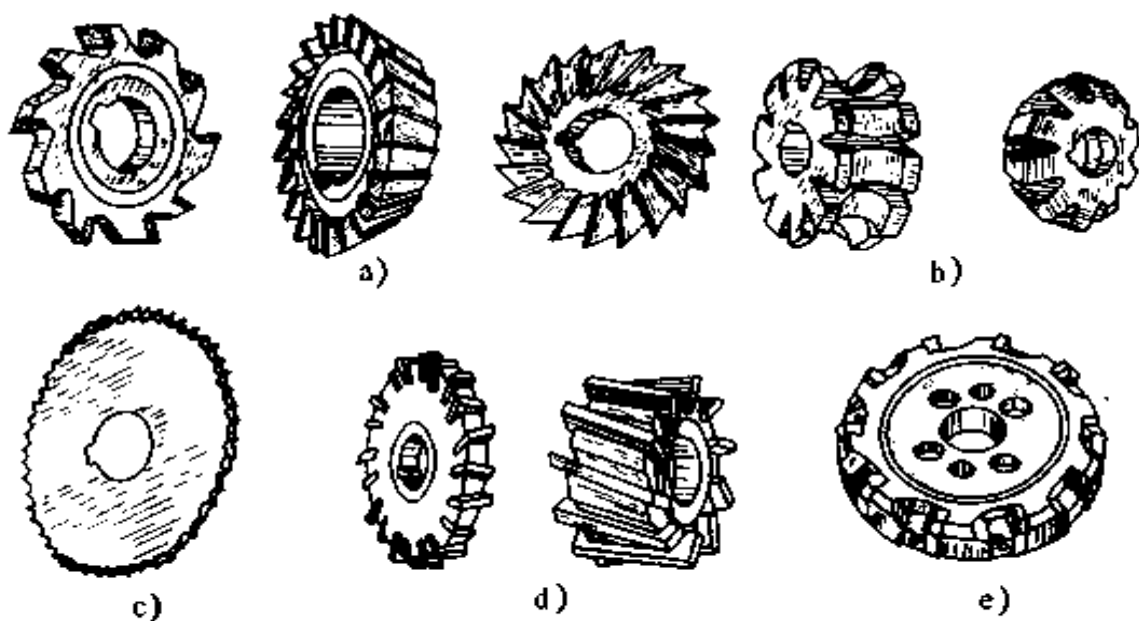


图 9-13 常见铣刀型式

a) 铣槽用的铣刀 b) 铣特形面用的成形铣刀 c) 锯片铣刀  
d) 镶齿铣刀 e) 机械夹固式铣刀

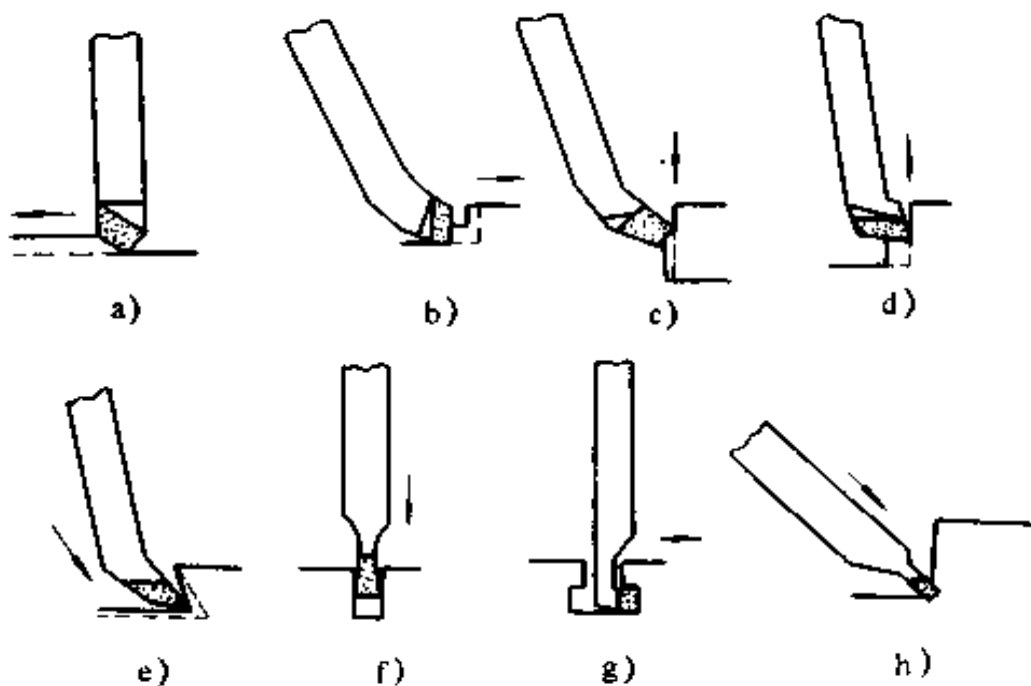


图 9-14 刨削加工的主要内容及刨刀

a) 平面刨刀 b)、d) 台阶偏刀 c) 普通偏刀  
e) 角度刀 f) 切刀 g) 弯切刀 h) 割槽刀

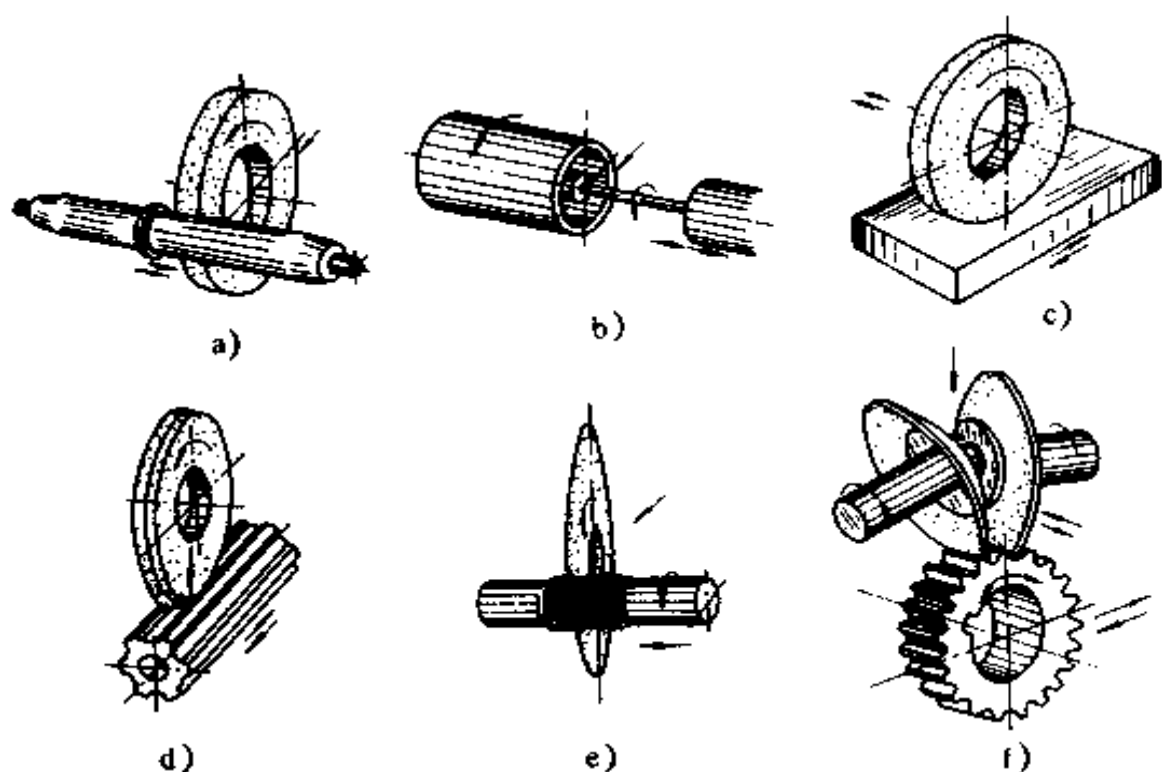
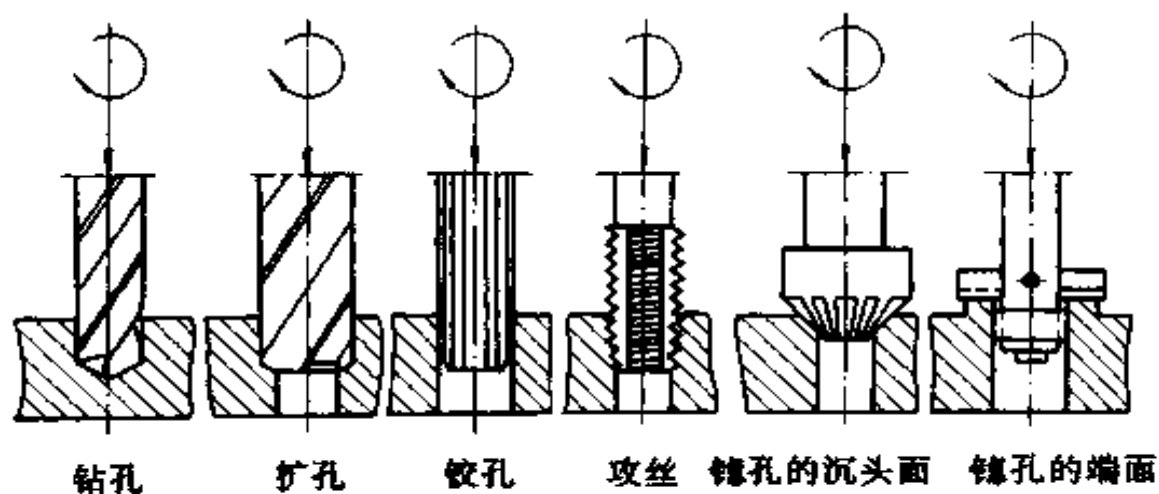


图 9-15 磨削加工的内容

a) 外圆磨削 b) 内孔磨削 c) 平面磨削 d) 花键磨削  
e) 螺纹磨削 f) 齿轮磨削



钻孔 扩孔 铰孔 攻丝 镗孔的沉头面 镗孔的端面

图 9-16 钻床加工的内容

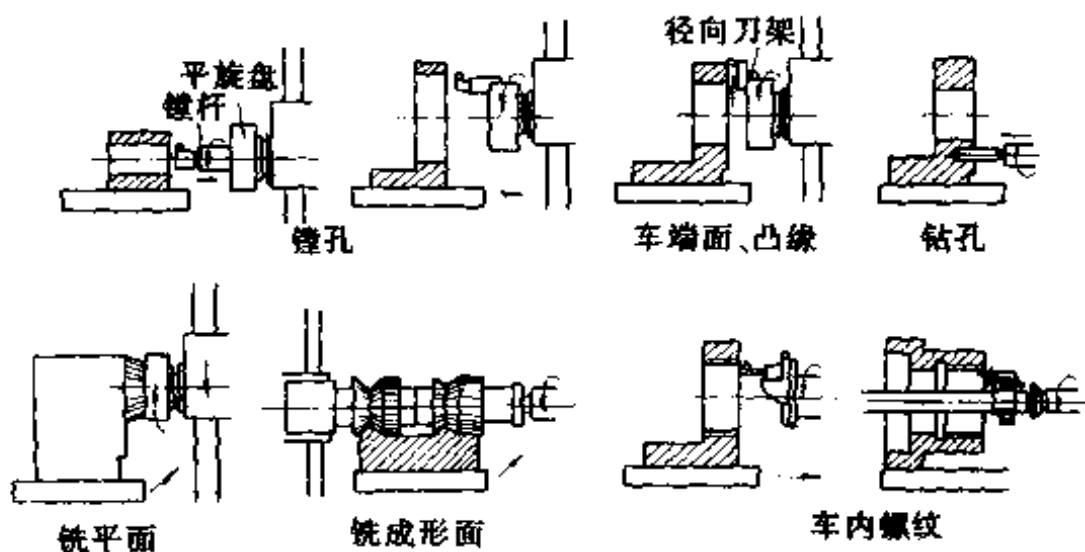


图 9-17 镗削加工内容

7. 拉削加工 用拉刀穿过工件的孔进行切削加工称拉削。它可以一次完成全部粗、精加工,生产率高,主要用于大批量加工各种形状通孔、平面及成形面等,其适于拉削的表面形状如图 9-18 所示。

8. 特种加工 它是为解决一般机械加工方法难以解决的问题,而发展起来的加工方法。特种加工方法种类较多,主要有电火花加工、电化学加工、激光加工、超声波加工等。它们的共同特点是,直接利用电能、光能、化学能、声能等进行加工。加工用的工具硬度,不必大于被加工材料的硬度。在加工过程中,工具和工件之间不存在显著的切削力,因而能够解

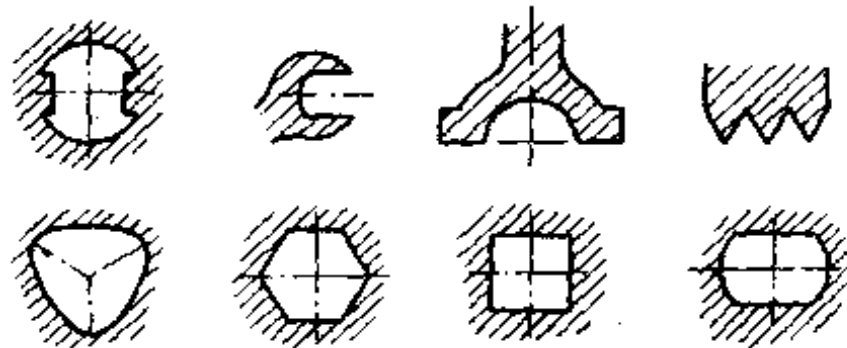


图 9-18 拉削表面形状

决常规刀具切削方法难于解决的加工问题。它们主要用于加工常规切削加工难以切削的材料及精密细小和形状复杂的零件。在各种行业中,已成为不可缺少的加工方法。

(1) 电火花加工:它的原理就是在工具和工件(正负电极)之间,受脉冲电压的作用,在间隙间产生火花放电,在放电区的温度高达  $10000\sim 12000^{\circ}\text{C}$ ,使电极上的小部分金属被迅速熔化和汽化来去除多余的金属,以达到加工的目的。

在电火花加工过程中,不仅工件电极被蚀除,工具电极也同样要蚀除,但两极的蚀除量是不等的。因此,在加工时要合理选择极性,将工件接在电蚀量大的一极,工具接在电蚀量小的一极。

电火花加工可以用来加工各种导电材料,对于任何高强度、高硬度、特别难切削的耐热合金、淬硬钢材等,均可进行加工。加工时工具电极并不回转。若将工具电极作成任何截面形状的成型电极,则一次可加工出各种复杂形状的工件,又因加工时工具电极与工件不接触,两者之间的作用力极小,更有利于小孔、深孔、薄壁、窄缝和型腔工件的加工。由于脉冲参数可以任意调节,故可在一台机床上连续进行粗、半精、精加工。穿孔加工精度可达  $0.05\sim 0.01\text{mm}$ ,型腔加工精度可达  $0.1\text{mm}$  左右,表面粗糙度  $R_a$  小于  $1.25\mu\text{m}$ 。所加工小孔的最小直径可达  $0.01\text{mm}$ 。

在模具制造中,电火花加工多用于加工中、小型冲裁模中属于穿孔性质的加工(即型腔模加工)。

还可进行电火花切割加工,称线电极切割,简称线切割。它广泛应用于加工各种淬火钢的冲模、样板、外形复杂的精密细小零件及窄缝等。加工精度高,尺寸精度一般为  $0.01\sim 0.02\text{mm}$  或更高,表面粗糙度  $R_a$  可小于  $2.5\mu\text{m}$ 。



(2) 电化学(电解)加工:它的原理是利用金属在电解液中产生阳极溶解的电化学反应原理,对金属材料进行成形加工的一种方法。它可加工高硬度、高强度和高韧性的导电材料,生产率比电火花加工高。加工时,无切削力及切削热,适于加工易变形及薄壁零件。加工后表面粗糙度比电火花加工高一级,尺寸精度低一级。目前常用于加工涡轮叶片、整体叶轮、各种型孔、型腔等。

(3) 超声波加工:它是利用工具作超声频振动,并通过磨料加工的一种加工方法。主要用于加工各种不导电的硬脆材料,如玻璃、石英、陶瓷、宝石等,特别适于加工某些不能承受较大机械力的薄壁、窄缝和各种复杂形状的类型孔、型腔、成形表面等。若采用中空形状的工具,还可加工各种形状的套料。加工孔的尺寸精度,一般可达 $\pm 0.02 \sim 0.05\text{mm}$ ,表面粗糙度一般可达 $R_a < 0.63\mu\text{m}$ 。目前主要用于硬脆材料的孔加工、套料、切割及研磨金刚石拉丝模等。

(4) 激光加工:它是利用激光(一种亮度高、方向性好、单色性好的相干光)使聚焦点处的功率密度达 $10^7 \sim 10^{11}\text{W/cm}^2$ 、温度高达 $10000^\circ\text{C}$ 左右的特性,对工件进行加工的一种方法。它几乎对所有的金属和非金属材料都可以进行打孔。特别对坚硬材料可进行微小孔( $0.01 \sim 1\text{mm}$ )的加工,最小孔径可达 $0.001\text{mm}$ ,深径比可达 $50 \sim 100$ 。

(5) 电解磨削(又称导电磨削):它是电解作用和机械磨削相结合的加工过程,其中约90%的金属是由电解作用去除的。它适用磨削各种强度高、韧性大、脆性大、热敏性材料制成的工件,其加工效率比机械磨削高10倍左右,尺寸精度可达 $1 \sim 2\mu\text{m}$ ,表面粗糙度可达 $R_a < 0.04\mu\text{m}$ 。

## 第十章 模具的加工与装配

模具是以其特定的形状结构,通过一定的方式使原材料在凸、凹模间冲压成形,或在模腔内充满成型的一种工艺装备。模具在工业生产中应用很广。利用模具生产,可保证产品质量、提高生产率、降低成本,其优越性在大批量生产中尤为明显。

模具是适用于大批量生产的精密工艺装置。对模具的共性要求是,制造精度高、使用寿命长、制造周期短、成本低。模具通常可分为冷冲模、热锻模、金属型铸模及压铸模、塑料模等几类。它们虽因使用上的不同而在结构上存在较大的差异,但其总的要求和制造过程却是大致相同的。

以下将着重对工业生产中应用较广的冲裁模、锤锻模等的制造工艺作简要介绍。

任何一套模具均由许多零件组成。以冲裁模为例,从制造角度看,这些零件可归纳为标准件、通用件和专用件三类。标准件已有国家标准,选用即可;通用件中如模架、导向装置等,亦已通用化、系列化,这类零件大多用通用机床加工即可;专用件一般都要自制,尤其是模具中直接参与工作的零件的工作型面(或型腔)。这些工作零件通常形状结构都较复杂,且尺寸形位精度及工作表面的光洁程度都要求很高,加工过程中难点往往集中在这上面。

## 一、模具零件机械加工简述

模具的工作型面(型腔)可归纳为外工作型面和内工作型面两种。

### (一) 外工作型面的机械加工

冲压类模具的凸模工作表面属外工作型面,其加工方法视其形状而定。

1. 圆形外工作型面的加工 图 10-1 所示圆形凸模的工作型面,加工比较简单。锻造毛坯经退火后,在车床上进行粗、半精加工。经淬火并低温回火,再精磨外圆,最后抛光工作型面和磨出刃口即成。

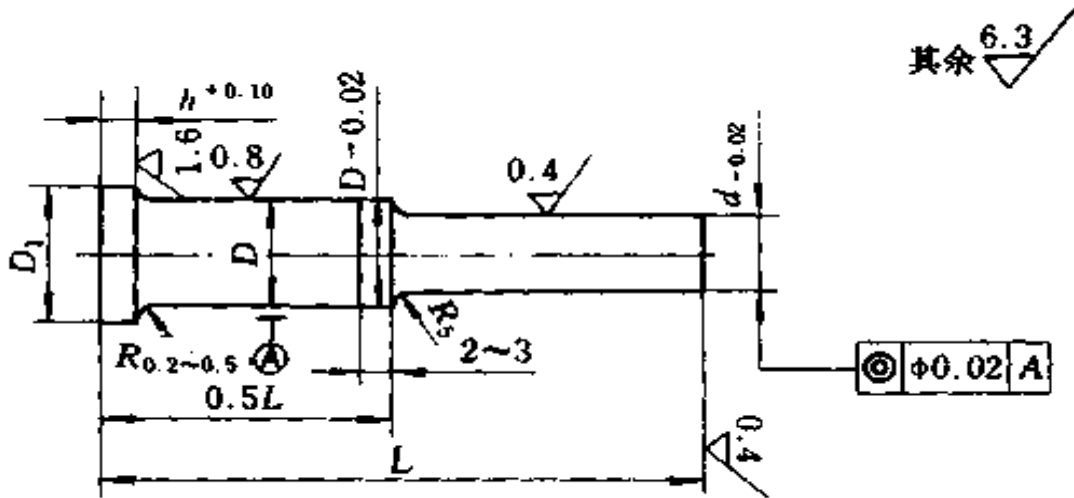


图 10-1 圆形凸模

2. 非圆形外工作型面的加工 加工非圆形凸模工作型面,有用凹模压印后修锉成形和用仿形机床加工成形两种方法。

(1) 用凹模压印后修锉成形法:先在机床上预加工出凸模毛坯的各个表面,留压印后的锉修余量(每面 $0.15\sim 0.25\text{mm}$ )。用压力机将凸模压入已加工好的淬硬的凹模口内,凸模上多余的金属遂被凹模切下并挤出,并留下凹模的印痕;然后,由钳工按印痕将挤出的金属锉去。锉削时,各表面要均匀锉,不准锉到被凹痕压光的表面,再压印,再锉削,如此反复进行,直至达到要求为止;再按图样上规定的间隙锉小凸模到留下 $0.01\sim 0.02\text{mm}$ 的钳工研磨量,然后进行热处理;最后研磨工作面到图样规定的与凹模的间隙值。此法用得较多,尤宜于加工无间隙冲模。

(2) 用仿形机床加工成形法:先在机床上进行粗、半精加工,留出 $0.2\sim 0.3\text{mm}$ 余量;用仿形加工凸模的工作型面,与已加工好的凹模修整配合;热处理后研磨抛光工作型面,使凸、凹模的间隙达到图样规定的数值。

仿形加工非圆形凸模时,凸模根部最好设计成圆形,与固定板装合的部分设计成圆形或方形,这样较易加工,且可增加凸模的刚性。

## (二) 内工作型面的机械加工

各种凹模的工作表面是模孔的内工作型面,其加工方法也视其形状而定。

1. 圆形内工作型面的加工 这种凹模制造较简单,锻坯经退火后,在各种机床上进行粗、半精加工底面、顶面、型孔,以及所有的螺孔、销孔、其它固定孔等;进行淬火并低温回火后,磨削型孔及顶面、底面,研磨模口工作面。若凹模孔径小于 $5\text{mm}$ 时,淬火前应精铰,淬火后直接抛光或研磨;也可采用电火花加工。

2. 非圆形内工作型面的加工 这种凹模制造比较复杂,

经划线后,型孔中心的余料常用沿型孔轮廓线密密钻孔,然后锯、锉或机切去除;余料太大时可用氧-乙炔气割割除。

型孔余料去除后,粗、半精刨削底面和顶面,仿形铣削型孔及钻、镗出所有螺孔、销孔等孔;继由钳工锉修型孔及锉出型孔斜度后,进行淬火并低温回火处理;之后磨底面、顶面,研磨型孔达到图样要求。

兹以下面两例来说明模具的凹模和凸模的加工工艺过程。

图 10-2 所示为一支板的落料凹模和凸模。材料为 GrWMn,凹、凸模硬度分别要求为 HRC60~64、HRC58~62;凸、凹模配合后双面间隙为 0.03mm。

凹模的加工工艺过程如下:下料(切出棒料)→锻成矩形坯→退火→粗加工六个面→磨上、下平面→划线(划出凹模中心线位置,用样板划出型孔轮廓线)→除去型孔中余量,粗加工型孔,每面留精修余量 0.15~0.25mm→型孔精加工(锉修型孔,锉出型孔斜度)→加工所有孔→淬火并低温回火(HRC60~64)→精磨上、下两平面→钳工研磨精修型孔,达到图样规定要求。

凸模的加工工艺过程如下:下料→锻成矩形块→退火→粗加工六面→磨削六面→划线(划出凸模轮廓线及螺孔位置)→粗加工凸模轮廓,留压印锉修余量 0.15~0.25mm→用凹模压印后用修锉成形法锉修凸模,达到配合要求的尺寸,留研磨余量→加工螺纹孔→淬火并低温回火热处理,硬度比凹模低 HRC2→磨上下两端面→研磨精修工作型面至达到图样规定要求。

### (三) 模架零件的加工

模架由导柱、导套、下模座和上模座组成。

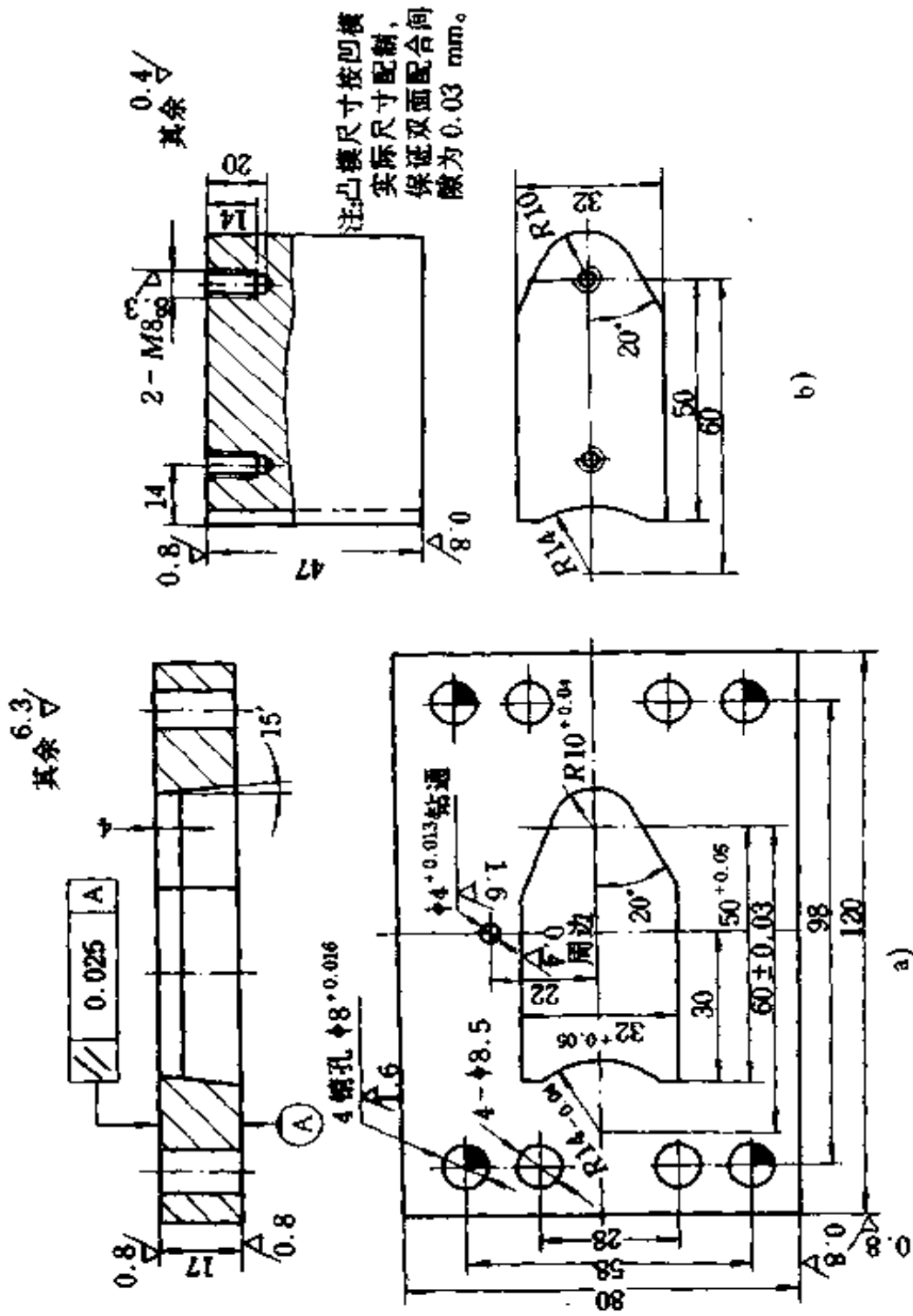


图 10-2 支板的落料凹模与凸模

a)凹模 b)凸模

1. 导柱、导套 标准化导柱与导套如图 10-3 所示。

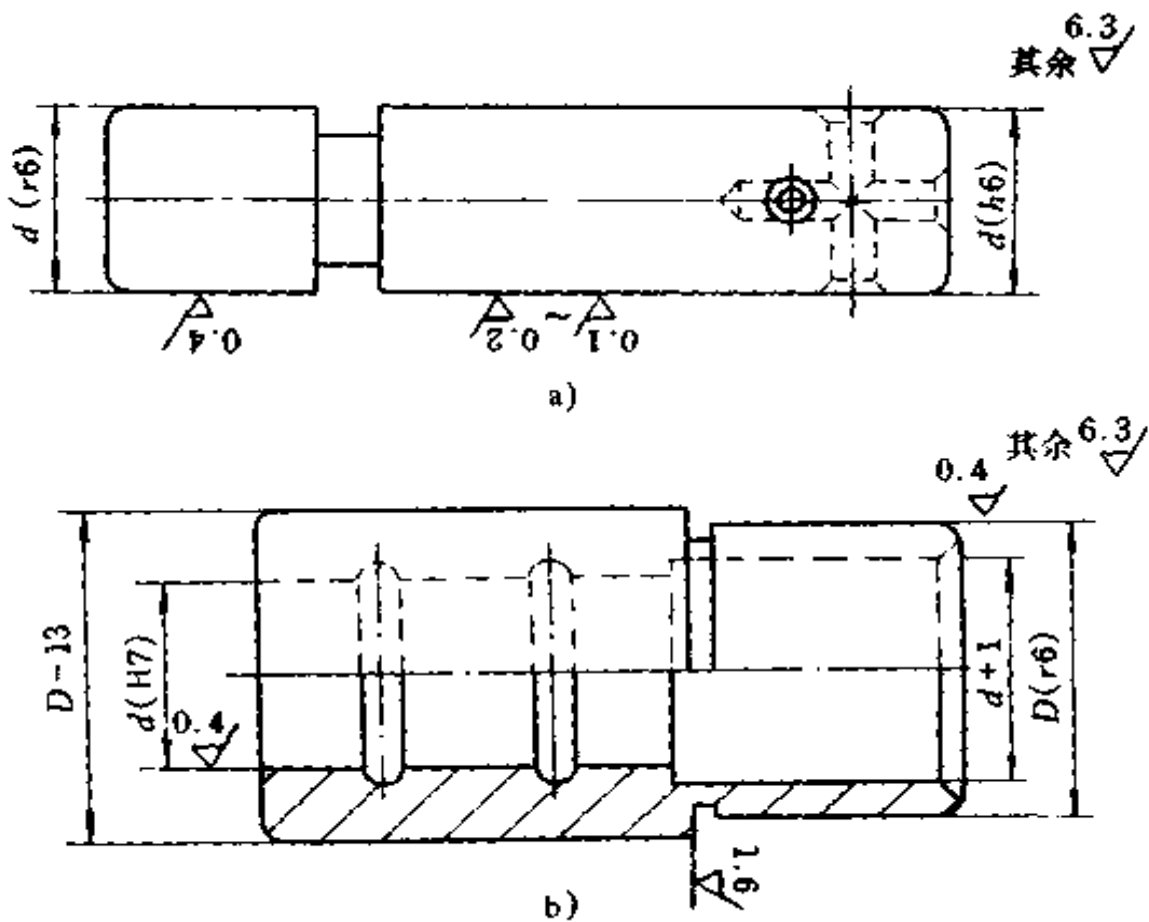


图 10-3 导柱与导套

a)导柱 b)导套

导柱与下模座、导套与上模座的配合均为 H7/h6。导柱导套的配合一般是 H7/h6, 精密冲裁时为 H6/h5。导柱、导套表面应耐磨, 中心部分则应具有良好的韧性。

导柱、导套通常用 20 号钢制造, 也有用 T8A 或 T10A 制造的, 以前者居多, 最终热处理是渗碳淬火并低温回火。导柱、导套的表面硬度分别要求为 HRC56~58 和 HRC50~52。

(1) 导柱的加工工艺过程为: 下料(棒料)→车削外圆→热处理(渗碳淬火并低温回火)→研修中心孔→磨外圆到图样

要求。

(2) 导套的加工工艺过程为:下料→(棒料)→车削外圆、钻镗内孔→热处理(渗碳淬火并低温回火)→精磨外圆和内孔到图样要求。高精度导套还需研磨内孔。

2. 上、下模座 在上、下模座上,装入导柱、导套和安装凸、凹模的固定板。对上、下模座总的要求是:模座上、下两平面应平行,平行度偏差不应超过规定的数值;模座上的孔要求与底面垂直,上、下模座上的导套、导柱压入孔中心距应完全一致(可采用一起镗出)。

上、下模座通常采用铸铁 HT200,或球墨铸铁 QT400-18,或铸钢 ZG230-450 制造。

上、下模座的加工工艺为:铸造(毛坯)→粗加工(铣、刨削加工)上、下两平面→精加工(磨削)上、下两平面→铣(镗)两孔(上模座与导套配合的孔,下模座与导柱配合的孔)。

## 二、模具主要零部件的结构

模具的种类很多,下面仅对应用较多而又具有代表性的冲裁模的主要零部件结构作一简要介绍,同时兼及其它模具。

按模具的用途和工艺特点,其主要零件可分为工作、定位、压料和卸料、导向、固定等五类。

### (一) 工作零件

冲模的工作零件主要是指凸模和凹模。

1. 凸模 常见凸模的结构和固定形式有下面几种:

(1) 圆形台阶式凸模:如图 10-4a 所示,用于小直径或小件的落料、冲孔工作。凸模做成台阶形,用以增加强度。它与固定板为过渡配合,固定板用螺钉与上模板固定连接在一起。



销钉用于横向定位,以防凸模工作过程中因螺钉松动而侧移。

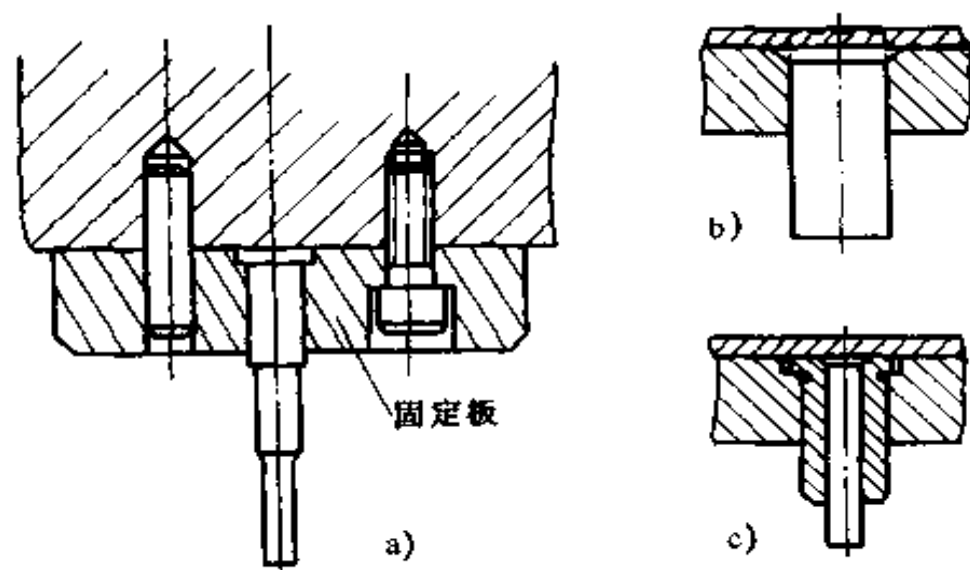


图 10-4 常用凸模结构形式

(2) 等截面直通式凸模:如图 10-4b 所示,用于冲制形状复杂的中、小冲压件。它与固定板为过渡配合,尾部与固定板铆接紧固。

(3) 带护套式凸模:如图 10-4c 所示,用于冲制小直径孔(与材料厚度差不多)的场合。护套是为了防止凸模弯曲或折断。凸模与护套是间隙配合,护套与固定板是过渡配合。由于这类凸模容易磨损,需细心保护。

2. 凹模 凹模的结构有三种类型,如图 10-5 所示。

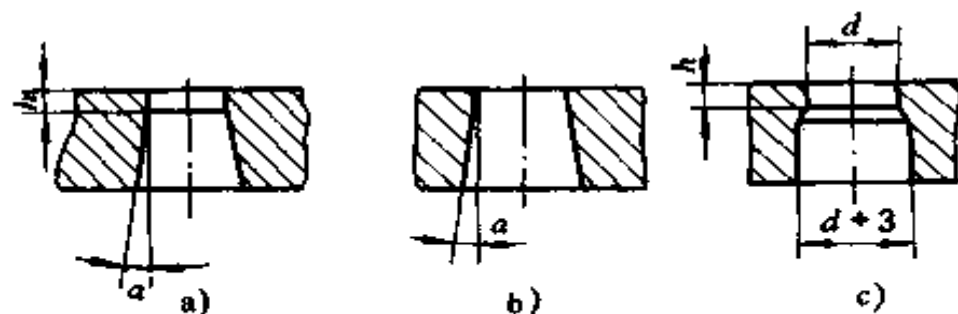


图 10-5 凹模的结构形式

图 10-5a 为圆柱形刃口。它的工作刃口强度较高,修磨刃口后工作部分尺寸不变。但冲压后材料卡留在凹模内,会增加孔壁磨损,此类型凹模主要用于落料或冲压形状复杂或精度较高的冲压件。圆柱形高度  $h$  取值主要与被加工的材料厚度有关。

图 10-5b 为锥形刃口。它的工作刃口修磨后尺寸增大,刃口强度较低。但冲压后易从凹模口落下,取件方便。它适用于冲落精度要求不高,形状简单的工件。

图 10-5c 为圆柱形刃口并带有过渡部分的凹模。它实质上为方便加工把锥形改为圆柱形,用于冲压尺寸较小的工件。

凹模的固定方式,常见的如图 10-6 所示。

图 10-6a 是在各种模具中较常见的凹模固定方式。它与下模座用螺钉固定,销钉用以横向定位。

图 10-6b、图 10-6c 为凹模压入固定板内,固定板再与下模座固定连接在一起的方法。也可把凹模做成台阶式压入固定板内(图 10-6d)。

图 10-6e 为止动螺钉在侧面紧固的方式固定凹模,用于薄板小孔冲压。

## (二) 定位零件

定位零件的作用是使毛坯或半成品在模具中具有准确的位置。定位零件的种类很多,常见的有定位钉、定位板、挡料销、导尺、导正销和侧刃等。

1. 定位钉和定位板 单个毛坯(或半成品),在模具进行冲压时(初次或再次)定位,常采用定位钉和定位板的结构形式,如图 10-7a、图 10-7b 所示。定位钉露出高度(或定位板厚度) $h$ ,可按下列关系选取。

材(板)料厚度为:  $t \leq 1.0\text{mm}$        $h = 2\text{mm}$

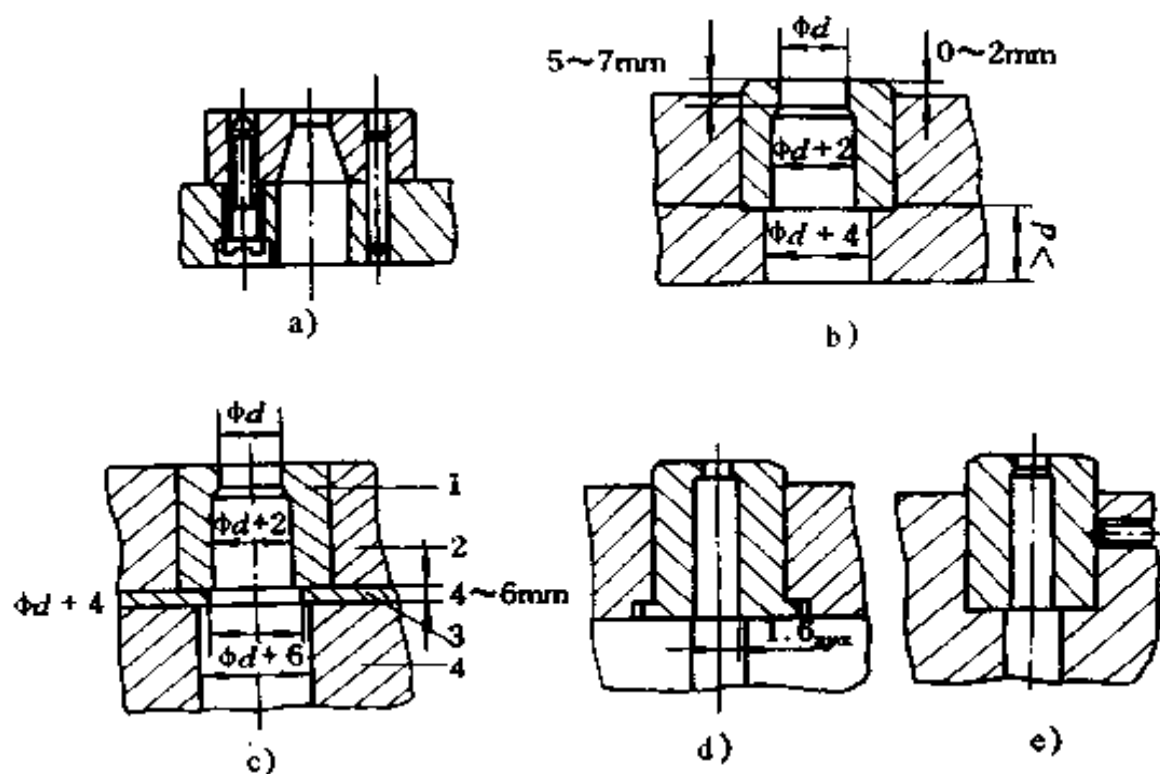


图 10-6 凹模的固定方式

1. 凹模 2. 固定板 3. 垫板 4. 下模座

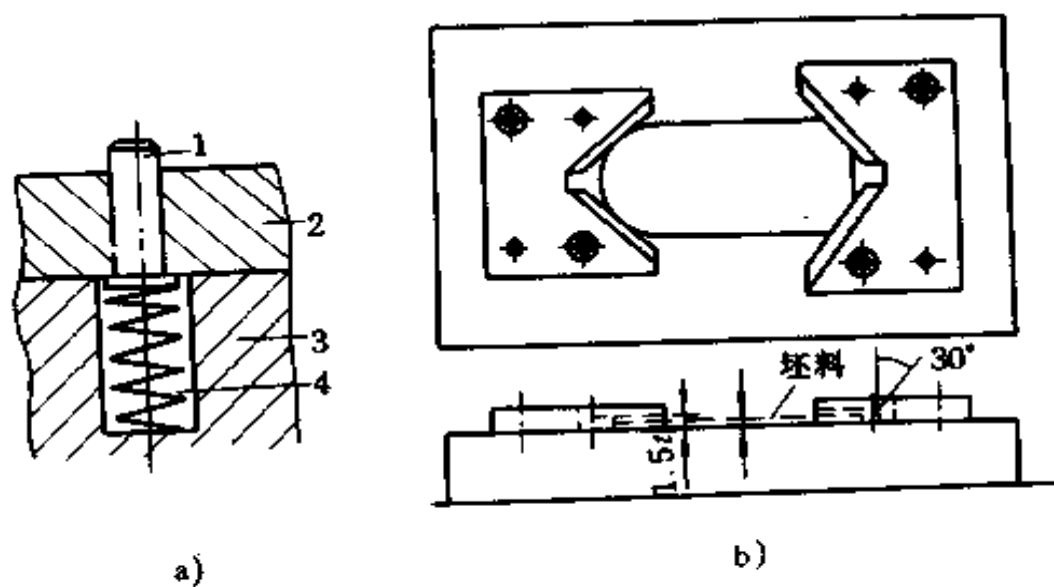


图 10-7 定位钉和定位板

$$t = 1 \sim 3\text{mm} \quad h = t + 1$$

$$t = 3 \sim 6\text{mm} \quad h = t$$

定位钉分为固定式和弹性式两种。固定式定位钉适用于各种孔径定位；弹性式的适用于薄壁凹模毛坯定位。

定位板常见的有毛坯外形定位和毛坯内缘轮廓定位两种形式。

2. 挡料销 挡料销一般的结构类型如图 10-8 所示,其作用是控制板料纵向移动距离。挡料销的材料为 T7,硬度为 HRC50~55。其中,固定挡料销结构简单,制造容易,应用广泛,一般装在凹模或下模上。

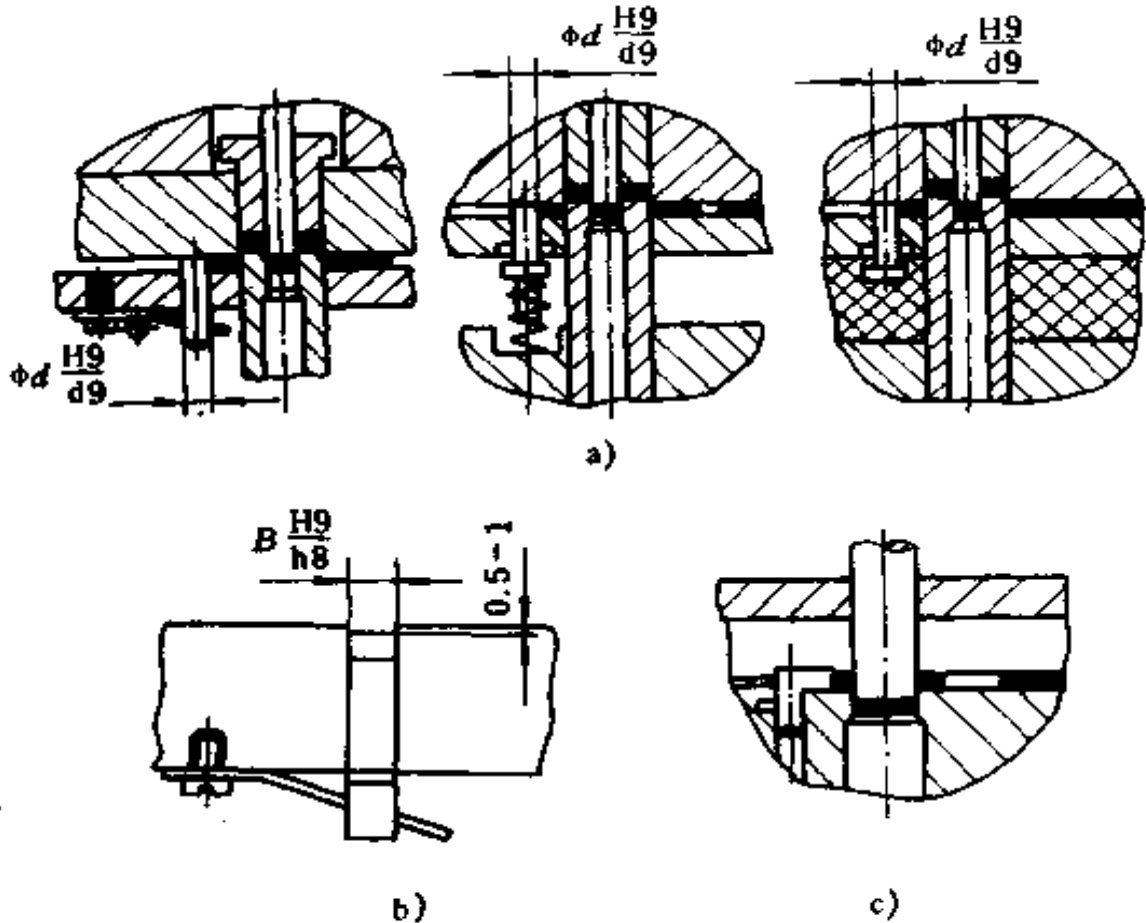


图 10-8 挡料销结构类型

a) 活动挡料销 b) 固定挡料销 c) 钩式挡料销

3. 导尺 导尺的作用是使条料送进位置正确。它可与卸料板作成整体,也可以单独使用,其结构形式如图 10-9 所示。在安装时两导尺之间等于带料的宽度加 0.2~1.0mm 的间隙。

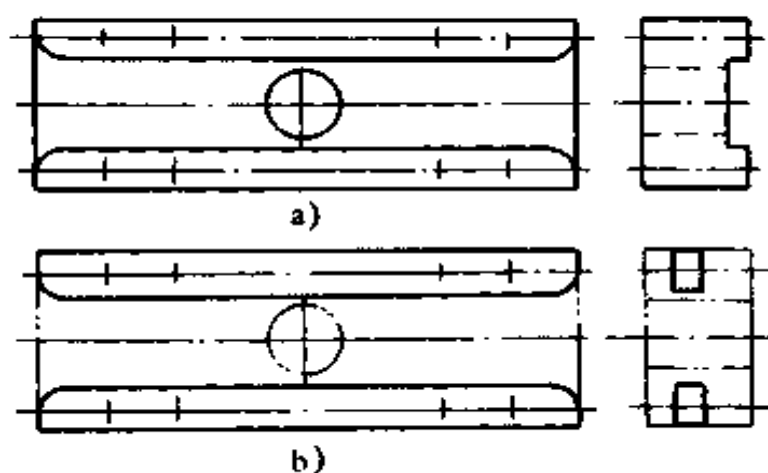


图 10-9 导尺的结构形式

4. 导正销 又称导正钉,其作用是对条料精确定位,保证冲件外形与内孔的位置与尺寸,通常装在落料凸模上,结构形式有四种(图 10-10),分别用于不同情况。I 型用于直径 1.5~4mm 的孔;II 型用于直径 4~10mm 的孔;III 型用于直径 10

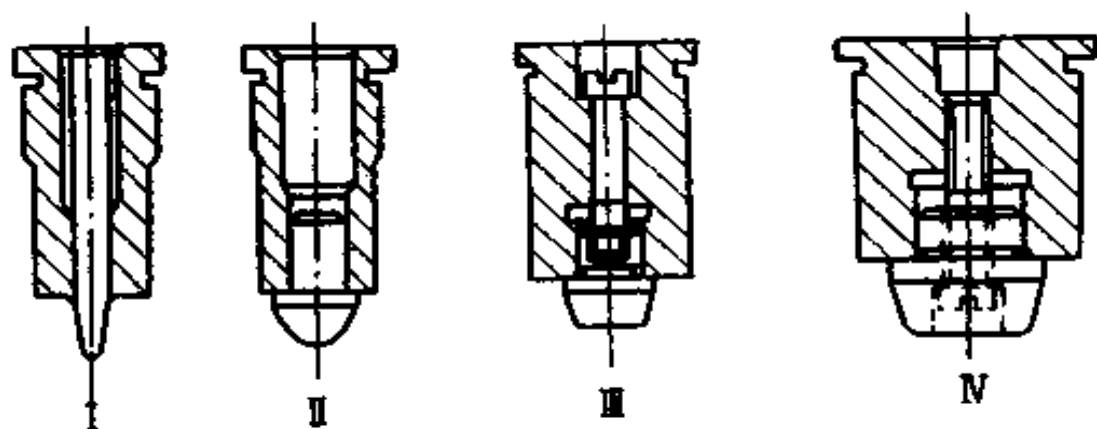


图 10-10 导正钉的结构形式

~25mm 的孔;IV 型用于 25~50mm 的孔。

5. 侧刀 侧刀的作用是提高定位精度和生产率,有利于实现冲床自动化,但增加材料消耗。故它仅适用于材料较薄( $t < 0.5\text{mm}$ )、冲件易破裂或窄长的材料及零件侧边需冲出一定形状等情况。

### (三) 卸料、压料零件

卸料、压料用于模具在上模下行时的压料和回程时的卸料。主要有卸料板、压边板、顶件板和推件板等形式。

1. 卸料板 卸料板的作用是在上模回程时从上模上卸下卡在上模上的材料(常以板条料居多)。常见的有刚性卸料板和弹性卸料板两种形式,如图 10-11 所示。

图 10-11a 为常见的刚性卸料板的三种结构形式,右边的一种兼作凸模导向,此时模具可省去导柱导套副。图 10-11b 为常见的弹性卸料板的三种结构形式。

卸料板孔与凸模的间隙和卸料板至凹模顶面距离“ $H$ ”的大小应合理确定。对板料厚度  $t < 3\text{mm}$  时,取单边间隙为  $0.3\text{mm}$ ;  $t > 3\text{mm}$  时,可以加大到  $0.5\text{mm}$ 。卸料板孔的下面应保证锐角。“ $H$ ”值应比材料厚度与挡料销高度“ $h$ ”之和大  $5\sim 6\text{mm}$ ,以保证材料能顺利卸下。

2. 压边板 压边板(圈)是在上模下行时,压住板料以防其起皱失稳。常见的有刚性压边圈和弹性压边圈两种,如图 10-12 所示。

图 10-12a 为刚性压边圈。它用螺钉固定在凹模上,它与凹模之间的间隙是不变的,约为板料厚度值。

图 10-12b 为弹性压边圈 8 与弹簧 1、螺栓 5 和限位螺栓 9 等零件组成弹性压边装置。上模下行时,压缩弹簧产生压力作用于压边圈而压住板料。

顶件板和推件板的主要作用是将冲压件从凹模中或凸模

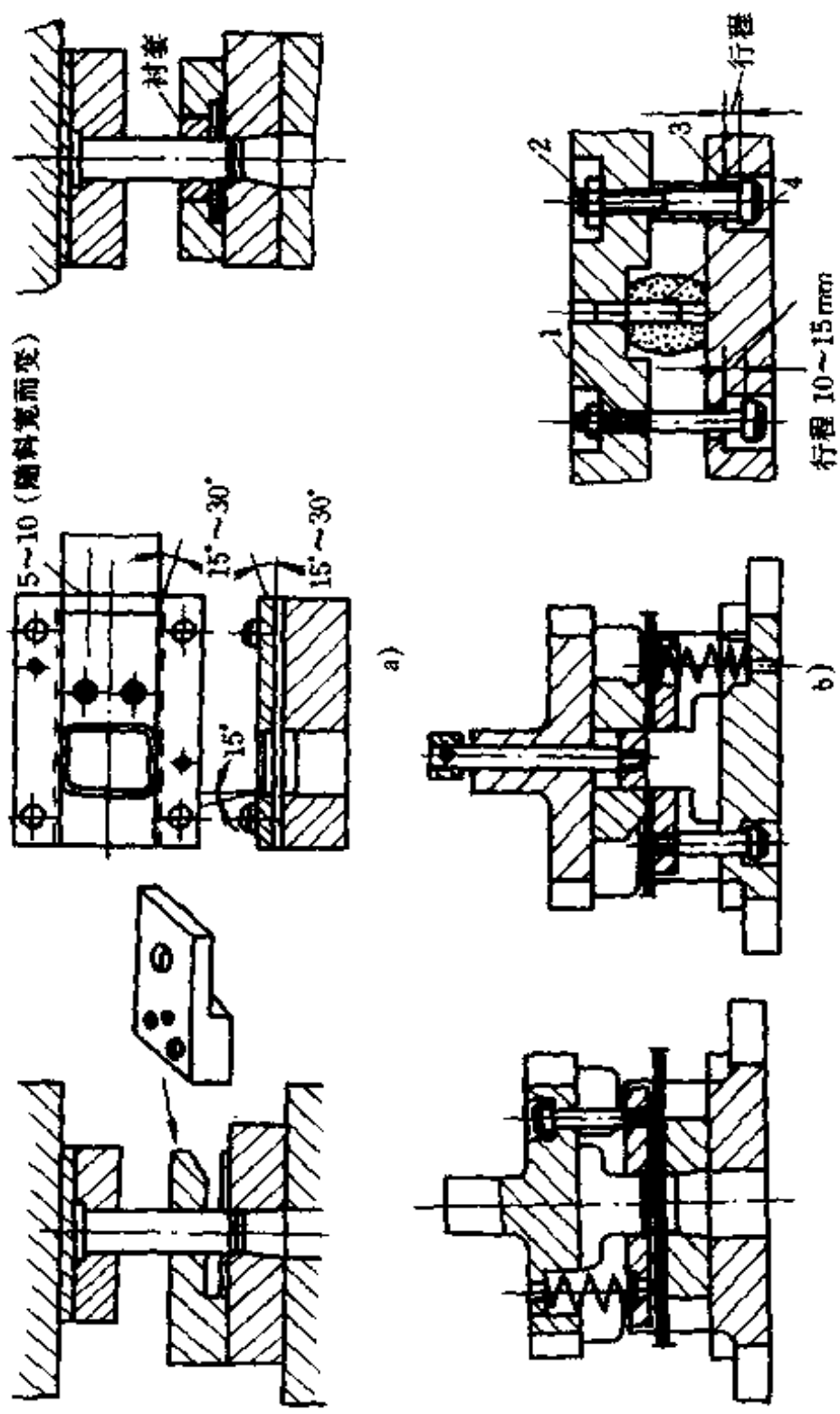
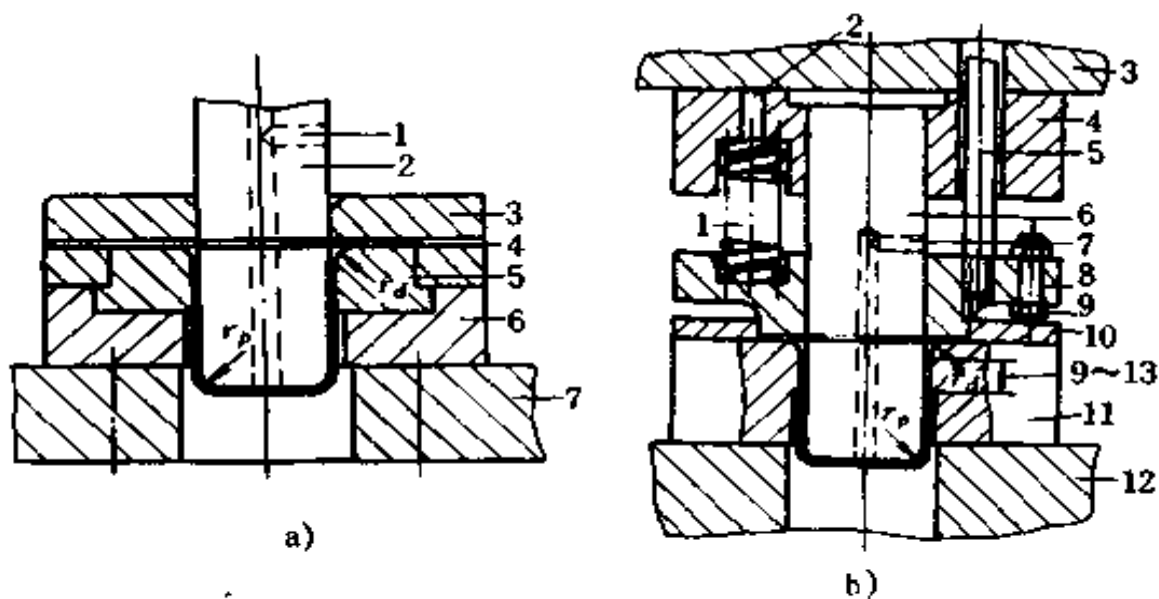


图10-11 卸料板结构形式

- a)刚性卸料板 b)弹性卸料板
- 1.螺栓 2.带导向套圆头螺栓 3.卸料板 4.橡皮



**图 10-12 压边板形式**

a)带刚性压边圈首次拉深模

- 1.凸模气孔 2.凸模 3.压边圈 4.定位板 5.凹模  
6.凹模固定板 7.下模板

b)带弹性压边圈的首次拉深模

- 1.弹簧 2.通孔 3.上模板 4.凸模固定板 5.螺栓 6.凸模 7.凸模气孔  
8.压边圈 9.限位螺栓 10.定位板 11.凹模 12.下模板

上顶出或推下,也适于各种模具的卸件工作。其结构如图 10-13 所示。

#### (四) 导向零件

导向零件有导板、导柱和导套副、滚珠导柱和导筒副等形式。导柱和导套,如图 10-14 所示。

图 10-14a 为常见的导柱形式,此外,还有少见的有台阶式的。它在长度方面只有一个直径尺寸  $d$ ,其值在 16 ~ 60mm 之间,长度  $L$  在 90 ~ 320mm 之间。导柱端头与下模座的孔采用过盈配合;或把导柱下部加工成锥度,通过锥度衬



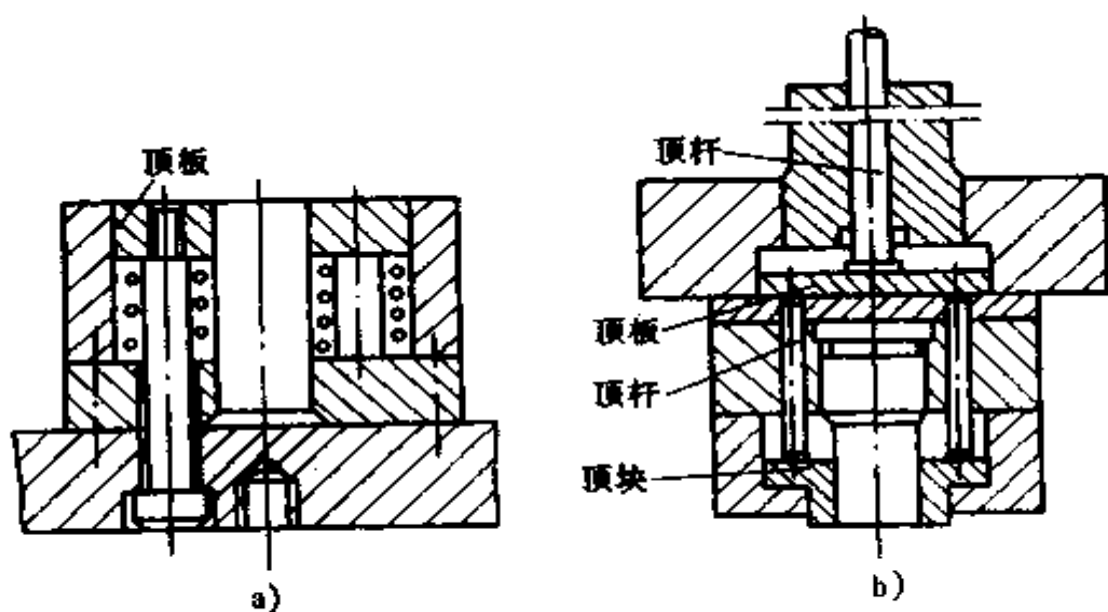


图 10-13 顶件板结构形式

a)弹性顶件器 b)刚性顶件器

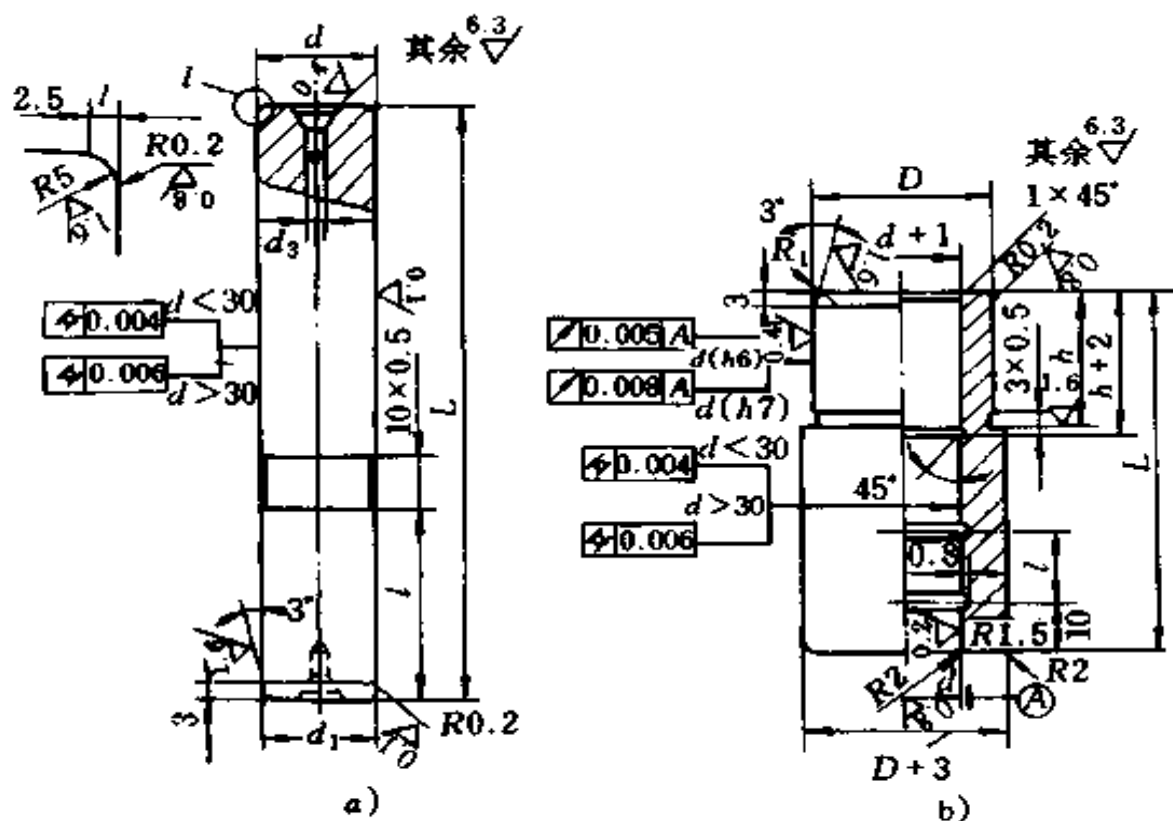


图 10-14 导柱和导套结构形式

a)导柱结构 b)导套结构

套、螺母等装配到下模座上。

图 10-14b 为导套的结构形式,在导套内有油槽,以便润滑。导套固定在上模座上的方式有压入式和用环氧树脂粘接剂(或低熔点合金)浇固式两种。在采用过盈配合压入时,导套的孔径会收缩。因此,要求在导套压入部分的孔径应比导套与导柱间隙配合的孔径  $d$  增大 1mm。

导柱与导套的配合采用间隙配合。其配合精度为 H7/h6,要求高精度时为 H6/h5。

导柱和导套已标准化,在使用时根据需要直接选取即可。模架由上、下模座、导柱和导套组成,如图 10-15 所示。

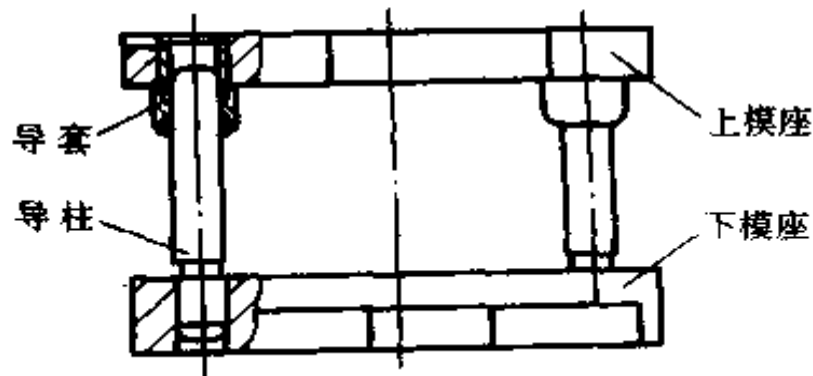


图 10-15 压入式模架

导柱在模架上的布置,视模具大小和导向精度的要求而定。模架上导柱导套副有两对、三对或四对的。对于有两对导柱导套副的模架,随其在上、下模座上分布位置的不同,又可分为位于上、下模座对角线上或后侧等形式。四对导柱导套副位于上、下模座四角的模架上,适用于大型制件的冲压。

选择导柱长度时,应考虑模具闭合时,导柱上端面与上模板上平面的距离不小于 10~15mm,导柱与下模座下平面的距离不小于 2~5mm。导套上端面与上模板上面的距离应大

于 3mm,用以排气和出油。

### (五) 固定零件

模具的固定零件有上、下模座、模柄、凸、凹模固定板、垫板、限位器、螺钉和销钉等。这些零件已标准化,在使用时可根据需要选取。

## 三、模具的装配

### (一) 模架的装配

模架是整套模具的结构基础,模具所有的工作零、部件都安装在模架上。整套模具通过模架固定在冲床上。工作时,所需的工作压力通过模架的上、下模座传递给模具的工作部分。通过导柱和导套的精确导向,使模具工作部分保持均匀的间隙,保证模具能进行正常的工作。由此看出,除了保证模架零件的加工精度之外,还必须做好装配工作。模架的装配是整套模具装配过程中的一项重要工作,必须给予充分的重视。

1. 模架的技术要求 根据标准,模架应具有如下一些技术要求:

(1) 组成模架的零件,必须符合相应的标准及技术要求。各零件加工表面无伤痕。

(2) 装配的模架,其上模座上平面对下模座下平面的平行度、导柱轴心线对下模座下平面的垂直度、导套孔轴心线对上模座上平面的垂直度,均应符合相应精度等级的技术要求,见表 10-1。任何一级模架必须同时符合表 10-1 中 A、B、C 三项技术指标。

(3) 导柱与导套的配合精度,应与模架的精度相对应,其

配合精度一般为H7/h6,要求高精度为H6/h5。模架上模座沿导柱滑动应平稳、无偏斜和紧涩现象。

表 10-1 模架分级技术指标

检查项目		被测尺寸 (mm)	滚动导向模架		滑动导向模架		
			精 度 等 级				
			0级	01级	I级	II级	III级
			公 差 等 级				
A	上模座上平面对下模座下平面的平行度	$\leq 100$	4	5	6	7	8
		$> 400$	5	6	7	8	9
B	导柱轴心线对下模座下平面的垂直度	$\leq 160$	3	4	4	5	6
		$> 160$	4	5	5	6	7
C	导套孔轴心线对上模座上平面的垂直度	$\leq 160$	3	4	4	5	6
		$> 160$	4	5	5	6	7

注:1. 被测尺寸:A为上模座的最大长度或最大宽度,B为下模座上平面的导柱高度,C为导套孔延长芯棒的高度。

2. 任何一级模架必须同时符合 A、B、C 三项技术指标。

2. 模架的装配 上、下模座、导柱和导套加工好后,即可装配成模架。在装配前,首先对以上四种零件详细地进行检查,检查其加工时有否碰伤,上模座上平面上的出气槽是否已加工出来;导柱、导套一端外表是否已倒棱。

模架的装配实质上是导柱和导套的装配。导柱和导套的装配方法很多。导柱装在下模座上,导套装在上模座上的方

法有以下几种,如图 10-16 所示。

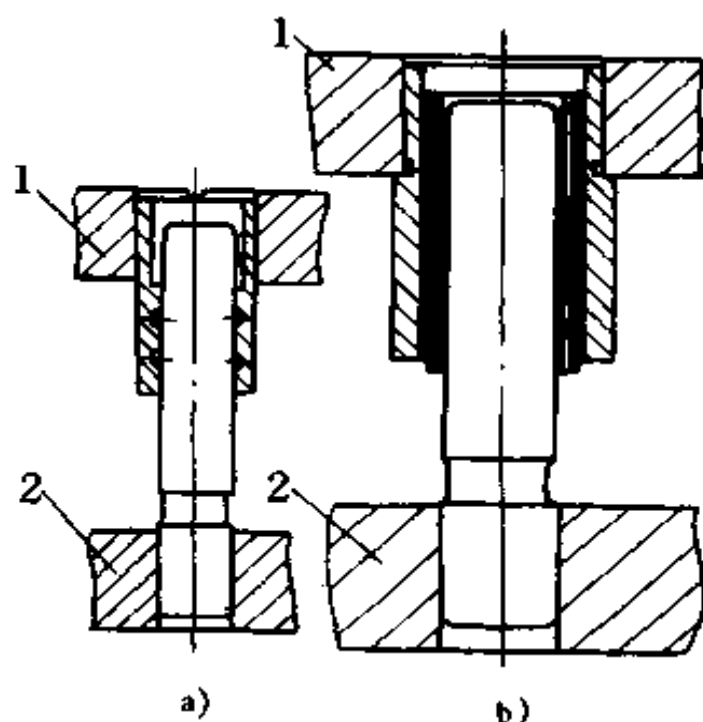


图 10-16 导柱、导套的常用结构

1. 上模板 2. 下模板

(1) 图 10-16 为导柱、导套整体压入上、下模座孔内的装配方式。此方式应用最广,装配工艺比较简单。其装配工艺过程为:

①模座上的导柱、导套孔,先压入导柱导套的倒棱一边,再将导柱、导套孔和导柱导套压配部分的表面擦洗干净,并涂上一层薄机油。

②将下模座放在平台上,用铜棒(或压力机)将导柱放正打入下模座。在开始时用力轻而均匀,每打一下,将模座转动一定角度。在打入过程中,随时测量与校正导柱的垂直度。打入后的导柱,其下端离模座底面应有 1~2mm 的距离。用同样方法压入另一个导柱。

③装导套。将上模座反置在导柱上,再套上导套,并用千分表检查导套压入部分内外圆的同心度,使其产生最大偏差的部位调在两导板中心线连接的垂直方向。

④用铜套(或帽形垫块)放在导套上,将导套打(压)入上模座一部分。把上模座连同导套从导柱上取下来,放在平台上,仍用上述方法将导套全部压(打)入上模座。两个导套应同时进行装配。

⑤在导套的油孔内填入毛毡或细纱线加注润滑油,在导柱的配合表面上涂一层薄润滑油。将上模座上的导套对正导柱套合上,上、下移动上模座,滑动应保持平稳,并无紧涩现象。

⑥检验模架上、下安装面的平行度。在对好的上、下模座中间垫以垫块,放在平台上测量平行度,应符合国标规定的相应精度等级,或按表 10-1 中要求的等级测定。

⑦检验合格后的模架,在一定部位打上图纸所规定的标记,并在加工面上涂一层防锈油。

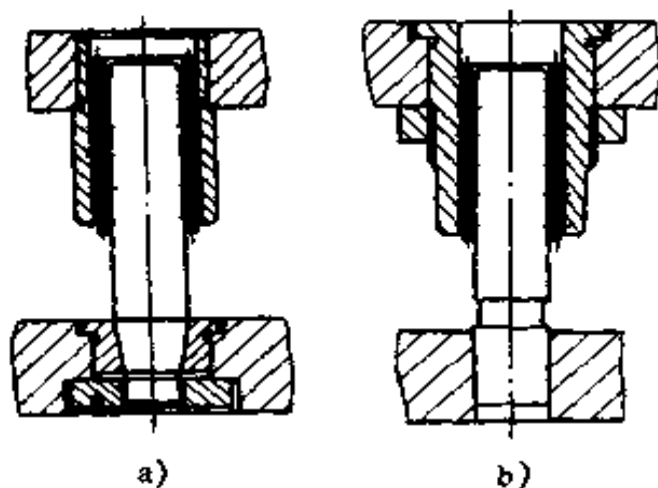


图 10-17 导柱、导套装配结构

a) 导柱可更换的结构

b) 导套可更换的结构

(2)图 10-17 为导柱、导套装配结构。导柱一端加工成锥度,装在锥度衬套内,用螺母和垫圈打紧;通过 3~4 个内六角螺钉和销钉固定到下模座上。导套做成如图 10-17b 式样,外面用固定圈和螺钉固定在上模座上。这种结构易于拆装、更换方便,适

用于刃磨时需要拆下导柱的冲裁模。

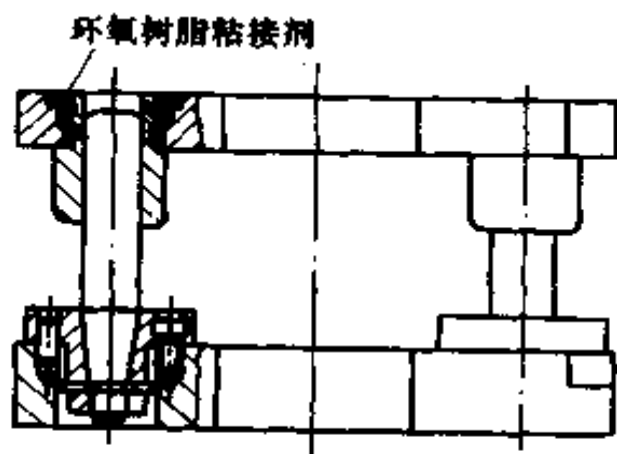


图 10-18 浇固式装配

(3)图 10-18 为导套用环氧树脂粘接剂或低熔点合金,浇固在上模座的方式。

3. 滚珠导套模架的装配 导柱的装配与上述方法相同。导套的装配分为压入式和浇固式两种。压入式滚珠导套装配如图 10-19 所示。其特点是:导套是

带台肩的,导套与上模座孔的配合是过渡配合。导套装入模座孔后用固定圈和螺钉拧上,后将滚珠圈套在导柱上,导套连同滚珠圈一起进入导套之中,再均匀地拧紧固定圈上各个螺钉将导套固定,再按前述要求检验其平行度。浇固式滚珠导套装配采用的方式和上述的一样,但在装导套之前,必须将模具安装好,然后按照闭模时位置将导套和滚珠圈装到导柱上,将上模工作部分装入下模工作部分,保持正确位置和均匀的间隙;将配制好的粘接剂浇入导套与上模座孔的空隙中。待粘接剂固化后,开模检验它的垂直度和闭模检验其平行度。完全合格后,即可涂上防锈油。

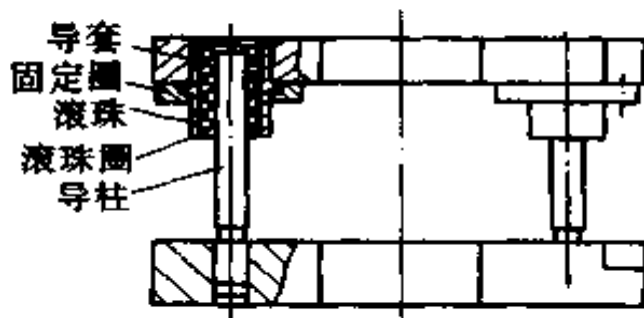


图 10-19 滚柱导套模架装配

但是,在一般情况下,模具钳工在装配模具时,并不是首先装配好模架,而是先将下模工作部分装

于下模座上,再压装导柱、导套,然后将上模工作部分装于上模座(或固定板)后,合模检验模具的平行度等。

## (二) 冲裁模间隙的调整

冲裁模是将金属或非金属的板料、条料或带料通过冲裁工序而得到封闭或非封闭图形(落料、冲孔、切边、切断等)零件所使用的模具。

冲裁模的质量,主要是凸凹模工作面的间隙问题。因此,冲裁模的装配,最主要的是保证此间隙均匀。保证间隙均匀的方法,需视模具的特性而定。由于模具种类很多,故调整检验间隙的方法也多种多样。常用的有以下几种方法:

1. 冲纸试验法(切纸法) 这是一种用来检验模具间隙均匀和大小的有效方法之一。装配过程中,在上、下模定位之前,用一定厚度(即冲裁件的料厚),一般不超过4mm的纸来试冲一下。根据冲下纸型切断的情况,即可看出间隙的均匀和大小。此法简便,适用于各种装配方法对刃口间隙的检查。

2. 垫片法 此法是把铜(或铝)质垫片(垫片厚度等于冲模的单边间隙)放在凹模周围,再用两块等高垫块压上,使凸模慢慢下降顺利进入凹模使之与周围垫片接触良好、间隙均匀为止。

3. 镀(涂)法 此法在凸模刃口不少于5mm长度上镀(或涂)上一层厚度等于单边间隙值的镀(或漆)层,然后进入凹模内直接进行装配。装配完毕后,其工作表面所镀(涂)的镀(涂)层不必去除,它将在冲裁过程中自动冲掉,不影响冲裁精度。这种装配方法,适于由电火花或线切割加工出的凹、凸模,其间隙不超过0.1mm的情况采用。



### (三) 冲裁模的装配与调整

冲裁模的装配,其重点除了导向部分,就是保证间隙均匀。现以图 10-20 所示为例,说明冲裁模的装配与调整方法。

#### 1. 装配前的准备工作

(1) 仔细研究图纸,弄清模具的结构特点及零、部件的各

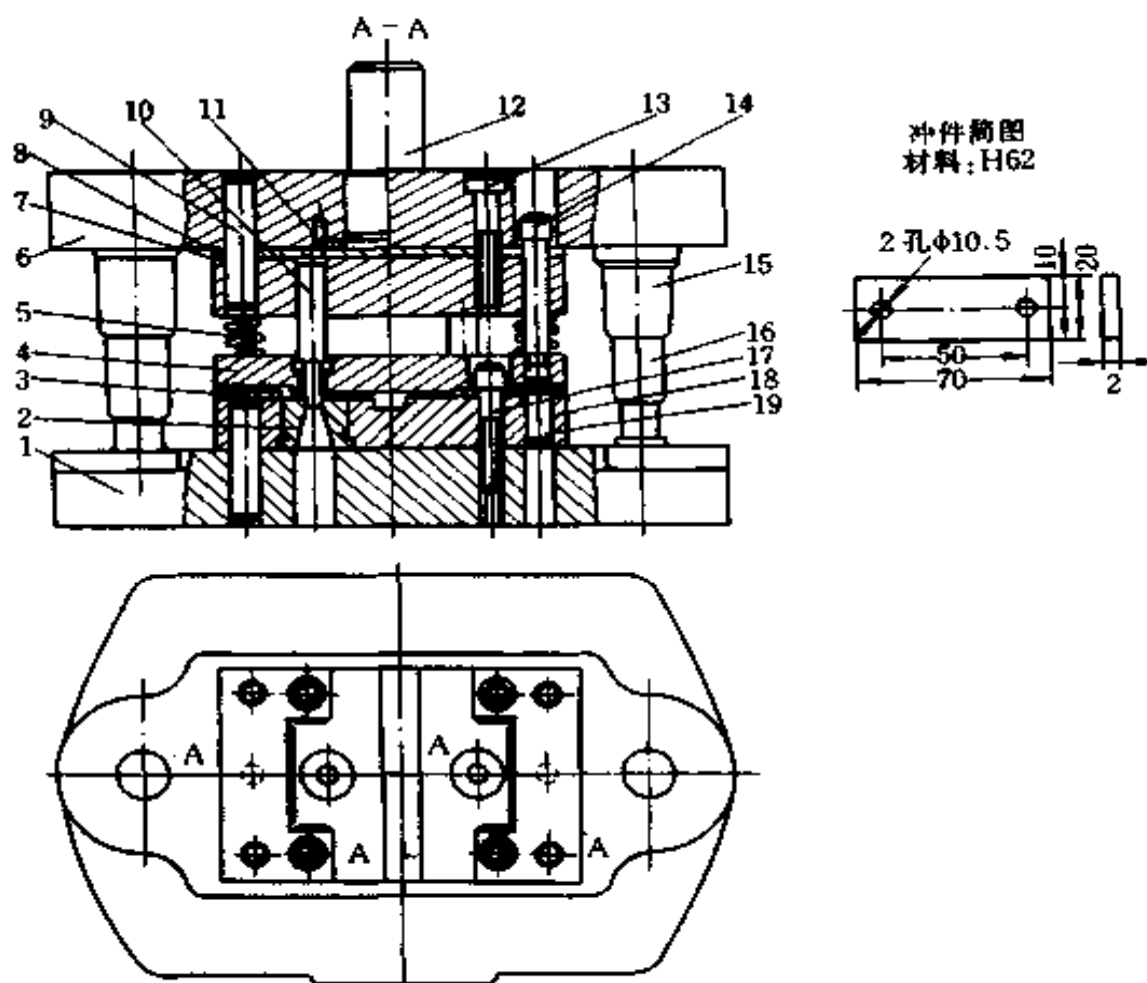


图 10-20 冲裁模装配

1. 下模座 2. 凹模 3. 定位板 4. 弹压卸料板  
 5. 弹簧 6. 上模座 7、18. 固定板 8. 垫板 9、11、19. 销钉  
 10. 凸模 12. 模柄 13、17. 螺钉 14. 卸料螺钉 15. 导套 16. 导柱

项技术要求。

(2) 检查组成模具各零件的材料、加工质量(尺寸公差、形位公差、表面粗糙度、热处理等),必须符合相应图纸要求及标准。

(3) 准备好装配时所需用的工具和量具。

(4) 确定(或编制)合理的装配次序和装配方法(案)。

## 2. 主要零、部件的装配

(1) 模柄的装配:模柄是连接上模座与冲床(或压力机)的零件,在 1000kN 以下的冲床上安装模具,一般均采用模柄连接。常用的模柄结构形式如图 10-21 所示的几种。图 10-

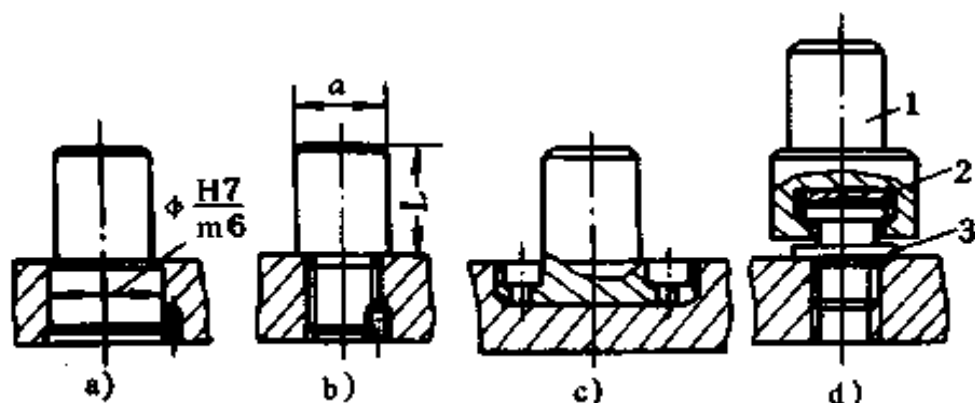


图 10-21 模柄的结构形式

1. 模柄 2. 垫块 3. 接头

21a 为压入式柄,适用于其直径  $d$  为 20~60mm 和上模座厚度较大的各种冲裁模。模柄与上模座孔的配合为 H7/m6。装配后于凸台边沿打入骑缝销钉(或拧入螺钉)防止转动。此广泛用于中、小型模具。图 10-21b 为旋入模柄,模柄与边模座螺纹连接,在骑缝处拧入防转螺钉紧固,用于小型带有模架的模具。图 10-21c 为凸缘模柄,用螺钉、销钉与上模座固定在一起,常用于较大或大型模具。图 10-21d 为浮动模柄,它

由模柄 1、球面垫块 2、接头 3 等零件组成。它可以通过球面垫块自行调整冲床滑块、导轨因间隙太大而产生的误差,适用于滚珠导柱的冲裁模。

当模柄是从上模座下面向上压入的结构时,在安装凸模固定板和垫板之前,应先把模柄装好。如图 10-21a 结构形式的模柄,它与上模座的配合要求是 H7/m6。装配时,先用压力机将模柄压入(图 10-22a),在骑缝处用定位销钉(或螺钉)紧固,然后,把模柄端面突出部分锉平或磨平,如图 10-22b 所示。安装好模柄后,用角尺检查模柄与上模座上平面的垂直度。

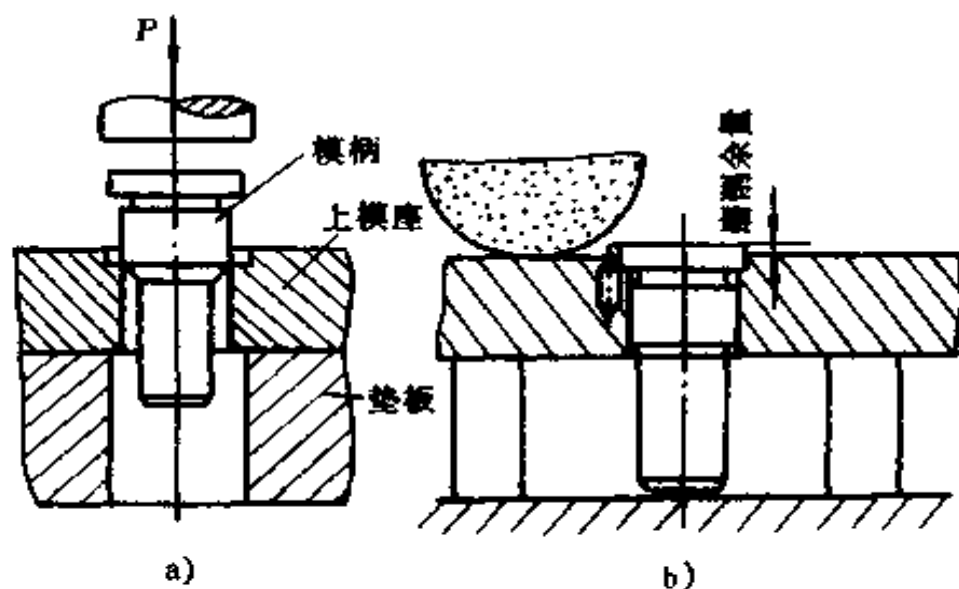


图 10-22 模柄的装配

模柄长度  $L$  和直径  $D$  应按标准选取,一定要符合所用冲床滑块,适于安装模柄的孔径和深度。

(2) 凸模的装配:凸模或凹模固定板用于小型模具凹模或凸模的固定,并连同工作零件一起固定在下、上模座上。固定板一般有圆形和矩形两种,其厚度取凹模厚度的 0.6~0.8

倍,其平面尺寸除应保证模具工作零件安装外,还应有足够的尺寸来安放螺钉和销钉。凸、凹模固定板所用的材料通常为Q235B或Q275。凸模固定板已有标准化。

凸模与固定板孔的配合为H7/m6。装配时,先将凸模压入固定板孔内,检查垂直度,再将凸模尾部超出固定板处与固定板一起磨平;同时还将凸模的端面磨平,保持凸模刃口锋利,如图10-23所示。

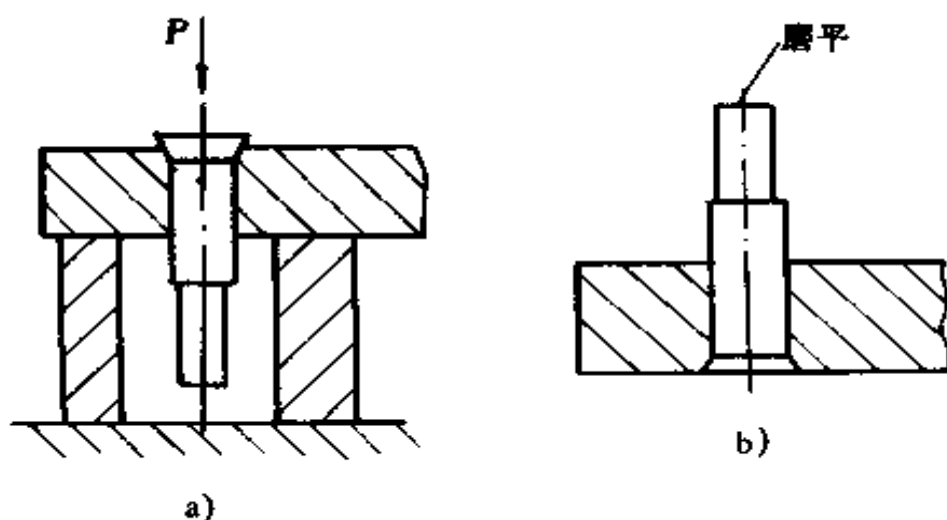


图 10-23 凸模的装配

a) 压入凸模后将其尾部磨平 b) 磨平凸模的端面

除上述的凸模在固定板上用机械方法固定外,还可用物理的和化学的方法进行固定。

3. 模具的整体装配 模具的主要零部件装配完毕后,对模具进行整体装配。首先考虑上、下模的装配次序。否则,会出现无法装配的情况。上、下模的装配次序与模具结构有关,通常先装位置限制较多的那一个模,另一个模与之适应调整。通常冲裁模一般按下列原则来选择装配次序。

(1) 对于无导柱的模具,凸、凹模间的间隙是在上、下模安装到机床上时进行调整的。上、下模的装配次序无严格要

求,上、下模可分别进行装配。

(2) 对于凹模装在下模座的导柱模,一般先装下模。

(3) 凡有导柱导套副的复合模,一般先装上模,然后找正下模的位置后安装下模。

本例所示的冲裁模的凹模装在下模座上,一般先装下模,其装配步骤如下(参见图 10-20)。

①在凹模上安装挡料销和导正销。

②把已装入凹模的凹模固定板安装在下模座上。找正下模座位置后,按凹模固定板上已有孔在下模座上定出中心,加工螺纹孔和销钉孔;销钉孔一定要与凹模固定板夹在一起加工;装入销钉,拧紧螺钉。

③将两导柱压入下模座导柱孔中,检验导柱轴线与下模座下平面的垂直度,使其达到规定要求;压入两导套于上模座导套孔内;装好模架。

(4) 把已装入凸模固定板的凸模插入凹模内。固定板与凹模之间垫上适当高度的平行垫铁。再把上模座放在固定板上,将上模座和固定板夹紧,配钻卸料螺孔、紧固固定板的螺孔和销钉孔(先划窝找中心,拆开后钻孔)。然后放入垫板,将固定板用螺钉安装在上模座上,并用切纸法找正凸、凹模间的间隙后,拧紧固定螺钉;一起精铰上模座与凸模固定板上的销钉孔,随即打入定位销钉。

调整间隙可用切纸法进行,以纸板充作板料。用手锤敲击模柄,在纸上冲切出冲件的形状。根据纸样切边有无毛刺和毛刺是否均匀来判断间隙是否均匀。

调整间隙也可用镀层法等方法进行。

(5) 最后将卸料板装上,检查凸模端面是否缩在卸料板孔(0.5mm左右)内;安装其余零件。

(6) 试冲、打标记、交付使用。模具装配好以后,必须在生产条件下进行试冲。试冲件的材料规格与标准、厚度均应符合图纸要求。冲出的试样按冲压零件产品图检查,如发现有缺陷,要找出原因,并对模具进行适当调整和修理。为保证冲模和制件的质量,试冲时至少要连续冲出 100~150 个合格的冲裁零件,才能将模具打上标记,正式交付生产使用。

## 四、冲裁模具的安装与调试

模具必须安装到冲床上进行试冲,且调整后冲出规定的合格制件后,才能正式投入生产使用。

### (一) 模具的安装

#### 1. 模具安装前的准备工作

(1) 按所需要的冲裁力,决定要选用的冲床吨位。并检查所选用冲床的刹车、离合器、液压系统及操作机构等是否正常;检查压力机滑块的间隙及滑块底平面与工作台面的平行度等,是否在所要求的精度之内。

(2) 检查冲模的安装条件。如模具的闭合高度是否与所选用压力机相适应;压力机的工作行程是否使模具导套在工作中不脱离导柱;模具的送料、挡料、卸料和定位等各部位能否正常地工作。

(3) 熟悉模具的冲压工艺和冲模的结构及安装方法。

(4) 准备好安装模具所需要的一切备件及模具上的附件等。

(5) 检查模具上的导向部分及安装部分有无碰伤,并清洗干净。

#### 2. 模具的安装步骤

(1) 根据模具的闭合高度(模具在最低工作位置时,上模的上表面到下模的下表面之间的距离),调整压力机滑块的高度,使滑块在最低位置时,其底面与工作台面之间的距离大于模具的闭合高度。

(2) 将滑块升到最高位置,将模具放在冲床工作台面上规定的位置。再将滑块下降到最底位置停位,然后调节滑块的高度,使其底平面与模具上模座接触。

(3) 装模具时应注意方向。根据冲裁材料的性质、冲床和模具的结构,以及操作安全等来确定安装方向。

(4) 用螺钉将上模座紧固在压力机滑块上,紧固螺钉时,应注意对称均匀地用力,并将下模座初步固定在压力机的台面上。

(5) 把冲床上面的滑块手动上调一些,再开动冲床空行程1~3次,然后把滑块停于最低位置处,用安装紧固螺钉将下模座固定在冲床工作台面上。

## (二) 模具的调试

应仔细调整上模进入下模的深度,只要将被冲材料切断就行,切不可使凸模进入凹模过深,这样会加剧磨损而影响模具寿命。然后开慢车空试,如未出现异常,就可进行试冲来检查间隙的大小和均匀程度。先用切纸法或垫片法、涂层法等来找正间隙;均匀后,将尚未固定的销钉等零件取出,重新铰销钉孔,打入销钉后固定。接着,转入按实际生产条件下进行试冲。冲出的工件按冲压产品或零件图纸要求进行检查验收。如在检查中发现缺陷,则要分析找出原因,对模具进行调整或修理。边试冲边调整,直到模具正常工作并得到合格的工件为止。然后对模具进行全面检查固定,并再次进行试冲。若不符合要求,需再行调整,重新铰销钉孔,打入定位销钉。

在模具调试合格后,至少要连续冲出 100~150 个合格的工作件,才能转入正式生产使用。

1. 常见缺陷和调整方法 表 10-2 列出了冲裁模试冲时,常见的缺陷和调整的方法。

2. 冲裁模具的其它装配法 在模具装配中,除用上述的机械方式将导柱、导套与模座,或凸模与固定板等零件固定外,还可以采用低熔点合金浇注、环氧树脂粘接和无机粘接等方法,将这些零件相互固定在一起。

表 10-2 冲裁模试冲时的缺陷和调整

冲裁模试冲时的缺陷	产生原因	调整方法
送料不畅 或料被卡死	1. 两导料板之间的尺寸过小或有斜度 2. 凸模与卸料板之间的间隙过大,使搭边翻扭 3. 用侧刃定距的冲裁模,导料板的工作面和侧刃不平行,使条料卡死 4. 侧刃与侧刃挡块不密合形成方毛刺,使条料卡死	根据情况铰修或重装导料板 减小凸模与卸料板之间的间隙 重装导料板 修整侧刃挡块消除间隙
刃口相咬	1. 上模座、下模座、固定板、凹模、垫板等零件安装面不平行 2. 凸模、导柱等零件安装不垂直 3. 导柱与导套配合间隙过大使导向不准 4. 卸料板的孔位不正确或歪斜,使冲孔凸模位移	修整有关零件,重装上模或下模 重装凸模或导柱 再换导柱或导套 修整或更换卸料板



续表 10-2

冲裁模试冲时的缺陷	产生原因	调整方法
卸料不正常	1. 由于装配不正确,卸料机构不能动作。如卸料板与凸模配合过紧,或因卸料板倾斜而卡紧 2. 弹簧或橡皮的弹力不足 3. 凹模和下模座的漏料孔没有对正,料不能排出 4. 凹模有倒锥度造成工件堵塞	修整卸料板、顶板等零件  更换弹簧或橡皮 修整漏料孔  修整凹模
冲件质量不好: (1) 有毛刺	1. 刃口不锋利或淬火硬度低 2. 配合间隙过大或过小 3. 间隙不均匀或冲件一边有显著带斜角毛刺	合理调整凸模和凹模的间隙及修磨工作部分的刃口
(2) 冲件不平	1. 凹模有倒锥度 2. 顶料杆和工件接触面过小 3. 导正钉与预冲孔配合过紧,将冲件压出凹陷	修整凹模 更换顶料杆 修整导正钉
(3) 落料外形和打孔位置不正,成偏位现象	1. 挡料钉位置不正 2. 落料凸模上导正钉尺寸过小 3. 导料板和凹模送料中心线不平行,使孔位偏斜 4. 侧刃定距不准	修正挡料钉 更换导正钉 修整导料板  修磨或更换侧刃

(1) 低熔点合金固定法。这种方法可以固定凸模、凹模和导套等零件。它是利用低熔点合金(用 Bi、Pb、Sn、Sb 等元素配制的一种合金)冷却凝固时,体积收缩的特性来紧固零件,如图 10-24 所示是用低熔点合金固定凸模结构的几种形

式。

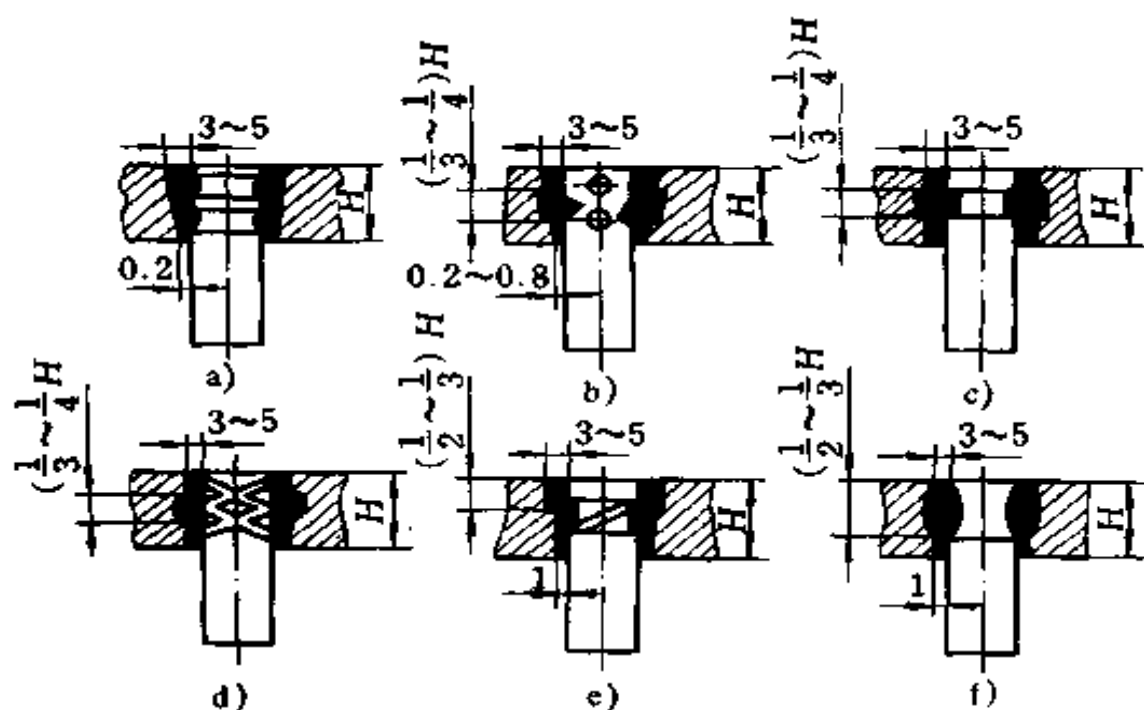


图 10-24 低熔点合金浇固凸模的几种结构形式

采用低熔点固定凸模, 先将固定板上与凸模配合的型孔做得比凸模大  $3 \sim 5\text{mm}$ , 凸模按照凹模定位好后, 将熔化的低熔点合金, 待温度降至  $150^{\circ}\text{C}$  时, 浇入凸模和固定板间的间隙内。在浇注前应预热凸模和固定板 ( $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$ )。在浇注过程中和浇注后, 凸模和固定板均不得碰动, 一般要在  $24\text{h}$  后才能移动。

低熔点合金固定法工艺简单, 操作方便。用它固定凸、凹模和导套时, 可降低模具相配零件型孔的加工要求, 可解决多孔冲模调整凸、凹模间隙的困难。低熔点合金连接强度高, 可以安全地用于冲裁厚度不超过  $2\text{mm}$  的金属板的模具上。

常用的低熔点合金配方有两种, 见表 10-3。

表 10-3 低熔点合金配方

合金 重量百分比 配方	名称	元 素				合金熔点 (℃)	浇注温度 (℃)
		铋(Bi)	铅(Pb)	锡(Sn)	锑(Sb)		
	熔点(℃)	271	327.4	232	630.5		
I		48	28.5	14.5	9	120	150~200
II		48	32	15	5	100	120~150

(2) 环氧树脂固定法。环氧树脂粘接是属于有机粘接中的一种。它具有很高的粘接强度,在硬化状态下对各种金属和非金属表面附着力非常强,而且在硬化时收缩率小,粘接时不需要附加压力。因此,在冷冲模制造中广泛用来固定凸模、导柱、导套、浇注卸料板等。用环氧树脂粘接法固定凸模、浇注卸料板、固定导柱和导套的形式如图 10-25、图 10-26 和图 10-27 所示。

用环氧树脂粘接剂固定凸模的工艺过程是:先用砂纸和丙酮将凸模和固定板上需要浇注环氧树脂的表面清洗干净,干燥后将凸模装入凹模型孔内,根据间隙的大小,在间隙中垫入适当厚度的金属片或纸垫,使凸、凹模的配合间隙均匀和凸模垂直地装在凹模中,如图 10-28a 所示。将调整好的凸模和凹模一起翻转,凸模放入凸模固定板孔内,在凹模与固定板之间垫入等高垫块,并使凸模端面与平板贴平,如图 10-28b 所示。最后将调配好的环氧树脂粘接剂浇注到凸模与凸模固定板型孔之间的间隙内,浇注后在室温下静置 1 天,进行固化,待其充分干燥后,才能使用。

常用于凸模固定的环氧树脂粘接剂的配方有以下两种:

配方一 634<sup>#</sup>环氧树脂 100%

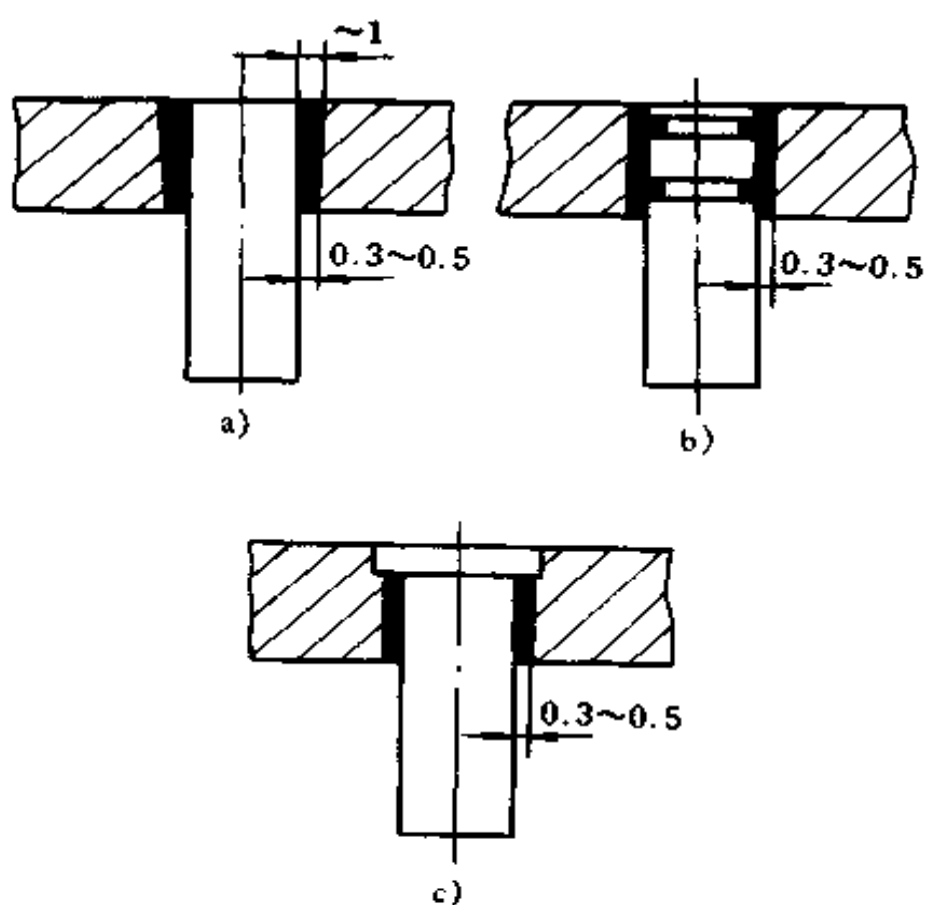


图 10-25 用环氧树脂固定凸模的形式

	邻苯二甲酸二丁酯	20%
	氧化铝	50%
	乙二胺	8%
配方二	6101 <sup>#</sup> 环氧树脂	100%
	邻苯二甲酸二丁酯	20%
	铁粉	100%
	乙二胺	10%

(3) 无机粘接法。无机粘接法是采用氢氧化铝、氧化铜粉末和磷酸溶液的混合液作为粘接剂。在模具装配中常用于凸模与固定板,导柱、导套与模座的粘接。为了得到高的粘接强度,粘接部分的单边间隙常在 0.1~1.25mm 的范围内选

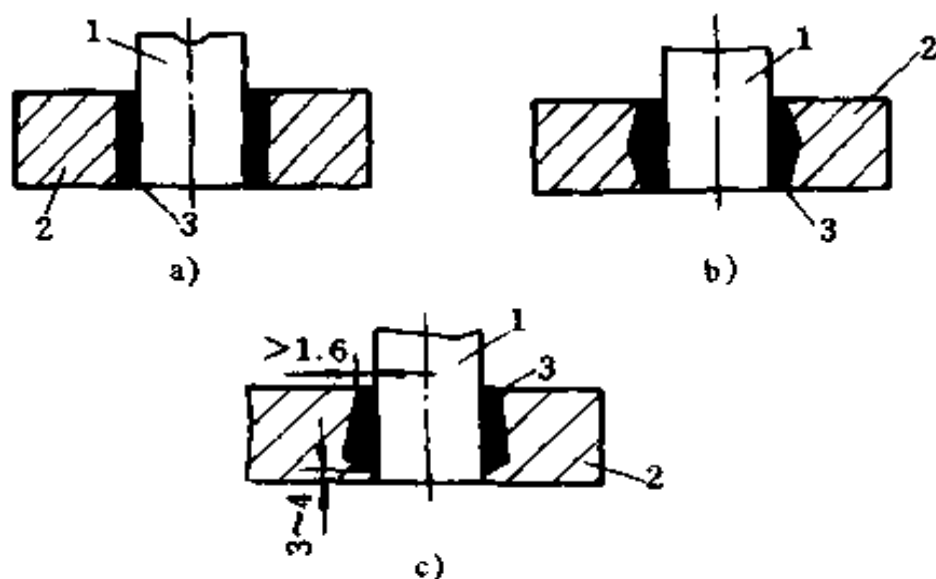


图 10-26 用环氧树脂浇注卸料板的几种结构

1. 凸模 2. 卸料板 3. 环氧树脂

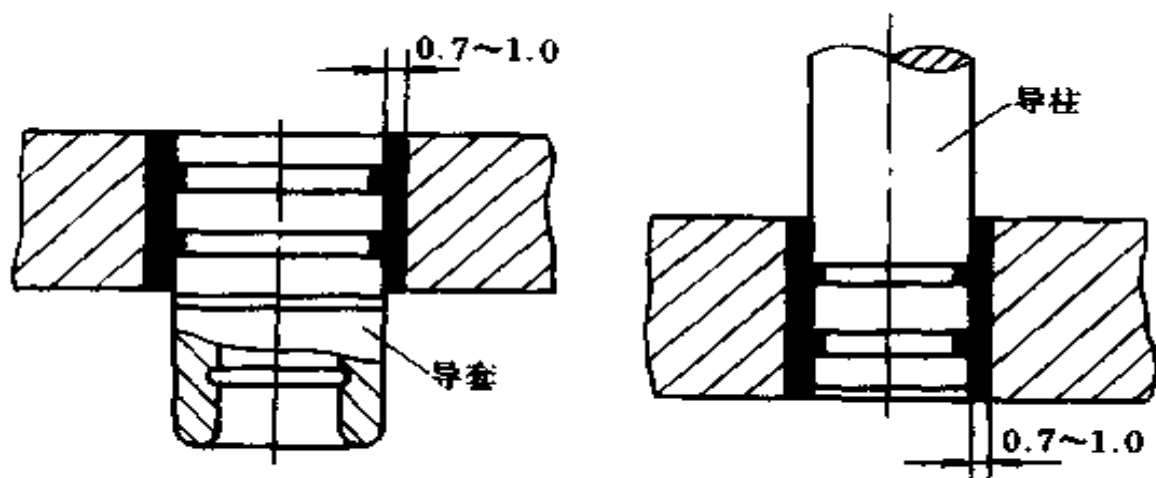


图 10-27 用环氧树脂固定导套和导柱

取, 粘接表面要求粗糙度  $R_a = 12.5 \sim 25 \mu\text{m}$ 。

无机粘接模具零件时, 一般工艺过程为清洗、安装定位、调制粘接剂、粘接及固化。粘接后, 可以先在室温条件下固化 1~2h 之后, 再加热到  $50 \sim 80^\circ\text{C}$  烘 3~5h 进行固化处理。

无机粘接法可以适当降低粘接零件孔的加工要求, 还具

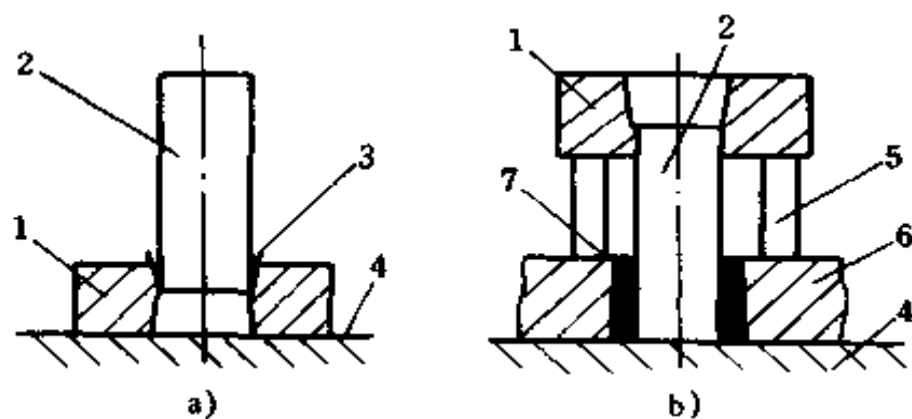


图 10-28 固定凸模工艺

a)装模 b)固定模

- 1.凹模 2.凸模 3.纸垫 4.平板 5.等高垫块  
6.固定板 7.环氧树脂

有工艺简单,操作方便,不需要专用设备等优点。采用套接结构强度最好,粘接后不变形。粘接部位能耐高温,一般可达 $600^{\circ}\text{C}$ 左右,加入适量的硅铁和氧化钴时,耐高温可达 $1000^{\circ}\text{C}$ 左右,且电绝缘性较好。但这种粘接承受冲击能力差,不耐酸、碱腐蚀。

## 五、其它模具的装配特点

### (一) 复合模的装配

复合模是在一次行程中,在一对凸、凹模上能完成两个或两个以上工序的模具,是一种多工序模具。常见的复合模有落料和冲孔、落料和首次拉深等。复合模主要优点是生产率高,制件精度高;其缺点是结构复杂,对模具零件的精度要求较高。图 10-29 所示为冲制垫圈的复合模。这套模具的冲孔凸模与落料凹模都固定在上模座上。下模座上的凸凹模既是冲孔凹模,又是落料凸模。在冲床滑块向下运动时,两套模具

同时工作,完成冲孔、落料两道工序。所以,这类模具在装配时的困难在于凸模、凹模及凸凹模的相对位置的确定。为了便于装配和调整,总装时应先装上模,将凸凹模插在冲孔凸模和落料凹模之间来调整两者的相对位置。冲孔凸模和落料凹模的装配定当后,以它们为基准来调整装配凸凹模。

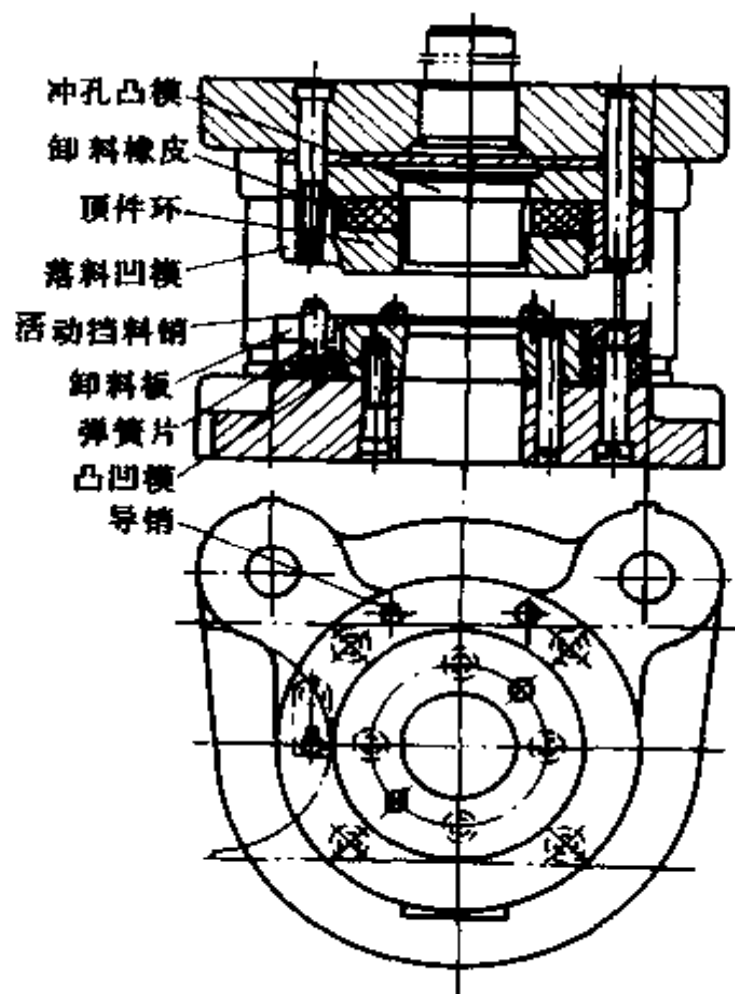


图 10-29 复合模

## (二) 连续模的装配

连续模也是多工序模具。在冲床的一次行程中,在不同凸、凹模上完成两个或两个以上的工序。即工作时它有几对凸、凹模同时工作。冲裁时,先冲出内孔,随着条料的连续送

进,分别完成冲孔和落料工作,如图 10-30 所示为冲裁垫圈的连续模。工作时,先冲出垫圈内孔,然后把条料送进一个步距,已冲的孔正好移在落料凸、凹模上。再次冲裁时,进行落料得到一个垫圈的同时,冲孔凸模和凹模又冲出下一个工件的孔。随着材料不断送进,连续地同时进行冲孔和落料。

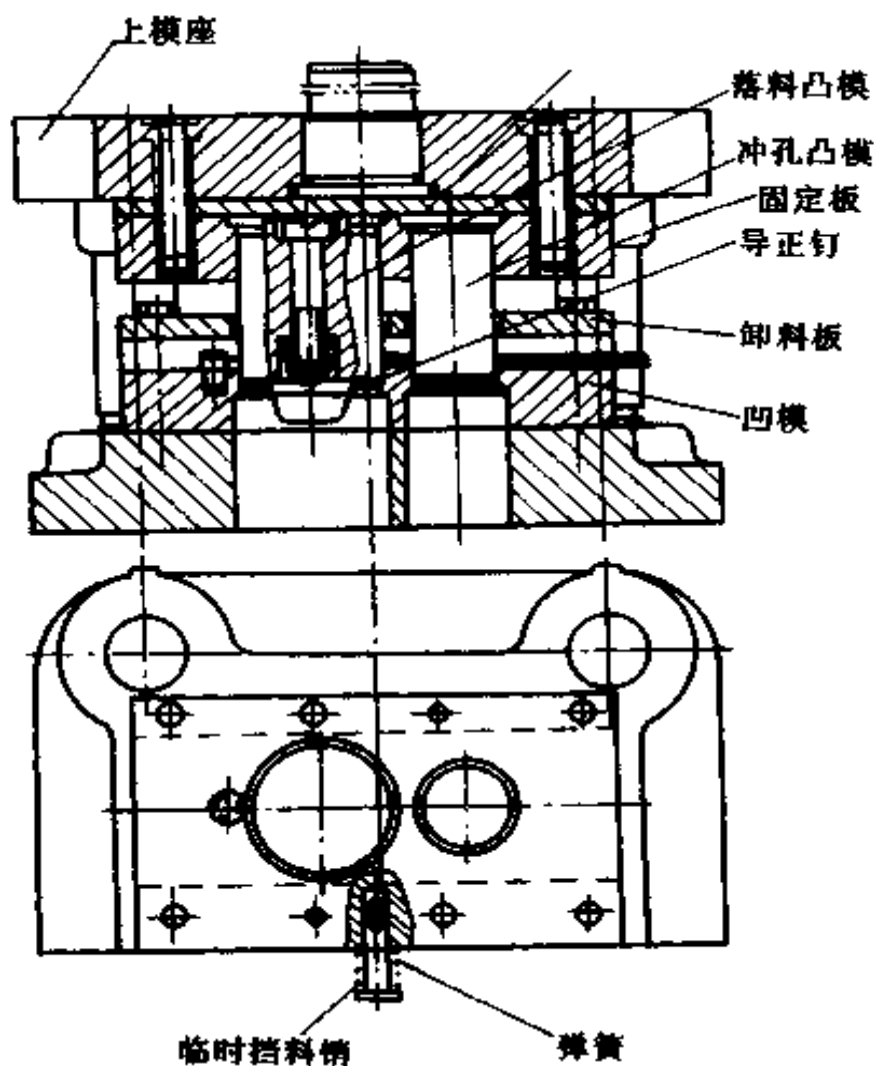


图 10-30 连续冲裁模

连续模装配的关键应保证各相应凸、凹模间都有均匀的冲裁间隙。这就是既要求上、下模对得很准,保证几对模具的凸模与其对应的凹模都有均匀的间隙,还要求各对凸、凹模之



间的距离要一致;又要求导柱和导套有更好的导向精度和各个凸模应等高。所以,在加工凹模、凸模固定板、卸料板时,必须使相应孔的相互位置和尺寸保证精度一致。否则,将给装配造成困难。故而应夹在一起加工,尤其是凸模固定板与凹模。

### (三) 弯曲(压弯)模的装配

弯曲模的作用是使板料在塑性变形范围内进行弯曲,利用弯曲后使板料产生永久变形而获得所要求的形状的工艺设备。

在弯曲工作中,必须要考虑到材料由于弹性变形的存在,在弯曲以后的形状与模具的形状总会有些差别(称弯曲弹性回跳)。回跳的结果表现在弯曲件曲率半径和角度的变化,从而影响到弯曲件的形状和尺寸。影响回跳的因素很多,设计时很难用计算来加以消除。因此制造弯曲模时,常按试模时的回跳值来修正凸模或凹模的形状。一般情况下,弯曲模的导柱与导套的配合比冲裁模要求低,但凸模与凹模的工作部分的表面粗糙度要求较高,达  $R_a < 0.63\mu\text{m}$ 。表面愈光洁,愈耐磨,模具寿命愈长且弯曲件表面质量愈好。为了便于修模,弯曲模的凸模和凹模多在试模合格以后才进行热处理。另外,弯曲是变形加工,有些弯曲件的毛坯尺寸和形状要经过弯曲试验调整后才能确定。因此,弯曲模在进行试模时除了找出模具的缺陷加以修整外,还要确定弯曲件的毛坯尺寸。所以,弯曲模的调整工作又涉及材料的变形问题,比冲裁模要复杂得多。

弯曲模在试冲时常见的缺陷及调整方法见表 10-4。

确定弯曲件毛坯尺寸时,一般先由钳工做出不同尺寸毛坯几件(不同尺寸应分布在计算尺寸的两侧),并画出尺寸和外形留底,然后经试冲后选择定出尺寸和外形,再做出新毛坯进行试冲,反复试验,直到弯曲件合格为止。

表 10-4 弯曲模试冲时的缺陷和调整方法

出现问题	产生原因	调整方法
弯曲角度不够	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 凸、凹模的回弹角制造过小</li> <li>2. 凸模进入凹模的深度太浅</li> <li>3. 凸、凹模之间的间隙过大</li> <li>4. 试模材料不对</li> <li>5. 弹顶器的弹力太小</li> </ol>	加大回弹角 调节冲模闭合高度 调节间隙值 更换试模材料 加大弹顶器的弹顶力
弯曲位置偏移	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 定位板的位置不对</li> <li>2. 凹模两侧进口圆角大小不等, 材料滑动不一致</li> <li>3. 没有压料装置或压料装置的压力不足和压板位置过低</li> <li>4. 凸模没有对正凹模</li> </ol>	调整定位板位置 修磨凹模圆角 加大压料压力 调整凸、凹模位置
冲件的尺寸过长或不足	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 凸、凹模之间的间隙过小, 材料被挤长</li> <li>2. 压料装置压力过大, 将材料拉长</li> <li>3. 设计时计算错误或不准确</li> </ol>	调整凸、凹模间隙 减小压料压力 改变坯料尺寸
冲件外部有光亮的凹陷	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 凹模的圆角半径过小, 冲件表面被划痕</li> <li>2. 凸、凹模之间的间隙不均匀</li> <li>3. 凸、凹模表面粗糙度太大</li> </ol>	加大圆角半径 调整凸、凹模间隙 抛光凸、凹模表面

弯曲模装配时, 通常先将凹模装于下模座上, 定位后用螺钉和销钉固定; 而后再将导柱、导套分别压入上、下模座, 闭合上、下模, 根据凹模的位置装凸模, 将凸模初步固定在上模座上, 初步将定位块装到凹模座上并进行试冲, 测量检验弯曲件

尺寸。调整到正确位置后,再对模具进行全面固定。对于复杂的弯曲模,还要保证上下模、楔、滑块的动作协调,位置准确。

#### (四) 拉深(延)模的装配

拉深模的作用是使金属板料产生塑性变形,变成开口空心零件的一种工艺装备。

拉深模按其构造可分为简单的、复合的、多线连续的,以及带不带压边装置等几种。

拉深模形状大多比较简单(圆锥、圆形等),但由于被拉深材料弹性变形的影响,即使模具的工作零件加工得很精确,装配也很正确,但拉深出的工件却不一定合格。因此,钳工在模具试拉深后还要对其进行修整加工,这是拉深模制造中一项重要工作。

##### 1. 凸、凹模的技术要求和加工工艺

(1) 对凸模和凹模的技术要求。凸模和凹模是拉深模工作部分的主要零件,是直接决定工件精度(尺寸、形状、表面粗糙度)、模具精度和寿命的关键零件。

①凹模端面圆角处受材料摩擦最大,硬度要求较高(HRC58~62),凸模硬度要求为HRC56~60。

②凹模和凸模工作表面的粗糙度,直接关系到工件表面的粗糙度和模具的磨损程度。因此,其表面要求有很低的粗糙度 $R_a=0.32\sim 0.04\mu\text{m}$ 。

③凹模和凸模的尺寸和加工精度(即制造公差)决定了凸模和凹模间的工作间隙大小及精度。

④对凸模和凹模端部的圆角半径处的粗糙度有特殊要求。对凸模的圆角可以低些,可不研磨。对凹模端部的圆角必须特别注意,它将直接影响拉深力的大小,并会使零件上部

产生皱折。

⑤对凹模及凸模端部的圆角半径不应小于规定数值。

(2) 凸模和凹模的加工工艺。凸模工作部分的深度必须从几何形状上做得正确,尤其是圆锥形的凸模。为使拉成的工件易脱落,把圆形凸模下端做成带锥度。圆柱凸模的通气孔不能少。

圆形的凸凹模可先在车床上加工,经热处理淬火后,在磨床上进行磨削或研磨、抛光来达到最后要求。

非圆的凸、凹模得先做样板,后进行加工,达到要求为止。

(3) 凸、凹模的圆角半径与间隙的确定。凸、凹模的圆角半径对拉深过程有很大影响。增大凹模圆角半径能减小拉深力,从而能提高拉深深度。但圆角半径过大则材料可能压不住,容易起皱。凹模的圆角半径  $r_a$  与毛坯材料厚度  $t$ 、零件的形状尺寸和拉深方法等有关,可查阅有关设计资料、手册确定。

第一次拉深模凹模的  $r_a$ (凹模圆角半径)可按下列数值选取。

无法兰拉深:	$t = 2 \sim 1\text{mm}$	$r_a = (4 \sim 8)t$
	$t = 1 \sim 0.3\text{mm}$	$r_a = (8 \sim 10)t$
	$t < 0.3\text{mm}$	$r_a = (10 \sim 18)t$
有法兰拉深:	$t = 2 \sim 1\text{mm}$	$r_a = (6 \sim 13)t$
	$t = 1 \sim 0.3\text{mm}$	$r_a = (10 \sim 18)t$
	$t < 0.3\text{mm}$	$r_a = (18 \sim 22)t$

对以后各次拉深,  $r_a$  也可按下式计算:

$$r_{a2} = (0.6 \sim 0.8)r_{a1}$$

$$r_{an} = (0.7 \sim 0.9)r_{an-1}$$

式中  $r_{a2}$ ——第二次拉深凹模圆角半径;

$r_{an}$ ——第  $n$  次拉深凹模圆角半径,  $n=3, 4, \dots$

凸模圆角半径  $r_1$  取的原则是:最后一次拉深时应取得与零件底部圆角半径相等,中间各次一般取  $r_i = r_a$  或略小于  $r_a$ , 即  $r_i = (0.7 \sim 1.0)r_a$ 。

凸、凹模间的间隙值应留得比坯料厚度  $t$  稍大,以便减小材料在拉深过程中产生塑性变形的抗力,以利于拉深过程顺利进行。间隙值与材料种类、坯料厚度和拉深件要求的尺寸精度等因素有关。间隙过大,工件容易起皱;间隙过小,拉深件筒壁容易变薄,甚至被拉裂。间隙的大小由经验决定,可查有关资料。

2. 拉深模的装配 拉深模的装配工艺与弯曲模的装配工艺相似。但是,装配后的试拉深和修整这两项工作是十分重要的。

拉深模的试拉深有二个目的:

(1) 通过试拉深找出已装配模具存在的缺陷,并找出其原因,进行调整消除。拉深模试拉深时常见的缺陷及调整方法,见表 10-5。

(2) 确定工件在拉深前毛坯的尺寸。在进行试验时,应先检验间隙是否过小或不均匀。其方法可以用量具测量,也可用比工件厚度略薄的板料作试拉深试验。从试拉深件表面上的擦伤痕迹或起皱、破裂痕迹来判断间隙过小或不均匀等缺陷。检查凹模圆角部分粗糙度,凹模与压边圈的平行度和压料面的粗糙度。通过不同尺寸的毛坯进行边试拉,边修整,直到拉深出合格的工件为止。其合适的尺寸作为拉深前毛坯的尺寸。

调整。主要是校对模具的相对位置,调整好后再打定位销钉。

表 10-5 拉深模试冲深时出现缺陷、原因及调整方法

试冲缺陷	产生原因	调整方法
制件拉深高度不够	1. 毛坯尺寸小 2. 拉深间隙过大 3. 凸模圆角半径太小	1. 放大毛坯尺寸 2. 更换凸模与凹模, 使间隙适当 3. 加大凸模圆角半径
制件拉深高度太大	1. 毛坯尺寸太大 2. 拉深间隙太小 3. 凸模圆角半径太大	1. 减小毛坯尺寸 2. 整修凸、凹模, 加大间隙 3. 减小凸模圆角半径
制件壁厚和高度不均	1. 凸模与凹模间隙不均匀 2. 定位板或挡料销位置不正确 3. 凸模不垂直 4. 压料压力不均 5. 凹模的几何形状不正确	1. 重装凸模和凹模, 使间隙均匀一致 2. 重新修整定位板及挡料销位置, 使之正确 3. 修整凸模后重装 4. 调整托杆长度或弹簧位置 5. 重新修整凹模
制件起皱	1. 压边压力太小或不均 2. 凸、凹模间隙太大 3. 凹模圆角半径太大 4. 板料太薄或塑性差	1. 增加压边压力或调整顶件杆长度、弹簧位置 2. 减小拉深间隙 3. 减小凹模圆角半径 4. 更换材料

续表 10-5

试冲缺陷	产生原因	调整方法
制件破裂或有裂纹	1. 压料压力太大 2. 压料压力不够,起皱引起破裂  3. 毛坯尺寸太大或形状不当 4. 拉深间隙太小 5. 凹模圆角半径太小 6. 凹模圆角表面粗糙  7. 凸模圆角半径太小 8. 冲压工艺不当 9. 凸模与凹模不同心或不垂直 10. 板料质量不好	1. 调整压料压力 2. 调整顶杆长度或弹簧位置 3. 调整毛坯形状和尺寸 4. 加大拉深间隙 5. 加大凹模圆角半径 6. 修整凹模圆角,降低表面粗糙度 7. 加大凸模圆角半径 8. 增加工序或调换工序 9. 重装凸、凹模 10. 更换材料或增加退火工序,改善润滑条件
制件表面拉毛	1. 拉深间隙太小或不均匀 2. 凹模圆角表面粗糙度大 3. 模具或板料不清洁 4. 凹模硬度太低,板料有粘附现象  5. 润滑油质量太差	1. 修整拉深间隙 2. 修光凹模圆角 3. 清洁模具及板料 4. 提高凹模硬度,进行镀铬及氟化处理 5. 更换润滑油
制件底面不平	1. 凸模或凹模(顶出器)无出气孔 2. 顶出器在冲压的最终位置时顶力不足  3. 材料本身存在弹性	1. 钻出气孔  2. 调整冲模结构,使冲模达到闭合高度时,顶出器处于刚性接触状态 3. 改变凸模、凹模和压料板形状

## (五) 锻模的装配

锻造是金属压力加工方法中的一种。可分为自由锻造和模型锻造两种。模型锻造(模锻)是使金属毛坯放入锻模的模膛内受冲击或压力使之变形以获得锻件的一种方法。

1. 锻模的结构 锻模的结构与被锻零件的形状和进行模锻的设备种类有关。常用的有下面几种。

(1) 单模膛锻模:使用时,预先将原材料(一般用圆棒料切下一段)用自由锻造,基本成形后放入锻模中锻造。获得零件的形状后切去毛边。这种锻模结构比较简单,模具制造容易。

(2) 多模膛锻模:这种锻模上有许多模膛,按零件锻造过程中成形的次序排列,一个锻模可完成从原料到毛坯的整个锻造过程。例如曲柄在毛坯锻造过程中的拔长、滚挤、弯曲、预锻(初步成形)、终锻等工步可在一个锻模中完成。这种锻模模膛结构复杂,锻造时会造成偏心锤击,且各模膛的磨损不等,不便于修理。

2. 锻模模膛 锻模模膛的设计制造是决定模锻件质量好坏的关键。在决定模膛的结构时必须考虑以下几个方面。

(1) 锻件尺寸的收缩:在高温下锻成的工件,冷却后其各部分尺寸要发生收缩,因而在设计制造锻模模膛的每个尺寸时,必须根据金属热胀冷缩的原理来考虑其收缩量,从而把模膛的各部分尺寸放大。其计算公式如下:

$$L = l(1 + \alpha t)$$

式中  $L$ ——加热后尺寸(mm);

$l$ ——加热前尺寸(mm);

$\alpha$ ——金属的线膨胀系数;

$t$ ——加热温度(℃)。



收缩量：钢约为 1% ~ 1.5%，铝为 1.2% ~ 1.7%，铜为 1.3% ~ 1.5%。

(2) 分模面位置的确定：上、下模膛的划分，主要是为了使原材料填满模膛后，锻件能方便地从模膛里取出。同时还要注意材料的节约和锻件的纤维方向。分模面应尽量选择在锻件的中心线上，将锻件分为上下对称的两半；模膛的深度要尽量比模膛宽度小。有时为了简化模面的形状和加工方便，上、下模膛的深度可不相等，此时较深的模膛应放在下面。

(3) 模膛内圆角和斜度：为了使原材料能充满模膛的每个角落和降低模膛的磨损，要求模膛每个棱口和转接的尖角都改成圆角。圆角半径的大小，要由锻模受压时所要充满模膛内的原料体积而定。凡是挤压到较远处的棱口，圆角就要大些。预锻模的圆角半径要比终锻模大些，具体数值可查有关手册。

为了使锻件能方便地从锻模中取出，把垂直于水平面的直立模膛面做成有一定斜度（倾斜面）。斜度的大小根据上、下模膛各部分情况而定，通常上模的模膛斜度比下模稍大  $1^{\circ}$  ~  $2^{\circ}$ ，预锻模的模膛斜度比终锻模大些。

(4) 毛边槽：在终锻模上、下的模膛边缘有一毛边槽，其作用是促使金属充满模膛，避免上、下模的直接冲击，储存多余的金属。各部分毛边的尺寸是以锻件体积和锻锤吨位的大小来确定。

(5) 锻模通气和锻件通孔：在比较深的模膛内，为排除锻造时模膛内的空气，通常开有通气孔。通气孔一般直径为 3 ~ 5mm 的圆孔。

锻造时，对于通孔直径小于 25mm 不予考虑，直接由切削加工完成。通孔直径超过 25mm 时，可把它锻成凹入的不通

孔,锻件中间留有起缓冲作用的一层金属称隔片。待在切去毛边时一起切去。

(6) 钳口放置孔和顶板:从模膛开一个直通模边的直槽,并在锻模边缘加工一个可容纳夹钳的空洞,称钳口放置孔(或钳窝),如图 10-31a 所示。当上、下模压合时,模膛里的金属从直槽里挤到空洞内,于是用钳夹住锻件,开模时把锻件从锻模中取出。对于不对称的锻件,钳窝最好安排在锻件较重的一端。

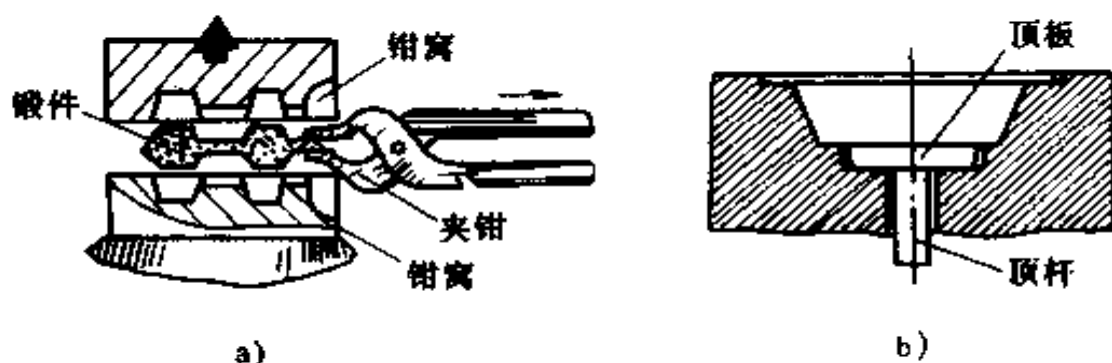


图 10-31 钳窝和顶板

a) 利用钳窝提取锻件 b) 顶板

若锻件从锻模中取出困难时,可以在模膛下面设置一个顶板,如图 10-31b 所示。

### 3. 锻模的制造

(1) 热锻模的要求:对热锻模的主要要求是具有高的耐用度。锻模的耐用度按所采用的锻锤吨数来规定,一般规定锻锤是 0.5~1t 时,耐用度为 10000~18000 件。为了能达到上述规定的锻模耐用度,锻模制造必须符合以下技术条件:

① 燕尾支承平面与锻模分模面的平行度在模体长度内  $\leq 25\mu\text{m}$ 。

② 燕尾直线度在模体长度内  $\leq 20\mu\text{m}$ 。

③合模基准面在 500mm 长度内的平面度 $\leq 150\mu\text{m}$ 。

④终锻模模膛各部分的尺寸公差为预锻模模膛相应公差的一半,其具体数值可考虑有关手册。

⑤上、下模燕尾槽的位置度 $\leq 600\mu\text{m}$ 。

⑥锻模在热处理淬火后,预锻模模膛表面磨光到  $R_a 1.60$ ,终锻模模膛表面应抛光到  $R_a 0.8$ 。其余各加工表面可用精刨或精铣。锻模上、下模膛在淬火前后都要进行校对试验。

(2) 锻模的加工工艺:对于中、小型锻模,锻模块退火后进行机械加工,然后进行热处理,淬火后进行校正和修光表面。这种方法较经济,并能得到较高的硬度。

对于大型锻模,由于热处理淬火后变形过大,难于校正,且它的硬度不是很高,因此采用先淬火后加工,即机械加工放在淬硬状态下完成。此时可采用电火花加工或电解加工。

一般锻模的加工工艺路线为:下料(锯切)→锻造毛坯→热处理(调质)→钳工划线(划提模孔、分模面、燕尾、合模基准面和工艺基准面等)→钻提模孔→刨和铣平面(分模面、燕尾、合模和工艺基准面)→模膛划线(还应在侧面划出表示模膛深度的轮廓线)→预钻模膛孔(模膛中要在铣削部分钻若干个孔)→模膛加工(若用电火花加工,则可以同时加工出毛边槽)→钳工加工(修刮机械加工未达到的部位并降低表面粗糙度)→刨或铣削加工(加工其它部分如毛边槽、键槽等)→钳工修毛刺、毛边等→最终热处理(淬火并回火)→模膛精加工(研磨或抛光)→检查和试模。

(3) 锻模加工工艺中的几个主要工序:

从上面的工艺过程看出,要使锻模的质量符合提出的技术条件,下列几个工序很关键:

①钳工划线:划线是锻模加工中的重要工序之一。毛坯进入粗、精加工就是凭借所划的线作为加工和校正的依据。所以划线的正确与否,直接关系到机械加工的质量和效率,划线错误将会引起返工或导致工件报废。因此要求模具钳工在划线前,必须熟悉锻模图纸的技术要求和加工工艺,熟练使用划线工具和划线方法,才能在锻模上划出各种形状正确而清晰的轮廓线。锻模划线一般分为两次:

a. 毛坯划线:为使上、下模结合正确,应将上、下模一起进行,先划分模面、支承面、工艺基准面,然后划燕尾线。

b. 模膛划线:对于形状简单的锻模,可用普通的划线方法在分模面上先划出轴线,再划出模膛型面轮廓线。对于形状复杂的锻模,借用样板划线。

②模膛加工中钳工工作:模膛经机械加工(仿形铣削)后,尚留有一些加工不到的地方,必须靠钳工把模膛内多余的金属切去,并精修之,以使模膛得到正确和符合图样要求的形状。修整模膛,钳工常用的手工加工方法有用带软轴的砂轮或用各种形状的锉刀和刮刀进行。其加工的一般顺序为先修模膛的圆柱(曲线)部分,然后修直线部分,最后修整细小的轮廓部分。加工修整完毕后,对模膛进行检查,先用样板对模膛型面检查,然后把上、下模合起来作校正试验,至达到要求为止。

③锻模的热处理:热处理对锻模的寿命影响很大。因此,保证模膛表面组织和硬度均匀并符合技术条件,防止表面脱碳和开裂是锻模热处理的一个重要问题。对于已加工好的锻模进行淬火时,为防止氧化和脱碳,一般采用在锻模模膛型面上覆盖一层保护剂(一般用废的渗碳剂),使其加热起来比较慢,而不致有产生变形或开裂的危险。淬火时,一般在油中冷却,模膛的型面朝下并在油中要左右摆动。待冷却至 100~

200℃后保温一定时间;然后装入加热到一定温度的炉中回火,取出空冷,最后检查硬度。

④钳工最后精修模膛:模膛经加工和最终热处理后,钳工要对模膛的热处理变形进行修复,并对模膛各部分尺寸和全部工作表面进行仔细精修、研磨、抛光到图纸所要求的尺寸、形状精度和表面粗糙度。

4. 锻模的安装与试验 锻模的上、下模都是用燕尾分别与锻锤的锤头和砧座上面的燕尾槽配合的。锤头和砧座上的燕尾尺寸,在一定吨位范围内的锻锤是一样的,因此锻模的燕尾大小,通常应加工成与锻锤上的燕尾尺寸一致。有时因为模体形体和模膛方向的不同,锻模本身的燕尾尺寸不能与锻锤燕尾一致时,就要加一个连接用锻模座。

锻模安装时,必须保证上、下锻模的模膛正确对准吻合并安装牢固。为使安装牢固,在锤击锻造时不得松动安装位置。在安装锻模时,除在燕尾槽中插入楔条之外,加装固定键和定位垫板,以达到锻模在锻锤上位置准确和安装牢固可靠。为使模膛准确对准,在上、下锻模上采用定位销和定位孔作导向基准,其作用与冲裁模上的导柱、导套一样。定位销与定位孔的配合为H7/h6。一般在中、小型锻模上用两个定位销,分布在上、下模的对角线上,大型锻模用四个定位销,分布在锻模的四个角上。

为安装和搬运锻模方便,在锻模靠近燕尾处的对称位置开设提模孔。提模孔的位置以能水平地把锻模吊起,又不妨碍模膛和合模基准面为原则。提模孔径和孔深与锻模的大小有关,可参考有关手册提供的数据。

锻模在锻锤上安装完毕后,必须对锻模进行校对试验,检查合模基准面是否使模膛准确吻合和锻件的形状是否符合毛

坯图样要求。通常采用的方法有：

(1) 浇铅检查：把上、下模合上压紧后，用熔化的铅从钳口洞中浇入，冷却后检查铅件的形状和尺寸，此法由于铅冷却收缩量比较大，铅件不太准确，故效果差。

(2) 浇注石膏检查：先在模膛涂一层油，再在上、下模膛内分别浇入石膏，按分模面刮平，冷却后分别取出石膏件，合在一起测量。此法比较简便。

(3) 压制铅印检查：把一定形状的铅料放入模膛，在锻锤的作用下，把铅料压制成与锻模形状一样的铅件。这种方法可以得到较准确的制件尺寸，检查准确可靠，适用于精确的锻模。为了得到较清晰的印痕，最好在模膛表面撒一层色粉。

#### (六) 切边模的装配

切边模的作用是切去锻件的毛边和隔片。切边通常在压力机上进行。常用热切和冷切两种方法。一般小型锻件采用冷切，中、大型锻件采用热切。

切边模主要由带有孔的凹模和凸模组成，大型锻件的切边凸模直接装在压力机滑块上的燕尾槽中固定，中、小型锻件的切边凸模上的燕尾比较小，则必须在滑块与切边凸模之间加砧座。凹模通常用螺钉紧固在压力机的工作台面上。工作时把带有毛边的锻件放置在凹模上，开动压力机，凸模下降进入凹模的孔将锻件毛边冲下。

为方便地使凸模从毛边中拔出，切边模上可装上卸料板。切边模的间隙一般为  $0.2 \sim 1.5\text{mm}$ 。

## 六、模具的修理

模具修理也是模具钳工的重要任务之一。修理工作的好

坏,直接关系到模具的质量、生产率和使用寿命。

### (一) 冲裁模的修理

模具修理的方式有临时修理和大修两种。

1. 临时修理 临时修理,即是在压力机附近的工作位置上完成。它主要是采用更换磨损或损坏了的零件,或消除不大的缺陷等,经常遇到的有:

(1) 刃口磨钝:应定期刃磨凸模和凹模,在正常情况下,每次磨去 0.1~0.15mm(一般冲模能保持 5~25 次重磨)。刃磨后应用油石修整模口(刃口)。

(2) 间隙的修正:模具因冲压次数的增多而间隙增大,可采用冲子锤击边缘,使变化部分尺寸得到恢复。

(3) 凹模凸模表面粗糙度增大:可用油石研磨或用抛光轮抛光。

(4) 圆角半径磨损:可用样板重磨或修整后镀铬。

2. 模具大修 大修是对模具的全面检查、拆下和更换损坏零件(占总零件的 25%~50%以上)、调整零件位置、修复受损部位等。大修通常把模具从机床上拆下,返回至模具钳工工作地进行。大修工作包括下面几项。

(1) 模具工作部分的修理:

①凸模、凹模严重磨损或损坏,已无法修理的,只能更换新的凸、凹模。

②凸模、凹模刃口剥蚀,可把受损部分切除,用补焊(焊条材料应与凸模或凹模的材料相同)并经退火处理后,按样板进行加工修复。测量硬度,若硬度达不到要求,则需进行淬火、回火处理后,再修磨刃口。

③凹模上出现小裂纹,可用钢套法。在凹模外面用一个经加热后的钢套将凹模紧抱住,使裂纹合住。

④因零件相对位置移动而造成的间隙不均匀,可拆下凸模或凹模重新调整后,把原来的螺孔、定位孔堵塞,重新钻孔、攻螺孔和铰定位销孔,再用螺钉紧固和打入新的定位销,最后经试冲检验。

(2) 模架的修理:主要是导柱和导套的磨损,失去导向作用,而导致损伤凸、凹模。

目前是采用镀铬方法来修复导柱和导套。先对导柱和导套修整磨圆,然后镀铬,再进行抛光,检验达到要求的尺寸精度及圆柱度等。

## (二) 锻模的修理

锻模经常在高温下工作,并受到强大的冲击力(或压力)。高温的锻件在模膛中急剧的变形会产生很大的摩擦力和摩擦热,并迅速加热模膛,加剧锻模磨损和损坏。为了提高锻模使用寿命和锻件质量,必须对锻模进行定期的检查和修理。锻模的修理有下面几项:

### 1. 临时修理

(1) 锻模模膛污塞:由钳工用手工方法修整(錾子、锉刀、刮刀或砂轮等工具)。

(2) 锻模的刃边弯曲卷边:用錾子切除卷边,再用砂轮、刮刀修整不平整部分。在修整时,有些尺寸可能改变(尺寸增大或减小),但必须使模膛各部分尺寸在允许的公差范围内,表面应达到要求的粗糙度值。

(3) 模膛表面部分轻微剥落:可用堆焊法补焊。焊后由钳工进行修整,同时还要清理模膛的其它表面。修整后,必须进行各项检查,至合格为止。

2. 锻模的大修 大修是把锻模返回模具修理部门,由模具钳工负责组织和安排修理或更换新的零件,使之成为合格



的锻模。

(1) 模膛大部分剥落或磨损:可用堆焊补焊或配制垫衬等方法。堆焊时,先把锻模退火,用与锻模相同材料的焊条进行堆焊修补。然后进行机械加工,再经钳工修整,热处理后进行研磨或抛光,使尺寸精度和表面粗糙度都达到规定要求。

(2) 模膛表面全部磨损:更换一个新的或焊补上,再进行修整,以达到全部符合要求。

(3) 锻模出现大的裂纹:用补焊法将裂纹填满,再由钳工进行修理;或用镶钢套的方法把锻模包住;也可用夹板把有裂缝的锻模夹起。

必须指出,有裂纹的模具,只能作短期使用。

## 七、模具加工新工艺简介

随着工业产品品种和数量的不断增加,对模具的需要数量越来越多,质量要求越来越高。模具加工的方法已从传统的机械加工方法,发展到广泛采用新工艺作为其制造的重要手段。

目前我国各专业模具生产厂采用的模具加工新工艺有下列几种。这些新工艺主要用在加工型腔上。

### (一) 电火花加工

电火花加工(也称电脉冲加工),是通过工具电极和工件电极之间的脉冲瞬间火花放电进行的。由于瞬间放电能量高度集中,电流密度很大,产生的高温可高达 $10000^{\circ}\text{C}$ 左右,使得工件表面的微小局部金属熔化,甚至汽化。凡被熔化或汽化的金属微点被抛向具有一定绝缘性能的液体介质(常用的为煤油)中冷却,而工件表面就相应被电腐蚀成一个微小凹

坑,一次瞬间火花放电产生一个微小凹坑,一次次连续不断脉冲火花放电的结果,使整个被加工表面形成一个由无数微小凹坑构成的表面。这样工具电极的轮廓形状便被复印在工件上,从而达到加工的目的。

可见,电火花加工方法给模具制造带来极大的方便。它可以加工机械加工方法难于加工,或无法加工的特殊材料,可以扩大模具材料的选择范围,同时模坯可以先淬火,后加工,从而免除了淬火变形对型腔尺寸和形状的影响。它可以对形状复杂的型腔不用镶拼而采用整体制造,从而方便了加工工艺,并提高了模具的强度和刚度。它可以加工各种形状复杂的型孔(如最小直径可达 $0.01\text{mm}$ 的小孔、深孔和各种模具上的型孔)和型腔(如锻模的型槽、窄缝和异型孔等)。

电火花加工由于形成凹坑,所以表面粗糙度较低,一般粗加工(改变脉冲参数即可改变加工的粗精)的 $R_a = 10 \sim 20\mu\text{m}$ ,精加工的 $R_a = 0.63 \sim 1.25\mu\text{m}$ ,尺寸可精确到 $\pm 0.05\text{mm}$ 。若与成型磨削配合加工,精度和表面粗糙度可提高。

电火花加工除用于加工凹模和凹凸模外,还可以加工模具上的各种型孔。在锻模和塑料模中,它是加工型腔的一种有效方法。

## (二) 电火花线切割加工

电火花线切割加工也是利用电极(一般采用金属丝作电极)和工件之间的电火花放电的腐蚀作用,从而实现对各种形状金属工件进行加工的一种工艺方法。工作时正极接工件,安装在绝缘的工作台上,并浸入电介质中,负极接电极丝。目前大多数工作台采用步进电机带动,线电极沿着所要求的切割线路与工件在液体电介质中产生火花放电而腐蚀工件以实

现切割加工。

加工内孔时,先在工件预钻一个工艺孔,将线电极穿过工艺孔,然后沿预定的轨迹进行线切割。加工外部轮廓,则从坯料边缘切入即可。目前,我国应用的电火花线切割加工用的是数控线切割机床。所用的线电极大多采用细的钼丝、钨丝和黄铜丝,直径约为 $0.02\sim 0.03\text{mm}$ 。常用5%左右的乳化油水溶液作为电介质。

目前线切割在加工精密细小的通孔、形状复杂的异形孔及形状复杂、材料特殊(如硬质合金)的冲模、化纤喷丝板、挤出机机头等方面,得到了广泛的应用。

与电火花穿孔成形加工相比较,电火花线切割加工的特点是:不需要制作成型工具电极,只需用金属丝作电极,可节省制作费用和缩短生产周期;可加工形状复杂及细小的内、外成形表面,如 $0.05\sim 0.07\text{mm}$ 的窄缝, $R\leq 0.03\text{mm}$ 的小圆角等。也可加工电火花不便于加工的外成形表面;线电极的磨损极小,加工精度高,可达 $\pm 0.01\text{mm}$ ,表面粗糙度 $R_a=2.5\sim 0.63\mu\text{m}$ ;对配合间隙大的冲模,可用一块材料加工出凹模和凸模。

### (三) 电铸加工

电铸加工是利用电镀的原理来翻制金属制品的加工方法。用电铸法制造模具型腔的方法是:将一定形状、尺寸的胎模(又称母模)放入电解液内,利用电镀的原理,在胎模上沉积层逐渐加厚到预定的厚度后,将其与胎模分离,获得与胎模型面相反的型壳(电铸件)。

胎模的形状是型腔的反型面,表面粗糙度 $R_a=0.16\sim 0.08\mu\text{m}$ (抛光)。为脱模方便,应有一定的斜度。所用材料一般为易加工的低熔点合金,也可用石膏、石蜡、塑料等。但

需注意,非金属制胎模需经防水处理,且表面要镀一层导电膜。

电铸件(型壳)外表面粗糙,厚度较薄,一般需加固。常用方法是在电铸件外表面喷涂铜或其它金属,达到一定厚度(一般为6~8mm)后,将外表面加工成所需的形状,再镶入模套内加固使用。对承受冲击作用的型腔(锻模型腔),不适合用电铸法制造。电铸加工法主要用于加工塑料压模、注射模等模具的型腔。

电铸加工的特点是:能准确地复制形状复杂和尺寸精度高的成形表面,用同一胎模能复制多个形状一致的电铸件,电铸件型面清晰光滑,一般不需作光整加工;使用设备简单、操作方便。但是,电铸周期长,电铸层厚度不均匀。

#### (四) 用压力加工法制模(型腔)

型腔的压力加工法有热反印法、冷挤压法和超塑性挤压等方法。

1. 热反印法 用预先制造好的凸模压入经加热到锻造温度的模坯上,而在模坯表面被压印出和凸模形状、大小一致的型槽的方法。制造凸模用材料有T7、T8或5CrMnMo,经淬火硬度为HRC60~65。加工时,凸模的所有尺寸应按锻件尺寸考虑放出冷缩量、拔模斜度和加工余量。

用这种方法制模简便,周期短,成本低,常用于试制或小批生产。

2. 冷挤压 型腔冷挤压成型是在室温条件下,利用装在压力机上的成型冲头(凸模),用一定的压力挤压模坯,使模坯产生塑性变形而形成和冲头形状及大小相应的凹坑(型腔),再经适当的机械加工或钳工修整,就成为所需的型腔。

冷挤压用的成型冲头,必须有高的强度、硬度和一定的韧

性。常用的材料有 T10A、GCr15、CrWMn、Cr12 等，一般冲头尺寸越大，形状越复杂，对材料的要求也越高。在进行加工时，冲头工作部分的长度应比型腔实际深度长 5~10mm，导向部分长度，一般取型腔最大深度的 1.5~2 倍。工作部分的尺寸和型腔尺寸一致，不放余量，尺寸精度应比型腔精度高一级，表面粗糙度应尽量低， $R_a \leq 0.32\mu\text{m}$ ，每边应有一定的拔模斜度。

模坯的形状为圆柱体时，其尺寸由经验公式决定：

$$D = (1.4 \sim 2)d \text{ (mm)}$$

$$H = (2 \sim 3)h \text{ (mm)}$$

式中  $D$ ——模坯外径 (mm)；

$d$ ——型腔内径 (mm)；

$H$ ——模坯高度 (mm)；

$h$ ——型腔高度 (mm)。

3. 超塑性挤压 此法是利用材料在超塑性状态下，用成型冲头将材料挤压成型腔的方法。所得型腔表面光洁，尺寸精确。

金属材料在一定条件下，其伸长率可达 100%~2000%，这种现象称超塑性。凡伸长率能超过 100% 的材料称为超塑性材料。目前已发现有 100 多种超塑性金属，其中用于模具制造的超塑性金属主要是 ZnAl22 (锌铝合金)。ZnAl22 在变形温度 250℃ 时，其伸长率可达 1000% 以上。在此时将成型冲头压入 ZnAl22 内部，即可得到所需的型腔，再经强化处理后就投入使用。但是与各种钢材相比，ZnAl22 的承压能力和耐热性较差，一般用钢制模框把超塑合金型腔围固，以提高其承压能力。

# 第十一章 塑料模具

## 一、概述

成型塑料制品的模具叫塑料模具。各种产品的生产和更新多数是以模具制造和更新为前提,尤其在塑料制品生产中,塑料模具对实现塑料合理的制造工艺要求、塑料制品的使用要求和塑料制品的质量起着重要的作用。随着工业和日用塑料制品品种、花色和需求量的日益增加,对塑料模具也提出了更高的要求,促使其不断地向前发展。

对塑料模具总的要求是:能生产出对制品的尺寸精度、形状精度、物理性能、力学性能、电性能、外观质量和表面粗糙度等各方面均能满足使用要求的优质产品。同时,使用塑料模具,应能实现高效率、自动化,且操作简便。模具应结构合理简单,制造容易,成本低。

塑料成型模具的分类:按成型方法的不同,塑料成型模具分为以下几类:

- |      |   |             |
|------|---|-------------|
| 塑料模具 | { | 压制成型模具      |
|      |   | 压铸成型模具      |
|      |   | 注射成型模具      |
|      |   | 挤出成型模具      |
|      |   | 中空制品吹塑成型模具  |
|      |   | 真空或压缩空气成型模具 |

## 二、注射成型模具

注射成型是将塑料先加入注射机的加热料筒内,塑料受热熔融,在注射机的螺杆或活塞的推动下,经喷嘴和模具的浇注系统进入模具型腔内,后经硬化定型。注射成型所用的模具称注射模具。注射模具主要用于成型热塑性塑料制品,近年来也广泛用于成型热固性塑料制品。塑料制品中注射成型件占有很大比重,在塑料成型模具中约有半数以上是注射模具。

### (一) 对注射模具的要求

注射模具既要考虑塑料熔体的流动方向,又要考虑模具制造装配等结构方面的问题,对其要求主要有以下几个方面:

(1) 根据塑料在模具内流动的方向,即充模顺序,应考虑塑料在模具内重新熔合和模腔内原有空气的排出问题;

(2) 应考虑塑料在冷却过程中,它在模具内结晶、取向、收缩、补缩和改善消除制件内应力等方面的问题;

(3) 进浇口和分型面的选择问题;

(4) 塑料的横向分型抽芯及顶出问题;

(5) 模具的冷却或加热问题;

(6) 模具的总体结构和组成零件要简单合理,易于制造和装配。

### (二) 注射模具的结构

这类模具的结构是与注射机的型式和制件的复杂程度等因素有关。注射模具均可分为动模和定模两部分。按各部分的作用,又可细分成以下几个部分:

1. 成型零部件 构成型腔的零件统称为成型零件,通常

包括凹模、凸模、型芯(或成型杆或成型环)、镶块等。由于型腔直接与高温高压的熔融塑料接触,它的质量对塑件质量有直接影响。因此,要求它应有足够的强度、硬度(HRC40以上)、冲击韧性、耐磨性和足够的精度、较低的表面粗糙度值( $R_a \leq 1.6 \mu\text{m}$ )等,才可保证塑件表面光亮美观,容易脱模。

(1) 凹模:它是形成塑件外表面的零件(部件)。其主要结构形式有下列几种,如图 11-1 所示。

(2) 型芯或成型杆:它是形成塑件内表面的零件。其结构形式有多种,如图 11-2 所示。为便于加工且节约材料,通常都采用组合式的。型芯(成型杆)和固定板可分别采用不同的材料和热处理方式,然后再根据结构情况采用不同的方式连成一体。

(3) 螺纹型芯(型环):塑件上有内、外螺纹时,采用螺纹型芯(型环)成型。螺纹型芯(或螺纹型环)在模具上安装要定位可靠,注射时不因受到冲击而位移;开模时能方便地从塑件中取出。一般在型芯尾部作成四方形或两边磨成平面,以便于夹持,将它从塑件上拧下。螺纹型芯在模具上的安装连接形式如图 11-3 所示。

螺纹型环常见的有两种形式,如图 11-4 所示。图 11-4a 为整体式螺纹型环,它的外径与模具孔采用 H7/m7 配合,下面加工成台阶平面,便于用扳手把它拧下来。图 11-4b 为组合式螺纹型环,通常由两半组成,为便于将分开的两半块取出,可在结合面外侧开两条槽。

2. 浇注系统 浇注系统是指模具从注射机喷嘴开始,到型腔为止之间的塑料流动通道。它分为普通流道浇注系统和无流道浇注系统两类。

(1) 普通流道浇注系统:普通流道浇注系统有卧式注射



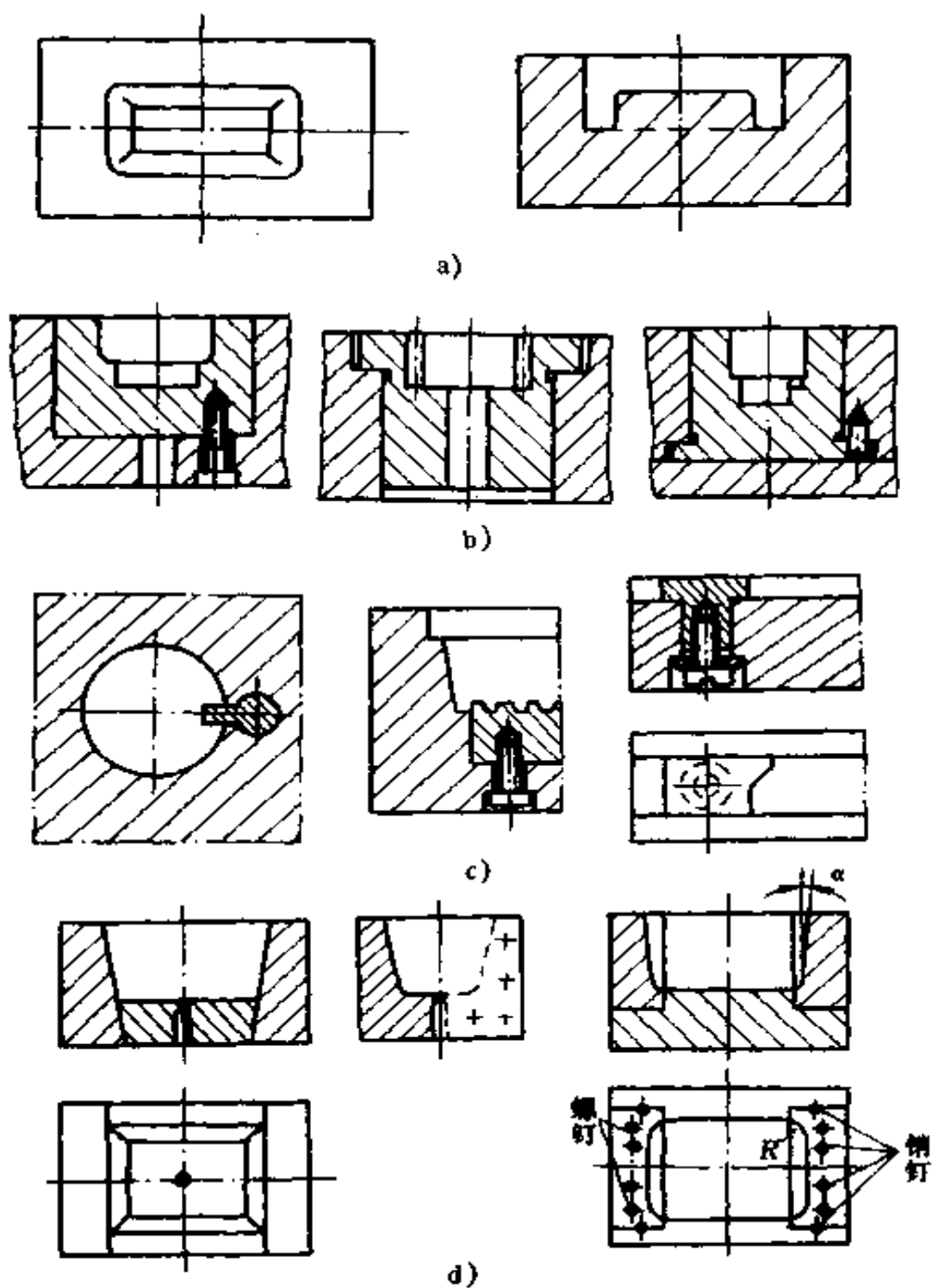


图 11-1 主要注射成型凹模结构形式

- a)整体式凹模 b)整体嵌入式凹模及其固定  
c)局部镶嵌组合式凹模 d)侧壁大面积镶嵌组合式凹模

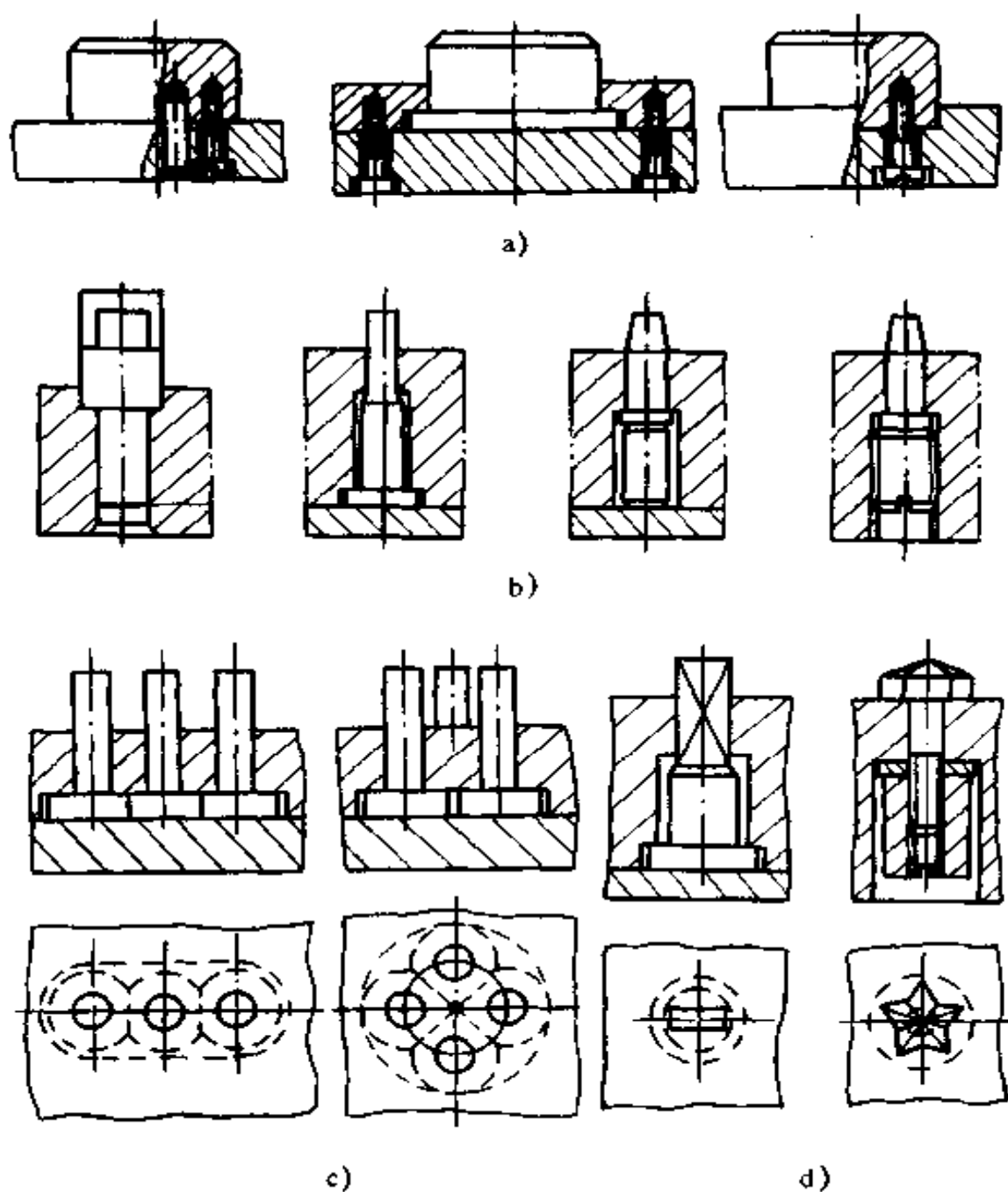


图 11-2 部分型芯或成型杆结构形式

a) 主型芯的结构形式 b) 成型杆或小型芯的组合方式

c) 中心距相近的多型芯固定方法 d) 非圆形型芯的组合方式

机上模具用的普通浇注系统和角式注射机上模具用的普通浇

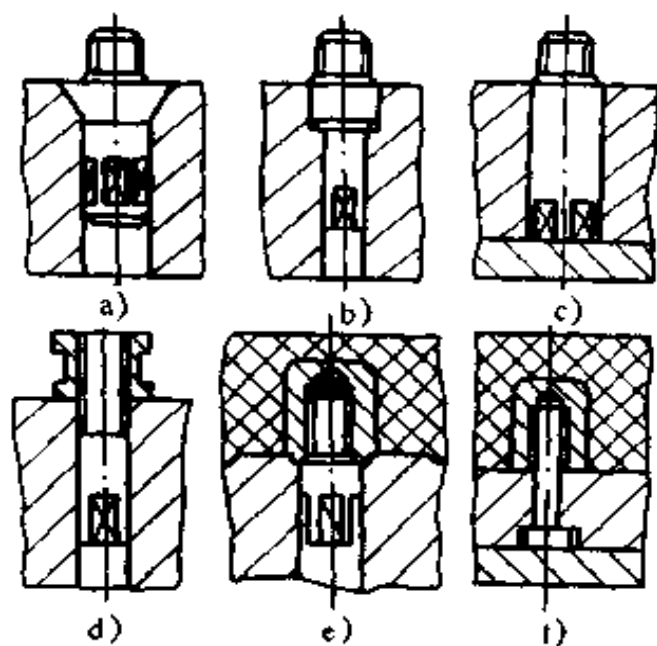


图 11-3 螺纹型芯的安装形式

注系统两类,如图 11-5 所示,它们都是由主流道、分流道、浇(铸)口、冷料井等几部分组成。

主流道是指连接注射机喷嘴到分流道的一段流道,与注射喷嘴在同一中心线上,其断面通常为圆形,断面尺寸有变化的,也有不变的,如图 11-5a 所示。在卧式或立式注射机上使用的模具中,主流道与分型面垂直,为

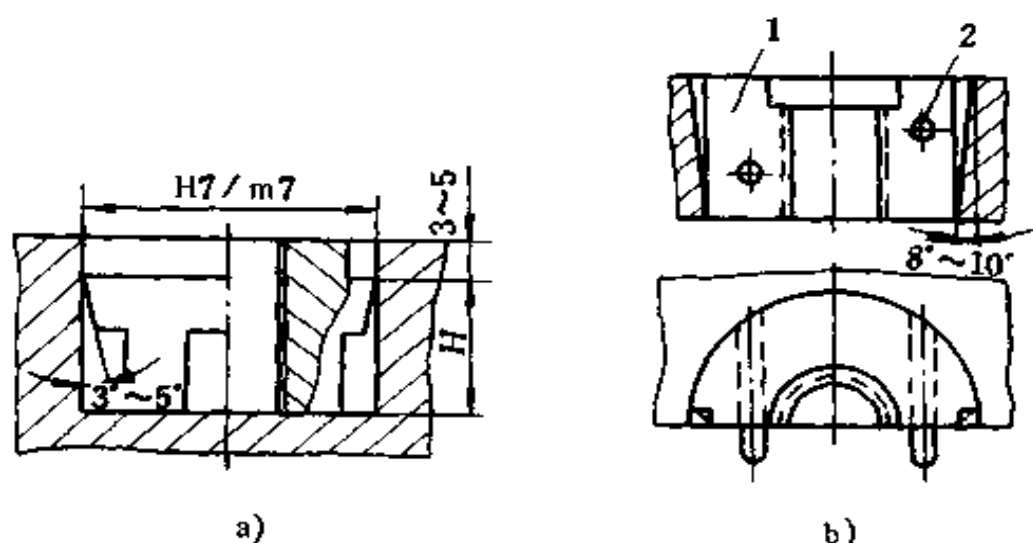


图 11-4 整体式和组合式螺纹型环

1. 螺纹型环(两半) 2. 定位销钉

使熔融塑料冷却固化后能方便地从主流道中拔出,主流道可

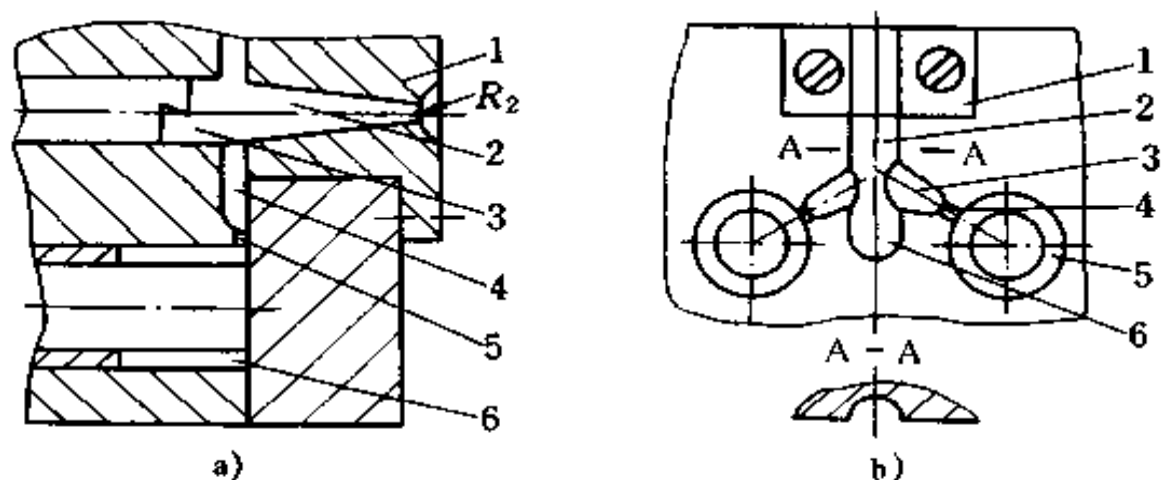


图 11-5 普通流道浇注系统

a) 卧式注射机用模具的浇注系统

1. 主流道衬套 2. 主流道 3. 冷料井 4. 分流道 5. 浇口 6. 型腔

b) 角式注射机用模具的浇注系统

1. 镶块 2. 主流道 3. 分流道 4. 浇口 5. 型腔 6. 冷料井

做成圆锥形,其小端直径应大于喷嘴直径 1mm,以便于熔融塑料方便流动和冷凝料拔出,常见的直径为 4~8mm,内壁应保证  $R_a < 1.6\mu\text{m}$  的粗糙度。其小端与喷嘴接触处做成半球形的凹坑,防止高压塑料从缝隙处溢出,两者应严密配合。同时,为使主流道冷凝料能顺利脱出,主流道半球形凹坑的半径  $R_2$  应比喷嘴头的半径  $R_1$  大 1~2mm。主流道衬套(因在注射过程中主流道与高温熔融塑料及喷嘴反复接触、碰撞受损,为便于更换,常把主流道部分做成衬套形式)大端凸出固定模板端面 5~10mm,并与固定模板的定位孔采用 H7/m7 过渡配合,以起定位作用。为防止型腔或分流道的塑料反推力(反推力与塑料接触的端面面积大小有关,面积大,反推力也大),把主流道衬套退出,因此主流道衬套与本体之间连接要可靠。当反推力很大时,可将定位环做成凸台,使其紧压在注射机的

固定板下。

分流道是指从主流道中流来的塑料,沿分型面引入各型腔的那一段,如图 11-6 所示。它开在分型面上,断面形状可呈圆形、半圆形、梯形、U 字形等,由动模和定模两边的沟槽合模而成,如梯形、半圆形等可开在定模或动模的一边(图 11-6b、c、d、e)。在多腔模中,一般都设置分流道,其尺寸以塑件大小、塑料品种、注射速率及分流道长度而定。圆形的一般取直径  $d = 5 \sim 10\text{mm}$ 。对流动性特别好的聚丙烯、尼龙等,当分流道很短时, $d$  可以小于  $5\text{mm}$ ,对流动性特别差的塑料,可取  $d > 10\text{mm}$ 。分流道在多腔模中的布置有平衡式和非平衡

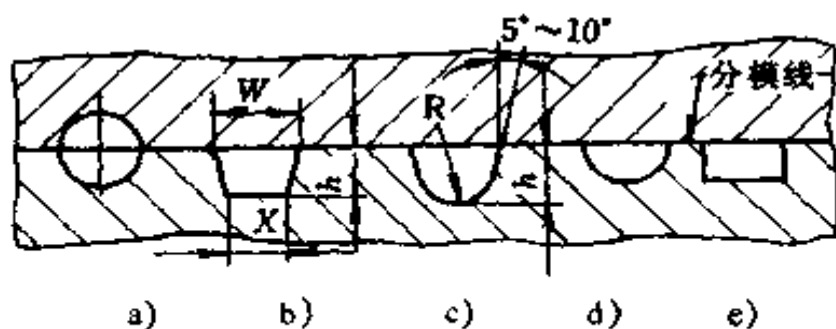


图 11-6 分流道断面形状示意

式两种,如图 11-7 所示。其中以平衡式布置为好,这样从主流道到各个型腔的分流道长度都相等,断面形状都相同,可使塑料均衡到达各个型腔。但在加工各分流道时,应特别注意各对应部位尺寸的一致性,误差应在 1% 以内。否则,达不到均衡进料的目的。

浇口是指流道末端将塑料引入型腔的狭窄的一段,其断面尺寸通常比分流道的断面尺寸小(主流道型浇口除外),也较短,常见的形状有圆形、矩形等。它的断面积约为分流道断面积的 3%~9%,其作用是调节控制料流速度和补料时间,

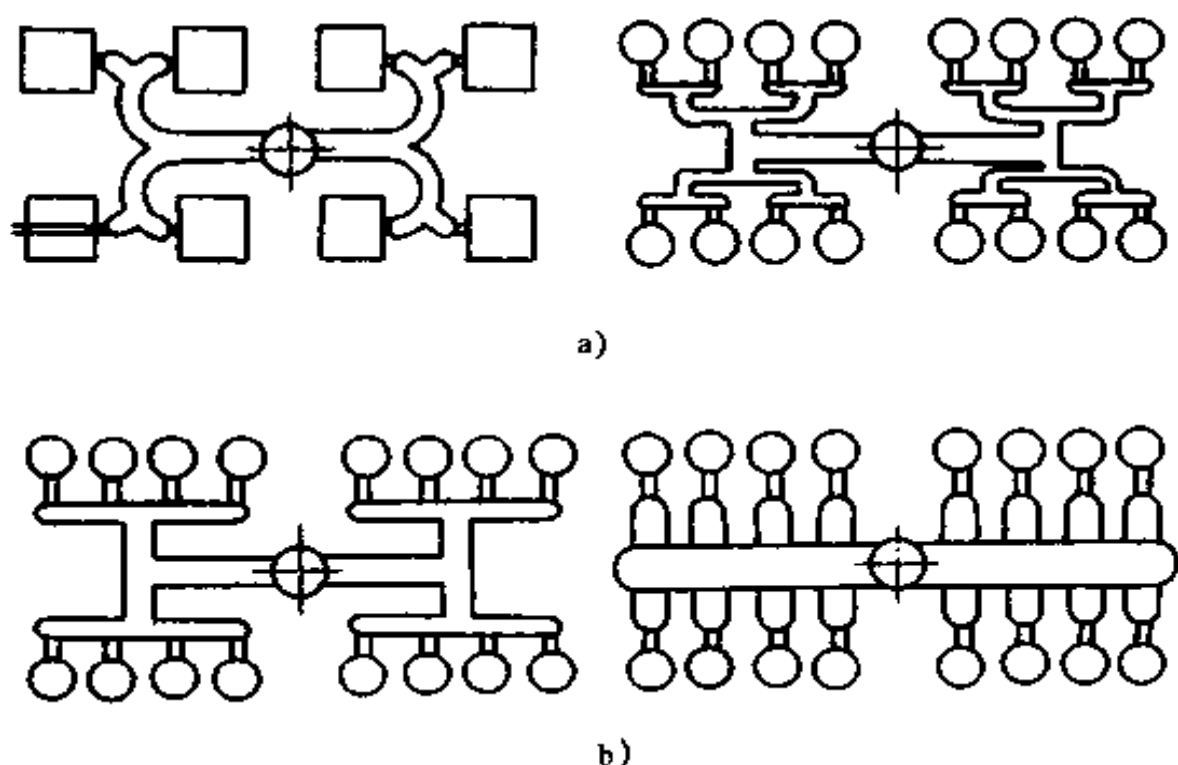


图 11-7 分流道断面形状

a)分流道的平衡式布置 b)分流道的非平衡式布置

浇口是浇注系统的关键部分,浇口的形状和尺寸对塑件质量影响很大,故在加工浇口时,更应注意其尺寸的准确性。

冷料井是为了消除喷嘴前端存有的一小段低温料(冷料)而设置的。它一般设在主流道末端,有时分流道末端也设冷料井。在角式注射机上的模具其浇注系统中的冷料井是主流道的延长部分;卧式或立式注射机上模具中的冷料井设在主流道正对面的动模上,其直径略大于主流道大端直径,底部一般作成曲折的钩形或凹槽。

(2) 无流道浇注系统(绝热流道、热流道):无流道浇注系统是利用加热或绝热的办法,使塑料从注射机喷嘴到型腔入口为止这一流道中,一直保持熔融状态,从而在开模时只需取成型的塑料,而不必取浇注系统的凝料。

① 绝热流道系统:绝热流道实质上是基于流道比较粗大,而流道中心处的塑料在连续注射过程中来不及冷凝而保持熔融状态,并顺利地进入型腔的机理,一般分为井式喷嘴(又名井坑式喷嘴)和多型腔绝热流道系统两种型式。

② 热流道系统:这种系统由于在流道的附近或中心设有加热圈或加热棒,因而从喷嘴出口到浇口之间的流道都处于高温状态,从而使流道中的塑料保持在熔融状态。在整个注射过程中,流道中的凝料一般不需取出,再开机时只需加热流道达到使凝料熔融的温度即可。目前使用的有单型腔、多型腔(外加热)、阀式浇口和内加热的热分流道四种型式。

3. 导向部分 导向部分是塑料模具中必不可少的部件,其作用是保证动模和定模合模时准确导向、定位和承受一定侧压力。它由导柱、导向孔,或在动、定模上分别设有互相配合的内外锥面组成。如图 11-8 所示。

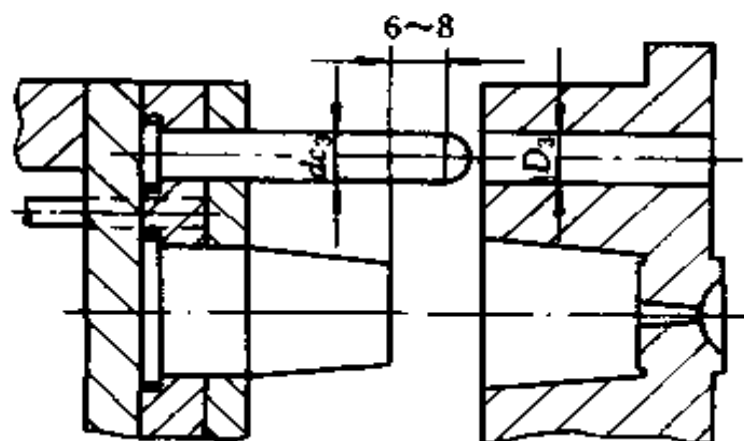


图 11-8 导柱导向示意

(1) 导柱:导柱的标准结构如图 11-9 所示。图 11-9a(A 型)导柱一般不用导套,导柱直接与模板中导向孔配合;也有用导套的,在导向孔磨损后,只要更换导套即可。这种导柱适

用于简单的小批量生产模具。图 11-9b(B 型)导柱适用于精度高、大批量生产模具。这种导柱要用导套配合。

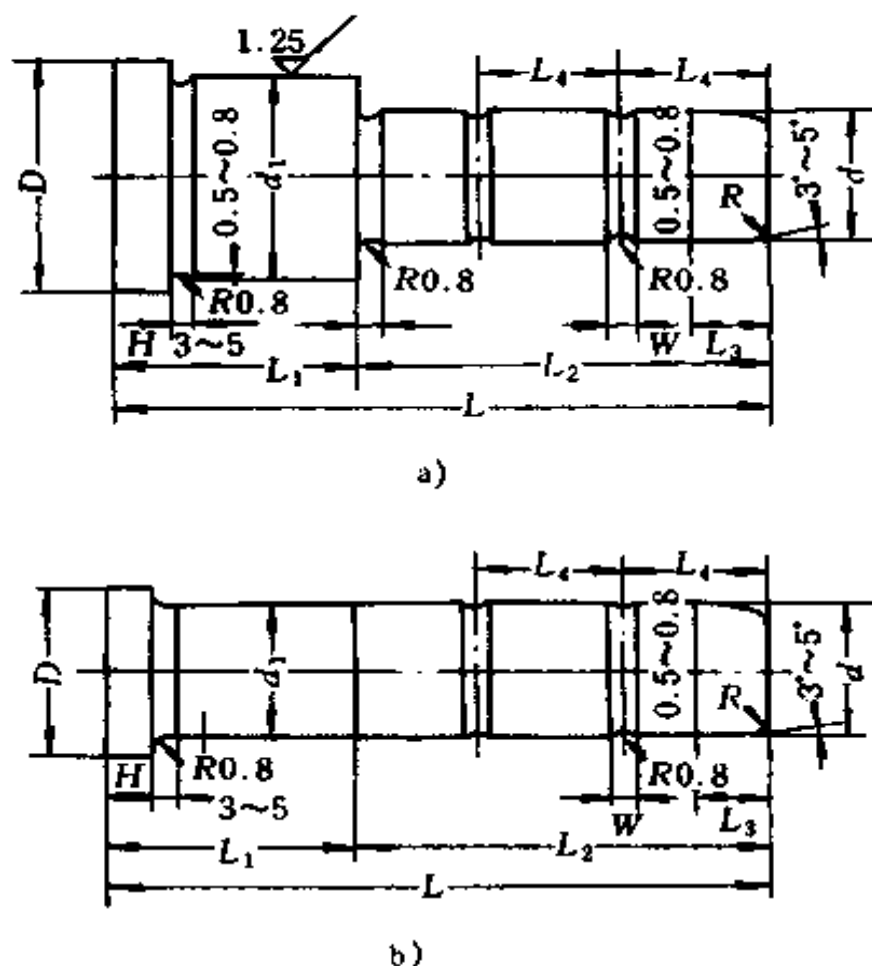


图 11-9 导柱结构

① 长度:导柱的长度应比凸模端面高出  $6 \sim 8$ mm。否则,会引起凸模先进入型腔而导柱来不及准确导向而相碰损伤。

② 形状:为使导柱顺利地进入导向孔,导柱的端面做成锥形或球面形。

③ 性能:导柱应有韧性高的心部和耐磨性好的表面,因此,多采用低碳钢经渗碳淬火处理或用碳素工具钢经淬火处理,其表面硬度为  $HRC50 \sim 55$ 。



④ 配合：导柱装入模板通常采用 H7/m6 配合；也可采用导柱以过渡配合装入固定板后，用螺钉或铆接固定板的形式，如图 11-10 所示。

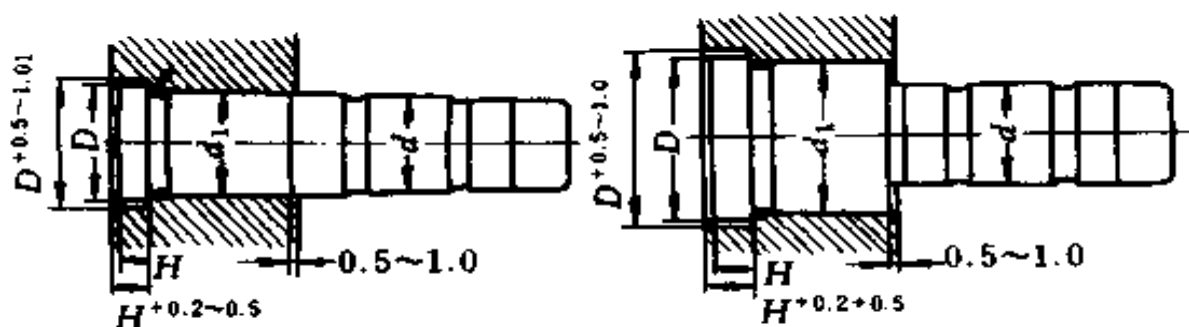


图 11-10 导柱的固定形式

导柱配合部分的表面粗糙度  $R_a \geq 0.63 \mu\text{m}$ 。导柱的具体尺寸可查有关手册。

(2) 导套(包括无导套的导向孔)：导套的形式如图 11-11

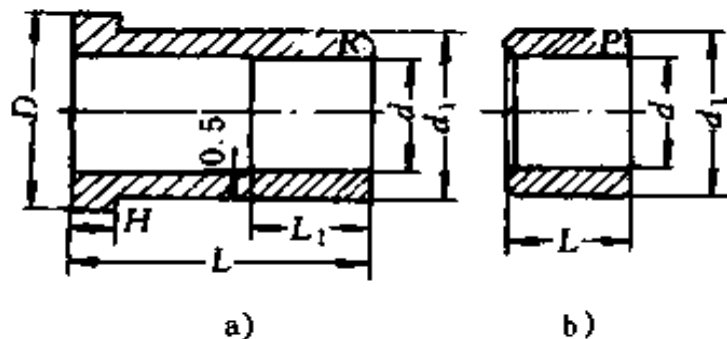


图 11-11 导套形式

所示。在导套的一端内孔应倒一圆角，以便于导柱顺利地进入。导套装入模板后，最好是通孔。由于结构限制只能开盲孔时，要求在盲孔的侧面钻一横向通气孔，或在导柱的外表面磨出排气槽。否则，导柱进入未打通的导套孔时，孔内空气无法逸出，增加了导柱进入导套阻力。导套一般用铜或淬火钢（硬度应低于导柱硬度）等耐磨材料制造。导套与模板固定孔

的配合通常 A 型用 H7/m6 配合, B 型用 H7/r6 配合。为可靠起见,可再用止动螺钉(顶丝)紧固。

(3) 导柱与导套的结合方式;导柱与导套的结合方式随模具结构的不同而异。它们之间可以是相同型的结合,也可以是不同型之间的结合,常见的有如图 11-12 所示的几种结合方式。图 11-12a 导柱是 A 型,不用导套;图 11-12b 导柱和导套都是 A 型;图 11-12c 导柱是 A 型,导套是 B 型;图 11-12d 导柱和导套都是 B 型;图 11-12e 导柱是 B 型,导套是 A 型。

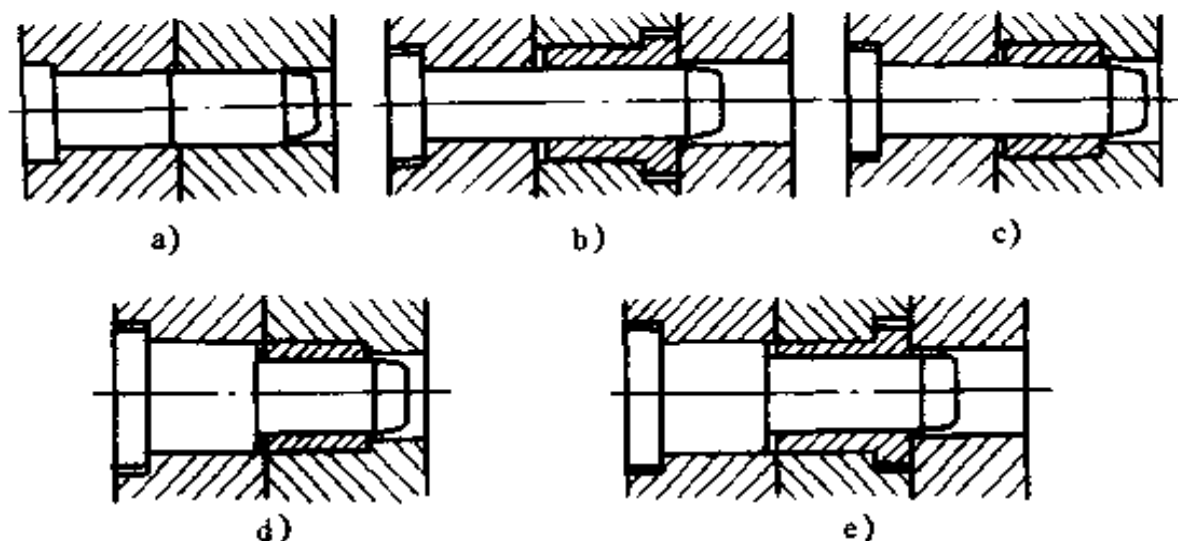


图 11-12 导柱与导套的结合形式

4. 脱模机构 塑料制件从模具型腔中脱出的机构称脱模机构(又称顶出机构),其结构如图 11-13 所示。它由顶杆、顶出固定板、顶出板、导柱、导套、回程杆和钩料杆或挡销等组成,其中钩料杆和挡销有否,视机构的结构需要而定,并不是所有模具都有。

脱模是塑料成型工艺的最后一道工序,对塑料制品的质量也有很大的影响。脱模机构在脱模过程中,应保证工作可靠、运动灵活、塑件不变形和不损伤其外观。

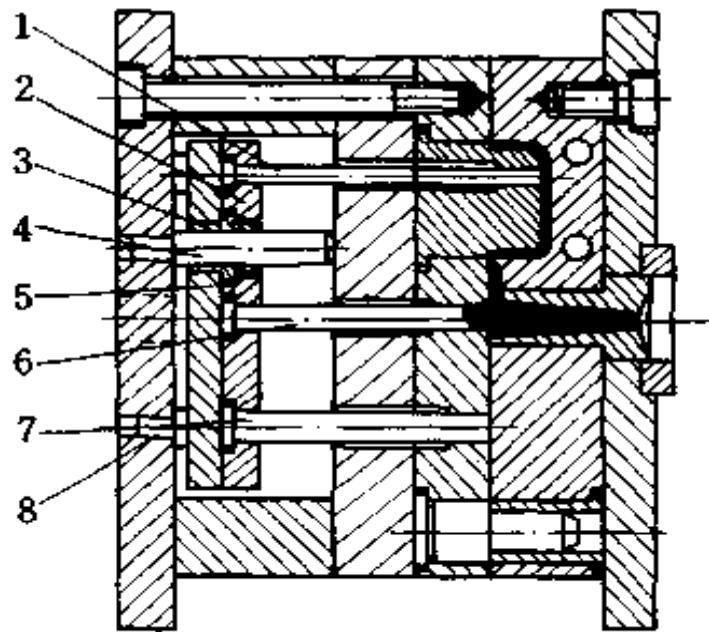


图 11-13 塑体脱模机构

1. 顶杆 2. 顶出固定板 3. 导套 4. 导柱  
5. 顶出板 6. 钩料杆 7. 回程杆 8. 挡销

脱模机构按动力来源分,有手动、机动、液压、气动等四种形式;按模具结构(即塑件形状)分,有简单脱模、双脱模、顺序脱模、二级脱模、浇注系统脱模和带螺纹塑件脱模等多种形式。

(1) 顶杆:顶杆通常是用 45、T8 或 T10 的碳钢制造。顶杆头部要经热处理,淬火到 HRC50 以上。顶杆滑动部分的粗糙度  $R_a \leq 1.25 \mu\text{m}$ 。顶杆的形式如图 11-14 所示。A 型最简单,应用最多,直径  $d$  与顶杆孔的配合一般为 H8/f8,装配部分应有  $D - d = 4 \sim 6\text{mm}$  的轴肩固定。上述的这些数值要求也适用以下几种形式。B 型是阶梯形,用于顶杆直径  $d$  较小时,为了加强顶杆刚度,将非顶出部分扩大到  $d_1$  (一般  $d_1 = 2d$ )。C 型是阶梯式插入杆结构,因顶杆较细,为满足顶杆

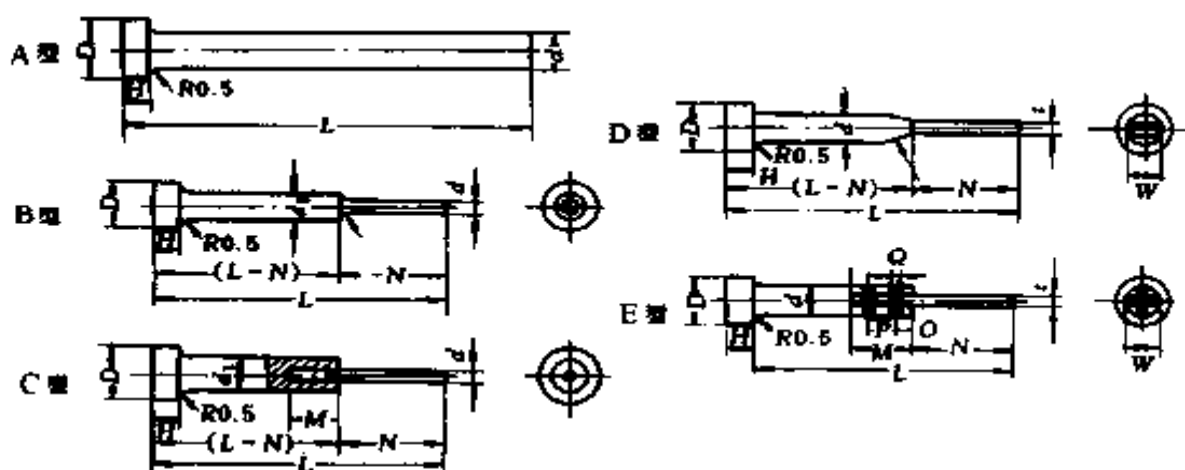


图 11-14 顶杆的形式

的强度和刚度要求,顶杆滑动配合部分选用优质钢材制造,然后插入  $d_1$  端部中心的孔中,插入部分用过渡配合 H7/m6,长度  $N = (4 \sim 6)d$ ,然后用焊接固定。D 和 E 型是特殊断面形状顶杆。D 型是直接切削加工得到;E 型是插入式顶杆,为防止顶杆从本体中拔出,两者采用径向铆接固定。各种形式顶杆的尺寸由结构决定。

顶杆的顶出位置应设在脱模阻力大的地方。当塑件各处脱模阻力相同时,顶杆应均等设置。顶杆不宜设在塑件最薄处,以免塑件损坏或变形。当结构需要顶杆设在薄壁处时,可采用顶出盘顶出塑件的形式。顶杆端面形状,最常用的是圆形,也有各种特殊的断面形式,顶杆数量不宜过多。装配时,顶杆端面应和型腔平面齐平,或比型腔平面高出  $0.05 \sim 0.1\text{mm}$ 。

顶杆与顶出固定板的连接形式如图 11-15 所示。

当塑料制品呈圆筒形时,脱模需用顶管。由于圆筒形塑件其成型部分有一个型芯,要求顶管的固定形式必须与型芯的固定方式相适应。顶管的顶出结构形式如图 11-16 所示。

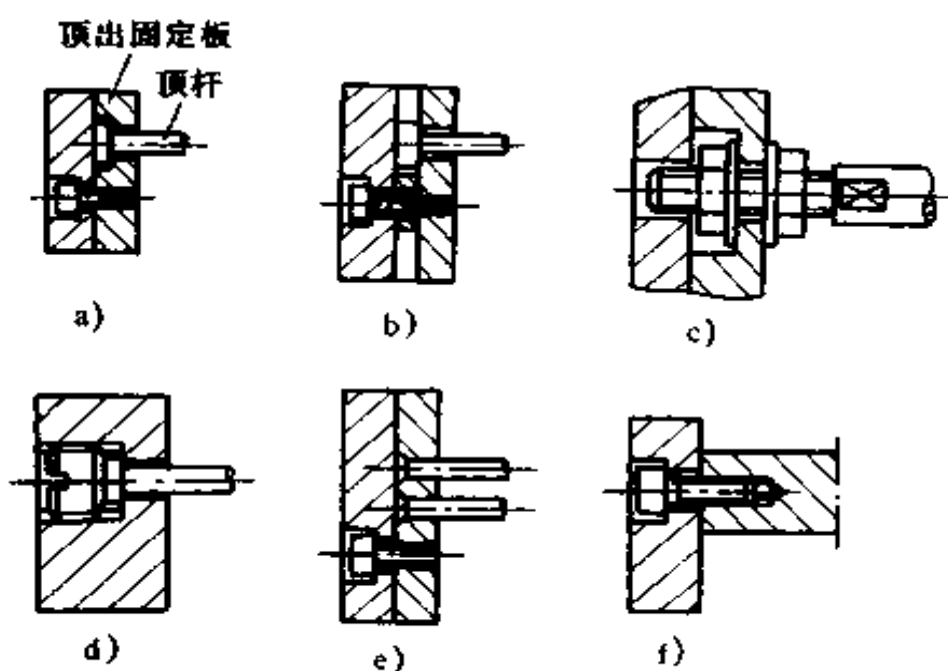


图 11-15 顶杆与顶出固定板的连接形式

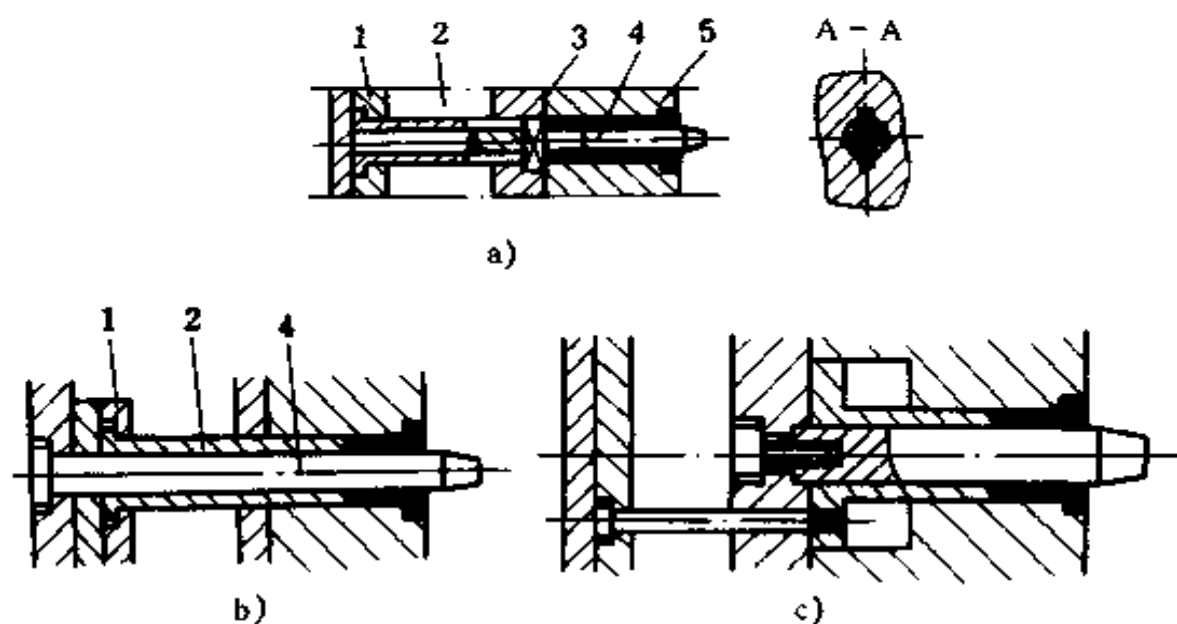


图 11-16 顶管顶出结构形式

1. 顶板 2. 顶管 3. 方销 4. 型芯 5. 塑件

图 11-16a 中型芯用销(或键)固定,顶管在轴向开槽,使销(或

键)在槽中移动,槽的位置和长度由模具结构和顶出距离确定,图 11-16b 中,型芯较长,固定在模具底板上。图 11-16c 为顶管在型板内滑动的形式,顶管的内径与型芯配合,外径与模板配合,一般均为 H8/f8。顶管与型芯的配合长度为顶出行程加 3~5mm,顶管与模板的配合长度为 $(0.8\sim 2)D$ ( $D$ 为顶管外径)。

当塑料制品为薄壁容器或壳体形工件且塑件表面不允许留有顶出痕迹时,需采用推板出模,其结构形式如图 11-17 所示。这几种推板的顶出力均匀,运动平稳,顶出力也大。图 11-17a 和图 11-17b 采用推板与顶出板固定连接的形式。

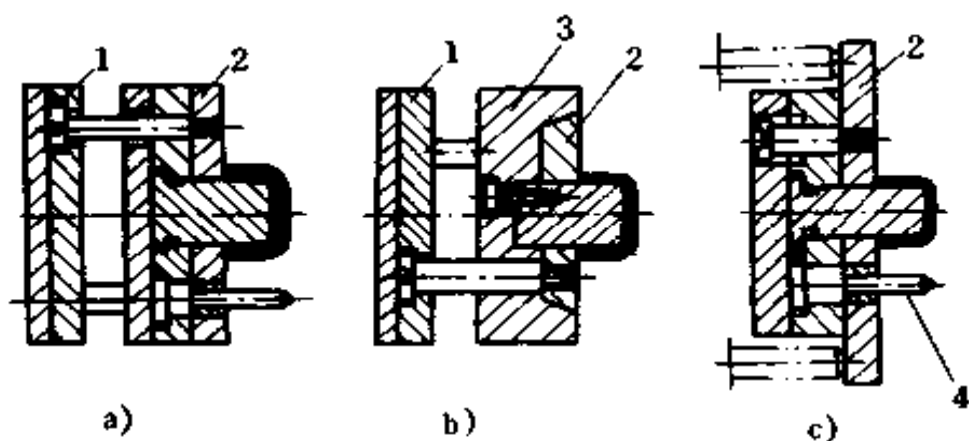


图 11-17 几种推板脱模结构

1. 顶出板 2. 推板 3. 动模板 4. 导柱

在合模过程中,分型面一经接触,推板就自动回到初始位置,因此不必加复位装置。推板和型芯之间应留有 0.2mm 的间隙以减少摩擦。对大型深腔软质塑料塑件,为防止在脱模时塑件内腔形成真空,造成塑件变形损坏并牵及脱模困难,应考虑附设进气装置,如图 11-18 所示。

当塑件制品的形状和所用材料等原因所限而不宜采用顶

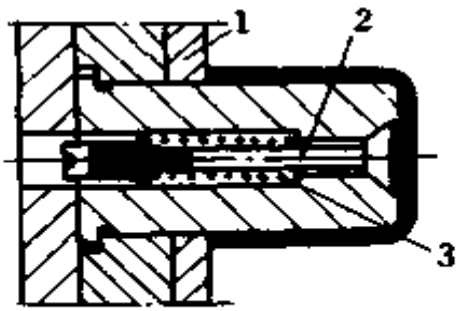


图 11-18 进气装置

1. 推板 2. 顶杆 3. 弹簧

杆、顶管、推板等进行脱模时,可采用活动成型镶件或型腔带脱模的方式。

塑料制品的形状复杂(如深腔壳体、局部有管形、凸台等)时,采用单一的脱模方法不能保证塑件质量,就要采用两种或两种以上的脱模方法。

(2) 导向零件(导柱、导套):顶出板在顶出过程中,为防止歪斜、顶杆变形、折断等,在脱模机构中应加设导向装置,一般用导柱和导套来进行导向。

(3) 回程杆:回程杆又称复位杆、反推杆。为使顶出件在完成塑件脱模后,能及时可靠地回复到初始位置,脱模机构中,一般均设置回程杆。目前常用的回程杆形式有刚性回程杆、顶出杆兼回程杆、弹簧回程杆等。

5. 分型与抽芯机构 在成型塑件顶出之前,对塑件上具有与顶出方向不同的内外侧向孔或侧凹时,必须先进行侧向分型,拔出侧向凸模或侧向型芯后再顶出塑件。完成侧向分型和拔出侧向凸模或侧向型芯并复位的装置称为分型和抽芯机构。

分型和抽芯的方式有手动、机动、气动和液压等。可分别用在不同的成型模具上。

(1) 抽拔距的确定:将型芯从侧向位置的孔内抽出至不妨碍塑件脱模位置的距离称为抽拔距。一般抽拔距等于侧孔深加 2~3mm 的安全系数。有些结构比较特殊时,应根据实际情况具体确定抽拔距,以不妨碍塑件脱出为准。

(2) 斜导柱分型和抽芯机构:这是一种应用广泛的分型

和抽芯机构,如图 11-19 所示。它主要由与模具开模方向有一定角度的斜导柱、滑块、导滑槽、滑块定位装置和锁紧楔等组成。

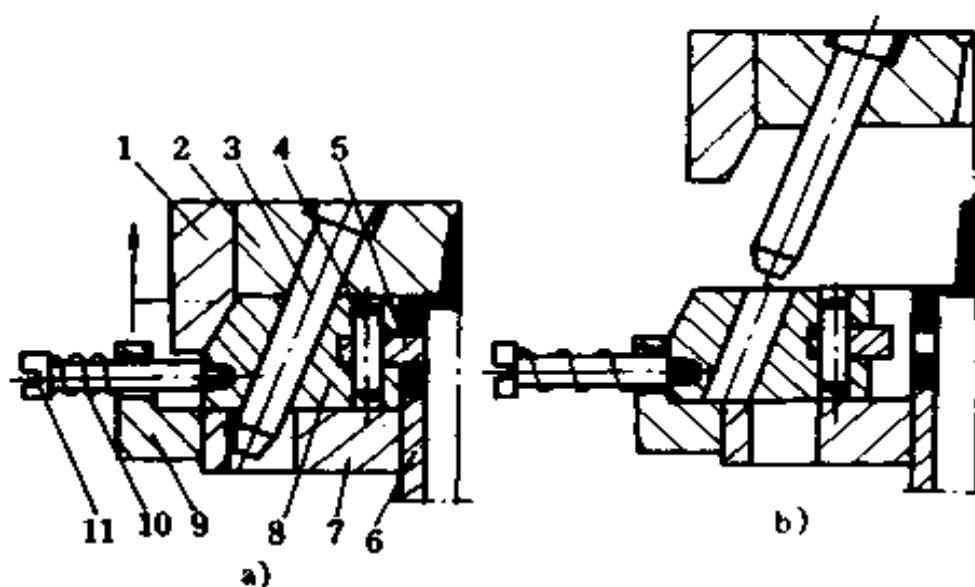


图 11-19 斜导柱分型与抽芯机构

1. 压紧块 2. 定模板 3. 斜导柱 4. 销 5. 型芯  
6. 顶出管 7. 动模板 8. 滑块 9. 限位挡块  
10. 弹簧 11. 螺钉

① 斜导柱:斜导柱材料常用的有 45、T8、T10 及 20 号钢,淬火(30 号钢渗碳淬火)后表面硬度为 HRC55 以上。它的头部为圆锥形或球面形。为使斜导柱在有效长度内离开滑块时并不再带动滑块,要求圆锥部分的斜角须大于斜导柱的倾斜角  $\alpha$ (斜导柱的倾斜角  $\alpha$  一般在  $25^\circ$  以下)。斜导柱只起驱动滑块的作用。滑块运动的平稳性和最终位置分别由导槽和锁紧楔保证。斜导柱和固定件之间的配合为 H8/k8,与滑块间采用较松动的间隙配合,斜导柱的安装固定形式如图 11-20 所示。



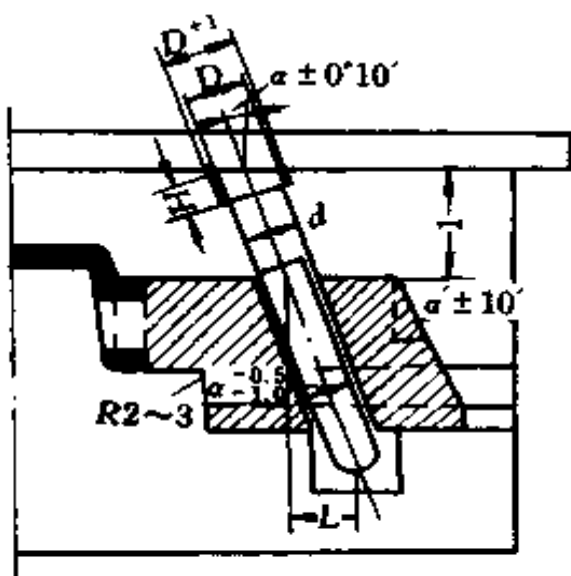


图 11-20 斜导柱的安装固定形式

② 滑块:应用广泛的是组合式滑块。组合式,即是把型芯安装在滑块上,其连接形式通常采用的是型芯嵌入滑块,为考虑强度起见,也可采用骑缝销钉固定、螺钉固定、通槽固定及加压板固定等方式。滑块材料用 45、T8、T10 钢,淬火后硬度达 HRC40 以上。

③ 导滑槽:在抽芯过程中,为保证滑块运动平稳、

无窜动和卡紧现象,导滑槽与滑块的配合形式,按模具型芯大小和使用情况可各不相同。导滑槽的长度,必须使滑块在完成抽拨工作后,仍停留在槽内,其接触长度不应小于滑块长度的  $2/3$ 。

导滑槽盖板所用材料为 45、T8、T10 钢,淬火硬度达 HRC52~56。

模具开模后滑块须停留在固定的位置上,才能保证闭模后斜导柱能准确地进入滑块。为此必须设置滑块定位装置。常用的定位形式有挡块和弹簧销(或钢球)等,如图 11-21 所示。

在塑料注射过程中,为防止斜导柱承受很大的推力和产生变形,在模具闭合后,必须锁住滑块,一般用锁紧楔进行锁住。锁紧楔的楔角  $\alpha' = \alpha + (2^\circ \sim 3^\circ)$ ,即大于斜导柱的倾斜角。这样,使模具一开模锁紧楔就让开,斜导柱才能带动滑块作抽拨动作。

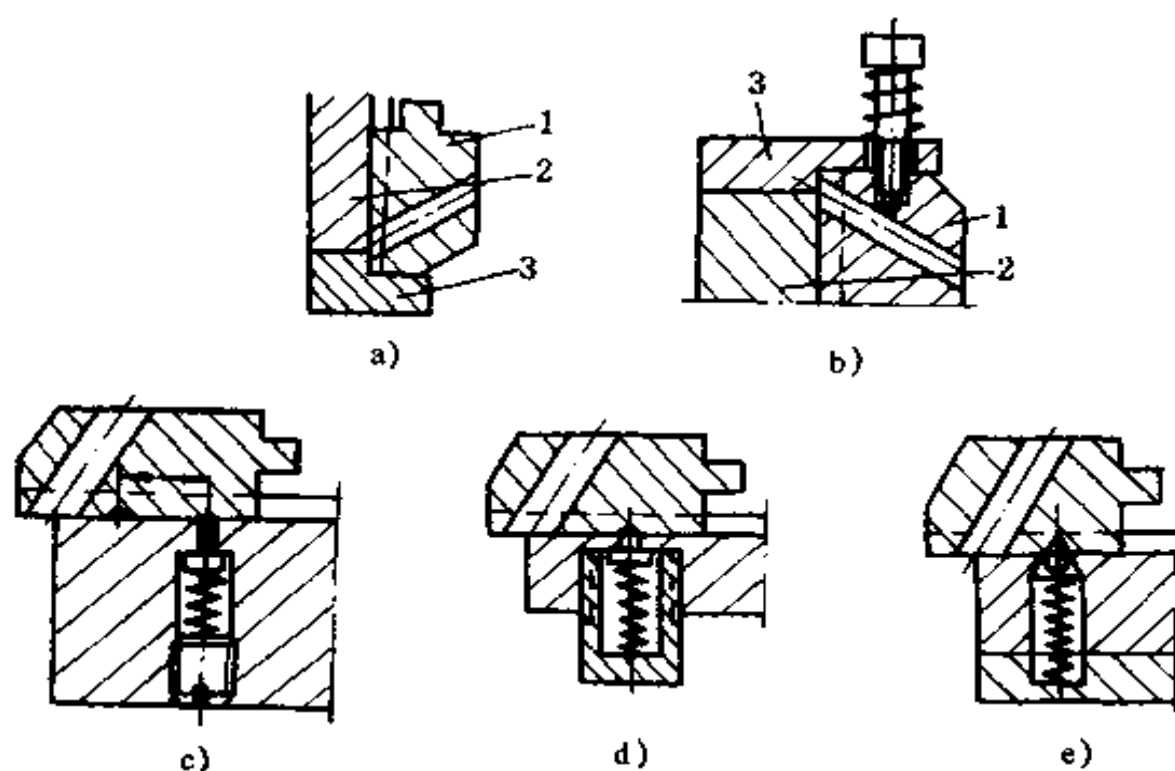


图 11-21 滑块定位形式

1. 滑块 2. 导滑槽 3. 挡块

④ 斜导柱分型和抽芯机构的结构形式有：斜导柱在定模，而滑块在动模；斜导柱在动模，而滑块在定模；斜导柱和滑块同时在定模；斜导柱和滑块同在动模等四种形式。

另外，还有弹簧、弯销、斜导槽、楔块、斜滑块、斜槽和齿轮齿条等分型和抽芯机构形式。

(3) 液压或气动分型和抽芯机构：这种机构是使液体或气体，通过油缸（或气缸）、活塞及控制系统产生的压力移动侧芯的。

(4) 手动分型和抽芯机构：这种机构又分为模内手动和模外手动分型及抽芯机构。它多用于试制和小批生产场合的模具，其结构简单，成本较低。

模内手动分型抽芯机构,是指在开模前用手先完成分型和抽芯动作,然后再开模顶出塑件。一般多用丝杠、斜槽或齿轮运动方式。

模外手动分型抽芯机构,是指先将镶块或型芯或塑件一起顶出模外,然后再用手动或简单机械将镶块取出。

**6. 模具冷却系统** 在注射成型过程中,一般注射到模具内的塑料温度为 $200^{\circ}\text{C}$ 左右,而塑件固化后,从模具型腔中取出时的温度约在 $60^{\circ}\text{C}$ 以下。普通的模具一般通入常温的水进行冷却,有的为了缩短成型周期,先把常温水降温后再通入模具进行冷却。

(1) 冷却系统设置原则:型腔表面的温度与冷却水通孔的大小及冷却水温有关。在满足模具结构要求的情况下,冷却水孔应开设得尽量多,尺寸尽量大。塑件壁厚均匀时,冷却水孔与型腔表面各处的距离应相同;塑件壁厚不均匀时,厚壁处冷却水通道要靠近型腔,间距要小。浇口附近温度较高,距浇口远处温度就低,因此浇口附近要加强冷却。

(2) 冷却水孔的排列形式:对于收缩大的塑件应沿其收缩方向设置冷却水通道,通道的走向应尽可能按照型腔的形状。塑件形状不同时,冷却水道位置也不同。具体结构可参阅有关塑料模具资料。

### (三) 低发泡塑料注射成型模具(低发泡模)

低发泡塑料(又称硬质发泡体、结构泡沫塑料、合成木材)是指在塑料中加入发泡剂后,采用特殊的工艺而成型的塑料制品,发泡倍数在 $1\sim 2$ 倍左右。使用的塑料有聚苯乙烯、ABS、聚乙烯和聚丙烯等。它广泛应用于电器部件、仪表外壳、工艺品框架、乐器、汽车和建材的包装箱等

从总体上看,低发泡塑料注射模具结构和上述注射模具

基本一样,但也有不同之处,主要有下面几部分。

1. 型腔结构 低发泡模的成型方法有高压法、低压法和双组份(两种材料,从两个注射装置中先后注入同一模具)注射法三种。图 11-22a 为低压成型用的型腔结构。低压成型法是熔融塑料以高速低压注入整个型腔容积 75%~80%,靠塑料在型腔内发泡而充满型腔的,因此,型腔受力小,可用较低强度的金属材料制造。但从综合制造周期、成本和使用寿命考虑,最理想的模具材料还是钢。常用的钢材为 45、T8、T10 等。图 11-22b 为高压成型用的型腔结构。其特点是在动、定模之间有一段凸台 A,此可防止二次开模时溢料。

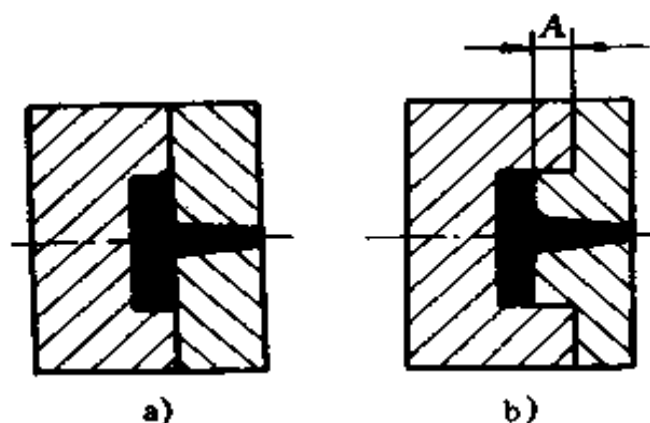


图 11-22 低发泡模的型腔结构

2. 浇口 低发泡模浇口的设置形式、位置和大小,直接关系到塑件的质量。浇口的设置要考虑到着色剂和其它辅助剂配合均匀,使塑件外观呈现纹理美观,发泡倍数的大小等因素。浇口位置不同,塑件的纹理也不

同。如图 11-23 所示,浇口位置应设在不影响塑件的外观处,浇口的长度应尽可能短,通常为 $\leq 3\text{mm}$ 。采用直浇口时,阻力小,有利发泡。但如果冷却时间不够,浇口处未固化好,会发生有鼓泡现象,颜色变深;再则,浇口比较大,得到的塑件外观纹理紊乱和粗糙。它只适用于大型或壁厚的塑件。

3. 排气槽 发泡剂在塑料中,会分解产生气体。如不及时排掉多余的气体,将造成气体集聚,会影响塑料流动,使塑件表面恶化。因此,对于低压发泡模具必须设排气槽。根据

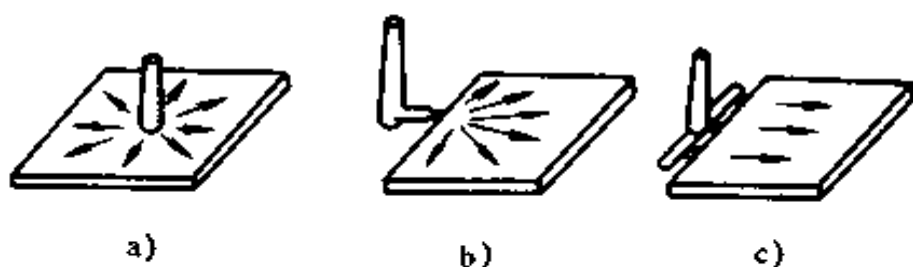


图 11-23 浇口位置的选择

a)中心浇口 b)单侧浇口 c)多点浇口

经验,排气槽的深度为 $0.1\sim 0.2\text{mm}$ ,设在塑料流动的末端或两股料流熔接处。

### 三、压制成型模具

压制成型主要用于热固性塑料制品成型,也可用于热塑性塑料制品成型。

热固性塑料制品,是将粉状、粒状或片状塑料(由合成树脂、填料、固化剂、固化促进剂、润滑剂、色料,以及其它辅料,按一定配比制成)直接加入高温的压模型腔或加料室,然后以一定的速度将模具合上加压。塑料在高温和压力作用下熔融,并很快把型腔充满,熔融的塑料固化成为具有一定形状的制品。塑料制品定型后,且处于最佳状态时,开模取出制件。

热塑性塑料制件是将热塑性塑料加入模具型腔后,逐渐加热加压,使塑料成为粘流状态,充满整个型腔;然后降温,待制件固化后将其顶出。

#### (一) 压制成型模具的分类

按压制成型模(上、下模)在压机上配合特征分类,有以下几种:

1. 敞开式压模(即溢式压模) 这种模具无加料室,型腔总高度就是制件高度,凸模和凹模之间无配合部分,压制时,过剩塑料极易顺挤压面(水平面)溢出,制件的水平溢边去除较困难,影响制品外观。凸、凹模之间的配合靠导柱定位,因此,用这种模具压出的制品壁厚均匀性不太高。但是,这种模具结构简单,耐用,制品取出容易,成本较低,适用于压制对强度和尺寸并无严格要求的或扁平盘形制品,如纽扣等各种小零件。

2. 密闭式压模 又称不溢式、正压式、全压式压模。这种模具加料室为型腔上部的延续,无挤压面;压机的压力理论上可全部作用在制品上,其制品密实性好,机械强度高,溢出量少。加料量每模必须准确。这种模具必须设顶出装置,一般不设计成多腔模。它适用于压制形状复杂、壁厚、长流程和深形制品。如石棉布、玻璃布等。

3. 半密闭(半溢)式压模 这种模具的加料室设在型腔上面,中间有一环形面(宽度约为4~5mm)与型腔分界。在压制过程中,过剩的原料通过配合间隙或凸模开的溢料槽中排出。制件的高度尺寸由型腔决定。制件的密实性比敞开式压模好。这种模操作方便,适用于压制带有小嵌件的制件;不适用于压制以布或长纤维作填料的制件。

除上述三种外,还有带加料板的压模和半不密闭式压模。其结构特点前者是介于敞开式和半密闭式压模之间,主要由加料板与凹模一起构成加料室。加料板是一个浮动板,开模时,悬挂在凸模与型腔之间。后者是密闭式和半密闭式压模的结合。

为了提高生产率,也可制成多型腔结构的压模(多槽模)。这种模可以是敞开式、半密闭式等形式,其加料室可分别开

设,也可多个型腔共用一个加料室。

## (二) 压制成型模零件结构

1. 成型零件 模具中直接与塑料接触并使之成型制件的零件称为成型零件。它们组合成压模的型腔。成型零件包括凹模(阴模)、凸模(阳模)、瓣合模、模套、成型杆、型芯等,其结构与注射模大同小异。

(1) 凹模(阴模):凹模的结构分为整体式和组合式两种。凹模的深度一般等于制件高度。整体式结构坚固,适用于形状简单、加工容易的型腔。形状复杂的型腔为方便加工,可采用将加料室、型腔或型腔体分别加工后组装成一体的组合式。组合式凹模应尽量避免水平接缝,以及在垂直方向的连接螺孔不要做成穿透的。因结构关系必须做成穿透孔,则应在连接螺钉拧紧后,稍稍露出模套的上表面,装配后再将它磨平。

组合式凹模有整体嵌入式、局部镶嵌式、大面积镶嵌式、四壁拼合组合式几种。各镶块在压入模套中固定时,要特别注意镶嵌结构的牢固性。大面积镶嵌四壁的凹模,块与块之间不宜用螺钉连接。凹模压入模套应采用过盈配合,或用楔块楔紧。对垂直分型面的压模,其凹模可组合后嵌入圆锥形模套中,模套内壁和凹模外壁应有 $8^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 的斜角,表面粗糙度为 $R_a > 0.63\mu\text{m}$ 。锥形模套有大端向上(用于固定式压模)和大端向下(用于移动式压模)两种形式。凹模嵌入后上端伸出 $8 \sim 10\text{mm}$ ,下端部分为小端时,留出 $0.2 \sim 0.3\text{mm}$ 间隙;为大端时,应伸出 $2 \sim 3\text{mm}$ 。对多型腔式垂直分型面压模,宜采用带有倾斜侧壁的凹模,其两端采用开通侧壁倾斜的槽形压紧楔压紧,它也有大端向上和大端向下两种形式。

(2) 凸模(阳模):凸模上有一段与加料室相配合,单边间隙为 $0.05\text{mm}$ 左右。其外形力求简单,结构形式如图 11-

24 所示。图 11-24a 为整体式,图 11-24b 为整体嵌入式,图 11-24c 为镶嵌组合式。由于凸模受力很大,必须保证其结构

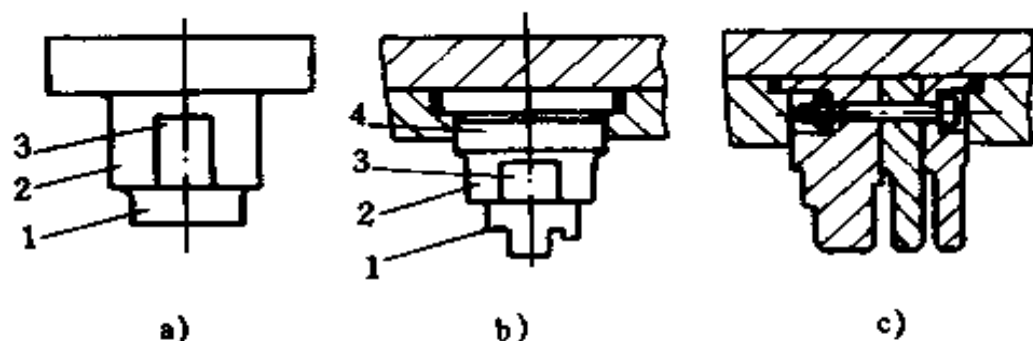


图 11-24 压模凸模结构

1. 成型段 2. 配合段 3. 溢料槽 4. 固定段

的坚固性。

(3) 型芯(或成型杆):压模的型芯若受力不均匀,易引起弯曲,尤其是当它与压制方向垂直时,受力情况更差。因此,型芯长度不宜太长。对于与压制方向重合的孔的型芯,其长度  $l \leq (2.5 \sim 3)d$  (孔径);与压制方向垂直的孔的型芯长度  $l \geq d$ ;型孔直径很大时,为确保得到薄的飞边,型芯与相对成型面之间应留有  $0.05 \sim 0.1\text{mm}$  间隙,沿边缘留出  $1.5 \sim 2\text{mm}$  作挤压边;型孔较深时[孔深  $\geq (6 \sim 8)d$ ],可采用型芯伸入凸模孔中支撑的办法,伸入段不宜过长;型孔位于制件中心,且孔径  $d > 15\text{mm}$  时,型芯可兼作导柱用,但须高出加料室  $6 \sim 8\text{mm}$ 。孔深大于  $2.5d$  时,还可采用两端对接的成型杆来成型制件上的孔。若孔的同心度要求较高时,可采用内外圆锥自动定心的方法,即孔的一半由装在凸模上的型芯来成型,其型芯端部做成  $60^\circ$  的内圆锥;孔的另一半由装在凹模(一般为下模)上的型芯来成型,其型芯端部做成  $60^\circ$  的外圆锥。若孔的同心度要求不高时,可采用孔的一半型芯在上模(凸模),孔



的另一半型芯在下模(凹模),其中一处型芯的直径比另一处型芯稍大一点。上下两型芯在闭模时,最好留有 $0.05\sim 0.1\text{mm}$ 间隙。成型内、外螺纹或固定螺纹嵌件的螺纹型芯和螺纹型环与下模用间隙配合。

2. 加料室 加料室一般设在型腔以上,其断面尺寸(水平投影面)可按模具类型来确定。对密闭式压模,加料室断面尺寸与型腔断面尺寸相等。

3. 导向零件 导向零件通常是上模带有导向柱,下模带导向孔。导向孔有带导向套和不带导向套两类。其结构和固定方式与注射模上的导柱、导套相似。

4. 固定式压模脱模机构 脱模机构常见的有下面几种形式。

(1) 吹气脱模:宜用于对一些开模后仍留在凹模中的薄壁壳形制件。利用压缩气由喷嘴从制件与模壁之间的间隙(或有一孔)吹入,使制件脱出。

(2) 顶杆脱模:它是最常用的一种脱模形式。该机构简单,制造容易,但在制件上会留下顶杆痕迹。顶杆与型腔配合长度不宜太长,以减少摩擦,其具体尺寸与固定方式可参照注射模形式。

这种机构的回程杆,对中小型压模可设在模内型腔周围;大型压模为减少模板尺寸,常设在模外;有时,也有不设回程杆的。

如脱模机构设在压模上模,则制品从上模脱落,可使制品的外表面不留顶杆痕迹。

(3) 顶管脱模机构:它适用于空心薄壁制件,其结构与注射模相应的脱模机构类似。

(4) 脱模板脱模机构:它适用于在脱模时容易变形的薄

壁制件。开模后,制件若留在凸模型芯上,此时脱模板应设在上模(凸模)。若型芯在下模时,则脱模板应设在下模。脱模板的移动距离,可通过螺母调节限位。

5. 侧向分型抽芯机构 压模上的这种机构与注射模略有不同。它是先加料,后合模。另外,压模受力情况较差,因此,分型机构和锁紧楔都应具有足够的力量和强度。在国内应用广泛的是手动分型抽芯机构。

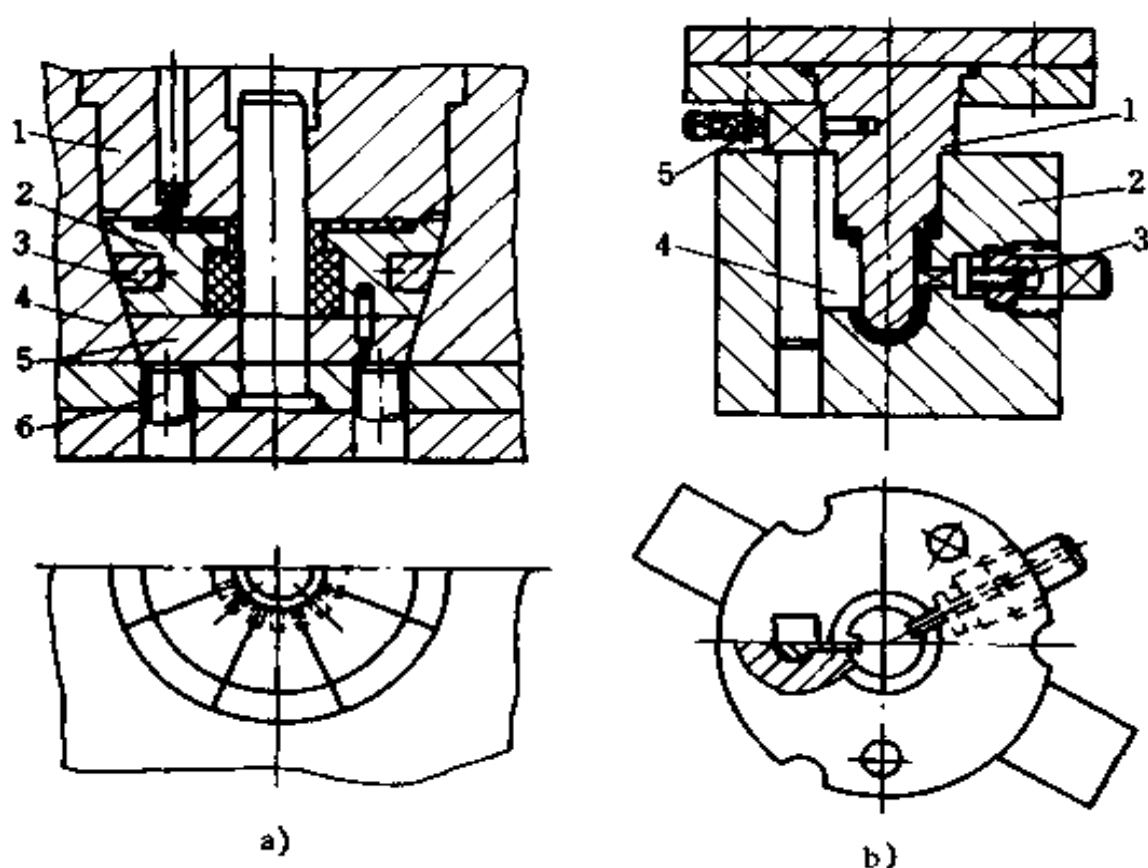


图 11-25 手动模外分型抽芯机构

a) 手动模外分型压模

1. 凹模 2. 瓣合模块(共八块) 3. 半圆环 4. 模套 5. 底板 6. 顶杆

b) 手动抽芯压模

1. 凸模 2. 凹模 3. 小侧型芯 4. 活动镶块 5. 圆销

手动模外分型芯抽芯机构压模结构简单,动作可靠,但是劳动强度大,效率低。按制件的形状可制成不同结构的分型抽芯方式,如图 11-25 所示。图 11-25a 的制件有八条垂直的凸筋,型腔为瓣合模(分为八块);为在拼合成型腔时不错位,在凹模(圆锥形)外围加工一条矩形的环形槽,用矩形截面的半圆环嵌于环形槽内,然后再装入模套内。卸模时凹模先用顶杆顶出模外,再手动分型。图 11-25b 的制件在两侧有两个大小不等的方孔,小孔型芯采用丝杠脱出;大孔采用活动镶块做成型芯并固定在凸模上。开模时先拧出小孔型芯,制件和镶块被凸模带出,然后用手动机构把镶块从凸模上卸下,再取下制件。

#### 四、热固性塑料压铸成型模具

压铸成型是将热固性塑料原料(最好经预压成锭或预热)加入模具加料室内,使其加热成熔融状态,继续加压进入闭合型腔内继续受热受压而固化成型,然后开模取出制件的工艺过程。压铸成型能得到比较精密的带细薄嵌件的制品。压铸成型对设备要求不高,对原料无特殊要求,在某些行业中应用广泛。

压铸模具的结构大部分与注射模和压制模类同。现仅把其不同的部分结构加以说明。

##### (一) 加料室和压柱

1. 加料室 压铸模具种类不同,其加料室的形状也不同。罐式压铸模的加料室由制件断面形状决定。圆形制件采用圆形断面加料室。多腔模具常用矩形断面加料室,一般应尽可能盖住所有模具型腔。固定罐式压铸模的加料室与上模

连成一体,原料通过加料室底部开设一条或数条流道流向型腔。为不使塑料从加料室底和浇铸板之间溢出,接触面应磨平密合,当两者之间需要精确定位时,可在浇铸板上紧固导柱,导柱与加料室为间隙配合。

2. 压柱 压铸模加料室中的压料柱塞简称为压柱。为便于将其固定在压机上,压柱带有底板;也有不带底板的(移动罐式压铸模)。压柱与加料室的配合和压模相似,为H8/h8,最好使其单边间隙在0.05~0.10mm范围内。

## (二) 浇注系统

浇注系统由浇口、主流道、分流道组成。

1. 主流道(主浇道) 常见的主流道有正圆锥形主流道、带分流锥主流道、倒圆锥形主流道等形式。

(1) 正圆锥形主流道:一般具有 $6^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 锥角,大端与分流道相连,广泛用于移动罐式压铸模。

(2) 带分流锥主流道:在多腔模中,型腔彼此距离较远时,常在主流道内设分流锥。当型腔为圆周排列时,分流器和主流道均为圆锥形;当型腔为两排并列时,分流器和主流道都为矩形截锥形。它们的大小及锥度应根据型腔之间的距离来定。

(3) 倒圆锥形主流道:它的流道小端可直接与制件相连,大端最好与压柱端面楔形槽相配合。这种结构多用于固定罐式压铸模。

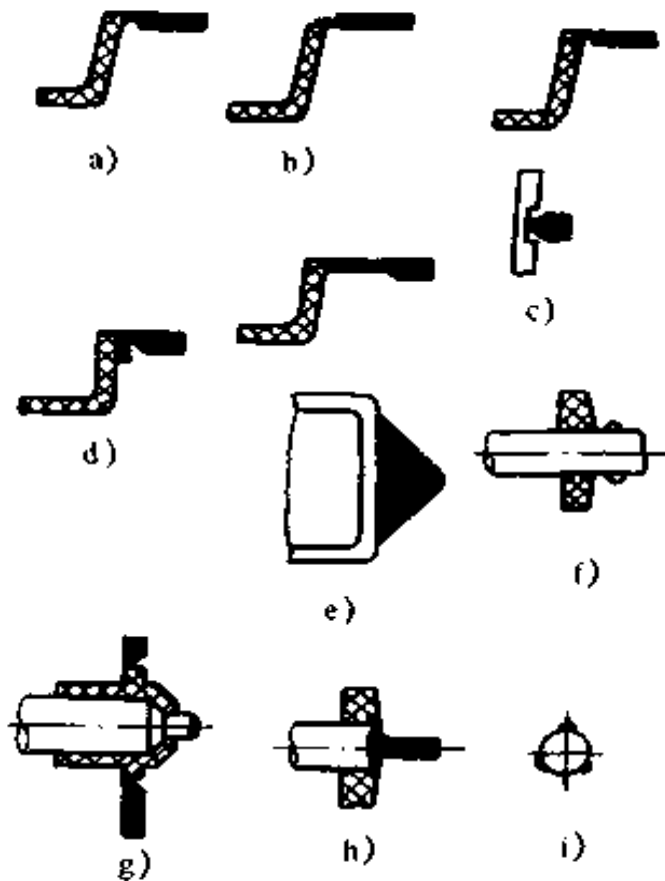
前后两种主流道在穿过几块模板时,最好设主流道衬套。主流道衬套的上端面不能高过加料室底平面,以低0.10~1mm为准。

在垂直分型面上,主流道断面一般为矩形。

2. 分流道(分浇道) 分流道一般都比较浅而宽,其断面

常采用梯形。梯形每边有  $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$  的斜角, 形状要平直, 尽可能短一些。否则, 应设分流器, 最好开在制件留模一边的模板上。若采用半圆形分流道, 其半径  $R = 3 \sim 4\text{mm}$ 。

3. 浇口 压铸模上一般用的浇口形式如图 11-26 所示。



浇口应设在表面要求不高处或凹陷处; 加入碎布或长纤维作填充剂的塑料, 其侧浇口应设在侧壁附近的凸出台上; 扇形浇口适用于大宽度制品; 环状或管状制品或带孔制品可采用环状浇口。

(1) 浇口断面尺寸: 由一个主流道供料的各个浇口, 其最小截面处的断面积之和, 应等于主流道小端最小断面积。与制件直接连接的倒锥形主流道为圆形浇口,

其最小尺寸为  $\phi 2 \sim 4\text{mm}$ , 浇口长为  $2 \sim 3\text{mm}$ ; 对于用碎布或长纤维作填料的塑料, 为加大其流动性和在浇口折断时, 不拉伤制件表面, 应放大浇口尺寸或在浇口附近的制件上增加一凸块, 成型后再切除。大多数压铸模上均采用矩形截面的浇口, 从分流道到浇口的截面采取逐渐减薄的形式。用于中小型制件时, 最小浇口尺寸深  $0.4 \sim 0.6\text{mm}$ , 宽  $1.6 \sim 3.2\text{mm}$ , 扇形浇口断面为深  $6.4\text{mm}$ , 宽  $54 \sim 90\text{mm}$ 。

(2) 浇口的位置:浇口的位置由制件形状决定,以有利于塑料流的流动、补缩为准,一般设在制件最大壁厚处。对于长条形制件,以开设在端部进料为好,对圆筒形制件,以环形浇口较好,因为这样可使制件消除弯曲或变形。浇口位置应开设在次要隐蔽的地方,避开制品的重要表面、工作表面或外观有要求的表面。

(3) 浇口的数量:浇口的数量视塑料性质等而定。对于热固性塑料在型腔内最大流动距离应限制在 100mm 内。大型制件应多设几个浇口,浇口间距应不大于 120~140mm。

### (三) 排气槽

开设排气槽的目的是排除型腔内原有的空气和由于聚合作用产生的低分子物(气体)。对于中小型制件,排气槽应开在分型面上,其尺寸为深 0.04~0.13mm,宽 3.2~6.4mm,其数量视制件体积而定。它的断面积  $F$  可按下式计算:

$$F = \frac{0.05V}{n} \quad (\text{mm}^2)$$

式中  $V$ ——塑料制件体积( $\text{mm}^3$ );

$n$ ——该型腔排气槽数目;

$F$ ——排气槽断面积,推荐尺寸见表 11-1。

表 11-1 排气槽的  $F$  推荐尺寸

槽宽×槽深(mm×mm)	断面积 $F(\text{mm}^2)$
5×0.04	~0.2
5×0.08	>0.2~0.4
6×0.10	>0.4~0.6
8×0.10	>0.6~0.8
10×0.10	>0.8~1.0
10×0.15	>1.0~1.5
10×0.20	>1.5~2.0

排气槽的位置最好开在远离浇口的流动末端,或靠近嵌件,或壁最薄处,或分型面上。实际上模具的活动型芯或顶杆,配合间隙都可用来排气。

## 五、热固性塑料注射成型模具

热固性塑料注射成型是近年发展起来的一种成型工艺。它先将塑料原料在注射机料筒内受热成熔融状态,进而在螺旋杆的推进下,经浇注系统进入比料筒温度高得多的模具型腔,继而在型腔内固化成型。其工艺过程、注射成型的模具和设备等,与热塑料注射成型相似。

热固性塑料注射模具与热塑性塑料注射模具结构相似,组成部分相同,安装在注射机上的方法也相同。但也有些特殊的要求。热固性塑料注射成型时,料筒前段温度为 $90^{\circ}\text{C}$ 左右,后段为 $70^{\circ}\text{C}$ 左右,通过喷嘴喷出时,料温可达 $110\sim 130^{\circ}\text{C}$ ,模具温度通常保持在 $160\sim 190^{\circ}\text{C}$ ,塑料在此温度下迅速固化。因此对浇注系统各组成零件提出一些特殊要求。

### (一) 主流道和冷料井

为了加快升温速度和减少浇口料的损失(浇口料不能回收),主流道做得比较细小。在卧式注射机上模具主流道为圆锥形;角式机上为圆柱形。其喷嘴孔径一般为 $\phi 5\sim 8\text{mm}$ 。

冷料井和拉料杆设在主流道对面,采用的形式为带顶杆的倒锥形,但锥度不可太大。否则,难于顶出。另外,还有带顶杆的环形槽冷料井。

### (二) 分流道

分流道断面形状与热塑性塑料注射成型相同。从传热效果来看,矩形的宽度与高度比愈大,传热效果愈大;圆形的传

热效果最小。而从流动阻力来看恰恰相反。加工圆形分流道时,需要与型面两边对开,且要求轮廓对准;而其它形状的只需在分型面一侧加工即可。因此,在确定分流道断面形状时,应结合其长度综合考虑。对压铸模具,分流道一般都很短,宜采用薄而宽的矩形;分流道长时,为减少塑料流的流动阻力,宜采用圆形、U字形和梯形,常用的是梯形分流道。分流道断面尺寸,由制品大小决定。分流道的布置,最好取平衡式,同时,应尽量能使分流道的距离缩短。

型腔在分型面上的布置,应力求其投影面积中心与注射机的锁模力中心相重合。

## 六、塑料中空成型模具

中空成型塑料件是把熔融状态的塑料型坯置于模具内,然后闭合模具,塑料型坯靠压缩空气吹胀,后经冷却而得到一定形状中空制件的加工工艺。它的成型方式有:挤出吹塑中空成型、注射吹塑中空成型、注射延伸吹塑中空成型、多层吹塑中空成型和片材吹塑中空成型等五种。中空成型塑件模具的主要部分有夹坯口、余料槽和排气孔等。

### (一) 夹坯口

夹坯口的主要作用是在模具闭合的同时,能将多余的余料切除并在吹胀之前,把型坯在模具内夹持住,如图 11-27a 所示。

夹坯口的角度和宽度对吹塑制件的质量影响很大,夹角和宽度太大或太小可能会出现型坯塌落、不能切除余料和模具闭合不紧的现象。一般夹坯口宽度为 1~2mm,角度为 15°~20°,如图 11-27b 所示。



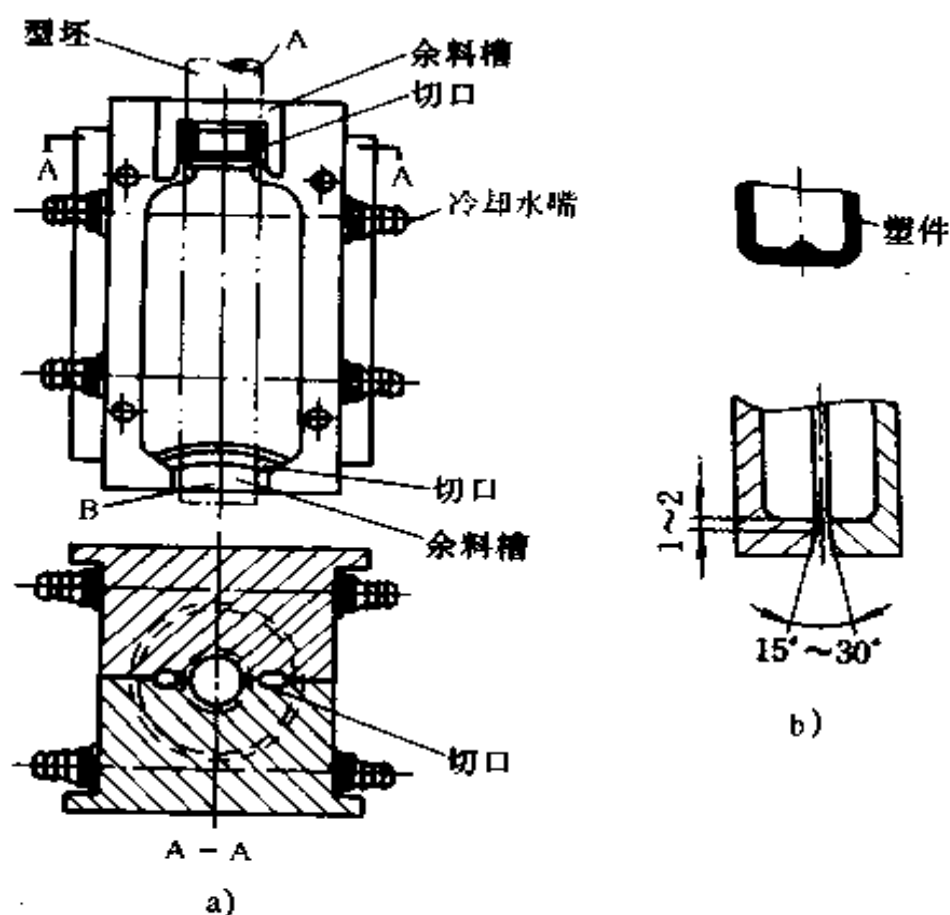


图 11-27 夹坯口  
a) 夹坯口结构 b) 夹坯口形状

## (二) 余料槽和排气孔

余料槽的作用,是在型坯被模具夹持后,防止余料落在模具的分型面内而影响模具的闭合。为此,应在模具相应部位设置容纳余料的槽。余料槽的大小,应根据型坯夹持后余料的宽度与厚度来确定,以模具能够闭合严密为准。

为了清除模具内原有的空气和使得制件表面光滑美观,在模具分型面上,或在模具的死角部位应开设  $\phi 0.5 \sim 1\text{mm}$  的排气孔。

## 七、塑料真空成型模具

真空成型是把热塑料板或片固定在模具上,进行加热到软化温度,用真空泵把板材和模具之间的空气抽掉,借助于大气压力,使板材覆盖在模具上而成型,冷却后塑件收缩,用压缩空气把塑件从模具中脱出的工艺方法。

### (一) 抽气孔的大小和位置

抽气孔的大小应适合成型塑件的需要。通常对流动性好、成型温度低的制件,抽气孔可小些;厚度大的板材,抽气孔可大些,抽气孔的直径,一般取  $\phi 0.5 \sim 1\text{mm}$ ,最大不超过板厚的一半。

抽气孔的位置应设在模具型腔的最低点及转角处。外形复杂的部位,应集中设抽气孔;大平面抽气孔应均布,孔距由制件大小决定;小型制件,抽气孔的孔距在  $20 \sim 30\text{mm}$  之间。抽气孔的加工方法是:对浇铸模,用放置铜丝于需要有抽气孔的部位,浇铸后抽去即可。对模具材料为木材、金属时,可用钻头加工;当模板较厚时,可先钻大孔到距型腔表面  $3 \sim 5\text{mm}$ ,再改用小钻头钻透。

### (二) 型腔尺寸

型腔尺寸要考虑塑料的收缩率及收缩量。塑料制件的收缩,其中约 50% 是制件从模具中取出时产生的;约 25% 是制件在室温下保持 1h 后产生的;另外约 25% 是在以后  $8 \sim 24\text{h}$  产生的。此外,在凹模上成型的制件比在凸模上成型的制件的收缩量大 20% ~ 50%。因此,在制造模具时,要考虑这些因素。对产量较大、尺寸精度要求较高的制件,应先用石膏模型试制出合格产品,并测出收缩率后,再以此制造出该制件的

模具。

型腔表面的粗糙度要求不高,表面加工后,再用磨料打砂或进行喷砂处理即可。原因是型腔表面太光会使塑料板粘附于型腔表面,使脱模困难而造成变形。

型腔内不能进入空气。为此,在塑料板与模具接触的边缘,应设密封装置〔一般用密封垫(圈)即可〕。

### (三) 加热、冷却装置

模温一般应控制在 50℃ 左右,通常是通过调节加热器和塑料板之间的距离来控制温度。用电热丝加热时,一般采用的距离为 80~120mm。

通常采用风冷或水冷来加快制品的冷却。当采用模内开冷却水槽的方法时,水槽沿制件周边安置,水槽距型腔表面 8mm 以上,水槽可用铜管或不锈钢管铸入模内,管径对于小型模具取  $\phi 3\sim 8\text{mm}$ ,大型模具取  $\phi 12\text{mm}$  左右;也可以在模具上铣槽,但必须加盖密封。在重要部位和凸起部位要加强冷却。

### (四) 真空成型方法

真空成型方法主要有凹模真空成型、凸模真空成型、凹凸模先后抽真空成型、吹泡真空成型、柱塞推下真空成型、带有气体缓冲装置的真空成型等六种方法。

真空成型的主要特点之一,就是成型压力很低。因此,对模具材料的选择范围较大,有金属和非金属两类,可按制件形状和批量大小进行选择。试制或小批量生产时,可选用木材或石膏作模具材料;大批量生产,可选用铝材。

## 八、压缩空气成型模具

压缩空气成型是以压缩空气的压力,将加热软化的塑料板压入型腔而成型的工艺。

压缩空气成型模具的结构特点是:在模具的边缘加设型刃,其形状和尺寸如图 11-28 所示。型刃既不可太锋利,也不可太钝,太锋利则塑料板一接触到它就被切断而影响成型;太钝有可能造成余料切不下来。一般用的型刃把顶端削平  $0.1 \sim 0.15\text{mm}$ ,用  $R0.05$  与两侧圆弧连接,型刃的角度以  $20^\circ \sim 30^\circ$  为宜。型刃顶端应高出型腔平面上板材厚度加  $\pm 0.1\text{mm}$ 。

安装时,型刃和型腔之间应有  $0.25 \sim 0.5\text{mm}$  的间隙,型刃与加热板要求有较高的直线度和平行度。

## 九、塑料挤出成型机头

塑料挤出成型是将流动状态的塑料,由挤出机在一定压力作用下,经料筒机头而制得连续型材的方法。挤出成型法几乎能加工所有的热塑性塑料和部分热固性塑料。通常用此法加工的制品品种很多,有管材、棒材、薄膜、板材、电缆电线及其它异型材等。

挤出成型模具的主要部件是机头。机头是口模与料筒之间的过渡部分,其长度和形状随所用塑料的种类、制品的形状、加热方法及挤出机的大小和型式而定。

口模是用螺栓或其它方法固定在机头上。口模装在机头

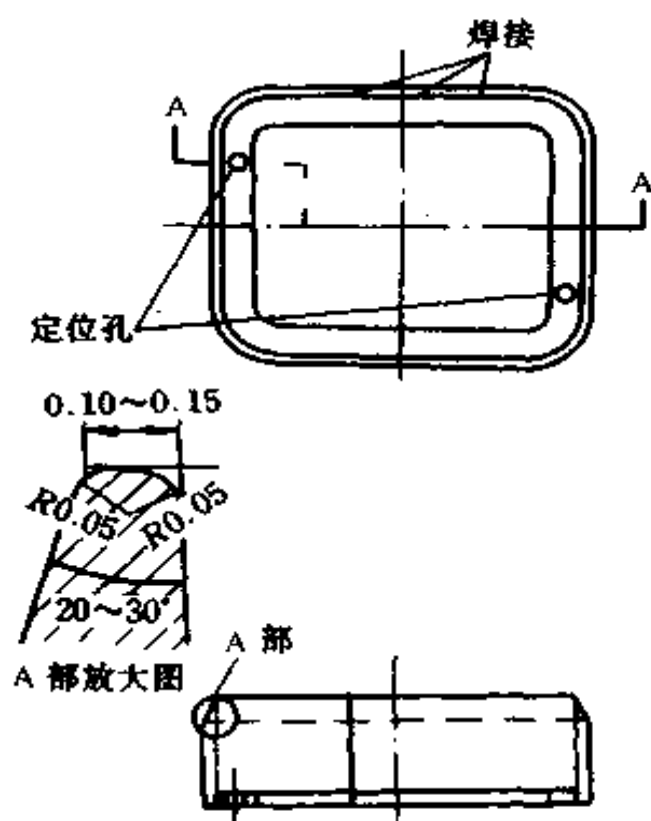


图 11-28 型刃的形状与尺寸

上,统称为机头。

机头和口模结构的好坏,对制件的产量和质量影响很大,其尺寸根据实践经验或流变学知识来确定。机头应有足够的刚度,以免在工作压力下引起流道变形。

机头内腔流道应呈流线型,不能有死角和停滞区,流道应加工得十分光滑, $R_a$  为  $0.63\mu\text{m}$ 。因有的塑料有较强的腐蚀性且对与其接触的材料磨损较大,故机头材料应选择耐磨、硬度较高的钢或合金钢制造。

挤出成型机头按用途分为下列几类:

#### (一) 管材挤出成型机头

管材机头用于挤出各种热塑性塑料管材,分为偏移式和直通式两类。用得最多的是直通式机头,它的结构和组成零

件如图 11-29 所示。

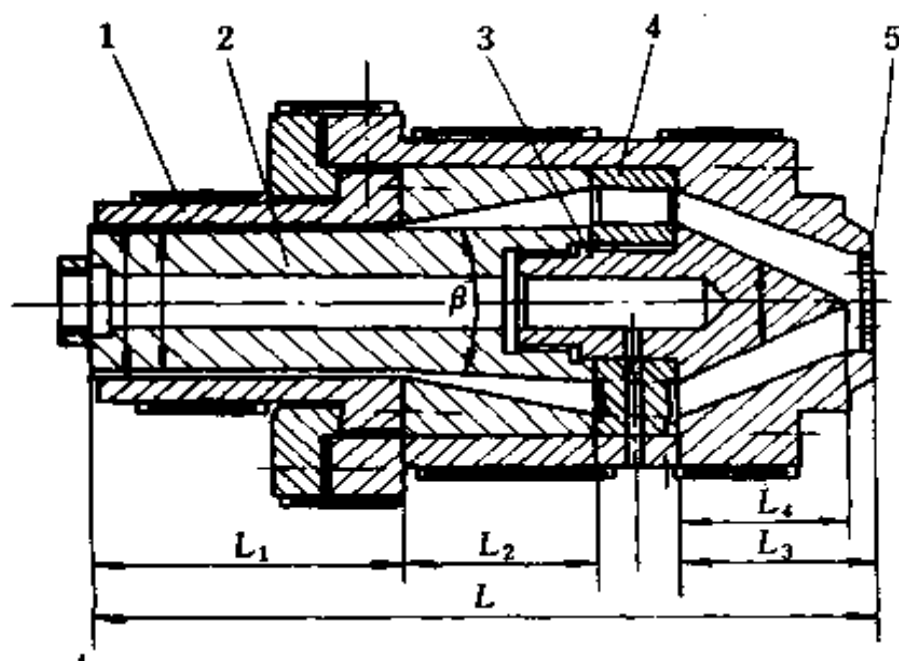


图 11-29 管材挤出成型机头

1. 口模 2. 芯棒 3. 分流器 4. 分流器支架 5. 多孔板

**1. 口模和芯棒** 口模是成型管材外表面的零件,实际上却不然,离开口模的管状物,一方面由于牵引和收缩的关系,其截面积会缩小;另一方面又由于压力的消除会出现弹性回复而膨胀。发生收缩和膨胀的现象与很多因素有关。因此,在确定口模尺寸时,一般都凭经验决定,通常都将芯棒与定径孔的直径放大。挤压聚氯乙烯管材时,芯棒和定径孔的直径分别比所制管材规定尺寸大 5% 左右;挤压高密度聚乙烯管材时,应放大 10%。

定型部位是口模平直部分的长度,是使熔态塑料形成制品形状的部分。挤出的管状塑料,首先通过定型部位,而后冷却变硬而获得定型。为了获得具有表面光亮,尺寸和形状正确的管材,定型部位必须有一个合适的长度  $L_1$  (图 11-30)。

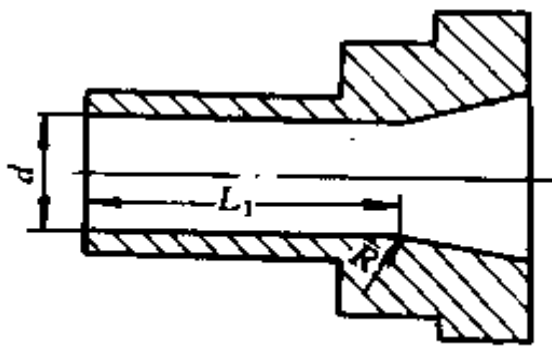


图 11-30 口模长度

定型长度  $L_1$  的确定与多种因素有关,不宜过长或过短,过长时阻力增大;过短时起不到定型效果。目前,定型长度一般凭经验确定,方法如下:

按管材外径计算

$$L_1 = (0.5 \sim 3)D \text{ (mm)}$$

按管材壁厚计算

$$L_1 = (8 \sim 15)t \text{ (mm)}$$

式中  $D$ ——管材外径为公称尺寸 (mm);

$t$ ——管材壁厚 (mm)。

计算中,挤软管时,取大值;挤硬管时,取小值。

定型方法一般有外径定型和内径定型两种。外径定型结构较为简单、操作方便,我国目前普遍采用这种方法。内径定型所得管材内壁较为光滑,但必须使用偏移式机头。

芯棒是成型管材内表面的零件,通常用螺纹与分流器连成一体,其结构形状如图 11-31 所示。为使多股熔融塑料很好地汇合,收缩角  $\beta$  应小于扩张角  $\alpha$ 。 $\beta$  角一般取  $30^\circ \sim 50^\circ$ ,塑料粘度低时,取大些值,为  $45^\circ \sim 60^\circ$ 。

芯棒结构应有利于融料流动,且容易制造。它的定径长度与口模相同,为消除管件产生收缩或膨胀现象,收缩角处的长度  $L_2$  一般为  $(1.5 \sim 2.5)D_0$ ,  $D_0$  是多孔板出口处的直径。

2. 分流器和分流器支架 分流器又叫鱼雷头,是使一股流料转变成环状,以利于塑化和加热。其扩张角  $\alpha$  通常不大于  $90^\circ$ ,分流长度一般取  $L_3 = (1 \sim 1.5)D_0$ ,头部圆角不宜过大,一般取  $r = 0.5 \sim 2\text{mm}$ ,表面粗糙度  $R_a < 0.63\mu\text{m}$ ,与机头体同轴度为  $0.02\text{mm}$ 。其结构形式如图 11-31 所示。

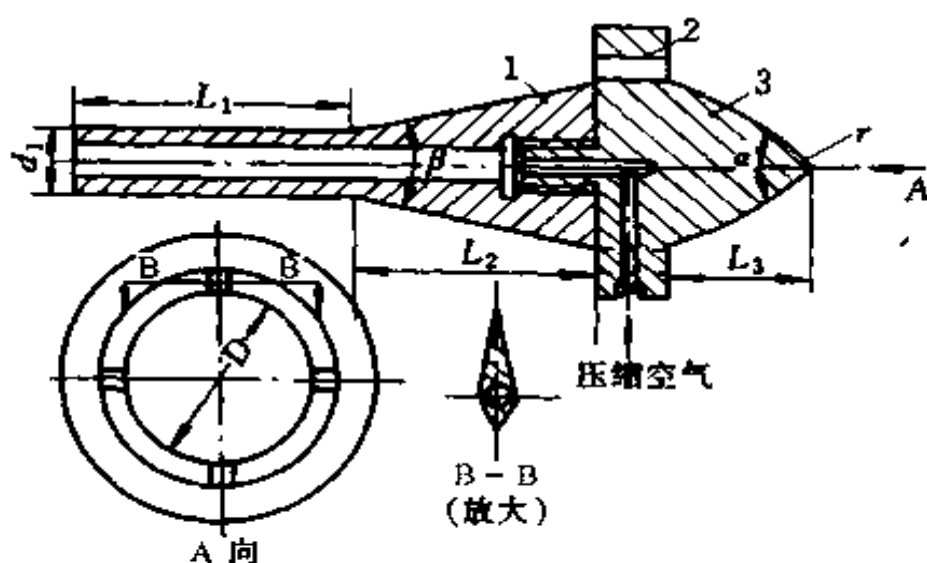


图 11-31 分流器、分流器支架与芯棒

1. 芯棒 2. 分流器支架 3. 分流器

分流器支架主要用于支承分流器和芯棒,使流料分束起均匀搅拌作用。除小型机头的分流器做成整体外,一般都应将分流器做成组合式的,如图 11-31 所示。为消除流料通过分流器支架的筋引起的合流线(合流线将使制品显露出一条可见的料线或纵向裂纹),故把筋做成流线型,出料端的角度应小于进料端的角度,并减少筋的数量(一般为 4~6 根)、长度和宽度。比较有效的方法是采用延长口模定型部分长度和增大分流器支架与出料口的距离。另外在支架上还设有进气孔和导线孔。进气孔用以通入压缩空气,导线孔用以通入导线。

## (二) 棒材挤出成型机头

棒材挤出成型机头的结构如图 11-32 所示。它与管材挤出成型机头所不同的有:口模端有外螺纹,机头中安一形状似分流器的分流梭,代替机头中的芯棒,主要是为了减少机头内部的容积和增加流料的受热面积,使存于机头内部的一段圆



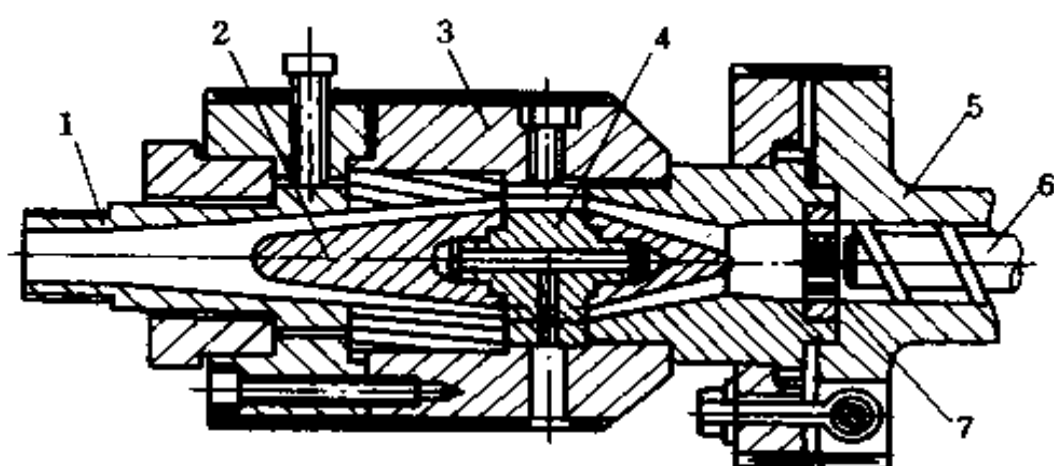


图 11-32 棒材挤出成型机头

1. 口模 2. 分流梭 3. 机头 4. 分流器

5. 挤出机 6. 螺杆 7. 过滤板

锥形流料,在重新开车时,不需要进行加热仍处于熔融状态。

过滤板(多孔板)主要是将流料由螺旋运动变成直线运动和阻止未塑化的塑料及机械杂质进入机头,安装在机头挤出机料筒相接处,所受压力较高,因此其连接处必须具有足够的强度。

水冷定径套是成型棒材连续挤出系统的重要组成部分,保证流料通过它后得以表面凝固定形。水冷定径套通过具有一定长度(约为通道直径的 5 倍)的光滑平直通道与机头连接。

水冷定径套的长度与棒材直径有关,一般是棒材直径愈大其长度愈短,同时,还与所用原料品种有关,具体数据可查阅塑料成型模具资料。水冷定径套孔径要考虑冷却时体积收缩因素,一般取稍大于棒材的公称直径。

绝热隔板材料的作用是隔热,要求其导热性差,对所接触的流料没有粘附作用,又能耐高温。绝热隔板材料可选用聚

四氟乙烯板或石膏水泥板,其中聚四氟乙烯具有导热性差(不良导热体)、有自润滑性、对任何物质不具粘性、在 250℃ 仍可使用等优点,是一种比较理想的绝热材料;其不足之处是硬度较低,易产生蠕变。

### (三) 板材和片材挤出成型机头

挤出成型板材和片材,通常需用出料口宽而薄的扁机头。其结构有以下几种:

1. 鱼尾机头 鱼尾机头的型腔呈鱼尾形。板材和片材的挤出成型过程是:流料从机头中部进入,流道由圆形变成狭缝形,沿宽度方向均匀分布,再经扁机头出料口挤出成板材或片材。这种机头结构简单、制造容易;但是机头中部出料多,两端出料少,造成制件厚度不均匀。通常采用在机头型腔内设阻流器或阻力调节装置,还可以用阻塞棒(一条横在流料通道内,可以上下移动的有挠曲性的金属棒)来克服出料不均匀的缺陷。这种机头,一般适于生产宽度为 500mm、厚度为 1~3mm 的板(片)材,不适于生产宽幅的板(片)材。鱼尾机头的形式如图 11-33 所示。

2. 支管机头 这种机头的特点是由一个带有纵向切口的管形型腔(支管)组成。它有直支管、弯支管、双支管与一端进料、中间进料等几种结构形式,如图 11-34 和图 11-35 所示。它的挤压成型过程是:当熔融塑料进入并充满支管后,再由支管切口缝隙挤出到模唇出料成型。对于熔料粘度低的树脂,管径选大些;对熔料粘度高、热稳定性差的树脂,支管直径选小些。模唇也不宜过长,一般取 50~70mm。

3. 衣架机头 这种机头既有一个支管(支管直径没有支管机头那么大,从而缩短了熔融塑料在机头内停留时间),又有一个鱼尾型腔,它的鱼尾扩大角非常大,可以提高制件厚度

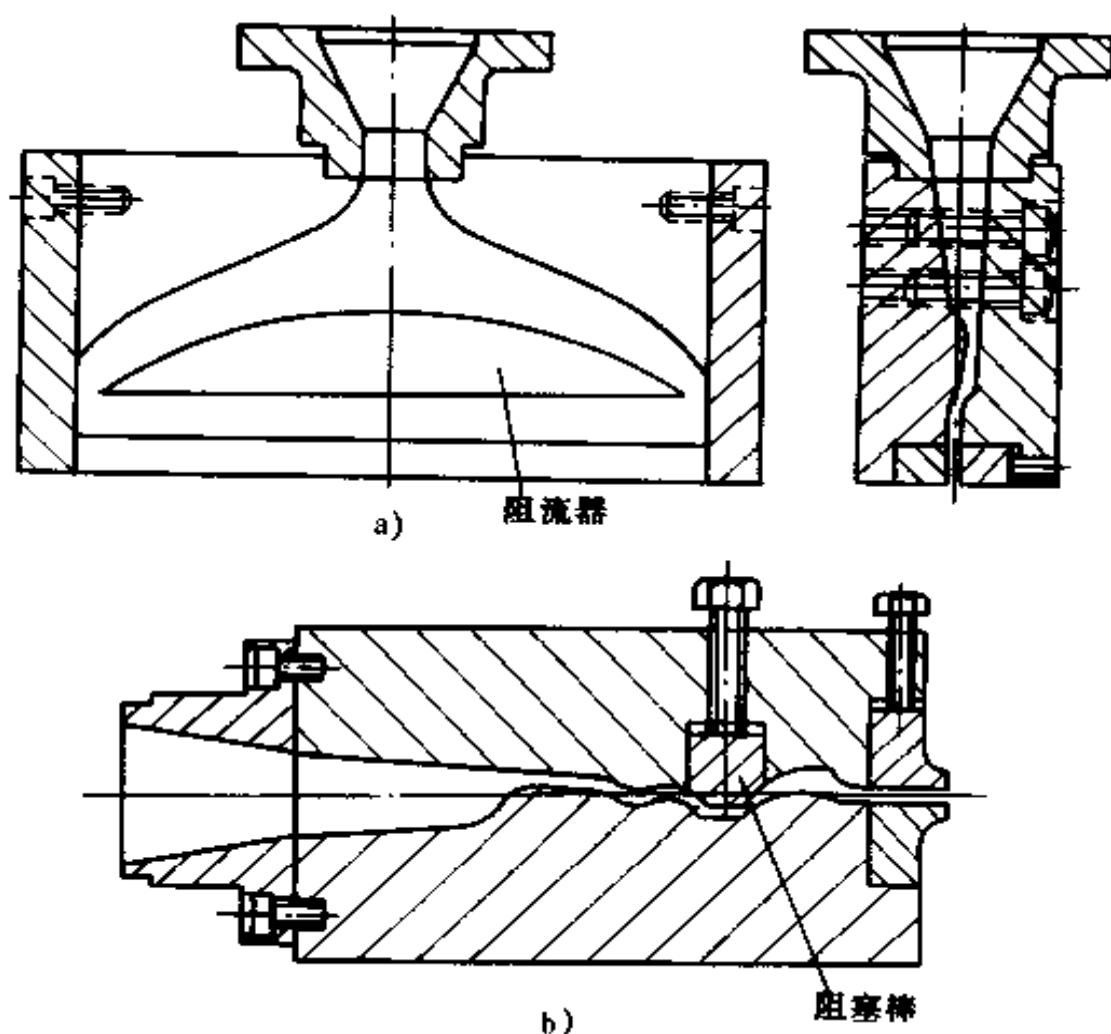


图 11-33 鱼尾机头形式

a)带阻流器的鱼尾机构 b)带阻塞棒的鱼尾型机头

的均匀性。由于这种机头具有上述两种机头的优点,所以,衣架机头得到广泛应用。它可以生产宽幅板(片)材(宽度可达4000~5000mm)。其中,直支管衣架机头(支管似衣架形)支管中部与两端直径相同,通过两端插入可调节的幅度调节棒,可使用同一个机头生产出不同宽度的板(片)材。它的形式如图 11-36 所示。衣架机头中另外还有支管渐减型衣架机头(支管也呈衣架形,但直径从中部向两端逐渐减小)等。

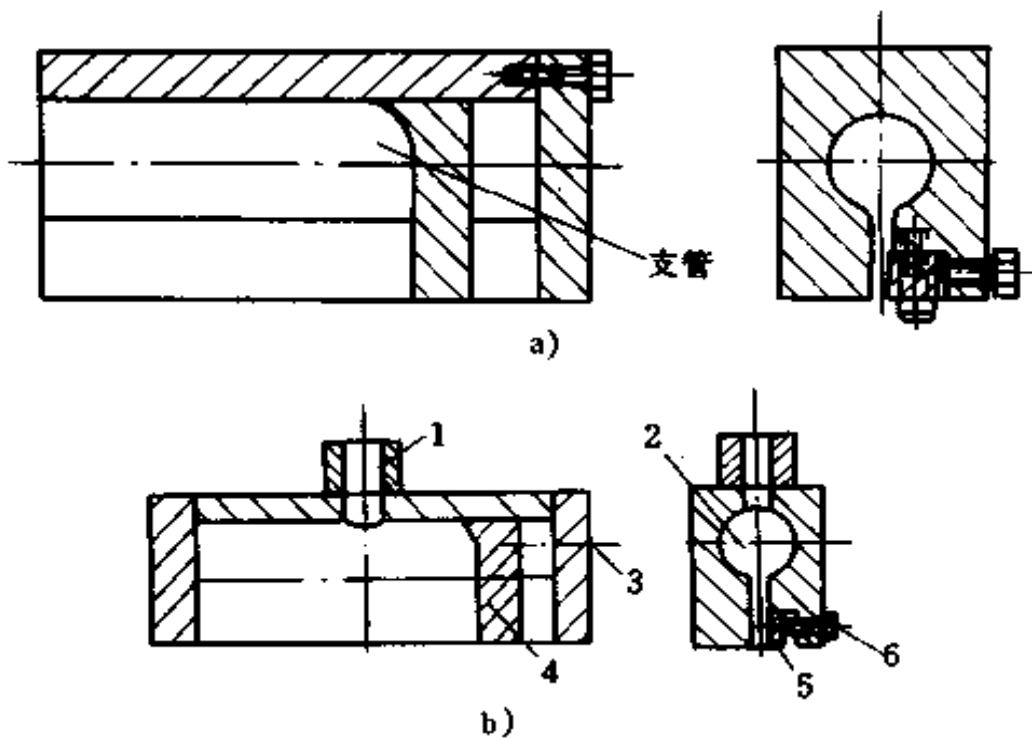


图 11-34 直支管机头

a) 一端供料直支管机头 b) 中间供料直支管机头

1. 进料口 2. 支管 3. 幅宽调节螺钉 4. 幅宽调节块  
5. 模唇调节块 6. 模唇调节螺钉

#### (四) 吹塑薄膜机头

吹塑薄膜生产装置如图 11-37 所示。塑料熔料由挤出机进入环隙形口模挤成薄壁管状物，所挤管状物离开口模通过导向夹板而被牵引辊夹拢，并由芯棒中心孔引进压缩空气，将它吹胀成泡状物。泡状物通过压缩空气的压力来控制壁厚，并通过空气进行冷却。冷却后的泡状物由一组夹持辊展平，根据不同的要求吹塑薄膜生产还需设置破缝、折叠、表面处理、卷取等装置。

常见的吹塑薄膜机头有从侧面进料的机头和中心底部进料的机头。侧面进料机头如图 11-38 所示。为使出料口环隙

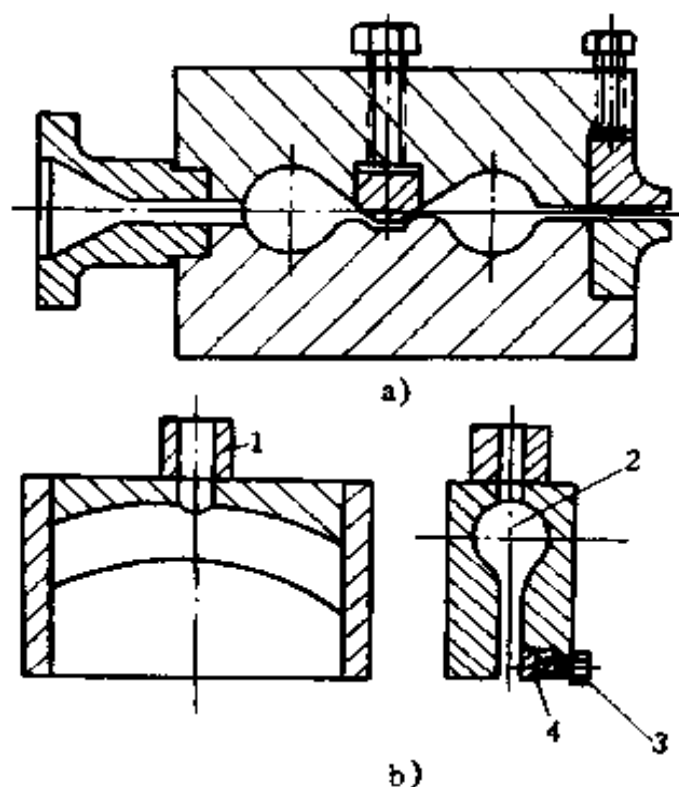


图 11-35 双支管、弯形支管机头

a) 双支管机头 b) 弯形支管机头

1. 进料管 2. 支管 3. 调节螺钉 4. 模唇调节块

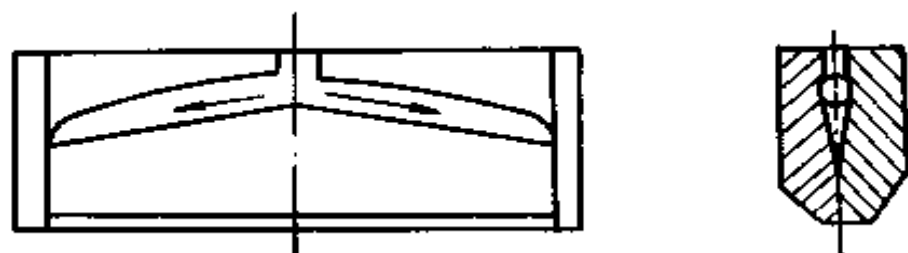


图 11-36 直支管衣架机头

缝宽度均匀一致,在口模外套上设置调节螺钉和调节环,调节螺钉不少于 6 个。常用的吹塑薄膜机头的出料口环形缝隙宽度为  $0.8 \sim 1.0\text{mm}$ ,有些情况下,宽度可达  $1.0 \sim 2.0\text{mm}$ 。芯棒在机头上定型区的高度  $h$ ,一般比出料口环形缝隙大 15 倍

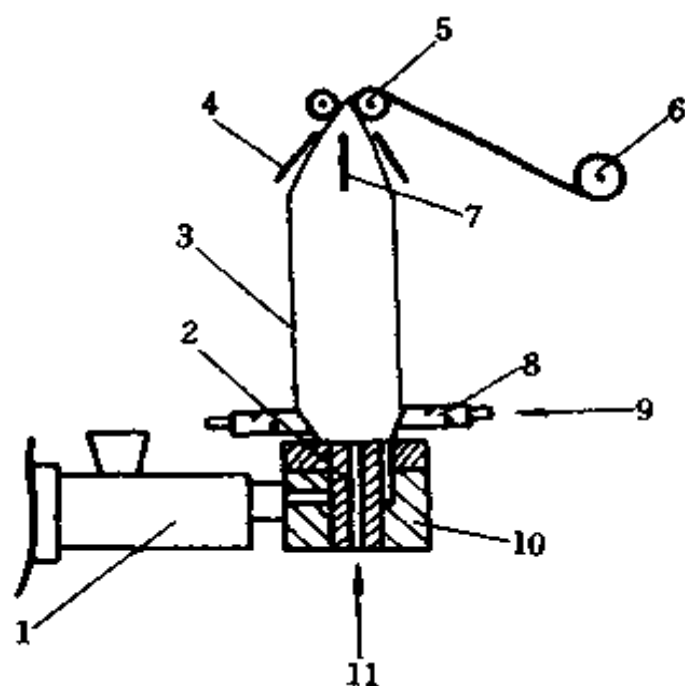


图 11-37 吹塑薄膜生产装置

1. 挤出机 2. 芯棒 3. 泡状物 4. 导向板 5. 牵引辊 6. 卷取  
7. 折叠导棒 8. 冷却环 9. 空气入口 10. 模头 11. 空气入口

以上,以便于控制薄膜厚度。芯棒尖到模口处的距离不小于芯棒直径  $d_1$  的两倍。芯棒扩张角  $\alpha = 80^\circ \sim 90^\circ$  (或  $\sim 100^\circ$ ),  $\alpha$  过大阻力增大。芯棒应选用刚性较大的 Cr12 制造。

中心进料式机头的特点是:出料均匀,薄膜厚度比较容易控制;芯棒不受侧压力,不会产生“偏中”现象。所谓“偏中”,是指芯棒承受压力后,可能使芯棒轴变形,使靠近机身后半圆环形缝隙宽度增大,前半圆环形缝隙宽度减小的现象。

#### (五) 异型材料挤出成型机头

管材或棒材、板材断面形状,除了圆管、圆棒、片材、薄膜以外的其它断面形状的塑料挤出制品统称为异型型材,异型材挤出成型机头有板式机头(流道急剧变化)和流线型机头(由螺杆出口逐步转变)两大类。

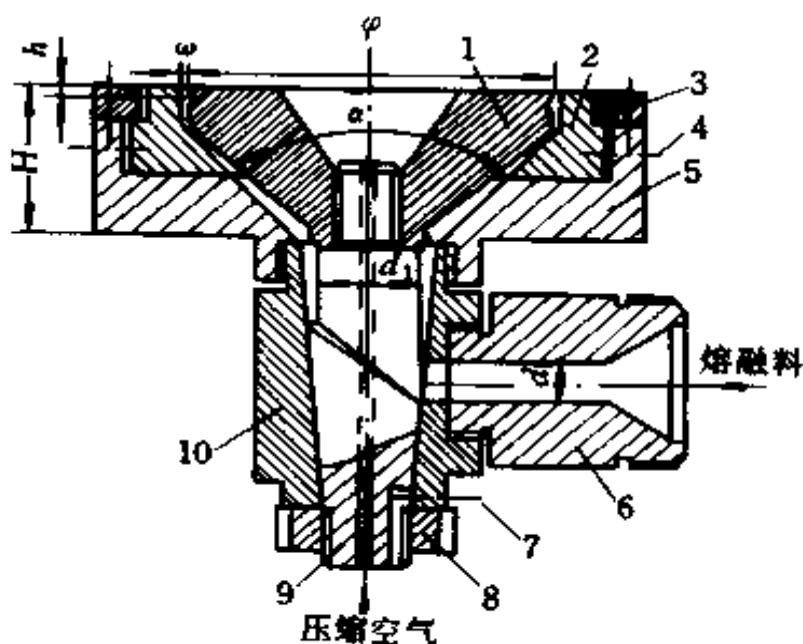


图 11-38 侧面进料机头

1. 芯棒 2. 口模 3. 压紧圈 4. 调节螺钉 5. 上模体 6. 机颈  
7. 定位销 8. 螺母芯棒轴 9. 芯棒轴 10. 下模体

板式机头是由机颈座、口模板、夹持板等组成，口模板是成型制件形状的主要零件，夹持在机颈座和夹持板之间，更换不同型腔的口模板就可得到不同形状的制件。机颈座是过渡部分，其内孔尺寸一端与挤出机的内孔结合，另一端与口模板型孔接近，中间采用逐渐过渡。口模板要具有一定的厚度以保持足够的强度和刚度。为缩短成型段长度，可将流道加工成锥形，以减小入口侧停料死点的面积。成型段长度按异型各部位壁厚尺寸决定。对中空异型材则需有异形芯棒。这种机头结构简单、制造容易、调整安装方便，重复性好；不足之处是物料在机头中流动情况不好，易形成局部滞流和死角，对热敏性塑料不宜采用这种机头。

流线型机头克服了板式机头的上述缺点。这种机头成本高,操作费用低,制件质量好,目前已得到了一定程度的应用。当制件尺寸小于挤出机出口处尺寸时,机头由流道变化过渡段和直接成型的口模组成。制件尺寸大于挤出机出口处尺寸时,机头由流道流入部分、过渡部分和口模三部分组成。流入部分的尺寸由挤出机出口逐步扩大到过渡部分,过渡部分由圆形断面逐渐均匀缓慢转变成口模的断面形状。同时,应注意使过渡部分断面最好由加工方便的表面组成。为能得到规定的制件形状,且消除塑料因受压变形而产生的内应力和减少挤出物的变形,口模上必须有一段平直部分。另外,由于塑料流动时断面上各点有速度差和粘弹性等原因,由口模挤出后的制件形状和口模轮廓并不相同,也不相似,如图 11-39 所示的情况。如具有正方形或三角形轮廓的机头口模,而挤出的制件断面却变成图中间所示的形状。采用修正口模形状办法可以得到理想效果。为了得到正方形或正三角形轮廓的制件,可将口模轮廓修正成图右边的形状(随塑料品种不同而异)。







断面	左	中	右
正方形			
三角形			

图 11-39 口模挤出制件形状的变化情况

#### (六) 电线电缆挤出成型机头



为给金属芯线包覆一层塑料绝缘层,通常在挤出机上挤出成型。金属芯线是单股或多股时,挤出产品称电线。金属芯线是一束互相绝缘的导线或绕卷的芯线时,挤出的产品称电缆。电线用挤压式包覆机头加工,电缆用套管式包覆机头加工。

1. 电线挤出成型机头(挤压式机头) 常用的电线挤出成型机头的结构如图 11-40 所示。其挤出成型包覆过程是:

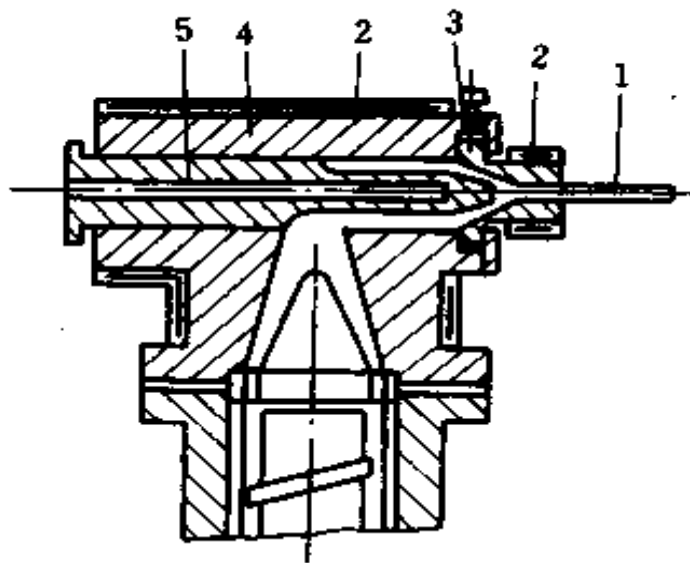


图 11-40 挤压式包覆机头

1. 包覆制品 2. 电热圈 3. 调节螺钉  
4. 机头体 5. 导向棒

塑料通过挤出机的多孔板进入机头体,遇到芯线导向棒,塑料熔料从一侧流向另一侧,汇合成一个封闭的环再向口模流动;同时,芯线通过芯线导向棒连续地向口模送进,两者经口模成型段后,塑料熔料最终包覆在芯线上,挤出成型电线。

电线挤出方向通常与挤出机呈  $90^\circ$ ,有时为了减少流动阻力也有做成  $45^\circ \sim 30^\circ$ 的。机头与口模为组合式。口模与芯

线导向棒的同心度通过口模套上的调节螺钉进行调整。口模定型长度  $L$  为口模出口直径  $D$  的  $1\sim 1.5$  倍。定型长度长, 塑料与芯线接触好。导向棒前端到口模定型长度的距离  $M = (1\sim 1.5)D$ 。

电芯线被塑料包覆层的厚度与口模的尺寸、挤出速度、芯线移动速度及芯线导向棒的位置有关。

这种机头的不足之处, 是芯线与包覆层同心度不好。但是, 从总体看, 这种机头结构简单、调整方便, 所以, 在电线的挤出成型生产中仍被广泛应用。

2. 电缆挤出成型机头(套管式机头) 这种机头的结构与电线挤出成型机头相似。口模定型段长度为  $L = 0.5D$ ,  $D$  为口模出口直径。挤出的塑料管要求与导向棒有较高的同心度。塑料管挤出口模后, 马上包覆在芯线上。

## 十、塑料模具装配、试模、维修

### (一) 塑料模具的装配

塑料模具装配与冷冲模具的装配基本相似。模具装配包括预检、装模、紧固、校正顶杆顶出距离、调节上下模闭合松紧度、接通加热线路和冷却水管等工作。

1. 预检 在进行装配之前, 应按图纸对零件进行逐个检验, 以便及时发现问题, 进行修理, 减少不必要的拆装。若是批量装配, 还应对尺寸公差进行分组。

#### 2. 模具装配

(1) 型芯装配: 型芯在固定板上的固定方式视模具结构的不同而不同。通常采用的直接压入式固定方式, 其装配的要点是: 在压入过程中, 要注意找正型芯与固定板的垂直度,

并防止压入时切坏孔壁及固定板变形,压入后再用骑缝螺钉紧固。对安装有方向性要求的型芯,可以用螺帽固定,此方式可适合于固定任何外形的型芯,以及同时在固定板上固定几个型芯。对大型芯的固定尚需加定位销钉。其方法是:先在加工的型芯上压入实心的定位销套,在型芯上加工出螺孔,再把型芯和固定板合拢找正,并在固定板上划出孔的位置后,在固定板上钻螺钉通过孔及镗沉孔,用螺钉初步将型芯固定。然后把型芯与导柱、导套和支承板装合在一起,将型芯调整到正确位置并拧紧固定螺钉。在固定板背面找出销孔位置,钻、铰销孔,打入定位销钉。

(2) 型腔装配:塑料注射模、压制模的型腔多数采用镶嵌或拼块结构。整体型腔用压入方式与模板配合,其压入端一般不允许有斜度,斜度设在模板上。型腔和动、定模板镶合后,分型面上应紧密无缝。对有方向要求的型腔,在型腔压入模板小部分后,应进行检测;找正位置后,再压入模板。也可以使型腔与模板间有 $0.01\sim 0.02\text{mm}$ 的配合间隙,待型腔装入模板后再找正位置,然后用定位销定位。若为拼块结构的型腔,则它的拼合面需在热处理后进行加工。拼块两端应留余量,装配后和模板一起将两端面磨平。拼块结构的型腔在压入模板时,要防止拼块产生错位,应在拼块上面放一平垫板,压平垫板把拼块型腔压入模板。

装配完毕后,应把型芯和型腔合装一下,检查是否达到设计图纸要求。若出现间隙或表面接触不紧密,则需要进行修磨、试配,使之达到要求。

(3) 浇口套的装配:浇口套用过盈配合压入模板内,其凸台应与沉孔底面贴紧,压入端与配合孔间无缝隙。浇口套压入端不允许有导入斜度,而只能倒小圆角。导入斜度开在模

板孔的入口处。压入后使圆角伸出在模板面之外,再用磨削方法将其磨平,然后再把修磨后的浇口套退出,将模板平面磨去0.02mm,重新压入浇口套,使浇口套上的凸台高出模板0.02mm。

(4) 导柱和导套装配:导柱和导套是合模与启模的导向装置,分别安装在塑料模的动、定模部分。装配时,采用压入方法把导柱和导套分别压入动模板上的导柱孔内和静模板上的导套孔内。对短导柱可以直接压入模板的导柱孔内。对长导柱应在导套装配完后,再以导套为导向将导柱压入模板内,并要求导柱和导套应与模板的安装基准面垂直。模板在启模和合模时应滑动灵活,无卡滞现象。如滑动不灵活,有卡滞现象,可采用往复滑动动模板,观察卡滞部分,找出原因,进行重新装配。装配时,应先装配距离远的导柱,每装一根导柱检验合格后,再装配下一根。

装配后的模具其安装平面的平行度 $\leq 0.05\text{mm}$ ;模具闭合后,分型面应均匀紧密接触,导柱、导套滑动灵活;顶出时,顶杆和顶出板动作必须同步;合模后,动定模部分的型芯必须紧密接触。

3. 模具安装 每种模具只能安装在与其相适应的设备上,才能生产出合格的塑料制品。因此,在模具安装时,对所用设备(如注射机、压力机等)应详细了解其有关的技术规范,尤其是它的最大能力(如注射机的最大注射量、最大注射压力、最大锁模力;压力机的最大吨位等)和装模部分的有关尺寸。否则,可能造成模具在设备上无法安装或制件取不出来等问题。模具成型塑件的能力应与设备的能力相适应。模具的外形尺寸,应能顺利地吊入或从侧面放入设备。模具的总厚度应在设备最大模厚和最小模厚之间。模具的最大外形尺

寸,不宜超出固定板尺寸,以便于模具安装固定。设备上的移动模板(或滑动台)和固定模板(工作台)多设有丁型槽(有平行开设或对角线开设),模具的动模与定模模脚上螺孔的大小与布置应相互适合,可直接用方头螺钉固定,也可用压板螺钉压紧固定。

模具装到注射机上后,应按图纸对照检验。若对模具的固定和活动部分分开检查,要注意方向打上标记,以免合拢时错位。

装模时,应尽可能整体安装。模具在注射机定模板的定位圈入座定位后,用缓慢的速度把动模板移动到闭模状态,并将模具轻轻压紧,然后用压板调到与模脚等高放平压紧固定。

模具在注射机上紧固后,缓慢启动动模板到极限位置停止。调节顶杆使模具上的顶出板和动模底板之间的距离不小于5mm,以防止顶坏模具。

在动模合上时,要注意松紧程度,以达到防止制件溢边和保证型腔能适当排气为准。在缺少测定锁模力的情况下,主要是凭目测和经验调节。对于需要加热的模具,应在模具到达规定温度后,再校正合模松紧度。

最后,接通冷却水管和加热线路。

4. 试模 首先对设备的油路、水路和电路进行检查,并作好开车的准备。选好合格的原料,按设计制订的工艺参数(是一个理论值)将料筒和喷嘴加热。这时必须根据实际试制件形状大小、壁厚大小及注射机上热电偶位置、温度的精确程度进行试调,找到料筒和喷嘴最合适的温度。比较好的办法是使喷嘴和主流道脱开,用较低的注射压力,使塑料自喷嘴中缓慢流出,观察流出的料流有没有硬块、气泡、银丝、变色。料流光滑明亮者,即说明料筒和喷嘴温度是比较合适的,这时就

可以开机试模。

开始试模时,先采用低压、低温和较长的时间使之成型,然后分别变动压力、时间、温度,观察制件情况。如果制件未充满型腔,先增加注射压力。若大幅度增加压力仍无效果时,才考虑变动时间和温度(延长时间实质是延长塑料受热时间)。注射几次后,制件仍然未充满型腔,最后才提高料筒温度。料筒温度的上升与塑料温度一致需要一定时间(一般约15min左右),要耐心等待,不要急于把料筒温度升得太高,以免塑料过热,甚至发生压力下降。

注射成型时,一般对壁薄面积大的制件采用高速注射。而对壁厚面积小的制件采用低速注射。在两种注射速度都能充满成型的情况下,除玻璃纤维增强塑料外,均宜用低速注射。

如喷嘴温度合适,可采用喷嘴固定形式,此可提高生产率。喷嘴温度太低或太高时,采用每次注射后移动喷嘴来调节。

试模时应作详细记录,将试模结果填入试模记录卡,并注明模具的质量好坏及返修意见。试模后,将合格模具卸下,清理干净,涂上防锈油后入库。

在试模过程中,可能出现的缺陷及原因见表 11-2。

5. 修模 模具的不断使用,会产生正常磨损或操作不当引起不正常磨损(如合模不正确,使型腔受损,卸脱制件时用力击打使型芯弯曲等),影响制件质量,必须及时进行修复。在修模以前,先研究模具图纸,充分了解模具结构、材料性能、零件之间的相互关系。对局部零件损坏,可将坏的拆下,加工一个新的零件换上,并不需要将整个模具报废。型腔受损,若为未硬化的型腔,可用铜焊或镶块的方法进行修复。若为经热处理硬化的型腔,可用环氧树脂来补缺。

在进行生产作业时,应注意保持设备和模具的良好工作状态,要经常检查维修,不要等到损伤严重后才修理。

表 11-2 试模时易产生的缺陷及原因

原 因 \ 缺 陷	制件不足	溢边	凹痕	银丝	熔接痕	气泡	裂纹	翘曲变形
料筒温度太高		✓	✓	✓		✓		✓
料筒温度太低	✓				✓		✓	
注射压力太高		✓						✓
注射压力太低	✓		✓		✓	✓		
模具温度太高			✓					✓
模具温度太低	✓		✓		✓	✓	✓	
注射速度太慢	✓							
注射时间太长				✓	✓		✓	
注射时间太短	✓		✓		✓			
成型周期太长		✓		✓				
加料太多		✓						
加料太少	✓		✓					
原料含水分过多			✓					
分流道或浇口太小	✓		✓	✓	✓			
模穴排气不好	✓			✓		✓		
制件太薄	✓		✓					
制件太厚或变化大						✓		✓
成型机能力不足	✓		✓	✓				
成型机锁模力不足		✓						

## 附录 试题样例

### 初级模具(工具)钳工知识要求试题

一、是非题(是画√,非画×,画错倒扣分;每题2分,共40分)

1. 在圆盘形工件上钻铰29或31等分孔时,可用简单分度法划线。 ( )
2. 毛坯零件划线时,为了使待加工表面有足够的加工余量,必须选择面积最大的加工表面作为校正基准。 ( )
3. 錾削铸铁平面,在接近尽头处应调头錾去余下部分,这样可避免工件边缘崩裂。 ( )
4. 制作样板的主要工序是划线、下料和锉削。 ( )
5. 粘接面的表面粗糙度越细,配合间隙越小,则粘接强度越高。 ( )
6. 热弯管子时在两塞头中间钻小孔的目的,是防止加热时气体膨胀而发生事故。 ( )
7. 攻螺纹时螺纹底孔直径必须与内螺纹的小径尺寸一致。 ( )
8. 精刮时落刀要轻,起刀要快,每个研点只能刮一刀,不能重复。 ( )
9. 研磨量规的侧面,应采用直线研磨运动轨迹。 ( )
10. 读数值为0.05mm的游标卡尺的读数原理是尺身上



20mm 等于游标 19 格刻线的宽度。 ( )

11. 轴用量规的止规是检验轴的最小极限尺寸。 ( )

12. 量块在相对测量中可作标准件。 ( )

13. 形位公差就是限制零件的形状误差。 ( )

14. 甲、乙两零件,甲的硬度为 250HBS,乙的硬度为 52HRC,则甲比乙硬。 ( )

15. 表面热处理都是通过钢材表面的化学成分而改变表面性能的。 ( )

16. 在发生中性线不接地的单相触电时,导线愈长,其危险性愈大。 ( )

17. 对称的三相负载作三角形联接时,线电流为 3 倍的相电流。 ( )

18. 表达零件内形的方法采用剖视图,剖视图有全部、半部、局部剖三种。 ( )

19. 表达局部视图,在任何情况下均应用波浪线表示所示部位的范围。 ( )

20. 在装配图上,对联接件、实心件,当剖切面通过轴线或对称面时,这些零件按剖切处理。 ( )

**二、选择题(将正确答案序号填入空格内;每题 1 分,共 40 分)**

1. 一般砂轮的线速度为\_\_\_\_\_ m/s。

a.25 b.35 c.40 d.80

2. 在铸锻件毛坯表面上划线时,可使用\_\_\_\_\_涂料。

a. 品紫 b. 硫酸铜溶液 c. 石灰水 d. 蓝油

3. 一般取铆钉的直径为铆接板料厚度的\_\_\_\_\_倍。

a.1.0 b.1.2 c.1.5 d.1.8

4. 锥柄麻花钻  $\phi 32.5\text{mm}$  的柄部是莫氏\_\_\_\_\_锥度。

- a. 3# b. 4# c. 5# d. 6#
5. 标准中心钻的锋角是\_\_\_\_\_。  
a. 60° b. 90° c. 118° d. 135°
6. 最常用的锥形铰钻的锥角是\_\_\_\_\_。  
a. 60° b. 75° c. 90° d. 120°
7. 铰孔的加工精度可达\_\_\_\_\_。  
a. IT12~IT10 b. IT10~IT8  
c. IT9~IT7 d. IT8~IT6
8. 圆锥管螺纹丝锥的直径从头到尾按\_\_\_\_\_锥度增大,但螺纹牙形始终与锥轴轴心线垂直。  
a. 1:30 b. 1:25 c. 1:20 d. 1:16
9. 攻铸铁材料的螺纹时,可采用\_\_\_\_\_作切削液。  
a. 煤油 b. 机油 c. 菜油 d. 乳化液
10. 粗刮平面在 25mm × 25mm 的面积上有\_\_\_\_\_个研点时,方可进入细刮。  
a. 20 以上 b. 15~20 c. 8~12 d. 4~6
11. 研磨量具测量面的研具常用\_\_\_\_\_制成。  
a. 灰铸铁 b. 球墨铸铁 c. 低碳钢 d. 铜
12. 下列量具中,\_\_\_\_\_的结构设计符合阿贝原则。  
a. 游标卡尺 b. 千分尺 c. 卡钳 d. 百分表
13. 被测要素遵守\_\_\_\_\_原则时,其实际状态遵守的理想边界为最大实体边界。  
a. 独立 b. 包容 c. 最大实体 d. 最小实体
14. 黄铜中加入铅的作用是为了改善黄铜的\_\_\_\_\_。  
a. 切削加工性能 b. 力学性能  
c. 铸造性能 d. 耐腐蚀性

15. 在中等中心距时, V 带的张紧程度一般可在带的中间, 用大拇指能按下\_\_\_\_\_。

- a. 5   b. 10   c. 15   d. 20

16. 液压系统中的压力大小决定于\_\_\_\_\_。

- a. 油泵额定压力   b. 负载  
c. 油泵流量   d. 减压阀的设定压力

17. 一台 8 级的三相异步电动机, 接于频率为 25Hz 的三相电源, 这台电动机的同步转速为\_\_\_\_\_ r/min。

- a. 1500   b. 915   c. 750   d. 375

18. 钢板因变形中部凸起, 为恢复平直, 必须采用\_\_\_\_\_法进行矫正。

- a. 扭转   b. 弯曲   c. 延展   d. 伸长

19. 钻孔时钻出的孔径大于规定尺寸的原因之一是\_\_\_\_\_。

- a. 钻头摆动   b. 钻头后角太大   c. 进给量太大  
d. 切削液选用不当或供给不足

20. 使用红丹粉时可用\_\_\_\_\_调合, 它常用于钢或铸铁工件的刮削。

- a. 机油   b. 乳化液   c. 煤油   d. 蒸馏水

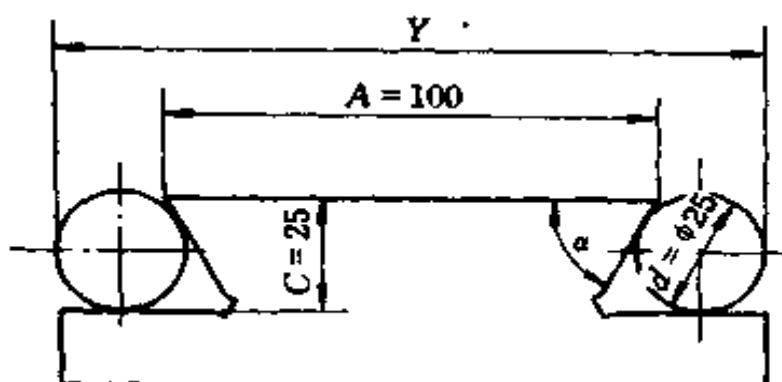
### 三、计算题 (每题 5 分, 共 10 分)

1. 用分度头在一轴端面上划 69 等分线, 应采用哪些分度方法, 试计算每等分手柄摇转数  $n$  和挂轮比  $i$  各等于多少?

2. 在制作燕尾槽卡板时, 已知  $\alpha = 50^\circ$ , 燕尾高度  $c = 25\text{mm}$ ,  $A = 100\text{mm}$ 。若燕尾两侧放置两根  $\phi 25\text{mm}$  的检验棒, 问下图中  $Y$  为何值时, 才能符合  $A$  值?

### 四、简答题 (每题 5 分, 共 10 分)

1. 平面刮花的目的是什么? 常见的花纹有哪几种?



2. 钻孔时孔呈多角形的主要原因是什么?

## 附 试 题 答 案

### 一、是非题

1. ✓    2. ✗    3. ✓    4. ✗    5. ✗    6. ✓  
 7. ✗    8. ✗    9. ✗    10. ✗    11. ✓    12. ✓  
 13. ✗    14. ✗    15. ✗    16. ✓    17. ✓    18. ✓  
 19. ✗    20. ✗

### 二、选择题

1. b    2. c    3. d    4. a    5. a    6. c  
 7. c    8. d    9. a    10. d    11. c    12. b  
 13. b    14. a    15. c    16. b    17. d    18. c  
 19. a    20. a

### 三、计算题

1. 解  $\because z = 60$

$\therefore$  若采用差动分度法, 设工件等分数为  $z_1 = 70$

$\therefore i = 40(z_1 - z) / z = 40(70 - 60) / 60 = 40 / 60$

即: 主动轮齿数 40, 从动轮齿数 70

$\therefore n = 40 / 60 = 4 / 6 = 4 \times 4 / 6 \times 4 = 16 / 28$

∴划 69 等分线时,分度头挂轮比  $i = 40/70$ ,每划一等分手柄与分度板在相同方向上旋转  $16/28$  圈。

2. 解 ∵  $a = 60$   $c = 25$   $A = 100$   $d = 25$

又 ∵  $A = Y + 2C \times \operatorname{tg} \alpha - d(1 + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2})$

∴  $100 = Y + 2 \times 25 \times 0.57735 - 25(1 + 1.7321)$

∴  $Y = 100 - 23.8675 + 68.3025 = 139.435\text{mm}$

∴当  $Y$  为 139.435 时,才符合  $A$  值。

#### 四、简答题

1. 答 平面刮花的目的是为了增加美观和保证良好的润滑条件,并且可在使用过程中根据花纹的消失程度来判断平面磨损的程度。常见的花纹有斜纹花和月牙花两种。

2. 答 主要原因是:

(1) 钻头后角太大。

(2) 钻头两切削刃的长短、角度不对称。

### 初级模具(工具)钳工技能要求试题

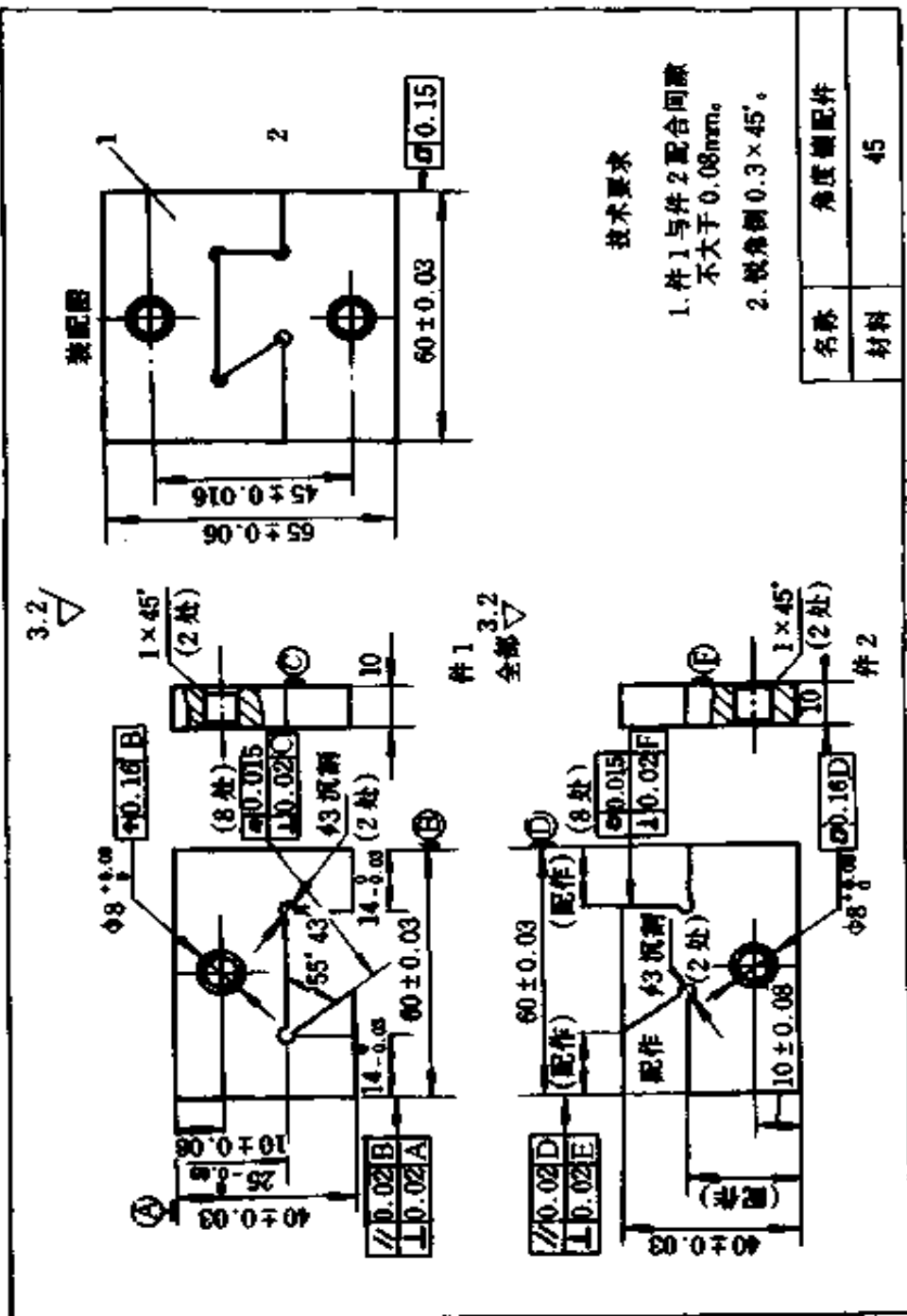
一、制作角度镶配件(见下图)

二、试题考核要求

1. 考核内容:(1)尺寸公差、形位公差、表面粗糙度值应达到图样要求。(2)图样中未注公差按 GB1804—79 标准公差 IT12~IT14 规定。(3)不准使用砂布打光加工面。

2. 工时定额:6h

3. 安全文明生产:(1)能正确执行安全技术操作规程;(2)能按企业有关文明生产的规定,做到工作地整洁,工件、工具摆放整齐。



技术要求

- 1. 件1与件2配合间隙不大于0.08mm。
- 2. 锐角倒0.3×45'。

名称	角度轴配件
材料	45

## 中级模具(工具)钳工知识要求试题

一、是非题 (是画√,非画×,画错倒扣分;每题2分,共40分)

1. 用一面两销定位时,菱形销的削边部分应位于两销的中心连线方向上。 ( )
2. 大量生产的机器,其中所有的零件都具有互换性。 ( )
3. 高速钢淬火后,具有较高的强度、韧性和耐磨性,因此,适用于制造各种结构复杂的刀具材料。 ( )
4. 标准麻花钻主切削刃上任意点的半径虽然不同,但螺旋角是相同的。 ( )
5. 铰削不通孔时,采用右螺旋槽铰刀,可使切屑向柄部排出。 ( )
6. 高碳钢比中碳钢的可切削性好,中碳钢比低碳钢的可切削性好。 ( )
7. 组合角度块时,块数越多越好,每选一块至少要加上一位分秒数。 ( )
8. 量块的超精研磨一般采用湿研的方式。 ( )
9. 材料进入模具后能在同一位置上经过一次冲压即可完成两个或两个以上工序的模具,称为连续模。 ( )
10. 冲裁模试冲时出现凸、凹模刃口相咬的原因之一是凸模与导柱等零件安装不垂直。 ( )
11. 刃磨刀具的螺旋槽前刀面,应用碟形砂轮的锥面,以减少刃磨时产生干涉现象。 ( )
12. 常用的钨钴钛类硬质合金有 YG3X、YG6、YG8 三

种。 ( )

13. 弯曲模的凸模圆角半径直接影响制件质量,通常应小于材料允许的最小弯曲半径。 ( )

14. 拉伸模工作时,为防止制件紧卡在凸模上难以取脱,通常在凸模上钻有较大通气孔,凹模下部钻小通气孔,以便制件压延后从凸模上脱下,防止工件随凸模上升。 ( )

15. 拉伸凹模与拉伸凸模的型面直径差的一半叫拉伸间隙。 ( )

16. 钳工修锉冲裁模中凸、凹模的型面时,常采用压印修锉法。 ( )

17. 电火花加工是直接利用电能对所有的材料进行加工。 ( )

18. 偏心式冲床主要适用于冲裁和压延工件。 ( )

19. 电火花线切割加工时,工件与脉冲电源的正极相接。 ( )

20. 弯制 V 形制件时,其凸、凹模间的间隙是靠调整压力机的闭合高度来控制的。

二、选择题 (将正确答案序号填入空格内;每题 1 分,共 40 分)

1. 研磨螺纹环规的研具常用\_\_\_\_\_制成,其螺纹应经过磨削加工。

a. 高碳钢 b. 低碳钢 c. 球墨铸铁 d. 铝

2. 用腐蚀法加工样板标记后,应将样板放在加热到 35~40℃ 的 5% \_\_\_\_\_ 溶液中浸几分钟,然后再用清水冲洗,并用汽油擦去剩余的沥青漆,涂上防锈油。

a. 氢氧化钠 b. 氯化钠 c. 机油 d. 蒸馏水

3. 用校对样板检验工作样板时常采用\_\_\_\_\_。





复速度相等,其活塞面积应为活塞杆面积的\_\_\_\_\_倍。

a.  $\sqrt{3}$  b.  $\sqrt{2}$  c. 2 d. 3

12. 长 V 形架定位能消除\_\_\_\_\_自由度。

a. 三个 b. 四个 c. 五个 d. 六个

13. 通用夹具的制造误差是工件在该工序中允许误差的\_\_\_\_\_。

a.  $1/3 \sim 2/3$  b.  $1/5 \sim 1/3$  c.  $1/5 \sim 1/2$  d. 1 倍

14. 当钻套内径大于  $\phi 25\text{mm}$  时,钻套材料采用\_\_\_\_\_。

a. T10A b. W18Cr4V c. 20Cr d. 3Cr13

15. 合金工具钢刀具材料的热处理硬度是\_\_\_\_\_ HRC。

a. 40~45 b. 60~65 c. 70~80 d. 85~90

16. 磨削硬质合金时应选用\_\_\_\_\_砂轮。

a. 棕刚玉 b. 白刚玉  
c. 黑色碳化硅 d. 绿色碳化硅

17. 用电火花加工的表面粗糙度较细,尺寸形状要求较精密的凸凹模时,电极材料常采用\_\_\_\_\_。

a. 紫铜 b. 青铜 c. 铸铁 d. 石墨

18. 冲裁模的凸凹模配合间隙的不合理,将导致制件\_\_\_\_\_。

a. 有毛刺 b. 卸斜不正常  
c. 制件不平 d. 刃口相咬

19. 热锻模的导向基准是\_\_\_\_\_。

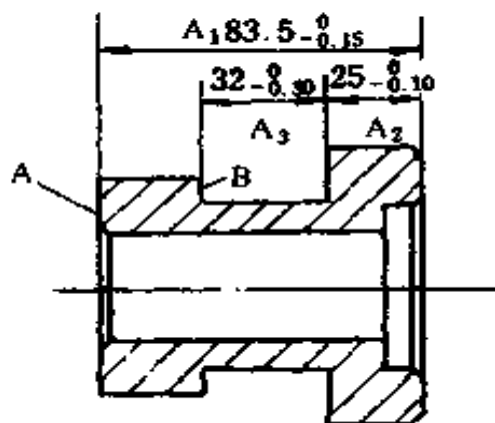
a. 锁口 b. 钳口 c. 模槽 d. 上模

20. 当制件尺寸等于凹模尺寸时,该冲裁模叫\_\_\_\_\_。

- a. 有间隙的冲孔模      b. 有间隙的落料模  
c. 有间隙的复合模      d. 无间隙的冲裁模

### 三、计算题(每题 5 分,共 10 分)

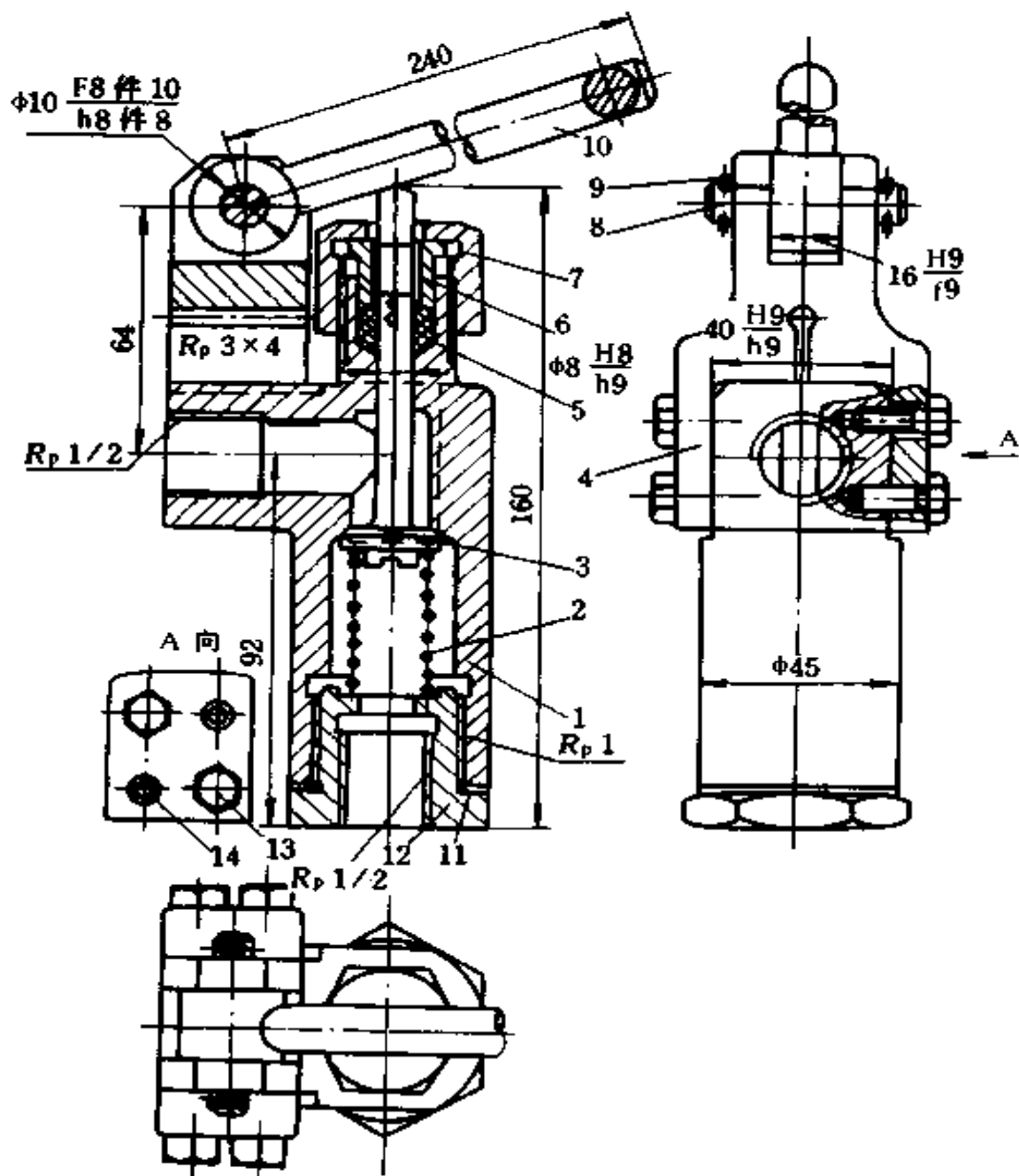
1. 已知工件轴向尺寸如右图,请计算 A、B 表面之间的尺寸应为多少?



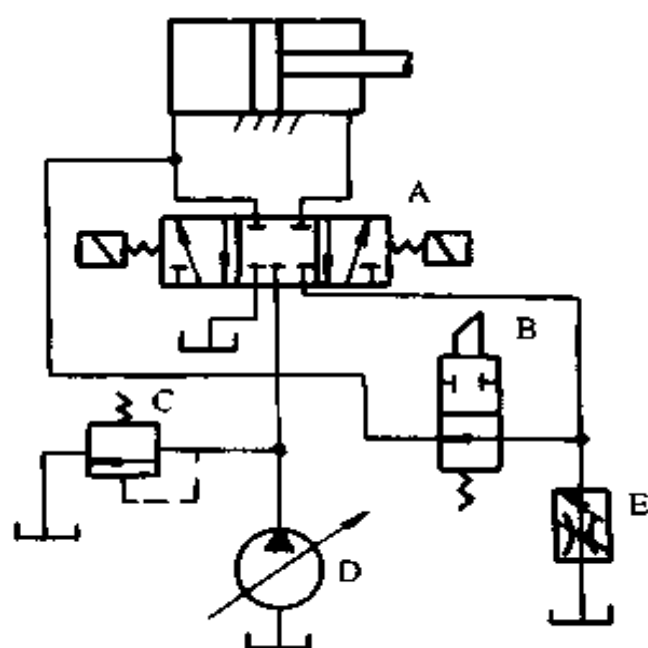
2. 使用千分尺测量外螺纹中径时常采用三针测量法。若被测外螺纹为 M24, 请计算测量量针的直径。若千分尺所测数值为 24.650mm, 则该外螺纹中径为多少? (保留小数点 3 位)

### 四、简答题(每题 5 分,共 10 分)

1. 根据下图所示手压阀的装配图,简述 14 个零件的装配顺序。



2. 说出右图所示液  
压原理图中 A、B、C、D、E  
各元件的名称。



### 附 试 题 答 案

#### 一、是非题

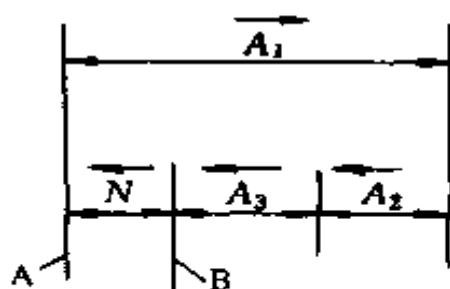
1. ✓    2. ✗    3. ✓    4. ✗    5. ✓    6. ✗  
 7. ✗    8. ✗    9. ✗    10. ✓    11. ✓    12. ✗  
 13. ✗    14. ✗    15. ✓    16. ✓    17. ✗    18. ✓  
 19. ✓    20. ✓

#### 二、选择题

1. c    2. a    3. b    4. b    5. b    6. a  
 7. a    8. d    9. b    10. b    11. b    12. b  
 13. b    14. c    15. b    16. d    17. a    18. a  
 19. a    20. b

#### 三、计算题

1. 解 (1) 画出尺寸链图(见下图), AB 表面间的尺寸  $N$



为封闭环且为减环。

$$\begin{aligned}
 (2) N_{\max} &= A_{1\max} - A_{2\min} - A_{3\min} \\
 &= 83.5 - (32 - 0.3) - (25 - 0.1) \\
 &= 26.9(\text{mm})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{\min} &= A_{1\min} - A_{2\max} - A_{3\max} \\
 &= (83.5 - 0.15) - 25 - 32 \\
 &= 26.35(\text{mm})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (3) \text{ 验算 } \delta_N &= \delta A_1 + \delta A_2 + \delta A_3 \\
 &= 0.15 + 0.1 + 0.30 \\
 &= 0.55(\text{mm})
 \end{aligned}$$

$$\delta_N = N_{\max} - N_{\min} = 26.9 - 26.35 = 0.55(\text{mm})$$

答 AB 表面之间的尺寸为 26.35~26.9mm。

2. 解 (1) ∵ 外螺纹为 M24 ∴ 螺距  $P = 3\text{mm}$

牙型角  $\alpha = 60^\circ$

$$\therefore \text{量针直径 } d = \frac{P}{2\cos\frac{\alpha}{2}} = \frac{3}{2\cos 30^\circ} = 1.732(\text{mm})$$

$$\begin{aligned}
 (2) \text{ 外螺纹中径 } d_2 &= M - d \left[ 1 + \frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}} \right] + \frac{p \operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}}{2} \\
 &= 24.650 - 1.732 \times 3 + 2.598 \\
 &= 22.052(\text{mm})
 \end{aligned}$$

答 使用量针直径为 1.732mm,此时外螺纹中径应为 22.052mm。

#### 四、简答题

1. 答 装配顺序为先将阀杆 3 插入阀座 1,装入弹簧 2,把带衬片 11 的接头 12 拧紧,然后从另一端塞入填料 5,再压入填料盖 6,拧上压紧螺母 7 把托架 4 插入阀座左上部正确位置处,然后加工两上销钉孔,两端各打入两个圆柱销 14,并拧上两个螺钉 13,把杠杆 10 放入托架 4 的槽中,打入轴 8,然后把两个开口销 9 插入轴 8 两端的孔中,使轴 8 轴向固定。

2. 答

A: 电磁换向阀

B: 二位二通阀

C: 溢流阀

D: 变量泵

E: 调速阀

### 中级模具(工具)钳工技能要求试题

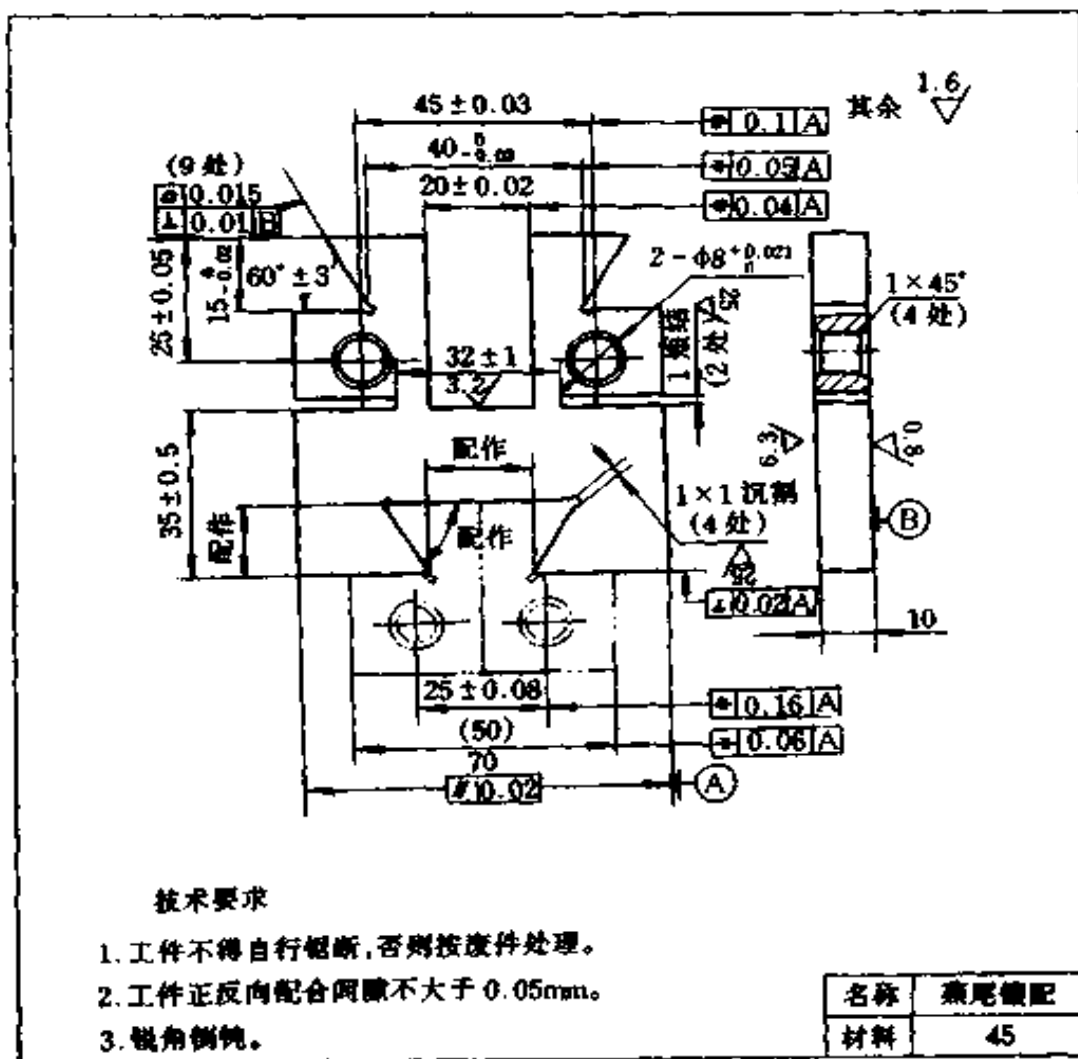
#### 一、制作燕尾键配(见下图)

#### 二、试题考核要求

1. 考核内容:(1)尺寸公差、形位公差、表面粗糙度值应达到图样要求。(2)图样中未注公差按 GB1804—79 标准公差 IT12~IT14 规定。(3)不准使用砂布打光加工面。

2. 工时定额:7.5h

3. 安全文明生产:(1)能正确执行安全技术操作规程。(2)能按企业有关文明生产的规定,做到工作地整洁,工件、工具摆放整齐。



技术要求

1. 工件不得自行锯断, 否则按废件处理。
2. 工件正反向配合间隙不大于 0.05mm。
3. 锐角倒钝。

名称	燕尾键配
材料	45