

中等职业教育机电类系列教材

# 机械制图

主 编 汪建安 胡晓红  
副主编 陈 海 葛冬云 顾宏  
编 者 梁京燕 桂 芳

## 编 委 会

主 任(排名不分先后): 寿培聪 吴丁良

副主任(排名不分先后): 肖 山 翟 敏 施正和 姚成秀 黄庭曙  
包太平 王立升 陈爱娥 刘淑凤 刘树钢 王亚平 石晓峰  
丁士中 张 敏 郝登峰 唐久春 范铭祥 韩 云 王宏锦

委 员(排名不分先后): 徐 黎 刘纯根 李惠兰 江 涛 储立群  
陆思忠 窦祥国 刘尚华 邢良言 刘 彦 葛冬云 汪建安  
姚卫宁 朱晓华 胡晓红 汤 峰 吴桂荣 顾 宏 陆伟生  
魏 敏 吴晓东 李国辉 王冀徽 王 旭

# 目 录

绪 论.....	1
一、机械制图的性质及其重要性 .....	1
二、课程的主要任务 .....	1
三、课程的主要内容和学习方法 .....	1
第一章 制图的基本知识.....	3
第一节 国家标准有关制图方面的基本规定.....	3
第二节 绘图工具及其使用 .....	11
第三节 几何作图 .....	14
第四节 图样上标注尺寸的初步知识 .....	19
第二章 投影作图 .....	25
第一节 投影法及三视图的形成 .....	25
第二节 点的投影 .....	31
第三节 直线段的投影 .....	34
第四节 平面形的投影 .....	38
第三章 立体的投影 .....	44
第一节 基本体的投影及其表面的取点 .....	44
第二节 平面与立体表面的交线——截交线 .....	52
第三节 两回转体表面的交线——相贯线 .....	59
第四章 组合体 .....	65
第一节 组合体的组成方式 .....	65
第二节 组合体三视图的画法 .....	67
第三节 组合体三视图的尺寸标注 .....	72
第四节 读组合体视图的方法和步骤 .....	77
第五章 轴测图 .....	86
第一节 轴测图基本知识 .....	86
第二节 正等轴测图 .....	87
第三节 斜二轴测图 .....	92
第六章 机件常用的表达方法 .....	95
第一节 视图 .....	95
第二节 剖视图 .....	99

第三节	断面图.....	108
第四节	局部放大图.....	110
第七章	标准件与常用件.....	114
第一节	螺纹.....	114
第二节	螺纹紧固件.....	121
第三节	齿轮.....	123
第四节	键销连接.....	128
第五节	滚动轴承.....	130
第六节	弹簧.....	133
第八章	零件图.....	136
第一节	零件图的内容.....	136
第二节	零件图的视图选择.....	137
第三节	零件图尺寸的标注.....	139
第四节	零件的工艺结构及其尺寸注法.....	142
第五节	零件图技术要求的标注.....	146
第六节	零件测绘.....	154
第七节	阅读零件图的一般步骤.....	159
第九章	装配图.....	166
第一节	装配图的作用和内容.....	166
第二节	装配图的表达方法.....	168
第三节	装配图中的尺寸标注及技术要求.....	170
第四节	装配图上的零件序号和明细栏.....	171
第五节	绘制装配图.....	173
第六节	读装配图.....	174
附录	.....	179
一、	螺纹.....	179
二、	常用的标准件.....	182
三、	极限与配合.....	189
四、	常用材料及热处理名词解释.....	198
参考文献	.....	202

# 绪 论

## 一、机械制图的性质及其重要性

根据投影原理、标准或有关规定,表示工程对象,并有必要的技术说明的图,称为图样。在现代工业生产中,图样是制造工具、机器设备、仪器仪表等产品和进行建筑施工的重要技术依据。不同的生产部门对图样有不同的要求。建筑工程中使用的图样称为建筑图样;机械制造业中使用的图样称为机械图样。机械制图就是研究机械图样的图示原理、读图和画图方法及有关标准的课程。本书是中等职业学校机电专业有着较强实践性的一门技术基础课。

在生产和科学实验活动中,及在设计、制造、使用与维修过程中,都离不开图样。设计者通过图样来表达设计意图;制造者通过图样来了解设计要求并依据图样进行加工、装配与检验;使用者也需要通过图样来了解机器的结构和使用性能。在各种技术交流活动中,图样也是必不可少的。由此可见,图样是表达设计意图、交流技术思想的重要工具,是工业生产中的重要技术文件,被称为工程界的技术“语言”。因此,任何机械设计制造和加工操作人员都必须掌握这门“语言”,如果缺乏绘制和识读机械图样的能力,就无法从事技术工作。对于每个未来的技术工人,学好机械制图这门课程是非常重要的。

## 二、课程的主要任务

本课程的任务是培养学习者具有一定的绘制机械图样的能力和良好的读图能力,以及空间想象力和思维能力。具体地说,就是要达到以下要求:

- (1) 掌握用正投影法图示空间物体的基本理论和作图方法。
- (2) 了解技术制图与机械制图国家标准有关机械制图方面的相关规定。
- (3) 掌握用手工、仪器绘图的方法和技能。
- (4) 严格遵守国家标准,运用所学的制图知识和技能,绘制和看懂中等复杂程度的零件图及一般装配图。
- (5) 培养耐心细致的工作作风和一丝不苟的工作态度。

## 三、课程的主要内容和学习方法

机械制图在中等职业学校是一门既有理论,又有实践的重要技术基础课。主要内容有:

- (1) 制图的基本知识。介绍制图国家标准的基本规定,绘图工具、仪器的正确使用,几何作图等知识。
- (2) 投影作图。介绍机械图样的图示原理和方法。
- (3) 机械图样。介绍机械图样的绘图和读图的基本规则和方法。

本课程的主要内容,应通过读图和画图的实践来掌握。其具体学习方法是:

- (1) 在学习本课程时,除通过听课和复习,弄懂并掌握基本理论、基本知识和基本方法以外,还要结合生产实际完成一系列的制图作业。通过将空间物体表达成平面图形,再由平面图形想象空间物体形状的反复训练,掌握空间物体和平面图形间的转化规律,并逐步培养空间想

象能力。

(2) 正确处理读图和画图的关系。对机械工人来说,正确地读出图样的内容是非常重要的。但是画图可以加深对制图规律和内容的理解,从而能够提高读图能力。同时只有对图样理解得好,才能又快又好地将其画出。

(3) 在读图和画图实践过程中,要注意逐步熟悉国家标准《机械制图》和有关的技术标准,培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。

(4) 编者结合多年的教学实际,让学生在制图教学中利用模型制作来表达和理解平面图形,从而掌握图形与物体之间的对应关系,以培养学生的空间想象能力,即通过三视图制作模型,或根据模型画出三视图。对制图的教与学起到了一定的促进作用。

# 第一章 制图的基本知识

图样是生产过程中的重要技术资料 and 主要依据。本章主要介绍国家标准《机械制图》与《技术制图》中的有关规定、绘图工具及其使用方法、平面图形的绘制方法。

## 第一节 国家标准有关制图方面的基本规定

为了便于技术交流、档案保存及各种出版物的发行,必须对图样的格式、画法、尺寸注法等做出统一规定,这些规定就是国家质量技术监督局颁布的一系列有关制图的国家标准。在绘制机械图样时,必须遵守这些规定。本节摘要介绍我国有关《机械制图》和《技术制图》国家标准的一些规定。

国家标准简称“国标”,用“GB”代号表示。“GB/T”为推荐性国家标准的代号。

### 一、图纸幅面和格式(GB/T 14689—1993)

#### 1. 图纸幅面

为便于图样的保管和使用,国家标准对图纸幅面及格式做了统一规定。绘制图样时,应优先采用表 1-1 规定的基本幅面尺寸,基本幅面共分 5 种。必要时也允许按规定加长幅面,即按基本幅面的短边整数倍增加。各种加长幅面参见图 1-1。其中粗实线部分为基本幅面;细实线部分为第一选择的加长幅面。加长后幅面代号记作:基本幅面代号×倍数。如 A3×3,表示按 A3 图幅短边 297 加长 3 倍,即加长后图纸尺寸为 420×891。

图纸的 5 种基本幅面中,A0 幅面为 1 m<sup>2</sup>,长边是短边的 $\sqrt{2}$ 倍,因此 A0 图纸长边  $L=1189$  mm,短边  $B=841$  mm,A1 图纸的面积是前一种幅面 A0 的一半,A2 图纸的面积是 A1 的一半,其余依此类推。其关系如图 1-1 所示。

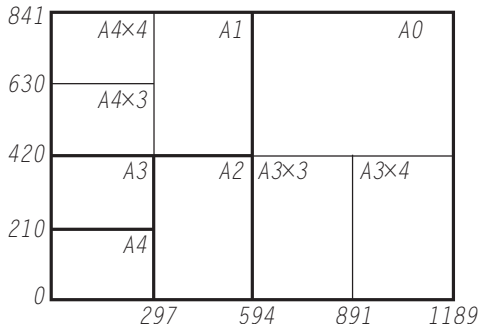


图 1-1 图纸 5 种基本幅面的尺寸关系

表 1-1 基本幅面尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
尺寸 B×L	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
边 框	a	25			
	c	10		5	
	e	20		10	

注:a、c、e 为留边的尺寸

## 2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框。其格式分为两种：不留装订边和留有装订边。尺寸按表 1-1 的规定画出，同一产品的图样只能采用同一种格式。不留装订边的图框格式如图 1-2 所示，留有装订边的图框格式如图 1-3 所示。

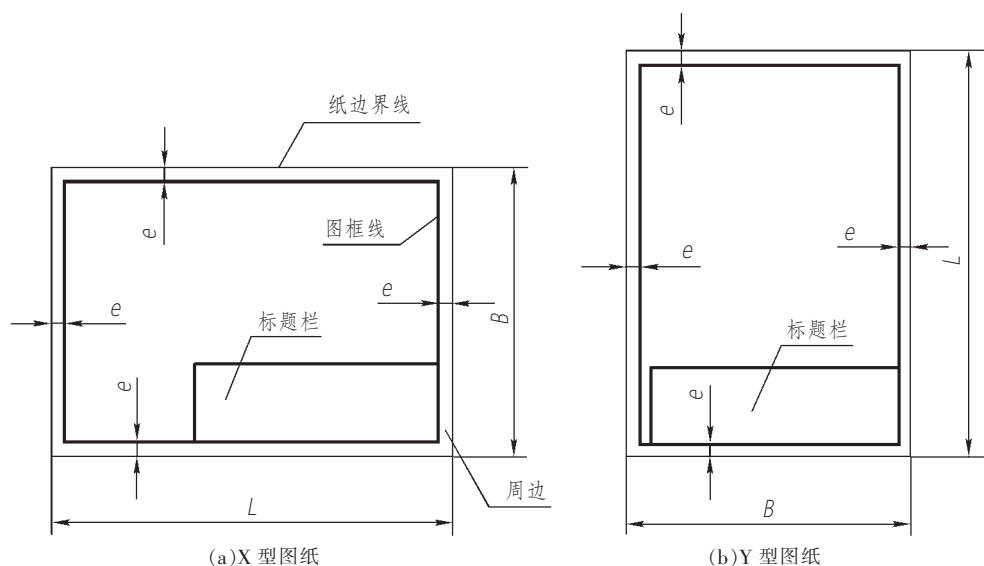


图 1-2 不留装订边的图框格式

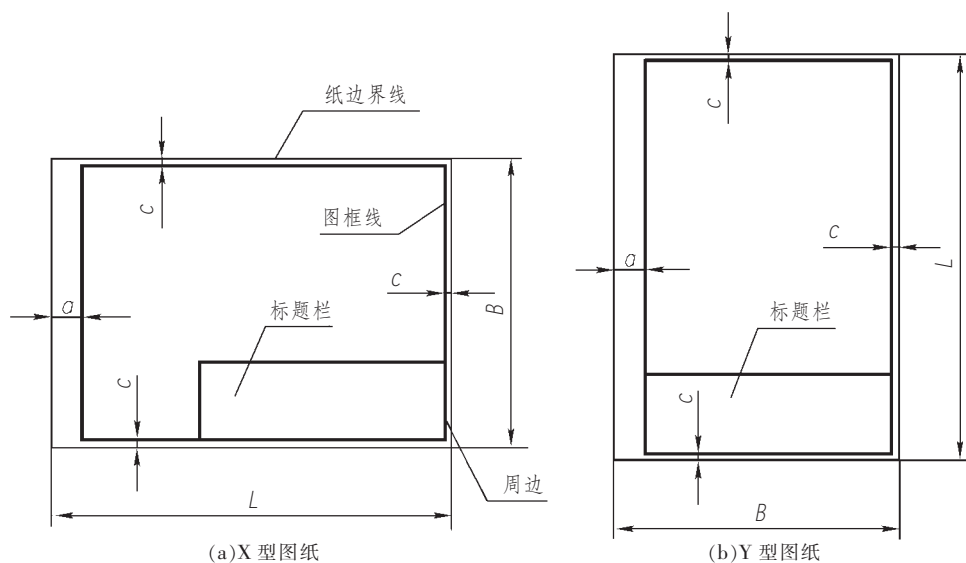


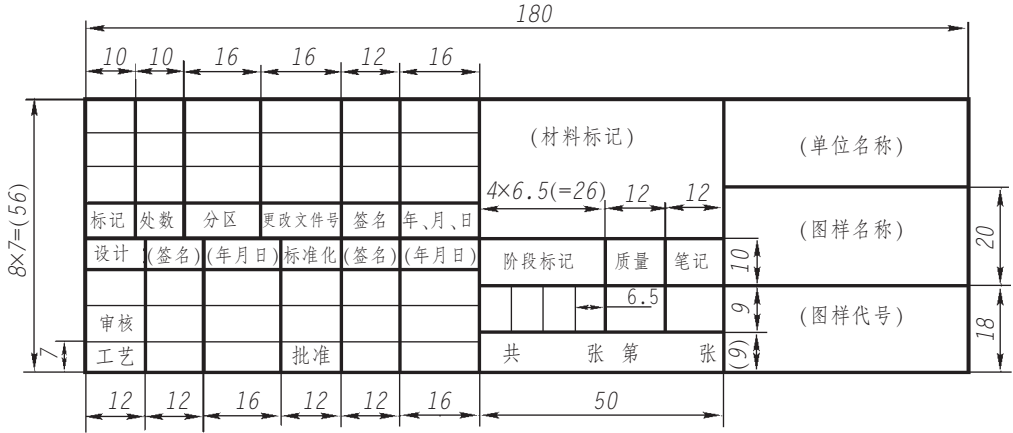
图 1-3 留有装订边的图框格式

## 二、标题栏(GB/T 10609.1—1989)

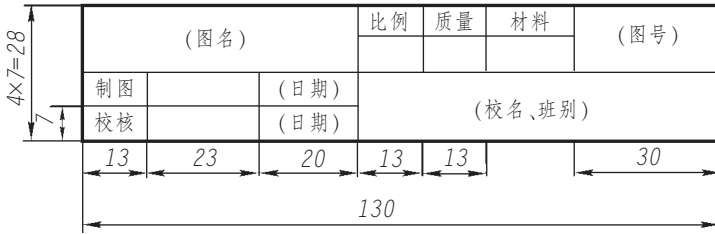
为便于管理及查阅，每张图纸上都必须画出标题栏。若标题栏的长边置于水平方向并与图纸长边平行时，则构成 X 型图纸；若标题栏的长边垂直于图纸长边时，则构成 Y 型图纸。如图 1-2、图 1-3 所示。一般情况，标题栏应位于图框的右下角。此时，看图的方向应与看标题栏的方向一致。GB/T 10609.1—1989《技术制图 标题栏》规定了两种标题栏的格式。学校



推荐采用图 1-4(b)所示标题栏。



(a) 国标规定的标题栏格式



(b) 制图作业中的标题栏格式

图 1-4 标题栏

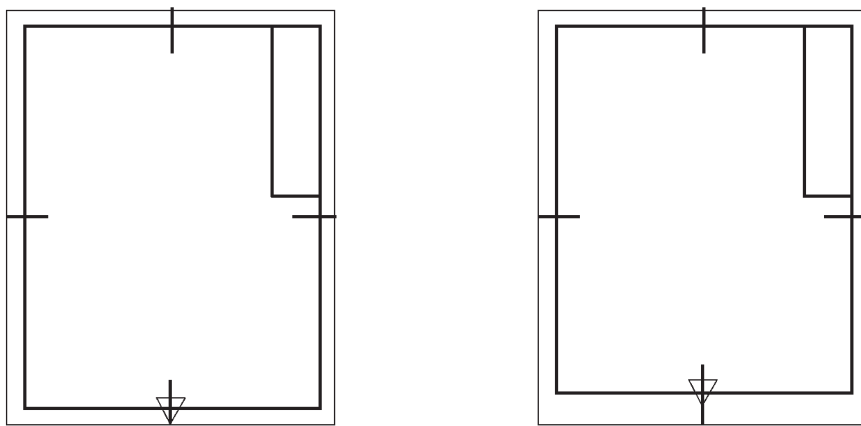
为了使图样复制和缩微摄影时定位方便,对基本幅面图纸均应在图纸各边的中点处画出对中符号。如图 1-5 所示。对中符号用粗实线绘制,线宽不小于 0.5 mm,长度从纸边界伸入图框内约 5 mm。当对中符号处在标题栏范围内时,则伸入标题栏部分省略不画。如图 1-5(b)所示。对中符号的位置误差不大于 0.5 mm。

为了利用预先印制好的图纸,允许将图 1-2 及图 1-3 所示的图纸置于图 1-5 所示的位置使用。这时,应在图纸下边的对中符号处画出看图方向符号,画图与读图的方向应以看图方向符号为准。看图方向符号是用细实线绘制的等边三角形,其大小和所处位置如图 1-6 所示。

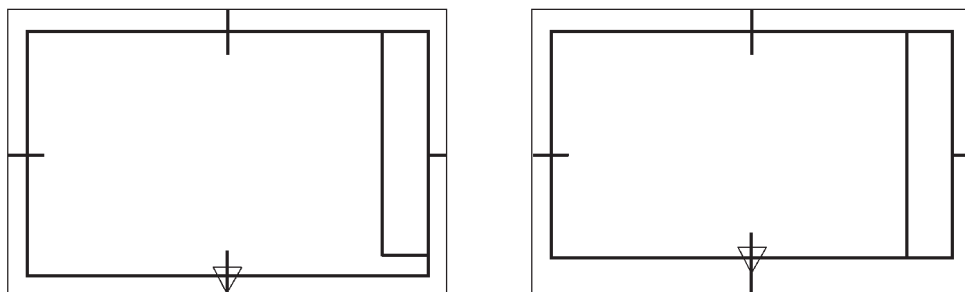
### 三、比例(GB/T 14690—1993)

比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。

画图时,应尽量采用 1:1 的原值比例画图。也可根据实物的大小和复杂程度采用缩小、放大的比例。所用比例应符合表 1-2 中的规定。不论缩小或放大,在图样上标注的尺寸数值均应是机件的实际大小,而与绘图比例无关。如图 1-7 所示。比例一般应注写在标题栏中的“比例”栏内。



(a)



(b)

图 1-5 图纸中的对中符号和方向符号

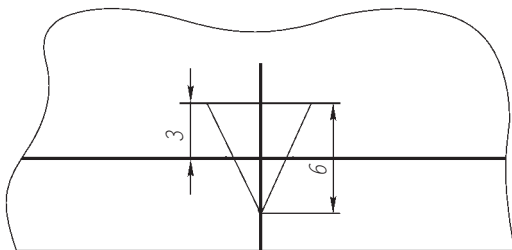


图 1-6 看图方向符号

表 1-2 比例系列

种 类	比 例	
	第一系列	第二系列
原值比例	1 : 1	
缩小比例	1 : 2   1 : 5   1 : 10   1 : 1 × 10 <sup>n</sup> 1 : 2 × 10 <sup>n</sup> 1 : 5 × 10 <sup>n</sup>	1 : 1.5   1 : 2.5   1 : 3   1 : 4   1 : 6   1 : 1.5 × 10 <sup>n</sup> 1 : 2.5 × 10 <sup>n</sup> 1 : 3 × 10 <sup>n</sup> 1 : 4 × 10 <sup>n</sup> 1 : 6 × 10 <sup>n</sup>
放大比例	2 : 1   5 : 1   1 × 10 <sup>n</sup> : 1 2 × 10 <sup>n</sup> : 1   5 × 10 <sup>n</sup> : 1	2.5 : 1   4 : 1 2.5 × 10 <sup>n</sup> : 1   4 × 10 <sup>n</sup> : 1

注:  $n$  为正整数

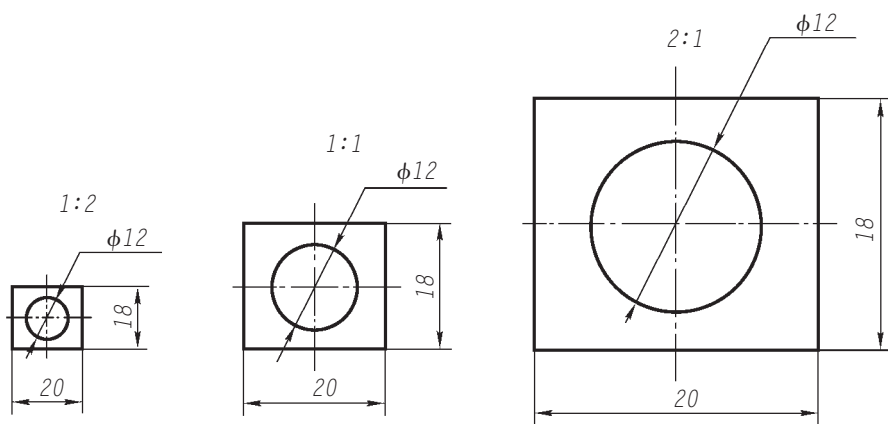


图 1-7 采用不同比例绘制的图形

#### 四、字体(GB/T 14691—1993)

图样中书写的字体必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体的大小按字号规定，字体号数代表字体的高度。高度( $h$ )尺寸为 1.8 mm、2.5 mm、3.5 mm、5 mm、7 mm、10 mm、14 mm 和 20 mm，字体高度按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。

##### 1. 汉字

汉字应写成长仿宋体字，一律采用简化字。写汉字时高度不能小于 3.5 mm，字宽一般为  $h/\sqrt{2}$ 。长仿宋体汉字的特点是：横平竖直，起落有锋，粗细一致，结构匀称。长仿宋字示例如图 1-8 所示。

##### 10 号字

**字体工整      笔画清楚**  
**间隔均匀      排列整齐**

##### 7 号字

**横平竖直    注意起落    结构匀称    填满方格**

##### 5 号字

技术制图机械电子汽车航空船舶土木建筑矿山坑井港口纺织服装

图 1-8 长仿宋体汉字示例

长仿宋字的书写要领是：横平竖直，注意起落，结构匀称，填满方格。

##### 2. 字母和数字

阿拉伯数字、罗马数字和拉丁字母等数字和字母，根据其笔画宽度分为 A 型和 B 型。A 型字体  $d=h/14$  ( $h$  为字高)，B 型字体  $d=h/10$ 。

字母和数字可写成斜体或直体，斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成  $75^\circ$ 。在技术文件中字母和数字一般写成斜体。如图 1-9 所示。用作指数、分数、极限偏差、注脚及字母的字号一般应采用小一号字体。示例如下：

$10^3 \text{ s}^{-1}$   $D_1$   $T_d$   $\Phi 20^{+0.010}_{-0.023}$   $7^{\circ+1^{\circ}}_{-2^{\circ}}$   $\frac{3}{5}$

图样中的数学符号、物理量符号、计量单位符号以及其他符号、代号,应分别符合国家的有关法令和标准的规定。

$l/\text{mm}$   $m/\text{kg}$   $460\text{r}/\text{min}$

$220\text{V}$   $5\text{M}\Omega$   $380\text{kPa}$

其他应用示例

$10\text{Js}5(\pm 0.003)$   $M24-6h$

$\Phi 25 \frac{H6}{m5}$   $\frac{II}{2:1}$   $\frac{A\text{向旋转}}{5:1}$

$\frac{6.3}{\nabla}$   $R8$   $5\%$   $\frac{3.50}{\nabla}$

大写拉丁字母(B型字体 斜体)

**A B C D E F G H I J K L M N**

**O P Q R S T U V W X Y Z**

小写拉丁字母(A型字体 斜体)

**a b c d e f g h i j k l m n o p q**

**r s t u v w x y z**

阿拉伯数字(B型字体 斜体)



罗马数字(A型字体 斜体)



图 1-9 字母和数字示例

## 五、图线(GB 4457. 4—1984、GB/T 17450—1998)

### 1. 基本线型

《技术制图 图线》(GB/T 17450—1998)规定了 15 种基本线型。在绘制技术图样时,应遵循国标《技术制图 图线》的规定画法。

### 2. 图线的尺寸

所有线型的图线宽度  $d$  应按图样的类型和尺寸大小,在下列数系中选择:

0.13 mm;0.18 mm;0.25 mm;0.35 mm;0.5 mm;0.7 mm;1 mm;1.4 mm;2 mm。该数系

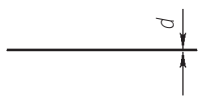
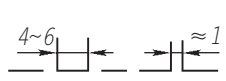
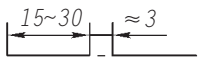
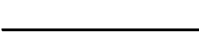
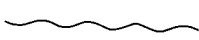
的公比为  $1:\sqrt{2}(\approx 1:1.4)$ 。

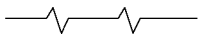
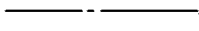
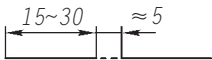
粗线、中粗线和细线的宽度比例为 4:2:1。在同一图样中,同类图线的宽度应一致。

### 3. 图线的应用

基本图线适用于各种技术图样。表 1-3 列出的是机械制图的图线型式及应用说明。图 1-10 所示为常用图线应用举例。

表 1-3 图线的种类及应用

图线名称	图线型式及代号	图线宽度	应用举例
粗实线	 A	$d=0.5\sim 2$	可见轮廓线
虚线	 F	$d/3$	不可见轮廓线
细点划线	 G	$d/3$	轴线、对称中心线、轨迹线、节圆及节线
细实线	 B	$d/3$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、重合断面轮廓线、螺纹牙底线和齿轮齿根线、引出线、分界线及范围线
波浪线	 C	$d/3$	断裂处的边界线、视图和剖视图的分界线

图线名称	图线型式及代号	图线宽度	应用举例
双折线	 D	$d/3$	断裂处的分界线
粗点划线	 J	$d$	有特殊要求的线或表面的表示法
双点划线	 K	$d/3$	相邻辅助零件的轮廓线、极限位置的轮廓线、坯料的轮廓线或毛坯图中制成品的轮廓线、假想投影的轮廓线

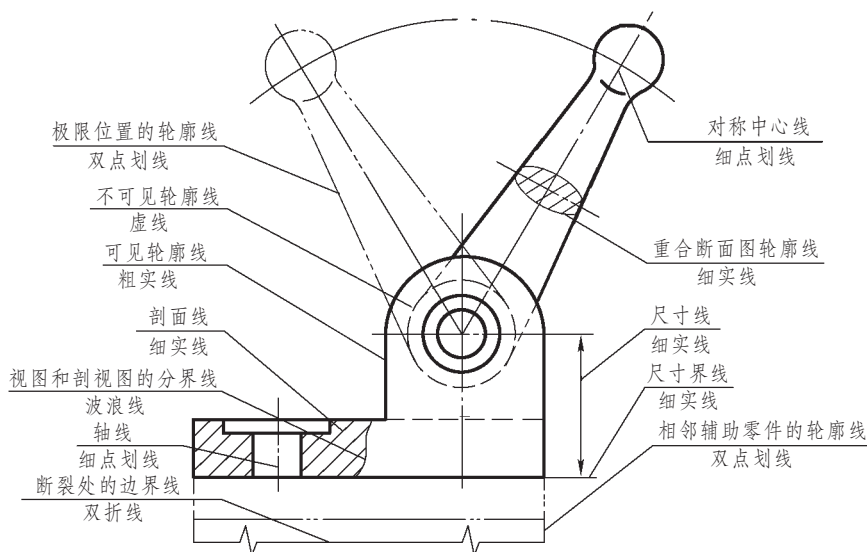


图 1-10 图线的应用

图线分为粗细两种。粗实线的宽度  $d$  应按图的大小和复杂程度,在  $0.5 \sim 2 \text{ mm}$  选择,一般取  $0.7 \text{ mm}$ 。细线的宽度约为  $d/3$ 。

绘制图样时,应注意:

- (1) 同一图样中同类图线的宽度应基本一致。虚线、点划线及双点划线的线段长度和间隔应各自大致相同。
- (2) 两条平行线(包括剖面线)之间的距离应不小于粗实线的两倍宽度,其最小距离不得小于  $0.7 \text{ mm}$ 。
- (3) 绘制圆的对称中心线时,圆心应为长划线的交点。点划线、双点划线的首末两端应是长划线而不是短划线,且超出图形轮廓线  $2 \sim 5 \text{ mm}$ 。如图 1-11 所示。
- (4) 在较小的图形上绘制点划线或双点划线有困难时,可用细实线代替。
- (5) 虚线与虚线相交或虚线与其他线相交,应在画线处相交。当虚线处在粗实线的延长线上时,粗实线应画到分界点而虚线应留有空隙。如图 1-12 所示。

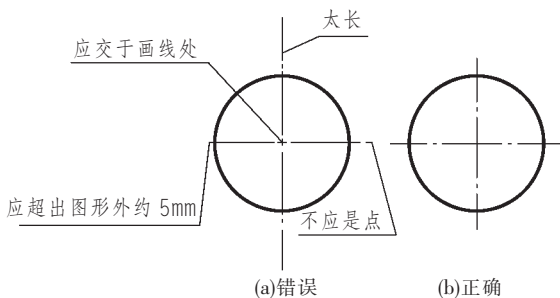


图 1-11 中心线的绘制

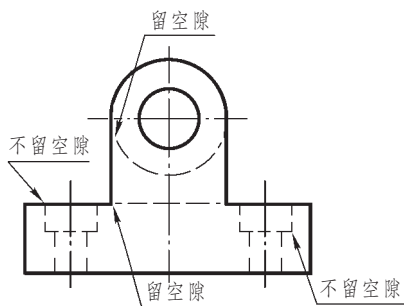


图 1-12 虚线连接的画法

## 第二节 绘图工具及其使用

为了提高绘图质量,加快绘图速度,必须正确掌握使用绘图工具的方法,养成良好的作图习惯。现将几种常用的绘图工具、仪器及用品的使用方法介绍如下。

### 一、图板和丁字尺

图板是绘图时用来固定图纸的矩形木板,要求板面平整,工作边平直。绘图时,图纸用胶带固定在图板上。如图 1-13 所示。图板的左右两边称为导边,必须光滑平直。

丁字尺主要用来画水平线以及与三角板配合画垂直线和各种  $15^\circ$  倍数角的斜线。它由互相垂直的尺头和尺身组成,尺头的内侧面必须平直。用时紧贴图板的导边,上下移动即可沿尺身的工作边画出水平线,画水平线时应自左向右画,与三角板配合画垂直线时应自下向上画。如图 1-14 所示。

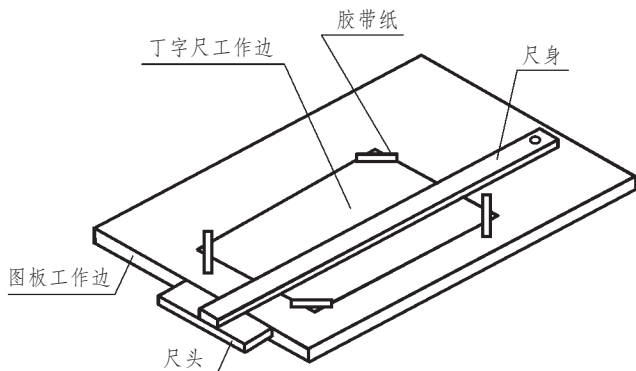


图 1-13 图板与丁字尺

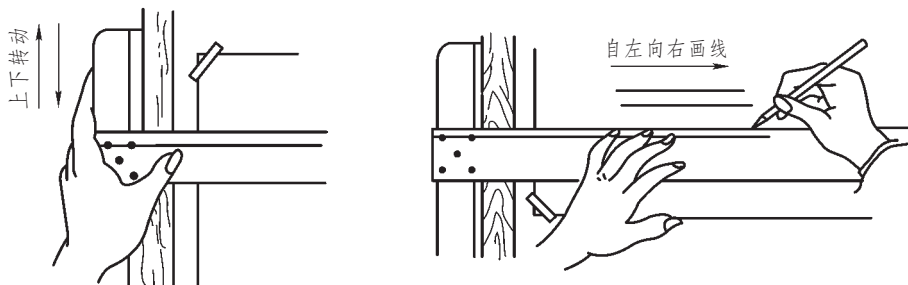


图 1-14 用图板和丁字尺作图

## 二、三角板

每副三角板有两块组成,一块为 $45^\circ$ ;另一块为 $30^\circ\sim 60^\circ$ 。要注意保持板面及各边的平直。两块三角板配合使用,可画出已知直线的平行线和垂直线。如图1-15所示。三角板和丁字尺配合使用,还能画出 $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$ 等 $15^\circ$ 倍数角的斜线。如图1-16所示。

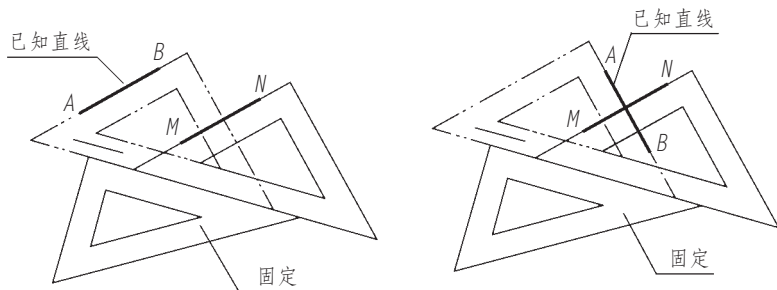


图 1-15 画平行线和垂直线

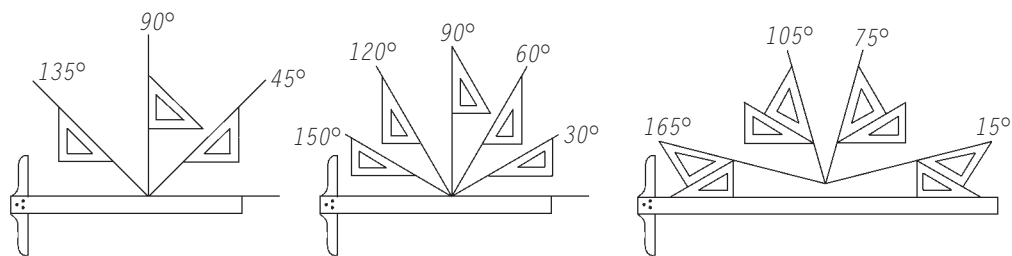


图 1-16 用三角板和丁字尺作图

## 三、圆规和分规

常用的绘图仪器有以下几种:

### 1. 圆规

圆规用于画圆和圆弧。圆规的一支腿上装有两端形状不同的钢针,画图时,使用带台肩的一端,可防止图纸上的针孔扩大;当分规使用时,用圆锥形的一端。另一支腿上装钢针、铅芯或鸭嘴笔插脚。如图1-17(b)所示。使用时,应使钢针、笔尖都与纸面大致保持垂直。画大圆弧时,可加上延伸杆。圆规上使用的铅芯,应比铅笔的铅芯软一号。用圆规时,应使针脚长于笔脚。当针尖插入图板后,钢针的台肩与铅芯尖端平齐。如图1-18所示。

### 2. 分规

分规是等分线段、量取尺寸的工具。如图1-17(a)。分规两腿并拢时,两针尖应能对齐。使用方法如图1-19所示。

## 四、曲线板

在工程制图中常用的绘图工具还有:比例尺(三棱尺)、曲线板、鸭嘴笔、针管笔和模板等。如图1-19(a)。作图时,为方便尺寸换算,将工程上常用比例按照标准的尺寸刻度,换算为缩小比例刻度或放大比例刻度刻在尺上,具有此类刻度的尺称为比例尺。当确定了某一比例后,不需要计算,可直接按照尺面所刻的数值,截取或读出实际线段在比例尺上所反映的长度。



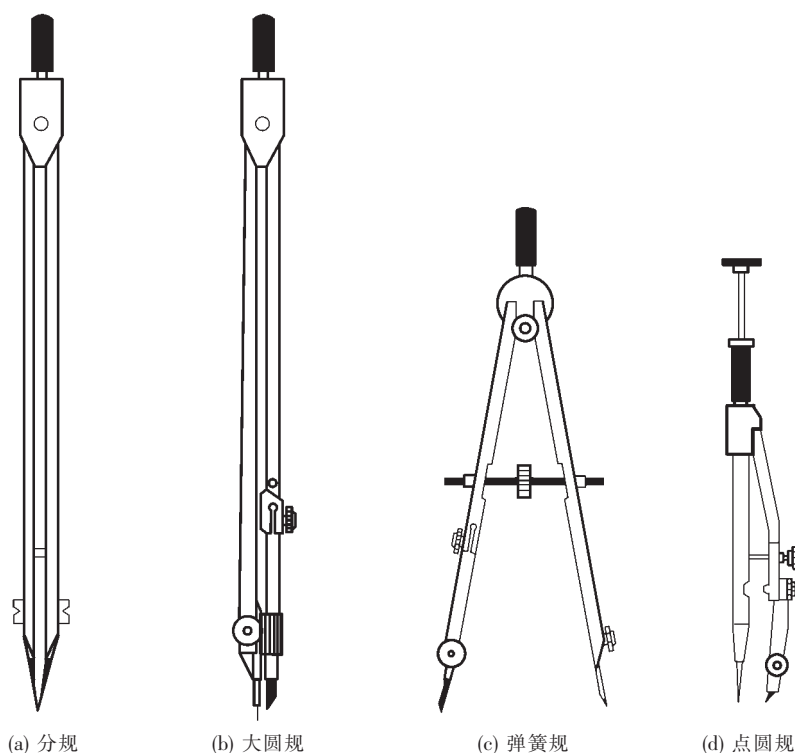


图 1-17 绘图常用圆规

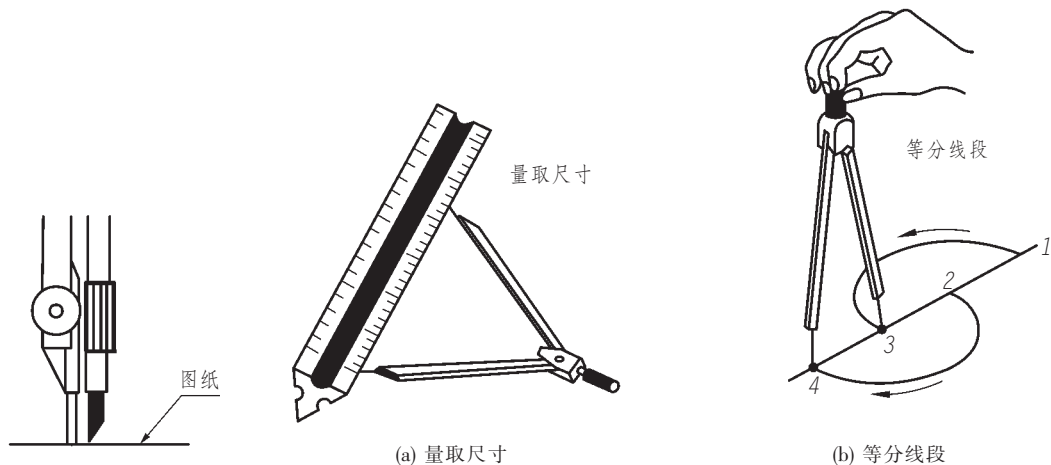


图 1-18 圆规

图 1-19 分规的用法

曲线板是用来绘制非圆曲线的。如图 1-20 所示。首先要定出曲线上足够数量的点,再徒手用铅笔轻轻地将各点光滑地连接起来,然后选择曲线板上曲率与之相吻合的部分,分段画出各段曲线。注意应留出各段曲线末端的一小段不画,用于连接下一段曲线,这样曲线才显得圆滑。鸭嘴笔和针管笔都是用来描图的专用工具。

为了提高绘图速度,可使用各种多功能的绘图模板



图 1-20 曲线板

直接描画图形。有适合绘制各种专用图样的模板,如六角螺栓模板、椭圆模板、字格符号模板等。模板作图快速简便,但作图时应注意对准定位线。

## 五、铅笔

常用绘图用品有图纸、铅笔、胶带纸、擦图片、小刀、砂纸和绘图橡皮等。绘图纸要求质地坚实,用橡皮擦不易起毛。

铅笔的铅芯有软硬之分,硬度用字母 B、H 符号表示。B 前数字愈大,表示铅芯愈软;H 前数字愈大,表示铅芯愈硬;HB 表示铅芯软硬适中。绘图时,应根据不同的用途选用不同软硬的铅芯,一般采用 H、2H 画细实线、虚线、细点划线;用 HB 写字、注尺寸;用 HB、B 加深粗实线。铅笔应从没有标号的一端开始削磨使用,以便保留铅芯的硬度符号。及时削磨铅笔对提高图面质量十分重要。铅笔的削法如图 1-21 所示。圆锥形铅芯的铅笔用于画细实线及书写文字,矩形铅芯的铅笔用于描深粗实线。

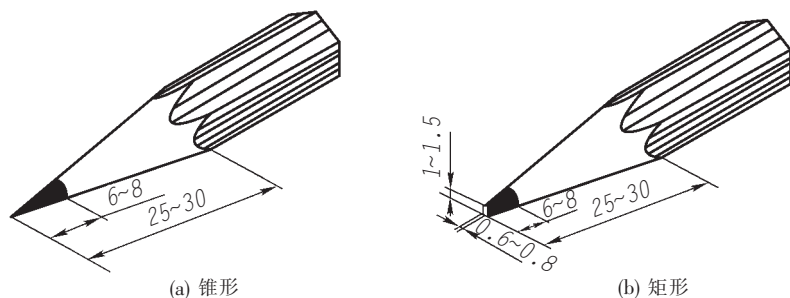


图 1-21 铅笔的削法

## 第三节 几何作图

图样上的各种图形,一般是由直线、圆弧或非圆曲线按一定的几何关系绘制而成的。作图时,需要利用绘图工具,按图形的几何关系顺序绘制。因此,必须学会运用绘图工具进行几何作图的本领,以便正确、迅速地绘制出合格的图样。如图 1-22 所示。画出扳手的轮廓图,涉及到正六边形、平行线、切线及圆弧连接等作图方法。

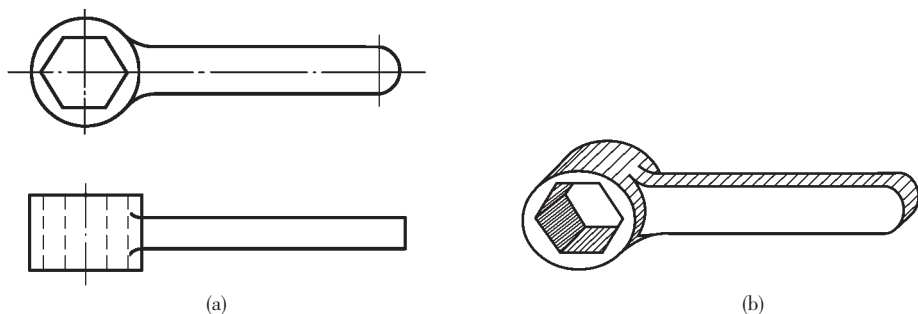


图 1-22 六角螺母扳手

所谓几何作图,就是依照给定的条件,准确地绘出预定的几何图形。若遇到一些复杂的图形,必须学会分析图形并掌握基本的几何作图方法,才能准确无误地将图形绘制出来。

## 一、等分线段、等分圆周

### 1. 线段的等分

可采用试分法和比例法。比例法如图 1-23 所示。作图步骤：

- (1) 过端点  $A$  作直线  $AC$ ，与已知线段  $AB$  成任意锐角。
- (2) 用分规在  $AC$  上以任意相等长度截得 1、2、3、4、5 各等分点。
- (3) 连接  $5B$ ，并过 4、3、2、1 各点作  $5B$  的平行线，在  $AB$  线上即得  $4'$ 、 $3'$ 、 $2'$ 、 $1'$  各等分点。

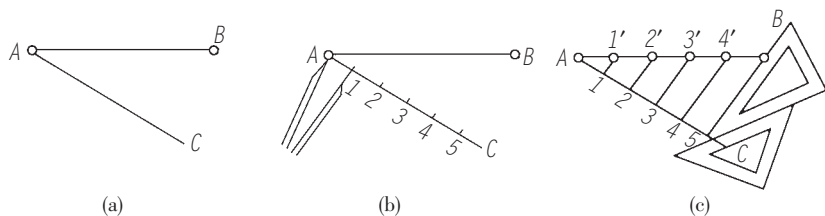


图 1-23 比例法等分线段

### 2. 圆周的等分

1) 六等分圆周和作圆内接正六边形。用丁字尺、 $30^\circ \sim 60^\circ$ 三角板配合圆的内接或外切正六边形。如图 1-24 所示。

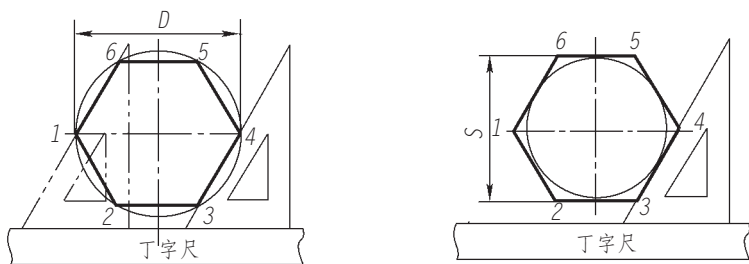


图 1-24 内、外切正六边形的作图方法

当已知正六边形对角距离(即外接圆直径)时,可用圆的半径六等分圆周的方法画出正六边形。如图 1-25。

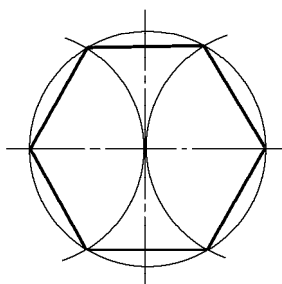


图 1-25 正六边形的画法

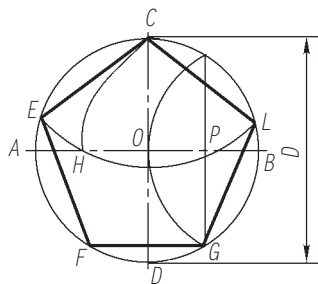


图 1-26 正五边形的画法

2) 五等分圆周和作圆内接正五边形。如图 1-26 所示。作图步骤：

- (1) 平分  $OB$  得其中点  $P$ 。
- (2) 在  $AB$  上取  $PH=PC$ ，得点  $H$ 。
- (3) 以  $CH$  为边长等分圆周，得  $E$ 、 $F$ 、 $G$ 、 $L$  等分点，依次连接即得正五边形。

### 3. 椭圆的画法

已知长轴  $AB$ 、短轴  $CD$ ，常用的作椭圆方法有四心法和辅助圆法。如图 1-27 为四心法（近似画法）。作图步骤：

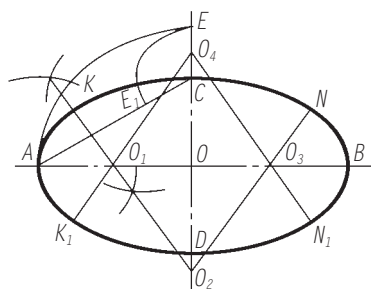


图 1-27 椭圆的画法

(1) 连接  $A, C$ ，以  $O$  为圆心、 $OA$  为半径画弧与  $CD$  延长线交于点  $E$ ；以  $C$  为圆心， $CE$  为半径画弧与  $AC$  交于点  $E_1$ 。

(2) 作  $AE_1$  的垂直平分线与长短轴分别交于点  $O_1, O_2$ ，再作对称点  $O_3, O_4$ ； $O_1, O_2, O_3, O_4$  即为四个圆心。

(3) 分别作圆心连线  $O_1O_4, O_2O_3, O_3O_4$  并延长。

(4) 分别以  $O_1, O_3$  为圆心， $O_1A$  或  $O_3B$  为半径，画小圆弧  $K_1AK$  和  $NBN_1$ ；分别以  $O_2, O_4$  为圆心， $O_2C$  或  $O_4D$  为半径，画大圆弧  $KCN$  和  $N_1DK_1$ （切点  $K, K_1, N_1, N$  分别位于相应的圆心连线上），即完成近似椭圆的作图。

## 二、斜度和锥度

### 1. 斜度(GB/T 4096—1983)

斜度是指一直线(或平面)对另一直线(或平面)的倾斜程度。在图 1-28(a)所示的三角形中， $AB$  边对  $AC$  边的斜度用  $BC$  边与  $AC$  边的比值表示，即：

$$AB \text{ 对 } AC \text{ 的斜度} = \frac{BC}{AC} = \tan \alpha = 1 : n$$

斜度在图样中的标注形式，如图 1-28(b)所示。斜度符号  $\angle$  用 1/10 字高的线绘制，斜线与水平线成  $30^\circ$  角，高度与图样中数字高相同；方向应与斜度方向一致。

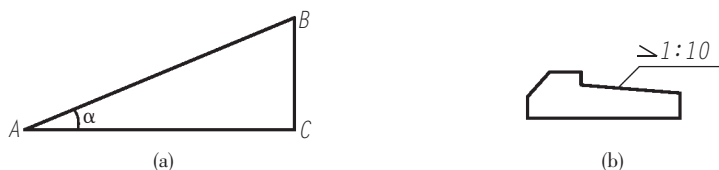


图 1-28 斜度及标注

作图时，斜度应根据给定的尺寸关系作出。作图步骤为：

(1) 作互相垂直的基准线并按规定斜度作直角三角形，得出斜度辅助线。如图 1-29(a)。

(2) 按给定的尺寸关系求已知点，并过已知点作斜度辅助线的平行线，即所求的斜度线。如图 1-29(b)。

(3) 完成图形的其余部分，标注斜度和所有尺寸。如图 1-29(c)。

### 2. 锥度(GB/T 15754—1995)

锥度是指正圆锥底圆直径与圆锥高的比。对于圆锥台，其锥度则为两底圆直径之差与锥台高之比。在图样上锥度也用  $1 : n$  的形式表示。

锥度的符号为“ $\triangleleft$ ”，其形状及尺寸如图 1-30(a)所示，图中所注尺寸  $h$  为字高。锥度的标注方法见图 1-30(b)，在标注锥度的符号时，应注意使锥度符号的方向与图形的锥度方向一致。

图 1-31(a)所示塞规的锥度为  $1 : 3$ ，其画法如图 1-31(b)所示。作图步骤如下：

(1) 在  $ef$  上作  $ac = ad = 1/2$  个单元长。

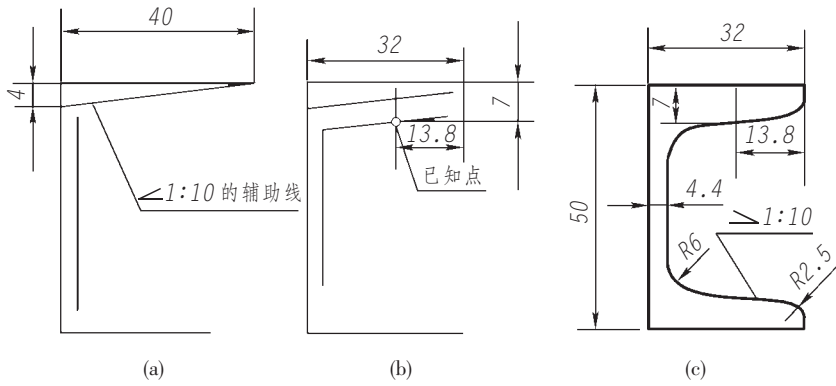


图 1-29 斜度的画法及尺寸标注

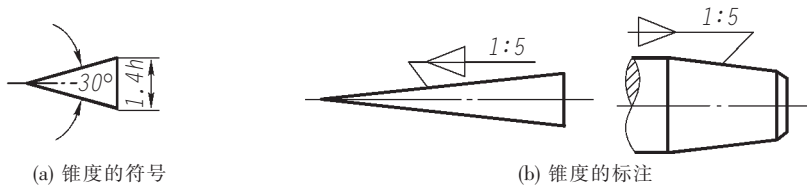


图 1-30 锥度及其标注

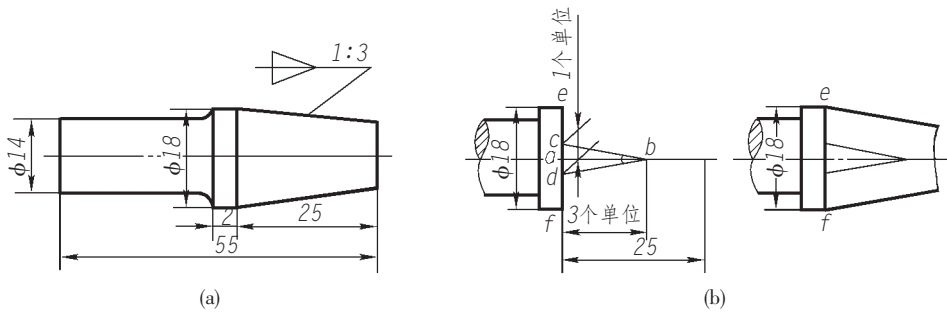


图 1-31 塞规锥度的画法

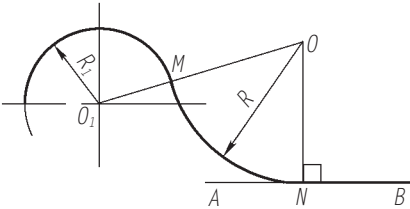
- (2) 在轴线上作 3 个单元长  $ab$ 。
- (3) 连接  $bc$  和  $bd$  得锥度 1:3 的斜线。
- (4) 过  $e$ 、 $f$  分别作  $bc$ 、 $bd$  的平行线,即为所求。

### 三、圆弧连接

用一条半径已知的圆弧光滑地连接相邻两已知线段(直线或圆弧)的作图方法称为圆弧连接。这个起连接作用的圆弧称为连接弧。在机械制图中经常遇到圆弧连接的各种情况,为了保证圆弧连接的光滑,必须使连接弧与已知线段(直线或圆弧)相切,因此,作图时应先准确地求出连接弧的圆心及连接弧与已知线段的切点。各种形式圆弧连接的作图方法,如表 1-4 所示。

表 1-4 圆弧连接的作图方法及步骤

类别	图例	作图步骤
两直线间的圆弧连接 连接锐角或钝角的两边		<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 作与两已知边相距为 <math>R</math> 的平行线, 交点 <math>O</math> 为连接弧圆心</li> <li>(2) 自 <math>O</math> 点向两已知边作垂线, 垂足 <math>M</math>、<math>N</math> 即为切点</li> <li>(3) 以 <math>O</math> 点为圆心, <math>R</math> 为半径, 在 <math>M</math>、<math>N</math> 间画弧</li> </ol>
两直线间的圆弧连接 连接直角的两边		<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 以角的顶点为圆心, <math>R</math> 为半径画弧与两直角边交于 <math>M</math>、<math>N</math></li> <li>(2) 分别以 <math>M</math>、<math>N</math> 为圆心, <math>R</math> 为半径画弧, 交点 <math>O</math> 为连接弧圆心</li> <li>(3) 以 <math>O</math> 点为圆心, <math>R</math> 为半径, 在 <math>M</math>、<math>N</math> 间画弧</li> </ol>
两圆弧间的圆弧连接 外连接		<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 分别以 <math>O_1</math>、<math>O_2</math> 为圆心, <math>(R+R_1)</math> 和 <math>(R+R_2)</math> 为半径画弧, 交点 <math>O</math> 为连接弧圆心</li> <li>(2) 连接 <math>OO_1</math> 交已知弧于 <math>M</math> 点, 连接 <math>OO_2</math> 交已知弧于 <math>N</math> 点</li> <li>(3) 以 <math>O</math> 为圆心, <math>R</math> 为半径, 在 <math>M</math>、<math>N</math> 间画弧</li> </ol>
两圆弧间的圆弧连接 内连接		<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 分别以 <math>O_1</math>、<math>O_2</math> 为圆心, <math>(R-R_1)</math> 和 <math>(R-R_2)</math> 为半径画弧, 交点 <math>O</math> 为连接弧圆心</li> <li>(2) 连接 <math>OO_1</math> 并延长, 交已知弧于 <math>M</math> 点; 连接 <math>OO_2</math> 并延长, 交已知弧于 <math>N</math> 点</li> <li>(3) 以 <math>O</math> 为圆心, <math>R</math> 为半径, 在 <math>M</math>、<math>N</math> 间画弧</li> </ol>
两圆弧间的圆弧连接 内外连接		<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 以 <math>O_1</math>、<math>O_2</math> 为圆心, 以 <math>(R+R_1)</math> 及 <math>(R-R_2)</math> 为半径画弧, 两弧的交点 <math>O</math>, 即为所求连接弧的圆心</li> <li>(2) 连接 <math>OO_1</math> 及 <math>OO_2</math> 并延长, 分别与已知弧相交于 <math>M</math>、<math>N</math> 点, <math>M</math>、<math>N</math> 点即为切点</li> <li>(3) 以 <math>O</math> 为圆心, 以 <math>R</math> 为半径, 自 <math>M</math> 至 <math>N</math> 点画圆弧即为所求</li> </ol>

类别	图例	作图步骤
用直线圆线弧和连接圆一弧		<p>(1) 以 <math>R</math> 为间距作 <math>AB</math> 直线的平行线, 与以 <math>O_1</math> 为圆心、<math>(R+R_1)</math> 为半径所画圆弧相交于 <math>O</math> 点, 即为所求连接弧的圆心</p> <p>(2) 连接 <math>OO_1</math> 与已知圆弧相交于 <math>M</math> 点, 由 <math>O</math> 点作 <math>AB</math> 线的垂线得垂足 <math>N</math>, <math>M</math>、<math>N</math> 即为切点</p> <p>(3) 以 <math>O</math> 为圆心, 以 <math>R</math> 为半径, 自 <math>M</math> 至 <math>N</math> 点画圆弧即为所求</p>

## 第四节 图样上标注尺寸的初步知识

图样中, 图形只能表达物体的形状, 不能确定它的真实大小。因此, 在图样上必须标注尺寸。标注尺寸是一项很重要的工作, 应该严格遵守国家标准《机械制图》中有关尺寸标注方法的规定正确标注。

### 一、基本规则

(1) 机件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据, 与图形的大小及绘图的准确度无关。

(2) 图样中(包括技术要求和其他说明)的尺寸, 以  $\text{mm}$  为单位时, 不需标注计量单位的代号或名称; 如采用其他单位, 则必须注明相应的计量单位的代号或名称。

(3) 图样中所标注的尺寸, 为该图样所示机件的最后完工尺寸, 否则应另加说明。

(4) 机件的每一尺寸, 一般只标注一次, 并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

### 二、尺寸的组成及其注法(GB 4458.4—1984 GB/T 16675—1996)

#### 1. 标注尺寸的三要素

一个完整的尺寸应包括尺寸界线、尺寸线和尺寸数字三个基本要素。如图 1-32 所示。

(1) 尺寸界线的画法。尺寸界线用细实线绘制, 并应由图形轮廓线、轴线或对称中心线处引出, 也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线。如图 1-33 所示。

(2) 尺寸线的画法。尺寸线用细实线绘制。标注线性尺寸时, 尺寸线必须与所标注的线段平行。如图 1-33 所示。尺寸线不能用其他图线代替, 也不得与其他图线重合或在其延长线上。

尺寸线的终端可以有列两种形式:

① 箭头。箭头的形式如图 1-34(a) 所示, 箭头的尖端与尺寸界线接触。在同一张图样上, 箭头大小要一致。推荐用图 1-34(a) 所示的长宽比例。图中尺寸  $d$  相当于粗实线宽度。

② 斜线。斜线用细实线绘制, 其方向和画法如图 1-34(b) 所示。当尺寸线的终端采用斜线形式时, 尺寸线与尺寸界线必须相互垂直。

当尺寸线与尺寸界线相互垂直时, 同一张图样中只能采用一种尺寸线终端的形式。当采用箭头时, 在位置不够的情况下, 允许用圆点或斜线代替箭头。

(3) 尺寸数字。线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方, 也允许注写在尺寸线的中断

处。角度的数字一律写成水平方向，一般注写在尺寸线的中断处。当位置不够时，尺寸数字也可引出标注。

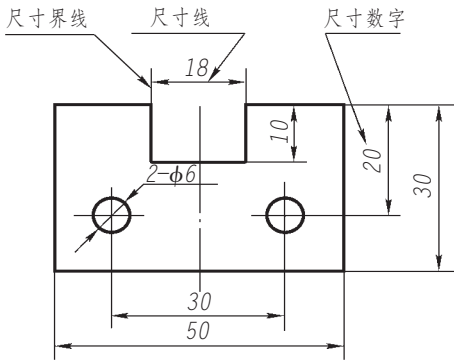


图 1-32 标注尺寸的三要素

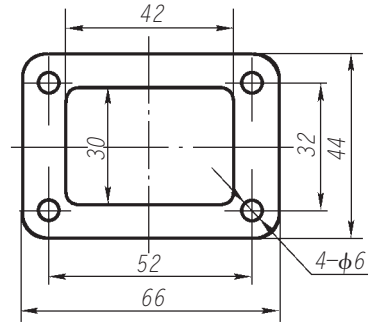


图 1-33 尺寸界线和尺寸线的画法

尺寸数字不可被任何图线所通过，否则必须将该图线断开。



图 1-34 尺寸线的终端形式

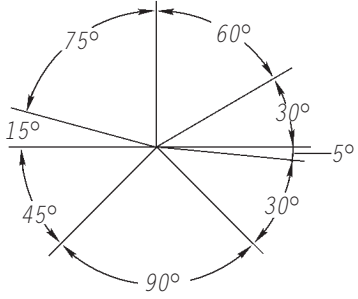
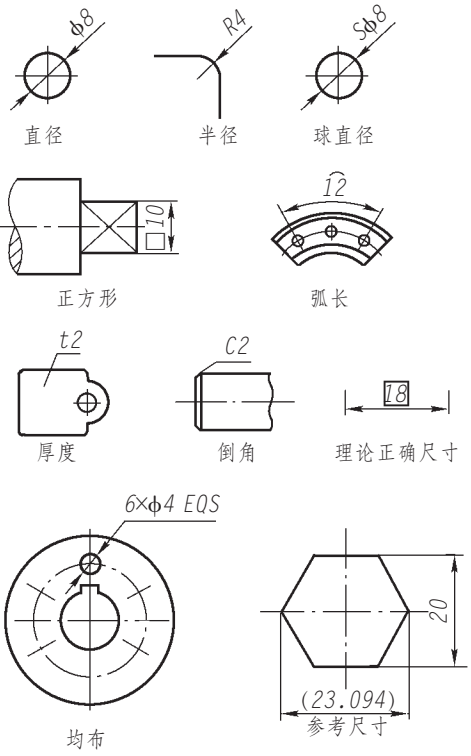
## 2. 尺寸注法

常用的尺寸注法，见表 1-5 所示。

表 1-5 尺寸注法

尺寸要素	图 例	说 明
尺寸数字	<p>(a)</p>	<p>线性尺寸的尺寸数字应按图(a)所示的方向填写，图示 30° 范围内，应按图(b)形式标注。尺寸数字一般应注写在尺寸线上方。当尺寸线为垂直方向时，应注写在尺寸线的左方，也允许注写在尺寸线的中断处，如图(c)。</p> <p>尺寸数字不允许被任何图线所通过。当不可避免时，必须将图线断开，如图(d)。</p> <p>狭小部位的尺寸数字按图(e)所示方式注写</p>
	<p>(b)</p>	
	<p>(c)</p>	
	<p>(d)</p>	
	<p>(e)</p>	



尺寸要素	图 例	说 明
角 度		<p>标注角度尺寸的尺寸界线应沿径向引出。尺寸线是以角度顶点为圆心的圆弧线。角度的数字应水平注写,角度较小时也可用指引线引出标注</p>
标 注 尺 寸 的 符 号		<p>可在尺寸数字的上方、前面、后面加注符号。常用的符号有:直径“<math>\phi</math>”、半径“<math>R</math>”、球直径“<math>S\phi</math>”、球半径“<math>SR</math>”、正方形“<math>\square</math>”、弧长“<math>\frown</math>”、厚度“<math>t</math>”、<math>45^\circ</math>倒角“<math>C</math>”、均布“<math>EQS</math>”、理论正确尺寸“<math>\square</math>”、参考尺寸“( )”等</p> <p>说明:整圆或大于半圆的圆弧一般标注直径尺寸;小于或等于半圆的圆弧一般标注半径尺寸,半径尺寸只能标注在圆弧图形上</p>

### 三、尺寸标注时应注意的问题

标注尺寸是一项耐心细致的工作。尺寸在图样中要正确、清晰、完整。因此,除了按上述尺寸注法标注尺寸之外,还应注意以下问题:

#### 1. 数字

在同一张图上基本尺寸的字高要一致,一般采用 3.5 号字,不能根据数值的大小而改变字

符的大小。字符间隔要均匀,字符格式应严格按国标的规定书写。

## 2. 箭头

同一张图上尺寸线箭头的大小应一致。机械图样中尺寸线箭头应是闭合的实心箭头。

## 3. 尺寸线

相互平行的尺寸线间距应相等,尽量避免尺寸线相交。如图 1-35 所示。

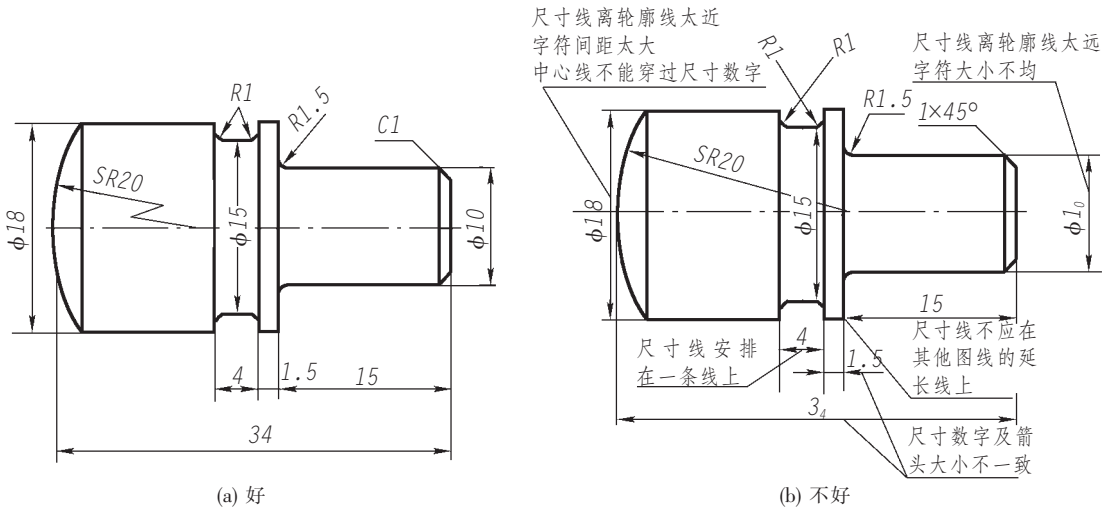


图 1-35 尺寸标注时应注意的问题

## 四、平面图形的尺寸分析和线段分析

图 1-36 所示平面图形由许多线段(直线或圆弧)连接而成,而图中所注尺寸不仅确定了各线段的形状及相对位置,同时还影响作图的先后顺序。因此,在作图前必须对图形中的尺寸和线段进行分析,从而定出正确的作图步骤。

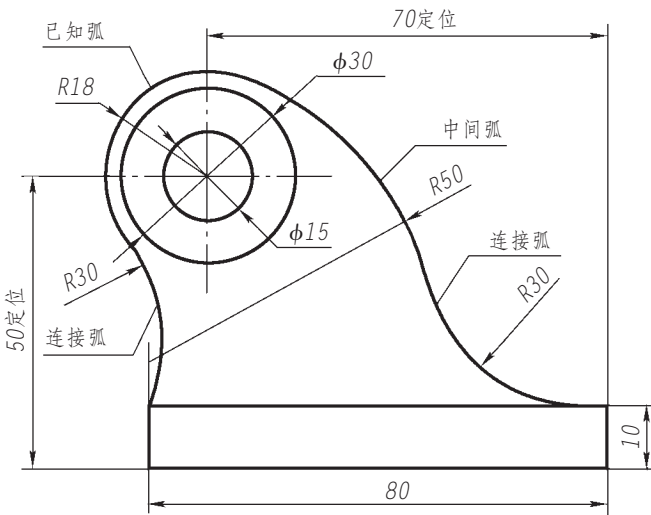


图 1-36 平面图形的尺寸分析和线段分析

### 1. 尺寸分析

平面图形上的尺寸按其在图形中所起的作用,分为定形尺寸和定位尺寸两大类。

(1) 定形尺寸。定形尺寸是指平面图形中确定几何元素形状大小的尺寸。如图 1-36 中的  $\phi 15$ 、 $\phi 30$ 、 $R18$ 、 $R30$ 、 $R50$ 、 $80$  和  $10$ 。一般情况下确定几何图形所需定形尺寸的个数是一定的,如直线的定形尺寸是长度,圆和圆弧的定形尺寸是直径和半径,正多边形的定形尺寸是边长,矩形的定形尺寸是长和宽等。

(2) 定位尺寸。定位尺寸是指平面图形中确定几何元素相对位置的尺寸。如图 1-36 中的  $70$ 、 $50$  和  $80$ 。确定平面图形位置需要两个方向的定位尺寸,即长度和

宽度,也可以以极坐标的形式定位,即半径加角度。注意:有时一个尺寸可以兼有定形和定位两种作用。如图 1-36 中的 80,既是矩形的长,也是  $R50$  圆弧的横向定位尺寸。

(3) 尺寸基准。标注定位尺寸时,还要考虑尺寸基准。

标注定位尺寸起始位置的点或线叫做尺寸基准。一个平面图形应有水平和垂直两个方向的尺寸基准,通常选用作基准的可以是圆或圆弧的中心线、对称中心线以及图形的底线及边线等。

## 2. 线段分析

平面图形中的线段按所给定形、定位尺寸的多少,可分为已知线段、中间线段和连接线段三种。而平面图形是由若干条线段构成,准确作图时必须依据图样中所注尺寸。每一个线段都应在知道其定形、定位尺寸后才能着手作图。但是在一幅图中并不是每一条线段都注有定形及定位尺寸,有些线段的定形或定位尺寸是通过与相邻线段之间的几何约束来确定的。如果一个线段具有某些几何约束,该线段通过几何作图的方法仍能准确地作出。

作图时的关键问题是如何确定作图的顺序。确定作图顺序的关键是对平面图形进行线段分析,分析图形的构成、各线段间的几何关系以及每个线段的定形、定位尺寸是否齐全。

(1) 已知线段。定形、定位尺寸齐全的线段,称为已知线段。作图时该类线段可以直接根据尺寸作图。如图 1-37(b)中的 $\phi 15$ 、 $\phi 30$ 的圆, $R18$ 的圆弧,80和10的直线均属已知线段。

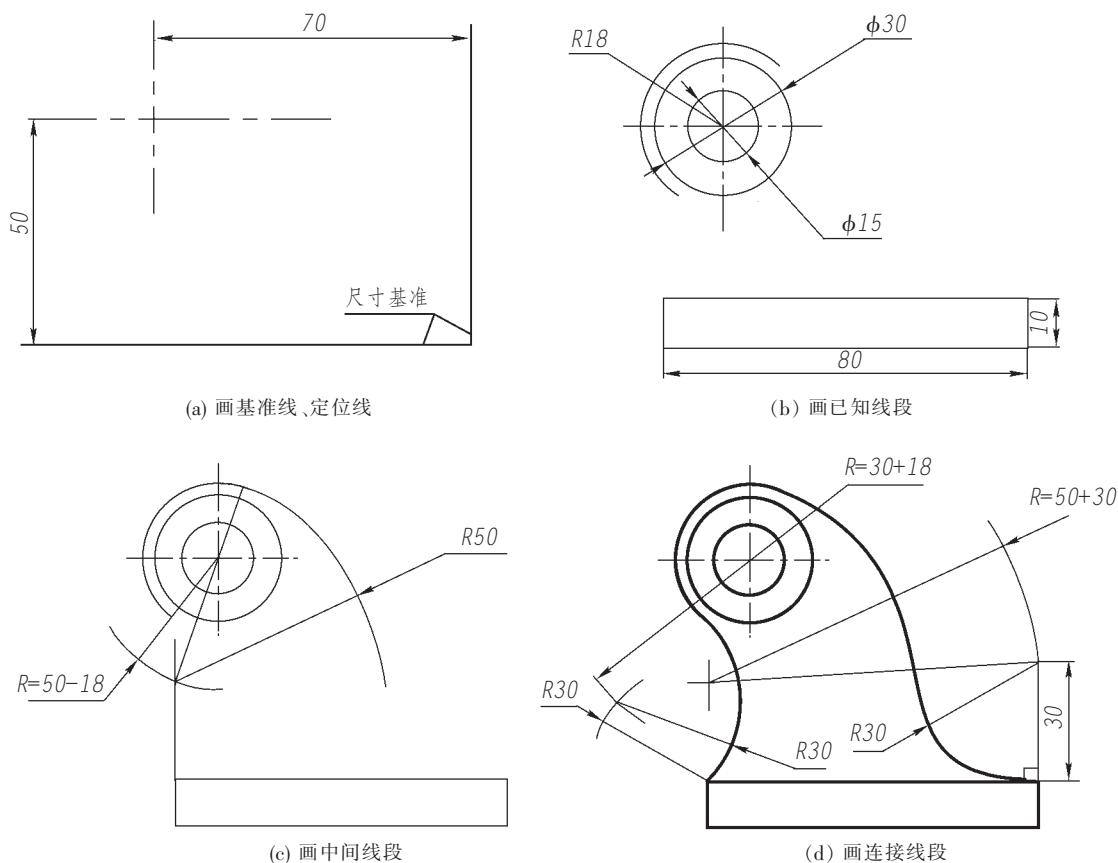


图 1-37 平面图形的作图步骤

(2) 中间线段。只有定形尺寸和一个定位尺寸的线段,称为中间线段。作图时必须根据该线段与相邻已知线段的几何关系,通过几何作图的方法确定另一定位尺寸后才能作出。如图 1-37(c)中  $R50$  的圆弧。

(3)连接线段。只有定形尺寸没有定位尺寸的线段,称为连接线段。其定位尺寸需根据与该线段相邻的两线段的几何关系,通过几何作图的方法求出。如图 1-37(d)中的两个  $R30$  的圆弧。

注意:在两条已知线段之间,可以有多条中间线段,但必须而且只能有一条连接线段。

### 3. 平面图形的绘图步骤

根据上面的分析,平面图形的作图步骤可归纳如下:

- (1) 画基准线、定位线。
- (2) 画已知线段。
- (3) 画中间线段。
- (4) 画连接线段,整理全图,仔细检查无误后加深图线,标注尺寸。如图 1-37 所示。

### 4. 平面图形的尺寸标注

(1)标注尺寸的基本要求。平面图形尺寸标注的基本要求是:正确、完整、清晰。

#### (2) 平面图形尺寸注法

① 选定尺寸基准。对于平面图形,在平面上要确定一点必须要有两个尺寸,即长度方向和高度方向两个尺寸。也就是说,平面图形具有长度和高度两个方向的尺寸基准。通常选用平面图形的对称线、端线、主要孔的中心线或某个点等几何元素作为尺寸基准。如图 1-38(b)所示。

② 完整地标注尺寸。要使标注的尺寸完整,应按正确的标注顺序进行。先标注定位尺寸,待标注完整后,再标注定形尺寸。如图 1-38(c)、(d)所示。

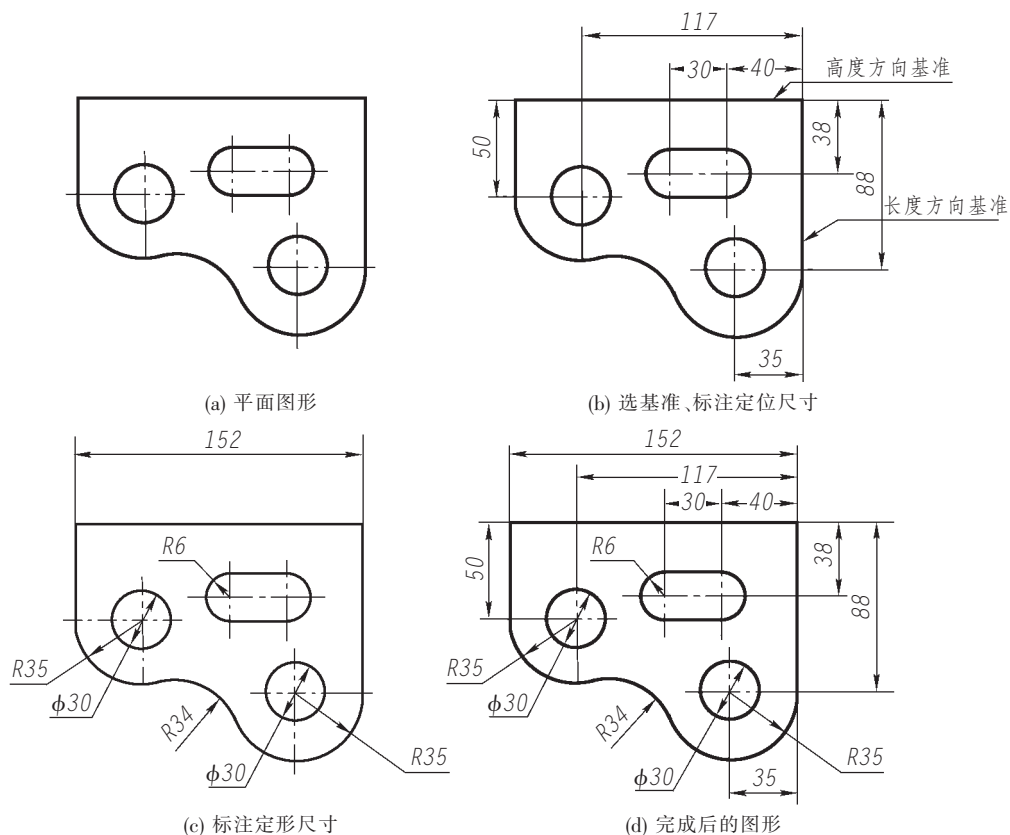


图 1-38 平面图形的尺寸标注

## 第二章 投影作图

根据国家标准的规定,机械图样按正投影绘制。本章主要介绍物体三视图的形成及投影规律。

### 第一节 投影法及三视图的形成

#### 一、投影的概念

物体在阳光或灯光照射下,就会在地面或墙面上产生物体的影子。这个影子在某些方面反映出物体的形状特征,这就是日常生活中常见的投影现象。

人们根据这种现象,总结其几何规律,提出了形成物体图形的方法——投影法。投影法就是投射射线通过物体,向选定的面投射,并在该面上得到图形的方法。如图 2-1 所示。

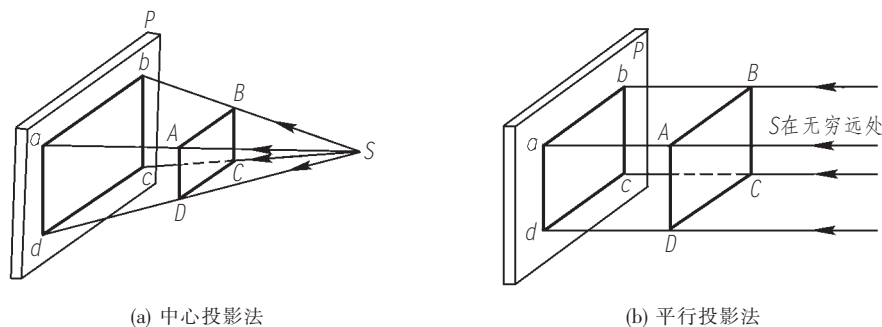


图 2-1 投影法

所有投射线的起源点  $S$  称为投射中心;发自投射中心且通过被表示物体上各点的直线称为投射射线;投影法中,得到投影的面  $P$  称为投影面;根据投影法在  $P$  面上所得到的图形称为投影。

#### 二、投影法的分类

投影法分类是根据投影线的类型(平行或汇交)、投影面与投影线的相对位置(垂直或倾斜)及物体的主要轮廓与投影面的相对关系(平行、垂直或倾斜)设定的。

投影法分为中心投影法和平行投影法两大类。

##### 1. 中心投影法

投射射线汇交一点的投影法(投射中心位于有限远处)称为中心投影法;按中心投影法得到的投影,称为中心投影。如图 2-1(a)所示。由图可知,投影的四边形  $abcd$  比空间的四边形

$ABCD$  轮廓要大,所以,中心投影法所得投影不能反映物体原来的真实大小,因此,它不适用于绘制机械图样。但是,根据中心投影法绘制的图形立体感较强,建筑物的外观图、美术画、照相等多为中心投影。

## 2. 平行投影法

投射相互平行的投影法(投射中心位于无限远处)称为平行投影法;按平行投影法得到的投影称为平行投影。如图 2-1(b)所示。

从图 2-1(b)可知,当四边形平行于投影面时,无论空间四边形  $ABCD$  离投影面  $P$  多远,它的投影四边形  $abcd$  与空间四边形  $ABCD$  是相同的。在平行投影法中,根据投射线与投影面的角度不同,又可分为斜投影法和正投影法。

(1) 斜投影法。投射线与投影面相倾斜的平行投影法称为斜投影法;根据斜投影法所得到的图形称为斜投影。如图 2-2 中的  $a_1b_1c_1d_1$ 。

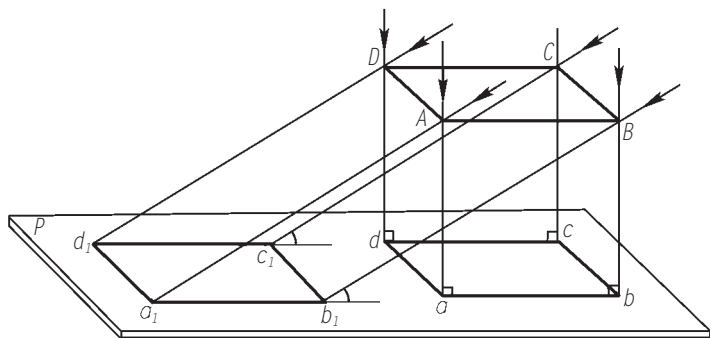


图 2-2 正投影和斜投影

(2) 正投影法。投射线与投影面相垂直的平行投影法称为正投影法;根据正投影法所得到的图形称为正投影。如图 2-2 中的  $abcd$ 。由于正投影得到的投影图能如实表达空间物体的形状和大小,作图比较方便,因此,在机械制图中得到广泛应用。在实际绘图时,可用平行的视线当做投射线,把图纸看做投影面,画在纸上的图形就是物体的投影——视图,即用正投影法所绘制出的物体图形。

## 三、正投影的基本特性

如图 2-3(a)所示,物体上的直线段或平面形(简称直线或平面)与投影面有平行、垂直和倾斜三种位置,它们的投影分别具有如下特性:

### 1. 真实性

当物体上的平面与投影面平行时,其投影反映平面的实形;当物体上的直线与投影面平行时,其投影反映直线的实长。这种投影特性称为真实性。如图 2-3(b)中所示的平面  $P$  和直线  $AB$ 。

### 2. 积聚性

当物体上的平面与投影面垂直时,其投影积聚成一直线,平面上任意一个点、一条线或一个图形的投影都积聚在该直线上;当物体上的直线与投影面垂直时,其投影积聚成一点,直线上任意一个点的投影均积聚在该点上,这种投影特性称为积聚性。如图 2-3(c)中的平面  $Q$  和直线  $BC$ 。

### 3. 类似性

当物体上的平面与投影面倾斜时,其投影为与原平面形状类似的平面图形,但小于原平面的实形;当物体上的直线与投影面倾斜时,其投影仍为直线,但小于原直线的实长。这种投影特性称为类似性。如图 2-3(d)中的平面  $R$  和直线  $AD$ 。

真实性、积聚性和类似性是正投影的三个重要特性,在绘图和读图中经常用到,必须牢固掌握。

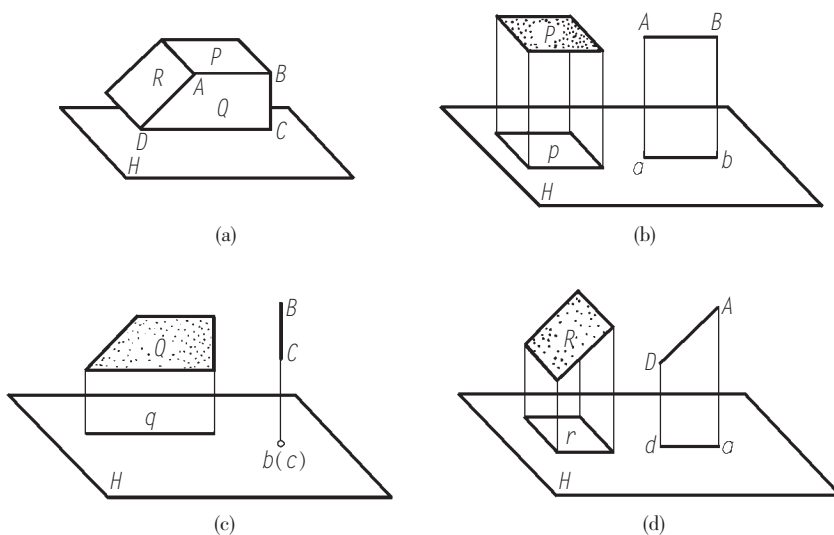


图 2-3 正投影的基本特性

## 四、三视图的形成与投影规律

两个形状不同的物体,因为它们的某些尺寸相等,所以它们在投影面  $P$  上的投影完全相同。因此,在正投影中只用一个视图是不能确定物体的形状和大小的。如图 2-4 所示。

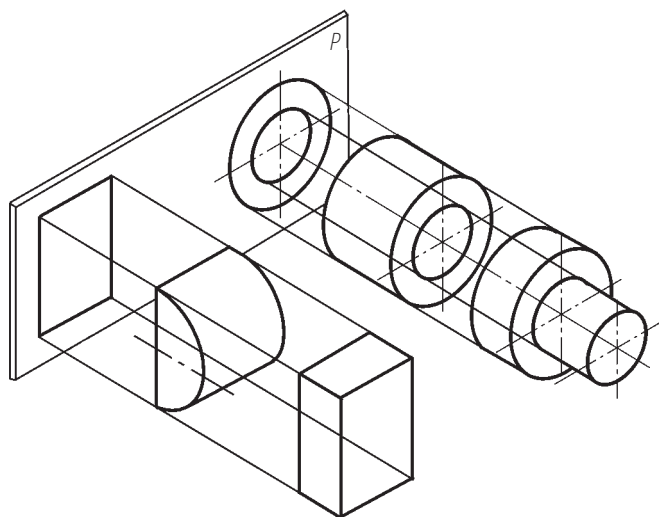


图 2-4 单面投影不能准确表达物体的形状

为了确切表示物体的总体形状,必须再从其他方向进行投影。即采用多面正投影(多面正投影图)——物体在互相垂直的两个或多个投影面上所得到的正投影。将这些投影面旋转展开到同一平面上,使该物体的各视图(正投影图)有规则地配置,并相互之间形成对应关系。这样几个视图结合起来才能将物体表达清楚,常用的是三视图。

### 1. 三视图的形成

一般物体都有长、宽、高三个互相垂直的方向,为了表达物体的形状,因此设立互相垂直的三个投影面,构成一个三投影面体系。如图 2-5 所示。三个投影面分别称为:

正立位置的投影面称为正立投影面,用  $V$  表示(简称正面);

水平位置的投影面称为水平投影面,用  $H$  表示(简称水平面);

侧立位置的投影面称为侧立投影面,用  $W$  表示(简称侧面)。

两投影面的交线称为投影轴。正投影面( $V$ )与水平投影面( $H$ )的交线称为  $X$  轴,水平投影面( $H$ )与侧投影面( $W$ )的交线称为  $Y$  轴,正投影面( $V$ )与侧投影面( $W$ )的交线称为  $Z$  轴。 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三轴的交点称为原点,用  $O$  表示。

如图 2-6 所示,为了获得三视图,把物体置于所建立的三个投影面体系中,并使物体的主要表面处于平行或垂直于投影面的位置上,用正投影的方法,分别向  $V$ 、 $H$ 、 $W$  面投射,即可得到物体的三个视图,分别为:

由前向后投射,在正投影面所得图形为主视图;

由上向下投射,在水平投影面所得图形为俯视图;

由左向右投射,在侧投影面所得图形为左视图。

此三投影称为物体的三视图。国标规定,视图中物体的可见轮廓画成粗实线,不可见轮廓画成虚线。

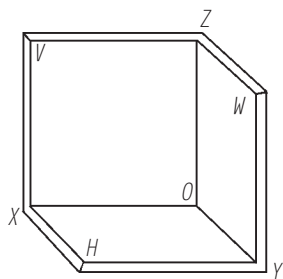


图 2-5 三投影面体系

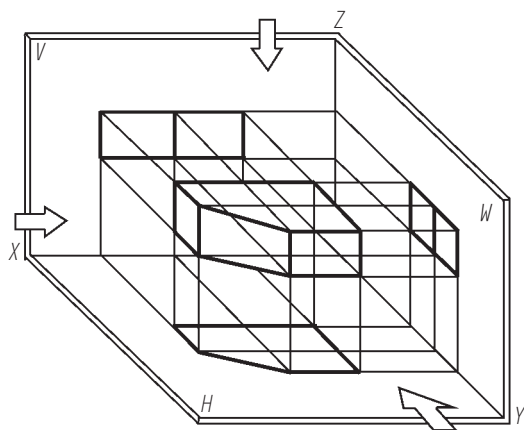


图 2-6 三视图的投射方向

为了把三视图画在一张图纸上,必须把互相垂直的三个投影面展开摊平成一个平面。投影面展开摊平的方法如图 2-7 所示,展开时正投影面  $V$  的位置保持不动,水平投影面  $H$ 、侧投影面  $W$  分别绕  $OX$  轴和  $OY$  轴旋转  $90^\circ$ ,使它们与正投影面  $V$  处在同一平面上,其中  $Y$  轴随  $H$  面旋转后以  $Y_H$  表示,随  $W$  面旋转后以  $Y_W$  表示。这样,就得到了在同一平面上的三视图。如图 2-7(c)所示。

在投影图上通常不画出投影面的边界,只画出投影轴。如图 2-7(b)所示。为了简化作



图,当画物体的三视图时,投影轴也可省略。如图 2-7(c)所示。由于三视图是某一物体在同一位置上向三个投影面投射得到的,在画图时,它们的位置有如下关系:以主视图的位置为准,俯视图画在主视图的下方,左视图画在主视图的右方。国家标准《机械制图》规定按图 2-7(c)所示位置配置视图时,一律不注视图的名称。

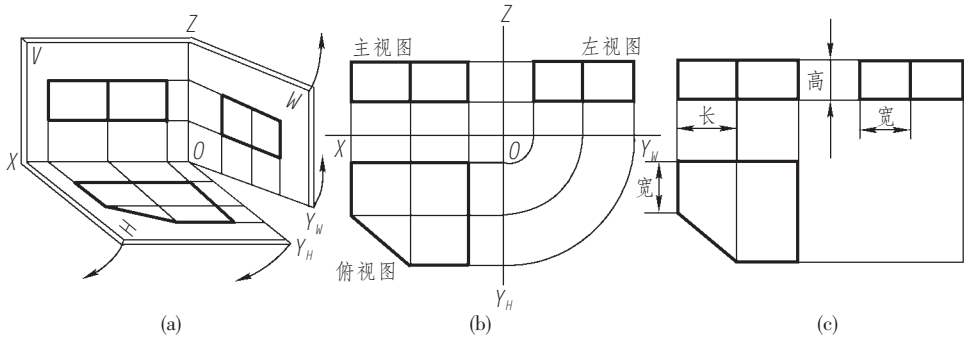


图 2-7 投影面的展开和三视图的形成

## 2. 三视图的投影规律

物体有长、宽、高三个方向的尺寸。若把物体左右方向的尺寸定为长,前后方向的尺寸定为宽,上下方向的尺寸定为高。那么图 2-7(c)所示物体的三个视图不是互相孤立的,而是在尺寸上彼此关联的。主视图反映了物体的高度和长度;俯视图反映了物体的长度和宽度;左视图反映了物体的高度和宽度。也就是说:物体的长度由主视图和俯视图同时反映出来,高度由主视图和左视图同时反映出来,宽度由俯视图和左视图同时反映出来。由此得出物体三视图之间存在以下的投影规律:

- 主视图与俯视图长对正;
- 主视图与左视图高平齐;
- 俯视图与左视图宽相等。

简称“长对正、高平齐、宽相等”。不仅整个物体的三视图符合上述投影规律,而且物体上每个局部的三个投影也符合上述投影规律。

绘图或读图时,也必须以这些规律为依据,找出三个视图中相对应的部分,从而想象出物体的结构形状。特别要注意物体的前后位置在俯、左视图中的反映。俯视图和左视图中,靠近主视图的一面是物体的后面,远离主视图的一面则是物体的前面。

## 五、三视图的作图方法和步骤

画物体的三视图时,应遵循正投影法的基本原理及三视图间的投影规律。现以图 2-8(e)所示的物体为例,说明作图的方法和步骤。

### 1. 分析物体的形状

物体可看成是由一长方体左边切去一楔形体(三棱柱),前上方切去一基本体(四棱柱)而形成的。如图 2-8(e)所示。

### 2. 选择主视图

国标规定,主视图应尽量反映物体的主要形状特征。为此,选择图示箭头方向作为主视方向,能反映两次截切的情况,并使物体上有尽可能多的表面平行或垂直于投影面。主视图确定后,俯视图和左视图也就随之确定了。

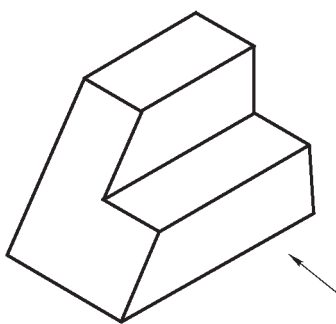
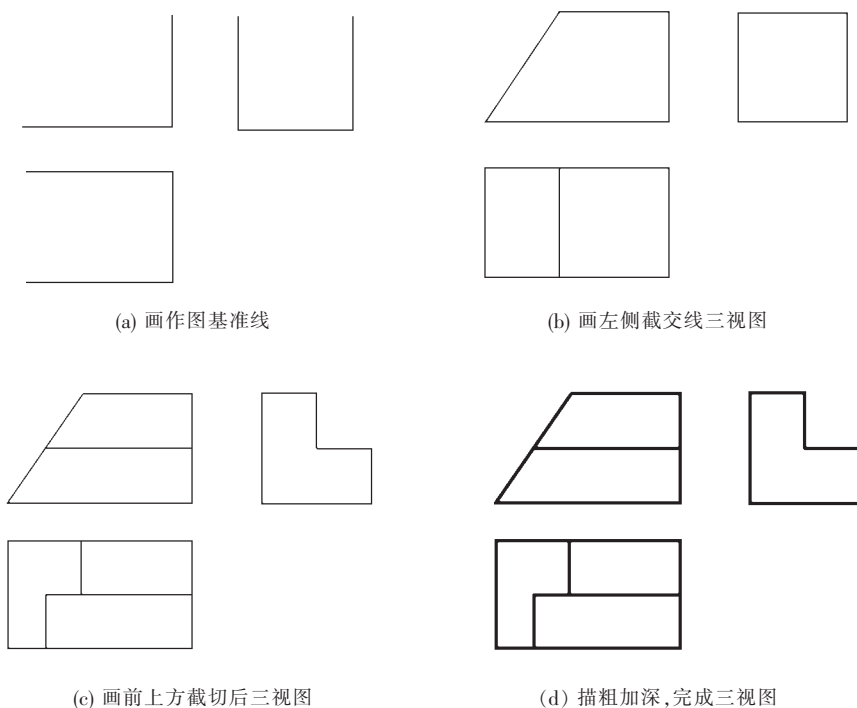
### 3. 作图

(1) 画作图基准线(如中心线、对称线及某些边线)。如图 2-8(a)所示。

(2) 画物体的三视图时,首先从主视图开始,按视图间的三等关系,将三个视图结合起来绘制。画各组成部分表面的投影时,应首先画出投影具有真实性或积聚性的表面。如图 2-8(b)所示。画左端切角后的三面投影,由于切去的楔形体三个侧面的正面投影都有积聚性,反映了楔形体的形状特征。因此,可首先画出楔形体的正面投影(此处主视图为一条斜线),再按视图的三等关系画出其余两个投影。

(3) 画前上方切去一基本体后的三面投影。由于截切后所形成的两平面垂直于侧面,所以,应先画其侧面投影,再按视图的三等关系画出其余两个投影。如图 2-8(c)所示。

(4) 检查底稿,擦去多余图线,按规定线型描深加粗,完成三视图。如图 2-8(d)所示。



(e) 分析视图,选择主视图

图 2-8 三视图的作图步骤

## 第二节 点的投影

任何物体都是由点、线、面等基本几何元素所构成的。只有熟练掌握点、线、面的投影规律和特征,才能彻底弄清机械图样所表示物体的结构形状。

### 一、点的三面投影

点的投影仍是点。如图 2-9(a)所示,投影体系中有一点  $A$ ,将其分别向  $V$ 、 $H$ 、 $W$  面投射,就是由  $A$  向三个投影面作垂线所得的三个垂足,即是点的三面投影。

$A$  点在  $V$  面上的投影称为正面投影,记为  $a'$ ;

$A$  点在  $H$  面上的投影称为水平投影,记为  $a$ ;

$A$  点在  $W$  面上的投影称为侧面投影,记为  $a''$ 。

将三投影面体系展开后,即得到点  $A$  的三面投影图。如图 2-9(b)所示。投影图中不必画出投影面的边界。如图 2-9(c)所示。

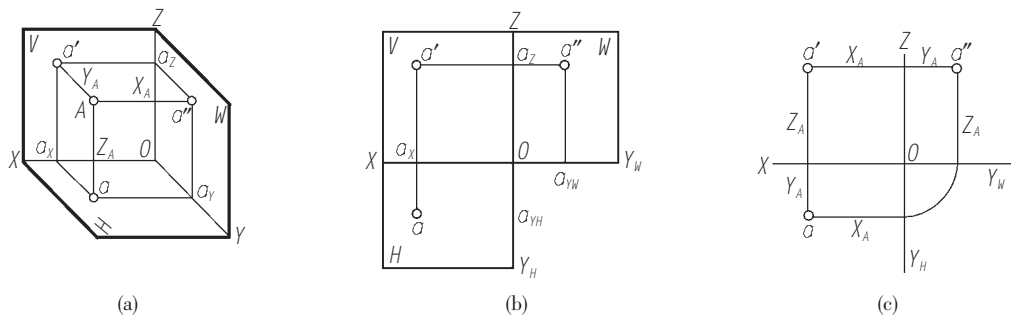


图 2-9 点的投影

### 二、点的三面投影与直角坐标的关系

如果将三投影面体系看做直角坐标体系,以投影面  $V$ 、 $H$ 、 $W$  面为坐标面,投影轴  $OX$ 、 $OY$ 、 $OZ$  为坐标轴  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ ,原点  $O$  为坐标原点  $O$ 。原点把每一个轴分成两部分,并规定: $OX$  轴从  $O$  向左为正,向右为负; $OY$  轴向前为正,向后为负; $OZ$  轴向上为正,向下为负。因此,如图 2-9(a)中所示空间内的点,其坐标值都是正值。

如图 2-9 所示, $A$  点的三面投影与其坐标间的关系如下:

(1) 空间点的任一投影,均反映了该点的某两个坐标值。即  $a(x_A, y_A)$ ,  $a'(x_A, z_A)$ ,  $a''(y_A, z_A)$ 。

(2) 空间点的每一个坐标值,反映了该点到某投影面的距离。即:

$A$  到  $W$  面的距离  $A a'' = a a_{yH} = a' a_z = A$  点的  $x_A$ ;

$A$  到  $V$  面的距离  $A a' = a a_x = a'' a_z = A$  点的  $y_A$ ;

$A$  到  $H$  面的距离  $A a = a' a_x = a'' a_{yW} = A$  点的  $z_A$ 。

由上述关系可知,点  $A$  的任意两个投影都反映了点的三个坐标值。因此,若已知了点  $A$  的坐标  $(x_A, y_A, z_A)$ ,便可作出该点的投影图  $(a, a', a'')$ ;反之,有了点的投影图,也就唯一确定了该点的三个坐标值。

【例 2-1】 已知点的两面投影,求作第三面投影(见图 2-10)。

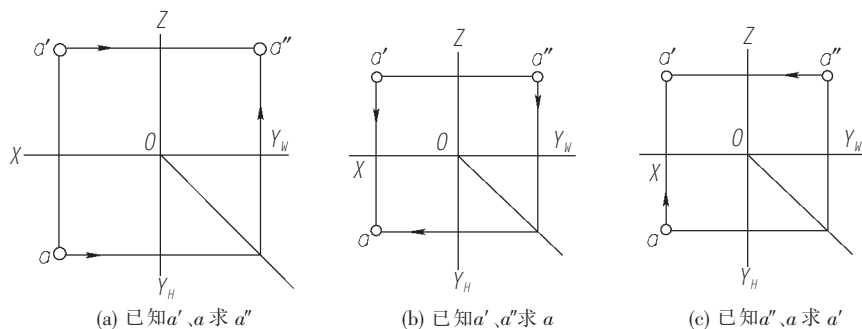


图 2-10 已知点的两面投影,求第三面投影

分析:因为空间点在每一投影面上的投影都反映了两个坐标值,所以已知点的两面投影,即等于知道了点的三个坐标值,故可根据点的任意两个投影求出第三面投影。

画法:如图 2-10 所示,过已知两面投影图按箭头指示方向,分别作出相应的投影线,两垂线的交点即为所求。

【例 2-2】 已知点  $A(9, 8, 11)$ 。求作  $A$  点的三面投影(见图 2-11)。

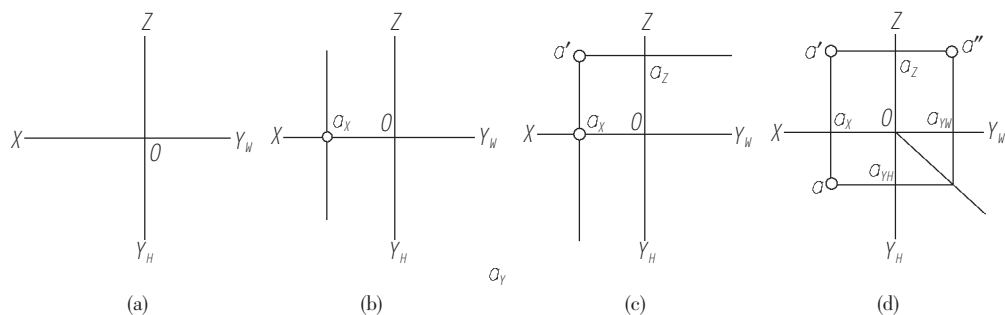


图 2-11 点的三面投影的画法

画法:

(1) 作出互相垂直且相交的两条直线,并标出  $O, X, Y_H, Y_W, Z$ 。如图 2-11(a)所示。

(2) 在  $OX$  轴上,自  $O$  向左量 9 mm,得一点  $a_x$ ,过  $a_x$  作直线  $\perp OX$  轴。如图 2-11(b)所示。

(3) 在  $OZ$  轴上,自  $O$  向上量 11 mm,得一点  $a_z$ ,过  $a_z$  作直线  $\perp OZ$  轴,与前述垂线交于一点  $a'$ 。如图 2-11(c)所示。

(4) 在  $OY_H$  轴上,自  $O$  向下量 8 mm,得一点  $a_{yH}$ ,过  $a_{yH}$  作直线  $\perp OY_H$  轴,与(2)中所述垂线交于一点  $a$ ,并与从  $O$  点所引  $45^\circ$ 斜线交于一点;过此点作直线  $\perp OY_W$  轴,与  $OY_W$  轴交于点  $a_{yW}$ ,过  $a_{yW}$  作垂线与(3)中所述垂线交于  $a''$ 。如图 2-11(d)所示。

这样,就画出了空间点  $A$  在三个投影面上的投影。图 2-11(d)即为点的三面投影图。

### 三、点的三面投影规律

按照点与三投影面关系,由立体投影面展开成平面,可得出点的三面投影规律:

(1) 点的正面投影和水平投影的连线垂直于  $X$  轴,即  $aa' \perp OX$ 。这两个投影都反映空间点的  $x$  坐标,表示空间点到侧投影面的距离。

(2) 点的正面投影和侧面投影的连线垂直于  $Z$  轴, 即  $a'a'' \perp OZ$ 。这两个投影都反映空间点的  $z$  坐标, 表示空间点到水平投影面的距离。

(3) 点的水平投影到  $X$  轴的距离等于侧面投影到  $Z$  轴的距离。这两个投影都反映空间点的  $y$  坐标, 表示空间点到正投影面的距离。

因此, 点的投影规律与三视图之间的三等关系“长对正、高平齐、宽相等”是一致的。

根据点的投影规律, 可由点的三个坐标值  $x$ 、 $y$ 、 $z$ , 画出其三面投影图, 也可根据点的两面投影图作出第三投影图。这一规律是画图与读图的重要依据。

综上所述, 点的三面投影规律为:

- (1) 点的正面投影与水平投影的连线垂直于  $OX$  轴。
- (2) 点的正面投影与侧面投影的连线垂直于  $OZ$  轴。
- (3) 点的水平投影与侧面投影具有相同的  $y$  坐标。

#### 四、两点间的相对位置

两点间的相对位置是指空间两点之间上下、左右、前后的位置关系。

根据两点的坐标, 可判断空间两点间的相对位置。两点中,  $x$  坐标值大的在左;  $y$  坐标值大的在前;  $z$  坐标值大的在上。图 2-12(a) 中,  $x_A < x_B$ , 则点  $A$  在点  $B$  之右;  $y_A < y_B$ , 则点  $A$  在点  $B$  之后;  $z_A > z_B$ , 则点  $A$  在点  $B$  之上。即点  $A$  在点  $B$  之右、后、上方。如图 2-12(b) 所示。

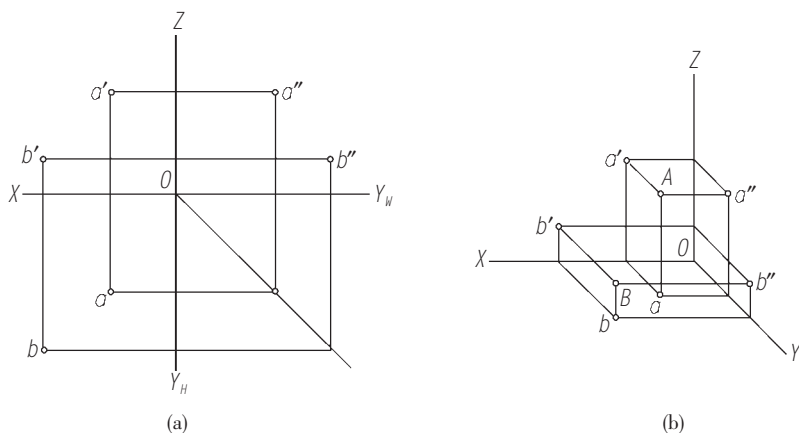


图 2-12 两点的相对位置

#### 五、重影点及其可见性

属于同一条投射线上的点, 在该投射线所垂直的投影面上的投影重合为一点。空间的这些点, 称为该投影面的重影点。图 2-13(b) 中, 空间两点  $A$ 、 $B$  属于对  $H$  面的一条投射线, 则点  $A$ 、 $B$  称为  $H$  面的重影点, 其水平投影重合为一点  $a(b)$ 。

当空间两点在某投影面上的投影重合时, 其中必有一点的投影遮挡着另一点的投影, 这就出现了重影点的可见性问题。图 2-13(b) 中, 点  $A$ 、 $B$  为  $H$  面的重影点, 由于  $z_A > z_B$ , 点  $A$  在点  $B$  的上方, 故  $A$  可见,  $B$  不可见(点的不可见投影加括号表示)。

显然, 重影点是那些两个坐标值相等, 第三个坐标值不等的空间点。因此, 判断重影点的可见性, 是根据它们不等的那个坐标值来确定的, 即坐标值大的可见, 坐标值小的不可见。

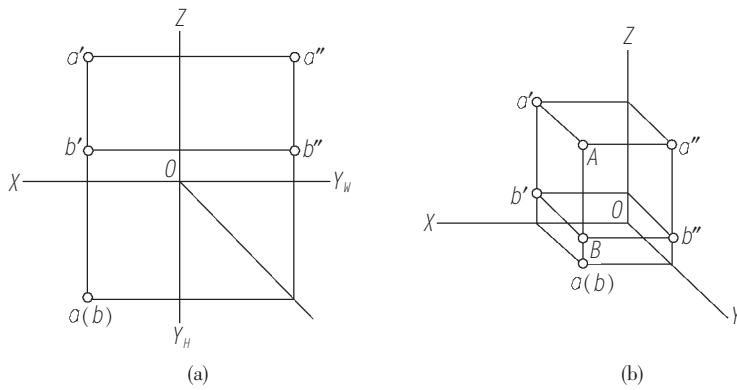


图 2-13 重影点与可见性

### 第三节 直线段的投影

空间直线段的投影一般仍为直线。如图 2-14 所示。将直线  $AB$  向  $H$  面投影, 因为线段上的任意两点可以确定线段在空间的位置, 所以线段上两端点  $A, B$  的同面投影  $a, b$  的连线, 就是线段在该面上的投影。

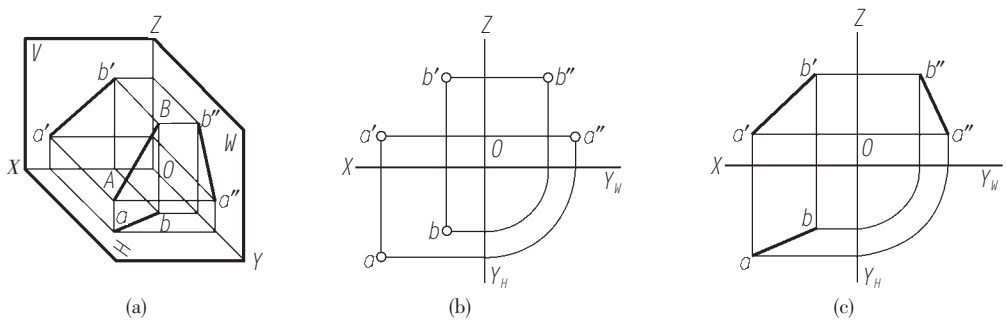


图 2-14 直线的投影

#### 一、直线段对于一个投影面的投影

空间直线段相对于一个投影面的位置有平行、垂直、倾斜三种。如图 2-15 所示。三种位置有不同的投影特性。

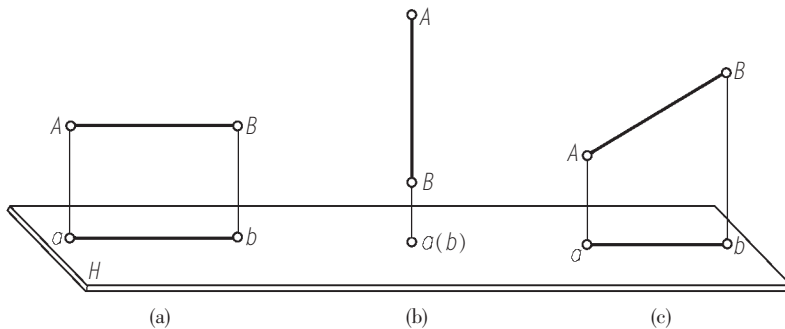


图 2-15 直线段的投影特性

**真实性:**当直线段  $AB$  平行于投影面时,如图 2-15(a),它在该投影面上的投影  $ab$  长度与空间  $AB$  线段相等,这种性质称为真实性。

**积聚性:**当直线段  $AB$  垂直于投影面时,如图 2-15(b),它在该投影面上的投影  $ab$  长度重合为一点,这种性质称为积聚性。

**类似性:**当直线段  $AB$  倾斜于投影面时,如图 2-15(c),它在该投影面上的投影  $ab$  长度比空间  $AB$  线段缩短了,这种性质称为类似性(收缩性)。

## 二、各种位置直线的投影特性

空间直线按其三个投影面的相对位置,可分为投影面平行线、投影面垂直线、投影面倾斜线三种。前两种直线称为特殊位置直线,后一种直线称为一般位置直线。

下面分别介绍各种位置直线的投影特性。

### 1. 投影面平行线

平行于一个投影面而与另外两个投影面倾斜的直线,称为投影面平行线。投影面平行线又分为三种(投影特性见表 2-1)。

表 2-1 投影面平行线的投影特性

名称	水平线( $\parallel H$ )	正平线( $\parallel V$ )	侧平线( $\parallel W$ )
实例			
轴测图			
投影图			
投影特性	(1) 水平投影 $ab$ 反映实长 (2) 正面投影 $a'b' \parallel OX$ , 侧面投影 $a''b'' \parallel OY_W$ , 且都小于实长 (3) $ab$ 与 $OX$ 和 $OY_H$ 的夹角 $\beta, \gamma$ 等于 $AB$ 对 $V, W$ 面的倾角	(1) 正面投影 $a'b'$ 反映实长 (2) 水平投影 $ab \parallel OX$ , 侧面投影 $a''b'' \parallel OZ$ , 且都小于实长 (3) $a'b'$ 与 $OX$ 和 $OZ$ 的夹角 $\alpha, \gamma$ 等于 $AB$ 对 $H, W$ 面的倾角	(1) 侧面投影 $a''b''$ 反映实长 (2) 水平投影 $ab \parallel OY_H$ , 正面投影 $a'b' \parallel OZ$ , 且都小于实长 (3) $a''b''$ 与 $OZ$ 和 $OY_H$ 的夹角 $\beta, \alpha$ 等于 $AB$ 对 $V, H$ 面的倾角
小结	(1) 在所平行的投影面上的投影反映实长 (2) 其他投影平行于相应的投影轴 (3) 反映实长的投影与投影轴所夹的角度, 等于空间直线对相应投影面的倾角		

(1) 平行于  $V$  面, 倾斜于  $H$  面和  $W$  面的线, 称为 正平线。

(2) 平行于  $H$  面, 倾斜于  $V$  面和  $W$  面的线, 称为 水平线。

(3) 平行于  $W$  面, 倾斜于  $H$  面和  $V$  面的线, 称为 侧平线。

投影面平行线的投影特性: 在直线所平行的投影面上, 其投影反映实长并倾斜于投影轴; 其余两个投影分别平行于相应的投影轴, 且小于实长。

对于投影面平行线的辨认: 当直线的投影有两个平行于投影轴, 第三投影与投影轴倾斜时, 则该直线一定是投影面平行线, 且一定平行于其投影为倾斜线的那个投影面。

## 2. 投影面垂直线

垂直于一个投影面(即与另外两个投影面都平行)的直线, 称为投影面垂直线。投影面的垂直线可分为以下三种(投影特性见表 2-2)。

表 2-2 投影面垂直线的投影特性

名称	铅垂线( $\perp H$ )	正垂线( $\perp V$ )	侧垂线( $\perp W$ )
实例			
轴测图			
投影图			
投影特性	<p>(1) 水平投影 <math>a(b)</math> 积聚成一点</p> <p>(2) 正面投影 <math>a'b'</math>, 侧面投影 <math>a''b''</math> 都反映实长, 且 <math>a'b' \perp OX</math>, <math>a''b'' \perp OY_W</math></p>	<p>(1) 正面投影 <math>a'(b')</math> 积聚成一点</p> <p>(2) 水平投影 <math>ab</math>, 侧面投影 <math>a''b''</math> 都反映实长, 且 <math>ab \perp OX</math>, <math>a''b'' \perp OZ</math></p>	<p>(1) 侧面投影 <math>a''(b'')</math> 积聚成一点</p> <p>(2) 水平投影 <math>ab</math>、正面投影 <math>a'b'</math> 都反映实长, 且 <math>ab \perp OY_H</math>, <math>a'b' \perp OZ</math></p>
小结:	<p>(1) 在所垂直的投影面上的投影有积聚性</p> <p>(2) 其他投影反映线段实长, 且垂直于相应的投影轴</p>		

(1) 垂直于  $V$  面, 平行于  $H$  面和  $W$  面的线, 称为正垂线。

(2) 垂直于  $H$  面, 平行于  $V$  面和  $W$  面的线, 称为铅垂线。

(3) 垂直于  $W$  面, 平行于  $H$  面和  $V$  面的线, 称为侧垂线。

投影面垂直线的投影特性: 在直线所垂直的投影面上, 其投影积聚成一点; 另外两个投影



分别垂直于相应的投影轴,且反映实长。

对于投影面垂直线的辨认:直线的投影只要有投影积聚成一点,则该直线一定是投影面垂直线,并且一定垂直于其投影积聚为一点的那个投影面。

### 3. 一般位置直线

对三个投影面都倾斜的直线,称为一般位置直线。如图 2-16(a)所示。

一般位置直线的投影特性为:

(1) 因为一般位置直线上两端点到任一投影面距离都不等,所以它的三面投影都与投影轴倾斜。如图 2-16(b)所示。

(2) 因为与三个投影面都倾斜,所以它的三个投影都小于线段的实长。

对于一般位置直线的辨认:直线的投影如果与三个投影轴都倾斜,则可判定该直线为一般位置直线。

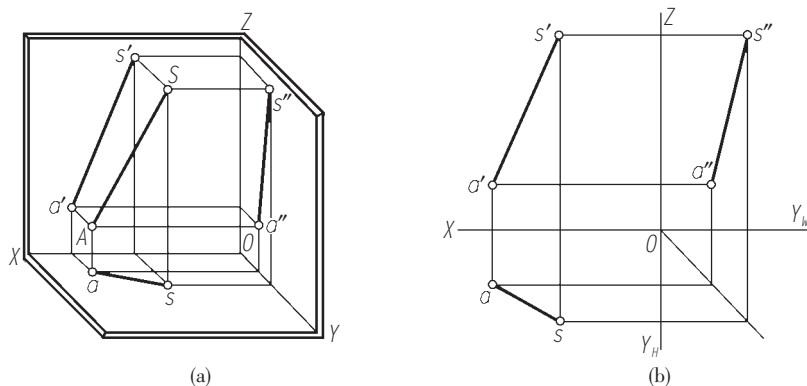


图 2-16 一般位置直线的投影特性

**【例 2-3】** 试过 C 点作一长度为 12 mm 的正垂线 CD, D 点在 C 点的正前方。如图 2-17(a)所示。

画法:如图 2-17(b)所示。

(1) 由于正垂线的正面投影积聚成一点,可先作出 CD 的正面投影  $(c')d'$ 。

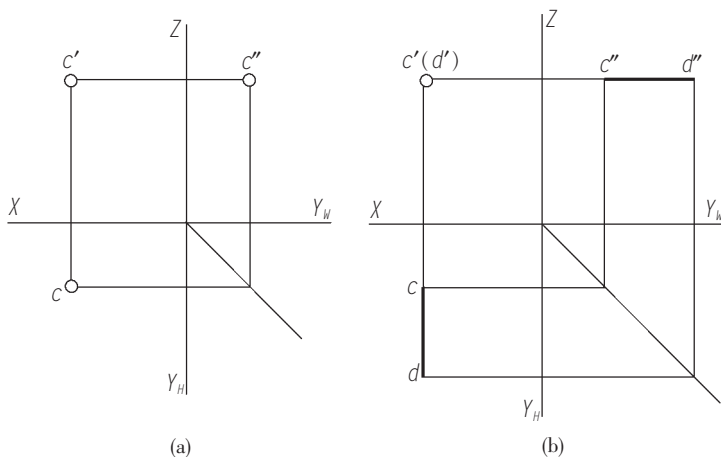


图 2-17 过 C 点作正垂线

(2) 由于正垂线的水平投影垂直于 OX 轴且反映实长,因此,作  $cd \perp OX$ ,并使 d 在 c 的前

方,其长度为 12 mm。

(3) 由  $(c')d'$  和  $cd$  求得  $c''d''$ 。

【例 2-4】 根据立体图和三视图,分析三棱锥上各条棱线的空间位置。如图 2-18(a)、(c)所示。

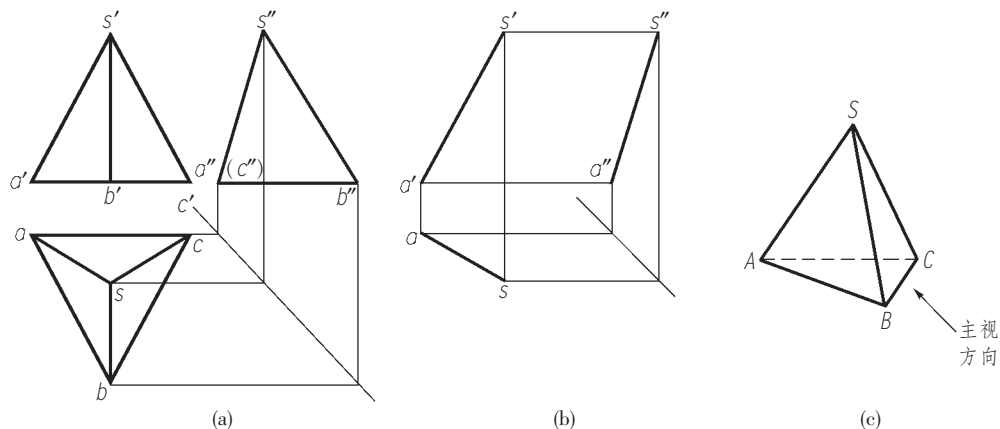


图 2-18 三棱锥上线段的投影分析

(1) 依照三棱锥上每条棱线所标的字母,将它们的投影从视图中分离出来。如棱线 SA 分离以后的投影,如图 2-18(b) 所示。

(2) 根据不同位置直线的投影特征,如图 2-18(a) 所示,判别各条棱线的空间位置是:

- |   |   |
|---|---|
| $\left\{ \begin{array}{l} SA \text{ 为一般位置线;} \\ SB \text{ 为侧平线;} \\ SC \text{ 为一般位置线;} \end{array} \right.$ | $\left\{ \begin{array}{l} AB \text{ 为水平线;} \\ BC \text{ 为水平线;} \\ AC \text{ 为侧垂线。} \end{array} \right.$ |
|---|---|

## 第四节 平面形的投影

由几何学可知,不在同一直线上的三点可决定一平面。如图 2-19 所示。从形状上看,常见的平面形有三角形、矩形、正多边形等直线轮廓的平面形,另外还有一些由曲线(圆形)或曲线与直线围成的平面形。

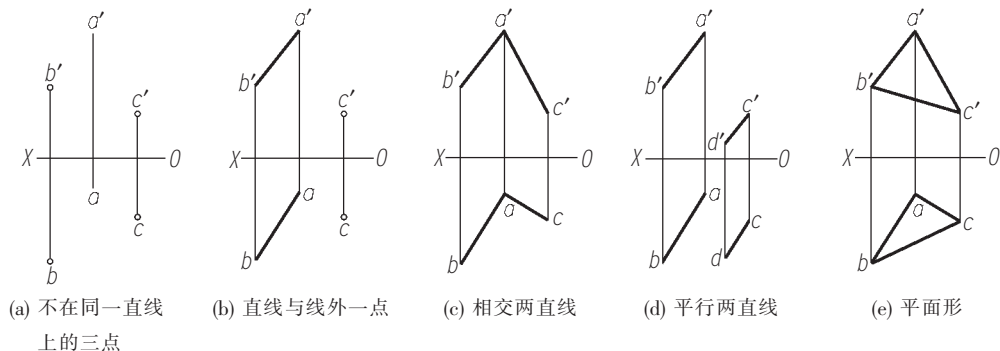


图 2-19 用几何元素表示平面

平面形的投影一般仍为平面形,特殊情况下为一直线。平面形投影的作图方法是将图形轮廓线上的一系列点(多边形则是其顶点)向投影面投影,即得平面形投影。三角形是最简单的平面形,图 2-20 所示为一三角形的投影。将三角形的三个顶点向三投影面进行投影,三角形的各面投影即为空间三角形之顶点的同面投影的连线围成的三角形。其他多边形的投影作法与此类似。由上可见,作平面形的投影,实质上仍是以点的投影为基础而得的投影。

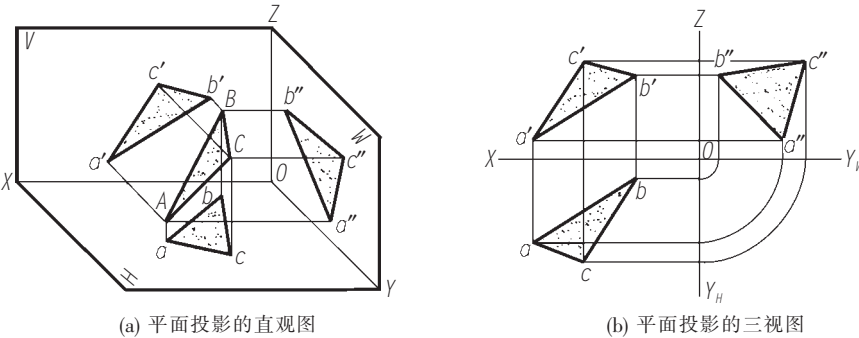


图 2-20 一般位置平面

一、平面形对于一个投影面的投影

空间平面相对于一个投影面的位置有:平行、垂直、倾斜三种位置。各种位置有不同的投影特性。

**真实性:**当平面形平行于投影面时,其投影反映真实形状和大小,这种性质称为真实性。如图 2-21(a)所示。

**积聚性:**当平面形垂直于投影面时,其投影积聚成一条直线段,这种性质称为积聚性。如图 2-21(b)所示。

**类似性:**当平面形倾斜于投影面时,其投影和原平面形类似,如三角形投影仍为三角形,这种性质称为类似性(收缩性)。如图 2-21(c)所示。

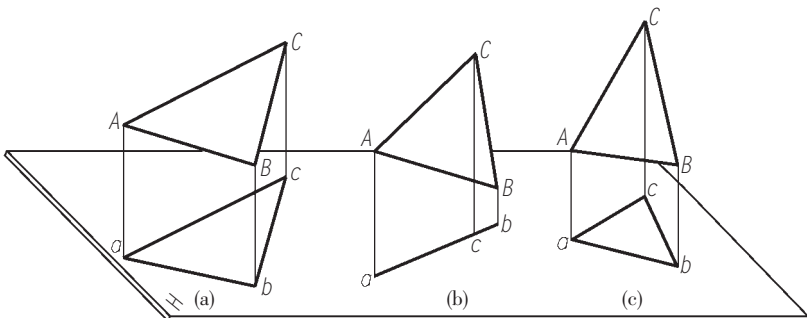


图 2-21 平面的投影特性

二、平面形在三投影面体系中的投影

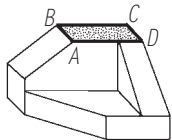
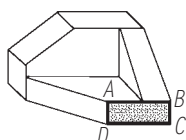
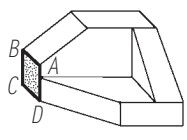
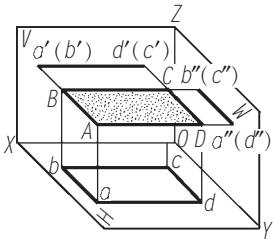
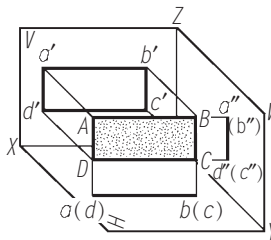
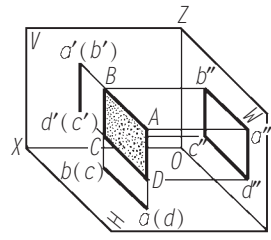
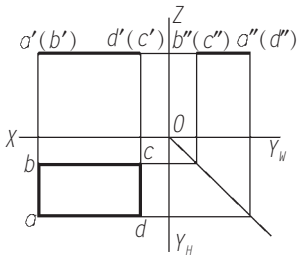
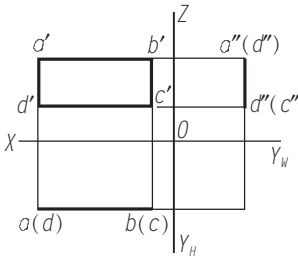
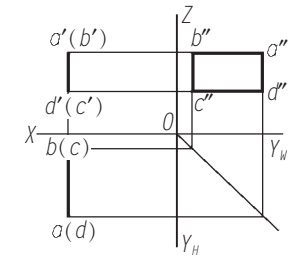
平面形在三投影面体系中,按其对投影面的位置不同可分为三种:投影面垂直面、投影面平行面、投影面倾斜面。前两种平面形称为特殊位置平面,后一种平面形称为一般位置平面。

### 1. 投影面平行面

平行于一个投影面(即同时垂直于其他两个投影面)的平面,称为投影面平行面。投影面的平行面又分为三种:

- (1) 平行于  $H$  面的称为水平面。
- (2) 平行于  $V$  面的称为正平面。
- (3) 平行于  $W$  面的称为侧平面。投影特性见表 2-3 所示。

表 2-3 投影面平行面的投影特性

名称	水平面( $//H$ )	正平面( $//V$ )	侧平面( $//W$ )
实例			
轴测图			
投影图			
投影特性	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 水平投影反映实形</li> <li>(2) 正面投影积聚成直线,且平行于 <math>OX</math> 轴</li> <li>(3) 侧面投影积聚成直线,且平行于 <math>OY_W</math> 轴</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 正面投影反映实形</li> <li>(2) 水平投影积聚成直线,且平行于 <math>OX</math> 轴</li> <li>(3) 侧面投影积聚成直线,且平行于 <math>OZ</math> 轴</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 侧面投影反映实形</li> <li>(2) 正面投影积聚成直线,且平行于 <math>OZ</math> 轴</li> <li>(3) 水平投影积聚成直线,且平行于 <math>OY_H</math> 轴</li> </ol>
<p>小结: (1) 在所平行的投影面上的投影反映实形                  (2) 其他投影积聚成直线,且平行于相应的投影轴</p>			

投影面平行面的投影特性:在平面所平行的投影面上,其投影反映实形;其余两个投影积聚成直线且分别平行于相应的投影轴。

投影面平行面的辨认:如果平面的投影图中,同时有两个投影分别积聚成平行于不同投影轴的直线,而只有一个投影为平面形,则此平面平行于该投影所在的那个投影面。该投影反映该空间平面形的实形。

## 2. 投影面垂直面

垂直于某一投影面而与另外两个投影面倾斜的平面,称为投影面垂直面。投影面垂直面又分为三种:

- (1) 垂直于  $H$  面,倾斜于  $V$  面和  $W$  面的平面,称为铅垂面。
- (2) 垂直于  $V$  面,倾斜于  $H$  面和  $W$  面的平面,称为正垂面。
- (3) 垂直于  $W$  面,倾斜于  $V$  面和  $H$  面的平面,称为侧垂面。投影特性见表 2-4 所示。

投影面垂直面的投影特性:在平面所垂直的投影面上,其投影积聚成一倾斜直线;其余两个投影均为缩小的类似形。

投影面垂直面的辨认:如果平面在某一投影面上的投影积聚成一条倾斜于投影轴的直线段,则此平面垂直于该投影面。

表 2-4 投影面垂直面的投影特性

名称	铅垂面( $\perp H$ )	正垂面( $\perp V$ )	侧垂面( $\perp W$ )
实例			
轴测图			
投影图			
投影特性	(1) 水平投影积聚成直线 (2) 正面投影和侧面投影为原形的类似形	(1) 正面投影积聚成直线 (2) 水平投影和侧面投影为原形的类似形	(1) 侧面投影积聚成直线 (2) 正面投影和水平投影为原形的类似形
	小结:(1) 在所垂直的投影面上的投影,积聚成直线 (2) 其他投影为原形的类似形		

## 3. 一般位置平面

与三个投影面都处于倾斜位置的平面,称为一般位置平面。如图 2-20 所示。

一般位置直线的投影特性为:三个投影均比空间平面形缩小,都为类似形。

一般位置平面的辨认:平面的三面投影都是类似的几何图形,该平面一定是一般位置的平面。

【例 2-5】 根据立体图和三视图,分析三棱锥上各平面的空间位置。如图 2-22(a)、(c) 所示。

解:

(1) 依照三棱锥上每个平面所标的字母,将它们的投影从视图中分离出来。如 SAC 分离以后的投影,如图 2-22(b)所示。

(2) 根据不同位置平面投影图的特征,如图 2-22(a)所示,判别三棱锥上各平面的空间位置是:

$\left\{ \begin{array}{l} SAC \text{ 为侧垂面;} \\ SAB \text{ 为一般位置平面;} \end{array} \right.$ 
 $\left\{ \begin{array}{l} SBC \text{ 为一般位置平面;} \\ ABC \text{ 为水平面。} \end{array} \right.$

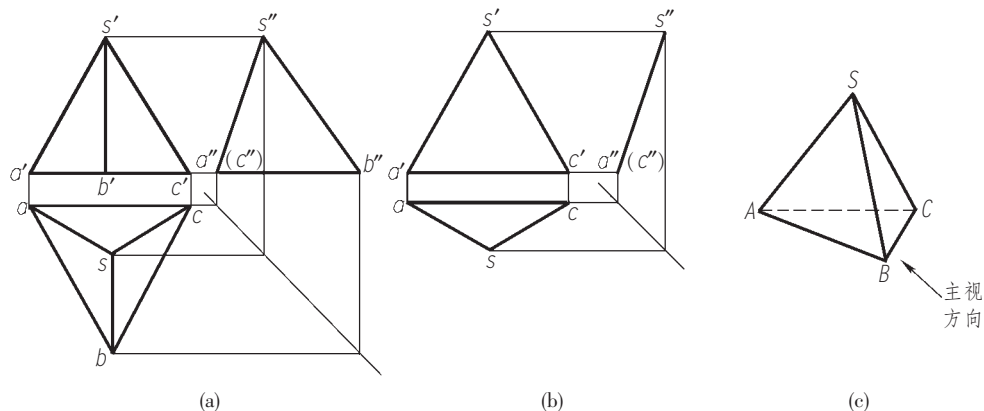


图 2-22 三棱锥上平面的投影分析

【例 2-6】 已知平面形的正面投影和水平投影,求作其侧面投影。如图 2-23(a)所示。

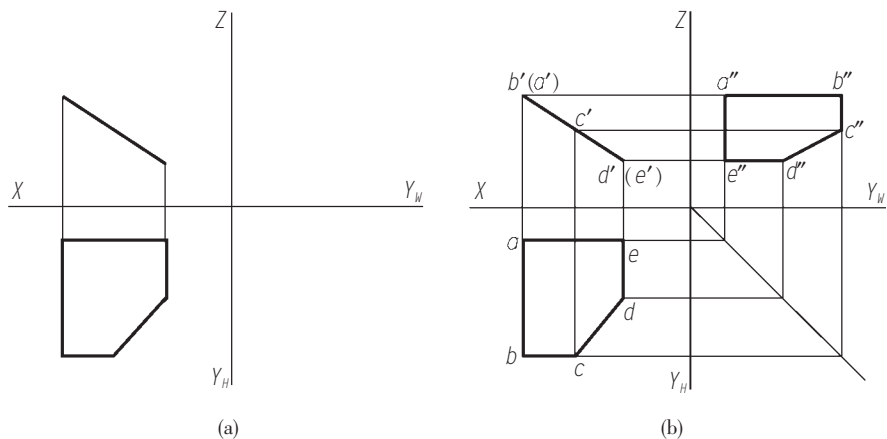


图 2-23 求平面形的第三面投影

分析:图 2-23(a)所示平面为一垂直于  $H$  面的五边形,只要求出五边形五个顶点的侧面投影,并按顺序连接,即可得到该五边形的侧面投影。

作图:如图 2-23(b)所示。

(1) 在五边形的水平投影上,按顺序标上字母  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ ,即为五个顶点的水平投影。

(2) 由于五边形垂直于  $V$  面,其正面投影有积聚性,因此可直接求得五个顶点的正面投影  $(a')$ 、 $b'$ 、 $c'$ 、 $d'$ 、 $(e')$ 。

(3) 由各点的正面投影和水平投影,可求得它们的侧面投影  $a''$ 、 $b''$ 、 $c''$ 、 $d''$ 、 $e''$ 。

(4) 按顺序连接  $a''$ 、 $b''$ 、 $c''$ 、 $d''$ 、 $e''$ 、 $a''$ ,即得五边形的侧面投影。

### 三、模型制作

培养学习制图的兴趣,理论联系实际和锻炼动手能力;学习测量工具的使用,掌握常用零件的测量方法;特别是培养综合运用画图与读图理论知识的能力,提高空间思维能力。可以通过自制模型来达到上述目的。

按图样中给出的尺寸,制作出符合要求的模型。本书在以后的章节中也有制作模型的内容,总的要求和步骤是一样的:

(1) 首先对照图样进行分析、读图,想象出形体的空间结构形状。

(2) 了解并掌握常用测量工具的使用方法。

(3) 用黄泥或橡皮泥等材料,按图中的总体尺寸做出一个长方体。

(4) 利用刀片等工具加工出一个平面作为基准。

(5) 以基准面为准,加工出其他各面。先粗加工,预留一定的加工余量;后精加工,保证图样中的尺寸要求,最后制作出模型。

根据图 2-24 的图形及尺寸,制作模型。

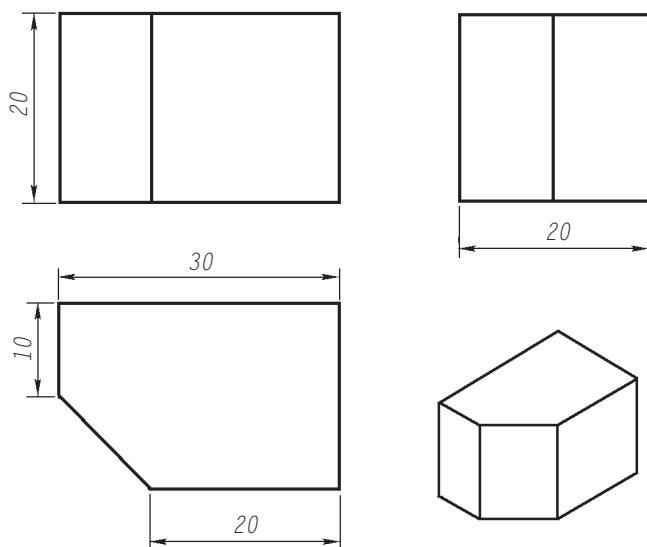


图 2-24 物体三视图和轴测图

# 第三章 立体的投影

本章主要介绍立体的投影,以及平面与立体相交的截交线、立体与立体相交的相贯线的投影画法。应非常熟练地掌握它们的投影特性。

## 第一节 基本体的投影及其表面求点

立体表面是由若干面所围成的。工程制图中,通常把棱柱、棱锥、圆柱、圆锥、球、圆环等简单立体称为基本几何体,简称基本体。基本体是构成各种机件的基础。根据表面性质不同,基本体分为平面立体和曲面立体两大类。表面均由平面围成的立体称为平面立体;表面由曲面或平面与曲面所围成的立体称为曲面立体。

### 一、平面立体

在基本几何体中,棱柱、棱锥为平面立体,它们的表面由若干多边形围成。因此,平面立体的投影是由直线段组成的封闭图形。所以绘制平面立体的投影,就是把组成立体的平面和棱线表示出来,然后判别其可见性,看得见的棱线画成实线,看不见的棱线画成虚线。

#### (一) 棱柱

##### 1. 棱柱的投影

图 3-1 为一正六棱柱及其投影。由图可知其顶面和底面均为水平面,它们的水平投影反映实形,正面及侧面投影积聚为一直线。六棱柱的六个侧棱面,前后两个为正平面,它们的

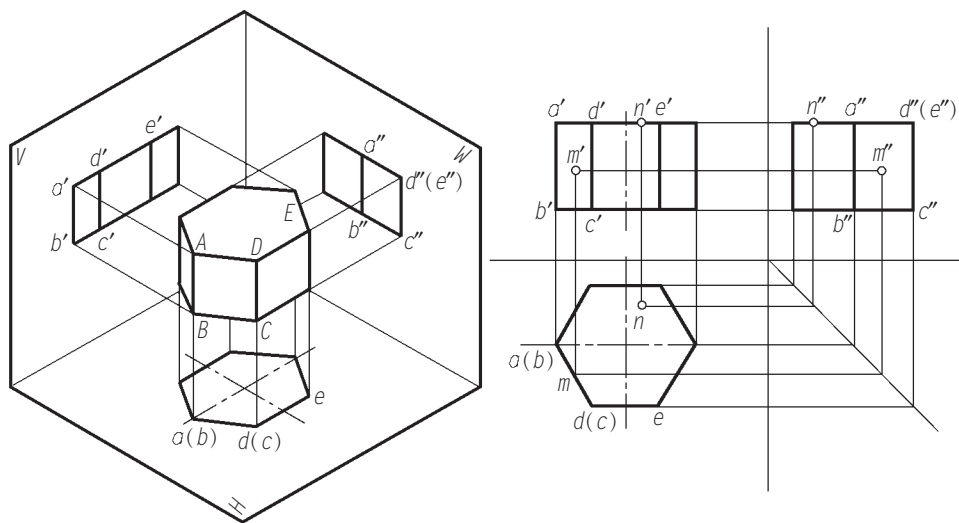


图 3-1 棱柱的投影及表面求点



正面投影反映实形,水平投影及侧面投影积聚为一直线。其他四个侧棱面均为铅垂面,其水平投影均积聚为直线,正面投影和侧面投影均为类似形。

棱线  $AB$  为铅垂线,水平投影积聚为一点  $a(b)$ ,正面投影  $a'b'$  和侧面投影  $a''b''$  均反映实长。顶面的边  $DE$  为侧垂线,侧面投影积聚为一点  $d''(e'')$ ,水平投影  $de$  和正面投影  $d'e'$  均反映实长。底面的边  $BC$  为水平线,水平投影  $bc$  反映实长,正面投影  $b'c'$  和侧面投影  $b''c''$  均小于实长,其余各线可作类似分析。

作图步骤:

(1) 先画正六棱柱的顶面、底面的投影,水平投影均为正六边形;其正面、侧面投影均积聚成直线。其距离由棱柱高度决定。

(2) 再画六个侧棱面的投影,可根据顶面和底面的对应点投影所确定。

## 2. 棱柱表面求点

首先确定点所在的平面,并分析该平面的投影特性。若该平面垂直某一投影面,则点在该投影面上的投影,必定落在这个平面的积聚性投影上。

如图 3-1 所示,已知棱柱表面上点  $M$  的正面投影  $m'$ ,求作点  $M$  其他两投影  $m$ 、 $m''$ 。因为  $m'$  可见,因此  $M$  点必定在棱面  $ABCD$  上。此棱面是铅垂面,其水平投影积聚成直线,点  $M$  的水平投影  $m$  必在该直线上,由  $m'$  和  $m$  即可求得侧面投影  $m''$ 。又知点  $N$  的水平投影,求其他两个投影。因为  $n$  可见,因此点  $N$  必定在六棱柱顶面, $n'$ 、 $n''$  分别在顶面的积聚直线上。

## (二) 棱锥

### 1. 棱锥的投影

图 3-2 为正三棱锥的投影,其底面  $\triangle ABC$  为水平面,因此它的水平投影反映底面实形,其正面投影和侧面投影积聚为一直线。棱面  $\triangle SAC$  为侧垂面,它的侧面投影积聚为一直线,水平投影和正面投影均为类似形。棱面  $\triangle SAB$ 、 $\triangle SBC$  为一般位置平面,它们的三面投影均为类似形。

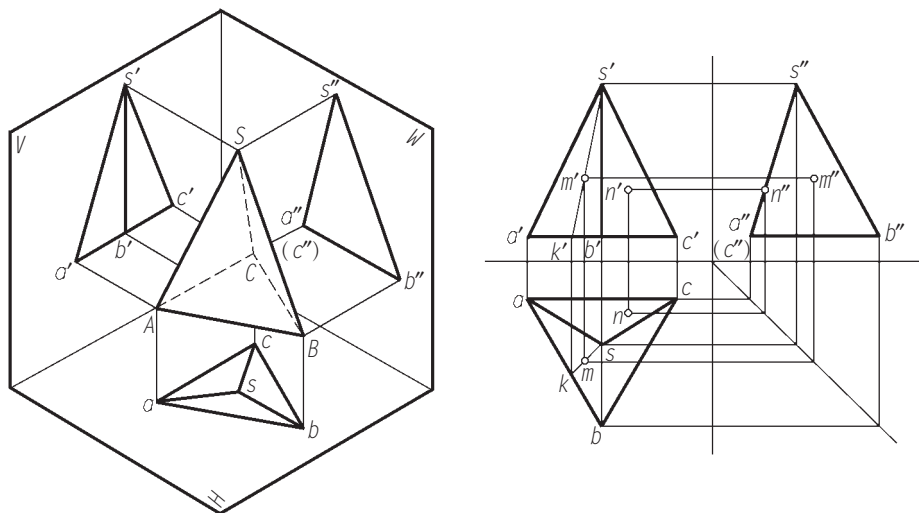


图 3-2 棱锥的投影及表面求点

作图步骤:

(1) 先布置图面,画作图基准线。

(2) 画出底面三角形的各个投影(先画水平投影)。

(3)再作出锥顶  $S$  的各个投影。

(4)然后连接各棱线,检查并加深图线,即得到正三棱锥的三面投影。

## 2. 棱锥表面求点

首先确定点所在的平面,再分析该平面的投影特性。若该平面为一般位置平面时,可采用辅助直线法求出点的投影。

如图 3-2 所示,已知正三棱锥表面上点  $M$  的正面投影  $m'$ ,求作点  $M$  其他两投影  $m$ 、 $m''$ 。因为  $m'$  可见,因此点  $M$  必定在棱面  $\triangle SAB$  上。 $\triangle SAB$  是一般位置平面,过点  $M$  及锥顶点  $S$  作一条辅助直线  $SK$ ,与底边  $AB$  交于点  $K$ ,作出直线  $SK$  的三面投影。根据点的从属关系,求出点  $M$  的其他两个投影。又知点  $N$  的水平投影  $n$ ,求其他两个投影。因为  $n$  可见,因此点  $N$  必定在棱面  $\triangle SAC$  上, $n''$  必定在直线  $s''a''(c'')$  上,由  $n$ 、 $n''$  即可求出  $n'$ 。

**【例 3-1】** 根据图 3-3(a)的两面投影,求作正四棱柱的第三面投影。并求棱柱表面上点  $M$  的另外两面投影。

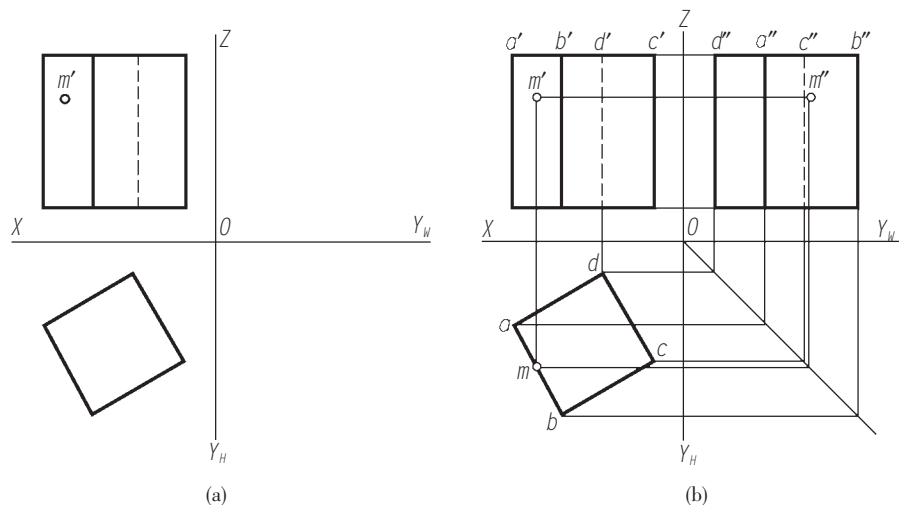


图 3-3 求正四棱柱的第三面投影

分析:正四棱柱的上、下表面为水平面,因此,水平投影为反映正四边形实形的正方形,另两面投影为具有积聚性的直线。四个侧面均为铅垂面,水平投影为四段直线,另两面投影可通过上、下表面的对应点求出。

已知点  $M$  的正面投影,且  $M$  点在棱柱的侧面上,那么, $M$  点的水平投影必定落在铅垂面的积聚性投影上。然后,再求出  $M$  点的侧面投影。

画图:

(1)在水平投影中标出上表面的四个顶点的投影  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ ,找出它们的正面投影  $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$ 、 $d'$ ,分别求出它们的侧面投影  $a''$ 、 $b''$ 、 $c''$ 、 $d''$ ;同理,求出下表面各顶点的侧面投影,将各对应点依次相连,即可求出四棱柱的侧面投影。如图 3-3(b)所示。注意判断棱线的可见性。

(2)先画出  $M$  点的水平投影,即过  $m'$  向  $X$  轴作垂线并反向延长,与直线  $ab$  的交点即为  $M$  点的水平投影  $m$ ;再通过  $m'$ 、 $m$  求出  $M$  点的侧面投影  $m''$ 。

## 二、曲面立体

机件中常见的曲面立体多为回转体。一条母线(直线或曲线)围绕一条轴线旋转一周所形

成的表面称为回转面；而由回转面或回转面和平面所围成的立体称为回转体。常见的回转体有圆柱、圆锥、球和环等。在投影图上表示回转体就是把围成立体的回转面或回转面和平面表示出来，并判别其可见性。

### (一) 圆柱

#### 1. 圆柱的形成

圆柱面是由直线  $AB$  围绕与其平行的轴线  $OO_1$  回转一周形成的。 $AB$  称为母线，母线处在圆柱面任一位置时称为素线。所以，圆柱面也可看成由无数条平行于轴线的素线围成。如图 3-4(a) 所示。

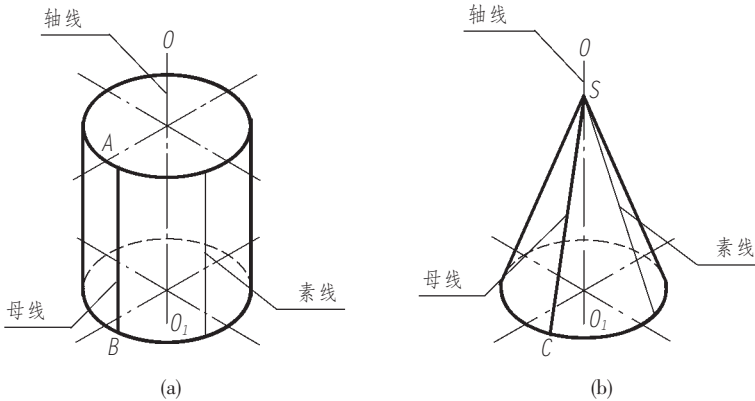


图 3-4 圆柱面和圆锥面的形成

#### 2. 圆柱的投影

圆柱表面由圆柱面和上、下底面组成。图 3-5 为圆柱的投影。该圆柱轴线为铅垂线，其上、下底面为水平面，在水平投影上反映实形，正面投影和侧面投影分别积聚为一直线。圆柱面上所有素线都是铅垂线，因此圆柱面的水平投影积聚为一个圆，在正面投影和侧面投影上分别画出决定投影范围的外形轮廓素线，即圆柱面可见部分与不可见部分的分界线投影。如正面投影上是最左、最右两条素线的投影，它们是正面投影可见的前半圆柱面和不可见的后半圆柱面的分界线，也称为正面投影的转向轮廓素线。侧面投影上是最前、最后两条素线的投影，它们是侧面投影可见的左半圆柱面和不可见的右半圆柱面的分界线，也称为侧面投影的转向轮廓素线。作图步骤：

(1) 布置图面，画出中心线、轴线、底面基准线。

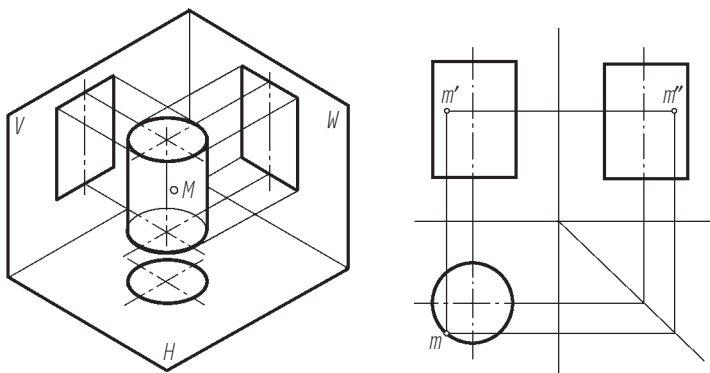


图 3-5 圆柱的投影及表面求点

(2) 画出上、下底面的水平投影,再画出其他两个投影。

(3) 画出圆柱面的投影。

(4) 检查并加深图线,完成作图。

### 3. 圆柱表面求点

如图 3-5 所示,已知圆柱表面上点  $M$  的正面投影  $m'$ ,求作点  $M$  其他两投影  $m$ 、 $m''$ 。因为  $m'$  可见,所以点  $M$  必在前半个圆柱面上,根据该圆柱面水平投影具有积聚性的特征, $m$  必定落在前半水平投影圆上,由  $m$ 、 $m'$  即可求出  $m''$ 。

**【例 3-2】** 已知圆柱上线段  $AB$  的正面投影  $a'b'$ 。如图 3-6(a) 所示。求其另两面投影并判断其可见性。

分析:求圆柱面上线段的投影,可通过求出线段上一系列点的投影,然后连接各点的同面投影而得到。因此,本题仍以圆柱表面求点为基础。

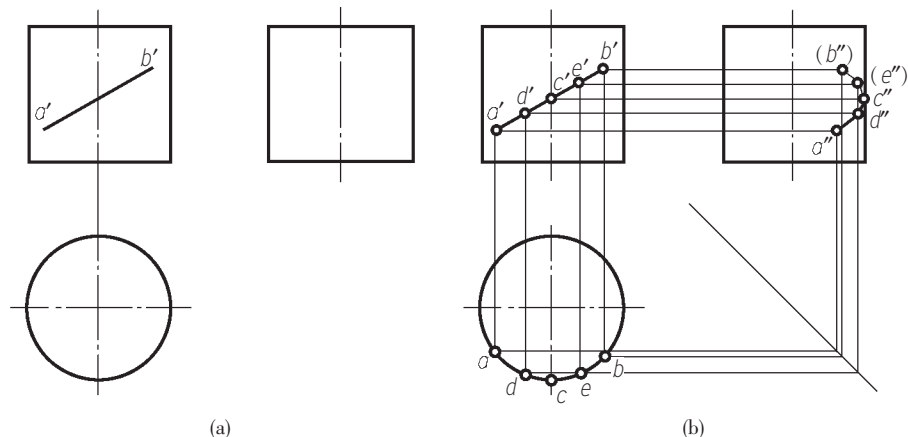


图 3-6 求圆柱面上线段的投影

画法:如图 3-6(b)所示。

(1) 由已知在线段  $AB$  上标出三个特殊点  $A$ 、 $B$ (两端点)、 $C$ (线段  $AB$  与转向轮廓素线的交点)的正面投影  $a'$ 、 $c'$ 、 $b'$ 。

(2) 由于圆柱面的水平投影积聚成圆,因此,线段上各点的水平投影必积聚在该圆的前半部分圆周上,过  $a'$ 、 $c'$ 、 $b'$  作  $X$  轴的垂线,并反向延长得各点的水平投影  $a$ 、 $c$ 、 $b$ 。

(3) 由  $a'$ 、 $c'$ 、 $b'$  和  $a$ 、 $c$ 、 $b$  得各点的侧面投影  $a''$ 、 $c''$ 、 $(b'')$ 。

(4) 再求出两个一般点  $D$ 、 $E$  的投影,将各点  $a''$ 、 $d''$ 、 $c''$ 、 $(e'')$ 、 $(b'')$  的侧面投影光滑连接,即得线段  $AB$  的侧面投影:一段曲线。

(5) 判断可见性。 $c''$  是线段侧面投影可见部分与不可见部分的分界点。 $a''$ 、 $d''$ 、 $c''$  可见,画成粗实线; $(e'')$ 、 $(b'')$  不可见,画成虚线。线段  $AB$  是一段椭圆弧。

## (二) 圆锥

### 1. 圆锥的形成

圆锥面由与轴线  $OO_1$  相交的母线  $SC$  绕轴线回转形成。母线处在圆锥面任一位置上时称为素线。因此,圆锥面也可看成是由无数条相交于锥顶  $S$  的素线围成。如图 3-4(b) 所示。

### 2. 圆锥体的投影

圆锥表面由圆锥面和底圆组成。图 3-7 为圆锥的投影。该圆锥轴线为铅垂线,底面为水平

面,它的水平投影反映实形,其正面投影和侧面投影积聚为一直线。圆锥面上所有素线均与轴线相交于锥顶,因此圆锥面的正面、侧面投影分别为决定其投影范围的外形轮廓素线。正面投影上是最左、最右两条素线的投影,它们是正面投影可见的前半圆锥面和不可见的后半圆锥面的分界线,也称为正面投影的转向轮廓素线。侧面投影上是最前、最后两条素线的投影。它们是侧面投影可见的左半圆锥面和不可见的右半圆锥面的分界线,也称为侧面投影的转向轮廓素线。圆锥面的水平投影与底面的水平投影相重合,显然,圆锥面的三个投影都没有积聚性。

作图步骤:先画出底面圆的各个投影(由水平投影开始作图),再画出锥顶的投影,然后分别画出其外形轮廓素线,即完成圆锥的各个投影。

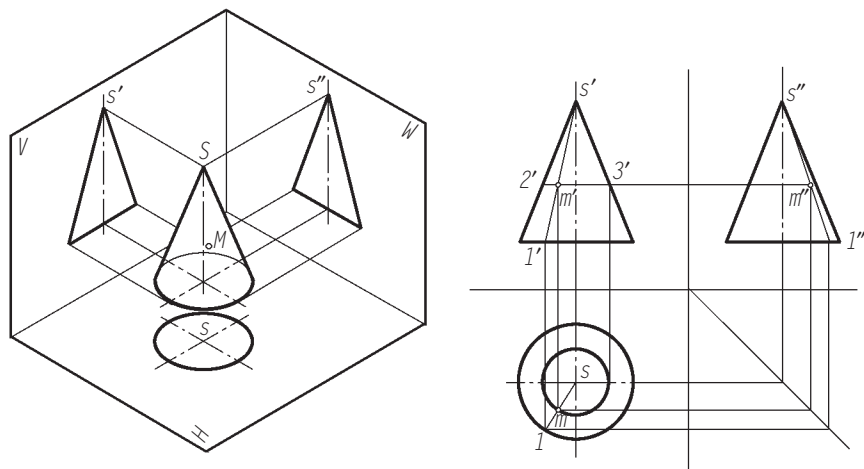


图 3-7 圆锥的投影及表面求点

### 3. 圆锥表面求点

如图 3-7 所示,已知圆锥表面上点  $M$  的正面投影  $m'$ ,求作点  $M$  其他两投影  $m$ 、 $m''$ 。因为  $m'$  可见,所以点  $M$  必在前半个圆锥面上,具体作图可采用下列两种方法:

方法一:辅助素线法:

过锥顶  $S$  和  $M$  作一辅助线  $S1$ ,由已知条件可确定正面投影  $s'1'$ ,求出它的水平投影  $s1$  和侧面投影  $s''1''$ 。再根据点在直线上的投影性质,由  $m'$  求出  $m$  和  $m''$ 。

方法二:辅助圆法:

过点  $M$  作一垂直于回转轴线的水平辅助圆,该圆的正面投影过  $m'$ ,它的水平投影为一直径等于  $2'3'$  的圆, $m$  必在此圆周上,由  $m'$  和  $m$  可求出  $m''$ 。

### (三) 球

#### 1. 球的形成

球是由球面所围成,球面是以圆为母线,绕其通过圆心且在同一平面上的轴线回转而成。如图 3-8(a)所示。

#### 2. 球的投影

图 3-9 为球的投影。其投影特征是:三个投影均为圆,其直径与球的直径相等。但三个投影面上的圆是不同的转向轮廓线的投影。正面投影上的圆是球上平行于  $V$  面的最大圆的投影,该圆为前半球面和后半球面的分界线,所以是正面投影的转向轮廓线。同理,水平投影的转向轮廓线是球上平行于  $H$  面的最大圆的投影,该圆为上半球面 and 下半球面的分界线。侧

面投影的转向轮廓线是球上平行于  $W$  面的最大圆的投影,它是左半球面和右半球面的分界线。

作图步骤:可先定出圆的中心线及球心的投影,再画出三个与球等直径的圆。如图 3-9(b)所示。

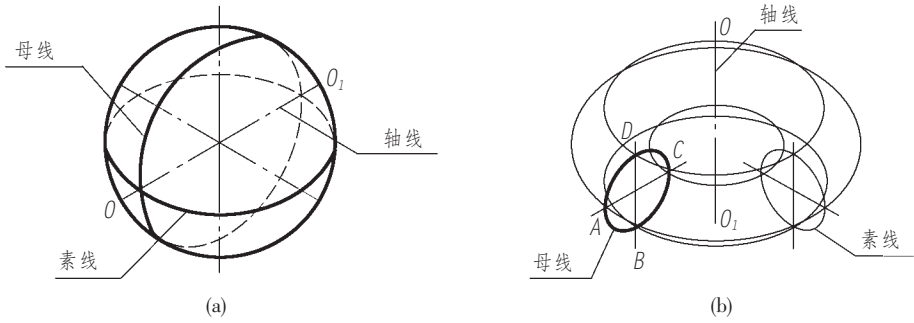


图 3-8 球面及环面的形成

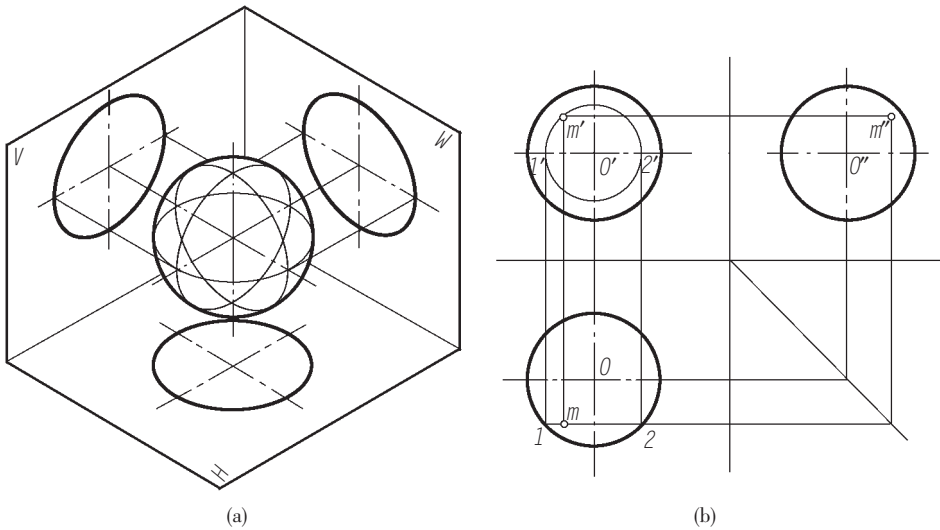


图 3-9 球的投影及表面求点

### 3. 球表面求点

球面的投影没有积聚性,且球面上也不存在直线,所以必须采用辅助圆法,求作其表面上点的投影。

如图 3-9(b)所示,已知球面上点  $M$  的水平投影  $m$ ,求作点  $M$  其他两投影  $m'$ 、 $m''$ 。过  $M$  点作一平行于  $V$  面的辅助圆,它的水平投影为  $12$ ,正面投影为直径等于  $12$  的圆, $m'$  必在该圆周上。由于  $m$  点可见,故点  $M$  必在上半个球面上,由  $m$  和  $m'$  可求出  $m''$ 。

### (四) 环

#### 1. 环的形成

环面是一圆母线围绕圆外且共面的一轴线回转一周所形成的。如图 3-8(b)所示。母线上点(如四个象限点  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ )随母线回转一周的轨迹均为一垂直于轴线的圆。

#### 2. 环的投影

环的表面是由环面围成。如图 3-10 所示。靠近轴线的半个母线圆形成的环面为内环面,远离轴线的半个母线圆形成的环面为外环面。

圆环投影中的轮廓线都是环面上相应转向轮廓线的投影。正面投影中左、右两个圆是环面上平行于  $V$  面的两个素线圆的投影,它们是前半部可见外环面和后半部不可见外环面的分界线。侧面投影中前、后两个圆是环面上平行于  $W$  面的两个素线圆的投影,它们是左半个可见外环面和右半个不可见外环面的分界线。正面和侧面投影中顶、底两直线是环面上最高、最低圆的投影。水平投影中最大、最小圆是区分上、下(可见、不可见)环面的转向轮廓线,点划线圆是母线圆心的轨迹。

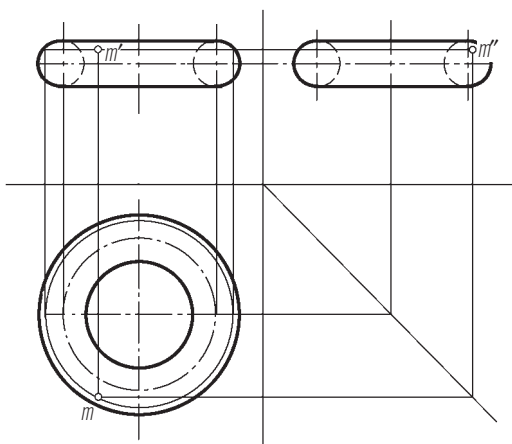


图 3-10 环的投影及表面求点

### 3. 环面上求点

在环面上求点仍采用辅助圆法。

如图 3-10 所示,已知环面上点  $M$  的正面投影  $m'$ ,求作点  $M$  其他两投影  $m$ 、 $m''$ 。通过分析点在环面上位置可知,由于  $m'$  可见,所以点  $M$  位于前半部圆环的外环面上。过点  $M$  作平行于水平面的辅助圆,求出  $m$  和  $m''$ 。

实际机件中,经常会有一些不完整的回转体。如图 3-11 所示。它们的不完整回转面和完整的回转面投影性质相同。

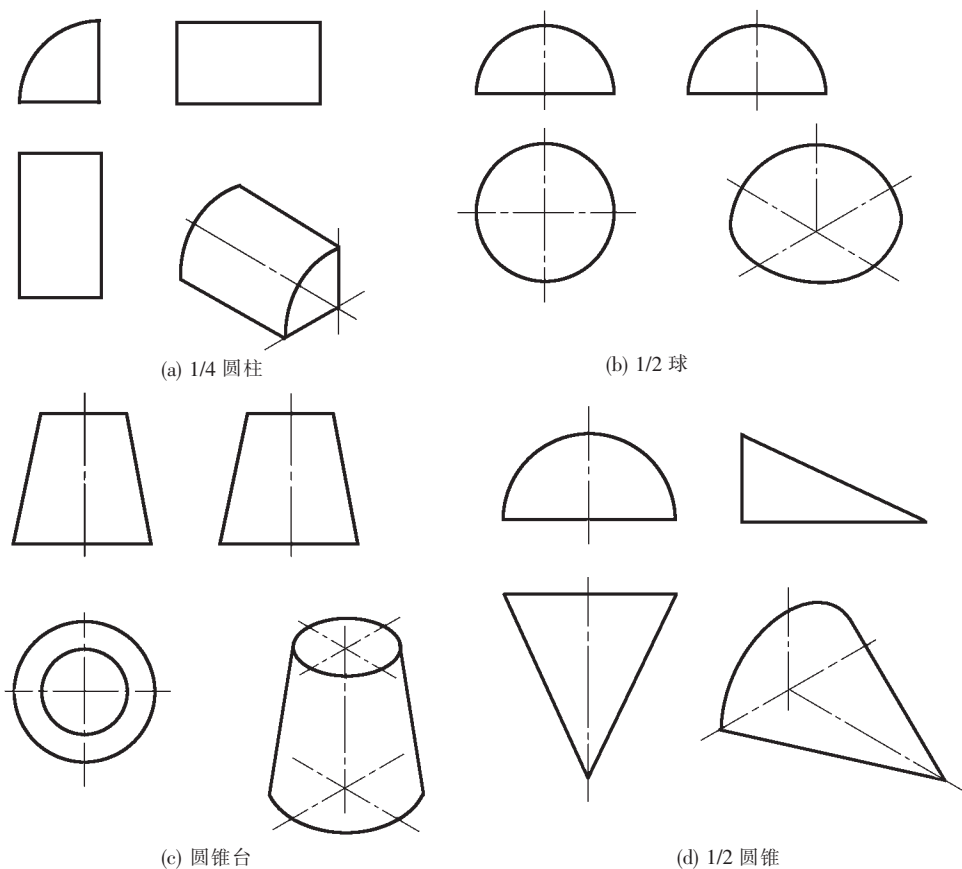


图 3-11 不完整回转体的三视图

## 第二节 平面与立体表面的交线——截交线

物体的表面经常会出现平面与平面、平面与曲面、曲面与曲面相交的情况,物体两面相交时所产生的交线称为表面交线。

由平面截割立体而产生的交线,称为截交线;这个平面称为截平面;截交线围成的平面图形称为截断面。

### 一、平面立体的截交线

截交线的性质如下:

(1) 截交线既在截平面上,又在立体表面上,因此截交线是截平面与立体表面的共有线,截交线上的点是截平面与立体表面的共有点。

(2) 由于立体表面是封闭的,因此截交线一般是封闭的线框。

(3) 截交线的形状取决于立体表面的形状和截平面与立体的相对位置。

截平面截切平面立体所形成的交线为封闭的平面多边形,该多边形的每一条边是截平面与立体棱面或顶、底面相交形成的交线。根据截交线的性质,求截交线可归结为求截平面与立体表面共有点、共有线的问题。

#### 1. 棱柱的截割

由于截交线属于形体表面上的线,所以,求截交线的方法也和求形体表面上的点一样。运用辅助线或辅助截面法求得一系列共有点,然后依次连接起来,即可得到截交线。当基本几何体的表面和截平面的投影有积聚性时,可利用积聚性直接求得,这样作图就比较简单了。解题时,必须对被截立体进行仔细分析,明确形体和截平面对投影面处于何种位置及二者之间的相对位置,以便判定截交线的形状,确定解题方法和步骤。

**【例 3-3】** 画截割的四棱柱。

分析:如图 3-12(a)所示,四棱柱切去一个三棱柱后,又开了一个槽。该槽由两个正平面和一个侧平面截割而成。两正平面在  $H$  和  $W$  面都有积聚性;一侧平面在  $V$  和  $H$  面具有积聚性。这样,该槽的水平投影具有积聚性;正面投影不可见;侧面投影可见。

画法:先画出四棱柱三视图,然后切去斜面;再画出切槽形状;最后完成全图。其作法如图 3-12(b)、(c)、(d)所示。

#### 2. 棱锥的截割

**【例 3-4】** 画切槽四棱台。

分析:图 3-13(a)所示为切槽四棱台。该槽由两侧平面和一水平面截割棱台而成。两侧平面在  $V$  和  $H$  面都具有积聚性;一水平面在  $V$  和  $W$  面具有积聚性。这样,该槽在正投影面上的投影具有积聚性;侧面投影被遮盖;水平投影可见。

画法:先画出四棱台三视图;然后画出正面投影贯通的槽;最后完成全图。其作法如图 3-13(b)、(c)、(d)所示。



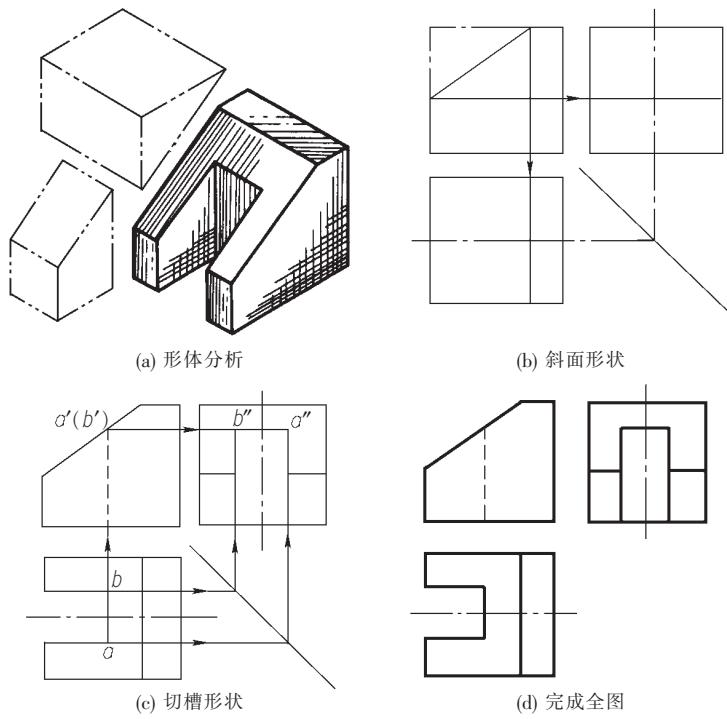


图 3-12 例 3-3 棱柱的截切

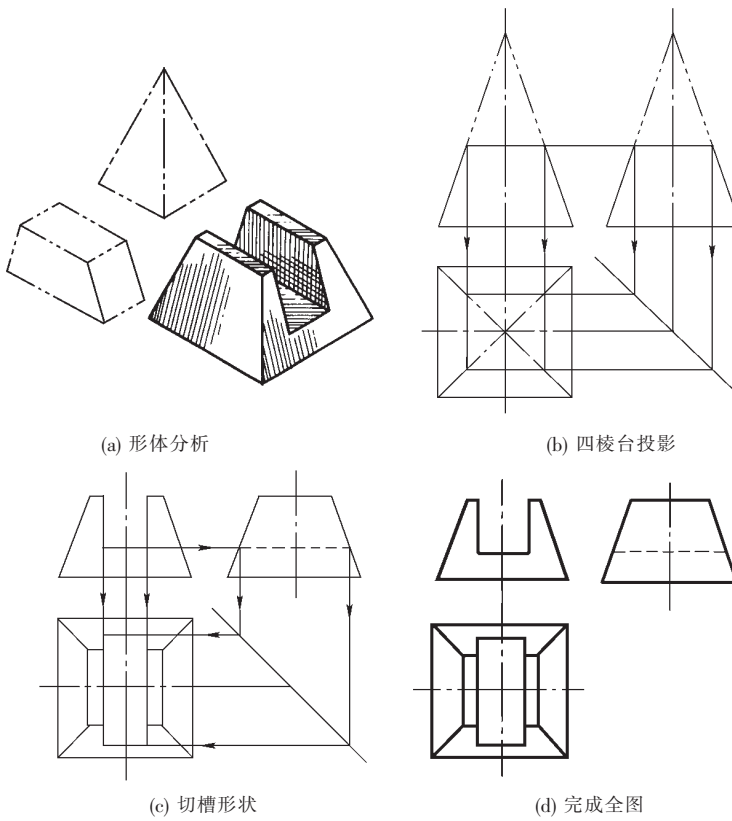


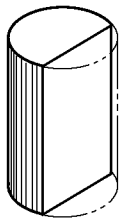
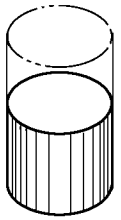
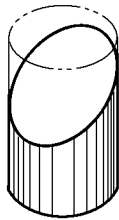
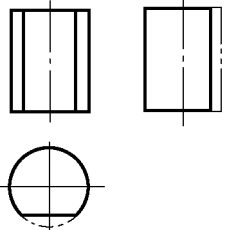
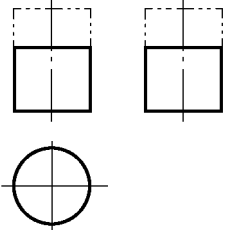
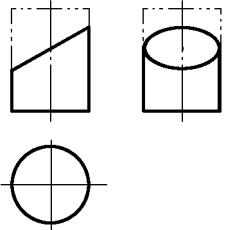
图 3-13 例 3-4 棱锥的截切

## 二、曲面立体的截割

### 1. 圆柱的截割

圆柱截割后产生的截交线,因截平面与圆柱轴线的相对位置不同而不同。当截平面平行于圆柱轴线时,截交线是矩形;当截平面垂直于圆柱轴线时,截交线是一个直径等于圆柱直径的圆;当截平面倾斜于圆柱轴线时,截交线是椭圆。椭圆的形状和大小随截平面对圆柱轴线的倾斜程度不同而变化,但短轴总与圆柱直径相等。这三种情况见表 3-1。

表 3-1 圆柱的截切

立体图			
投影图			
说明	截平面平行于轴线,交线为矩形	截平面垂直于轴线,交线为圆	截平面倾斜于轴线,交线为椭圆

前两种情况比较简单,直接按截平面位置和投影关系即可得到截交线。这里仅介绍截平面倾斜于圆柱轴线的截交线画法。其作图方法如图 3-14 所示。圆柱被正垂面所截,截交线在  $V$  面上的投影为一直线;在  $H$  面上的投影与圆柱面投影同时积聚成一圆;需要求作的就是  $W$  面的投影。具体步骤如下:

(1) 找出截交线上特殊点的投影。对于椭圆,须首先求出长、短轴四个端点投影。长轴的端点  $VI$ 、 $III$  也是椭圆的最后和最前点,位于圆柱上的最后、最前两条素线上;短轴的端点  $I$ 、 $V$  是椭圆的最低和最高点,位于圆柱的最左、最右两条素线上。在  $H$  面投影是  $1$ 、 $3$ 、 $5$ 、 $7$ ;在  $V$  面投影是  $1'$ 、 $3'$ 、 $5'$ 、 $7'$ 。根据点的投影关系,可求出在  $W$  面上的投影  $1''$ 、 $3''$ 、 $5''$ 、 $7''$ 。这些特殊点确定了椭圆投影的大致范围。如图 3-14 所示。

(2) 作出适当数量的一般点。如图 3-14 中  $II$ 、 $IV$ 、 $VI$ 、 $VIII$  点,它们在  $V$ 、 $H$  面上的投影分别为  $2'$ 、 $4'$ 、 $6'$ 、 $8'$  和  $2$ 、 $4$ 、 $6$ 、 $8$ 。同样根据点的投影规律,可求出它们在  $W$  面上的投影  $2''$ 、 $4''$ 、 $6''$ 、 $8''$ (因椭圆的对称性,选点要对称)。

(3) 将作出的各点投影依次光滑连接起来,这就得到  $W$  面投影的截交线。如图 3-14 所示。

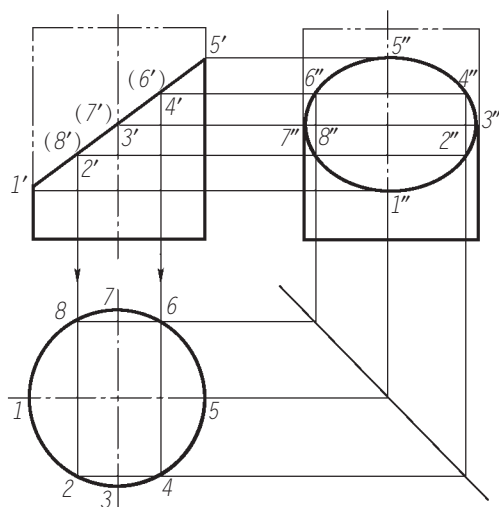


图 3-14 圆柱的截割画法

**【例 3-5】** 画接头的投影图。

分析:图 3-15(a)所示接头,是一个圆柱被多次切割而成的形体。右边一对水平面和左边一对正平面与圆柱表面的交线均为平行于轴线的直线,它们都是侧垂线;右端水平面和侧平面的交线是正垂线;左端正平面和侧平面的交线是铅垂线。

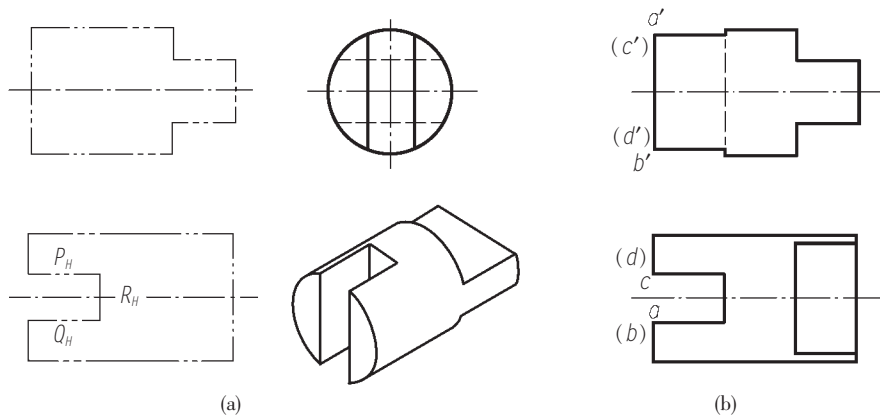


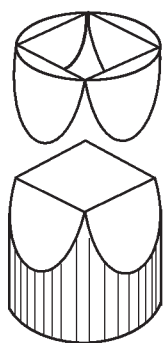
图 3-15 例 3-5 接头的三视图

画法:作出圆柱三面投影。先画右端两切口,再画左端切槽。具体作法如图 3-15(b)所示。

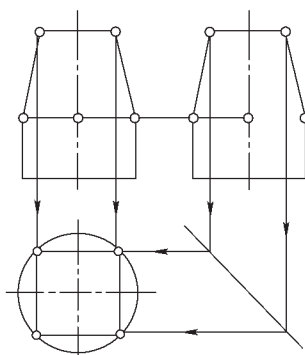
**【例 3-6】** 画千斤顶顶盖的投影图。

分析:图 3-16(a)所示为千斤顶顶盖,它是由两正垂面和两侧垂面将圆柱切割而成。截交线是四条椭圆曲线上的一部分。

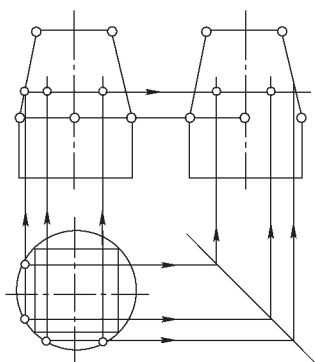
画法:先画出圆柱的三面投影,然后在正面画出左右对称的两个正垂面;在侧面画出前后对称的两个侧垂面。其水平投影为四个弓形,弓形的圆弧即为椭圆形截交线的投影,其正面和侧面投影为椭圆一部分。具体作法如图 3-16(b)、(c)、(d)所示。



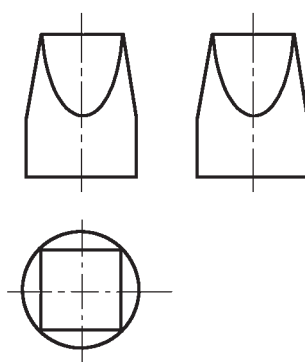
(a) 顶盖形状分析



(b) 绘出圆柱体三投影,作一对正垂面和侧垂面,找出最高、最低点



(c) 绘出截交线上若干一般位置点的三投影



(d) 连接各点,即得截交线的三投影

图 3-16 例 3-6 千斤顶顶盖的三视图

## 2. 圆锥的截割

圆锥被平面截切时,由于截平面与圆锥轴线的相对位置不同,截交线较复杂。形成的截交线有五种情况。见表 3-2 所示。

表 3-2 圆锥的截切

立 体 图					
-------------	--	--	--	--	--

投影图					
说明	截平面垂直于轴线, $\theta=90^\circ$ , 交线为圆	截平面倾斜于轴线, 且 $\theta>\phi$ , 交线为椭圆	截平面倾斜于轴线, 且 $\theta=\phi$ , 交线为抛物线	截平面平行于轴线, 或 $\theta<\phi$ , 交线为双曲线	截平面过锥顶, 交线为过锥顶的两条素线

**【例 3-7】** 如图 3-17 所示, 一轴线为侧垂线的圆锥被一水平面所截切, 画出该截交线的水平投影。

分析: 由于截平面平行于圆锥轴线, 所以与圆锥面的截交线为双曲线, 其正面投影和侧面投影均积聚成一直线。

画图:

(1) 先作出特殊点。正面投影中最右点  $1'$ 、 $5'$ , 在圆锥底圆上, 可直接作出侧面投影  $1''$ 、 $5''$ , 再根据投影规律作出水平投影  $1$ 、 $5$ 。最左点  $3'$ , 在转向轮廓线上, 可直接作出水平投影  $3$ 。

(2) 再作出一般点。 $2'$ 、 $4'$  是截交线上任意点的正面投影, 根据圆锥表面求点的方法作辅助圆, 在侧面投影上求出  $2''$ 、 $4''$ , 然后根据两投影求出水平投影  $2$ 、 $4$ 。同理也可以作出其他一般点。

(3) 依次光滑连接各点, 即得截交线的水平投影。

### 3. 球的截割

平面与球的截交线是圆。当截平面平行于投影面时, 截交线在该投影面上的投影反映实形, 另两个投影积聚成直线。如图 3-18 所示。当截平面倾斜于投影面时, 截交线在该投影面上的投影为椭圆。图 3-19 为球被正垂面  $P_V$  截切之后的投影, 截交线的正面投影积聚成直线, 水平投影和侧面投影均为椭圆。

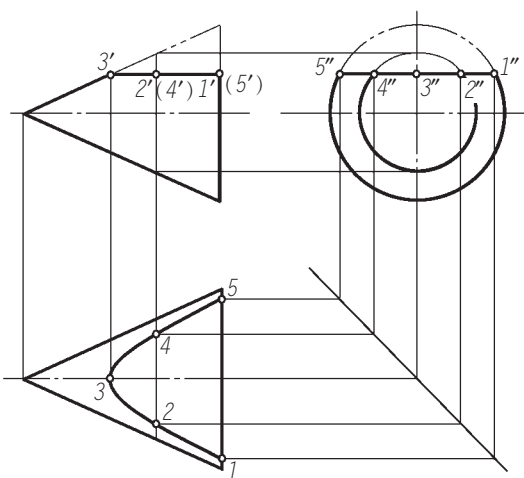


图 3-17 圆锥截交线的画法

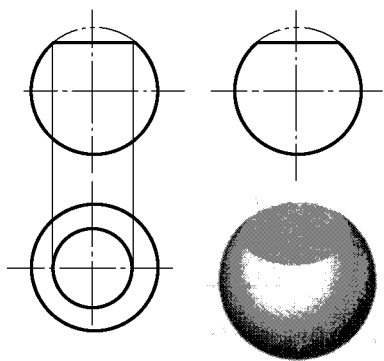


图 3-18 水平面截切球

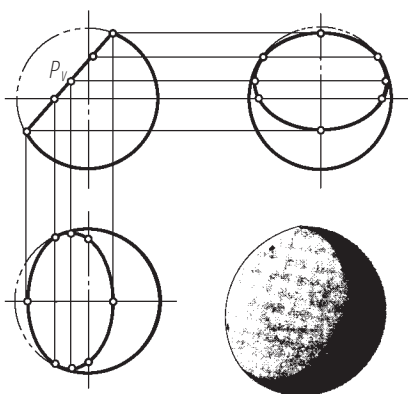


图 3-19 正垂面截切球

【例 3-8】如图 3-20(a)所示,已知切槽半球的主视图,完成其俯视图及左视图。

分析:半球的槽由两个对称的侧平面  $P_1$ 、 $P_2$  和一个水平面  $Q$  截切后形成,它们与球面的交线都是圆弧。其正面投影与截平面的正面投影重合,作图的主要问题是各段圆弧在水平投影或侧面投影中的半径大小。

画图:

- (1) 先画出完整半球的左视图。
- (2) 再画出切槽部分交线的另外两面投影。

平面  $Q$  由两段直线和两段圆弧组成,水平投影反映它们的实形,两段圆弧的直径由平面  $Q$  与球面的交线的正面投影  $1'$ 、 $2'$  确定。

平面  $P_1$  或  $P_2$  是由一段直线和一段圆弧组成,侧面投影反映实形,圆弧的半径由平面  $P_1$  与球面的交线的正面投影  $3'$ 、 $4'$  确定。

- (3) 检查整理全图,加深轮廓线,注意判断左视图中图线的可见性。如图 3-20(b)所示。

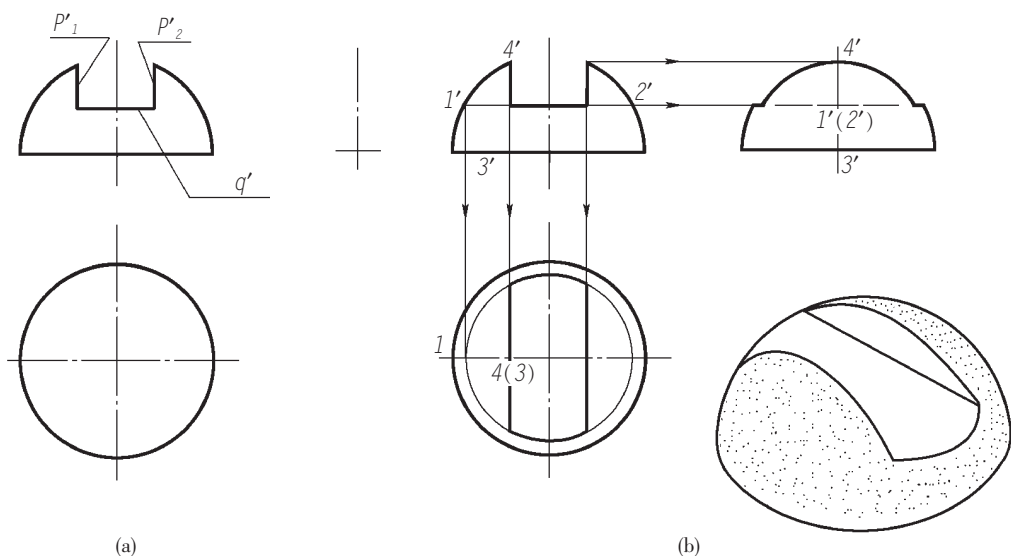


图 3-20 求切槽半球的俯、左视图

### 第三节 两回转体表面的交线——相贯线

两形体相交称为相贯；其表面的交线称为相贯线。本节主要介绍两基本几何体相贯时的相贯线投影。

两曲面立体相交时的相贯线有如下性质：

(1) 相贯线是两回转体表面的共有线，也是两相交立体的分界线。相贯线上的所有点都是两回转体表面的共有点。

(2) 由于立体的表面是封闭的，因此相贯线在一般情况下是封闭的线框。

(3) 相贯线的形状决定于回转体的形状、大小以及两回转体之间的相对位置。一般情况下相贯线是空间曲线，在特殊情况下是平面曲线或直线。

#### 一、圆柱的相贯

圆柱的相贯线是相交两圆柱表面的共有线，一般为封闭的空间曲线。轴线垂直相交（正交）的两圆柱相贯是常见的相贯形式，求其相贯线的投影，一般可采用表面求点法和简化画法画出。

##### 1. 表面求点法

圆柱与圆柱正交相贯线时，可利用圆柱面的投影具有积聚性的特点，把求相贯线的问题变成曲面上取点的问题。如图 3-21 所示。具体步骤如下：

(1) 分析已知条件。因为两圆柱轴线分别垂直于  $H$  和  $W$  面，所以，小圆柱的  $H$  面投影积聚为圆，相贯线的  $H$  面投影积聚在该圆上。大圆柱的  $W$  面投影积聚为圆，相贯线的  $W$  面投影也积聚在该圆上，且应为大小圆柱共有部分的圆弧  $4''3''$ 。如图 3-21 所示。因此，相贯线的  $H$ 、 $W$  面投影不需再画，只需按投影规律求出相贯线的  $V$  面投影。

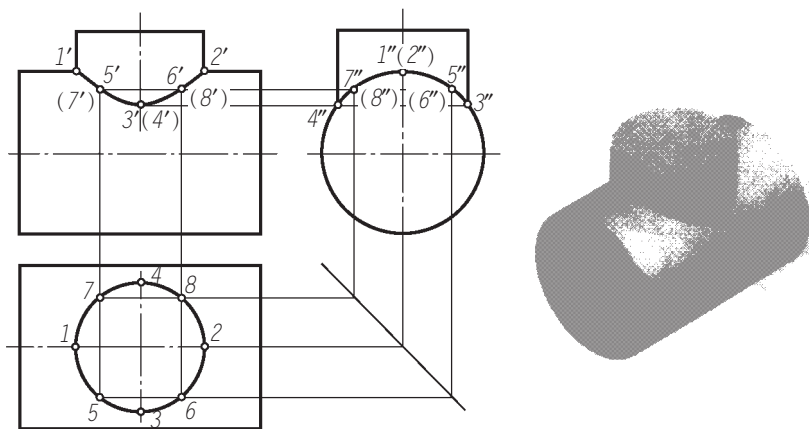


图 3-21 两圆柱相贯线的画法

(2) 求共有点的投影。求相贯线的  $V$  面投影时，先找出特殊点的投影，图中 I、II 是相贯线的最左、最右点，也是最高点。III、IV 是交线的最前、最后点，也是最低点。根据各点的  $H$ 、 $W$  面投影可直接找出  $V$  面投影  $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 。如图 3-21 所示。

再画出一一般点，为了作图准确，可在特殊点之间的对称位置找出 V、VI、VII、VIII 四点。按图

3-21 所示。依次求出各点的  $H$ 、 $W$  和  $V$  面的投影。

(3) 连线。求出共有点后,把看得见的部分用粗实线连接起来。因为垂直相交的圆柱相贯线前后对称,可见与不可见部分重合,所以只用粗实线画出即可。如图 3-21 所示。

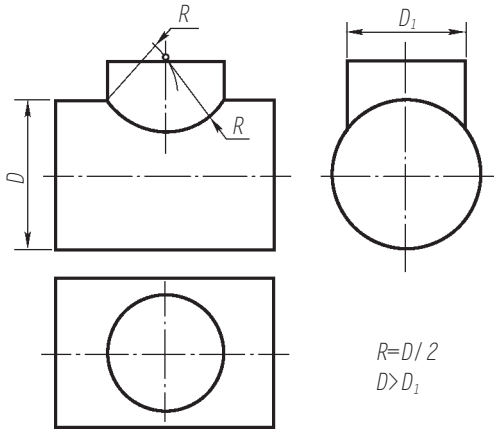


图 3-22 相贯线的简化画法

## 2. 相贯线的简化画法

在两圆柱轴线垂直相交、直径不等的情况下,如作图准确程度无特殊要求,可简化作图,即用圆弧代替这段非圆曲线,得到相贯线近似的投影。其作图方法如图 3-22 所示。其要领可概括为“以大圆柱的半径为半径,在小圆柱的轴线上找圆心,向着大圆柱轴线弯曲画弧”。

在不致引起误解的情况下,图形中的相贯线还可用直线代替。如图 3-23 所示。也可采用模糊画法表示相贯线。画法如图 3-24 所示。在应该有相贯线投影的视图上,将两回转体轮廓素线的投影画成相交,各伸出 2~5 mm。

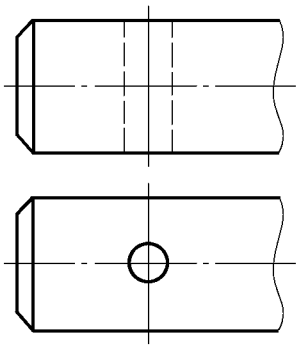


图 3-23 用直线代替相贯线

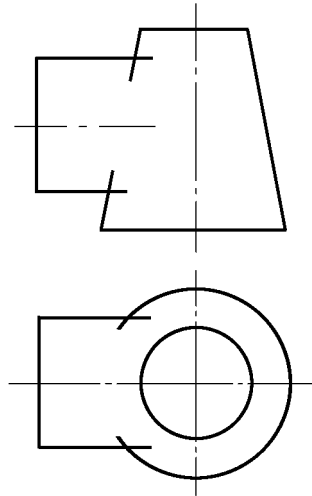


图 3-24 用模糊画法表示相贯线

## 二、圆柱与圆锥相贯

求两回转体相贯线比较普遍的方法是辅助平面法。即作一辅助平面与相贯的两回转体相交,分别作出辅助平面与两回转体的截交线,这两条截交线的交点必为两立体表面的共有点,即为相贯线上的点。若作出一系列辅助平面,即可得相贯线上的若干个点,依次连接各点,就可得到相贯线。

选择辅助平面的原则:是使辅助平面与两回转面的交线为最简单的图形(圆或直线),这样可以使作图简便。

**【例 3-9】** 如图 3-25 所示,求圆柱与圆锥的相贯线。

分析:圆柱与圆锥轴线垂直相交,圆柱全部穿进左半圆锥,相贯线为封闭的空间曲线。由于这两个立体前后对称,因此相贯线也前后对称。又由于圆柱的侧面投影积聚成圆,相贯线的



侧面投影也必然重合在这个圆上。需要求的是相贯线的正面投影和水平投影。可选择水平面作辅助平面,它与圆锥面的截交线为圆,与圆柱面的截交线为两条平行的素线,圆与直线的交点即为相贯线上的点。如图 3-25(a)所示。

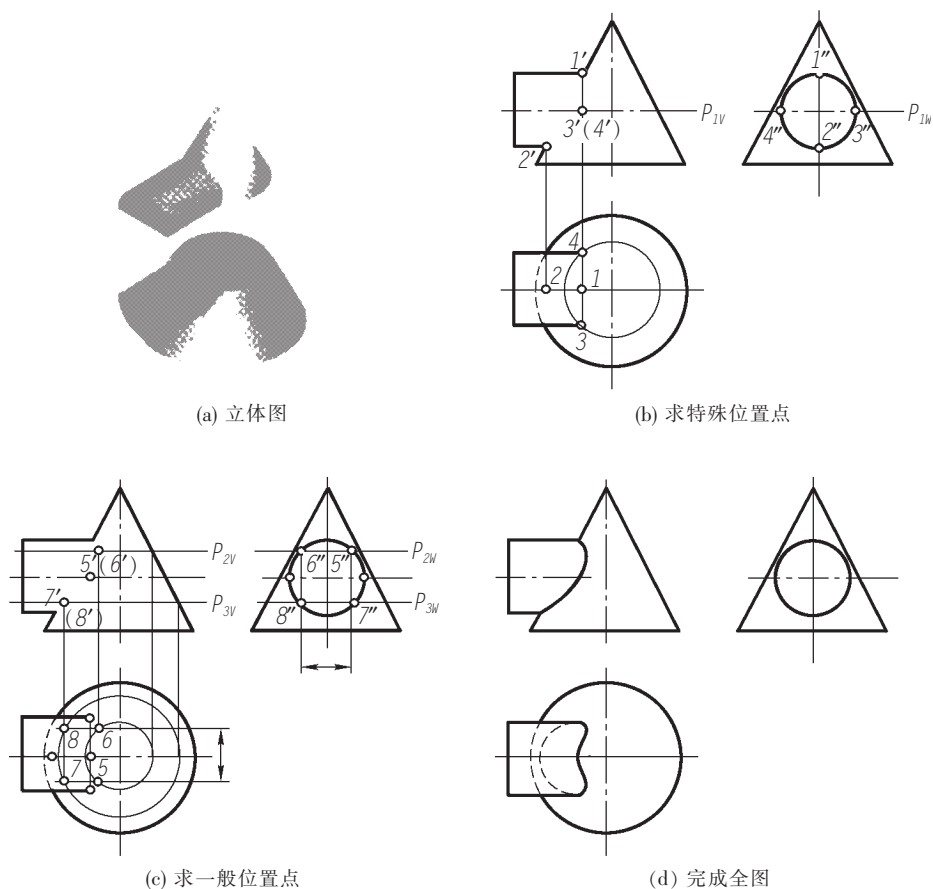


图 3-25 圆柱与圆锥的相贯线

作图:

(1) 求特殊点。如图 3-25(b)所示。在侧面投影圆上确定  $1''$ 、 $2''$ ,它们是相贯线上的最高点和最低点的侧面投影,可直接求出  $1'$ 、 $2'$ ,再根据投影规律求出  $1$ 、 $2$ 。

过圆柱轴线作水平面  $P_1$ ,它与圆柱相交于最前、最后两条素线;与圆锥相交为一圆,它们的水平投影的交点即为相贯线上最前点Ⅲ和最后点Ⅳ的水平投影  $3$ 、 $4$ ,由  $3$ 、 $4$ 和  $3''$ 、 $4''$ 可求出正面投影  $3'$ 、 $4'$ ,这是一对重影点的投影。

(2) 求一般位置点。如图 3-25(c)所示。作水平面  $P_2$ ,求得Ⅴ、Ⅵ两点的投影。需要时还可以在适当位置再作水平辅助面,求出相贯线上的点(如作水平面  $P_3$ ,求出Ⅶ、Ⅷ两点的投影)。

(3) 依次连接各点的同面投影。根据可见性判别原则可知:水平投影中  $3$ 、 $7$ 、 $2$ 、 $8$ 、 $4$  点在下半个圆柱面上,不可见,故画虚线,其余画实线。如图 3-25(d)所示。

### 三、各种形体相贯线的画法

#### 1. 两轴垂直相交的圆柱,相贯线还有三种情况

(1) 图 3-26(a) 表示两实心圆柱相交,其中铅垂圆柱直径较小,相贯线是上下对称的两

条封闭的空间曲线。

(2) 图 3-26(b) 表示圆柱孔与实心圆柱相交, 相贯线也是上下对称的两条封闭的空间曲线。

(3) 图 3-26(c) 表示两圆柱孔相交, 相贯线同样是上下对称的两条封闭的空间曲线。

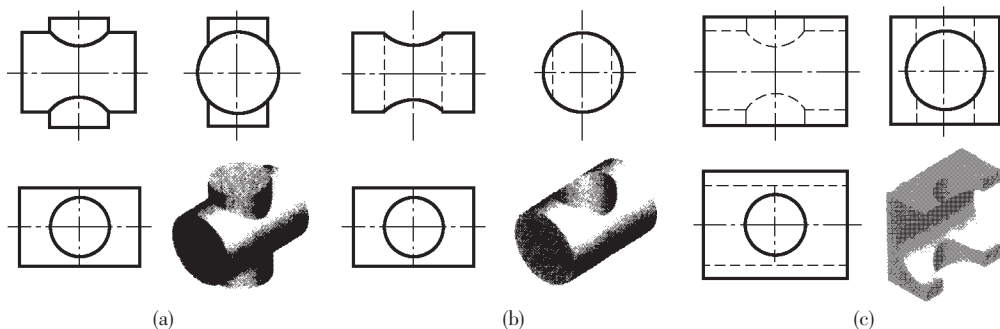


图 3-26 两圆柱的相贯线

## 2. 两回转体相贯的特殊情况

在一般情况下, 两回转体的相贯线是空间曲线。但在某些特殊情况下, 也可能是平面曲线或直线。

(1) 两回转体轴线相交, 且平行于同一投影面, 若它们能公切一个球, 则相贯线是垂直于这个投影面的椭圆。如图 3-27(a) 所示。图中圆柱与圆柱相交, 其轴线相交, 且平行于正面, 并公切一个球, 因此它们的相贯线是垂直于正面的两个椭圆。连接它们正面投影的转向轮廓素线的交点, 得到两条相交直线, 即为相贯线的正面投影。

(2) 两个同轴回转体的相贯线是垂直于轴线的圆。如图 3-27(b) 所示。

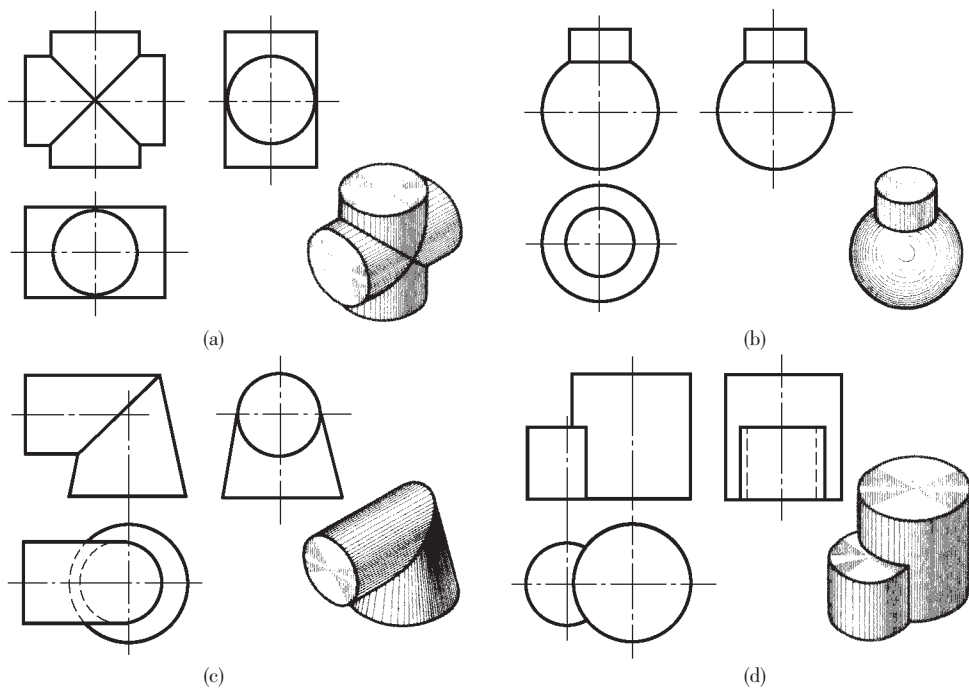


图 3-27 两回转体相贯的特殊情况

- (3) 圆柱与圆锥正交且公切于一个球,相贯线也是一椭圆。如图 3-27(c)所示。  
 (4) 轴线平行的两圆柱的相贯线是两条平行的素线和一段圆弧。如图 3-27(d)所示。

#### 四、综合练习

【例 3-10】 求图 3-28(a)所示立体的相贯线。

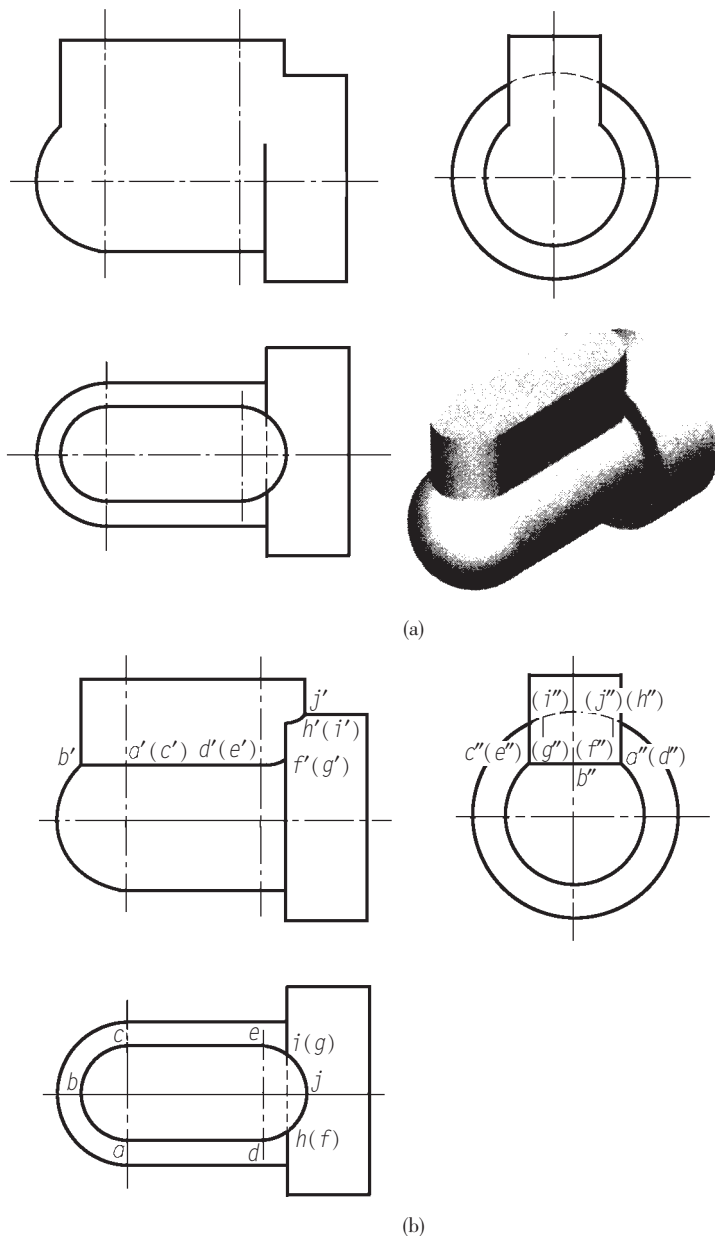


图 3-28 例 3-10 综合相贯练习

分析:该立体的主体由轴线为侧垂线的三个同轴回转体所组成的组合回转体,左端是半球,中间是与半球等径的小圆柱,右端是大圆柱。

立体的上方有一个长圆形凸台,它与半球、小圆柱、大圆柱表面都有相贯线,这个长圆形凸

台由左右两端的半圆柱面和前后两侧的正平面围成。整个相贯体前后对称,相贯线也前后对称。由于凸台的前后、左右表面的水平投影有积聚性,则相贯线的水平投影都重合在其上,因此只要作出相贯线的正面投影和侧面投影。

如图 3-28(b)所示,从左向右逐段分析相贯线。情况如下:

- (1)凸台左端的半圆柱面与半球的相贯线为半个水平的圆周(ABC)。
- (2)凸台前后两个正平面与小圆柱面相交于小圆柱面上的两条素线(AD和CE)。
- (3)凸台右端的半圆柱面与小圆柱面的相贯线分别为前后两段空间曲线(DF和EG)。
- (4)凸台右端的半圆柱面与大圆柱左端面相贯线为前后两条素线(HF和IG)。
- (5)凸台右端的半圆柱面与大圆柱面的相贯线为一段空间曲线(HJI)。

作图:根据分析,从左向右逐段补全相贯线的正面投影和侧面投影,图中的相贯线可以用表面求点(一些特殊点)法作出。如图 3-28(b)所示。

### 五、模型制作

根据图 3-29、图 3-30 中图形和尺寸,制作模型。

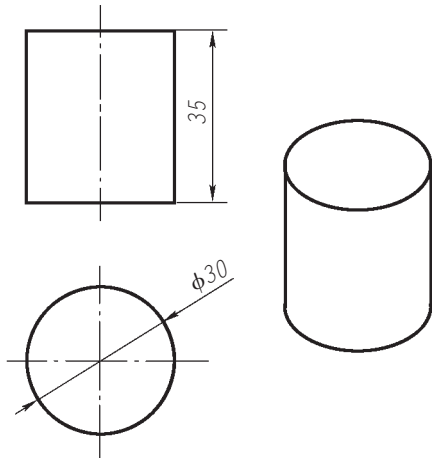


图 3-29 圆柱

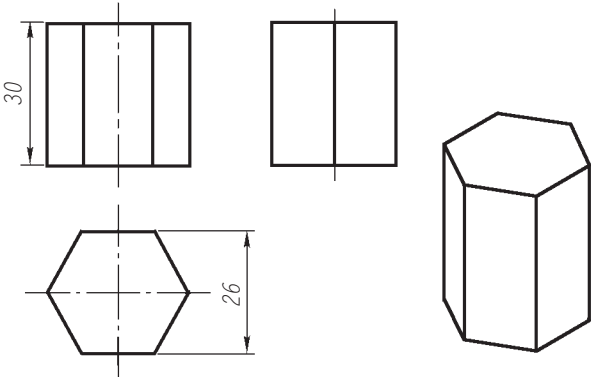


图 3-30 六棱柱

# 第四章 组 合 体

本章主要介绍如何运用形体分析法及线面分析法解决组合体的绘制、阅读,以及尺寸标注等问题,为学习零件图和装配图打下基础。

## 第一节 组合体的组成方式

### 一、组合体的概念

从几何角度看,任何复杂的形体,都可以看成是由一些基本的形体按照一定的连接方式组合而成的。这些基本形体包括棱柱、棱锥、圆柱、圆锥、球和圆环等。由基本形体组成的复杂形体称为组合体。

### 二、组合体的组成方式

组合体的组成方式有切割和叠加两种形式。常见的组合体则是这两种方式的综合。如图 4-1 所示。按照形体特征,组合体可分为叠加类、切割类、综合类三大类。

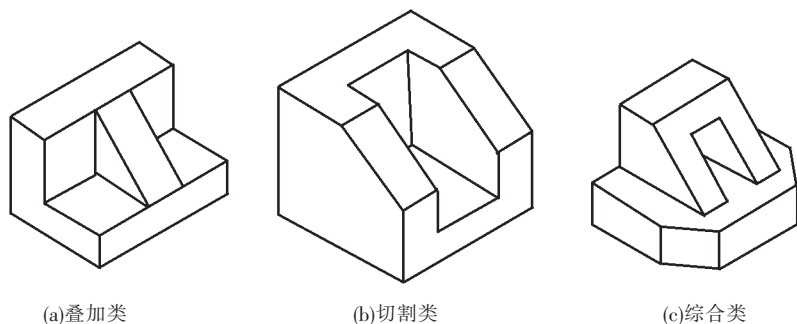


图 4-1 组合体的组成方式

叠加类组合体是指由几个基本几何体叠加而成的组合体。图 4-1(a)所示物体是由两个四棱柱和一个三棱柱叠加而成的。

切割类组合体是指在一个基本几何体上切割去某些形体而形成的组合体。图 4-1(b)所示为在棱柱上割角开槽后形成的形体。

综合类组合体是指既有叠加,又有切割的组合体。如图 4-1(c)所示。

### 三、形体表面间的连接关系

无论以何种方式构成组合体,其基本形体的相邻表面都存在一定的相互关系。其形式一

般可分为平行、相切、相交等情况。

(1) 平行。所谓平行是指两基本形体表面间同方向的相互关系。它又可以分为两种情况:当两基本体的表面平齐时,两表面为共面,因而视图上两基本体之间无分界线。如图 4-2(a)所示。而如果两基本体的表面不平齐时,则必须画出它们的分界线。如图 4-2(b)所示。

(2) 相切。当两基本形体的表面相切时,两表面在相切处光滑过渡,不应画出切线。如图 4-2(c)所示。

当两曲面相切时,则要看两曲面的公切面是否垂直于投影面。如果公切面垂直于投影面,则在该投影面上相切处要画线,否则不画线。如图 4-2(d)所示。

(3) 相交。当两基本形体的表面相交时,相交处会产生不同形式的交线,在视图中应画出这些交线的投影。如上一章中的截交线和相贯线。

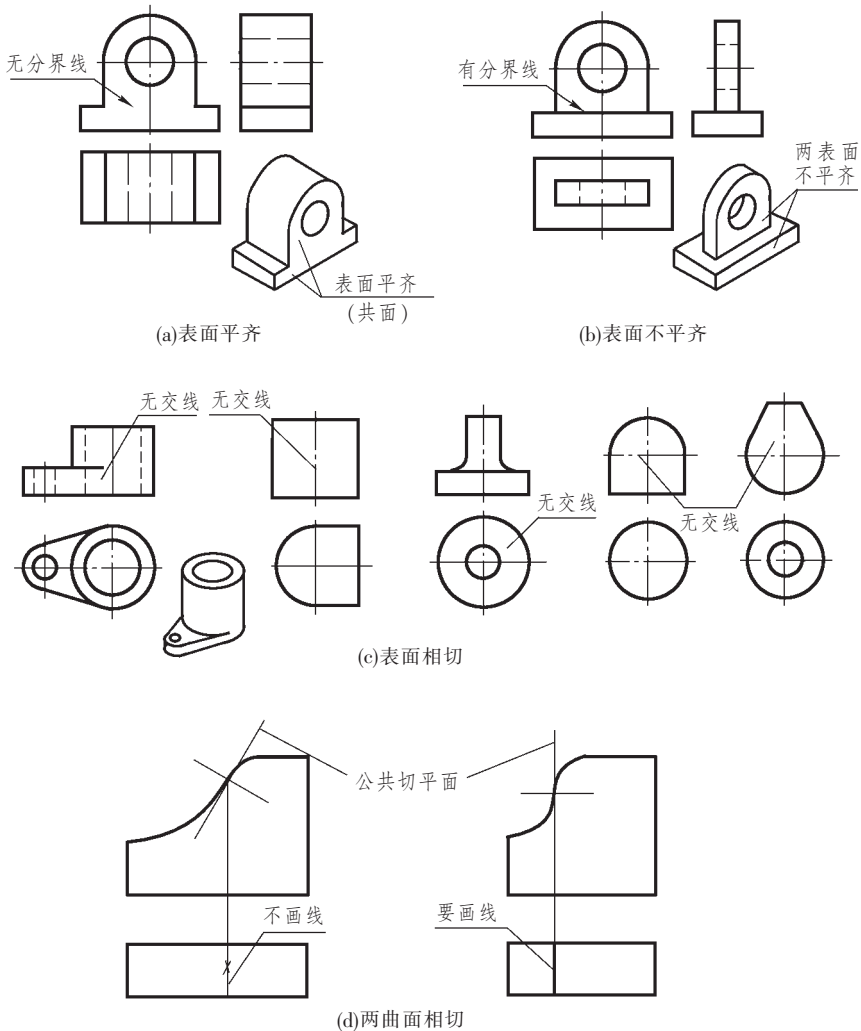


图 4-2 组合体相邻表面相互关系

#### 四、形体分析法

由于组合体的形状比较复杂,在画图、读图、标注尺寸的过程中,常常要运用形体分析法。

所谓形体分析就是将组合体按照其组成方式分解为若干个基本形体,以便弄清各基本形体的形状、相对位置和表面间的相互关系,这种方法称为形体分析法。形体分析法是解决组合体问题的基本方法。

如图 4-3(a)所示,此轴承座可看成是由两个四棱柱(下面棱柱切去四角)、一个半圆柱和两个肋板叠加后[如图 4-3(b)所示],再切去一个大圆柱和四个小圆柱后形成的。如图 4-3(c)所示。

一个组合体可以分为哪些基本形体,如何划分,一方面取决于形体自身的形状和结构;另一方面要便于画图和读图。

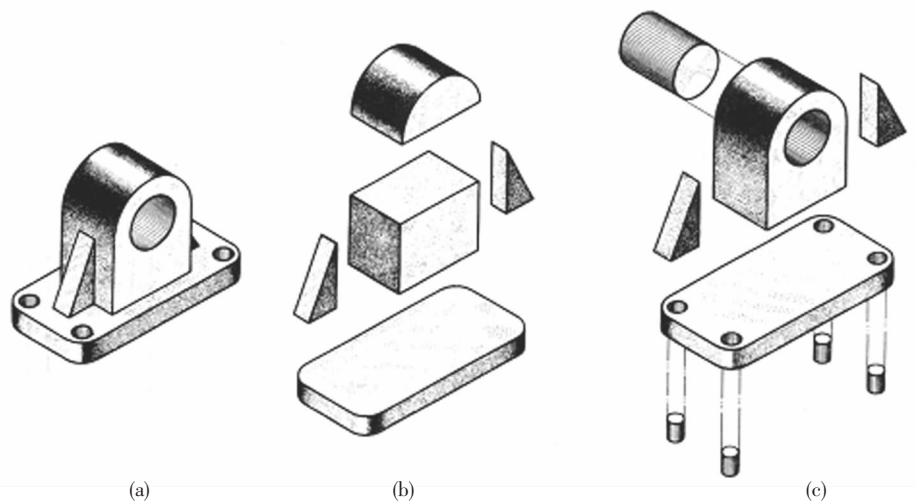


图 4-3 轴承座的形体分析

## 第二节 组合体三视图的画法

### 一、叠加类组合体的画法

#### 1. 叠加类组合体的作图方法

画叠加类组合体的三视图时,首先要对组合体进行形体分析,然后逐个画出各个基本几何体的三视图,最后分析各形体之间的连接关系,擦去不必要的线,完成三视图。

#### 2. 叠加类组合体的作图步骤

下面以图 4-4 为例说明其画图步骤。

(1) 形体分析。形体分析的目的在于弄清组合体的形状结构及表面连接关系。图 4-4 所示的轴承座毛坯由底板、支承板、圆筒等组成,支承板的两侧面与圆筒外表面相切。

(2) 主视图的选择。主视图是表达形体的各个视图最重要的视图。因此在选择主视图时,应以最能表达组合体形状特征的投影作为主视图,同时还应考虑到其他视图

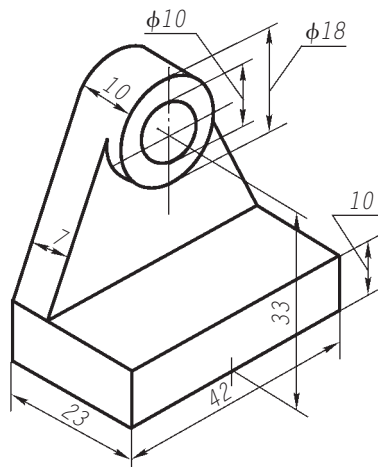


图 4-4 轴承座毛坯的轴测图

(俯视图、左视图)的作图方便。本形体以圆筒投影为圆的视图作为主视图,这样能更好地反映三个基本形体的形状和连接关系。

视图数量的确定。组合体视图数量的确定,应以能够充分表达各形体间的真实形状和相对位置为原则。如图 4-4 所示轴承座,主视图选定之后,左视图更进一步表达了底板、支承板和圆筒的前后位置关系;俯视图侧重表达底板的形状。因此,该形体采用三个视图来表达。

(3)选比例,定图幅。根据组合体的复杂程度和大小选择绘图比例,选定图纸幅面。

(4)画底稿。先画各视图的基准线、定位线,然后按组成情况逐一绘制各形体,注意同一形体绘制的先后顺序。图 4-4 轴承座的作图步骤如图 4-5 所示:

- ① 画出底板的三视图。如图 4-5(a)所示。
- ② 画出圆柱体的三视图。如图 4-5(b)所示。
- ③ 画出支承板的三视图。如图 4-5(c)所示。
- ④ 擦去多余图线,按规定描深各种图线。如图 4-5(d)所示。
- (5)检查描深。

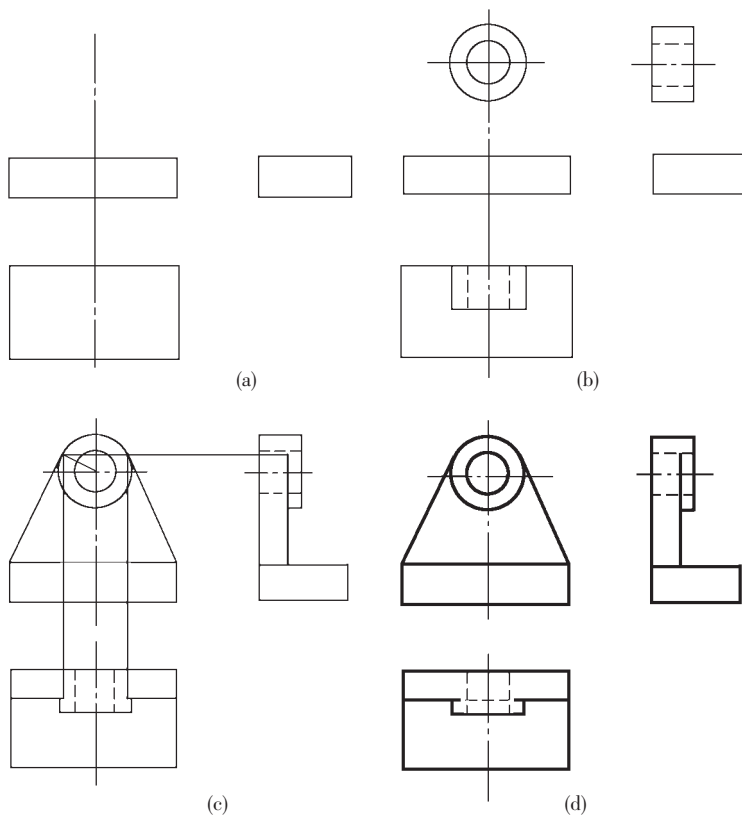


图 4-5 轴承座毛坯的作图步骤

## 二、切割类组合体的画法

### 1. 切割类组合体的作图方法

切割类组合体的作图方法与叠加类组合体基本相同,只是其作图步骤有所不同。下面以图 4-6 所示支座为例进行分析。



## 2. 切割类组合体的作图步骤

(1)形体分析。该支座属于切割类组合体,它是由长方体分别进行一系列切割而成。即在长方体的左上方切去一梯形块,在其左下中部和右上中部开槽。

(2)主视图的选择。选择能最多地反映物体切割情况的视图作为主视图。如图4-6所示,选择箭头所指方向为主视方向,能反映所有三次切割情况。

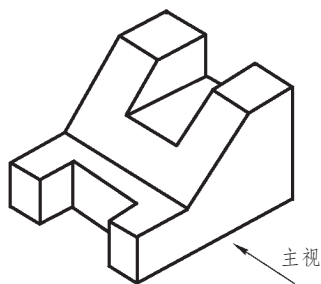


图4-6 支座的轴测图

(3)作图步骤,见图4-7所示:

- ①画切割前四棱柱的三视图。如图4-7(a)所示。
- ②画切去一四棱柱后的三视图。如图4-7(b)所示。
- ③画左侧切槽后的三视图。如图4-7(c)所示。
- ④画右上方切槽后的三视图,检查描深。如图4-7(d)所示。

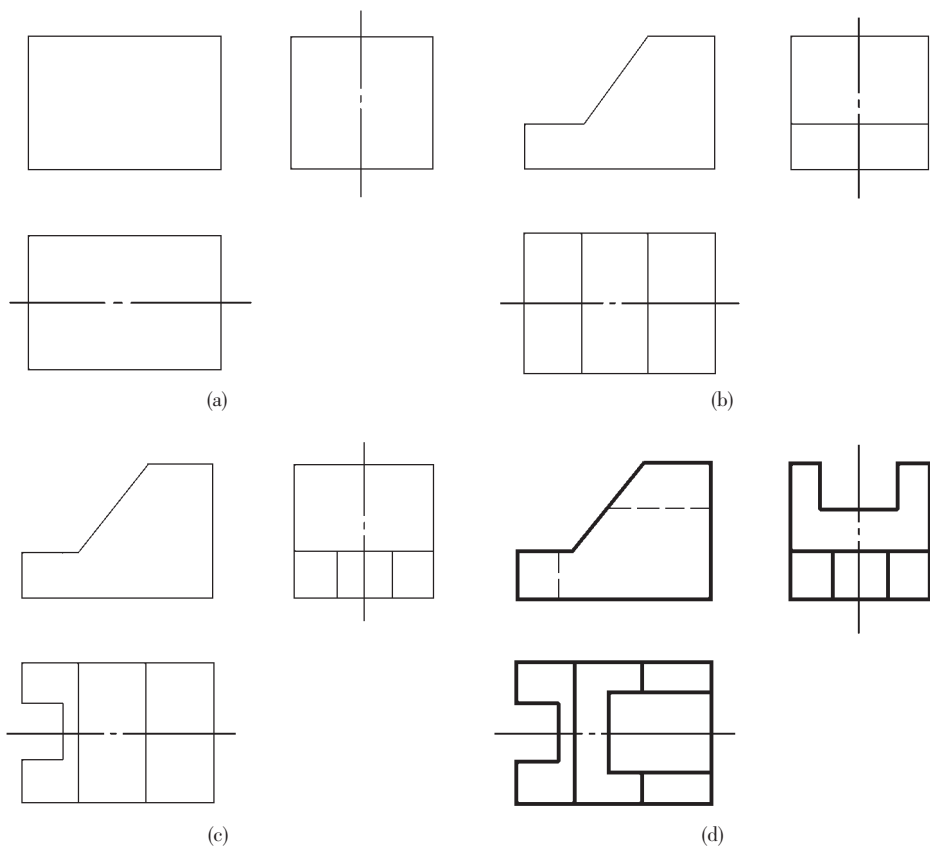


图4-7 切割类组合体的作图步骤

## 三、组合体视图画法练习

【例4-1】绘出图4-8所示轴承座三视图。

### 1. 形体分析

画图之前,首先应对组合体进行形体分析。分析组合体由哪几部分组成,各部分之间的相对位置,相邻两基本体的组合形式,是否产生交线等。图中轴承座由上部的1凸台、2轴承、3

支承板、4 底板及 5 肋板五部分组成。凸台与轴承是两个垂直相交的空心圆柱体,在外表面和内表面上都有相贯线。支承板、肋板和底板分别是不同形状的平板。支承板的左、右侧面都与轴承的外圆柱面相切,肋板的左、右侧面与轴承的外圆柱面相交,底板的顶面与支承板、肋板的底面相互重合。

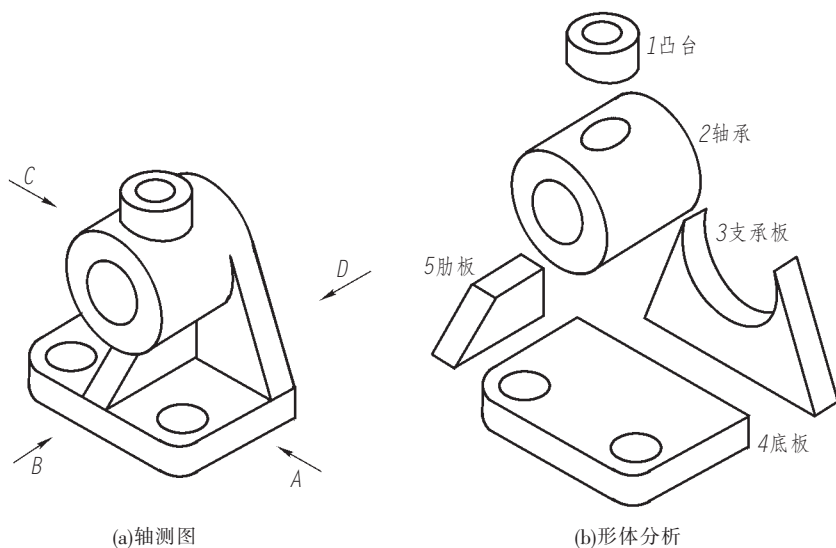


图 4-8 轴承座

## 2. 选择视图

首先要确定主视图。一般是将组合体的主要表面或主要轴线放置在与投影面平行或垂直位置,并以最能反映该组合体各部分形状和位置特征的一个视图作为主视图。同时还应考虑到:

- (1) 使其他两个视图上的虚线尽量少一些。
- (2) 尽量使画出的三视图长大于宽。

后两点不能兼顾时,以前面所讲主视图的选择原则为准。沿  $B$  向观察,所得视图满足上述要求,可以作为主视图。主视图方向确定后,其他视图的方向则随之确定。

## 3. 选择图纸幅面和比例

根据组合体的复杂程度和尺寸大小,应选择国家标准规定的图幅和比例。在选择时,应充分考虑到视图、尺寸、技术要求及标题栏的大小和位置等。

## 4. 布置视图,画作图基准线,画底稿

根据组合体的总体尺寸,通过简单计算,将各视图均匀地布置在图框内。各视图位置确定后,用细点划线或细实线画出作图基准线。作图基准线一般为底面、对称面、重要端面、重要轴线等。如图 4-9(a) 所示。

依次画出每个简单形体的三视图。如图 4-9(b)~(f) 所示。画底稿时应注意:

(1) 在画各基本形体的视图时,应先画主要形体,后画次要形体;先画可见的部分,后画不可见的部分。如图中先画底板和轴承,后画支承板和肋板。

(2) 画每一个基本形体时,一般应该三个视图对应着一起画。先画反映实形或有特征的视图,再按投影关系画其他视图(如图中轴承先画主视图,凸台先画俯视图,支承板先画主视图等)。尤其要注意必须按投影关系正确地画出平行、相切和相交处的投影。

## 5. 检查、描深

检查底稿,改正错误,然后再描深。如图 4-9(f)所示。

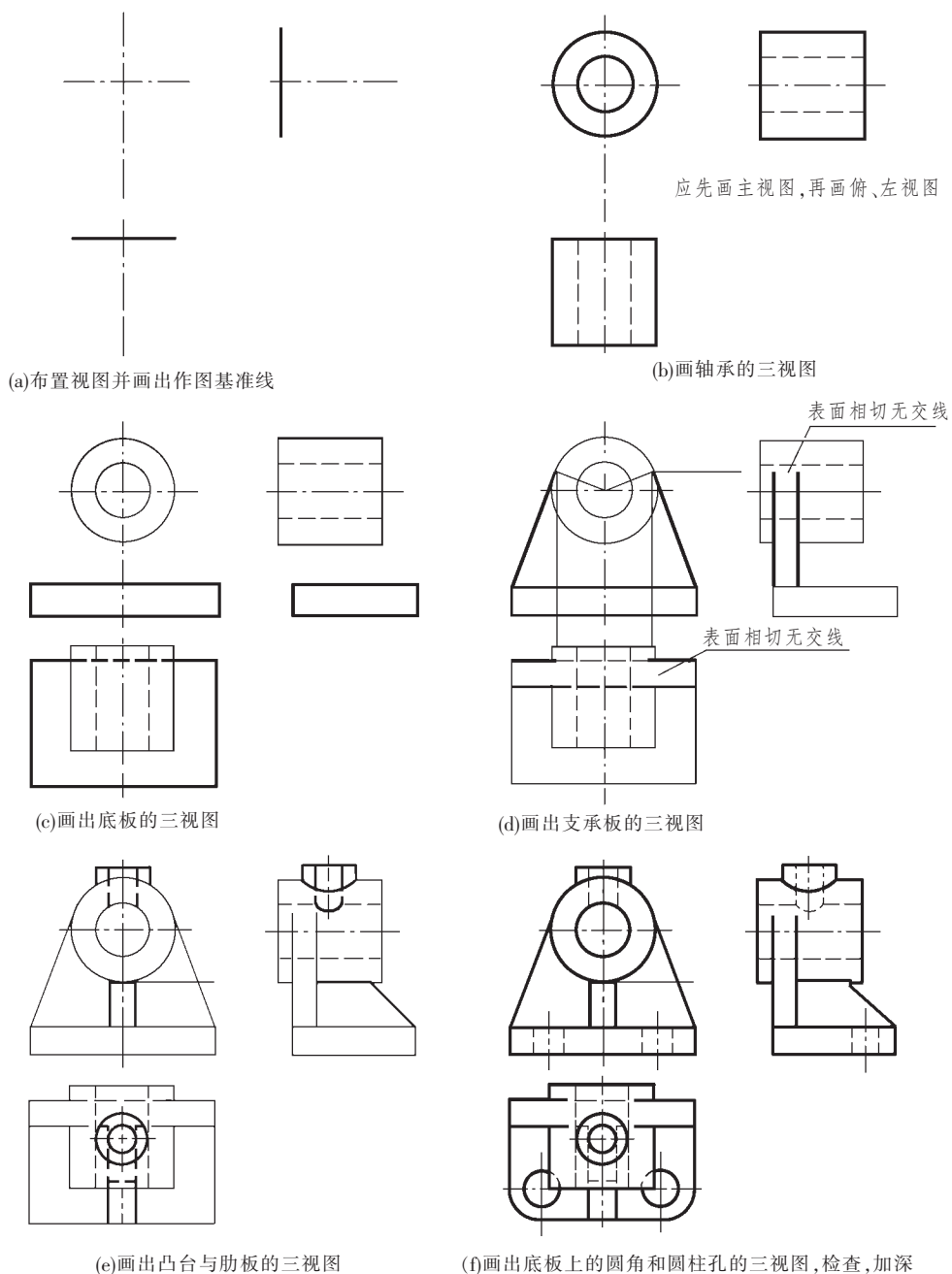


图 4-9 组合体三视图的画图步骤

### 第三节 组合体三视图的尺寸标注

组合体的视图表达了机件的形状,而机件的大小则应由视图上所标注的尺寸来确定。图样上标注尺寸一般应做到以下几点:正确、完整、清晰、合理。

合理是指尺寸标注要满足机件的设计要求和制造工艺要求,这将在零件图中作介绍。本节着重讨论如何使尺寸标注正确、完整、清晰的问题。

#### 一、基本形体的尺寸标注

要掌握组合体的尺寸标注,必须先了解基本形体的尺寸标注方法。常见基本形体的尺寸标注法,如图 4-10 所示。在标注基本形体的尺寸时,要注意标注出长、宽、高三个方向的尺寸。

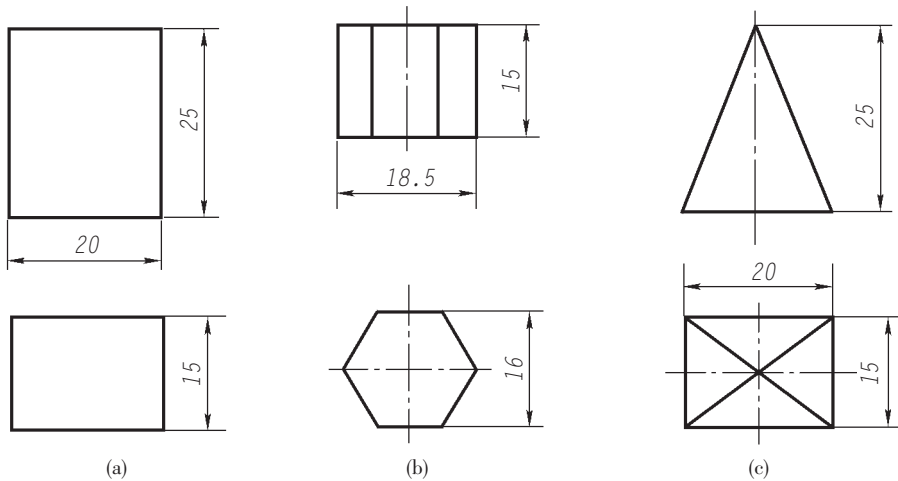


图 4-10 平面立体的尺寸标注

#### 1. 平面立体的尺寸标注

如图 4-10 所示,长方体应标出其长、宽、高 3 个方向的尺寸;六棱柱应标出其高度尺寸和底面尺寸,底面为正六边形时一般标注其对边尺寸,并标注对角尺寸作为参考尺寸;四棱锥必须标注底面的长、宽尺寸和高度尺寸。

#### 2. 曲面立体的尺寸标注

如图 4-11 所示,圆柱、圆锥台等须标出底圆直径尺寸和高度尺寸;球只需标出球面的直径或半径,并在直径尺寸数字前加注“S $\phi$ ”,在半径尺寸数字前加注“SR”。

#### 二、切割体和相贯体的尺寸标注

基本形体上的切口、开槽或穿孔等,一般只标注截切平面的定位尺寸和开槽或穿孔的定形尺寸,而不标注截交线的尺寸。如图 4-12 所示。图中打“ $\times$ ”号的尺寸是错误的。

两基本形体相贯时,应标注两立体的定形尺寸和表示相对位置的定位尺寸,而不应标注相贯线的尺寸。如图 4-13 所示。

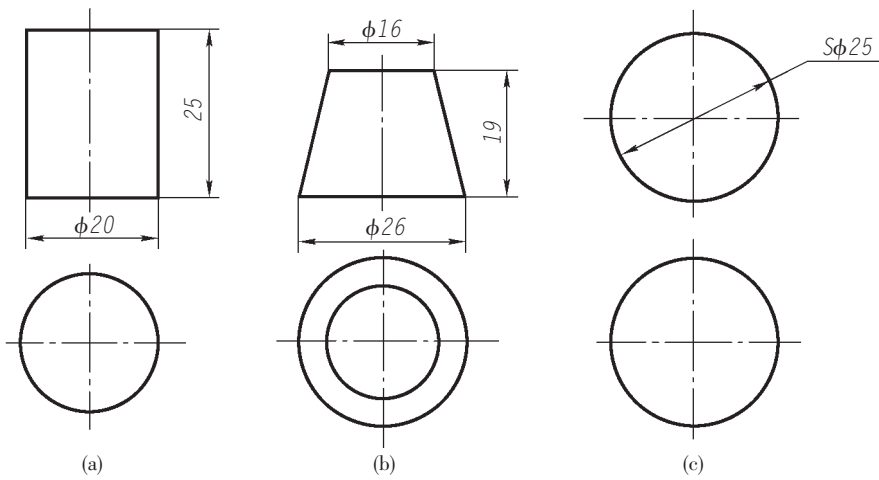


图 4-11 曲面立体的尺寸标注

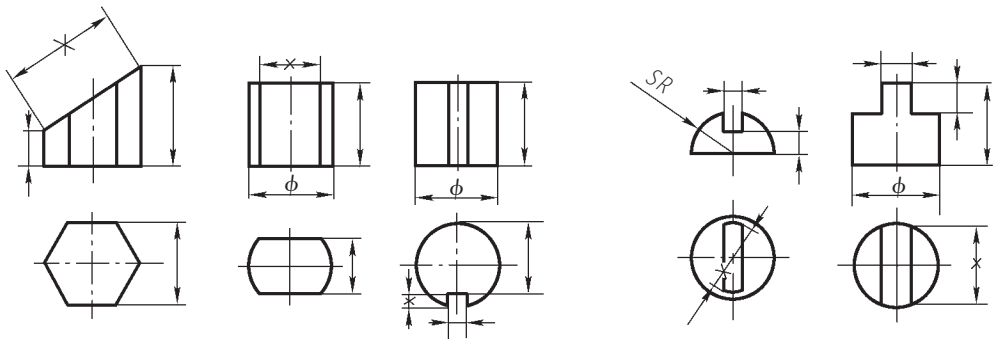


图 4-12 切割体的尺寸标注

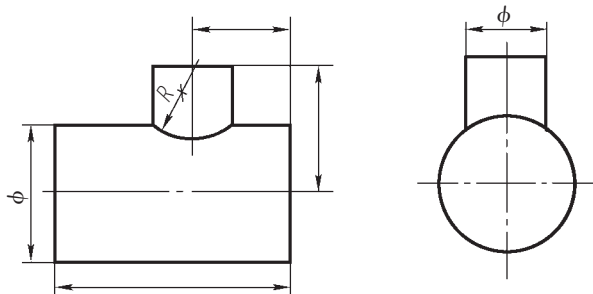


图 4-13 相贯体的尺寸标注

### 三、组合体的尺寸标注

#### 1. 尺寸标注要正确

尺寸注法要符合有关国家标准的规定。

#### 2. 标注尺寸要完整

在唯一完全确定组成组合体的各基本体的定形、定位尺寸的前提下，尺寸数量应不多不少，这就是完整要求。要达到这个要求，应首先按形体分析法将组合体分解为若干基本体，再注出表示各个基本体大小的尺寸及确定这些基本体间相对位置的尺寸。前者称为定形尺寸，

后者称为定位尺寸。按照这样的分析方法去标注尺寸,就比较容易做到既不漏标尺寸,也不会重复标注尺寸。

下面以图 4-14 所示的支架为例,说明尺寸标注过程中的分析方法。

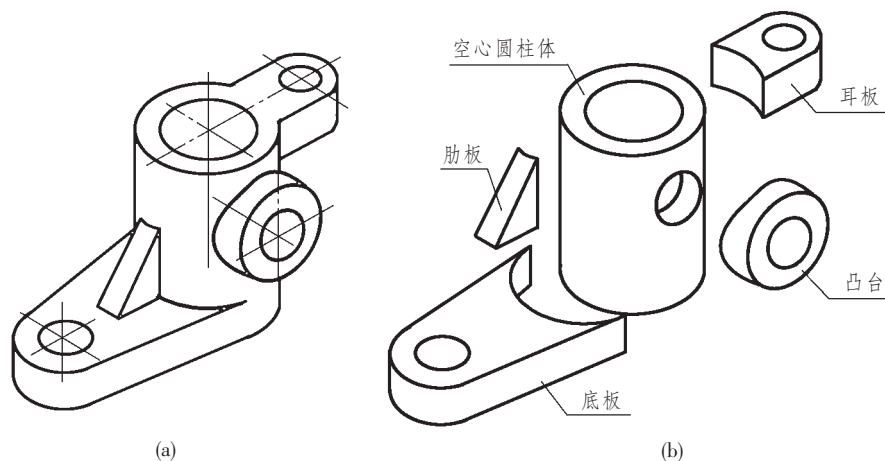


图 4-14 支座及其形体分析

(1) 形体分析。如图 4-14(b)所示,支座可分解为空心圆柱体、底板、肋板、耳板及凸台五部分。从图 4-13(a)可看出,肋板的底面与底板的顶面叠合;底板的两侧面与圆柱体相切;肋板和耳板的侧面均与圆柱体相交;凸台与圆柱体垂直相交,两圆柱的通孔连通。

(2) 标注尺寸

① 逐个注出各基本形体的定形尺寸。将支座分解为五个基本形体,分别注出其定形尺寸。这些尺寸标注在哪个视图上,要根据具体情况而定。如图 4-15 所示。如直立圆柱的尺寸 80 和  $\phi 40$  可注在主视图上(根据情况, $\phi 40$  也可注在俯视图上),但  $\phi 72$  在主视图上标注不清楚,所以标注在左视图上。底板的尺寸  $\phi 22$  和  $R22$  注在俯视图上最适当,而厚度尺寸 20 只能注在主视图上。其余各部分尺寸请读者自行分析。

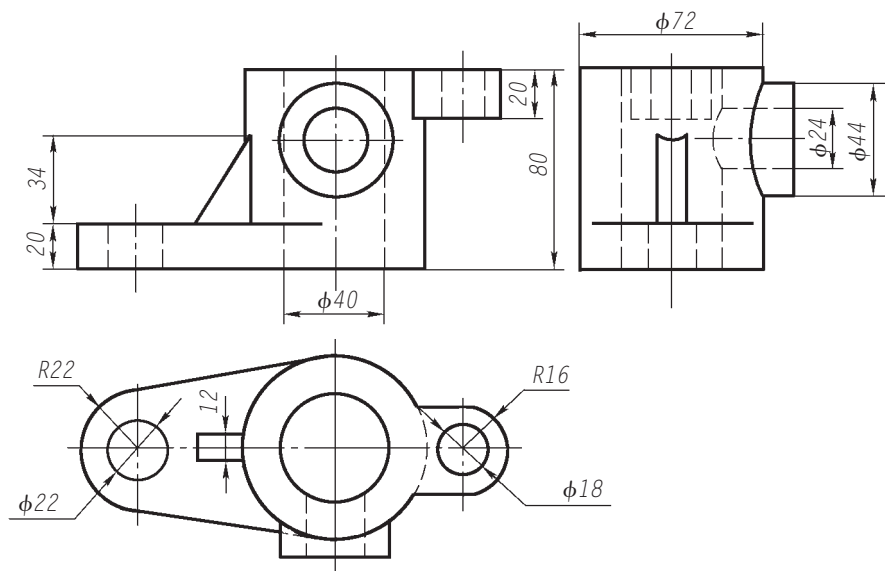


图 4-15 支座的定形尺寸分析

② 标注确定各基本形体相对位置的尺寸。先选定支座长、宽、高三个方向的尺寸基准。如图 4-16 所示。在长度方向上注出直立圆柱与底板、肋板、耳板的相对位置尺寸 80、56、52；在宽度和高度方向上，注出凸台与直立圆柱的相对位置尺寸 48、28。应注意：56、52、48 同时又分别是肋板、耳板、凸台的定形尺寸。

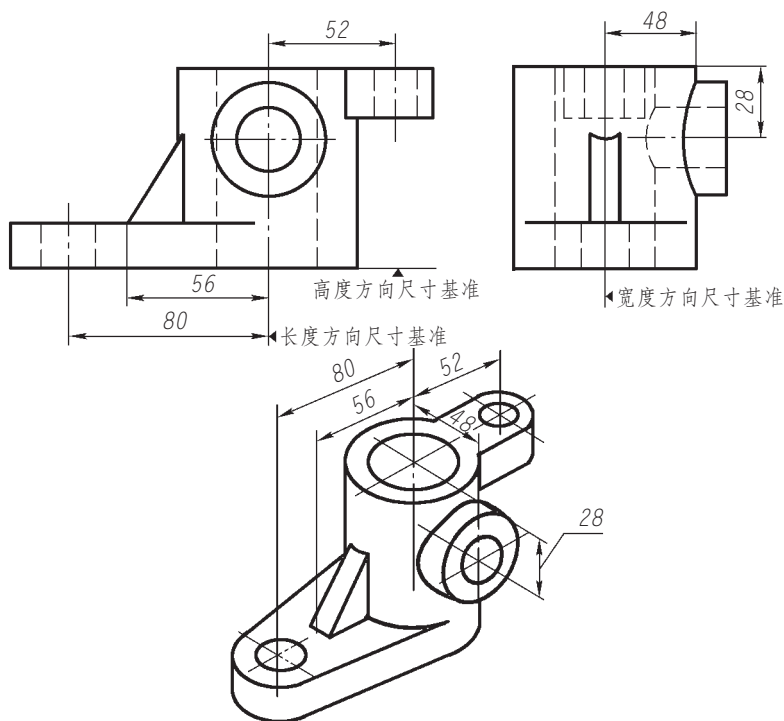


图 4-16 支座的定位尺寸分析

③ 标注总体尺寸。为了表示组合体外形的总长、总宽和总高，应标注相应的总体尺寸。支架的总高尺寸为 80，而总长和总宽尺寸则由于标出了定位尺寸而不独立了，这时一般不再标注其总体尺寸。如图 4-17 中标注了定位尺寸 80、52，以及圆弧半径  $R22$  和  $R16$  后，就不再标注总长尺寸 ( $80+52+22+16=170$ )。左视图上注出了定位尺寸 48 后，不再标注总宽尺寸 ( $48+72/2=84$ )。支座完整的尺寸标注如图 4-17 所示。

### 3. 标注尺寸要清晰

标注尺寸时，除了要求完整外，为了便于读图，还要求标注得清晰。现以图 4-17 为例，说明几个主要的考虑因素：

(1) 尺寸应尽量标注在表示形体特征最明显的视图上。如图中肋的高度尺寸 34，注在主视图上比注在左视图上为好；凸台的定位尺寸 28，注在左视图上比注在主视图上为好；而底板的定形尺寸  $R22$  和  $\phi 22$ ，则应注在表示该部分形状最明显的俯视图上。

(2) 同一基本形体的定形尺寸以及相关连的定位尺寸，尽量集中标注。如图中将凸台的定形尺寸  $\phi 24$ 、 $\phi 44$  标在左视图上，这样便和它的定位尺寸 28、48 全部集中在一起，因而比较清晰，也便于寻找尺寸。

(3) 尺寸应尽量注在视图的外侧，以保持图形的清晰。同一方向几个连续尺寸应尽量放在同一条线上。如图中将肋板的定位尺寸 56、耳板的定位尺寸 52 和凸台的定位尺寸 48 排在一条线上，使尺寸标注显得较为清晰。

(4) 同心圆柱的直径尺寸尽量注在非圆视图上,而圆弧的半径尺寸则必须注在投影为圆弧的视图上。如图中直立空心圆柱的直径 $\phi 72$ ,注在左视图上;而底板及耳板上的圆弧半径 $R22$ 、 $R16$ ,则必须注在俯视图上。

(5) 尽量避免在虚线上标注尺寸。如图中直立空心圆柱的孔径 $\phi 40$ ,若标注在主、左视图上,将从虚线引出,因此便注在俯视图上。

(6) 尺寸线与尺寸界线,尺寸线、尺寸界线与轮廓线都应避免相交。相互平行的尺寸应按“小尺寸在内,大尺寸在外”的原则排列。

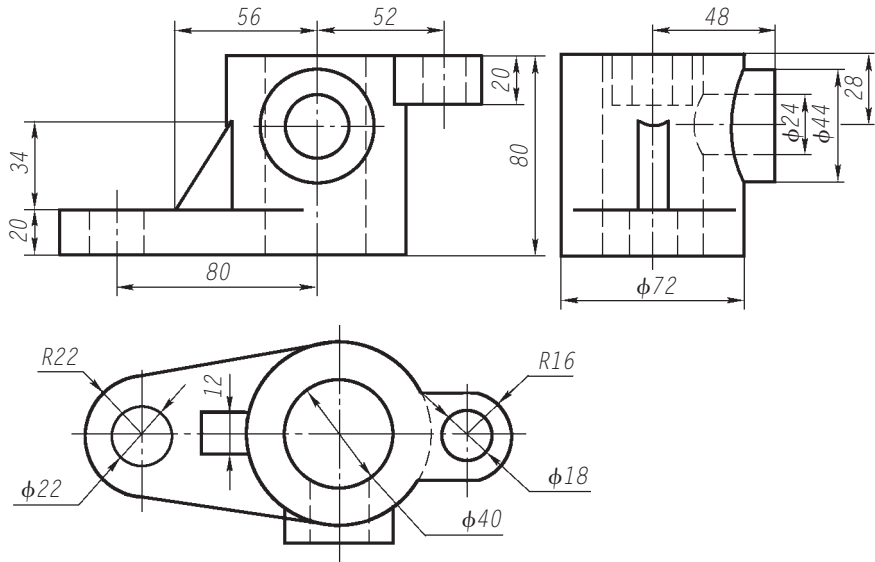


图 4-17 支座的尺寸标注

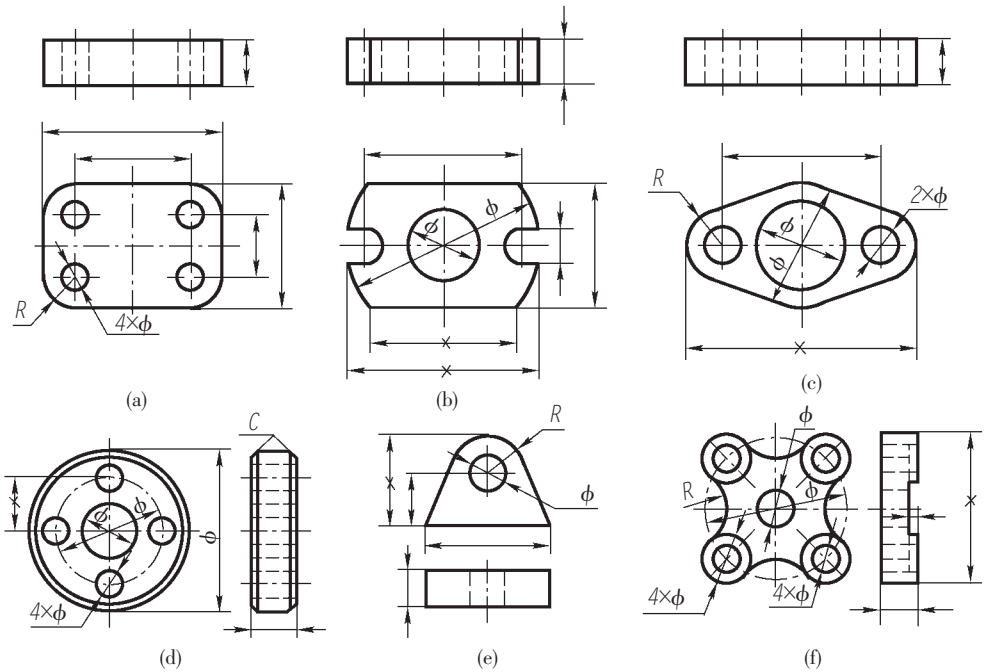


图 4-18 常见结构的尺寸注法



(7) 内形尺寸与外形尺寸最好分别注在视图的两侧。在标注尺寸时,有时会出现不能兼顾以上各点的情况,这时必须在保证尺寸标注正确、完整的前提下,灵活掌握,力求清晰。

图 4-18 列出了一些常见结构的尺寸注法。从图中可以看出,当这些结构在某个投影图中以圆弧为轮廓线时,一般不注总体尺寸而是注出圆心位置和圆弧半径或直径即可。如图 4-18(c)、(e)、(f) 所示。当圆弧只是作为圆角时,则既要注出圆角半径,也要注出总长、总宽等尺寸。如图 4-18(a) 所示。其他尺寸请读者自行分析。

## 第四节 读组合体视图的方法和步骤

画图和读图是学习本课程的两个重要环节。画图是把空间形体用正投影方法表达在平面上;而读图则是运用正投影原则,根据视图进行分析、想象出空间形体的结构形状。所以,要能正确、迅速地读懂视图,必须掌握读图的基本知识和基本方法,培养空间想象力和形体构思能力,并通过不断实践,逐步提高读图能力。

### 一、读图的基本要领

读图时,除必须熟练掌握各种位置直线、平面以及基本体的投影特性外,还需要领会以下几点:

#### 1. 须把几个视图联系起来看

由于物体的一个视图不能完全确定物体的形状。如图 4-19 所示的九组视图中,它们的主视图或俯视图是相同的,但实际上前五种和后四种分别是不同形状的物体。

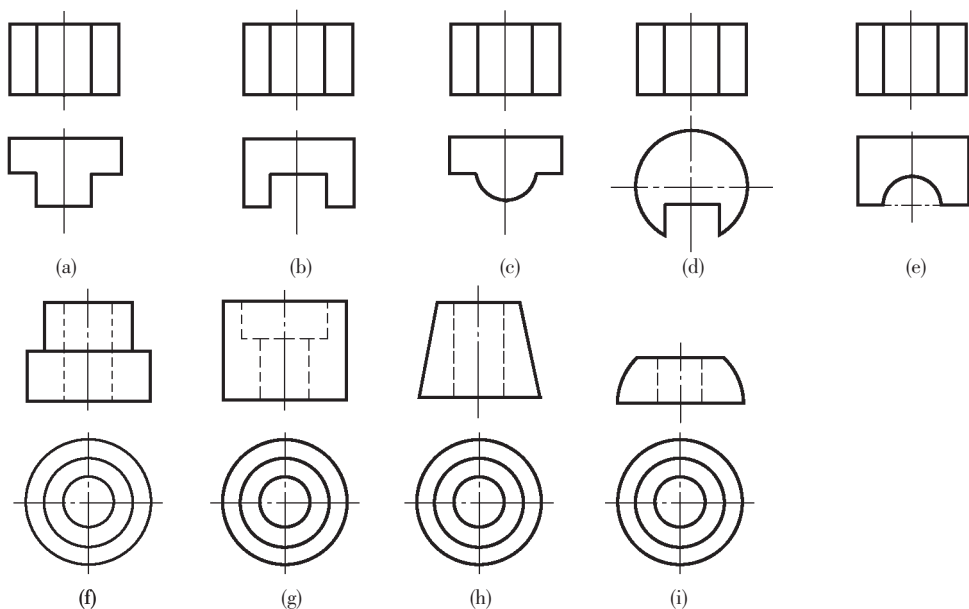


图 4-19 一个视图不能确定物体的形状

图 4-20 所示的三组视图,它们的主、俯视图都相同,但也表示了三种不同形状的物体。由此可见,读图时,一般要将几个视图联系起来阅读、分析和构思,才能弄清物体的形状。

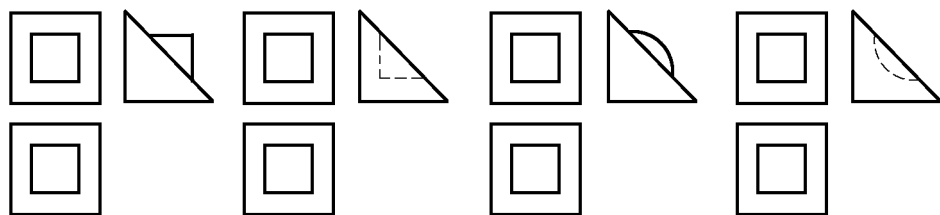


图 4-20 几个视图同时分析才能确定形状

## 2. 寻找反映物体形状的特征视图

所谓特征视图,就是把物体的形状特征及相对位置反映得最充分的那个视图。例如图 4-20 中的左视图。找到这个视图,再配合其他视图,就能较快地认清物体了。

但是,由于组合体的组成方式不同,物体的形状特征及相对位置并非总是集中在一个视图上,有时是分散于各个视图上。例如图 4-21 中的支架就是由四个形体叠加构成的。主视图反映物体 A、B 的特征,俯视图反映物体 D 的特征。所以在读图时,要抓住反映特征较多的视图。

由此可见,读图时必须把给出的全部视图联系起来分析,才能想象出物体的形状。

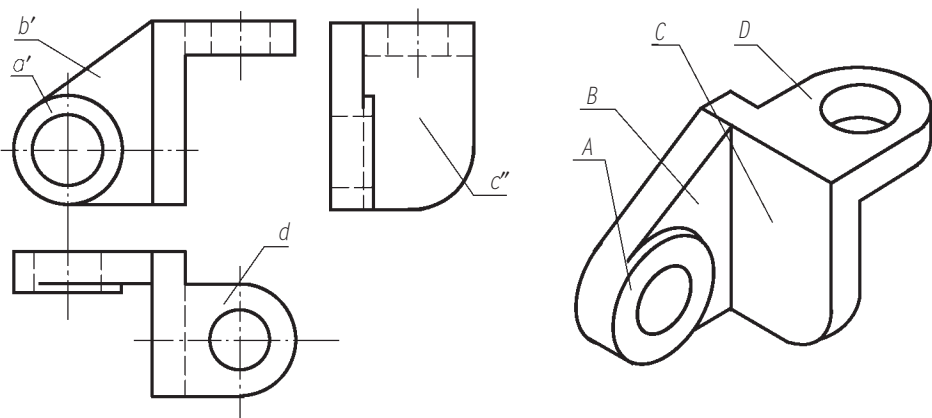


图 4-21 读图时寻找特征视图

## 3. 善于分析视图中的线框和图线的含义

弄清视图中线和线框的含义,是看图的基础。下面以图 4-22 为例说明。

(1) 视图中的每个封闭线框,通常表示物体上一个表面(平面或曲面)的投影。如图 4-22(a)所示主视图中有四个封闭线框,对照俯视图可知,线框  $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$  分别是六棱柱前(后)三个棱面的投影;线框  $d'$  则是前(后)圆柱面的投影。

(2) 相邻两线框或大线框中有小线框,则表示物体不同位置的两个表面。可能是两表面相交,如图 4-22(a)中的 A、B、C 面依次相交;也可能是同向错位(如上下、前后、左右),如图 4-22(a)所示俯视图中大线框六边形中的小线框图,就是六棱柱顶面(在下)与圆柱顶面(在上)的投影。

视图中的线框还可表示孔的投影或两相切表面的投影。如图 4-21 所示。

(3) 视图中的每条图线,可能是立体表面有积聚性的投影,如图 4-22(b)所示主视图中的  $1'$  是圆柱顶面 I 的投影;或者是两平面交线的投影,如图 4-22(b)所示主视图中的  $2'$  是 A 面

与 B 面交线 II 的投影;也可能是曲面转向轮廓线的投影,如图 4-22(b)所示主视图中 3' 是圆柱面前后转向轮廓线 III 的投影。

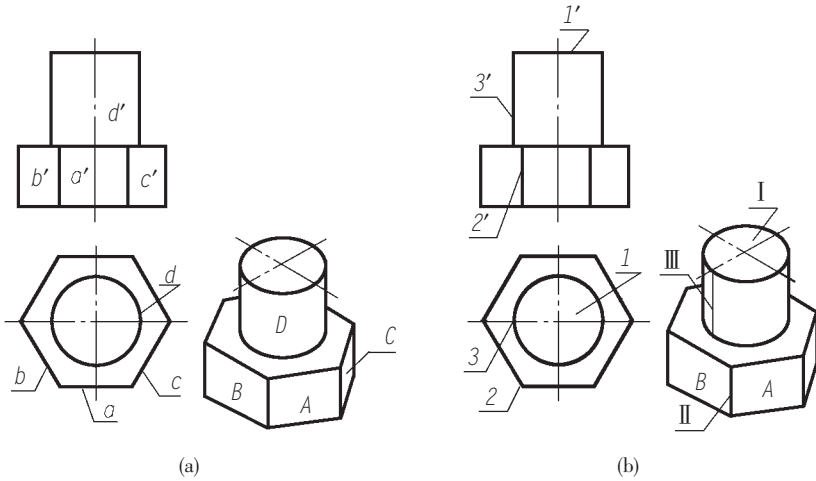


图 4-22 视图中线框和图框的含义

## 二、读图的基本方法

### 1. 形体分析法

形体分析法是读图的基本方法。一般是从反映物体形状特征的主视图着手,对照其他视图,初步分析出该物体是由哪些基本形体以及通过什么连接关系形成的。然后按投影特性,逐个找出各基本体在其他视图中的投影,以确定各基本体的形状和它们之间的相对位置,最后综合想象出物体的总体形状。

下面以图 4-23 所示轴承座为例,说明用形体分析法读图的方法。

(1) 从视图中分离出表示各基本形体的线框。将主视图分为四个线框。其中线框 III 为左右两个完全相同的三角形,因此可归纳为三个线框。每个线框各代表一个基本形体。如图 4-23(a)所示。

(2) 分别找出各线框对应的其他投影,并结合各自的特征视图,逐一构思它们的形状。如图 4-23(b)所示,线框 I 的主、俯两视图是矩形,左视图是 L 形,可以想象出该形体是一块直角弯板,板上钻了两个圆孔。如图 4-23(c)所示,线框 II 的俯视图是一中间带有两条直线的矩形,其左视图是一个矩形,矩形的中间有一条虚线,可以想象出它的形状是在一个长方体的中部挖了一个半圆槽。如图 4-23(d)所示,线框 III 的俯、左两视图都是矩形。因此它们是两块三角形板,对称地分布在轴承座的左右两侧。

(3) 根据各部分的形状和它们的相对位置,综合想象出其整体形状。如图 4-23(e)、(f)所示。

### 2. 线面分析法

当形体被多个平面切割、形体的形状不规则或在某视图中形体结构的投影重叠时,应用形体分析法往往难于读懂。这时,需要运用线、面投影理论来分析物体的表面形状、面与面的相对位置以及面与面之间的表面交线,并借助立体的概念来想象物体的形状。这种方法称为线面分析法。

下面以图 4-24 所示压块为例,说明线面分析的读图方法。

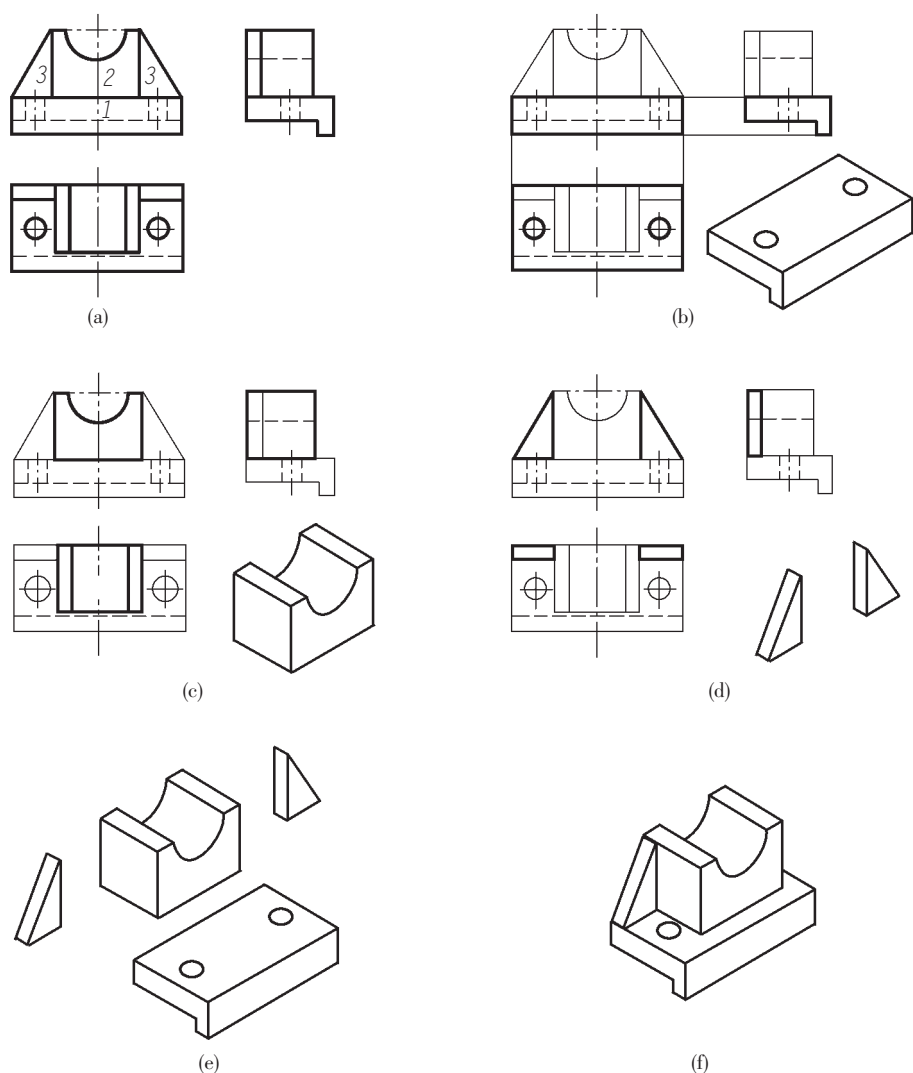


图 4-23 轴承座的形体分析

(1) 确定物体的整体形状。根据图 4-24(a), 压块三视图的外形均是有缺角和缺口的矩形, 可初步认定该物体是由长方体切割而成且中间有一个阶梯圆柱孔。

(2) 确定切割面的位置和面的形状。由图 4-24(b)可知, 在俯视图中有梯形线框  $a$ , 而在主视图中可找出与它对应的斜线  $a'$ , 由此可见  $A$  面是垂直于  $V$  面的梯形平面。长方体的左上角是由  $A$  面切割而成, 平面  $A$  对  $W$  面和  $H$  面都处于倾斜位置, 所以它们的侧投影  $a''$  和水平投影  $a$  是类似图形, 不反映  $A$  面的真实形状。

由图 4-24(c)可知, 在主视图中有七边形线框  $b'$ , 而在俯视图中可找出与它对应的斜线  $b$ , 由此可见  $B$  面是铅垂面。长方体的左端就是由这样的两个平面切割而成的。平面  $B$  对  $V$  面和  $W$  面都处于倾斜位置, 因而侧面投影  $b$  也是类似的七边形线框。

由图 4-24(d)可知, 从主视图上的长方形线框  $d'$  入手, 可找到  $D$  面的三个投影; 由俯视图的四边形线框  $C$  入手, 可找到  $C$  面的三个投影。从投影图中可知,  $D$  面为正平面,  $C$  面为水平面。长方体的前后两边就是由这样两个平面切割而成的。

(3) 综合想象其整体形状。搞清楚各截切面的空间位置和形状后, 根据基本形体形状、各

截切面与基本形体的相对位置,并进一步分析视图中线、线框的含义,可以综合想象出整体形状。如图 4-24(e)所示。

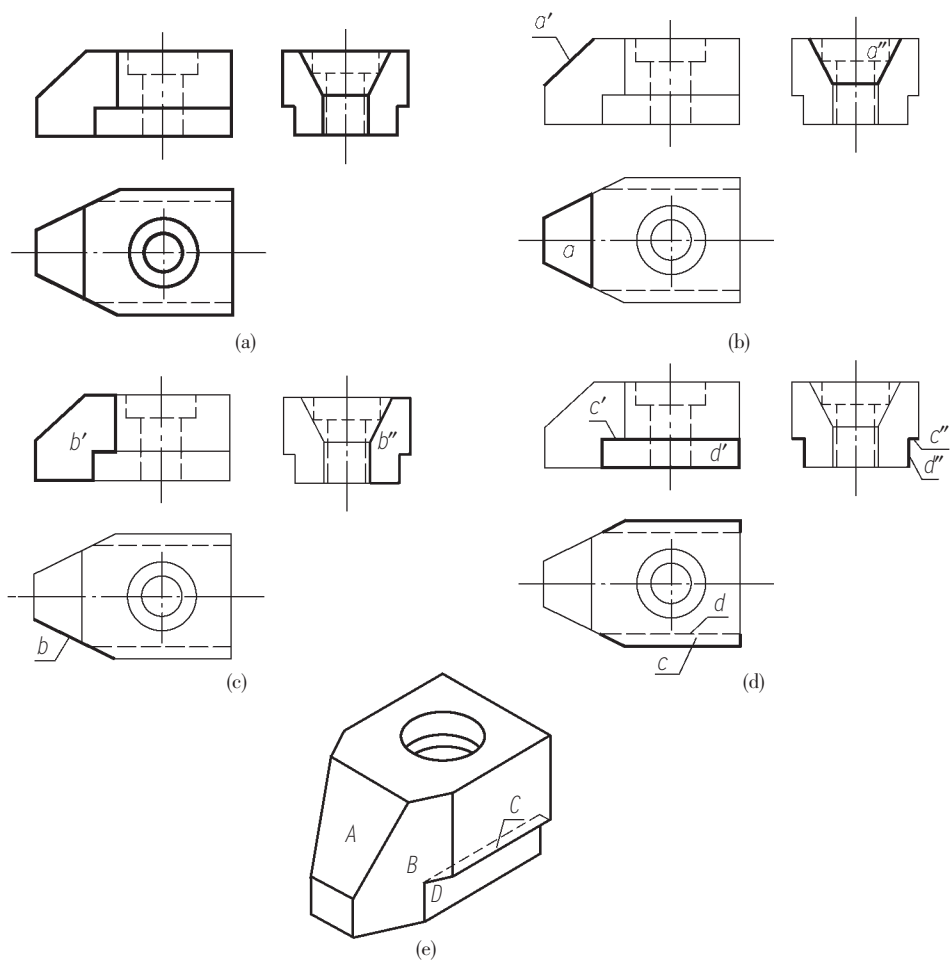


图 4-24 压块的形体分析

读组合体的视图常常是两种方法并用,以形体分析法为主,线面分析法为辅。

### 三、综合练习

根据两个视图补画第三视图,也是培养读图和画图能力的一种有效手段。现举例如下:

【例 4-2】已知支承的主、左视图,补画俯视图。如图 4-25 所示。

分析:对照左视图,把主视图中的图形划分为三个封闭线框,作为组成支承的三个部分:1'是下部倒凹字形线框;2'是上部矩形线框;3'是圆形线框。可以想象出,该支承是由两侧带耳板的底板 I 及两个轴线正交的圆柱体 II 和 III 叠加而成,这三个部分均有圆柱孔。再分析它们的相对位置,就可对支承的整体形状有初步认识。

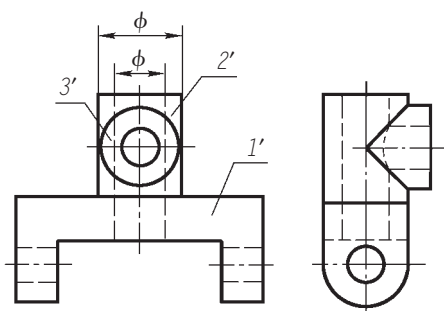


图 4-25 支承的主、左视图

作图：

(1) 在主视图上分离出底板的线框,由主、左视图可看出它是一块长方形平板,左右两侧是下部为半圆柱体、上部为长方体的耳板,耳板上各有一个圆柱形通孔。画出底板的俯视图,如图 4-26(a)。

(2) 在主视图上分离出上部的矩形线框,因为在图 4-25 中注有直径 $\phi$ ,对照左视图可知,它是垂直于水平面的圆柱体,中间有贯通底板的圆柱孔,圆柱与底板的前、后端面相切。画出圆柱的俯视图,如图 4-26(b)。

(3) 在主视图上分离出上部的圆形线框(框中还有一个小圆),对照左视图可知,它也是一个中间有圆柱孔的垂直于正面的圆柱体,直径与圆柱体 II 相等,而孔的直径比圆柱体 II 的孔小。两圆柱体的轴线垂直相交,且均平行于侧面。画出圆柱体 III 的俯视图,如图 4-26(c)。

(4) 根据底板和两个圆柱体的形状,以及它们的相对位置,可以想象出支承的整体形状。如图 4-26(d),然后校核补画俯视图,描深。

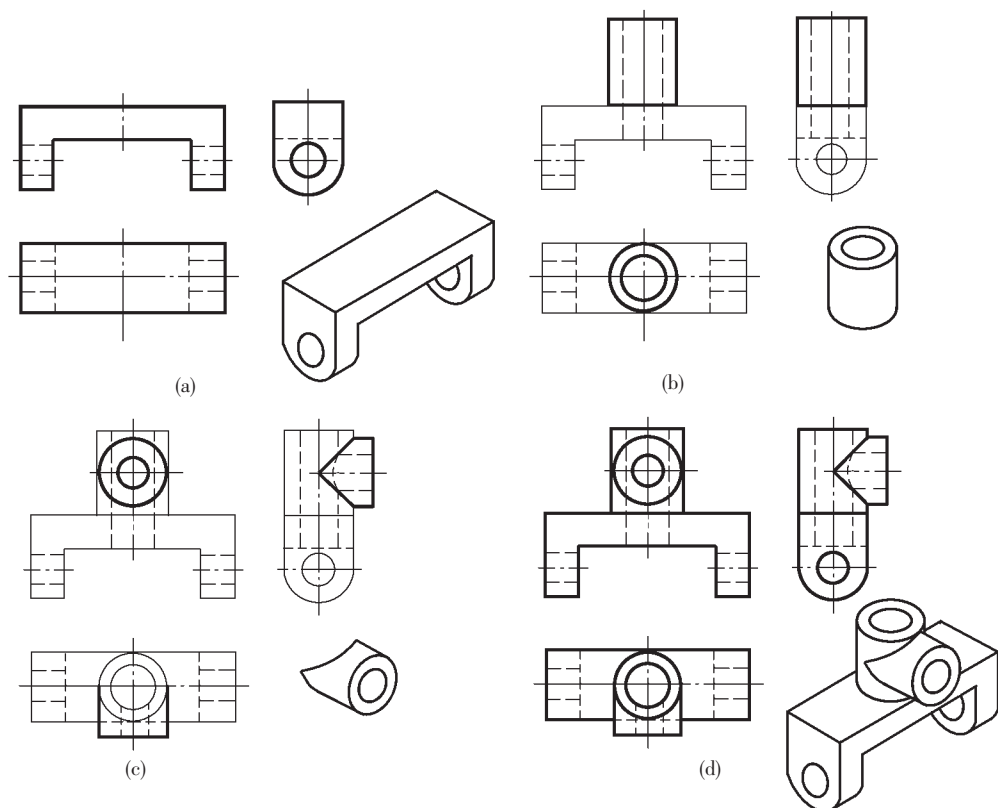


图 4-26 补画支承的俯视图

**【例 4-3】** 已知支座主、俯视图,求作其左视图。如图 4-27(a)所示。

分析:在主视图上将支座分成三个线框,按投影关系找出各线框在俯视图上的对应投影:线框 1 是支座的底板,为长方形,其上有两处圆角,后部有矩形缺口,底部有一通槽;线框 2 是个长方形竖板,其后部自上而下开一通槽,通槽大小与底板后部缺口大小一致,中部有一圆孔;线框 3 是一个带半圆头四棱柱,其上有通孔。然后按其相对位置,想象出其形状。如图 4-27(f)所示。

画图:根据给出的两视图,可看出该形体是由底板、前半圆板和长方形竖板叠加后,切去一

通槽,钻一个通孔而形成的。具体作图步骤如图 4-27(b)、(c)、(d)、(e)所示。最后加深,完成全图。

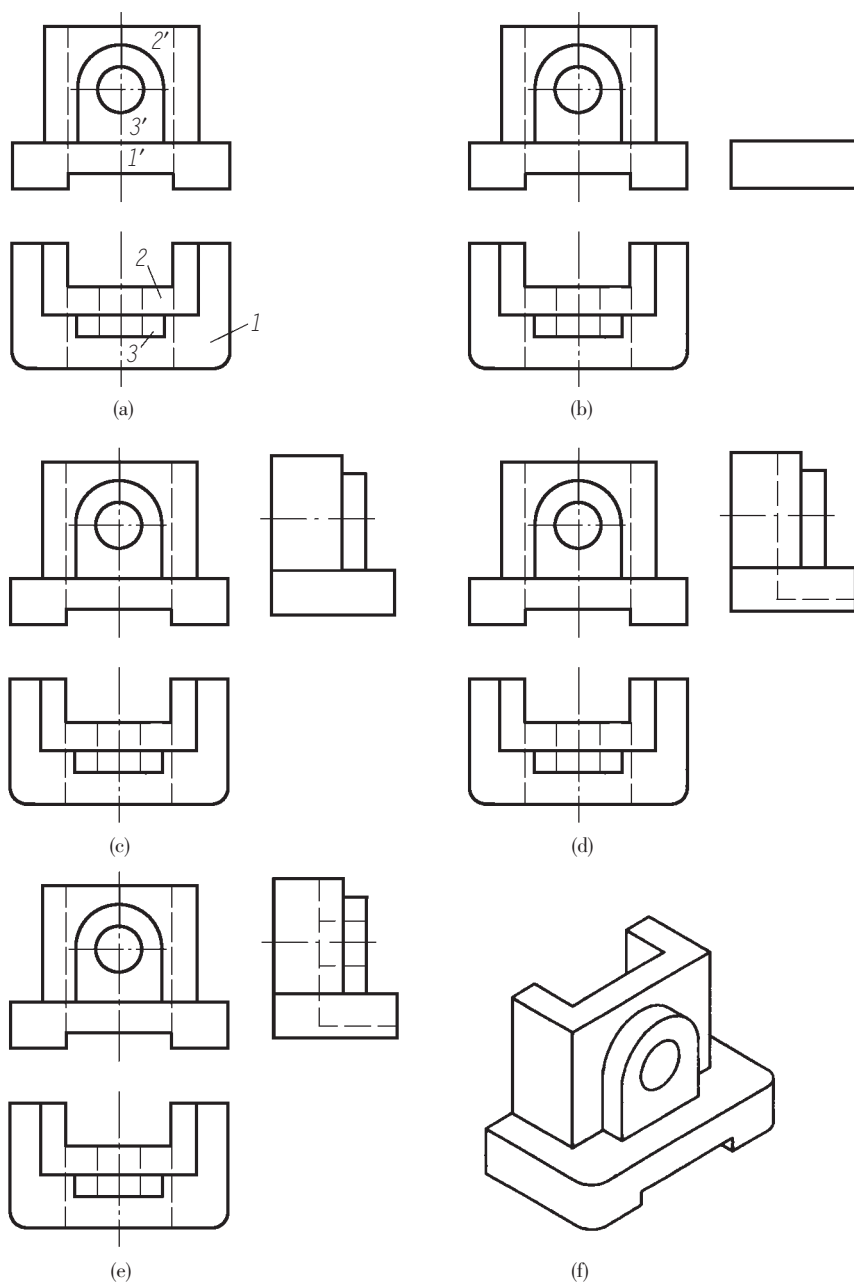


图 4-27 补画支座的左视图

**【例 4-4】** 由图 4-28 所示夹铁的两视图,补画俯视图。

分析:根据给出的视图和尺寸,可以初步了解整个夹铁的原始形体是一个长方体,左、右和前、后被对称地切去四块,下部开有带斜面的通槽,上面正中钻了一个圆孔。夹铁的整体形状如图 4-29 所示。

作图步骤:如图 4-30 所示。

- (1) 作四棱台的俯视图,如图 4-30(a)所示。  
 (2) 作下部通槽的水平投影,如图 4-30(b)所示。

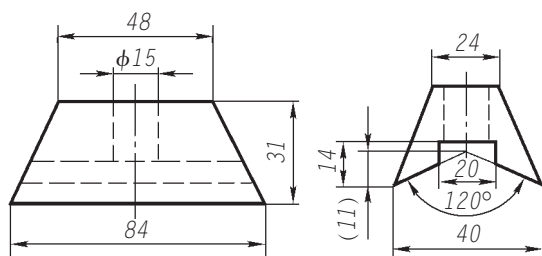


图 4-28 夹铁的主、左视图

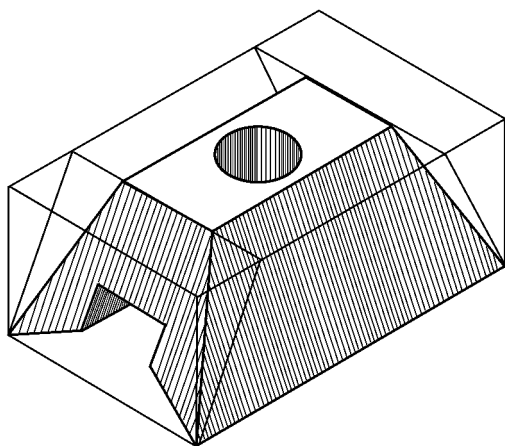


图 4-29 夹铁的轴测图

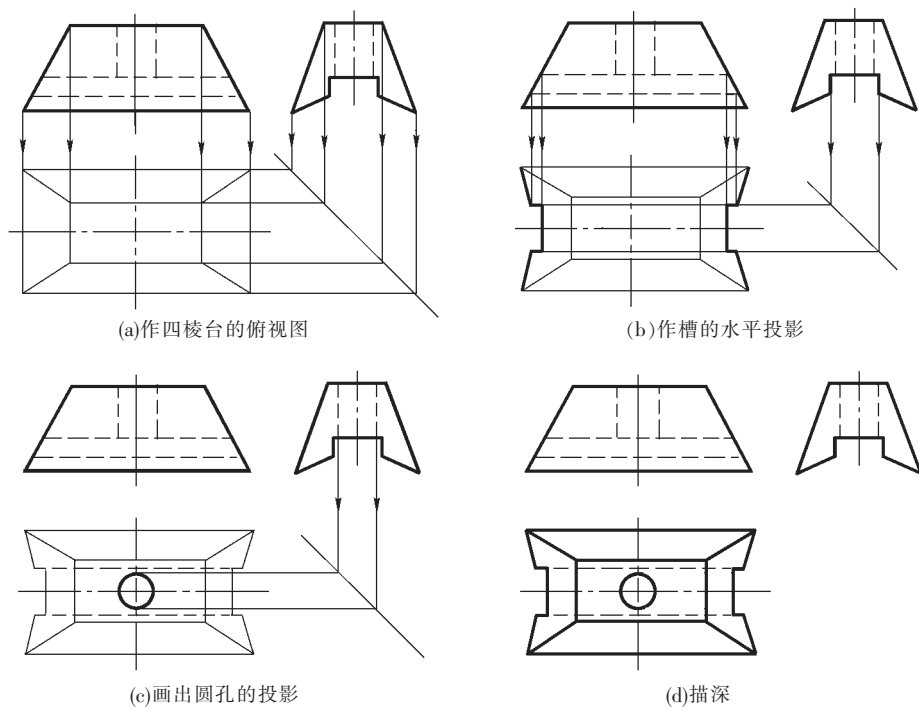


图 4-30 补画夹铁俯视图的步骤



(3) 画出上面正中圆孔的水平投影,如图 4-30(c)所示。

(4) 检查,描深,完成全图。如图 4-30(d)所示。

由上述例题可以看出,组合体读图的一般步骤是:

- (1) 分线框,对投影。
- (2) 想形体,辨位置。
- (3) 线面分析攻难点。
- (4) 综合起来想整体。

#### 四、模型制作

根据图 4-31 所示形体,按所注尺寸制作模型。

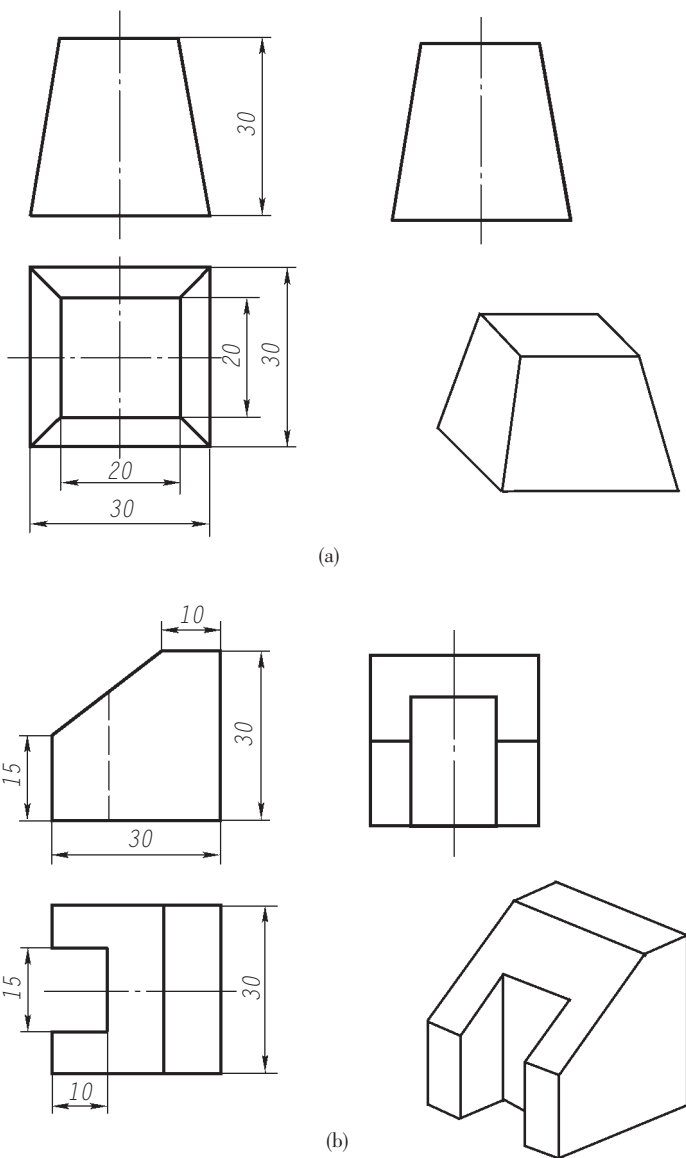


图 4-31 根据形体制作模型

# 第五章 轴 测 图

前面几章讨论的图样是用正投影法绘制的多面正投影图,它能完全反映空间几何形体的形状和大小,但直观性差,缺乏立体感。轴测图属于一种单面投影图,虽然不能确切表达物体的真实形状,但具有较强的直观性,故在工程设计和工业生产中用作辅助图样。

## 第一节 轴测图基本知识

轴测图突出的优点是直观性强,工程上常用轴测图来说明机器及零部件的外观、内部结构或工作原理。

在制图教学中,轴测图也是发展空间构思能力的手段之一。通过画轴测图可帮助想象物体的形状,培养空间想象能力。

将物体连同其直角坐标系,沿不平行于任一坐标面的方向,用平行投影法将其投射在单一投影面上所得到的图形称为轴测投影,又称轴测图。如图 5-1 所示。轴测图又称为立体图,有正轴测图和斜轴测图之分:

按投射方向与轴测投影面垂直的方法得到的是正轴测图;

按投射方向与轴测投影面倾斜的方法得到的是斜轴测图。

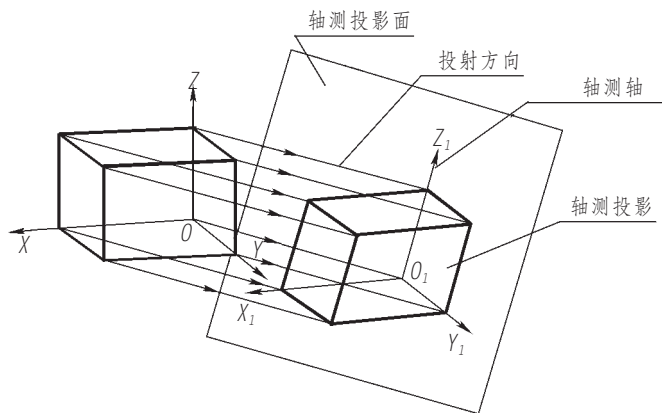


图 5-1 轴测图的形成

轴测图是单面投影图,这个投影面就叫轴测投影面。轴测图是根据平行投影法画出的平面图形,它具有平行投影的一般性质:

- (1)相互平行的两直线,其轴测投影仍保持平行。
- (2)空间平行于坐标轴的线段,其轴测投影仍与相应的坐标轴平行,且长度比不变。

如图 5-1 所示,空间直角坐标系的  $OX$ 、 $OY$  和  $OZ$  坐标轴,在轴测投影面上的投影  $O_1X_1$ 、

$O_1Y_1$  和  $O_1Z_1$  叫做轴测轴。两轴测轴间的夹角  $\angle X_1O_1Y_1$ 、 $\angle X_1O_1Z_1$  和  $\angle Y_1O_1Z_1$ ，叫做轴间角。空间坐标轴  $OX$  上的单位长度  $OK$  在轴测轴  $O_1X_1$  上为  $O_1K_1$ ， $O_1K_1$  与  $OK$  的比值叫  $X$  轴的轴向伸缩系数，用符号  $p_1$  表示。如图 5-2 所示。各轴的轴向伸缩系数是：

$X$  轴向伸缩系数： $p_1 = O_1K_1 / OK$

$Y$  轴向伸缩系数： $q_1 = O_1M_1 / OM$

$Z$  轴向伸缩系数： $r_1 = O_1N_1 / ON$

不同种类的轴测图，其轴间角和轴向伸缩系数也不一样。所以，轴间角和轴向伸缩系数是绘制轴测图的两个重要参数。

## 第二节 正等轴测图

### 一、正等轴测图的形成

使直角坐标系的三根坐标轴对轴测投影面的倾角相等，并用正投影法将物体向轴测投影面投射所得到的图形叫正等轴测图。如图 5-2 所示。

画轴测图时，必须知道轴间角和轴向伸缩系数。在正等轴测图中，由于直角坐标系的三根轴对轴测投影面的倾角相等，因此，轴间角都是  $120^\circ$ ；各轴向的伸缩系数相等，都是 0.82。根据这些系数，就可以度量平行于各轴向的尺寸。所谓轴测就是指可沿各轴向测量的意思，而所谓等测则表示这种图各轴向的伸缩系数相等。画正等轴测图时，为了避免计算，一般用 1 代替 0.82，叫简化系数，并分别以  $p$ 、 $q$ 、 $r$  表示。为使图形稳定，一般取  $O_1Z_1$  为竖线。如图 5-3 所示。为使图形清晰，轴测图通常不画虚线。

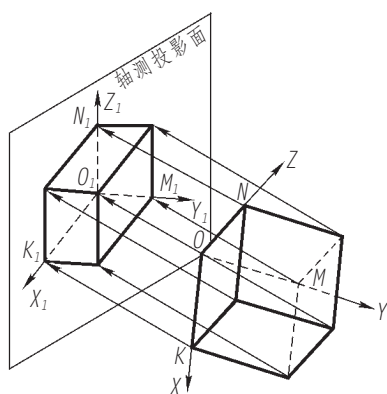


图 5-2 正等轴测图的形成

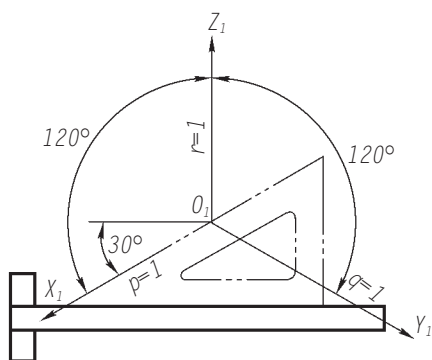


图 5-3 正等轴测图的轴间角和轴向伸缩系数

### 二、正等轴测图的画法

#### 1. 平面立体的画法

画轴测图常用的方法有坐标法、切割法、堆积法和综合法。坐标法是最基本的方法。

**【例 5-1】** 已知  $A$  点的三面投影，画出其正等轴测图。如图 5-4(a) 所示。

解：

作图步骤：

- (1) 画出正等轴测轴。如图 5-4(b)所示。
- (2) 在  $O_1X_1$  轴上量取点的  $X$  坐标  $a_{X_1}$ 。如图 5-4(c)所示。
- (3) 过  $a_{X_1}$  作  $O_1Y_1$  轴的平行线,并在其上量取点的  $Y$  坐标得  $a_1$ 。如图 5-4(d)所示。
- (4) 过  $a_1$  作  $O_1Z_1$  轴的平行线,并在其上量取点的  $Z$  坐标得  $A_1$ ,即为所求。如图 5-4(e)所示。

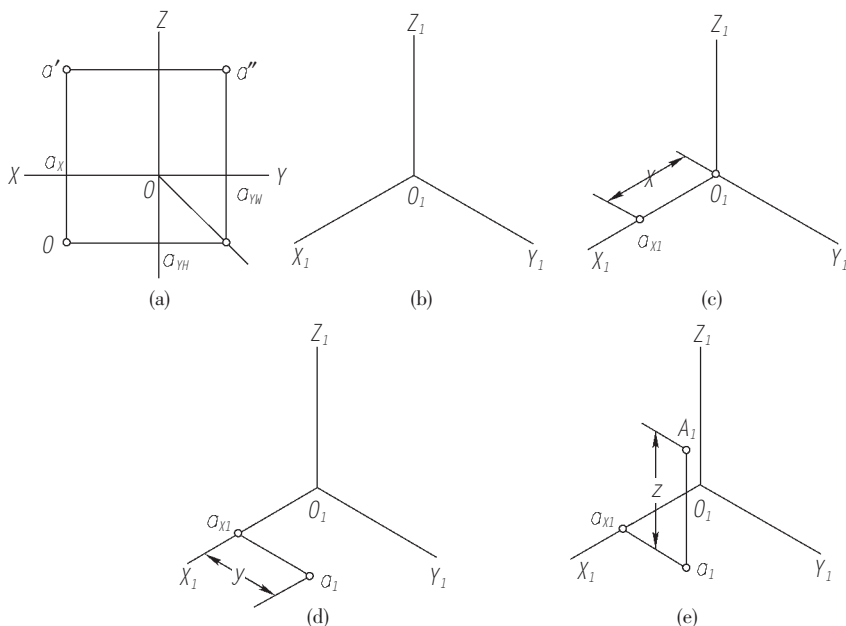


图 5-4 点的正等轴测图

【例 5-2】 已知正六棱柱的主、俯视图,如图 5-5(a)所示,求作其正等轴测图。

解：

(1) 分析物体的形状,确定坐标原点和作图顺序。由于正六棱柱的前后、左右对称,故把坐标原点定在顶面六边形的中心。如图 5-5(a)所示。由于正六棱柱的顶面和底面均为平行于水平面的六边形,在轴测图中,顶面可见,底面不可见。为减少作图线,应从顶面开始画。

(2) 画轴测轴,如图 5-5(b)所示。

(3) 用坐标定点法作图

① 画出六棱柱顶面的轴测图。以  $O_1$  为中点,在  $X_1$  轴上取  $1_14_1 = 14$ ,在  $Y_1$  轴上取  $A_1B_1 = ab$ ,如图 5-5(c)所示。过  $A_1、B_1$  点作  $O_1X_1$  轴的平行线,且分别以  $A_1、B_1$  为中点,在所作的平行线上取  $2_13_1 = 23,5_16_1 = 56$ ,如图 5-5(d)所示。再用直线顺次连接  $1_1、2_1、3_1、4_1、5_1$  和  $6_1$  点,得顶面的轴测图。如图 5-5(e)所示。

② 画棱面的轴测图。过  $1_1、2_1、3_1、6_1$  各点向下作  $Z_1$  轴的平行线,并在各平行线上按尺寸  $h$  取点,再依次连线。如图 5-5(e)所示。

③ 完成全图。擦去多余图线并加深,如图 5-5(f)所示。

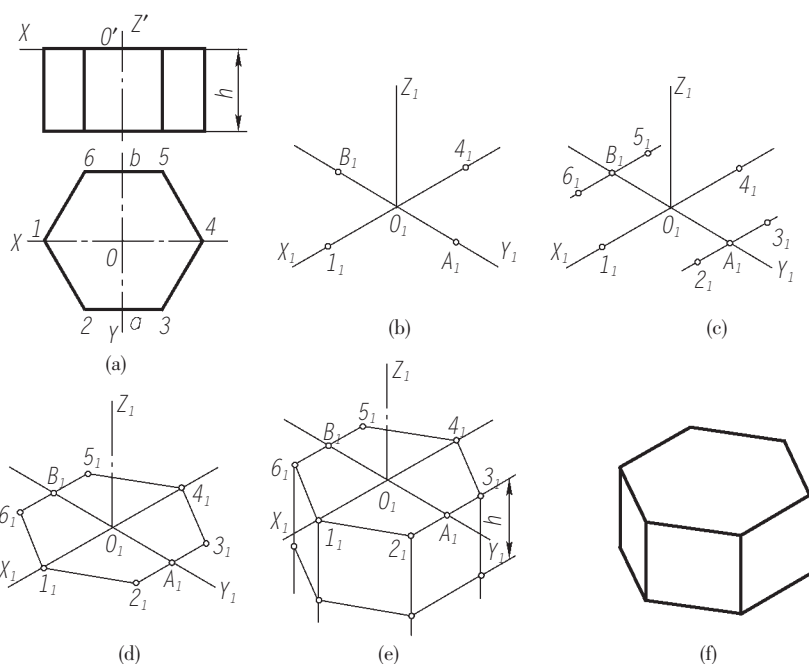


图 5-5 正六棱柱的正等测画法

## 2. 回转体的正等轴测图

平行于投影面的圆的正等轴测图的画法。

由于正等测图的三个坐标轴都与轴测投影面倾斜,所以平行于基本投影面的圆的正等轴测图均为椭圆。如图 5-6 所示。椭圆的正等轴测图一般采用四心圆弧法作图。

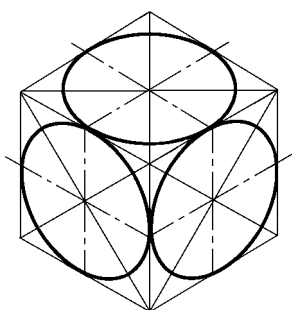


图 5-6 平行于投影面的圆的正等轴测图

如图 5-7(a)所示半径为  $R$  的水平圆的正等轴测图。画法如下:

(1) 定出直角坐标的原点及坐标轴。画圆的外切正方形 1234,与圆相切于  $a, b, c, d$  四点。如图 5-7(b)所示。

(2) 画出轴测轴,并在  $X_1, Y_1$  轴上截取  $O_1A_1 = O_1C_1 = O_1B_1 = O_1D_1 = R$ ,得  $A_1, B_1, C_1, D_1$  四点。如图 5-7(c)所示。

(3) 过  $A_1, C_1$  和  $B_1, D_1$  点分别作  $Y_1, X_1$  轴的平行线,得菱形  $1_12_13_14_1$ 。如图 5-7(d)所示。

(4) 连  $A_1, C_1$  和  $B_1, D_1$ ,分别与  $2_14_1$  交于  $O_2$  和  $O_3$ 。如图 5-7(e)所示。

(5) 分别以  $1_1, 3_1$  为圆心,  $1_1C_1, 3_1A_1$  为半径画圆弧  $C_1D_1, A_1B_1$ ,再分别以  $O_2, O_3$  为圆

心,  $O_2C_1$  为半径, 画圆弧  $B_1C_1$ 、 $A_1D_1$ 。由这四段圆弧光滑连接而成的图形, 即为所求的近似椭圆。如图 5-7(f) 所示。

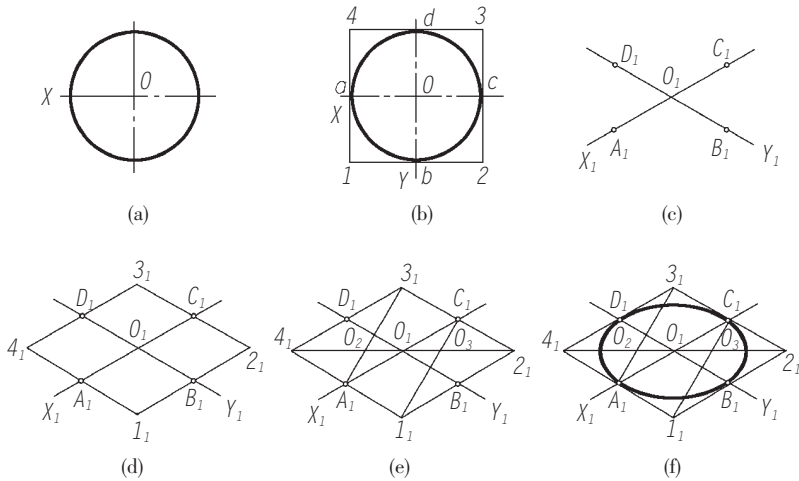


图 5-7 圆的正等测的近似画法

**【例 5-3】** 作圆柱体的正等轴测图。如图 5-8(a) 所示。

解:

- (1) 定原点和坐标轴。如图 5-8(a) 所示。
- (2) 画两端面圆的正等轴测图(用移心法画底面)。如图 5-8(b) 所示。
- (3) 作两椭圆的公切线, 擦去多余线条, 描深, 完成全图。如图 5-8(c)、(d) 所示。

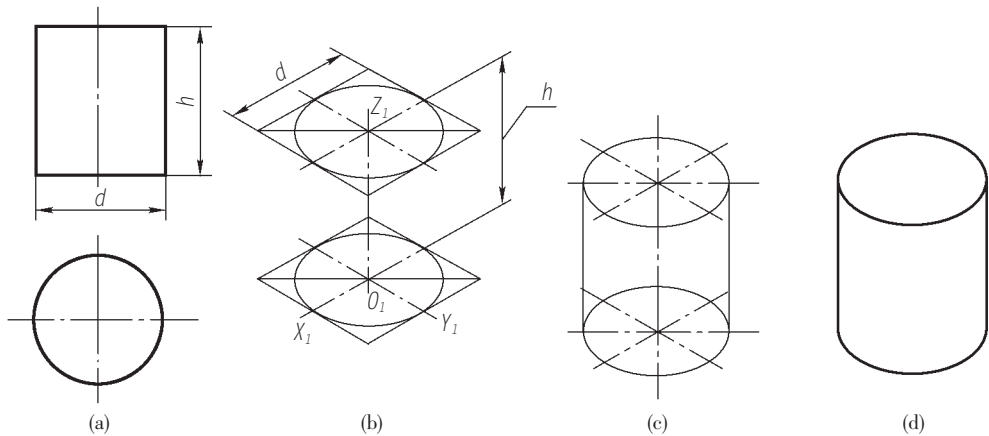


图 5-8 圆柱的正等轴测图画法

**【例 5-4】** 作圆锥的正等轴测图。如图 5-9 所示。

解:

圆锥的轴线垂直于正面, 底圆为正平面, 所以, 底圆的正等测图为正平方向和椭圆。作图步骤如图 5-9(a) 所示:

- (1) 画出正等轴测轴, 以  $O_1$  为中心画出底面椭圆, 并量取  $O_1S_1$  等于圆锥高  $H$ , 得锥顶  $S$  的正等轴测图  $S_1$ 。如图 5-9(b) 所示。

(2) 作椭圆的切线,擦去多余图线,描深,完成全图。如图 5-9(c)所示。

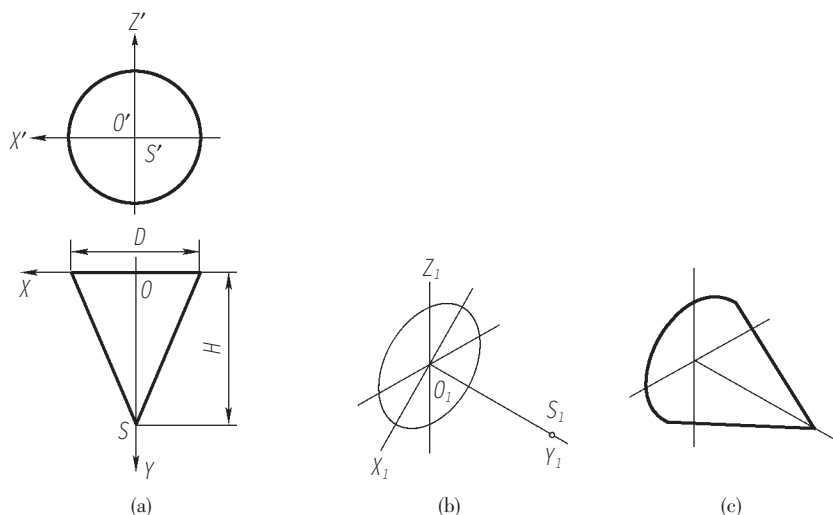


图 5-9 圆锥的正等测图

### 3. 平行于基本投影面的圆角的正等轴测图的画法

平行于基本投影面的圆角,实质上就是平行于基本投影面的圆的一部分。因此,可以用近似法画圆角的正等轴测图。特别是常见的  $1/4$  圆周的圆角,其正等测恰好就是上述近似椭圆四段圆弧中的一段。

**【例 5-5】** 画出如图 5-10(a)所示带圆角的长方体底板的正等轴测图。

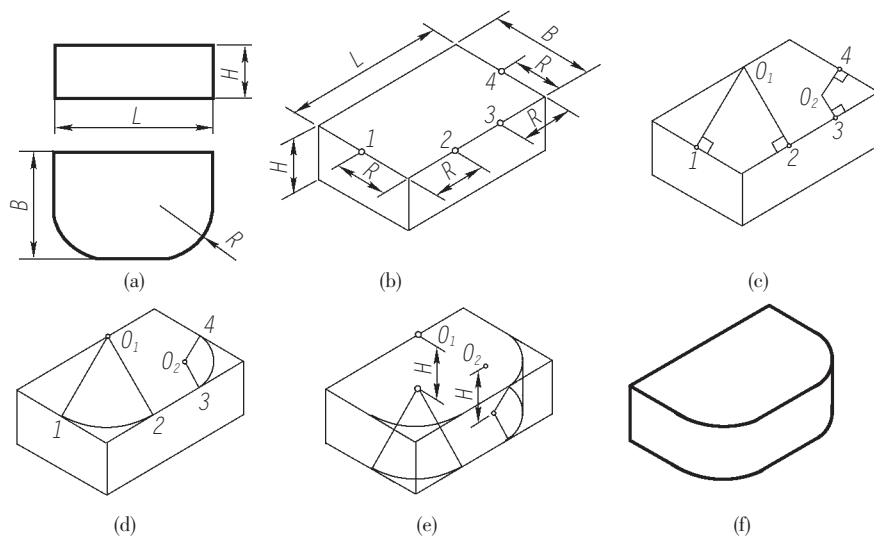


图 5-10 圆角底板的正等测画法

解:

(1) 按图 5-10(b)画出图形,并按圆角半径  $R$  所在底板相应的棱线上,找出切点 1、2 和 3、4 点。

(2) 过切点 1、2 和 3、4,分别作切点所在直线的垂线,其交点  $O_1$ 、 $O_2$  就是轴测圆角的圆心。如图 5-10(c)所示。

(3) 以  $O_1$  和  $O_2$  为圆心, 以  $O_11$  和  $O_23$  为半径作 12 和 34 弧, 即得底板上顶面圆角的正等轴测图。如图 5-10(d) 所示。

(4) 将顶面圆角的圆心  $O_1$ 、 $O_2$  及其切点分别沿  $Z_1$  轴下移底板厚度  $H$ , 再用与顶面圆弧相同的半径分别画圆弧, 并作出对应圆弧的公切线, 即得底板圆角的正等轴测图。如图 5-10(e) 所示。

(5) 擦去作图线并描深图线, 最后得到带圆角的长方形底板的正等轴测图。如图 5-10(f) 所示。

### 第三节 斜二轴测图

#### 一、斜二轴测图的形成

投射线对轴测投影面倾斜, 即可得到实物的斜轴测图。如图 5-11 所示。通常选择坐标面  $XOZ$  平行于轴测投影面, 所以凡平行于坐标面的平面形, 它在轴测投影面上的投影均反映实形。这也使得许多情况下的作图变得非常方便。

容易得出, 在斜轴测图中,  $O_1X_1$  和  $O_1Z_1$  间的轴间角为  $90^\circ$ ,  $X_1$  和  $Z_1$  的轴向伸缩系数都等于 1, 因而叫斜二轴测图。

在斜轴测图中,  $\angle X_1O_1Y_1$  和  $Y_1$  轴向伸缩系数可以任意选择, 但为了画图方便和考虑到立体感, 国家标准推荐的斜二轴测图, 在选择投影方向时, 恰好使  $Y_1$  轴和  $X_1$ 、 $Z_1$  轴的夹角都是  $135^\circ$ , 并令  $Y_1$  轴向伸缩系数为 0.5。如图 5-12 所示。当零件只有一个方向有圆或形状复杂时, 为了便于画图, 宜用斜二轴测图表示。

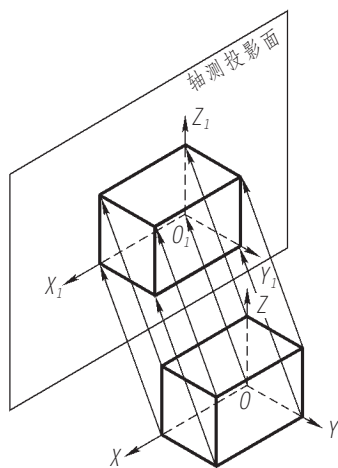


图 5-11 斜二测的形成

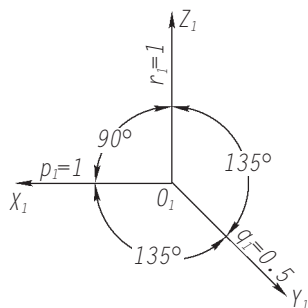


图 5-12 斜二测的轴间角和轴向伸缩系数

#### 二、斜二轴测图的画法

画斜二轴测图通常从最前面的面开始, 沿  $Y_1$  轴方向分层定位, 在  $X_1O_1Z_1$  轴测面上定形, 注意  $Y_1$  方向伸缩系数是 0.5。

##### 1. 平面立体的斜二测画法

图 5-13 是正四棱台的斜二测画法。



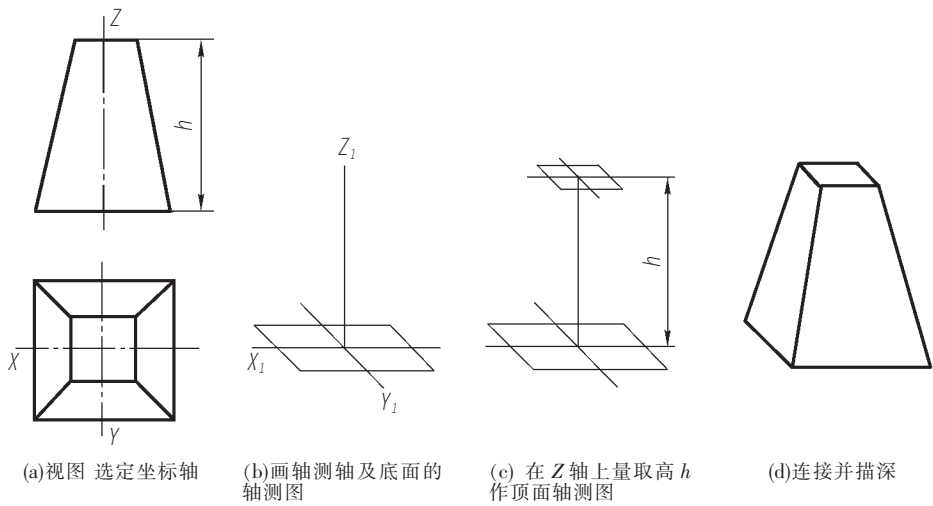


图 5-13 正四棱台的斜二测画法

## 2. 回转体的斜二测画法

图 5-14 为圆柱体的斜二测画法。

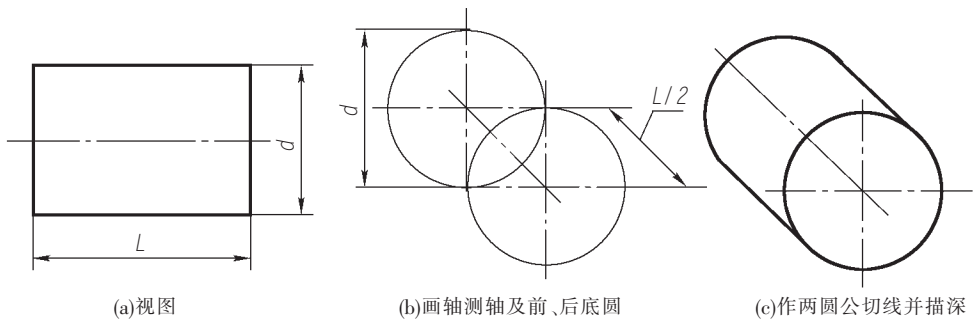


图 5-14 圆柱的斜二测画法

图 5-15 是一组合体的斜二轴测图画法。

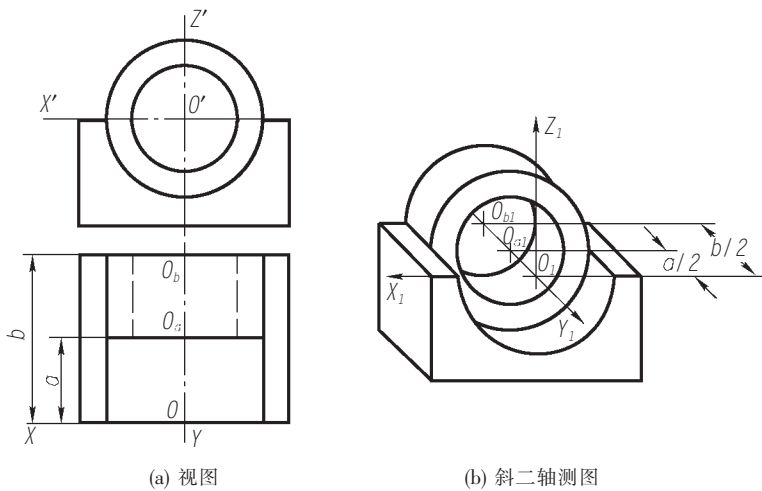


图 5-15 组合体的斜二测画法

### 三、模型制作

补画第三视图。如图 5 - 16 所示,并制作模型(尺寸从图中量取后取整)。

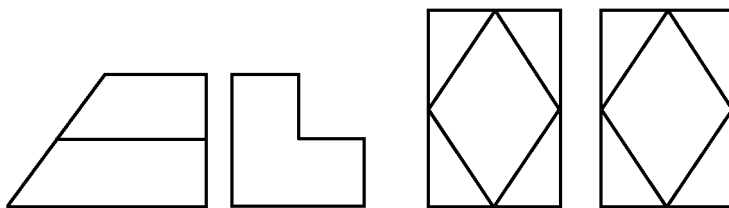


图 5 - 16 补画第三视图并制作模型

## 第六章 机件常用的表达方法

在生产中,当机件的形状、结构比较复杂时,如果仍采用两视图或三视图来表达,则很难把机件的内外形状和结构准确、完整、清晰地表达出来。因此,国家标准《技术制图》《机械制图》中的“图样画法”(GB 4458.1—1984、GB/T 17451~17453—1998)规定了各种画法——视图、剖视图、断面图、局部放大图、简化画法和其他规定画法等。本章对这些常用的机件表达方法加以介绍。

### 第一节 视 图

根据有关标准和规定,用正投影法绘制出物体的图形称为视图。视图主要侧重表达机件的外部可见结构和形状,必要时才画出其不可见部分。视图分为基本视图、向视图、局部视图和斜视图四种。

#### 一、基本视图及其配置

形状比较复杂的形体,用两个或三个视图尚不能完整、清楚地表达它们的内外形状时,则可根据国标规定,在原有三个投影面的基础上,再增设三个投影面,组成一个正六面体,这六个投影面称为基本投影面。如图 6-1 所示。物体向基本投影面投射所得到的视图,称为基本视图。这样,除了主视图、俯视图、左视图三个视图外,其余视图为:

后视图——从后向前投射,反映物体的长度和高度;

仰视图——从下向上投射,反映物体的长度和宽度;

右视图——从右向左投射,反映物体的宽度和高度。

六个基本投影面按图 6-2 所示方式,展开成同一平面后,基本视图的配置关系如图 6-3 所示。在同一张图纸内按照图 6-3 配置视图时,可不标注视图名称。

六个基本视图之间,仍然符合“长对正、高平齐、宽相等”的投影规律。从图中还可以看出,左视图和右视图的形状左右颠倒;俯视图和仰视图的形状上下颠倒;主视图和后视图是左右颠倒。从视图中还可以看出机件前后、左右、上下的方位关系。

制图时应根据零件的形状和结构特点,选用其中必要的几个基本视图。图 6-4 是一个阀体的图样。用主、俯、左三个视图表达这个阀体,由于阀体左右两侧的形状不同,则左视图中将出现很多虚线,影响看图和标注尺寸。所以,在表达时再增加一个右视图,

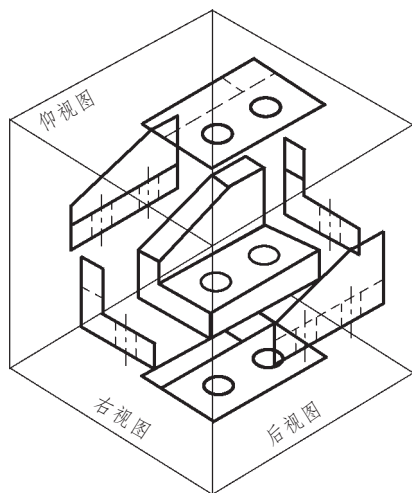


图 6-1 基本投影面

就能完整和清晰地表达这个阀体。

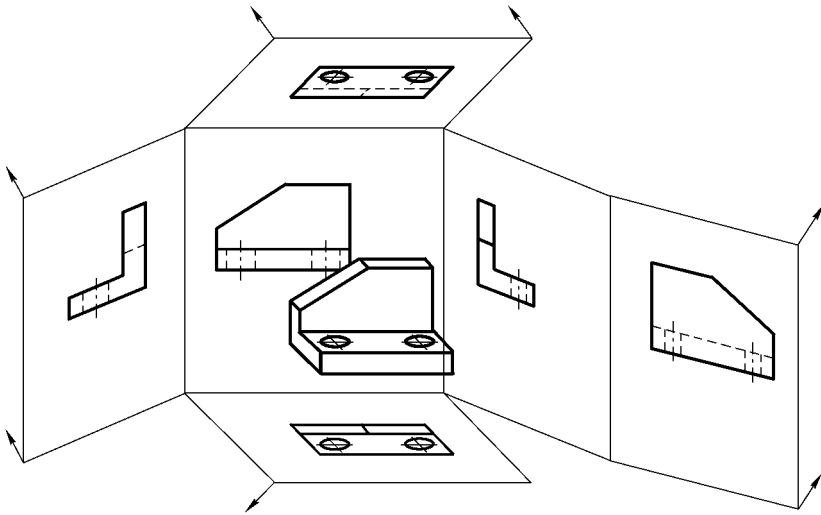


图 6-2 基本投影面及其展开

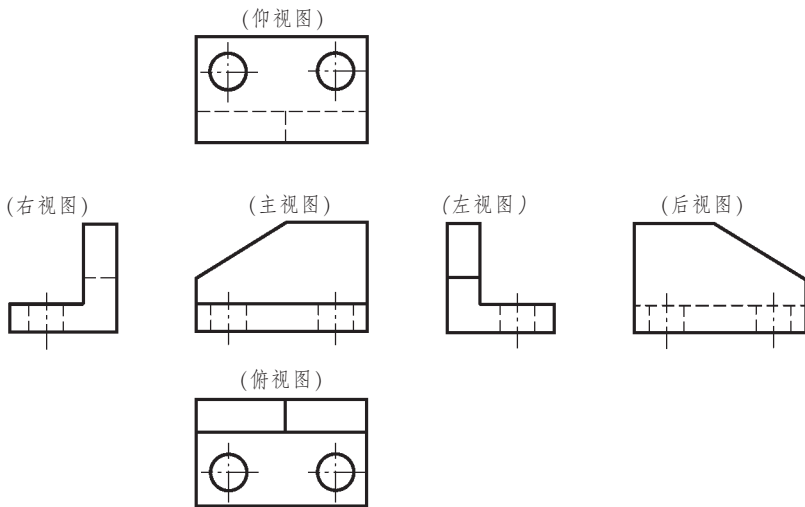


图 6-3 基本视图的配置

可以看出,表达机件时基本视图的选择完全是根据需要来确定,而不是对于任何机件都需用六个基本视图来表达。

国家标准规定:绘制技术图样时,应首先考虑看图方便,还应根据机件的结构特点,选用适当的表示方法。在完整、清晰地表示物体形状的前提下,力求制图简便。视图一般只画机件的可见部分,必要时才画出其不可见部分。图 6-4 中采用四个视图,主视图中用虚线画出了显示阀体的内腔结构以及各个孔的不可见投影,所以在其他三个视图中的虚线应省略。

## 二、向视图

在实际作图时,由于考虑到视图在图纸中的合理布局,若不能按图 6-3 配置视图,或各视

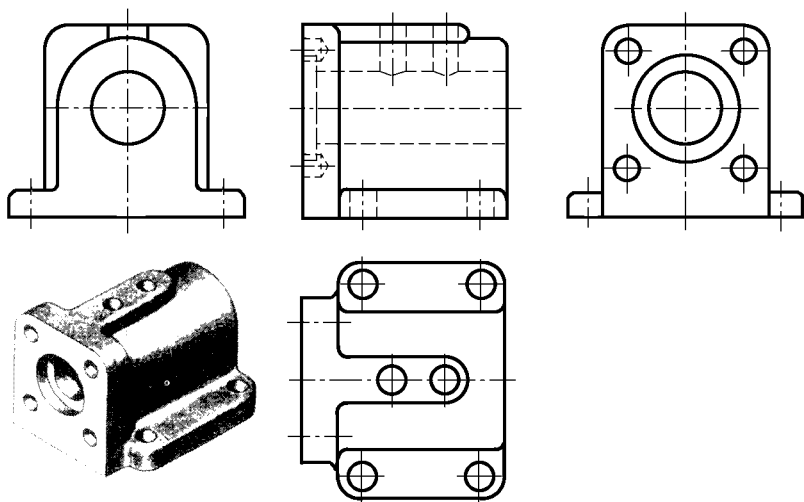


图 6-4 阀体的视图表达方法

图不能画在同一张图纸上时,应在视图的上方标出视图的名称“X”(“X”为大写拉丁字母),并在相应的视图附近用箭头指明投射方向,并注上同样的字母,这种可以自由配置的视图称为向视图。如图 6-5 所示。

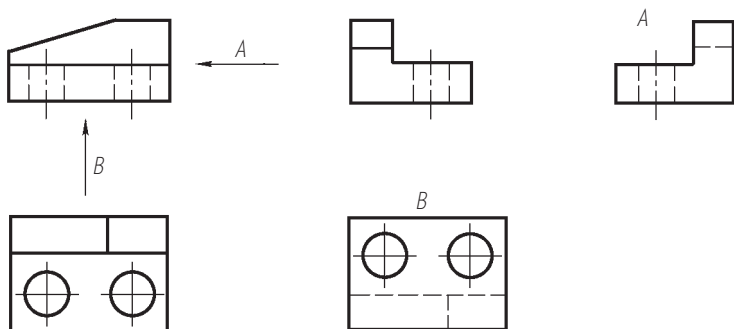


图 6-5 向视图

### 三、局部视图

在采用一定数量的基本视图后,物体上仍有部分结构形状尚未表达清楚,又没必要画出完整的基本视图时,可采用局部视图来表达。局部视图是将物体的某一部分向基本投影面投射所得的视图。如图 6-6(b)中的视图 A 和视图 B 所示。

画局部视图时应注意以下几点:

(1) 局部视图的断裂边界应以波浪线或双折线来表示。如图 6-6(b)的视图 A。当表达的局部结构外形轮廓呈完整的封闭图形时,波浪线可省略不画。如图 6-6(b)的视图 B。

(2) 局部视图按基本视图的配置形式配置时,可不必标注。如图 6-8 中的俯视图。局部视图也可按向视图的配置形式自由配置并加标注,一般在局部视图上方标出视图的名称“X”,在相应的视图附近用箭头指明投射方向,并注上同样的字母。如图 6-6 的视图 B。

(3) 局部视图的波浪线应画在物体的实体部分上,波浪线不应超过断裂机件的轮廓线,应画在机件的实体上,不可画在机件的中空处。如图 6-9 所示。

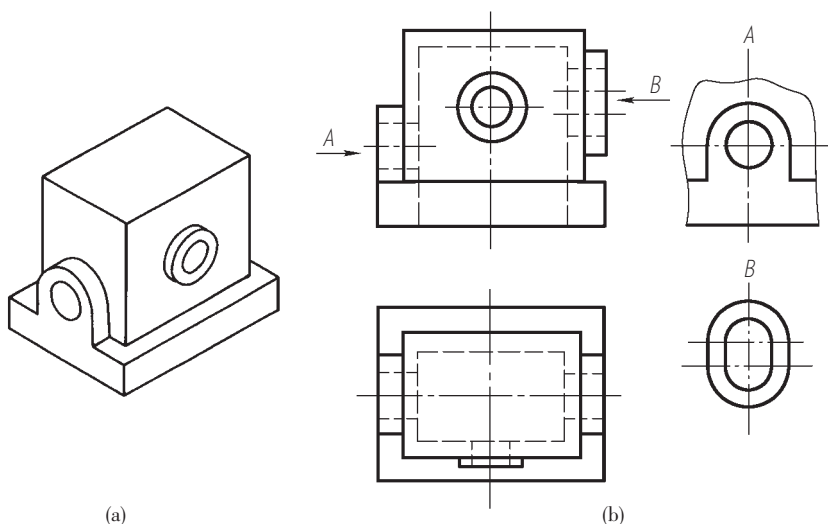


图 6-6 局部视图

#### 四、斜视图

图 6-7 所示机件的右部是倾斜的,所以它的俯视图和左视图都不反映实形,表达不够清楚,画图又比较困难,读图也不方便。为了清晰地表达倾斜结构,可以如图 6-8 所示,加一个平行于倾斜结构的正垂面(辅助投影面),沿箭头 A 方向投射,就可以得到反映倾斜结构实形的投影。这种将机件向不平行于基本投影面的平面投影所得到的视图称为斜视图。

画斜视图时应注意:

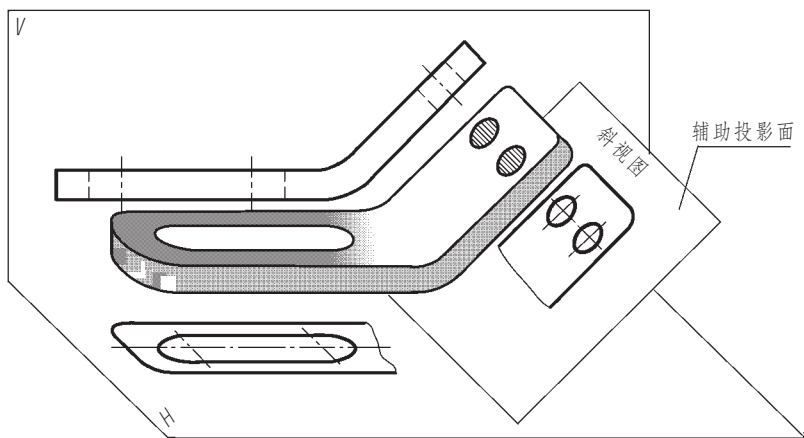


图 6-7 斜视图的形成

(1) 斜视图一般按向视图的配置形式配置和标注。如图 6-8(a)所示,必要时也可配置在其他适当的位置。必须在视图的上方标出视图的名称“X”,在相应的视图附近用箭头指明投射方向,并注上同样的大写拉丁字母“X”。如图 6-8(a)的“A”。

(2) 在不致引起误解时,为绘图简便,斜视图允许旋转配置。标注形式为如图 6-8(b)所示,表示该斜视图名称的大写拉丁字母,应靠近旋转符号的箭头端。

(3) 画出倾斜结构的斜视图后,通常用波浪线断开,不画其他视图中已表达清楚的部分。

如图 6-8(b)所示。

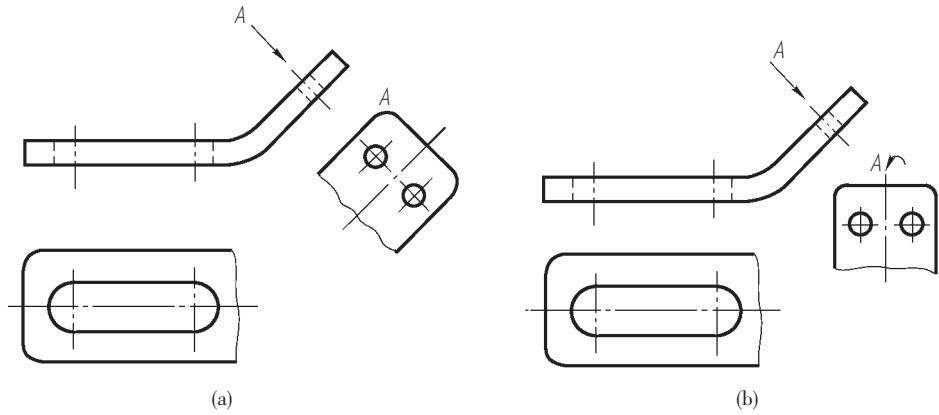


图 6-8 局部视图与斜视图

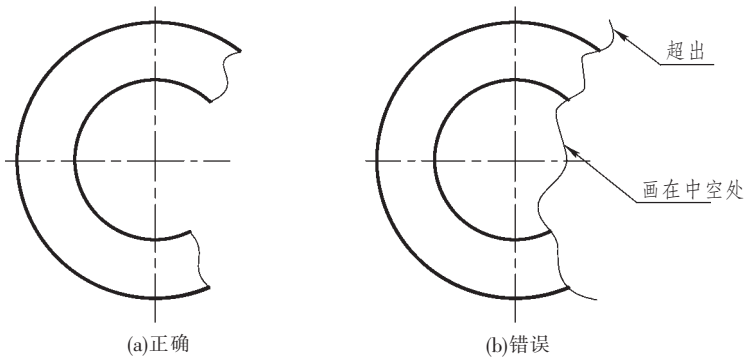


图 6-9 波浪线的正、误画法

## 第二节 剖视图

### 一、剖视图的概念

用视图表达机件时,其内部不可见的部分是用虚线来表示的。当机件内部结构复杂而使视图上出现过多虚线,会使图形不清晰,给看图和标注尺寸造成困难。为了表达清楚物体的内部结构,同时又避免出现较多虚线,国家标准规定了剖视图的表达方法。

#### 1. 剖视图的形成

用假想的剖切面剖开机件,将处于观察者和剖切面之间的部分移去,而将其余部分向投影面投射,所得到的视图称之为剖视图,简称剖视。如图 6-10 所示。

#### 2. 画剖视图时应注意的几个问题

(1) 如图 6-12(a)所示,确定剖切面位置时,一般选择所需表达的内部结构的对称面,并且平行于基本投影面。

(2) 画剖视图时将机件剖开时是假想的,并不是真正把机件切掉一部分,因此除了剖视图之外,并不影响视图的完整性。

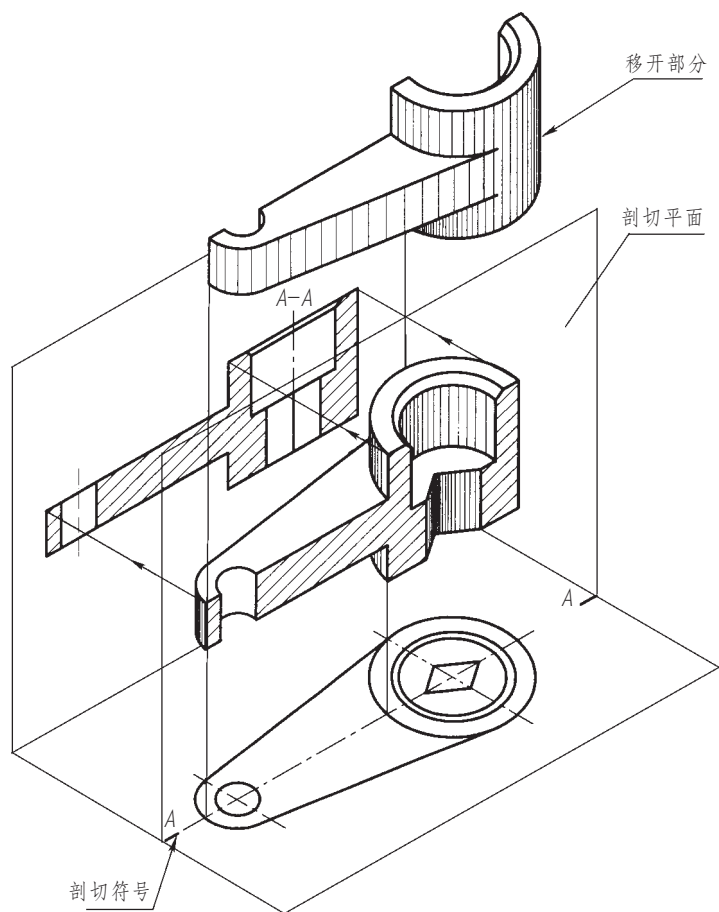


图 6-10 剖视图的形成

(3) 剖切后,留在剖切面之后的部分,应全部向投影面投射。只要是看得见的线、面的投影都应画出,应特别注意空腔中线、面的投影。

(4) 剖视图中,凡是已表达清楚的结构,虚线应省略不画。

### 3. 剖面符号

国标规定,不需在剖面区域中表示材料类别时,可采用通用剖面线表示。即应以适当角度的细实线绘制,最好与主要轮廓线或剖面区域的对称线成  $45^\circ$  角。如图 6-11 所示。

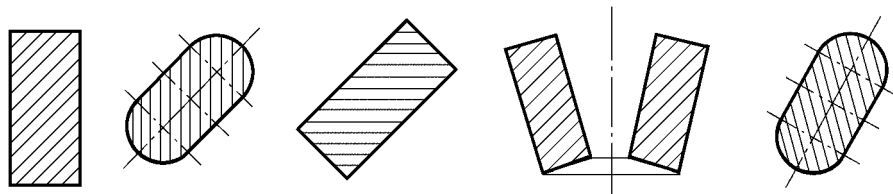


图 6-11 通用剖面线的画法

注意:同一机件的各剖视图和断面图中,剖面线倾斜的方向应一致,间隔要相同。在零件图中,当图形的主要轮廓线与水平成  $45^\circ$  时,该图形的剖面线应画成与水平成  $30^\circ$  或  $60^\circ$  的平行线。倾斜方向与其他图形的剖面线方向一致。如图 6-12(b) 所示。



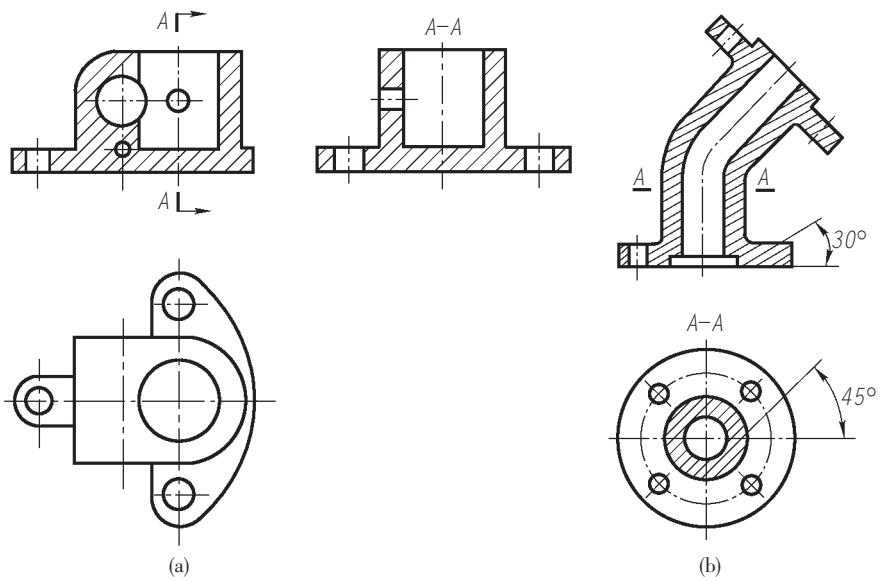


图 6-12 剖视图的标注

各种剖面符号见表 6-1。

表 6-1 剖面符号(GB/T 4457.5—1984)

材料类型		表示方法	材料类型	表示方法
金属材料(已有规定剖面符号者除外)			木质胶合板	
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 的迭钢片			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他透明 材料			格网(筛网、过滤网等)	
木材	纵剖面		液体	
	横剖面			

注:(1) 剖面符号仅表示材料的类别,材料的代号和名称必须另行注明

(2) 迭钢片的剖面线方向,应与束装中迭钢片的方向一致

(3) 液面用细实线绘制

## 二、剖视图的标注

剖视图一般应进行标注。如图 6-13 所示。标注的内容包括下述三方面内容：

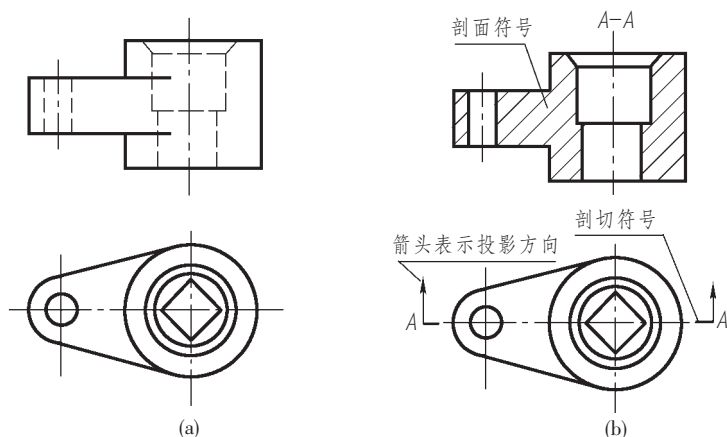


图 6-13 视图与剖视图

### 1. 剖视图的名称

在剖视图上方用大写字母标出剖视图的名称“X-X”，在起、迄和转折处注上相同的大写字母。如图 6-13 和 6-12(a) 中的“A-A”。

### 2. 剖切符号

在剖切面起、迄和转折处表示剖切位置的符号。如图 6-12(b) 所示。剖切符号用粗短画线绘制。俯视图是将物体从“A”处剖开后画出的剖视图。

### 3. 投影方向

在剖切符号两端用箭头表示投影方向。

以上是剖视图标注的一般原则。当单一剖切平面通过机件的对称平面或基本对称平面，且视图按投影关系配置，中间又没有其他图形隔开时，可省略标注。如图 6-12(a) 所示的主视图。

## 三、剖视图的种类

按机件被剖开的范围来分，剖视图可分为全剖视图、半剖视图和局部剖视图三种。

### 1. 全剖视图

用剖切面将机件完全剖开所得到的剖视图，称为全剖视图。

全剖视图是将机件完全剖开，机件的外形结构在全剖视图中很难充分表达，因此全剖主要用于外形较简单、内部结构较复杂的机件。如图 6-12 所示。

### 2. 半剖视图

当机件具有对称平面，向垂直于对称平面的投影面上投射时，允许以对称中心线为界，一半画成剖视图，另一半画成视图，这种图形叫半剖视图。

半剖视图既表达了机件的内部结构，又表达了其外形，它适用于表达内、外形状都比较复杂的对称机件。

如图 6-14 所示的机件，左、右与前、后均对称，因此主、俯视图都可以画成半剖视图。又如如图 6-15 所示机件。

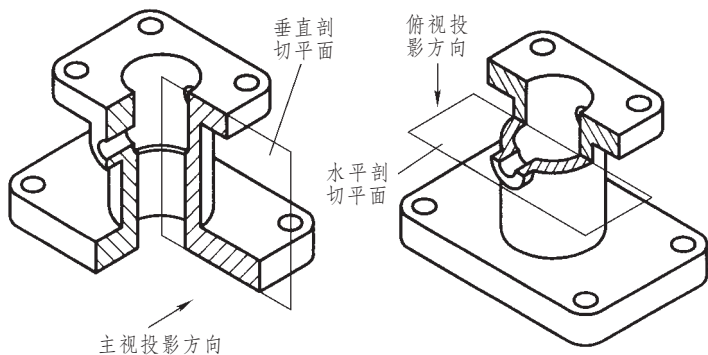


图 6-14 半剖示意图

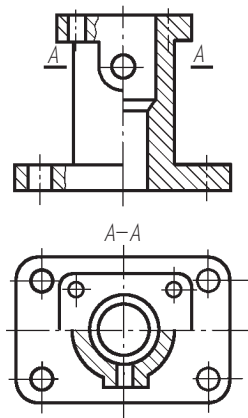


图 6-15 半剖视图

画半剖视图时,应注意以下几点:

(1) 当物体对称时,才能在与对称面垂直的投影面上作半剖视图。但当物体基本对称时,而不对称的部分在其他视图中已表达清楚,此时也可以画成半剖视图。如图 6-16 所示。

(2) 在表达外形的半个视图中,一般不必画虚线。

(3) 半个剖视图和半个视图必须以细点划线分界,而不能画成粗实线。如果机件的轮廓线恰好与细点划线重合,则不能采用半剖视图。此时应采用局部剖视图。如图 6-17 所示。半剖视图的标注,与全剖视图的标注方法相同。

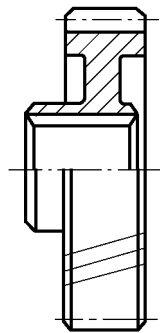


图 6-16 基本对称机件的半剖视图

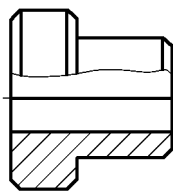
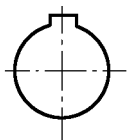
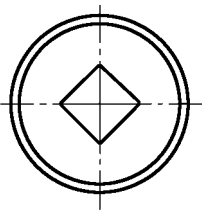


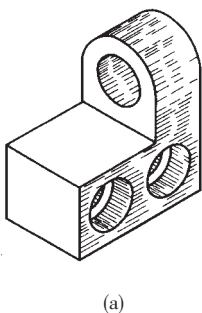
图 6-17 局部剖视图



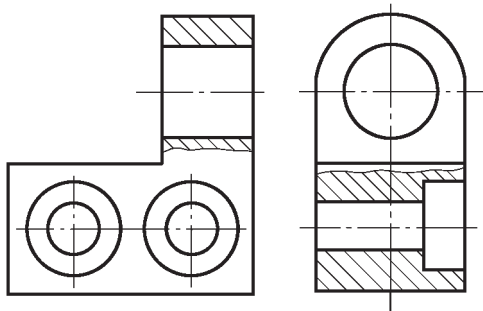
### 3. 局部剖视图

用剖切平面局部地剖开机件所得到的剖视图,称为局部剖视图。

如图 6-15 的主视图中有两处局部剖,图 6-18(b)所示形体主、左视图均采用了局部剖,图 6-19 为箱体的两视图。



(a)



(b)

图 6-18 局部剖视图

画局部剖视图时,应注

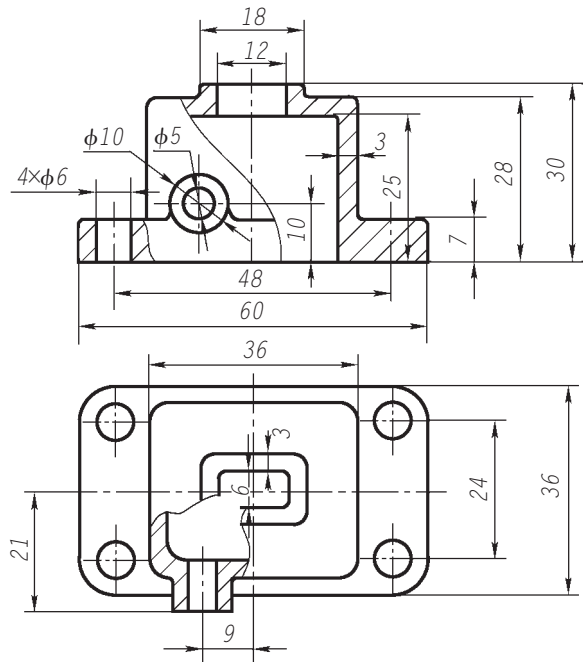


图 6-19 箱体的局部剖视图

意以下几点：

(1) 局部剖视图中,用波浪线作为剖开和未剖部分的分界线。画波浪线时,不应与其他图线重合。若遇孔、槽等空洞结构,则不能画在物体的中空处,也不允许超出轮廓线之外。如图 6-20 所示。

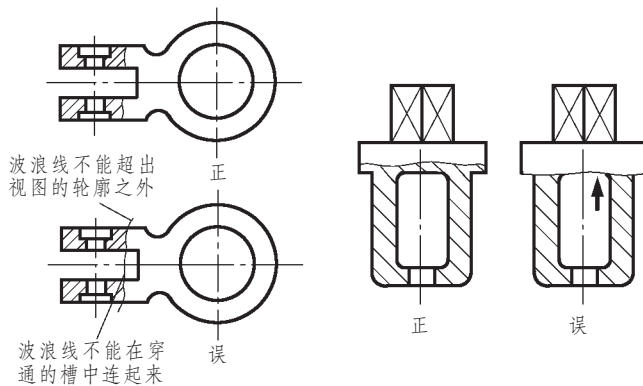


图 6-20 波浪线的画法

(2) 当被剖切的结构为回转体时,允许将该结构的中心线作为局部剖视与视图的分界线。如图 6-21 所示。

(3) 局部剖视图是一种比较灵活的表达方法,剖切的范围可大可小,位置可前可后。但在一个视图中,局部剖视图的数量不宜过多,以免使图形过于破碎。

(4) 局部剖视图的标注,符合剖视图的标注规则,在不致引起看图误解时,也可省略标注。

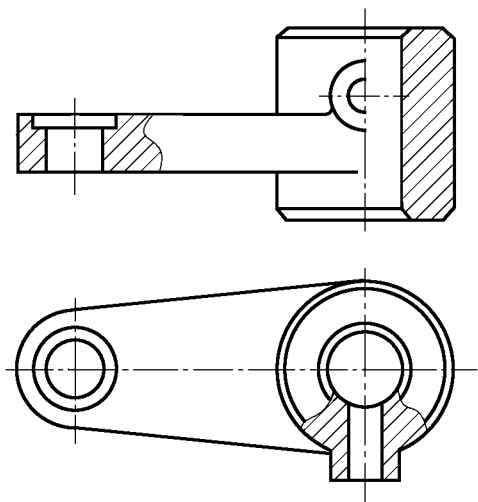


图 6-21 中心线作局部剖视的分界线

#### 四、剖切面的种类

由于机件的结构形状差异很大,因此画剖视图时,应根据机件内部的结构特点,选用不同数量和位置的剖切面,使物体的内部形状得到充分表现。国家标准《技术制图》规定了常用的剖切面有如下几种形式。

##### 1. 单一剖切面

画剖视图时仅用一个剖切面剖开机件,这种剖切方式应用较多。单一剖切面可以是平面,也可以是曲面。如图 6-12~图 6-21 中的剖视图,都是采用单一剖切平面剖开机件得到的剖视图。在图 6-22 中的“*A-A*”剖视图,采用不平行于任何基本投影面的单一剖切面,该剖切平面与基本投影面垂直(称为斜剖)。剖视图可按投影关系配置在与剖切符号相对应的位置,也可将剖视图移到图纸的其他位置。在不致引起误解时,允许将图形旋转。但旋转后的标注形式如图 6-22(b) 所示。

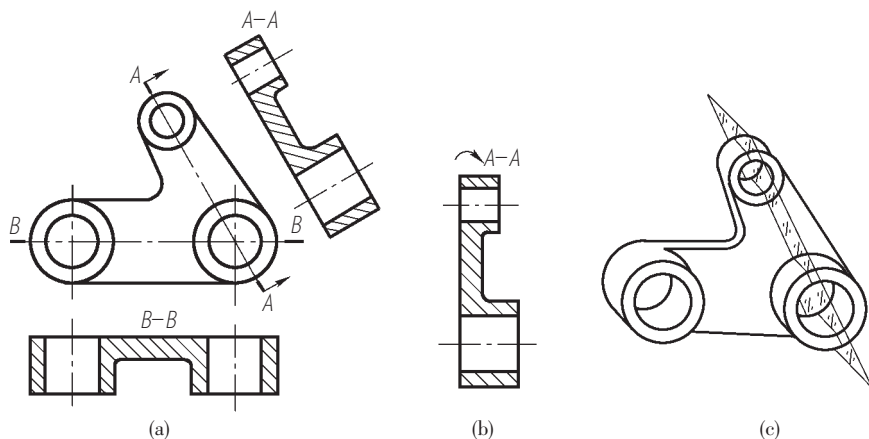


图 6-22 不平行于基本投影面的单一剖切平面

## 2. 几个平行的剖切平面

当机件上具有几种不同的结构要素(如孔、槽等),而且它们的中心线排列在相互平行的平面上时,宜采用几个平行的剖切平面进行剖切。

如图 6-23(a)所示的机件中,两处孔的结构采用了阶梯剖加以表达。

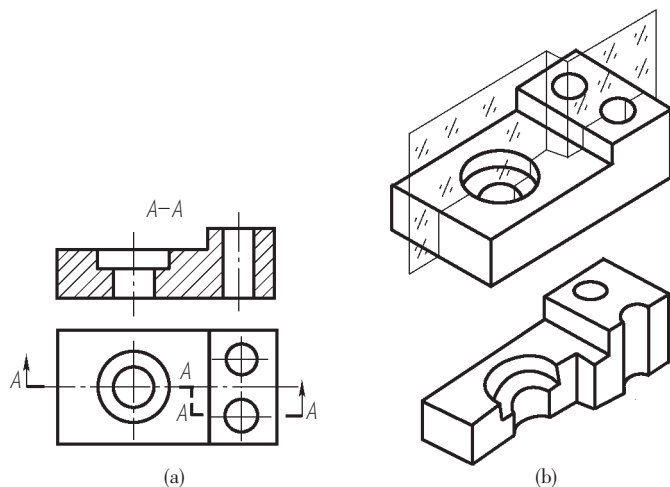


图 6-23 两个平行的剖切平面

采用几个平行的剖切平面时,应注意以下几点:

(1) 剖视图上不应画出剖切平面转折处的投影,剖切符号的转折处不应与图形的轮廓线重合。如图 6-24(a)所示。

(2) 剖视图中不应出现不完整的结构要素,如图 6-24(b)所示。但是当不同的孔、槽在剖视图具有公共的对称中心线或轴线时,不同的孔、槽可以各画一半,二者以共同的中心线为界。如图 6-25(a)所示。

(3) 在剖切平面的起、迄和转折处用剖切符号表示剖切位置,并标注相同的字母。注意:在转折处位置有限,又不致引起误解时,可以不注写字母。

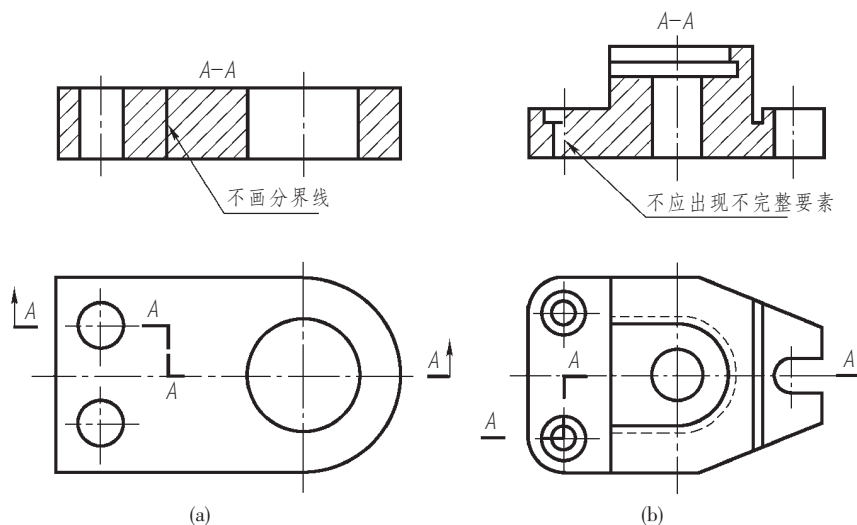


图 6-24 画几个平行的剖切平面应注意的事项

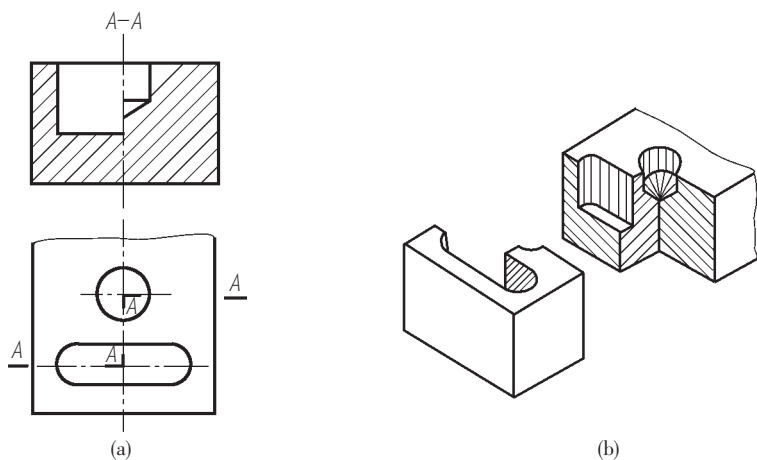


图 6-25 有公共对称中心线的剖视图

### 3. 几个相交的剖切平面

用几个相交的剖切面剖开机件,其交线须垂直于某一基本投影面。如图 6-26 所示。画这类剖视图时,应将被剖切平面剖开的结构及其有关部分,旋转到与选定的投影面平行后再进行投射。

如图 6-26(a)所示的机件就是将下方倾斜剖切面及被剖开的小圆孔都旋转到与正面平行后再投射。显然,主、左视图中,小圆孔的投影不再保持原来“高、平、齐”的投影关系。

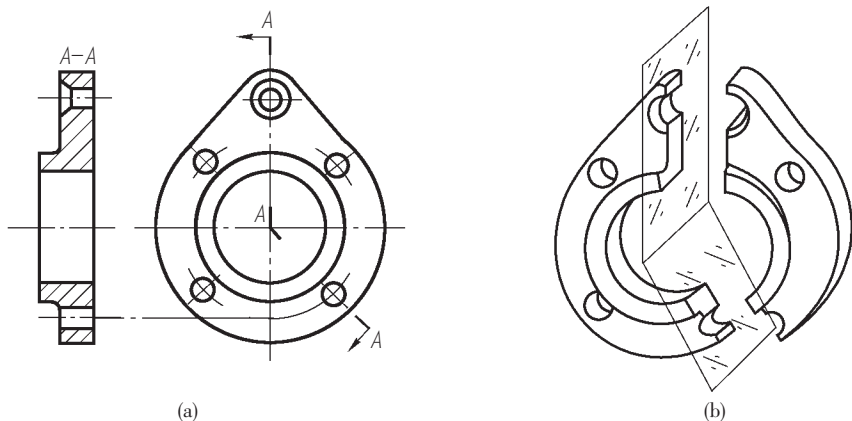


图 6-26 两相交的剖切面

图 6-27 中,摇臂采用这种剖视后,左边倾斜悬臂的真实长度,以及孔的结构,在剖视图中均能反映实形。这一部分不再满足“长、对、正”的投影关系。

注意:凡是没有被剖切平面剖到的结构,应按原来位置画出它们的投影。

上述三种剖切面均可用于绘制全剖视图、半剖视图及局部剖视图。它们可以单独使用,也可以组合起来使用——复合剖。如图 6-28 所示。

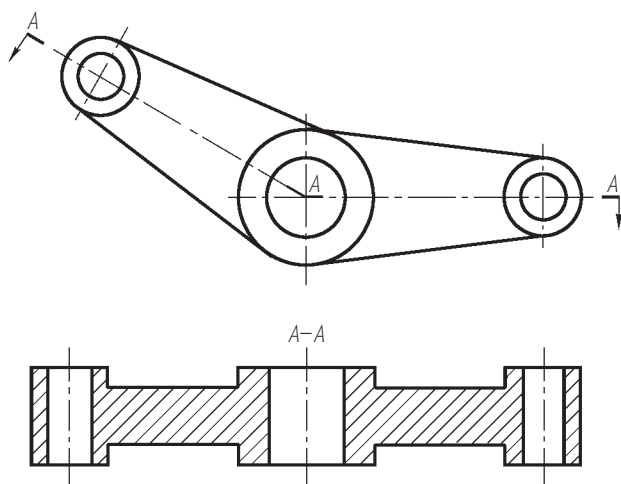


图 6-27 两相交的剖切面

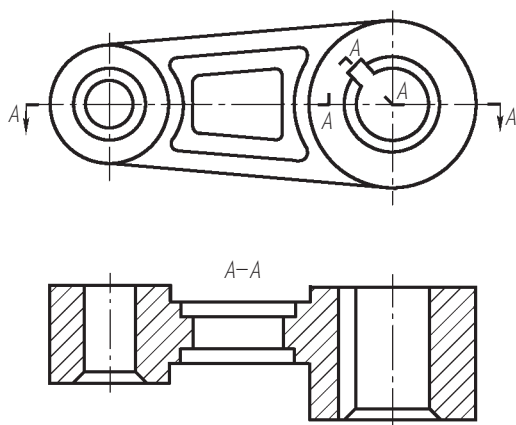


图 6-28 复合的剖切面

### 第三节 断面图

#### 一、断面图的概念

用剖切面假想地将物体的某处断开,仅画出该剖切面与物体接触部分的图形,这种图形称为断面图,简称断面。如图 6-29 所示。

画断面图时,应特别注意断面图与剖视图之间的区别。断面图只画出物体被剖切处的断面形状。而剖视图除了画出其断面形状外,还必须画出断面之后所有可见部分的投影。图 6-29(c)表示出剖视图和断面图之间的区别。

#### 二、断面图的种类

断面图可分为移出断面图和重合断面图。



### 1. 移出断面图

画在视图轮廓之外的断面图,称为移出断面图。如图 6-29(b)所示。

画移出断面时,应注意以下几点:

(1) 移出断面的轮廓线用粗实线绘制。

(2) 为了便于读图,移出断面图尽可能画在剖切平面迹线的延长线上。如图 6-29(b)所示。必要时也可画在其他位置。如图 6-30(a)中的“A-A”断面。

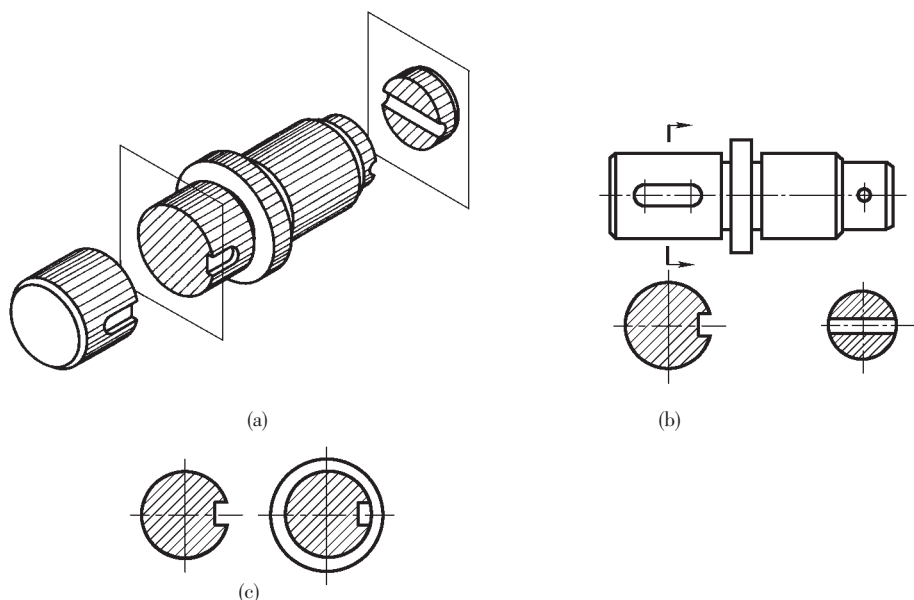


图 6-29 断面图的概念

(3) 当剖切平面通过回转面形成的孔或凹坑的轴线时,这些结构应按剖视绘制。如图 6-30(a)所示。当剖切平面通过非圆孔导致图形完全分离时,这些结构也应按剖视绘制。如图 6-30(b)所示。

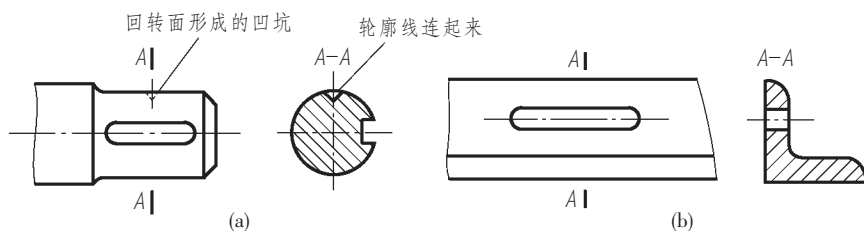


图 6-30 移出断面的画法

(4) 剖切平面一般应垂直于被剖切部分的主要轮廓线。当遇到如图 6-31 所示的肋板结构时,可用两个相交的剖切平面分别垂直于左、右肋板进行剖切。这时所画的断面图,中间用波浪线断开。

(5) 移出断面图的标注,应掌握以下要点

① 当断面图画在剖切平面的延长线上时,若断面图是对称的,可完全省略标注;若断面图形不对称,则必须用剖切符号表示剖切位置及投射方向。如图 6-29(b)所示。

② 当断面图不是放置在剖切位置的延长线上时,不论断面图形是否对称,都应画出剖切

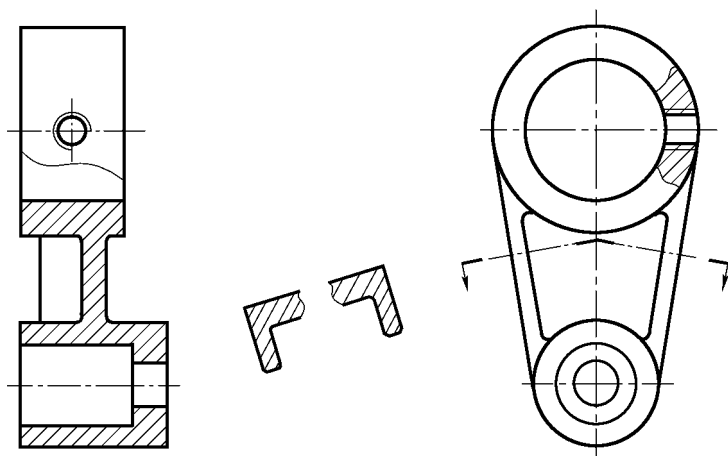


图 6-31 两个相交且垂直于肋板的剖切平面得出的断面图

符号,用大写字母标注断面图名称。如图 6-30 所示。

## 2. 重合断面图

画在视图轮廓线之内的断面图,称为重合断面图。

重合断面图的轮廓线用细实线绘制,当视图中的轮廓线与重合断面图的轮廓线重叠时,视图中的轮廓线仍需完整画出,不可间断。如图 6-32 所示。重合断面图若为对称图形,可省略标注。如图 6-33 所示。若图形不对称,则应注出剖切符号和投射方向。如图 6-32 所示。

由于重合断面图是重叠画在视图上,为了不影响图形的清晰程度,一般多用于断面形状较简单的情况。

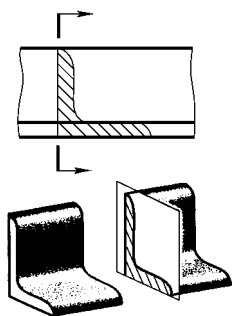


图 6-32 重合断面(一)

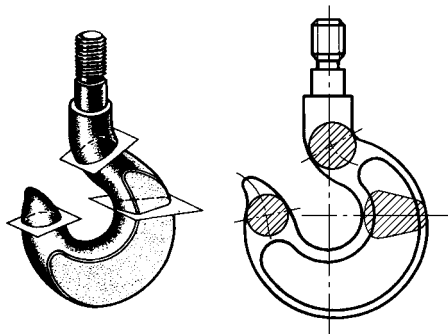


图 6-33 重合断面(二)

## 第四节 局部放大图

### 一、局部放大图

用大于原图形所采用的比例绘制的机件部分结构的图形,称为局部放大图。机件上有些结构太细小,在视图中表达不清晰,也不便于尺寸标注和技术要求。对这些结构,可采用局部放大图。如图 6-34 所示。

局部放大图可画成视图、剖视图、断面图,与原来的表达方法无关。为方便看图,局部放大图应尽量配置在被放大部位的附近。

局部放大图的标注方法是:在视图中,用细实线圆将放大的部位圈出,在局部放大图的上方注写绘图比例。当需要放大的部位不止一处时,必须在视图上对这些部位用罗马数字编号,并在局部放大图的上方标出相应的罗马数字和所用比例。如图 6-34 所示。

同一机件上不同部位的局部放大图,当图形相同或对称时只需画出一个,必要时可用几个图形表达同一被放大部分结构。如图 6-35 所示。

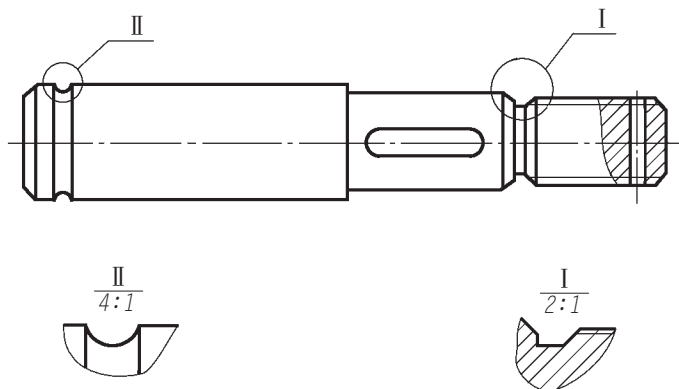


图 6-34 局部放大图(一)

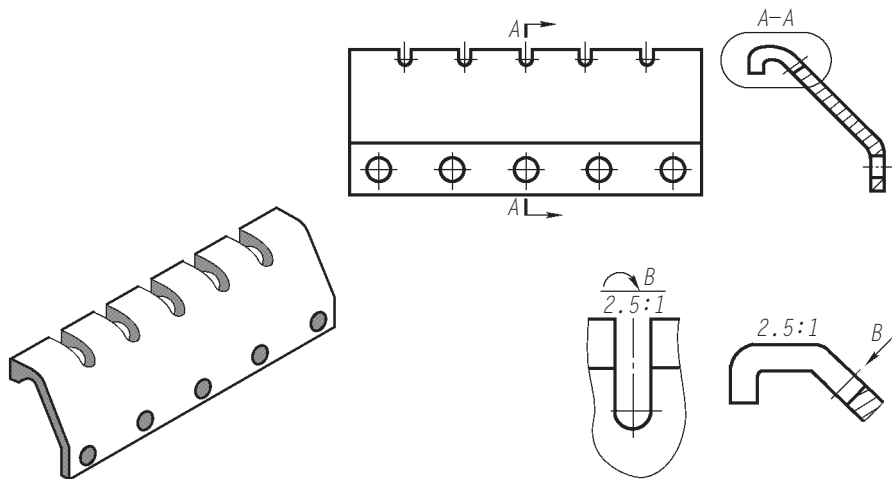


图 6-35 局部放大图(二)

## 二、简化画法与规定画法

(1) 对于机件的肋、轮辐及薄壁等,如按纵向剖切,这些结构都不画剖面符号,而是用粗实线将它们与相邻部分分开。但剖切平面横向剖切这些结构时,则应画出剖面符号。如图 6-36、图 6-37 所示。

(2) 当回转体上均匀分布的肋、轮辐、孔等结构不处于剖切平面时,可将这些结构旋转到剖切平面上画出。如图 6-37 所示。

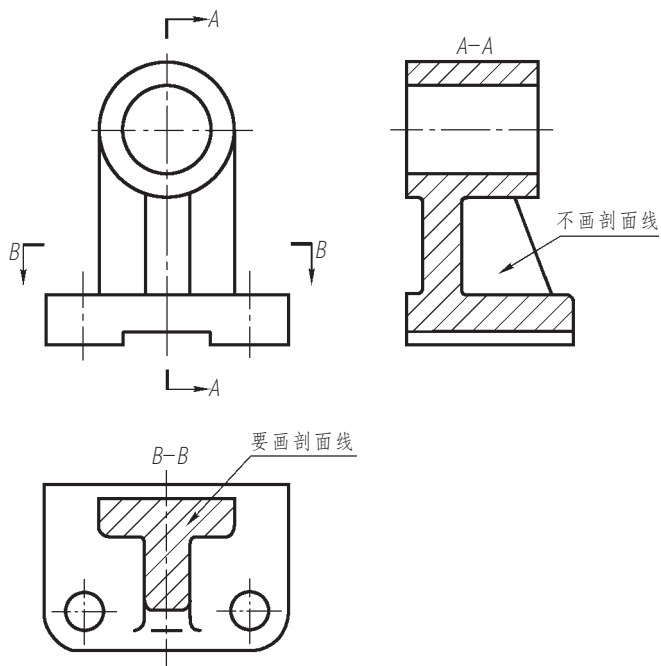


图 6-36 机件上肋板剖切时的画法

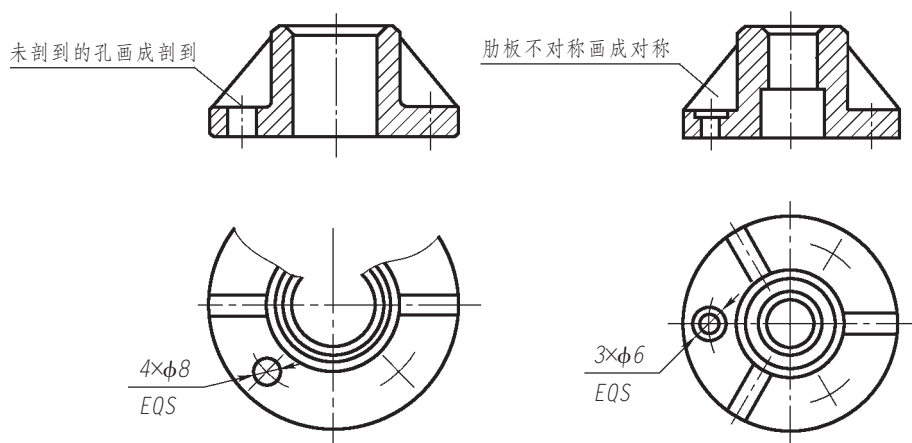


图 6-37 均布孔、肋的简化画法

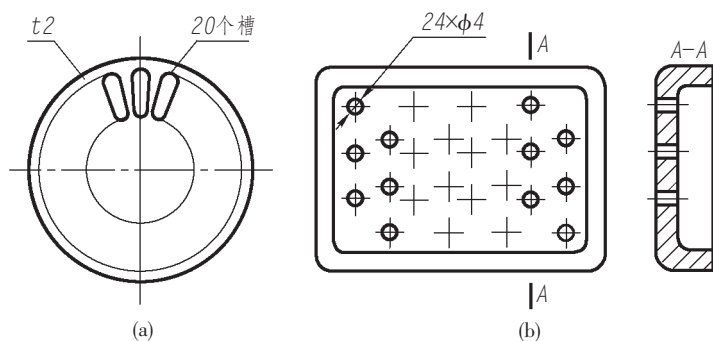


图 6-38 相同结构的简化画法

(3) 机件上相同结构,可画出几个完整的结构,其余用细实线连接,或画出它们的中心线,然后注明总数。如图 6-38 所示。

(4) 较长的机件沿长度方向的形状一致,或按一定的规律变化时,可断开后缩短绘制。如图 6-39 所示。

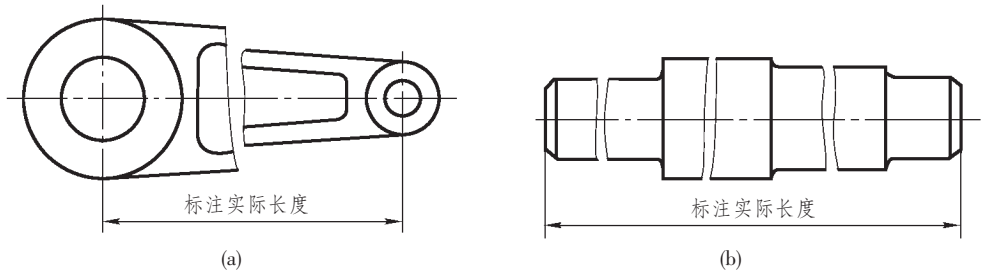


图 6-39 较长机件的断裂画法

(5) 为节省图幅,对称机件的视图可只画一半或四分之一,并在对称中心线的两端画出两条与其垂直的细实线。如图 6-40 所示。

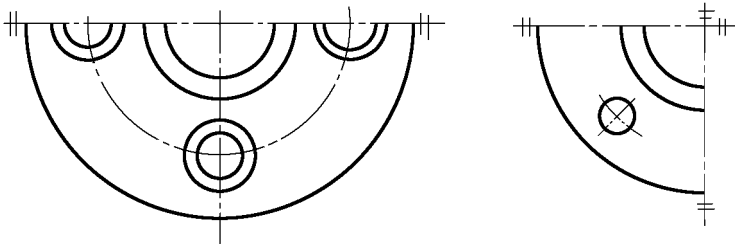


图 6-40 对称机件的简化画法

(6) 当回转体上的平面在图形中不能充分表达时,可用平面符号(两条相交的细实线)表示。如图 6-41 所示。



图 6-41 平面的表示法

### 三、模型制作

补齐图 6-42 中漏标的尺寸,并制作模型。

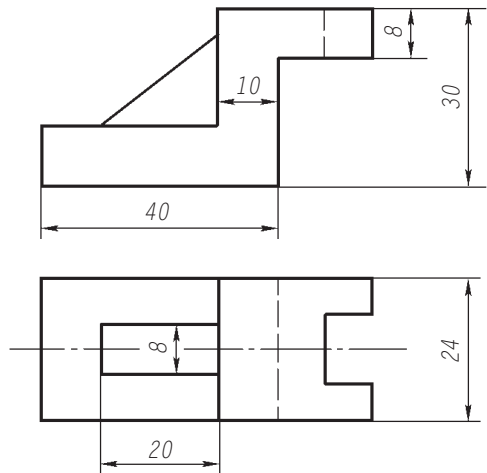


图 6-42 补齐尺寸并制作模型

# 第七章 标准件与常用件

在各种机器和设备中,除一般零件外,还经常用到螺栓、螺母、螺钉、垫圈、键、销、齿轮、弹簧、滚动轴承等标准件和常用件。这些零件用途广且用量大,为便于大规模的批量生产和使用,对它们的结构与尺寸都已全部或部分标准化。为简化作图,对标准件和常用件的结构与形状,可不必按真实投影画出,而是根据相应的国家标准所规定的画法、代号和标记进行绘图和标注。

## 第一节 螺 纹

螺纹是在圆柱或圆锥表面上,沿着螺旋线所形成的具有规定牙型(如三角形、梯形等)的连续凸起。凸起是指螺纹两侧面间的实体部分,又称牙。

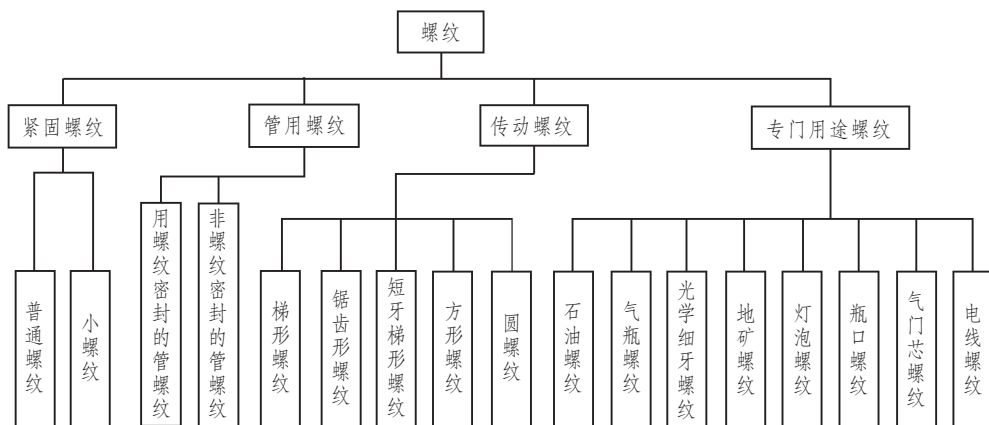
螺纹分外螺纹和内螺纹两种,成对使用。在圆柱或圆锥外表面上加工的螺纹,称外螺纹;在圆柱或圆锥内表面上加工的螺纹,称内螺纹。

### 一、螺纹的种类和要素

#### (一) 螺纹的种类

中国的螺纹标准是按用途将螺纹分为四大类,每大类螺纹还可细分。某种螺纹的名称,是依据螺纹最突出、最具有代表性的特征来命名的。如传动螺纹中的梯形螺纹,就是因为其牙型最有代表性而得名。这种方法的最大优点在于:凡是用到的螺纹,都能在分类中有自己适合的位置。如表 7-1 所示。

表 7-1 螺纹的分类



工业上制造螺纹有许多种方法,各种螺纹都是根据螺旋线原理加工而成的。图 7-1 为在

车床上加工内、外螺纹的方法。工件作等速旋转,车刀沿轴线方向等速移动,刀尖即形成螺旋运动。由于车刀刀刃形状不同,在工件表面切削掉的部分截面形状也不同,因而得到各种不同的螺纹。

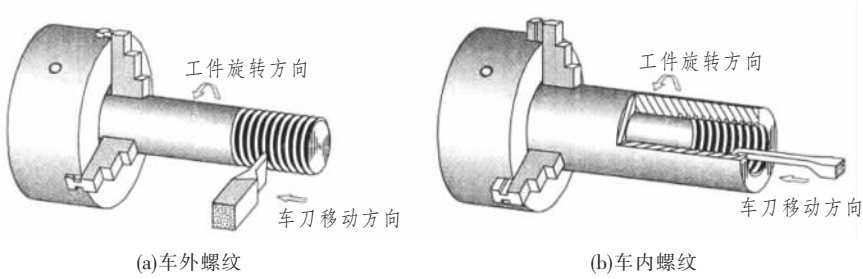


图 7-1 在车床上车削螺纹

## (二) 螺纹的基本要素

螺纹的结构和尺寸是由牙型、直径、螺距和导程、线数、旋向等要素确定的。

### 1. 牙型

在通过螺纹轴线的剖面上,螺纹的轮廓形状称为螺纹牙型。如图 7-2 所示。常见的有三角形、梯形、锯齿型和矩形等。

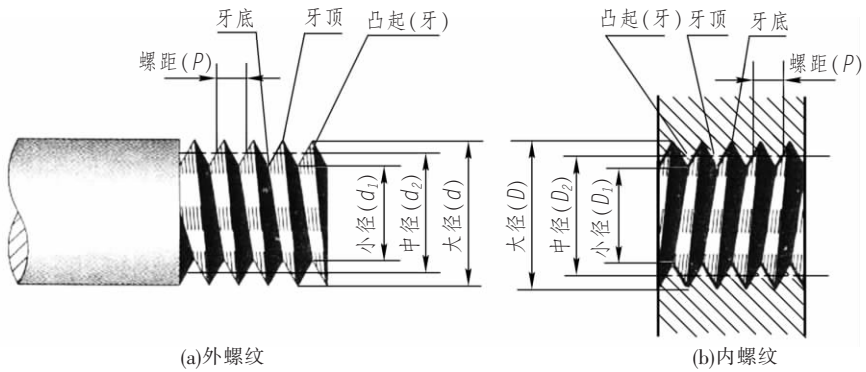


图 7-2 螺纹各部名称及代号

### 2. 螺纹的直径(大径、小径、中径)

与外螺纹牙顶或内螺纹牙底相切的假想圆柱直径,称为大径(内、外螺纹分别用  $D$ 、 $d$  表示);与外螺纹牙底或内螺纹牙顶相切的假想圆柱直径,称为小径(内、外螺纹分别用  $D_1$ 、 $d_1$  表示);在大径与小径之间,其母线通过牙型的沟槽和凸起宽度相等的假想圆柱的直径,称为中径(内、外螺纹分别用  $D_2$ 、 $d_2$  表示)。

外螺纹的大径( $d$ )与内螺纹的小径( $D_1$ )又称顶径;外螺纹的小径( $d_1$ )与内螺纹的大径( $D$ )又称底径。如图 7-2 所示。

普通螺纹大径的基本尺寸为公称直径,是代表螺纹尺寸的直径。

### 3. 线数

螺纹有单线与多线之分,沿一条螺旋线形成的螺纹为单线螺纹;沿轴向等距分布的两条或两条以上的螺旋线形成的螺纹为多线螺纹,线数用  $n$  表示。

### 4. 螺距和导程

螺距( $P$ )是指相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离;导程( $S$ )是指同一条螺旋线上

相邻两牙中径线上对应两点间的轴向距离。螺距和导程是两个不同的概念。如图 7-3 所示。

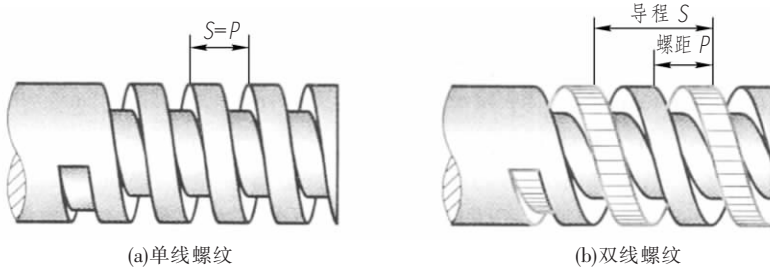


图 7-3 螺距和导程

螺距、导程、线数之间的关系是： $P=S/n$ 。对于单线螺纹，则  $P=S$ 。

5. 旋向

螺纹有右旋和左旋之分。沿顺时针方向旋入的螺纹称为右旋螺纹；沿逆时针方向旋入的螺纹称为左旋螺纹。

旋向的判定方法如下：

将外螺纹轴线垂直放置，螺纹的可见部分右高左低者为右旋螺纹；左高右低者为左旋螺纹。如图 7-4 所示。

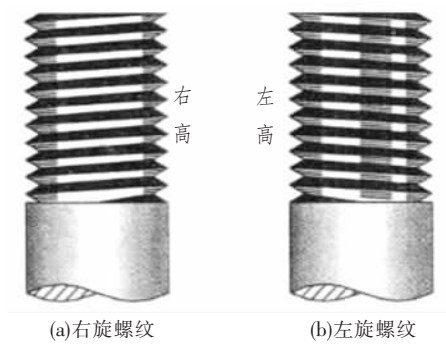


图 7-4 螺纹的旋向


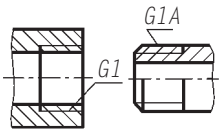

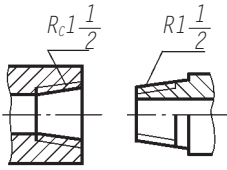
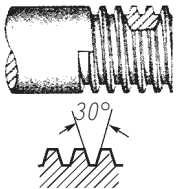
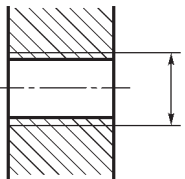
只有牙型、直径、螺距和导程、线数与旋向均相同的内、外螺纹，才能旋合。

在螺纹的诸要素中，牙型、大径和螺距是决定螺纹结构规格的最基本要素，称为螺纹的三要素。凡螺纹三要素符合国家标准的，称为标准螺纹；牙型不符合国家标准的，称为非标准螺纹。表 7-2 中所列的均为标准螺纹。

表 7-2 常用标准螺纹的种类、标记和标注

螺纹类别		特征代号	牙型	标注示例	说明
连接和紧固用螺纹	粗牙普通螺纹	M			粗牙普通外螺纹，公称直径 16，右旋；中径公差带和大径公差带均为 6g；中等旋合长度
	细牙普通螺纹				细牙普通内螺纹，公称直径 16，螺距 1，右旋；中径公差带和小径公差带均为 6H；中等旋合长度



螺纹类别		特征代号	牙型	标注示例	说明	
管用螺纹	非螺纹密封的管螺纹	G			非螺纹密封的圆柱管螺纹 G: 螺纹特征代号 1: 尺寸代号 A: 外螺纹公差等级代号	
	用螺纹密封的管螺纹	圆锥内螺纹	Rc			用螺纹密封的管螺纹 Rc: 用螺纹密封的圆锥内螺纹 R: 用螺纹密封的圆锥外螺纹 1 1/2: 尺寸代号
		圆柱内螺纹	Rp			
		圆锥外螺纹	R			
传动螺纹	梯形螺纹	Tr			梯形螺纹, 公称直径 36, 双线螺纹, 导程 12, 螺距 6, 右旋; 中径公差带为 7H; 中等旋合长度	

## 二、螺纹的规定画法

### (一) 外螺纹的规定画法

在平行于轴线的视图上, 螺纹的大径用粗实线表示; 小径用细实线表示, 螺纹的倒角或倒圆也应画出; 螺纹的终止线画成粗实线。在投影为圆的视图上, 表示小径的细实线圆只画约 3/4 圈, 倒角圆省略不画。如图 7-5 所示。

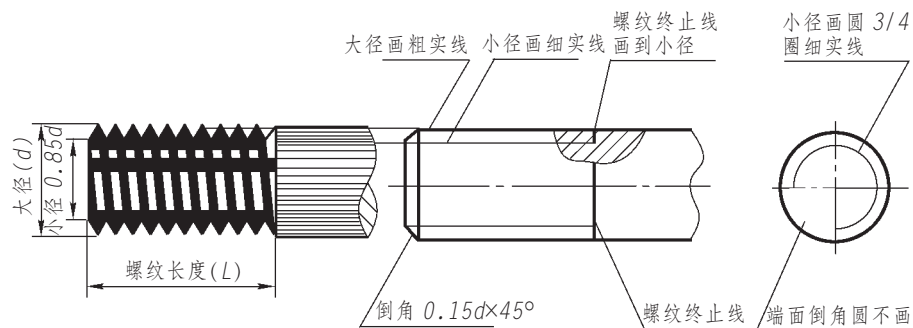


图 7-5 外螺纹的规定画法

外螺纹画成剖视图时, 终止线只画一小段粗实线到小径处, 剖面线应画到粗实线。如图 7-5 所示。

## (二) 内螺纹的规定画法

当用剖视图表达内螺纹时,其小径画成粗实线,大径画成细实线,螺纹终止线画成粗实线,剖面线画到粗实线为止;在投影为圆的视图上,表示大径的细实线圆只画约 3/4 圈,倒角圆也省略不画。如图 7-6 所示。

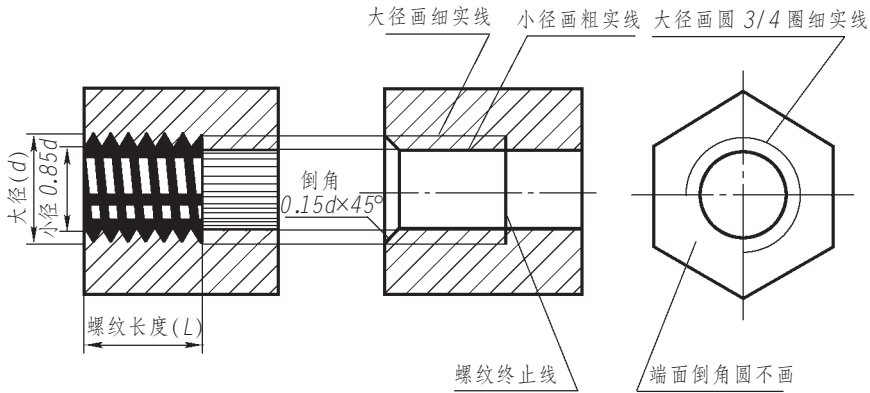


图 7-6 内螺纹的规定画法

绘制不穿通的螺孔时,一般应将钻孔深度与螺孔的深度分别画出。如图 7-7 所示。

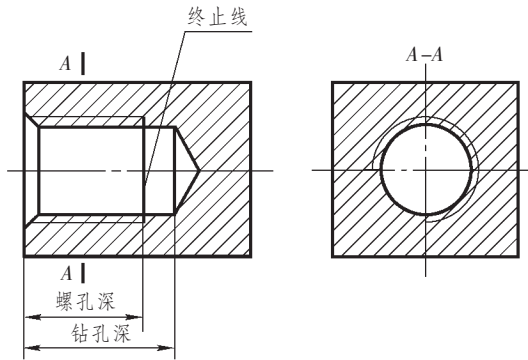


图 7-7 不穿通螺纹孔的画法

当螺纹不可见时,所有的图线都用虚线绘制。如图 7-8 所示。

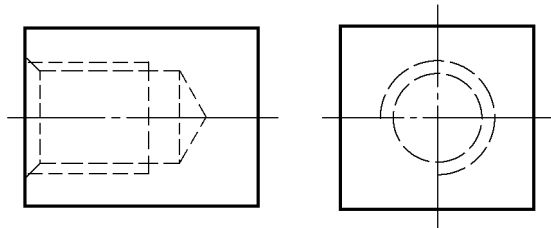


图 7-8 未剖螺纹的画法

## (三) 螺纹连接的规定画法

以剖视表示内外螺纹的连接时,其旋合部分应按外螺纹的画法绘制,其余部分仍按各自的画法表示。如图 7-9 所示。

画图时必须注意:内、外螺纹的大、小径线必须对齐。这与倒角大小无关,它表明内、外螺

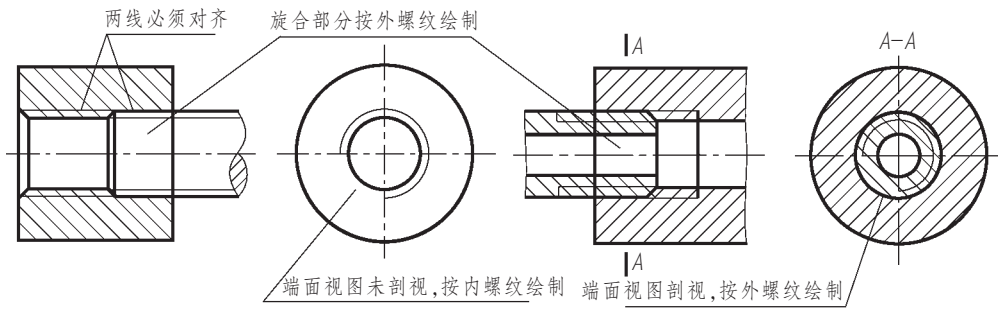


图 7-9 螺纹连接的规定画法

纹具有相同的大径和小径。

### 三、螺纹的标记及标注

由于螺纹的规定画法不能表示螺纹种类和螺纹要素,因此绘制螺纹图样时,必须按照国家标准所规定的标记格式和相应代号进行标注。

#### (一) 普通螺纹的标记

普通螺纹的标记格式如下:

$\underbrace{\text{螺纹特征代号}}_{\text{螺纹特征代号}} \underbrace{\text{公称直径} \times \text{螺距}}_{\text{公称直径} \times \text{螺距}} \underbrace{\text{旋向}}_{\text{旋向}} \underbrace{\text{—中径公差带 顶径公差带}}_{\text{公差带代号}} \underbrace{\text{—螺纹旋合长度}}_{\text{旋合长度代号}}$

螺纹特征代号为 M,粗牙普通螺纹不标注螺距。左旋螺纹以“LH”表示,右旋螺纹不标注旋向(所有螺纹旋向的标记,均与此相同)。

公差带代号由中径公差带和顶径公差带(对外螺纹指大径公差带,对内螺纹指小径公差带)两组公差带组成。大写字母代表内螺纹,小写字母代表外螺纹。若两组公差带相同,则只写一组(常用的公差带见附表 3)。

旋合长度分为短(S)、中等(N)、长(L)三种。一般采用中等旋合长度,N 省略不注。

【例 7-1】 解释“M12—6g”的含义。

解:表示粗牙普通外螺纹,大径为 12,螺距为 1.75(查附表 1 得到),右旋;中径和大径公差带均为 6g;中等旋合长度。

【例 7-2】 解释“M10—5g6g—s”的含义。

解:表示粗牙普通外螺纹,大径为 10,螺距为 1.5(查附表 1 得到),右旋;中径公差带为 5g,大径公差带为 6g;短旋合长度。

【例 7-3】 解释“M20×2LH—6H”的含义。

解:表示细牙普通内螺纹,大径为 20,螺距为 2,左旋;中径和小径公差带均为 6H;中等旋合长度。

#### (二) 管螺纹的标记

管螺纹是在管子上加工的,主要用于连接管件,故称为管螺纹。管螺纹的数量仅次于普通螺纹,是使用数量最多的螺纹之一。由于管螺纹具有结构简单、装拆方便的优点,所以在机床、汽车、冶金、纺织、石油、化工等行业中都有应用。

##### 1. 用螺纹密封的管螺纹标记

用螺纹密封的管螺纹标记格式如下:

### 螺纹特征代号 尺寸代号—旋向代号

螺纹特征代号: Rc 表示圆锥内螺纹, Rp 表示圆柱内螺纹, R 表示圆锥外螺纹。

尺寸代号用  $1/2, 3/4, 1, 1\frac{1}{2}$  表示(详见附表 2)。

【例 7-4】 解释“Rc3/4”的含义。

解: 表示右旋圆锥内螺纹, 尺寸代号为  $3/4$ 。

【例 7-5】 解释“Rp3/4—LH”的含义。

解: 表示左旋圆柱内螺纹, 尺寸代号为  $3/4$ 。

### 2. 非螺纹密封的管螺纹标记

非螺纹密封的管螺纹标记格式如下:

螺纹的特征代号 尺寸代号 公差等级代号—旋向代号

螺纹特征代号用 G 表示。

尺寸代号用  $1/2, 3/4, 1, 1\frac{1}{2}$  表示(详见附表 2)。

螺纹公差等级代号: 对外螺纹分 A、B 两级标记; 因为内螺纹公差带只有一种, 所以不加标记。

【例 7-6】 解释“G1 $\frac{1}{2}$ A”的含义。

解: 表示右旋圆柱外螺纹, 尺寸代号为  $1\frac{1}{2}$ , 螺纹等级为 A 级。

【例 7-7】 解释“G1 $\frac{1}{2}$ —LH”的含义。

解: 表示左旋圆柱内螺纹, 尺寸代号为  $1\frac{1}{2}$ 。

需要注意的是: 管螺纹的尺寸代号并非公称直径, 它表示管子孔径的英寸制代号(1 英寸=25.4 mm), 而螺纹的大径、中径、小径及螺距等具体尺寸, 只有通过查阅相关的国家标准才能知道。

### (三) 螺纹的标记方法

公称直径以 mm 为单位的螺纹(如普通螺纹、梯形螺纹等), 其标记应直接注在大径的尺寸线上或其引出线上; 管螺纹的标记一律注在引出线上, 引出线应由大径处或对称中心处引出。如图 7-10 所示。

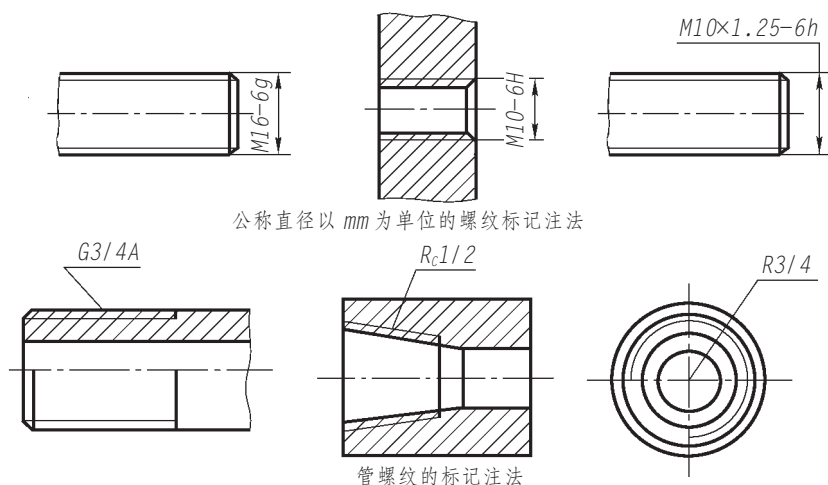


图 7-10 螺纹的标注

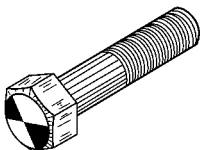
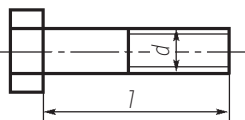
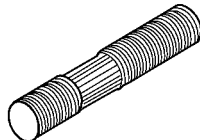
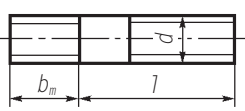
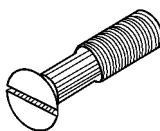
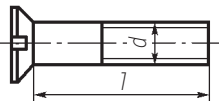

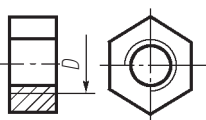

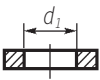
## 第二节 螺纹紧固件

在螺纹连接中,螺纹紧固件连接是工程上应用得最广泛的连接方式。因此,要掌握常用螺纹紧固件的标记、画法及其连接方式。

### 一、常用螺纹紧固件的简化标记

常用螺纹紧固件的简化标记及标记示例,见表 7-3。

表 7-3 常用螺纹紧固件的简化画法及标记

名称	轴测图	画法及规格尺寸	简化标记示例及说明
六角头螺栓			螺栓 GB/T 5780 M12×80 (或) GB/T 5780 M12×80 螺纹规格 $d=M12$ 、公称长度 $l=80$ 、性能等级为 4.8 级、表面氧化、杆身半螺纹、产品等级为 C 级的六角头螺栓
双头螺栓			螺栓 GB/T 899 M12×60 (或) GB/T 899 M12×60 螺栓两端均为粗牙普通螺纹、螺纹规格 $d=M12$ 、公称长度 $l=60$ 、性能等级为 4.8 级、不经表面处理, B 型 (B 省略不标)、 $b_m=1.5d$ 的双头螺栓
螺钉			螺钉 GB/T 68 M8×30 (或) GB/T 68 M8×30 螺纹规格 $d=M8$ 、公称长度 $l=30$ 、性能等级为 4.8 级、不经表面处理的开槽沉头螺钉
六角螺母			螺母 GB/T 41 M12 (或) GB/T 41 M12 螺纹规格 $D=M12$ 、性能等级为 5 级、不经表面处理、产品等级为 C 级的六角螺母
垫圈			垫圈 GB/T 97.1 12 (或) GB/T 97.1 12 标准系列、规格 12、性能等级为 140HV 级、不经表面处理、产品等级为 A 级的平垫圈

### 二、螺栓连接的画法

螺栓连接是将螺栓的杆身穿过两个被连接零件上的通孔,套上垫圈,再用螺母拧紧,使两个零件连接在一起的一种连接方式。如图 7-11 所示。

为提高画图速度,对连接的各个尺寸,可不按相应的标准数值画出,而是采用近似画法。

采用近似画法时,除螺栓长度  $L_{\text{并}} = t_1 + t_2 + 1.35d$  计算后,再查表取标准值外,其他各部分都取与螺栓直径成一定的比例来绘制。螺栓、螺母、垫圈的各部尺寸比例关系,如图 7-12 所示。

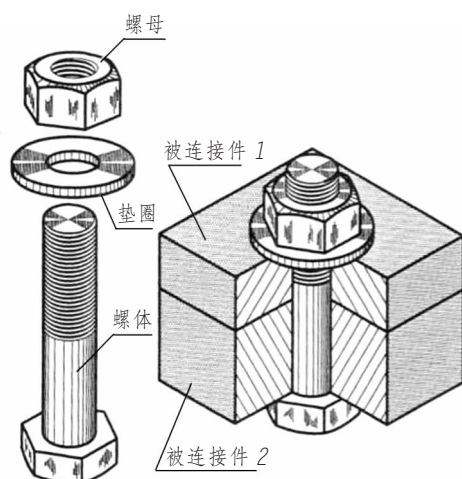


图 7-11 螺栓连接

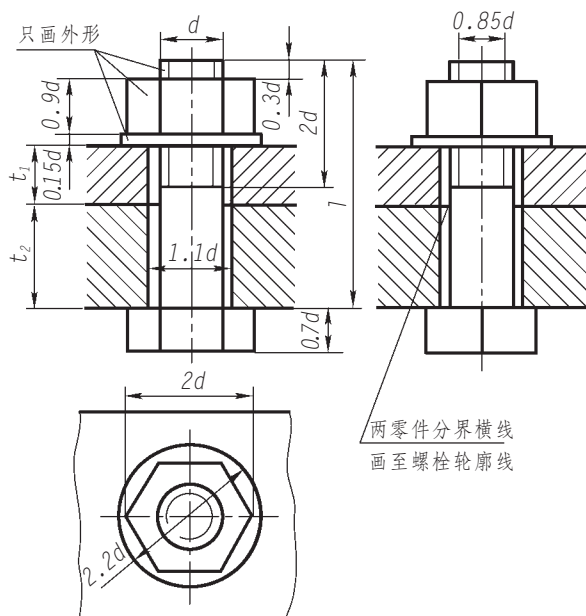


图 7-12 螺栓连接的近似画法

画图时必须遵守下列基本规定:

(1) 在装备图中,当剖切平面通过螺栓、螺柱、螺钉、螺母及垫圈等标准件的轴线时,应按未剖切绘制,即只画外形。

(2) 螺栓连接尽量采用简化画法,六角头螺栓和六角螺母的头部曲线可省略不画。螺纹紧固件上的工艺结构,如倒角、退刀槽、凸肩等均省略不画。

(3) 两个零件接触处只画一条粗实线,不得将轮廓线加粗。凡不接触的表面,不论间隙多小,在图上应画出间隙。

(4) 在剖视图中,相互接触的两个零件其剖面线方向相反。而同一个零件在各剖视中,剖

面线的倾斜方向和间隔应相同。

### 三、螺柱连接和螺钉连接画法简介

#### (一) 螺柱连接

双头螺柱多用在被连接件之一较厚、不便使用螺栓连接的地方。这种连接是在机体上加工出不通的螺孔,而另一端穿过被连接零件的通孔,放上垫圈后再拧紧螺母的一种连接方式。其连接画法如图 7-13(b)所示。

画螺柱连接时应注意以下两点:

- (1) 螺柱旋入端的螺纹长度终止线与两个被连接件的接触面应画成一条线。
- (2) 螺孔可采用简化画法,即仅按螺孔深度画出,而不画钻孔深度。

#### (二) 螺钉连接

螺钉连接用在受力不大和不经常拆卸的地方。这种连接是在较厚的机件上加工出螺孔,而另一被连接件上加工成通孔,用螺钉穿过通孔拧入螺孔,从而达到连接的目的。

螺钉头部的一字槽可画成一条特粗线(约  $2d$ ),俯视图中画成与水平线成  $45^\circ$ ,自左下右上的斜线;螺孔可不画出钻孔深度,仅按螺纹深度画出。如图 7-13(c)所示。

螺纹紧固件采用弹簧垫圈时,其弹簧垫圈的开口方向应向左倾斜(与水平线成  $75^\circ$ ),用一条特粗线(约  $2d$ )表示。

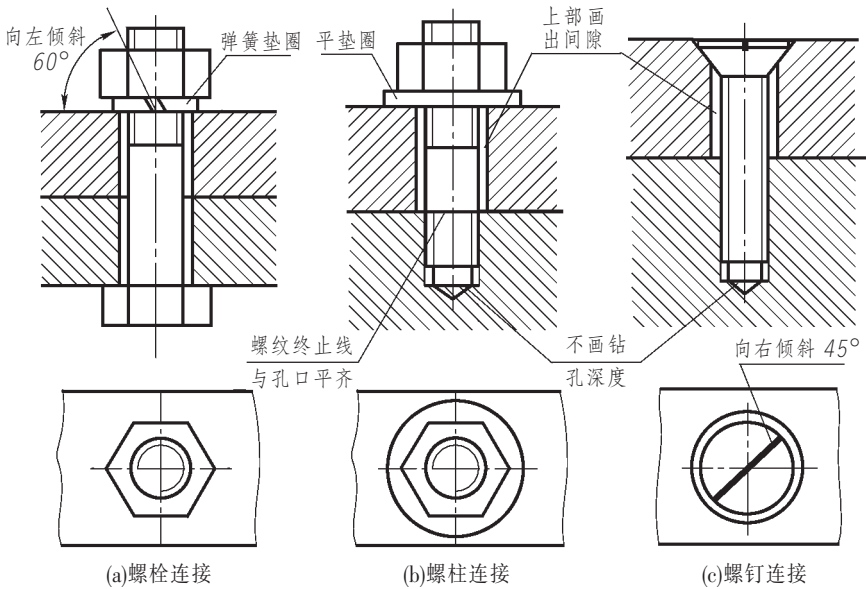


图 7-13 螺纹紧固件的简化画法

## 第三节 齿 轮

齿轮是一个有齿的机械构件,它与另一个有齿构件通过其共轭齿面的啮合,从而传递运动或改变运动的形式。通过齿轮啮合,可将一根轴的动力及旋转运动传递给另一根轴,也可改变转速和旋转方向。齿轮上每一个用于啮合的凸起部分,称为轮齿。一对齿轮的齿,依次交替地接触,从而实现一定规律的相对运动的过程和形态,称为啮合。

## 一、齿轮的基本知识

由两个啮合的齿轮组成的基本机构,称为齿轮副。常用的齿轮副按两轴的相对位置不同,分成如下三种(图 7-14)。

- (1) 平行轴齿轮副(圆柱齿轮啮合)——用于两平行轴间的传动。
- (2) 相交轴齿轮副(锥齿轮啮合)——用于两相交轴间的传动。
- (3) 交错轴齿轮副(蜗杆与蜗轮啮合)——用于两交错轴间的传动。



图 7-14 齿轮传动

分度曲面为圆柱面的齿轮,称为圆柱齿轮。圆柱齿轮的齿轮有直齿、斜齿、人字齿等,其中最常用的是直齿圆柱齿轮(简称直齿轮)。如图 7-15 所示。齿轮轮齿最常用的齿形曲线是渐开线。

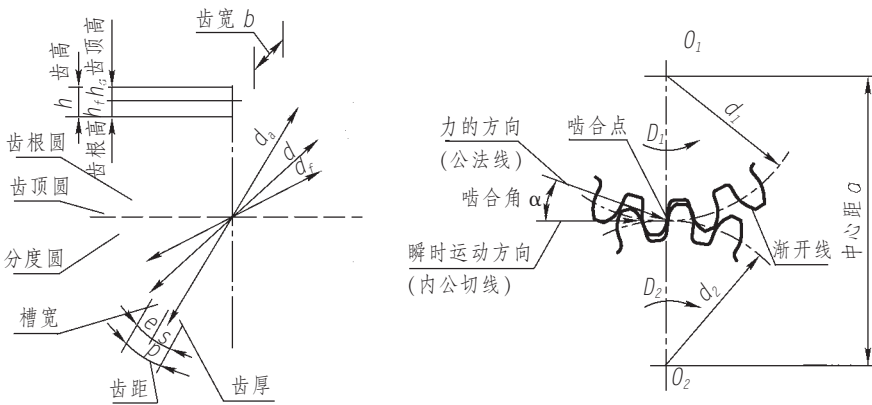


图 7-15 齿轮的各部名称及代号

## 二、直齿轮轮齿的各部分名称及代号

### (一) 齿顶圆( $d_a$ )

在圆柱齿轮上,其齿顶圆柱面与端平面的交线,称为齿顶圆。

### (二) 齿根圆( $d_f$ )

在圆柱齿轮上,其齿根圆柱面与端平面的交线,称为齿根圆。

### (三) 分度圆( $d$ )和节圆( $d'$ )

圆柱齿轮的分度曲面与端平面的交线,称为分度圆;平行轴齿轮副中的圆柱齿轮的节曲面与端平面的交线,称为节圆。在一对标准齿轮中,两齿轮分度曲面相切,即  $d = d'$ 。



#### (四) 齿顶高( $h_a$ )

齿顶圆与分度圆之间的径向距离,称为齿顶高。标准齿轮的  $h_a = m$  ( $m$  称为模数)。

#### (五) 齿根高( $h_f$ )

齿根圆与分度圆之间的径向距离,称为齿根高。标准齿轮的  $h_f = 1.25m$  ( $m$  称为模数)。

#### (六) 齿高( $h$ )

齿顶圆与齿根圆之间的径向距离,称为齿高。

#### (七) 端面齿距(简称齿距 $p$ )

两个相邻而同侧的端面齿廓之间的分度圆弧长,称为端面齿距。

#### (八) 槽宽(端面齿槽宽 $e$ )

齿轮上两相邻齿之间的空间,称为齿槽;在端平面上,一个齿槽的两侧齿廓之间的分度圆弧长,称为槽宽。

#### (九) 齿厚(端面齿厚 $s$ )

在圆柱齿轮的端平面上,一个齿的两侧端面齿廓之间的分度圆弧长,称为齿厚。在标准齿轮中,槽宽与齿厚各为齿距的一半。即  $s = e = p/2, p = s + e$ 。

#### (十) 齿宽( $b$ )

齿轮的有齿部位沿分度圆柱面的直母线方向量度的宽度,称为齿宽。

#### (十一) 啮合角和压力角( $\alpha$ )

在一般情况下,两相啮合轮齿的端面齿廓在接触点处的公法线,与两节圆的内公切线所夹的锐角,称为啮合角;对于渐开线齿轮,指的是两相啮合齿轮在节点上的端面压力角。标准齿轮的啮合角  $\alpha = 20^\circ$ 。

#### (十二) 齿数( $z$ )

一个齿轮的轮齿总数。

#### (十三) 中心距( $a$ )

平行轴或交错轴齿轮副的两轴线之间的距离,称为中心距。

### 三、直齿轮的基本参数与齿轮各部分的尺寸关系

#### (一) 模数

齿轮上有多少齿,在分度圆周上就有多少齿距,即分度圆周长为  $\pi d = zp$

则分度圆直径  $d = (p/\pi)z$

$$\text{令 } m = p/\pi$$

$$\text{则 } d = mz$$

$m$  称为齿轮的模数,单位 mm。模数是设计、制造齿轮的重要参数,它代表了齿轮的大小。齿轮传动中只有模数相等的一对齿轮才能互相啮合。为便于设计制造,模数已标准化。标准模数见表 7-4。

表 7-4 标准模数(GB/T 1357-87)

齿轮类型	模数系列	标准模数 $m$
圆柱齿轮	第一系列	1, 1.25, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40
	第二系列	1.75, 2.25, 2.75, (3.25), 3.5, (3.75), 4.5, 5, (6.5), 7, 9, (11), 14, 18, 22

注:选用圆柱齿轮模数时,应优先选用第一系列,其次选用第二系列,括号内的模数尽可能不用

## (二) 模数与齿轮各部分的尺寸关系

齿轮的模数确定后,按照与  $m$  的比例关系,可算出齿轮部分的各基本尺寸。详见表 7-5。

表 7-5 直齿圆柱齿轮轮齿的各部分尺寸关系/mm

名称及代号	计算公式	名称及代号	计算公式
模数 $m$	$m=d/z$ 计算后,再从表 6-3 中取标准值	分度圆直径 $d$	$d=mz$
齿顶高 $h_a$	$h_a=m$	齿顶圆直径 $d_a$	$d_a=d+2h_a=m(z+2)$
齿根高 $h_f$	$h_f=1.25m$	齿根圆直径 $d_f$	$d_f=d-2h_f=m(z-2.5)$
齿高 $h$	$h=h_a+h_f=2.25m$	中心距 $a$	$a=(d_1+d_2)/2=m(z_1+z_2)/2$

## 四、直齿圆柱齿轮的规定画法

### (一) 单个齿轮的规定画法

齿顶圆和齿顶线用粗实线绘制;分度圆和分度线用细点划线绘制;齿根圆或齿根线用细实线绘制(或省略不画)。在剖视图中,当剖切平面通过齿轮的轴线时,齿轮一律按不剖处理,轮齿部分不画剖面线,齿根线用粗实线绘制,此时不可省略。如图 7-16 所示。

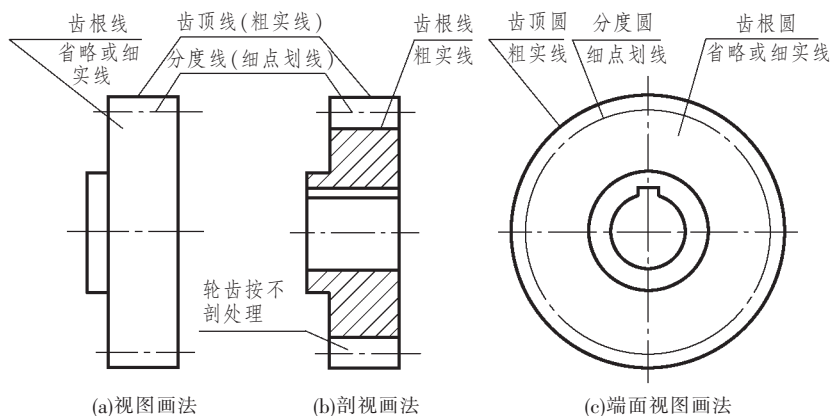


图 7-16 单个圆柱齿轮的规定画法

### (二) 齿轮啮合时的规定画法

在剖视图中,两轮齿啮合部分的分度线重合,用细点划线绘制;在啮合区内,一个轮齿用粗实线绘制,另一个轮齿被遮挡的部分用细虚线绘制(也可省略不画),其余部分仍按单个齿轮的规定画法绘制。如图 7-17(a)中的剖视画法。

若不作剖视,则啮合区内的齿顶线不必画出,此时分度线用粗实线绘制。如图 7-17(d)中的视图画法。

在表示齿轮端面的视图中,两齿轮分度圆应相切,啮合区内的齿顶圆均用粗实线绘制,或将啮合区内的齿顶圆省略不画。如图 7-17(b)、(c)中端面视图画法。

## 五、直齿轮测绘

根据齿轮实物,通过测量和计算,以确定主要参数并画出齿轮工作图的过程,称为齿轮测绘。测绘的一般步骤如下:

(1) 数出齿数  $Z$ 。标准齿轮的啮合角  $\alpha=20^\circ$ ,无需测量。

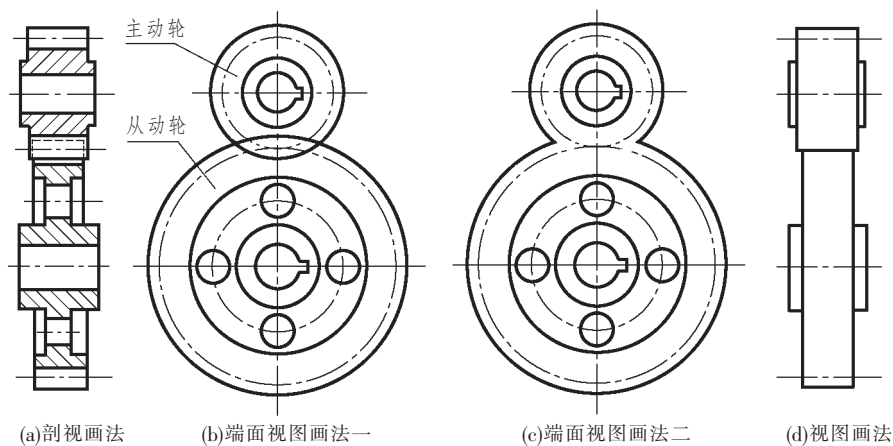


图 7-17 齿轮啮合时的规定画法

(2) 测量顶圆直径  $d_a$ 。

若为偶数齿,可直接量得  $d_a$ ;若为奇数齿,则先测出孔的直径及孔壁到齿顶间的径向距离,再计算得到顶圆直径( $d_a = 2H + D$ )。如图 7-18 所示。

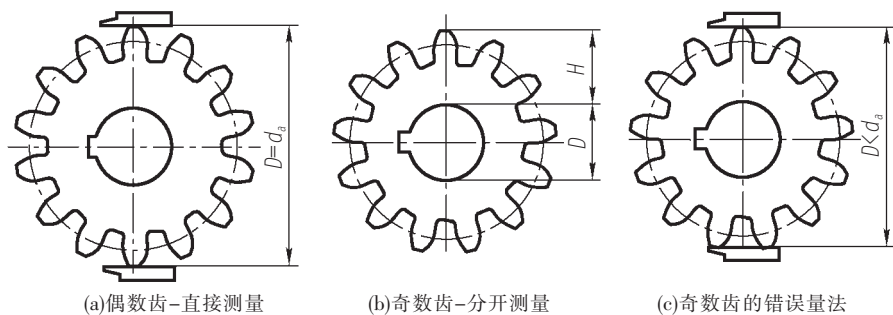


图 7-18 齿轮的测量方法

(3) 计算并取得标准模数  $m$ 。可按  $d_a$  公式导出  $m = d_a / (z + 2)$ ,根据  $m$  查表,选取最接近的标准模数  $m$ 。

(4) 根据标准模数,再计算出齿轮的各基本尺寸。齿轮的其他尺寸,按实际测量获得。

(5) 绘制齿轮零件图。

**【例 7-8】** 有一直齿圆柱齿轮,通过测量得知  $d_a = 244.4$ ,齿数  $z = 96$ ,试绘制齿轮零件图。

解:(1) 计算并取得标准模数。

$$m = d_a / (z + 2) = 244.4 / (96 + 2) = 2.49$$

查表 7-3,在第一系列中与 2.49 最接近的标准模数为 2.5,故取标准模数  $m = 2.5$ 。

(2) 根据模数计算齿轮的各部分尺寸。

$$h_a = m = 2.5$$

$$h_f = 1.25m = 1.25 \times 2.5 = 3.125$$

$$h = h_a + h_f = 2.5 + 3.125 = 5.625$$

$$d = mz = 2.5 \times 96 = 240$$

$$d_a = m(z + 2) = 2.5(96 + 2) = 245$$

$$d_f = m(z - 2.5) = 2.5(96 - 2.5) = 233.75$$

(3) 测量和确定齿轮其他部分的尺寸。如齿轮宽度  $b=60$ , 轴孔尺寸  $D=58$ , 键槽宽 18, 槽顶至孔底 62 等。

(4) 绘制齿轮零件图。如图 7-19 所示。

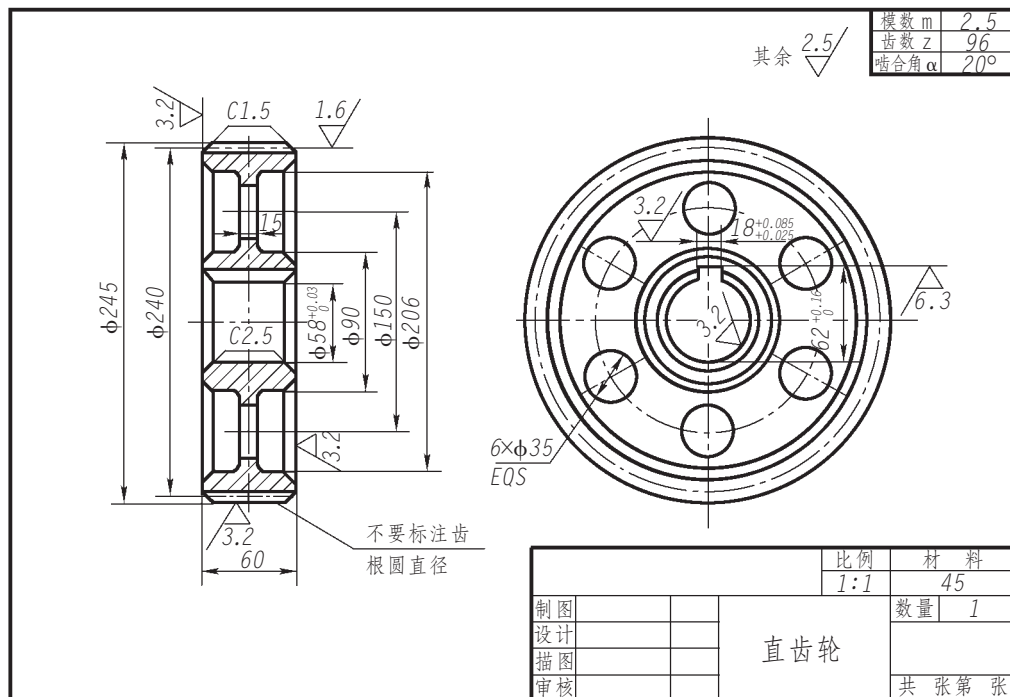


图 7-19 齿轮零件图

## 第四节 键 销 连 接

### 一、键连接

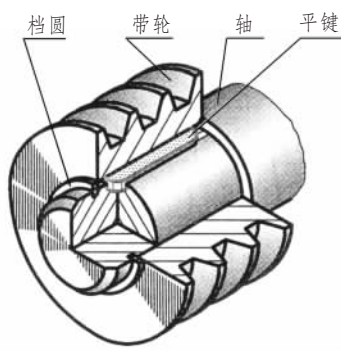


图 7-20 键连接

如果把动力从联轴器、离合器、齿轮、飞轮或带轮等机械零件传递到安装这个零件的轴上,通常在轮孔和轴上分别加工出键槽,把普通平键的一半嵌在轴里,另一半嵌在装配零件的毂里,使它们连在一起转动。如图 7-20 所示。

键连接有多种形式,各有其特点和适用场合。普通平键制造简单,装拆方便,轮与轴的同心度较好,在各种机械上得到广泛应用。普通平键有圆头(A型)、平头(B型)和单圆头(C型)三种形式。其形状如图 7-21 所示。

普通平键是标准件。选择平键时,先根据轴径  $d$  从标准中查取键的截面尺寸  $b \times h$ ,然后按轮毂宽度  $B$  选定键长

$L$ , 一般  $L=B-(5\sim 10)$ , 并取  $L$  为标准值。键和键槽的形式、尺寸, 参见附表 9。

键的标记格式为:

名称 形式 键宽×键长 标准编号

【例 7-9】 A 型普通平键(A 型普通平键不注“A”), 键宽  $b=18$ , 键高  $h=11$ , 键长  $L=100$ , 键的标记为: 键 18×100 GB/T 1096

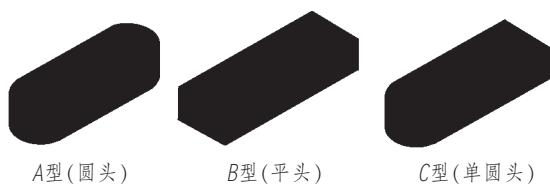


图 7-21 普通平键的形式

图 7-22 表示在零件图中, 键槽的一般表示法和尺寸注法。普通平键的两个侧面是平行的, 键侧与键槽的两个侧面紧密结合, 靠键的侧面传递扭矩。

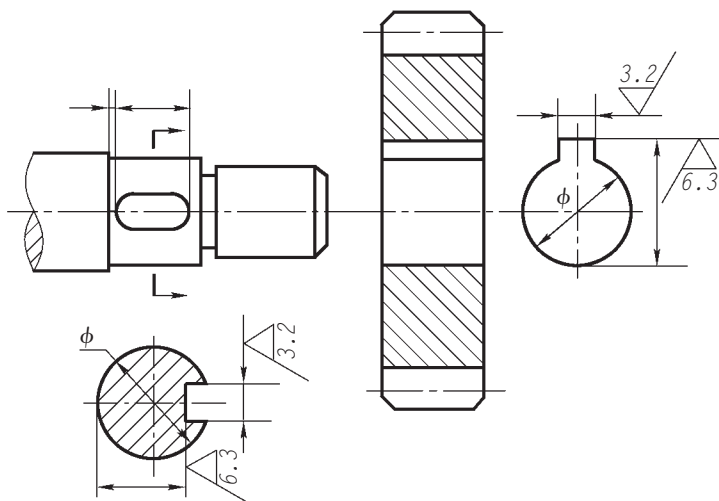


图 7-22 键槽的表示方法和尺寸注法

在键连接的画法中, 键与键槽在顶面不接触, 应画出间隙; 键的倒角省略不画; 沿键的纵向剖切时, 键按不剖处理; 横向剖切时, 要画剖面线。如图 7-23 所示。

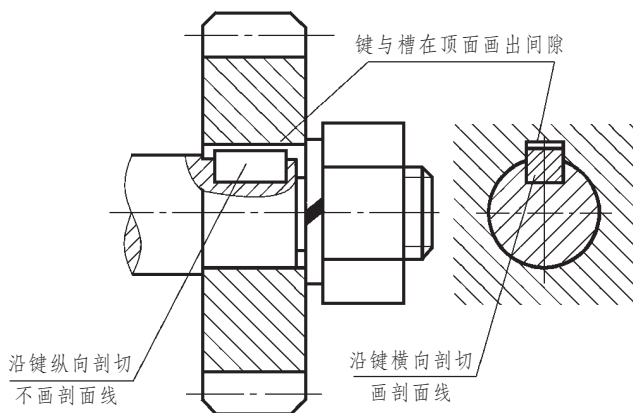


图 7-23 键连接的画法

## 二、销连接

销是标准件,主要用于零件间的连接或定位。销的类型较多,但最常见的两种基本类型是圆柱销和圆锥销。如图 7-24 所示。

销的标记格式为:

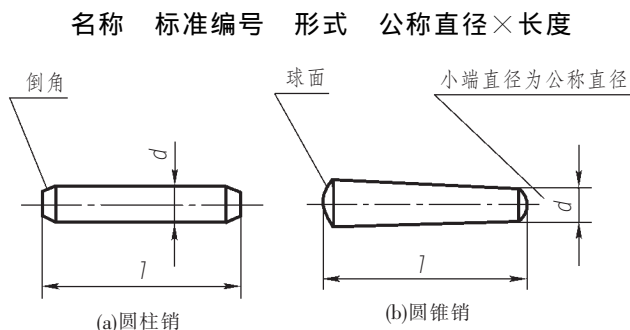


图 7-24 销的基本类型

**【例 7-10】** 公称直径  $d=6$ 、公差  $m6$ 、公称长度  $L=30$ 、材料为钢、普通淬火、表面氧化的圆柱销,其标记为:

销 GB/T 119.2 6×30

根据销的标记,即可查出销的形式和尺寸,详见附表 10、附表 11。

圆锥销的公称直径是指小端直径。在销连接的画法中,当剖切平面沿销的轴线剖切时,销按不剖处理;垂直销的轴线剖切时,要画剖面线,销的倒角可省略不画。如图 7-25 所示。

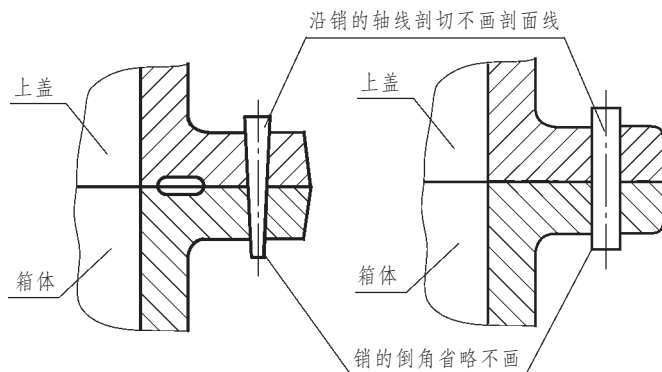


图 7-25 销连接的画法

## 第五节 滚动轴承

滚动轴承是支承轴并承受轴上载荷的标准组件。由于其结构紧凑、摩擦力小,所以得到广泛应用,它的结构和尺寸已经标准化了。滚动轴承一般由内圈、滚动体、保持架、外圈四部分组成。如图 7-26 所示。

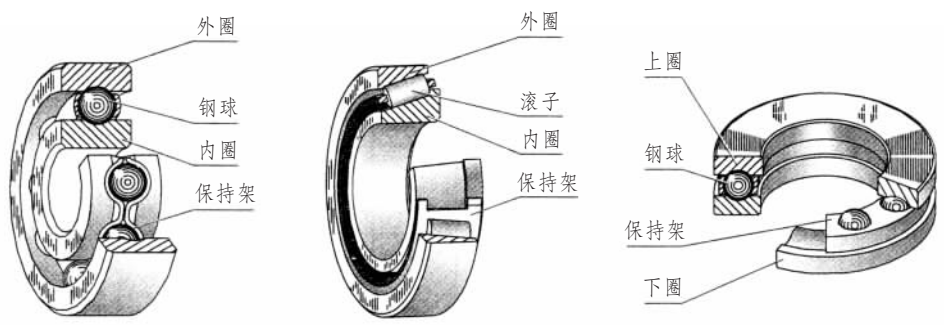


图 7-26 滚动轴承的结构及类型

## 一、滚动轴承的基本代号

滚动轴承基本代号表示轴承的基本类型、结构和尺寸,是滚动轴承代号的基础。基本代号的组成方式如下:

轴承类型代号 尺寸系列代号 内径代号

### (一) 轴承类型代号

滚动轴承类型代号用数字或字母来表示。如表 7-6 所示。

表 7-6 滚动轴承类型代号(摘自 GB/T 272)

代号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N	U	QJ	
轴承类型	双列角接触球轴承	调心球轴承	推力调心滚子轴承	调心滚子轴承和推力调心滚子轴承	圆锥滚子轴承	双列深沟球轴承	推力球轴承	深沟球轴承	角接触球轴承	推力圆柱滚子轴承	圆柱滚子轴承	外球面球轴承	四点接触球轴承

### (二) 尺寸系列代号

尺寸系列代号包括滚动轴承的宽(高)度系列代号和直径系列代号两部分,用两位阿拉伯数字来表示。它的主要作用是区别内径相同,而宽度和外径不同的滚动轴承。具体代号需查阅相关的国家标准。

### (三) 内径代号

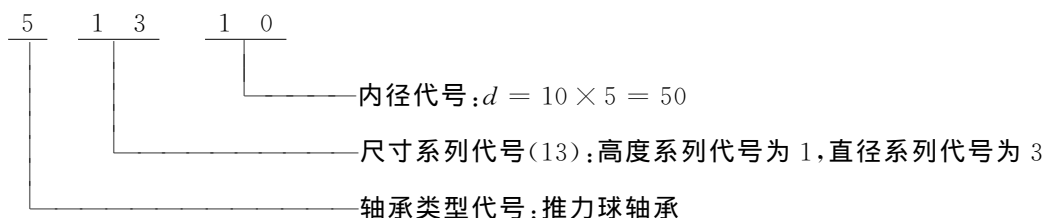
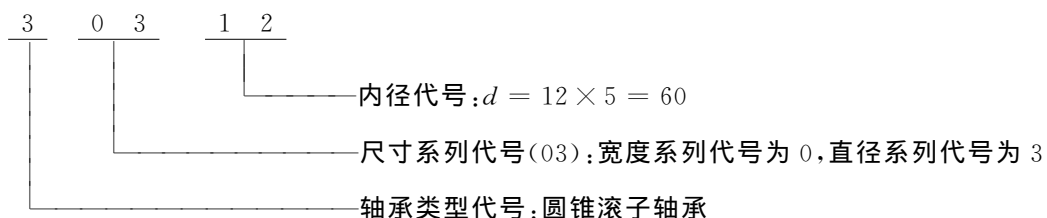
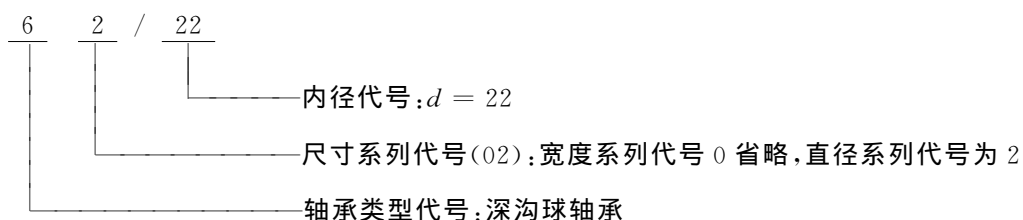
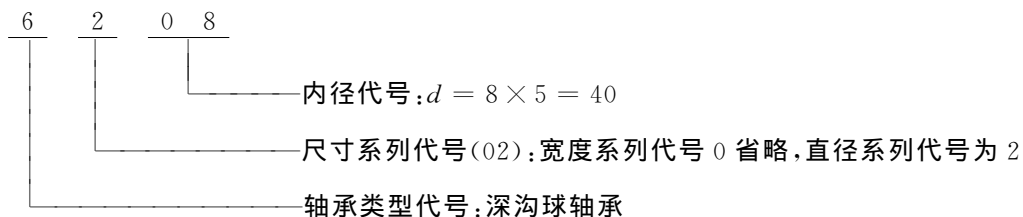
内径代号表示滚动轴承的公称直径,一般用两位阿拉伯数字表示。其表示方法见表 7-7 所示。

表 7-7 滚动轴承内径代号(摘自 GB/T 272)

轴承公称内径/mm	内径代号	示例
0.6~10(非整数)	用公称直径毫米数直接表示,在其与尺寸系列代号之间用“/”分开	深沟球轴承 618/2.5 $d=2.5$
1~9(整数)	用公称内径毫米数直接表示,对深沟及角接触球轴承 7、8、9 直径系列,内径与尺寸系列代号之间用“/”分开	深沟球轴承 625 $d=5$ 深沟球轴承 618/5 $d=5$

轴承公称内径/mm	内 径 代 号	示 例	
10~17	10	00	深沟球轴承 6200 $d=10$
	12	01	深沟球轴承 6201 $d=12$
	15	02	深沟球轴承 6202 $d=15$
	17	03	深沟球轴承 6203 $d=17$
20~480 (22、28、32 除外)	公称内径除以 5 的商数,商数为个位数, 需在商数左边加“0”,如 08	圆锥滚子轴承 30308 $d=40$ 深沟球轴承 6215 $d=75$	
$\geq 500$ 以及 22、28、32	用公称内径毫米数直接表示,但在与尺寸 系列代号之间用“/”分开	调心滚子轴承 230/500 $d=500$ 深沟球轴承 62/22 $d=22$	

滚动轴承的基本代号举例:

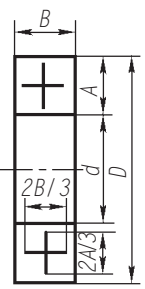
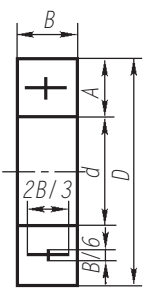
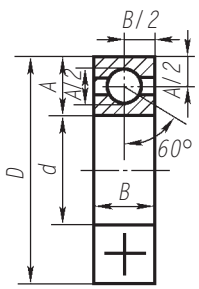
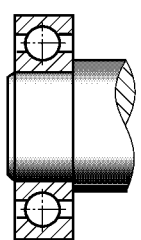
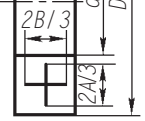
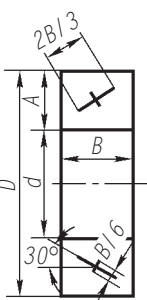
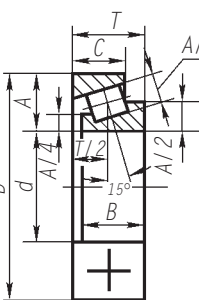
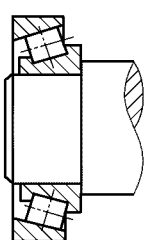
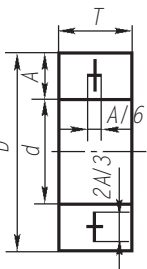
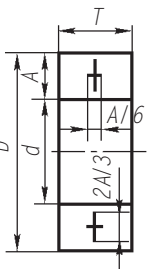
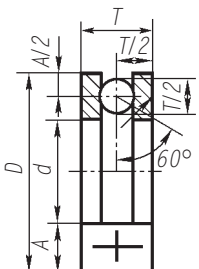
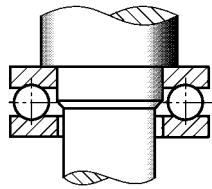


## 二、滚动轴承的画法

滚动轴承已经标准化,在装配图上可采用简化画法(即通用画法和特征画法)或规定画法。常用的轴承简化画法和示意画法如表 7-8 所示。



表 7-8 滚动轴承的通用画法、特征画法和规定画法(摘自 GB/T 4459.7)

名称 和标 准号	查表 主要 数据	画 法		装配示意图	
		简化画法			规定画法
		通用画法	特征画法		
深沟球轴承(GB/T 276—1994)	$D$ $d$ $B$				
圆锥滚子轴承(GB/T 297—1994)	$D$ $d$ $B$ $T$ $C$				
推力球轴承(GB/T 301—1995)	$D$ $d$ $T$				

## 第六节 弹 簧

弹簧是一种常见的标准件,它是减振、夹紧、测力和储存能量的零件。它的特点是在弹性限度内,受外力作用而变形,去掉外力后,弹簧能立即恢复原状。弹簧的种类很多,有螺旋弹簧、板弹簧及片弹簧等,用途较广。

圆柱螺旋弹簧是由金属丝绕制而成的。根据用途不同可分为压缩弹簧(Y型)、拉力弹簧(L型)和扭力弹簧(N型)三种形式。如图 7-27 所示。

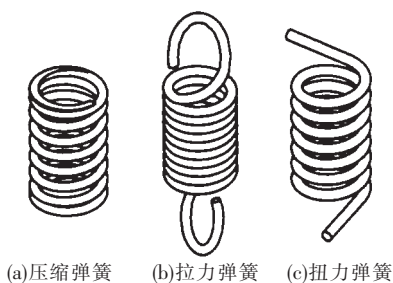


图 7-27 圆柱螺旋弹簧

## 一、圆柱螺旋弹簧的规定画法

圆柱螺旋弹簧可画成视图、剖视或示意图。如图 7-28 所示。

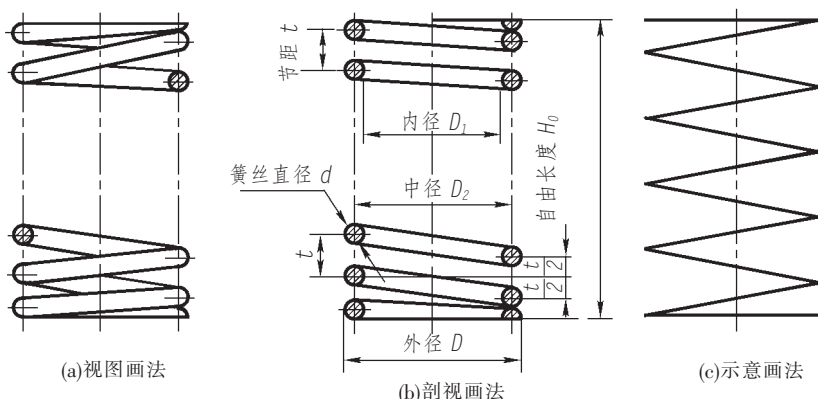


图 7-28 圆柱螺旋弹簧的画法

画图时,应注意以下几点:

(1) 圆柱螺旋弹簧在平行于轴线的投影面上的投影,其各圈的外形轮廓应画成直线。

(2) 有效圈数在 4 圈以上的螺旋弹簧,允许每端只画 2 圈(不包括支承圈),中间各圈可省略不画,只画通过簧丝断面中心的两条细点划线。当中间部分省略后,也可适当地缩短图形的长(高)度。如图 7-28 所示。

(3) 在装配图中,弹簧中间各圈采用省略画法后,弹簧后面被挡住的零件轮廓不必画出。如图 7-29 所示。

(4) 当簧丝直径在图上小于或等于 2 时,可采用示意图法,如果是断面,可涂黑表示。如图 7-29 所示。

(5) 右旋弹簧或旋向不作规定的螺旋弹簧,在图上画成右旋。左旋弹簧允许画成右旋,但左旋弹簧不论画成左旋或右旋,一律要加注“LH”。

## 二、普通圆柱螺旋压缩弹簧的标记

圆柱螺旋压缩弹簧的标记格式如下:

名称 端部形式  $d \times D_2 \times H_0$  - 精度 旋向 标准编号 材料牌号 - 表面处理

【例 7-11】解释“压簧 YI 3×20×80 GB/T 2089”的含义。

解:普通圆柱螺旋压缩弹簧,两端并紧并且磨平(YI), $d=3$ , $D_2=20$ , $H_0=80$ ,按3级精度制造,材料为碳素弹簧钢丝B级,且表面氧化处理的右旋弹簧。

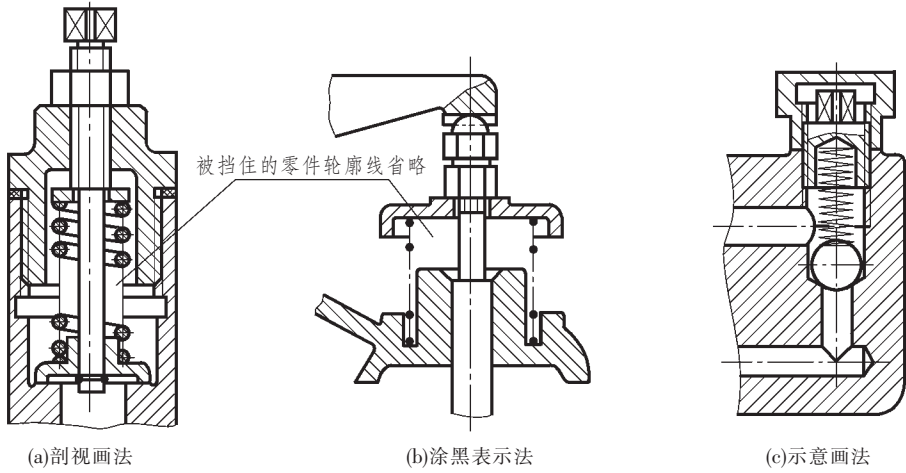


图 7-29 弹簧在装配图中的画法

# 第八章 零件图

表示零件结构、大小及技术要求的图样,称为零件工作图,简称零件图。零件图是生产过程中加工制造和检验零件的主要依据,是指导生产的重要技术文件。本章主要介绍零件图的内容、绘制和识读零件图的方法及有关的工艺常识。

## 第一节 零件图的内容

任何机器都是由若干零件按一定的要求装配而成的,制造机器必须首先制造零件,如图 8-1 中的齿轮是齿轮传动中的重要零件。零件图就是直接指导加工制造和检验零件的图样。

零件图应包括下列内容:

### 1. 一组图形

用必要的视图、剖视、剖面及其他规定画法,将零件各部分结构的内外形状正确、完整、清晰地表达出来的一组图形。如图 8-1 所示。

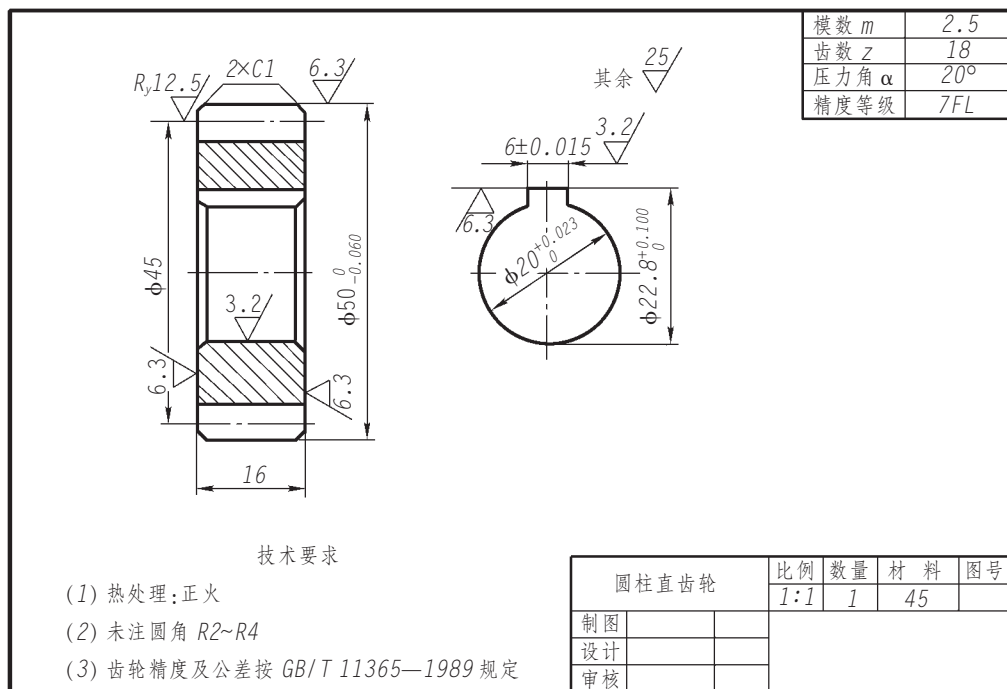


图 8-1 圆柱直齿轮零件图

## 2. 完整的尺寸

用一组尺寸将零件制造和检验时所需要的尺寸正确、完整、清晰、合理地标注出来。

## 3. 技术要求

用代号标注或文字注释,简明、准确地表达出制造、检验和使用过程中应达到的一些技术指标。如:表面粗糙度、尺寸极限与配合、形状和位置公差、热处理要求等。

## 4. 标题栏

标题栏的格式应采用标准的标题栏格式。零件图标题栏的内容一般包括零件名称、材料、数量、比例、图样的编号以及设计、描图、绘图、审核人员的签名等。

# 第二节 零件图的视图选择

不同作用的机器零件,其结构形状也不相同。对每个零件选择恰当的视图,确定合理的表达方案。在完整、清晰地表达零件特征的前提下,使视图数量为最少,力求制图简便。为此,必须通过对零件的了解,合理地选择主视图和其他视图,确定一个较好的表达方案。

## 一、主视图的选择原则

主视图是一组图形的核心。确定零件表达方案,应首先合理选择主视图。主视图选择应从以下原则考虑:

### 1. 形状特征原则

在选择零件主视方向时,应使主视图能反映组成零件的各形体之间的相对位置和内、外形状特征。如图 8-2 所示的定位套。

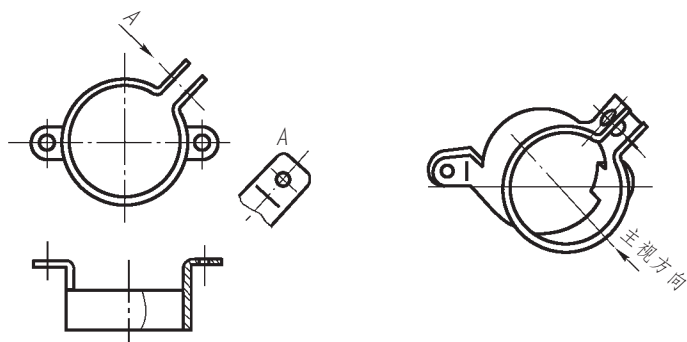


图 8-2 按形状特征原则选择主视图

### 2. 加工或工作位置原则

零件的加工制造,常需紧固在一定位置上进行,这叫零件的加工位置(或称装卡位置)。零件主视图应尽量按照其在主要加工工序中的位置选取,以便于加工制造者看图。如图 8-3 所示的轴类零件,在车削时轴线处于水平位置,其主视图也将轴线画成水平位置,这样便于车削时看图。对轴、套、盘等回转体零件,常选择其加工位置作为主视方向。

每个零件装配在机器或部件中工作时的位置(即安装位置)称为工作位置。选择主视图时,与工作位置一致,容易想象零件在工作中的作用。如图 8-4 所示的钩类零件、图 8-5 所示的支架,主视图均与其工作位置一致。对钩、支架、箱体等零件,多选择其工作位置作为主视

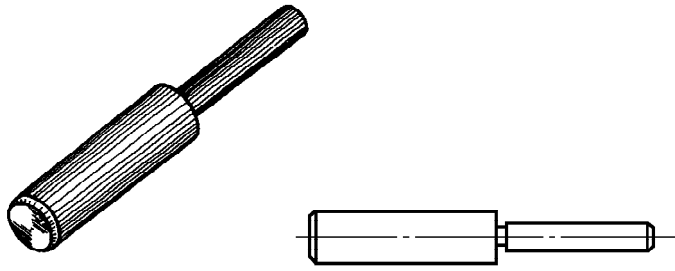


图 8-3 按加工位置选择主视图

方向。

由于零件图主要供加工和检验零件时使用,当以上选择主视图的原则不能兼顾时,应优先考虑形状特征原则和加工位置原则。

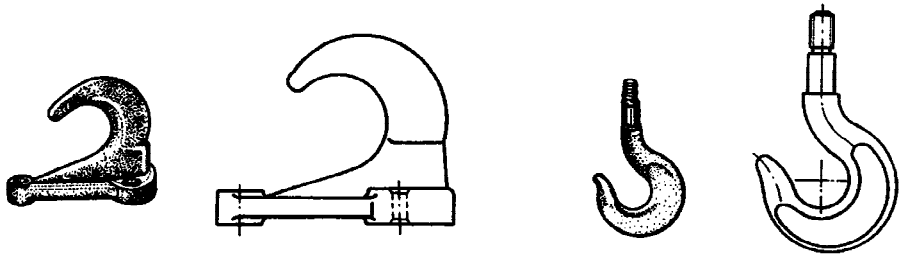


图 8-4 按工作位置选择主视图

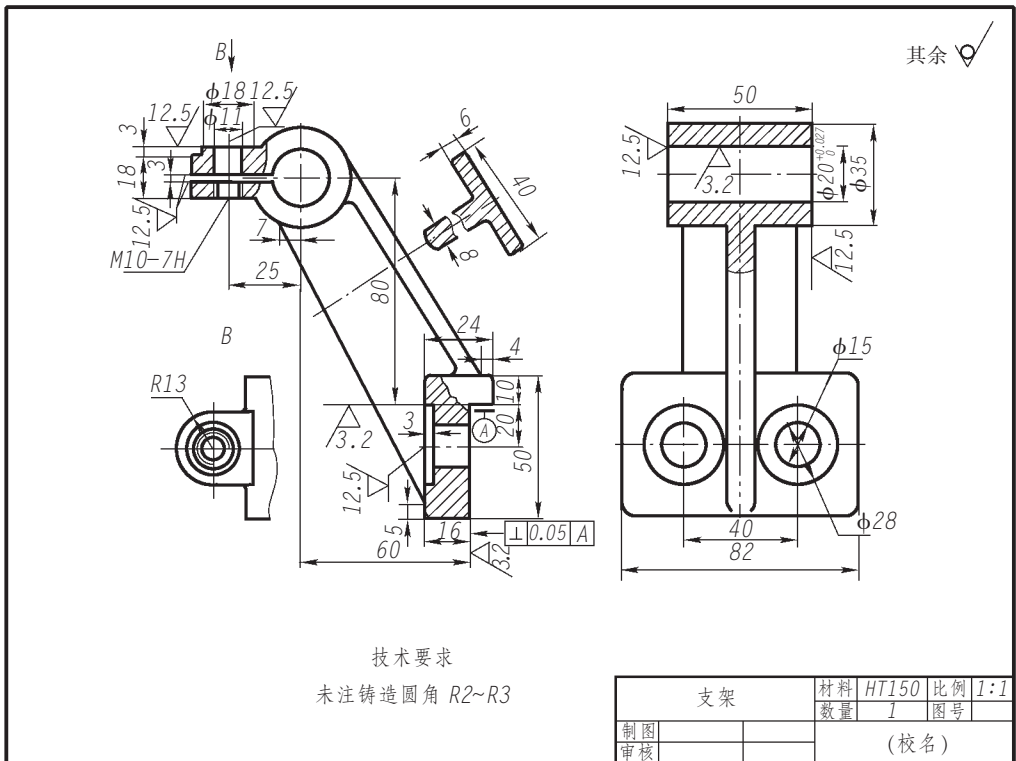


图 8-5 支架零件图

## 二、其他视图及表达方案选择

主视图确定之后,其他视图的选择原则是:在能够正确、完整、清晰地表达零件内、外结构的前提下,尽量用较少的视图,以便于绘图和读图。同时应注意以下几点:

(1) 每个视图的表达都要有所侧重,不应重复表达,各视图互相配合、互相补充。

(2) 恰当地选择剖视图和断面图。选择剖视图和断面图时,一定要明确剖视图或断面图的意义,使其充分发挥作用。

(3) 对未表达清楚的局部形状和细小结构,可采用局部视图和局部放大图。

(4) 能采用省略、简化方法表达的地方,要尽量采用省略和简化方法。

如图 8-5 所示支架的零件图,其表达方案应主要考虑主视图和其他视图的选择。

## 第三节 零件图尺寸的标注

零件图中的尺寸是加工、检验零件的依据,是零件图的重要内容之一。

零件图的尺寸标注仍须达到正确、完整、清晰、合理的要求。完整、正确、清晰的要求在组合体的尺寸标注中已经论述过,本节着重讨论尺寸标注的合理性问题。所谓尺寸标注的合理,是指标注的尺寸既符合零件的设计要求,又便于加工和检验。这就要求正确地选择尺寸基准,恰当地配置零件的结构尺寸。显然,只有具备较多的零件设计和加工检验知识,才能满足尺寸标注合理的要求。

### 一、尺寸基准的选择

尺寸基准按其来源、重要性和几何形式,有以下分类。

**设计基准**——在设计时,根据零件在机器中的位置、作用,为保证其使用性能而依据的点、线、面。

**工艺基准**——加工工艺时,为方便装卡定位和测量而依据的点、线、面。

**主要基准**——决定零件主要尺寸的基准。

**辅助基准**——为便于加工和测量而附加的基准。

主要基准应与设计基准和工艺基准重合,工艺基准应与设计基准重合,这一原则称为“基准重合原则”。当工艺基准与设计基准不重合时,主要基准要与设计基准重合。

可作为设计基准或工艺基准的点、线、面,主要有:对称平面、主要加工面、安装底面、端面、轴的轴线等。这些平面、轴线常常是标注尺寸的基准。

如图 8-6 所示,轴承座的高度方向选择底面为基准,以保证轴承孔的中心高;长度方向选择左右方向的对称面为基准,以保证底板上两个安装孔的中心距及安装孔与轴承孔的相对位置;宽度方向选择前后方向的对称面为基准,以保证底板上两个安装孔与轴承座顶部凸台上的螺孔处于同一对称面上。

另外,轴承座高度方向的主要基准是底面,零件上高度方向的主要尺寸都是以底面为基准直接注出的,但顶部凸台上螺孔的深度尺寸  $H$  则是以顶面为辅助基准注出的。主要基准与辅助基准之间则由联系尺寸  $E$  相联系。

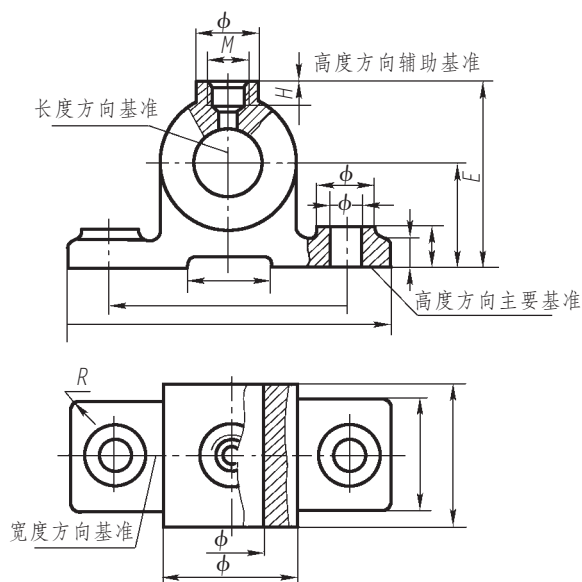


图 8-6 轴承座的尺寸基准

## 二、零件图中标注尺寸注意事项

(1) 零件图中的重要尺寸,必须从基准直接标出。零件的重要尺寸,是指影响零件在整个机器中的工作性能和位置关系的尺寸,如配合尺寸、有装配要求的尺寸、重要的定位尺寸等。

重要尺寸从主要基准直接注出可避免加工误差的积累,保证尺寸的精度。如图 8-7(a) 所示,轴承孔的中心高  $A$  是重要尺寸。由于一根轴通常用两个轴承支承,这就要求两轴承孔的轴线在同一直线上。因此,必须保证两轴承孔的中心高  $A$  达到设计规定的要求。若将中心高注成如图 8-7(b) 所示的  $D+C$ ,则因误差积累难以达到精度要求,所以,这样标注是不合理的。

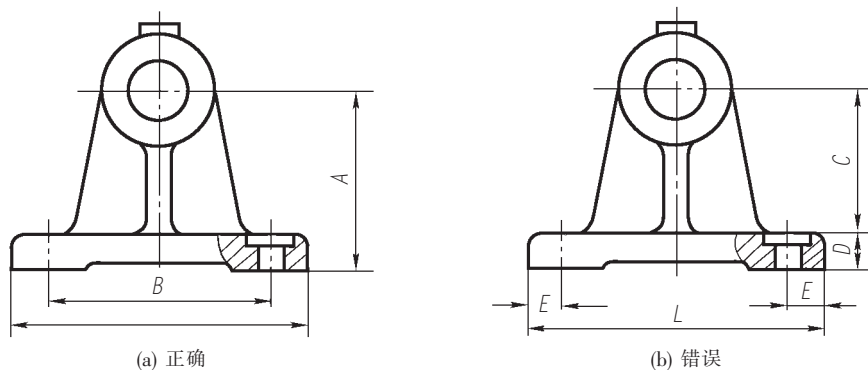


图 8-7 重要尺寸直接标出

(2) 当同一方向尺寸出现多个基准时,为了突出主要基准,必须在辅助基准和主要基准之间直接标出联系尺寸。如图 8-6 所示。

(3) 标注尺寸时,不允许出现封闭的尺寸链。为避免封闭尺寸链,可以选择一个不重要的尺寸不予标出,使尺寸链留有开口。如图 8-8 所示。这样,各段尺寸的加工误差最后都积累



在开口环上,既保证了设计的要求,又便于加工。

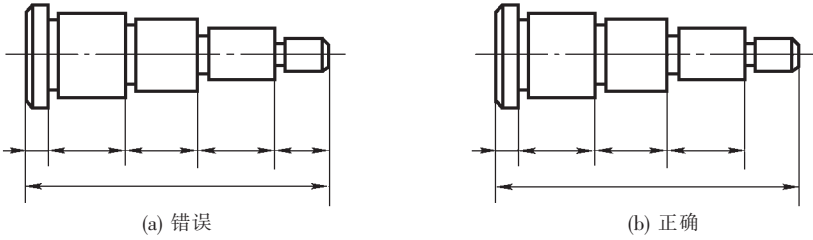


图 8-8 不能注成封闭的尺寸链

(4) 标注尺寸要根据机械加工工序配置尺寸,同时符合工艺要求,便于加工与测量。

图 8-9 轴上有一退刀槽,该轴的加工顺序是:先车 $\phi 12$ 的外圆到 20 长,再选用一定宽度的切槽刀切槽。显然,按图 8-9(a)的注法是符合加工顺序的,比较合理。而按图 8-9(b)所示的尺寸注法,则不便于加工。退刀槽的宽度尺寸是选择合适宽度切槽刀的依据,应直接注出。

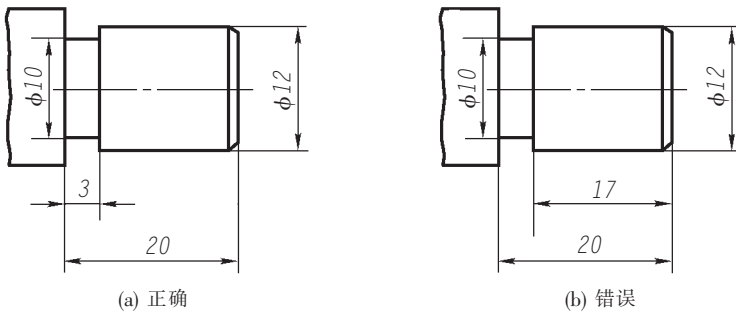


图 8-9 尺寸标注要便于加工

图 8-10(a)所示轴零件的键槽部分,是用盘铣刀加工的。图 8-10(b)所示几种断面形状的尺寸按上图所示注出尺寸就便于测量。

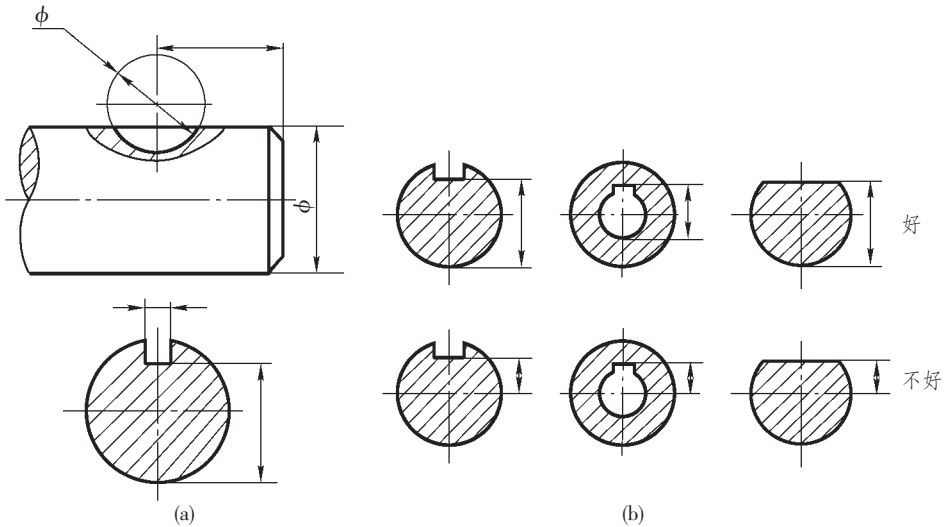


图 8-10 尺寸标注符合工艺要求、便于测量

图 8-11(a)所示尺寸标注不便于测量,而图 8-11(b)所示尺寸标注便于测量。

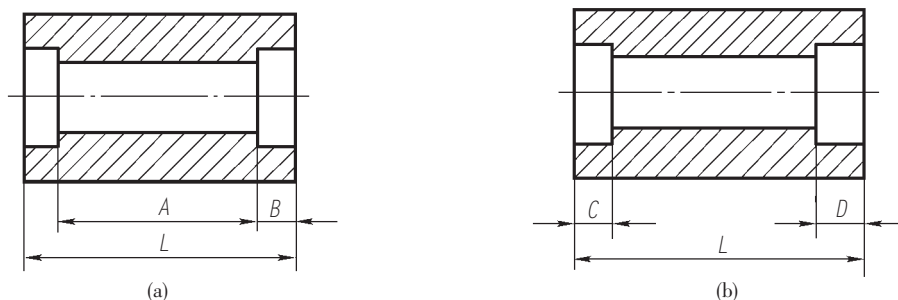


图 8-11 尺寸标注要便于测量

## 第四节 零件的工艺结构及其尺寸注法

### 一、机械加工的工艺结构

#### 1. 倒角和倒圆

为便于装配和除去毛刺、锐边,在轴和孔的端部常加工成倒角。常用的是  $45^\circ$ 倒角,其画法及尺寸注法,如图 8-12(a)所示。在不致引起误解时,零件图中的倒角可以省略不画,其尺寸可以简化标注,如图 8-12(b)所示(图中符号  $C$  表示  $45^\circ$ 倒角)。

为了增加强度,在阶梯轴的轴肩处常加工成圆角过渡的形式,称为倒圆。其画法及尺寸注法,如图 8-12 所示。倒角及倒圆的尺寸可查阅有关标准。

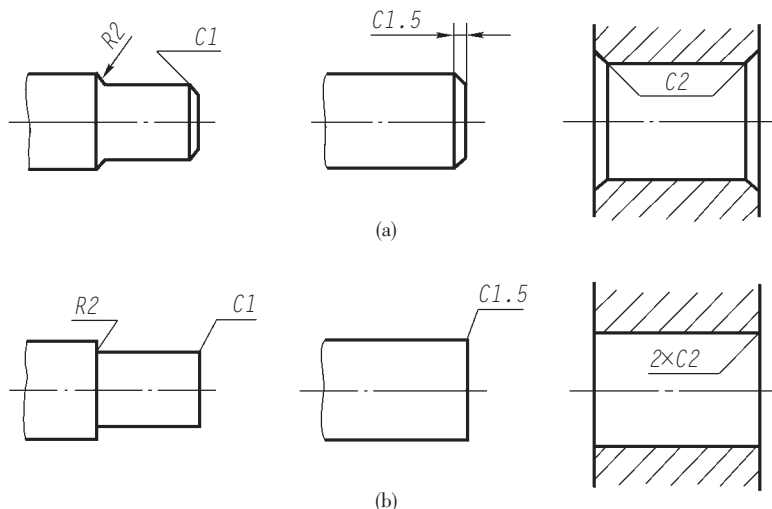


图 8-12 倒角、倒圆及其尺寸注法

#### 2. 退刀槽和砂轮越程槽

在车削或磨削时,为便于退出刀具或使砂轮可稍越过被加工的表面,常在被加工面的末端预先车出退刀槽或越程槽。如图 8-13 所示。其尺寸可按“槽宽 $\times$ 槽深”或“槽宽 $\times$ 直径”的形式注出。

当槽的结构比较复杂时,可画出局部放大图以标注尺寸。如图 8-13 所示。  
退刀槽和砂轮越程槽的尺寸可查阅有关标准。

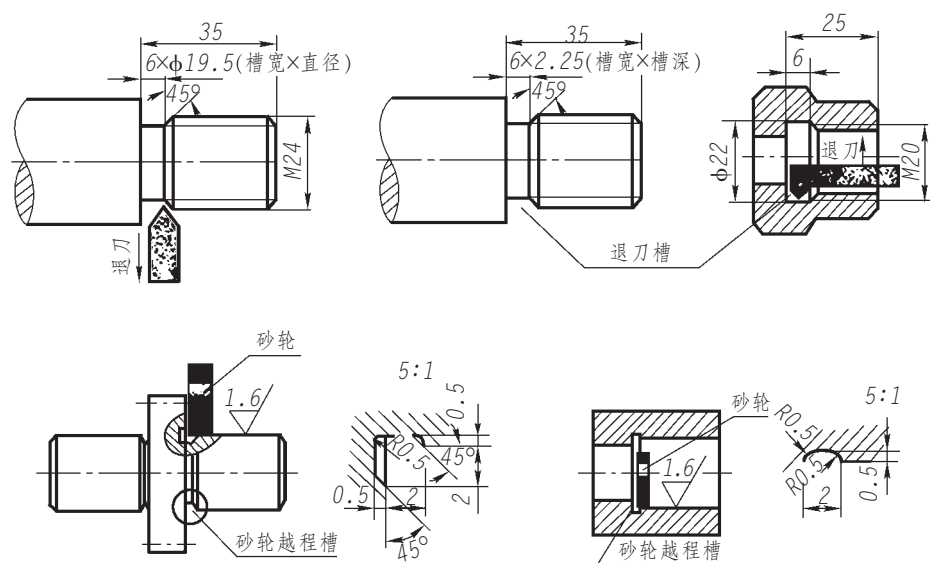


图 8-13 退刀槽、越程槽及尺寸注法

### 3. 凸台和凹坑

零件上凡与其他零件接触的表面通常要进行机械加工。为了减少加工面积并使零件表面间接触良好,常在零件上设计出凸台、凹坑等结构。如图 8-14 所示。

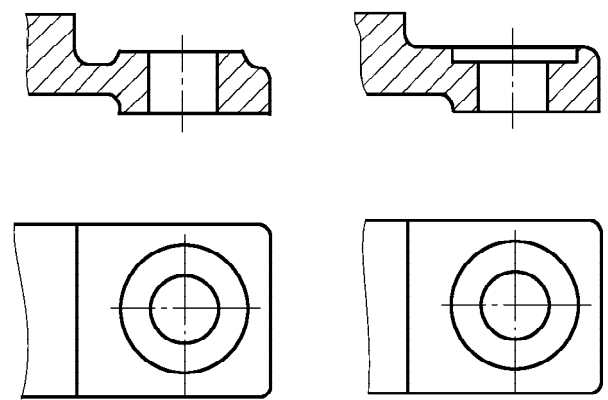


图 8-14 凸台和凹坑

### 4. 零件上常见孔的结构及尺寸注法

(1) 钻孔结构。由于钻头端部是一个顶角接近  $120^\circ$  的圆锥面,所以用钻头加工不通孔时,末端便形成了与钻头端部形状相同、锥顶角为  $120^\circ$  的圆锥面。如图 8-15(a) 所示。在零件图上,该部分一般不注尺寸,也不计入孔深。用不同直径的钻头加工形成的阶梯孔,也应在钻深为  $H$  的过渡处画成  $120^\circ$  角。如图 8-15(b) 所示。

(2) 零件上常见孔的尺寸注法。光孔、螺孔以及为适应各种螺纹紧固件连接的沉孔、铰平及埋头孔等是零件上常见的结构。各类孔的尺寸除采用普通注法外,常采用旁注和符号相结合的方法简化标注,并应尽可能使用符号或缩写词。见表 8-1。

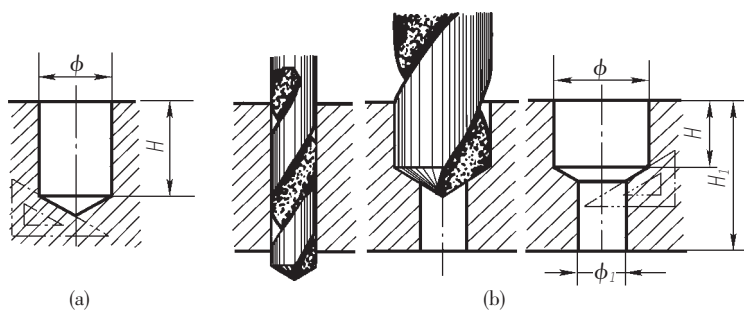


图 8-15 钻孔的结构

表 8-1 常见孔的尺寸标注

种类	普通注法	简化注法	说明
光孔		 或 	4 个光孔均布, 孔深 10, “√”为孔深符号, “EQS”为均布缩写词
螺孔		 或 	3 个螺孔, 螺孔深 10, 钻孔深一般不注
埋头孔		 或 	“√”为埋头孔符号
沉孔		 或 	“└”为沉孔或铤平符号
铤平		 或 	铤平只需到表面平整, 其切入深度很小, 无需注出

## 二、铸造工艺结构

### 1. 拔模斜度

如图 8-16(a)所示,为便于将木模从砂型中取出,在木模表面沿拔模方向做出 1:20 的斜度,称为拔模斜度。这样,浇铸后的铸件表面也形成了 1:20 的同一斜度。如图 8-16(b)。

在零件图中,拔模斜度一般不必画出,必要时可注写在技术要求中。

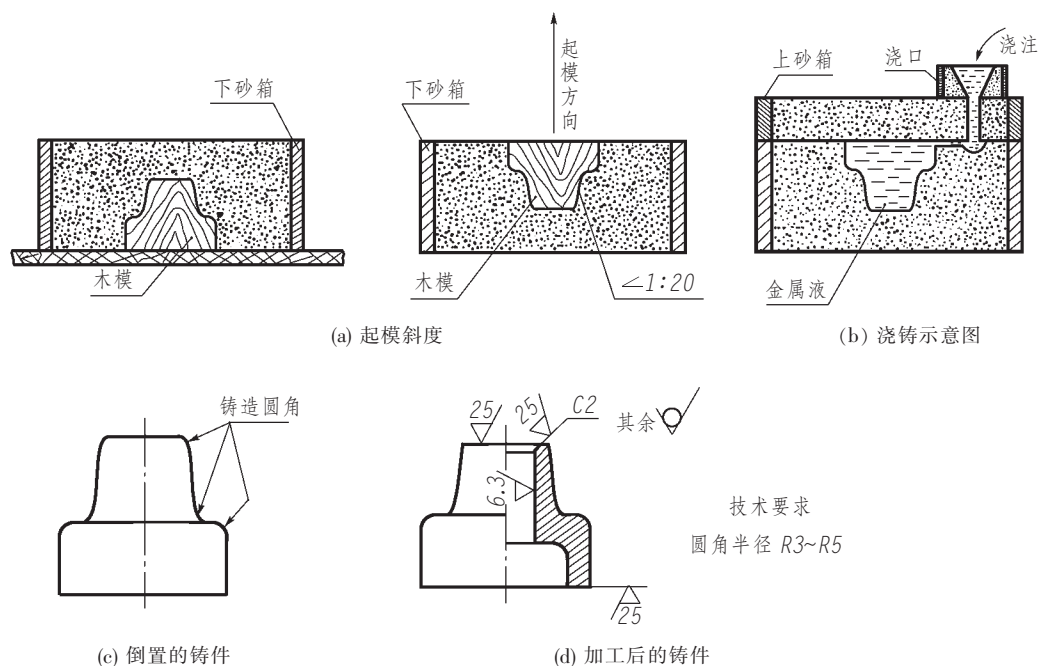


图 8-16 拔模斜度和铸造圆角

### 2. 铸造圆角

铸件表面的相交处应做成圆角,以免铸件冷却时产生裂纹或缩孔,同时防止脱模时砂型落砂。如图 8-16(c)所示。

由于存在铸造圆角,使铸件上两非加工表面的交线变得不很明显,这种线称为过渡线。过渡线的画法与相贯线等交线的画法相同,只是其两端不应与圆角相交。图 8-17 所示为铸件上几种常见的过渡线。

铸造圆角的半径为 2~5 mm。国标规定,除确实需要表示的某些结构的圆角外,其他圆角在零件图中均可不画,但必须注明尺寸或在技术要求中加以说明。如图 8-16(d)。

### 3. 铸件壁厚

铸件的壁厚应均匀一致。如图 8-18(a)。如不能保持一致,也应逐渐过渡。如图 8-18(b)。避免突然增厚时,由于冷却速度不同而产生裂纹或缩孔。如图 8-18(c)。

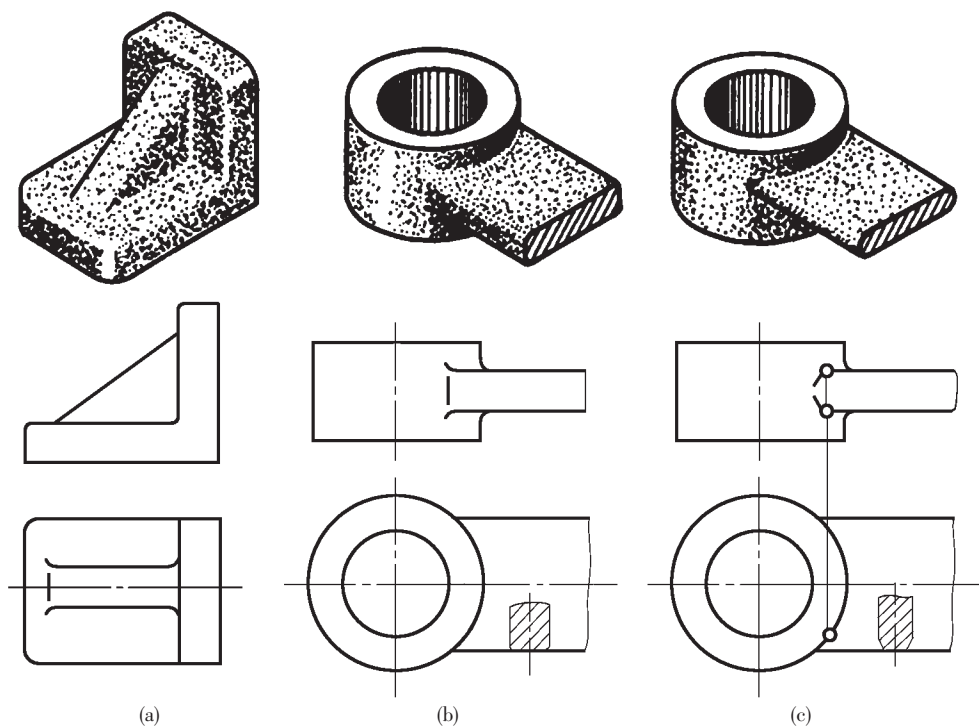


图 8-17 铸件表面上的过渡线

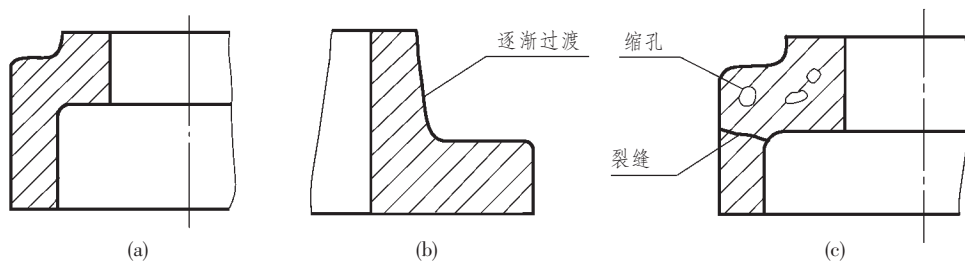


图 8-18 铸件壁厚应均匀

## 第五节 零件图技术要求的标注

### 一、表面粗糙度

表面粗糙度是指零件加工表面上具有的较小间距和峰谷所组成的微观几何形状特征。国家标准中规定,表面粗糙度常用的评定参数有:轮廓算术平均偏差( $R_a$ )、微观不平度十点高度( $R_z$ )和轮廓最大高度( $R_y$ )等。一般情况下, $R_a$ 为最常用的评定参数。

#### 1. 表面粗糙度的符号、代号(GB/T 131—1993)

(1) 表面粗糙度的符号。表面粗糙度的基本符号是由两条不等长且与被标注表面投影轮廓线成  $60^\circ$  的斜线组成。如表 8-2 所示。

表 8-2 表面粗糙度符号及意义

符 号	说 明
	基本符号,表示表面可以用任意方法获得。当不加注粗糙度参数值或有关说明时,仅用于简化代号标注
	基本符号加一短画,表示表面用去除材料的方法获得。如:车、铣、磨、钻等
	基本符号加一小圆,表示表面用不去除材料的方法获得。如:铸造、锻造、冲压变形、热轧、冷轧等
	在上述 3 种符号的长边上加一横线,用于标注有关参数和说明
	在上述 3 种符号上加一小圆,表示所有表面具有相同的表面粗糙度要求

(2) 表面粗糙度的代号。在表面粗糙度符号上,按规定位置注写评定参数值后,称为表面粗糙度代号。三种常用评定参数( $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_y$ )的允许值均以  $\mu\text{m}$  为单位,当标注轮廓算术平均偏差时,可省略“ $R_a$ ”符号。表面粗糙度的代号应用示例见表 8-3 所示。

表 8-3 表面粗糙度代号的应用示例

代 号	意 义	代 号	意 义
	$R_a$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$ ,可采用任何方法达到所给的表面粗糙度要求		$R_z$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$ ,下限值为 $1.6\mu\text{m}$ ,必须采用去除材料的方法达到所给的表面粗糙度要求
	$R_a$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$ ,下限值为 $1.6\mu\text{m}$ ,必须采用去除材料的方法达到所给的表面粗糙度要求		$R_a$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$ , $R_y$ 的上限值为 $12.5\mu\text{m}$ ,必须采用去除材料的方法达到所给的表面粗糙度要求
	$R_a$ 的上限值为 $200\mu\text{m}$ ,只允许用不去除材料的方法达到所给的表面粗糙度要求		$R_a$ 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$ ,必须采用去除材料的方法达到所给的表面粗糙度要求
	$R_a$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$ ,可采用任何方法达到所给的表面粗糙度要求		$R_a$ 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$ , $R_a$ 的最小值为 $1.6\mu\text{m}$ ,必须采用去除材料的方法达到所给的表面粗糙度要求

## 2. 表面粗糙度符号、代号的标注

在零件图上标注表面粗糙度的符号、代号时,应遵循以下规则:

(1) 在同一零件图中,每个表面的表面粗糙度代(符)号只标注一次。代号中数字书写方向,必须与尺寸数字书写方向一致。如图 8-19 所示。

(2) 表面粗糙度符号、代号尽可能标注在可见轮廓线、尺寸界线、引出线或其延长线上,尖端必须从材料外指向该表面。如图 8-20 所示。

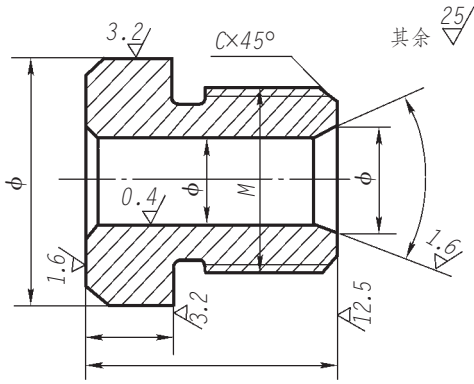


图 8-19 代号的标注位置

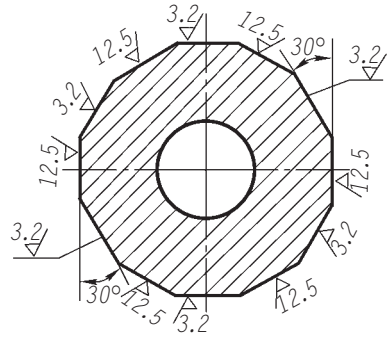


图 8-20 代号中数字的书写方向

(3) 当零件的全部表面具有相同粗糙度时,可在图样右上角统一标注。如图 8-21 所示。

当零件所有表面中大部分表面粗糙度相同时,也可将相同的表面粗糙度符号、代号标注在图样右上角,前面加“其余”二字。如图 8-22 所示。

(4) 同一表面有不同粗糙度要求时,须用细实线分出界线,分别标出相应的尺寸和代号。如图 8-23 所示。

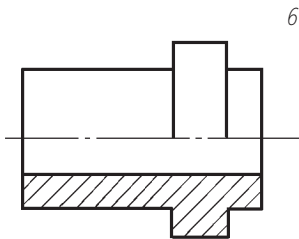


图 8-21 全部表面粗糙度相同的标注

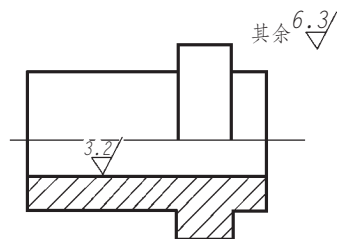


图 8-22 相同表面粗糙度的标注

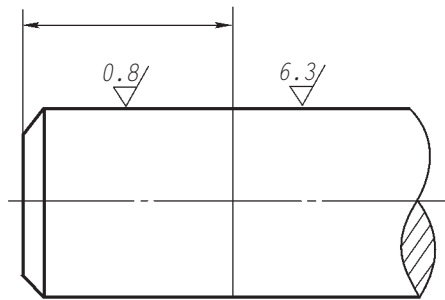


图 8-23 同一表面不同表面粗糙度的标注

## 二、公差与配合

为了保证零件具有互换性,应对其尺寸规定一个允许的变动范围,称为尺寸公差。配合是指基本尺寸相同时,相互结合的孔和轴公差带之间的关系。按配合性质不同,配合可分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三类。

### 1. 零件图中公差的标注方法

第一种方法是在基本尺寸后面标注公差带代号。公差带代号由基本偏差代号与标准公差



等级代号组成,并用与尺寸数字相同的字号书写。如图 8-24(a)所示。标准公差是由国家标准规定的公差值,划分为 20 个等级;基本偏差是用以确定公差带相对于零线位置的那个极限偏差,一般是靠近零线的那个偏差。基本偏差代号有 28 种,如图 8-25 所示。

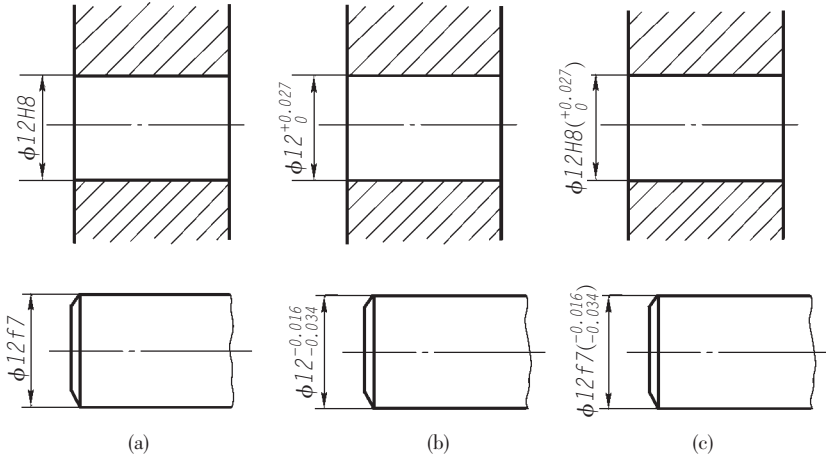


图 8-24 零件图中公差标注方法

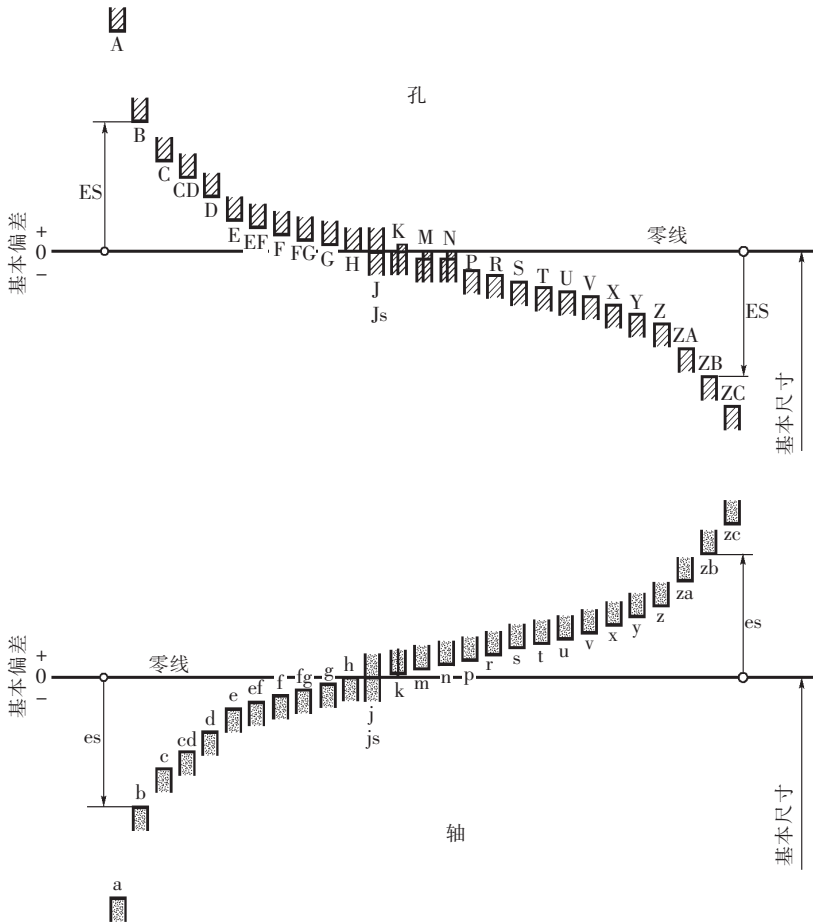


图 8-25 基本偏差系列示意图

第二种方法是在基本尺寸后面标注上、下偏差数值。如图 8-24(b)所示。标注偏差数值时,上偏差应注在基本尺寸的右上方;下偏差应与基本尺寸注在同一底线上,字体应比基本尺寸数字小一号。若上、下偏差数值相同,只是符号相反,则可简化标注。如: $\phi 40 \pm 0.02$ 。此时,偏差数字应与基本尺寸数字等高。若上偏差或下偏差为零,则亦应标明“0”,且与另一偏差的个位对齐。

第三种方法是在基本尺寸后面同时标注公差带代号和上、下偏差值。如图 8-24(c)所示。

## 2. 配合制度

国家标准规定有基孔制和基轴制两种配合制度。

(1) 基孔制配合。基本偏差为一定的孔的公差带,与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度,称为基孔制配合。如图 8-26 所示。

在基孔制配合中选做基准的孔,称为基准孔。它的基本偏差为下偏差,其值为零,即孔的最小极限尺寸与基本尺寸相等。在基孔制配合中,轴的基本偏差从  $a \sim h$  用于间隙配合;从  $j \sim zc$  用于过渡配合和过盈配合。当轴的基本偏差的绝对值大于或等于孔的标准公差时,为过盈配合;反之,则为过渡配合。

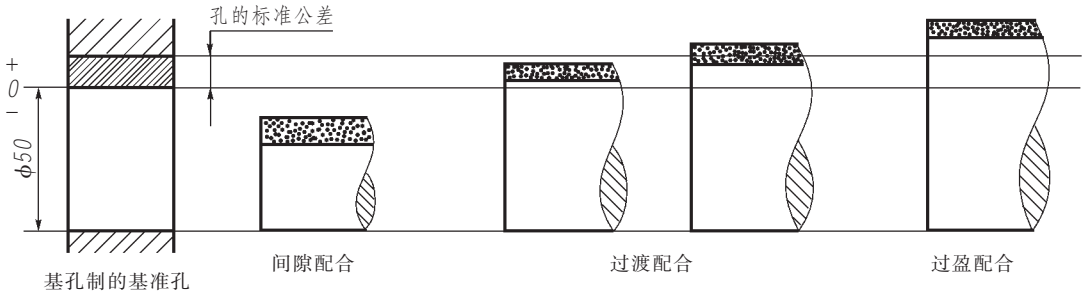


图 8-26 基孔制配合

(2) 基轴制配合。基本偏差为一定的轴的公差带,与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度,称为基轴制配合。如图 8-27 所示。

在基轴制配合中选择基准的轴,称为基准轴。它的基本偏差为上偏差,其值为零,即轴的最大极限尺寸与基本尺寸相等。在基轴制配合中,孔的基本偏差从  $A \sim H$  用于间隙配合;从  $J \sim ZC$  用于过渡配合和过盈配合。当孔的基本偏差的绝对值大于或等于轴的标准公差时,为过盈配合;反之,则为过渡配合。

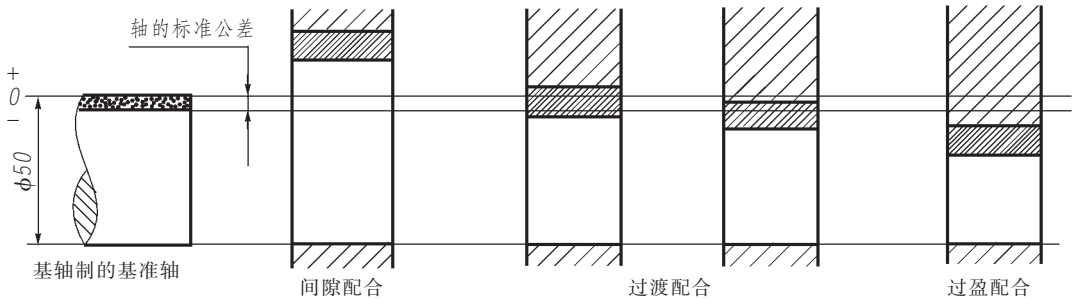


图 8-27 基轴制配合

表 8-4 为基孔制优先、常用配合系列,表 8-5 为基轴制优先、常用配合系列。表中用分数形式表示的代号称为配合代号。其分子为孔的公差带代号,分母为轴的公差带代号。

表 8-4 基孔制优先、常用配合

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

注：(1) H6/n5、H7/p6在基本尺寸小于或等于 3mm 和 H8/t7 在小于或等于 100mm 时，为过渡配合

(2) 标注 ▽ 的配合为优先配合

表 8-5 基轴制优先、常用配合

基准轴	孔																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
	间隙配合								过渡配合				过盈配合								
h5						$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{JS6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P9}{h5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$						
h6						$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{JS7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$				
h7					$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{JS8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$									
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$													
h9				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H9}{h9}$													
h10				$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$													
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				$\frac{H11}{h11}$													
h12		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注：标注 ▽ 的配合为优先配合

从以上说明可以看出,凡分子中含有  $H$  的均为基孔制配合,凡分母中含有  $h$  的均为基轴制配合。而对分子中含有  $H$ ,同时分母中又含有  $h$  的配合,如  $H8/h7$ 、 $H9/h9$  等,一般视为基孔制配合,也可视为基轴制配合,这是最小间隙为零的一种间隙配合。

### 3. 装配图中配合的标注方法

对有配合要求的尺寸,应在基本尺寸之后标注配合代号。配合代号由孔与轴的公差带代号组合而成,并写成分数形式。分子为孔公差带代号,分母为轴公差带代号。如图 8-28 所示。

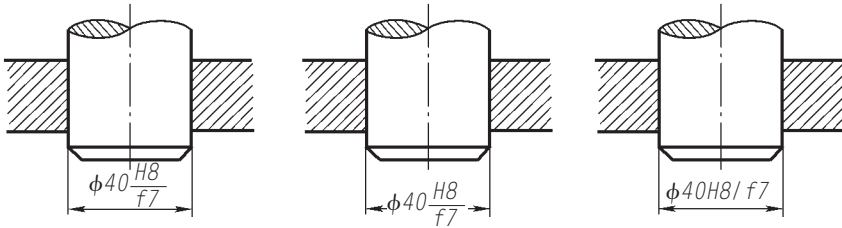


图 8-28 装配图中配合的标注方法

## 三、形状和位置公差

零件经过加工后,不但会有尺寸误差和表面粗糙度,而且也会有形状和位置误差。对于精度要求较高的零件,形状和位置误差的允许变动量称为形状和位置公差,简称形位公差。形位公差都会对零件的使用性能产生影响,必须加以限制。

### 1. 形位公差的代号

形位公差代号由形位公差项目符号、框格、公差值、带箭头的指引线、基准符号和其他有关符号组成。形状和位置公差的分类、项目和符号,见表 8-6 所示。形位公差的框格及基准代号画法,如图 8-29 所示。

表 8-6 形位公差的分类、项目和符号

分 类	名 称	符 号	分 类	名 称	符 号
形 状 公 差	直线度	—	定 向	平行度	//
	平面度	□		垂直度	⊥
	圆度	○		倾斜度	∠
	圆柱度	⌀	定 位	同轴度	◎
	线轮廓度	⌒		对称度	≡
	面轮廓度	⌒		位置度	⊕
				跳 动	圆跳动
			全跳动		↗↗

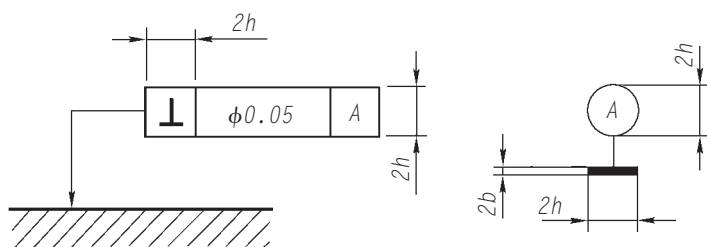


图 8-29 形位公差框格和基准代号

## 2. 形位公差的标注

在图样中,形位公差是用代号标注的。代号标注不便时,允许用文字说明。

(1) 形位公差框格及带箭头的指引线。框格分为两格或多格,用细实线画出,可水平或垂直放置。框格内自左向右填写公差项目符号、公差数值及有关符号、基准代号字母和其他有关内容。如图 8-29 所示。框格一端与指引线相连,指引线另一端以箭头指向被测要素。当被测要素为表面或轮廓线时,指引线箭头应指在该要素的轮廓线或其引出线上,但必须与尺寸线明显错开。如图 8-30 所示。



图 8-30 箭头与尺寸线分开

(2) 标明基准要素的方法。基准符号应靠近基准线或基准面或它们的延长线上。基准符号与框格之间用细实线连接起来,连线必须与基准要素垂直。当基准要素为表面或轮廓线时,基准符号应与尺寸线明显错开。如图 8-31 所示。

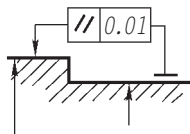


图 8-31 基准符号标注

当基准符号不便与框格相连时,可采用基准代号标注。基准代号由基准符号、圆圈、连线和字母组成。如图 8-32 所示。

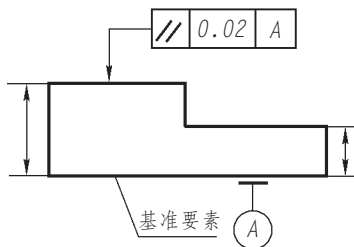


图 8-32 基准代号标注

(3) 被测要素、基准要素为轴线或中心平面时的标注方法。当被测要素为轴线或对称平面时,箭头应直接指向该要素,或与其尺寸线对齐。若指引线箭头与尺寸线箭头重叠,可省去尺寸线箭头。如图 8-33 所示。

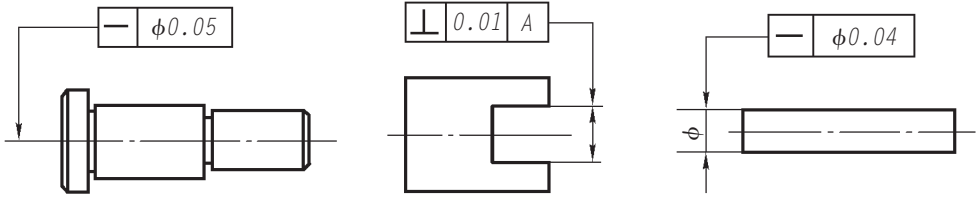


图 8-33 箭头与尺寸线的延长线重合

当基准要素为轴线或中心平面时,基准符号或代号可直接靠近该要素,或与其尺寸线对齐。若基准符号或代号与尺寸线的箭头重叠,则将尺寸线的箭头省去。如图 8-34 所示。

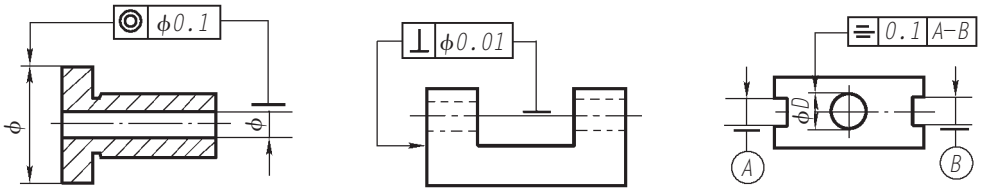


图 8-34 基准要素为轴线、中心平面时的标注

### 3. 形位公差标注示例

图 8-35 中曲轴零件,图中标注的各项形位公差代号的含义,请读者自行解读。

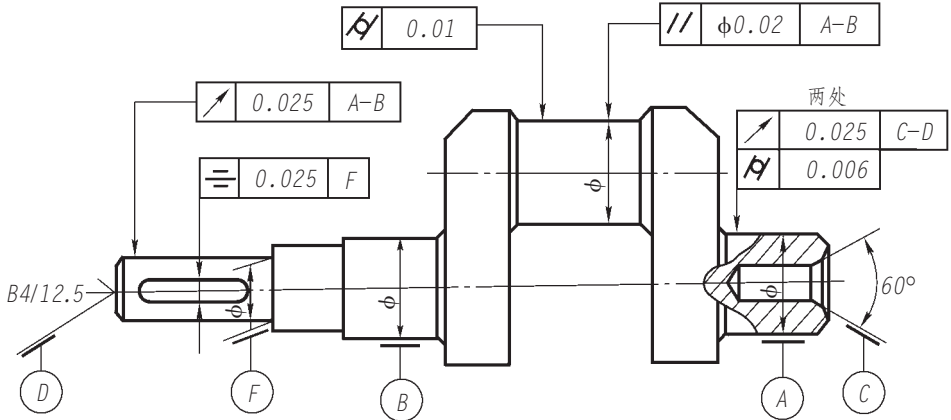


图 8-35 曲轴的形位公差

## 第六节 零件测绘

零件测绘是根据实际零件画出零件草图,再将零件草图整理并绘制成零件图。在仿造机器设备或修配损坏零件时,常需进行零件测绘。

## 一、零件测绘的方法与步骤

### 1. 分析零件

了解零件的名称、用途、材料、制造方法及与其他零件的关系,查看零件有无磨损和缺陷,分析零件的形状和结构等。

为使测绘的结果正确、合理,还应了解被测绘零件的原设计意图。

### 2. 确定表达方案

在分析零件的基础上,确定主视图及其他视图,定出零件的表达方案。

### 3. 画零件草图

(1) 徒手绘图。国标规定,以目测估计图形与实物的比例,按一定画法要求徒手绘制的图,称为草图。在设计、修配或仿制机器设备时,常需绘制草图。从事工程操作的人员不仅要会画仪器图,也应具备徒手画草图的能力。

草图虽然以目测徒手绘制而成,但仍应做到线型分明、比例匀称、字体端正、图面整洁。

徒手绘图一般选用 HB 或 B 的铅笔。图纸不必固定,可根据需要转动。握笔姿势要轻松,运笔力求自然。

(2) 画直线。画水平线、垂直线及斜线的运笔方向,如图 8-36 所示。画线时,眼要看清笔尖前进的方向,并随时注意线段的终点,便于控制图线。画短线时常以手腕运笔;画长线时则以手臂动作,否则线不易画直。为使画线方向顺手,也可转动图纸使其斜放。

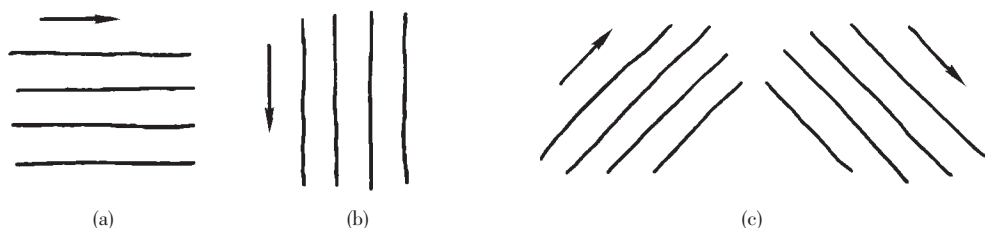


图 8-36 徒手画直线

(3) 画角度线。如图 8-37 所示,画  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$  等常见的角度线,可按直角边的近似比例定出两个端点,然后连点成直线。

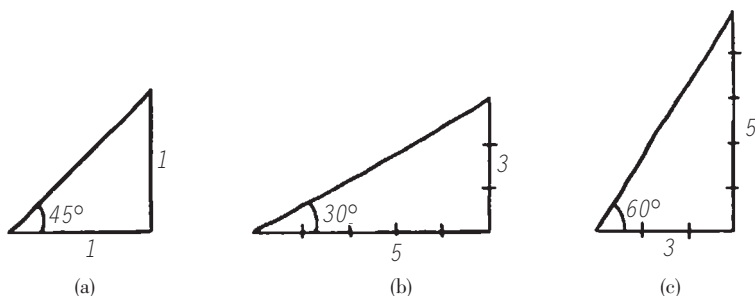


图 8-37 徒手画角度线

(4) 画圆。画圆时,先定出圆心,画出中心线,再按直径大小在中心线上定出 4 个点,然后徒手将各点连接成圆。如图 8-38(a) 所示。画较大圆时,可过圆心增画一对  $45^\circ$  斜线,在上面同样截取四点,然后将 8 个点连接成圆。如图 8-38(b) 所示。

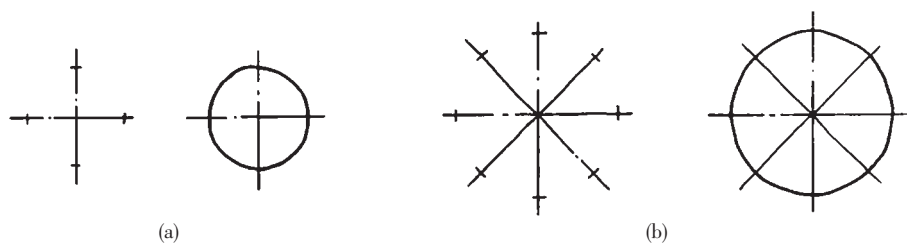


图 8-38 徒手画圆

(5) 画椭圆。如图 8-39 所示, 先定出椭圆中心, 画出长、短轴; 过长短轴上 4 个端点画出矩形; 然后徒手作椭圆与矩形相切, 并注意图形的对称性。

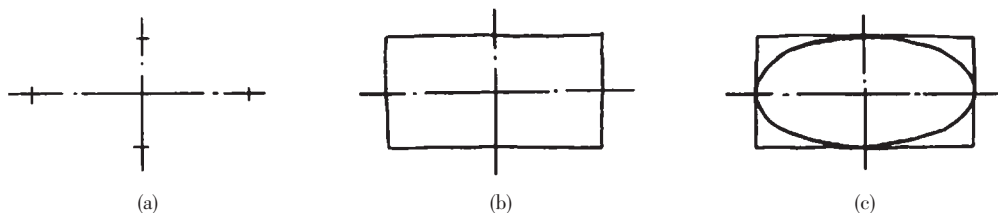


图 8-39 徒手画椭圆

初学画草图时, 可在方格纸上进行, 便于控制图线的平直和图形各部分的比例。画图时, 应充分利用方格纸的格线, 使图形上的中心线、轴线与格线重合, 并可用方格纸的读数来控制图形各部分的大小及投影关系。

绘制零件草图, 仍应做到投影关系正确、线型粗细分明、尺寸完整、字体工整等基本要求, 不得将草图错误地理解为“潦草”的图, 必须认真对待。

画零件草图的步骤, 如图 8-40 所示。

- (1) 画出图框、标题栏, 布置图形, 画出作图基准线。
- (2) 按确定的表达方案, 以目测比例, 画出视图、剖视图的轮廓。
- (3) 画出尺寸界线、尺寸线和箭头, 校核图形后, 将图线加深。
- (4) 测量尺寸, 填写尺寸数字、技术要求及标题栏。

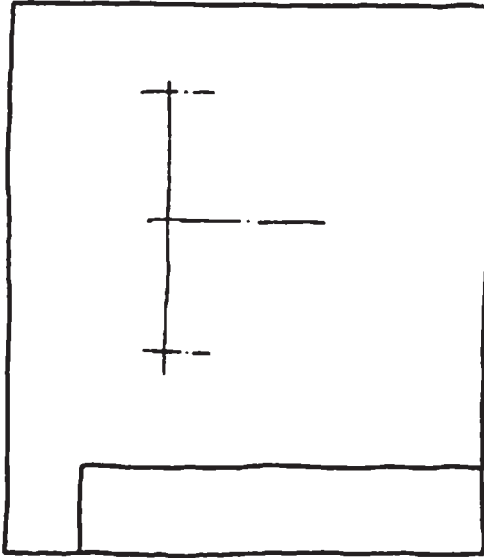
#### 4. 根据零件草图整理并绘制成零件图

零件图应按确定的比例用绘图工具画出。画零件图时, 对于草图中的视图表达、尺寸标注、技术要求等应进行复查、补充或修改。

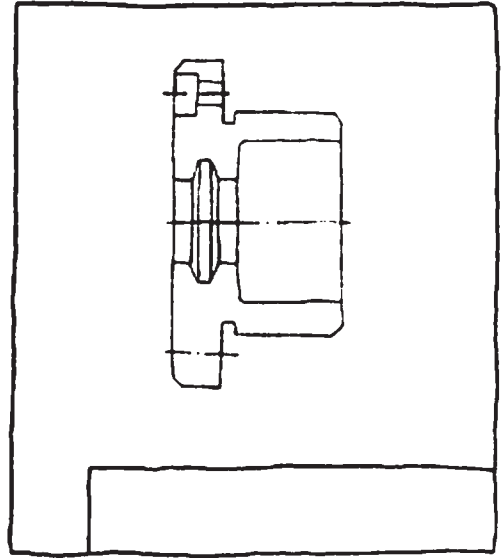
## 二、常用测量工具及测量方法

常用的测量工具有钢制直尺、内卡钳、外卡钳、游标卡尺等。其测量方法见表 8-7。

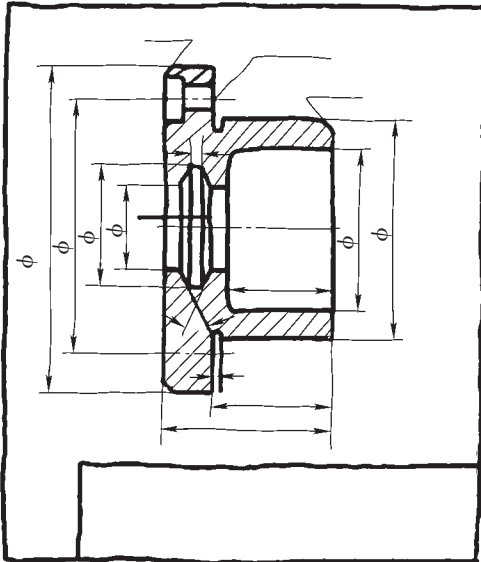




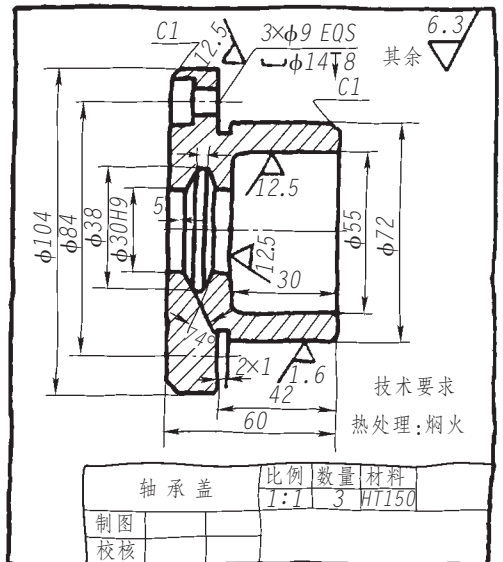
(a)



(b)



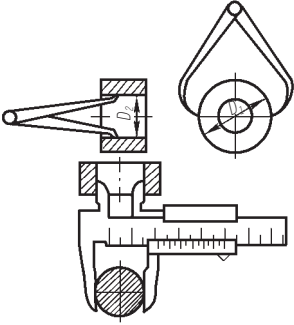
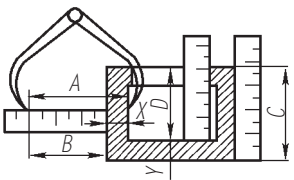
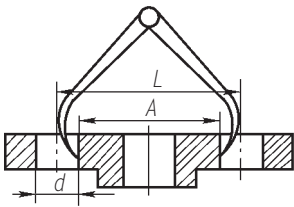
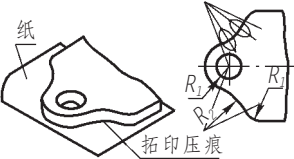
(c)



(d)

图 8-40 绘制零件草图的步骤

表 8-7 常用测量工具及测量方法

测量对象	图 例	说 明
孔径和轴径		<p>孔径用内卡钳测量,轴径用外卡钳测量,精确度要求较高的孔径和轴径,可用游标卡尺测量</p>
壁厚		<p>当无法直接测量壁厚时,可用外卡钳和钢尺间接测量,再经简单计算,即可得所需尺寸</p> <p style="text-align: center;">壁厚 <math>X=A-B</math> 底厚 <math>Y=C-D</math></p>
孔的中心距		<p>先用内、外卡钳测量,再经简单计算,即可得所需尺寸</p> <p style="text-align: center;">中心距 <math>L=A+d</math></p>
曲面轮廓		<p>测量曲面轮廓常用拓印法,用纸印下曲面的轮廓形状,或用铅丝弯贴在曲面上,然后用三点定圆法,定出圆弧的圆心和半径</p>

### 三、零件测绘注意事项

(1) 零件上的工艺结构如倒角、倒圆、退刀槽、凸台及凹坑等,都应用图形或文字说明表示清楚。对零件在制造过程中产生的缺陷如铸造裂纹、缩孔以及因长期使用所产生的磨损等,均应改正后画出。

(2) 测量螺纹、键槽、退刀槽等标准结构要素的尺寸时,应将测得的数据与有关标准核对并取成标准值。

(3) 零件的技术要求如表面粗糙度、极限与配合及热处理等,可根据零件的作用,参照同类产品的图样或资料,用类比的方法确定。

(4) 零件上的非配合尺寸或不重要的尺寸,如测得有小数时,可圆整成整数;对于配合尺寸,一般只需测得其基本尺寸。其配合性质及公差值,需根据零件的使用要求另行确定。

## 第七节 阅读零件图的一般步骤

一张零件图内容是相当丰富的,正确读懂零件图是工程操作人员必须掌握的技能。掌握正确的读图方法和步骤,对提高读图能力是很重要的。零件的形状虽然种类繁多,通常可将它们划分为几种类型。以下从几种典型零件图的识读,找出一些读零件图的方法和步骤,供大家参考。

### 一、阅读零件图的方法和步骤

#### 1. 看标题栏

从标题栏概括了解零件名称、材料、比例等。

#### 2. 分析视图,想象零件结构形状

弄清视图名称,了解视图间的投影关系,分析剖视图的剖切面、剖切位置和表达目的。在分析视图的基础上,进行投影分析,想象零件的结构形状。看图时,仍采用前述组合体的看图方法,对零件进行形体分析、线面分析。

#### 3. 分析尺寸

分析尺寸时,首先分清主要尺寸和次要尺寸,并找出各方向的主要尺寸基准,然后从基准出发,明确零件各部分的定形和定位尺寸。

#### 4. 分析技术要求

零件图上的技术要求主要有表面粗糙度、极限与配合、形位公差及文字说明的加工、制造、检验等要求。这些要求是制订加工工艺、组织生产的重要依据,要深入分析理解。

#### 5. 归纳综合

通过上述几个步骤,对零件的作用、形状结构和大小、加工检验要求有较清楚的了解后,最后作进一步归纳、综合,即可得出零件的整体形象,达到看图的目的。

### 二、读典型零件图

#### (一) 读轴类零件图

轴类零件一般由几段不同形状与直径的旋转体组成,主要起支承、传递动力的作用。加工方法主要有车、铣、磨等。套类零件一般安装在轴上,起定向定位、传动和连接等作用。如图8-41所示。

为了传递动力,轴上常装有齿轮、V带轮,多利用键来连接,因此在轴上有键槽;为了防止齿轮等零件的轴向窜动,装有挡圈,故加工有挡圈槽;为了便于轴上各零件的安装,在轴端车有倒角;轴端的中心孔是供加工时装夹和定位用的。总之,这些局部结构都是为了满足设计和工艺上的要求。读图步骤如下:

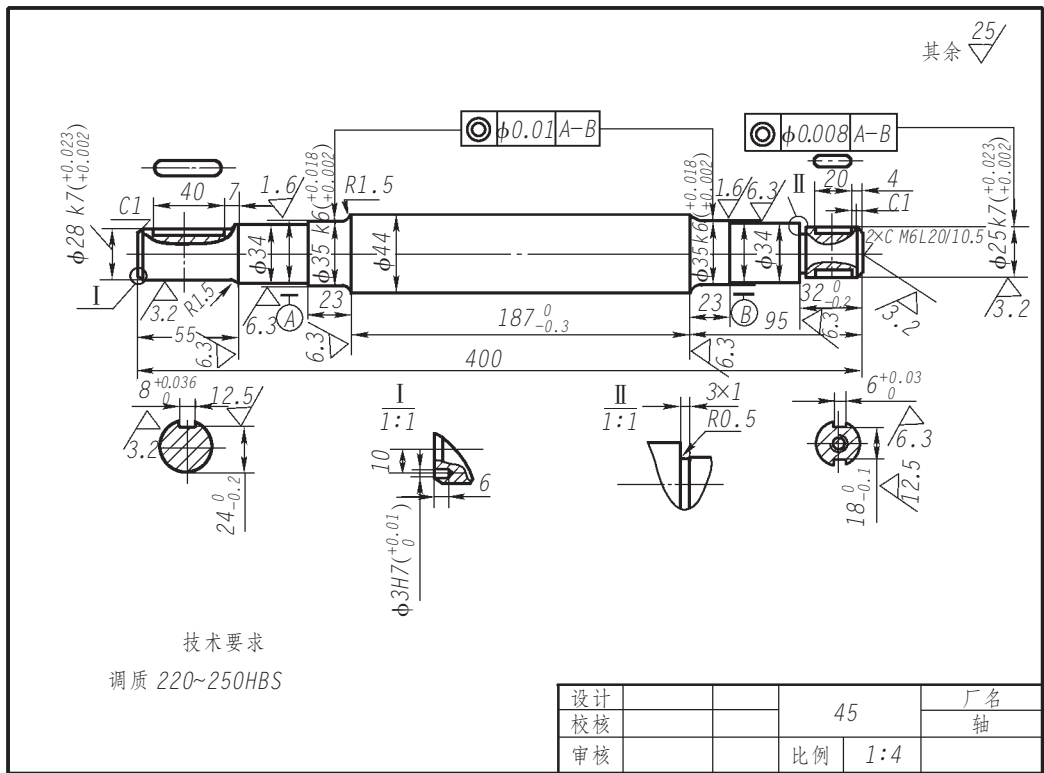


图 8-41 轴零件图

### 1. 看标题栏

该零件的名称为轴,所用材料为 45 号钢,作图比例为 1:4。

### 2. 分析视图,想象零件结构形状

该零件用了 7 个图形来表达,其中主视图上有 3 处局部剖视图用来表达键槽结构。为了清晰地标注出轴左右两端的键槽,还画出了 2 处的断面图。局部放大图 I 表达轴的左端面上有一较小直径的销孔。局部放大图 II 表达了右端工艺槽的详细结构和尺寸。由以上分析,结合形体分析可知,该零件由 7 段同轴圆柱组成。中间最粗最长的圆柱为轴的过渡部分,它的两端为安装轴承的部分,并在连接处进行倒圆处理,以减少应力集中。两段直径为  $\phi 34$  的圆柱也是过渡部分,此处直径缩小是为了便于轴承的拆装。轴的两端均有键槽,右端键槽为上、下对称的两处。另外,轴的左、右两端面上各有一个 C 型标准中心孔,可用来固定挡圈;右端面上的销孔是对挡圈定位用的。

### 3. 分析尺寸

该零件的轴向主要尺寸基准为  $\phi 44$  圆柱的右端面,轴的左、右两端面为辅助基准;径向主要尺寸基准为轴线。左端键槽的定位尺寸为 7,定形尺寸为长 40、宽 8、深 4;左端面上销孔的定位尺寸为 10,定形尺寸为  $\phi 3$ 、深 6;右端键槽的定位尺寸为 4,定形尺寸为长 20、宽 6、深 3.5。局部放大图 II 上所标尺寸  $3 \times 1$  表示槽宽 3、槽深 1;左、右两端面的 C 型中心孔的尺寸为 CM6L20/10.5。

### 4. 分析技术要求

(1) 该零件表面粗糙度要求最高处为两  $\phi 35$  圆柱表面,要求  $R_a$  的值为 1.6,此两处的尺寸

公差等级也最高为 IT6。其次为轴的左、右两圆柱表面,要求  $R_a$  的值为 3.2,尺寸公差等级为 IT7。键槽底面和侧面的粗糙度要求  $R_a$  的值分别为 12.5 和 6.3。其他未注的表面粗糙度要求  $R_a$  的值为 25。

(2) 零件图上标注了两处形位公差要求。它们的含义分别为:右端  $\phi 25$  圆柱轴线,对两处  $\phi 35$  圆柱的公共轴线的同轴度公差为  $\phi 0.008$ ;两  $\phi 35$  圆柱各自的轴线,对两  $\phi 35$  圆柱的公共轴线的同轴度公差为  $\phi 0.01$ 。

(3) 零件图中标注尺寸公差要求的结构,在零件加工成型后需要进行检测。另外零件成型后还需进行调质,处理以达到 220~250HBS 的硬度要求。

## 5. 归纳综合

综合上述各项内容,就能得出这个轴的总体概念。

### (二) 读盘类零件图

盘类零件一般由短粗的旋转体组成,主要结构有凸台、凹坑、轴孔以及均匀分布的肋、安装孔等。盘类零件有法兰盘、端盖、压盖、盘座等,它们主要起支承、轴向定位、密封等作用。盘类零件一般铸造出毛坯后再经加工而成。读图 8-42 所示法兰盘的零件图,步骤如下:

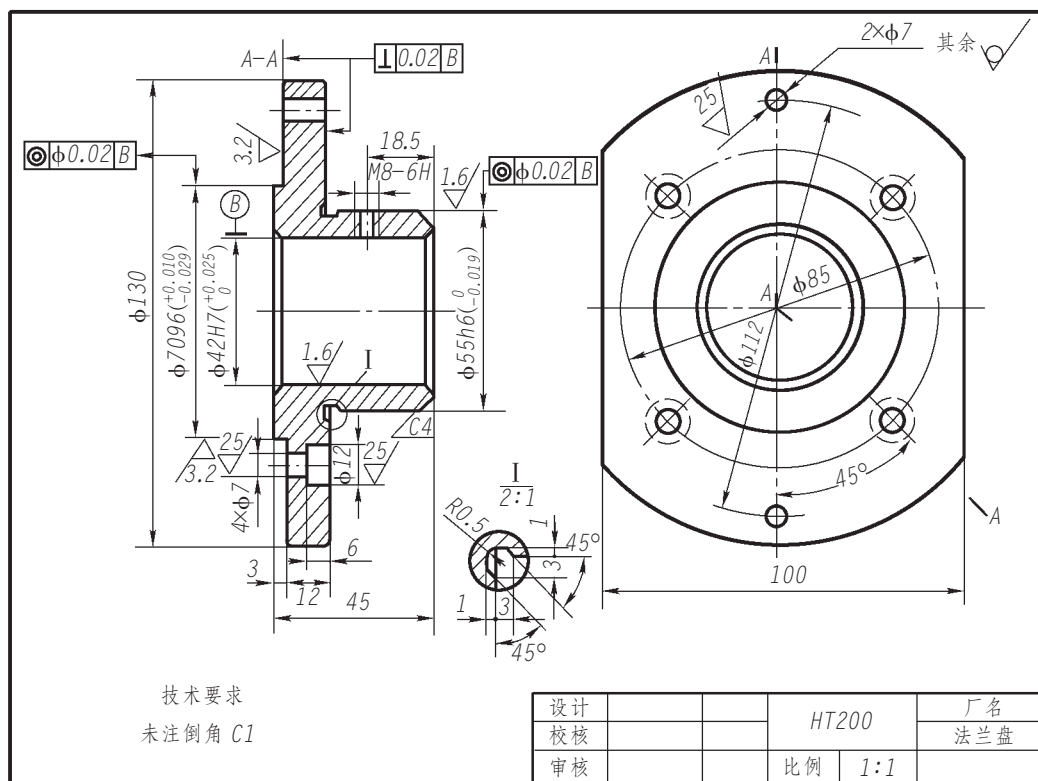


图 8-42 法兰盘零件图

#### 1. 看标题栏

该零件的名称为法兰盘,所用材料为灰铸铁 HT200,比例为 1:1,它在电动机上起支承其他零件的作用。

#### 2. 分析视图,想象零件结构形状

该零件的主视图按轴线水平放置,既符合工作位置要求又符合加工位置要求。为使内部

结构表达清楚,主视图采用了两个相交的剖切平面剖开机件的全剖视图。左视图表达了法兰盘上孔的分布情况。局部放大图表达越程槽的细微结构。法兰盘由旋转体构成,中有轴孔。4个沉孔和2个 $\phi 7$ 的直孔是用于安装法兰盘用的。

### 3. 分析尺寸

法兰盘的径向尺寸基准为轴线,轴向主要尺寸基准为与电动机结合的结合面,即 $\phi 130$ 圆柱的左端面,从该面出发注出了尺寸3,以保证法兰盘凸台端面与电机盖凹面之间的间隙。法兰盘左端面为辅助基准,尺寸45由此出发标出。M8-6H螺孔的轴向定位尺寸以法兰盘右端面辅助基准标出为18.5。4个沉孔、2个直孔的定位尺寸均以轴线为基准标出,分别为 $\phi 85$ 和 $\phi 140$ 。

### 4. 分析技术要求

$\phi 70g6$ 、 $\phi 55h6$ 、 $\phi 42H7$ 三圆柱面均为配合表面,所以它们的表面粗糙度要求较高, $R_a$ 的值分别为3.2、3.2、1.6。法兰盘上的凸台外缘( $\phi 70g6$ 圆柱面)与电动机端盖的凹坑配合,同轴度要求较高,因此采用了较紧的一种基孔制间隙配合 $\phi 70H7/g6$ ,在零件图上标注为 $\phi 70g6$ 。另外,为了保证轴线位置,对 $\phi 130$ 圆柱两端面提出了对 $\phi 42H7$ 孔轴线的垂直度要求;对 $\phi 70g6$ 和 $\phi 55h6$ 两圆柱轴线分别提出了对 $\phi 42H7$ 孔轴线的同轴度要求。

### 5. 归纳综合

综合上述各项内容,就能得出法兰盘的总体概念。

### (三) 读叉架类零件图

叉架类零件一般由支承部分、工作部分和连接部分组成,它们在机器中主要起连接、操纵、支承、调速作用。叉架类零件结构较为复杂,一般都为铸件或锻件经车、铣、刨等多道工序加工而成。读图8-43所示拨叉的零件图,步骤如下:

#### 1. 看标题栏

该零件的名称为拨叉,材料为铸钢ZG35。它的主要作用是操纵其他零件作变位运动。

#### 2. 分析视图,想象零件结构形状

该零件用了2个基本视图表达,主视图轴线水平放置,符合工作位置;另一个基本视图为右视图。主视图采用全剖视图,肋板上画了一个重合断面图表示肋板断面形状。零件上部为支承部分,由 $\phi 35$ 圆柱构成,轴孔是个矩形花键孔,在 $\phi 35$ 圆柱表面的前上方开了一个由上向下的斜槽,它的定位尺寸为主视图上的8和右视图上的11、 $45^\circ$ ,定形尺寸为主视图上的12。零件的中间为连接部分,由两块互相垂直的肋板组成。下部为工作部分,也由圆柱构成。由于它需要和由双点划线表示的另一部件配合工作或加工,所以标注直径尺寸。

#### 3. 分析尺寸

由于支承部分是确定工作部分位置的主要结构,因此拨叉的花键孔轴线为长度和高度两个方向的主要尺寸基准,拨叉的宽度方向主要尺寸基准则是它的左端面。

#### 4. 分析技术要求

拨叉的技术要求主要集中在支承部位和工作部位。如花键孔的大、小径均有尺寸公差要求,孔表面的表面粗糙度要求也是零件上最高的。拨叉工作部分的半凹圆柱面直径也有尺寸公差要求,表面粗糙度要求也相对较高;并且以零件的左端面为基准,对花键孔小径轴线提出了垂直度要求,对工作部分的右端面提出了平行度要求。

#### 5. 归纳综合

综合上述各项内容,就能得出这个拨叉的总体概念。

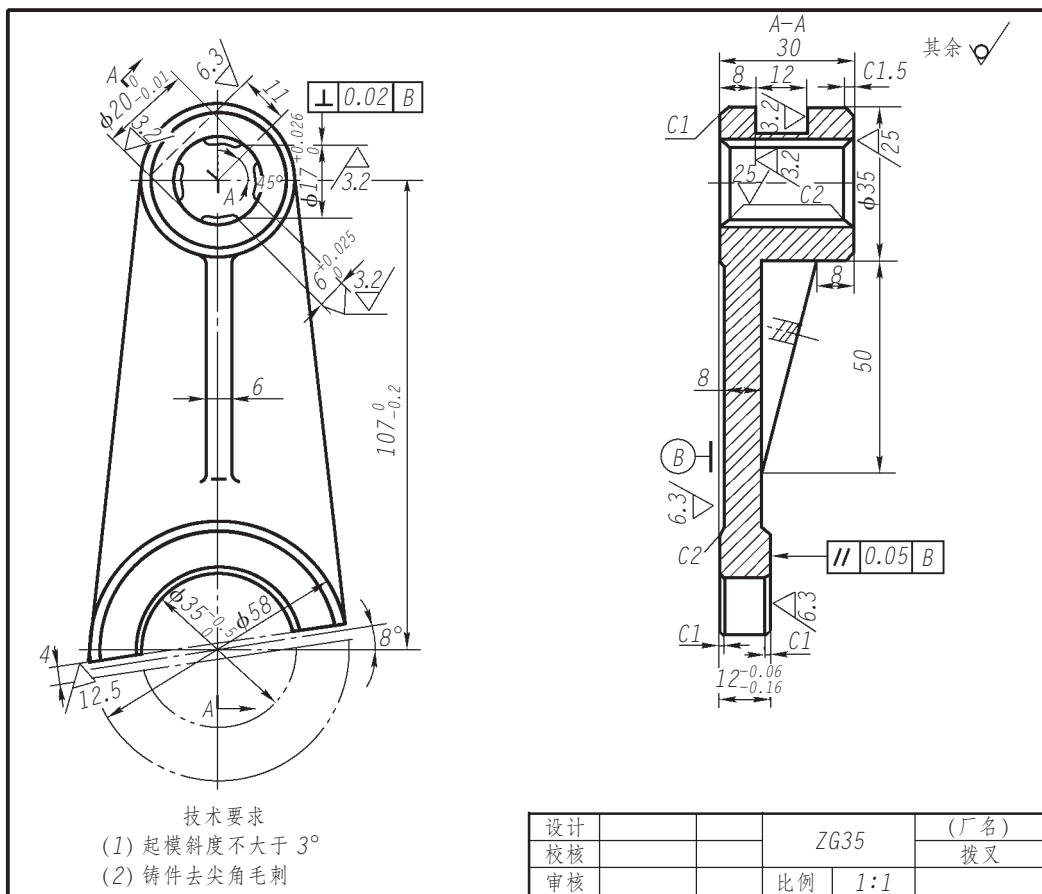


图 8-43 拨叉零件图

#### (四) 读箱体类零件图

箱体类零件起着支承和包容其他零件的作用。这类零件的结构形状较复杂,一般先铸造毛坯后经多道工序加工而成。在视图表达时,一般以工作位置和反映特征的一面作为主视图,采用三个或多个视图,运用剖视图、断面图或其他表达方法来表达其内、外结构形状。读箱体类零件图的难点是分析视图、想象其内外结构形状。读图时应先用形体分析法分清各组成部分以及它们的外形结构,再根据剖视图分析想象其内部结构。

各种减速箱体、泵体、阀体、机座、机体等均属此类零件。箱体类零件一般为机器、部件的主体,其作用主要是容纳和支承传动件,又是保护机器中其他零件的外壳。图 8-44 为蜗轮减速箱的零件图,读箱体类零件图步骤如下:

##### 1. 看标题栏

该零件的名称是蜗轮减速箱,材料为灰铸铁 HT150,比例为 1:2。

##### 2. 分析视图,想象零件结构形状

箱体按工作位置放置,采用了两个基本视图和三个局部视图。主视图和左视图基本表达了整个箱体的内外形状。其外形大致可分为三部分组成,即上下两个轴线互相垂直交叉相贯的两圆柱体和最下部的矩形底板。进一步分析主、左视图中的剖视,就可以看清两个互相垂直交叉的圆柱部分的内腔形状,这个内腔就是用来容纳蜗轮和蜗杆。为了支承并保证蜗轮与蜗杆的啮合关系,箱体后面、左右两侧都有相应的轴孔。主视图未剖部分和左视图中,可以看出

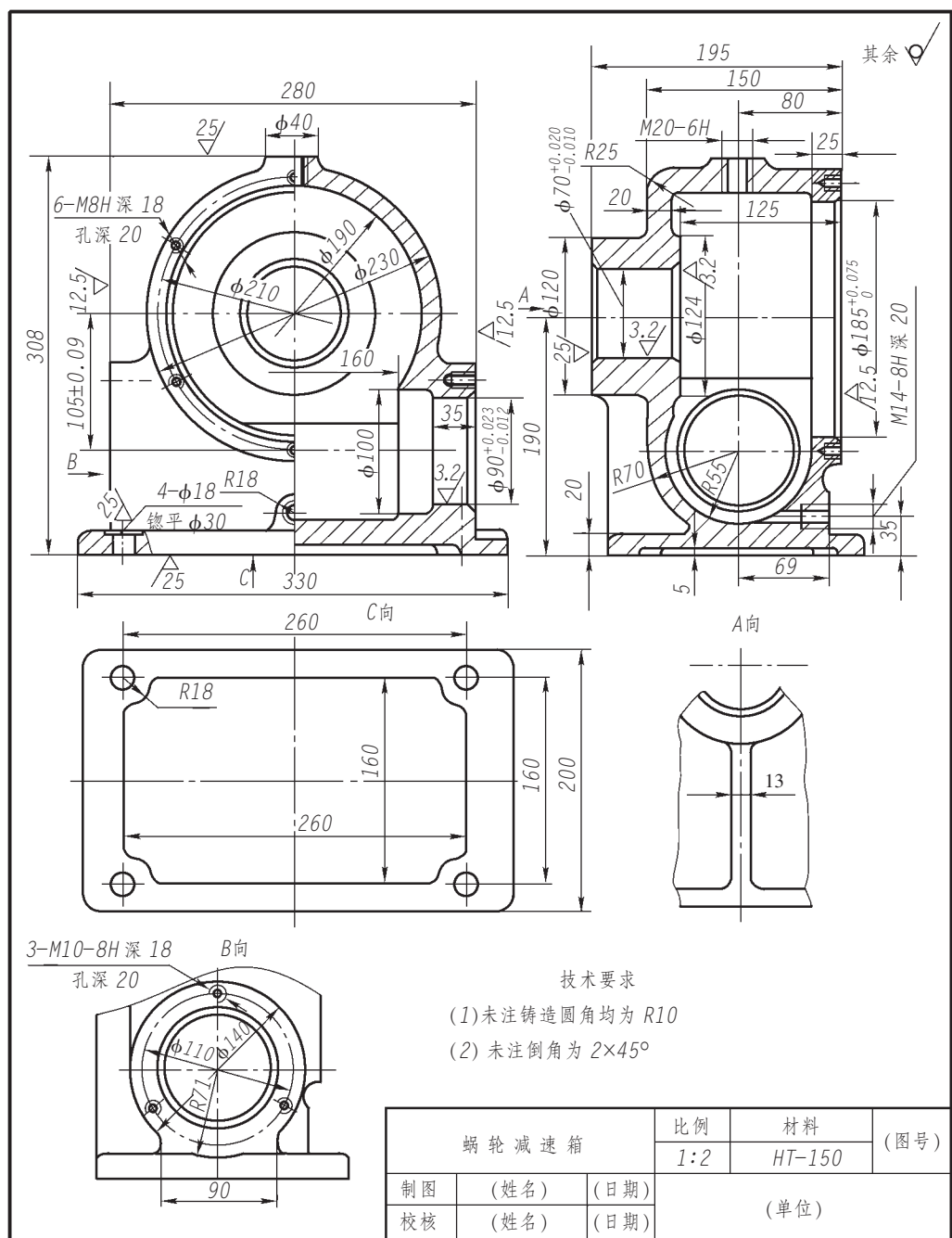


图 8-44 蜗轮减速箱零件图

大圆腔前部边缘有 6 个螺纹孔。从主视图的剖视部分和 B 向局部视图,可以看出小圆腔两端面各有 3 个螺纹孔,这些螺纹孔是用来安装箱盖和轴承盖的。上下两个螺孔是用来注油、放油和安装螺塞的。C 向局部视图,表达了底板下面的形状和 4 个安装孔的位置。A 向局部视图,表达了箱体后部加强肋的厚度及圆角。

### 3. 分析尺寸

箱体类零件图中尺寸标注也是比较复杂的。在分析尺寸时,首先要看清尺寸基准,抓住主



要尺寸,按形体分析的方法,逐一认清各部分结构的定位尺寸和定形尺寸。蜗轮减速箱高度方向的主要尺寸基准为底平面,它既是箱体的安装平面,又是箱体加工时的测量基准面。因此,它既是设计基准,又是工艺基准。高度方向的很多重要尺寸,都是由底面标出的。但为了保证蜗轮蜗杆的啮合关系,蜗轮轴孔的轴线又成为高度方向的辅助基准,蜗杆轴孔的轴线高度就是由这里注出的。箱体的长度和宽度方向基准较易识别,可自行分析。

#### 4. 分析技术要求

箱体零件的技术要求,主要集中于支承传动轴的轴孔部分。因为这些部分的尺寸精度、表面粗糙度和形位公差,将直接影响减速器的装配质量和使用性能。

#### 5. 归纳综合

综合上述各项内容,就能得出这个箱体的总体概念。

从以上四类零件的读图过程中可以看出,读零件图的方法是从概括了解到细致分析,以分析视图、想象形状为核心,联系尺寸和技术要求来进行。分析图形离不开尺寸,分析尺寸又往往同时要看清技术要求。

读零件图是一项很细致的工作,不仅需要广泛的技术知识,而且需要一定的实践经验。零件图中不仅综合了机械制图的基本知识和方法,而且也包含了各种冷热加工工艺方面的知识和经验。所以只有在读图的实践中才能不断提高读图能力。

# 第九章 装 配 图

装配图是用来表达机器或部件的一种图样,是进行设计、装配、检验、安装、调试和维修时所必需的技术文件。本章介绍装配图的内容、画法、读装配图和拆画零件图。

## 第一节 装配图的作用和内容

### 一、装配图及作用

在产品设计中,一般先根据产品的工作原理图画出装配图,然后再根据装配图进行零件设计,画出零件图。在产品制造中,装配图是制订装配工艺规程、进行装配和检验的技术依据。在机器设备使用和维修时,要通过装配图来了解机器的工作原理和构造。因此,装配图表达了机器或部件的工作原理以及零件、部件间的装配、连接关系,是机械设计和生产中的重要技术文件之一。

### 二、装配图的内容

如图 9-1 所示,一张完整的装配图应包括以下内容:

#### 1. 一组视图

用一组视图完整、清晰、准确地表达出各零件的相对位置、连接方式、装配关系和重要零件的形状结构,并能从图中了解机器或部件的工作原理、传动路线与使用性能。

#### 2. 必要的尺寸

装配图上要有表示机器或部件的规格、性能及装配、检验、安装时所需要的一些尺寸。

#### 3. 技术要求

技术要求就是用文字或符号说明机器或部件的性能和装配、调整、试验中所必须满足的技术要求。

#### 4. 零件的序号、明细栏

装配图中的零件编号、明细栏用于说明每个零件的名称、代号、数量和材料等,便于读图、图样管理和组织生产。

#### 5. 标题栏

标题栏包括机器或部件名称、比例、绘图及审核人员的签名等。

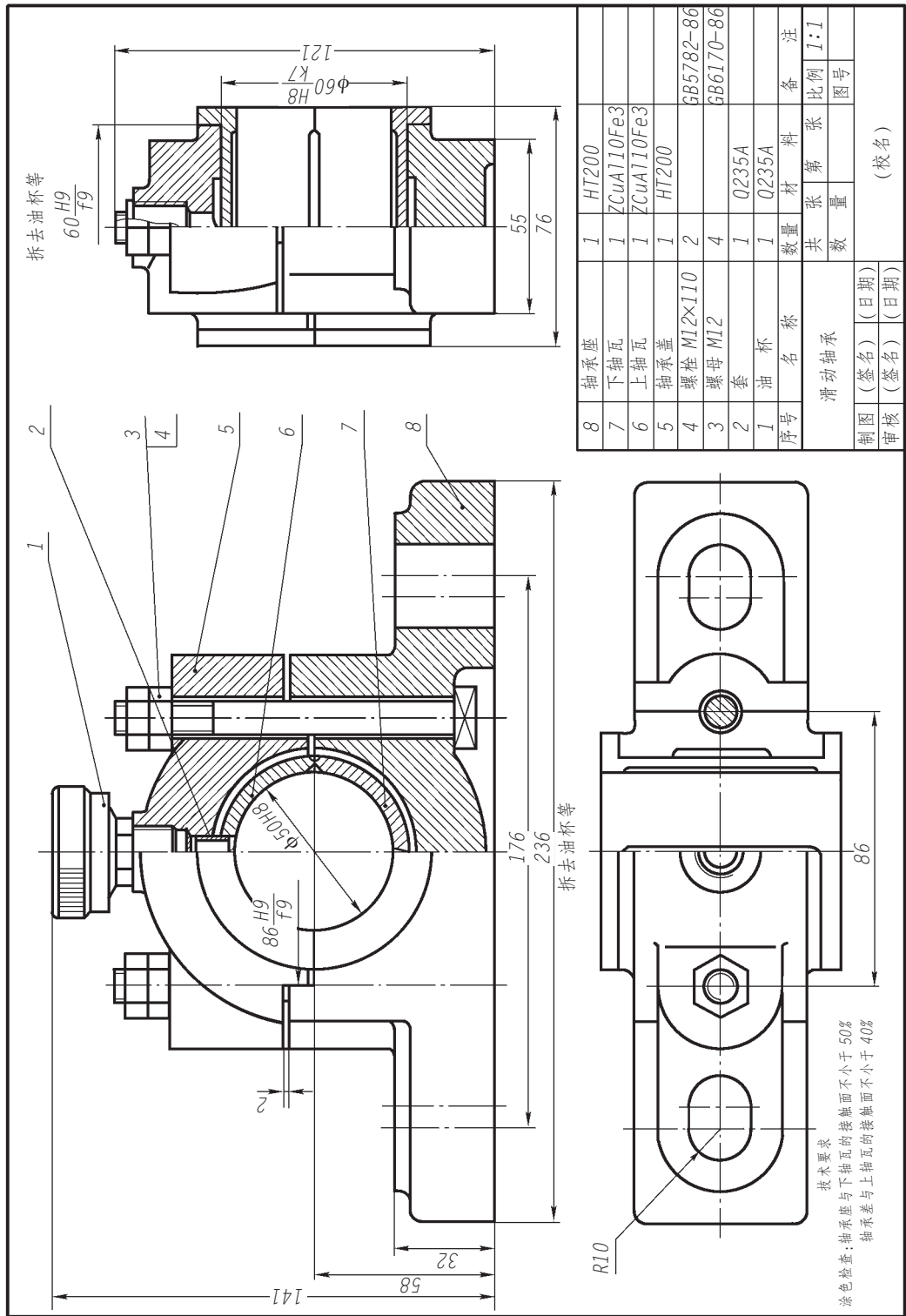


图 9-1-6 轴承座零件图

## 第二节 装配图的表达方法

装配图要正确、清晰地表达机器或部件及主要零件的结构形状,其表达方法与零件图的表达方法基本相同。国家标准《机械制图》对装配图表达方法又做了一些其他规定。

### 一、规定画法

(1) 两相邻零件的接触面和配合面间只画一条线。但当两相邻零件相关部分的基本尺寸不相同,即使间隙很小,也必须画成两条线。如图 9-2 所示。

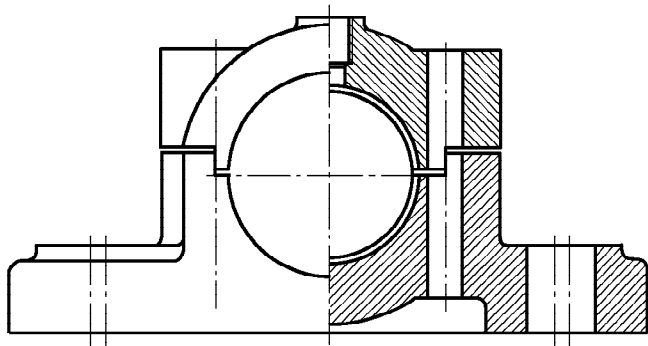


图 9-2 装配图规定画法

(2) 相邻零件的剖面线,应有明显区别,或者倾斜方向相反,或者方向一致但间隔不等。在装配图中,同一零件所有剖视图、断面图中的剖面线方向和间隔必须保持一致,这样有利于区分同一零件,想象其形状和装配关系。如图 9-5 所示。

(3) 装配图中,对于螺栓紧固件以及实心的球、手柄、键、销等零件,若按纵向剖切,剖切平面通过其对称平面或轴线时,则这些零件均按未剖绘制;而当剖切平面垂直这些零件的轴线时,则应按剖开绘制。如图 9-1 所示。

### 二、特殊表达方法和简化画法

#### 1. 沿零件结合面剖切和拆卸画法

沿零件的结合面剖切,将剖切平面与观察者之间的部分拆掉后再进行投射,结合面上不画剖面线,被切部分(螺杆、螺钉等)必须画出剖面线。如图 9-1 中的俯视图。

当装配体上某些常见零件的视图遮住了其后面需要表达的零件,或在某个视图上不需要画出某些零件时,可将这些零件拆去后再画。如图 9-1 俯视图中,采用这种画法时,可在其视图上方注出“拆去××等”字样。

#### 2. 假想画法

当需要表达本部件与相邻部件连接关系时,可用双点划线假想画出相邻部件的轮廓线。如图 9-3 所示。当需要表示某些零件的运动范围和极限位置,可用双点划线画出该零件的极限位置图。如图 9-4 所示。

### 3. 展开画法

为了表示传动机构的传动路线和装配关系,可假想用剖切平面按传动顺序沿轴线剖切,然后展开、摊平到与选定投影面平行的位置,再画出其剖视图,这种画法称为展开画法。在机床的主轴箱、进给箱和汽车的变速箱等装置中常采用。如图 9-3 所示三星齿轮传动机构 A-A 展开图。

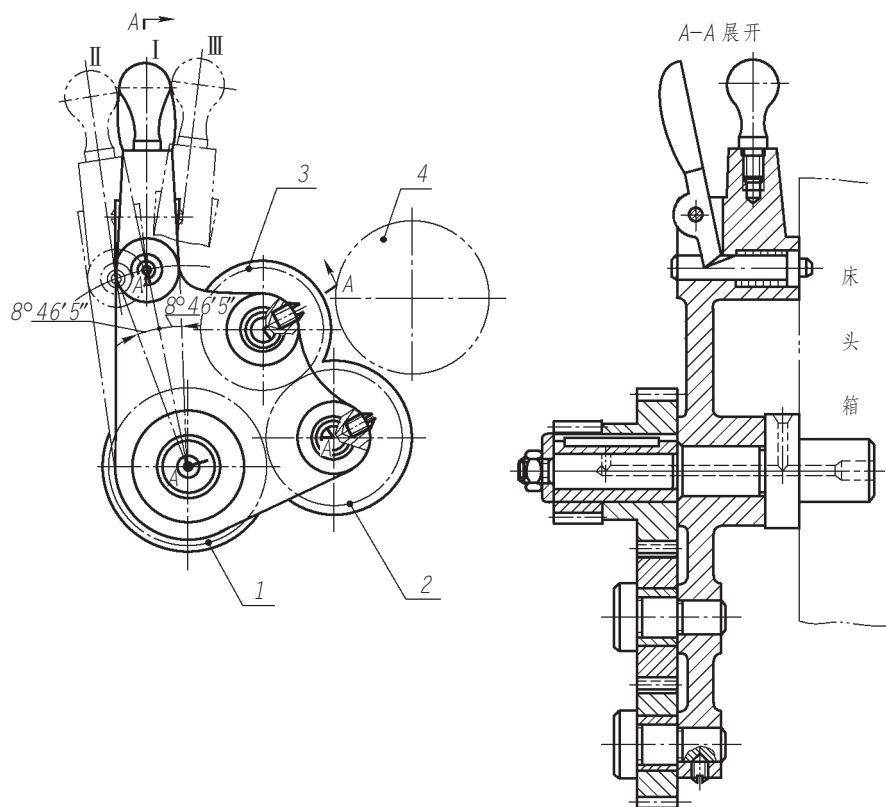


图 9-3 展开画法

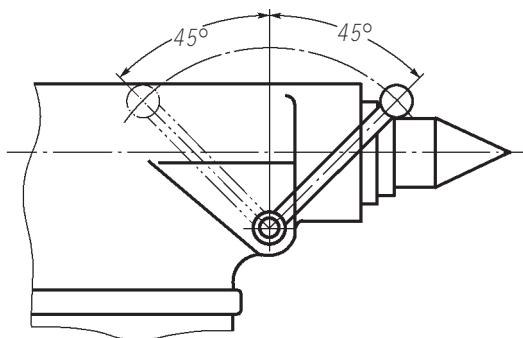


图 9-4 运动零件的极限位置

#### 4. 夸大画法

装配图中,当图形上孔的直径或薄片的厚度小于 2 mm,以及间隙、斜度和锥度较小而表达不够明显时,均可将该部分不按原比例而夸大画出。如图 9-6 中的垫片就是按夸大厚度画出的。其剖面符号,也因轮廓狭小而采用完全涂黑的简化画法。

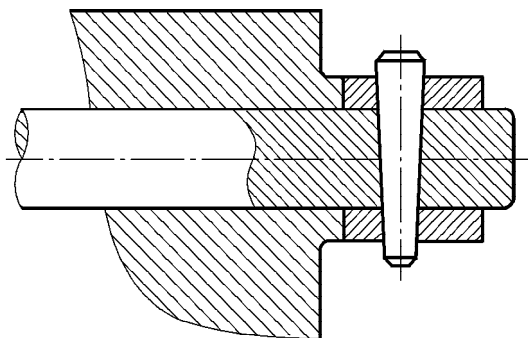


图 9-5 装配图规定画法

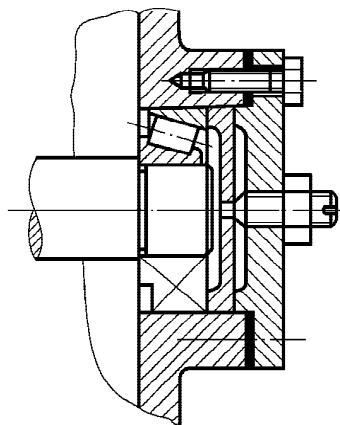


图 9-6 装配图夸大画法

#### 5. 简化画法

(1) 对于装配图中螺栓紧固件等若干相同零件组,允许只详细画出一组,其余用点划线表示出中心位置即可。如图 9-6 中的螺钉画法。

(2) 装配图中,零件的某些较小工艺结构,如圆角、倒角、退刀槽等可以省略不画。如图 9-6 中,螺钉、螺母的倒角及由倒角而产生的曲线,均被省略。

(3) 装配图中的滚动轴承,允许采用简化或示意画法。如图 9-6 所示的轴承。

(4) 装配图中,对薄的垫片等不易画出的零件可将其涂黑。如图 9-6 所示的垫片。

### 第三节 装配图中的尺寸标注及技术要求

#### 一、装配图的尺寸标注

在装配图中标注尺寸时,不必把制造零件时所需的尺寸都标注出来,只需注出以下几类尺寸即可。

##### 1. 规格尺寸

表明该产品规格大小或工作性能的尺寸。这类尺寸是设计和选用产品的重要依据。如图 9-1 滑动轴承装配图中的 $\phi 50H8$ ,表明该轴承只能用于支承轴颈基本尺寸为 $\phi 50$ 的轴。

##### 2. 装配尺寸

表明机器或部件中各零件间配合性质和装配关系的尺寸。装配尺寸由配合尺寸和主要零件间的相对位置尺寸两部分组成。如图 9-1 中轴承座与轴承盖间的  $60H9/f9$ 、下轴衬与轴承座间的 $\phi 60H8/k7$ 等,都属于配合尺寸。而图 9-1 中轴承盖与轴承座接触面间的距离 2 即为相对位置尺寸。

### 3. 安装尺寸

表明机器或部件安装到地基上或其他机器、部件上所需要的尺寸。

如图 9-1 中轴承座的安装孔半径  $R10$  和两孔中心距 176。

### 4. 外形尺寸

表明机器或部件的总长、总宽和总高的尺寸。它反映了机器或部件的体积大小,提供了机器在包装、运输和安装时需占用多少空间。如图 9-1 中轴承座总长 236、总宽 76、总高 141,即是外形尺寸。

### 5. 其他重要尺寸

在装配或使用中必须标注说明的尺寸。如运动零件的极限位移尺寸等。

在装配图上标注尺寸,有时同一个尺寸具有几方面的作用,上述各类尺寸并不是每张装配图上都必须全部标出,要根据具体情况来定。

## 二、装配图上的技术要求

装配图上的技术要求,主要包括装配的方法与质量要求,如准确度、装配间隙、润滑要求等;基本性能的检验、调试中的特殊要求;机器或部件的规格、参数及维护、保养、安装、使用中的注意事项及要求等内容。在零件图中已经注明的技术要求不再重复。技术要求一般填写在明细栏的上方或图纸下方空白处。

## 第四节 装配图上的零件序号和明细栏

为便于读图、管理图样和组织生产,装配图中必须对所有零、部件进行编号,此编号叫零件序号,并根据零件序号编制出相应零件明细栏。

### 一、零件序号的编排与标注

装配图中的序号一般由指引线、圆点(或箭头)、横线(或圆圈)和序号数字组成。如图 9-7 所示。

(1) 装配图中所有零、部件,都必须按顺序编排并标明序号。每一种规格的零件只编一个序号。标准组件如滚动轴承等,可看做一个整体编注一个序号;有时标准件也可不编序号,而是直接标明标准代号、规格及数量。

(2) 零件序号应标注在一组视图周围,编号顺序应按顺时针或逆时针方向整齐排列,间隔相等,在整个图上无法连续时,可只在每个水平或垂直方向顺序排列。

(3) 指引线的指引端,应在零件的可见轮廓内并画一圆点。当零件很薄或剖面涂黑时,可在指引线末端用箭头指向轮廓线以代替圆点。指引线外端用细实线画横线或圆圈,以填写序号。有时亦可省略横线或圆圈,而在指引线外端附近注写序号。如图 9-7 所示。

(4) 指引线不要与轮廓线或零件剖面线平行,不允许相交,但允许弯折一次。

(5) 装配图中零件序号应与明细栏中的序号一致。序号数字比装配图中的尺寸数字大一号。

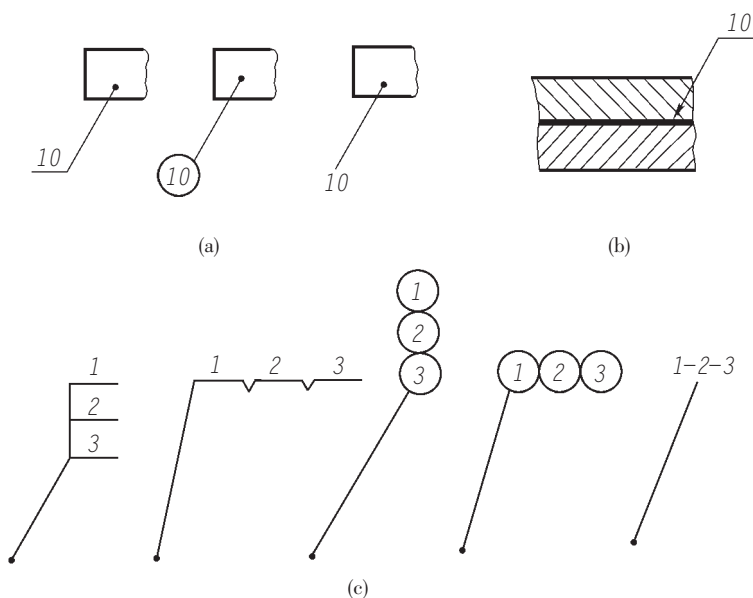


图 9-7 装配图中序号引法

## 二、零件明细栏

明细栏格式由 GB 10609.2—1989 规定绘制。本书推荐作业格式如图 9-8 所示。

140											
15		45			15		35				
6		轴承座			1		HT200				
5		下轴瓦			1		ZCuAl10Fe3				
4		上轴瓦			1		ZCuAl10Fe3				
3		轴承盖			1		HT200				
2		螺栓 M12×110			2		GB5782-86				
1		螺母 M12			4		GB6170-86				
8		序号	名称			数量		材料		备注	
8		滑动轴承			共 张		第 张		比例	1:1	
4×8					数量		图号				
		制图	(签名)	(日期)		(校名)					
		审核	(签名)	(日期)							
		25		20		25		25		15	15

图 9-8 装配图标题栏和明细栏

绘制和填写明细栏时应注意：

(1) 零件明细栏一般画在标题栏上方，并与标题栏对正。所用线型如图 9-8 所示。



(2) 明细栏中,零件序号应由下向上排列。上方位置不够时,可在标题栏紧靠左方的位置继续自下而上延续,便于编排序号遗漏时进行补充。

(3) 对于标准件,应将其规格视为名称的一部分,在备注栏中写明国标代号。

## 第五节 绘制装配图

### 一、装配图的视图选择

装配图是用来表达机器或部件的工作原理、装配关系以及主要零件结构形状的图样。视图选择的目的是以最少的视图,完整、清晰地表达出机器或部件的装配关系和工作原理。视图选择的一般步骤为:

#### 1. 进行部件分析

对要绘制的机器或部件的工作原理、装配关系及主要零件形状,零件与零件之间的相对位置、定位方式等进行深入细致的分析。

#### 2. 确定主视图

主视图的选择应能较好地表达部件的工作原理和主要装配关系,并尽可能按工作位置放置,使主要装配轴线处于水平或垂直位置。

#### 3. 确定其他视图

针对主视图还没有表达清楚的装配关系和零件间的相对位置,选用其他视图给予补充(如剖视、断面、拆去某些零件、剖视中套用剖视等方法均可采用),其目的是将装配关系表达清楚。确定机器或部件的表达方案时,可以多设计几套方案。每套方案一般均有优缺点,通过分析比较,再选择比较理想的表达方案。

如图 9-9 所示的滑动轴承,其作用就是支承旋转轴,主要零件有轴承盖、轴承座和上、下轴瓦。轴承盖和轴承座水平方向由止口定位,竖直方向由轴瓦的外圆定位(配合尺寸)。

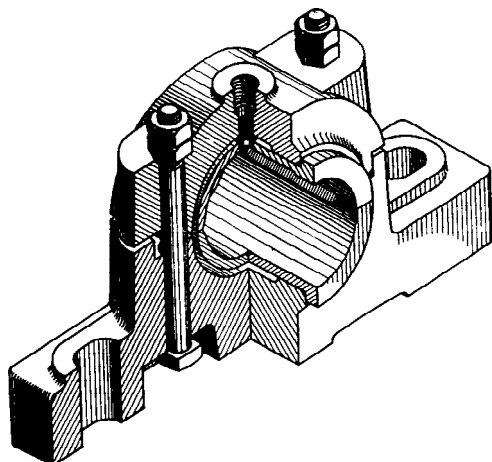


图 9-9 滑动轴承轴测图

装配关系主要表达这 4 个零件的相对位置和结构形状。由于结构对称,所以主视图采用了半剖视。这样既清楚地表示了轴承盖和轴承座由螺栓连接、止口定位的装配关系,也表示了

盖和座的外形结构。由于上、下轴瓦与轴承盖、座间的关系不够清楚,为此配置了左视图。根据左视图的对称结构,所以也采用了半剖视。俯视图采用沿盖和座结合面剖切的表达方法,其作用除表示下轴瓦与轴承座的关系外,主要表示滑动轴承的外形。最终方案如图 9-1 所示。

## 二、装配图的画图步骤

确定表达方案后,就可着手画图。画图时必须遵守以下步骤:

### 1. 选比例,定图幅,布图,绘制基础零件的轮廓线

应尽可能采用 1:1 的比例,这样有利于想象物体的形状和大小。需要采用放大或缩小的比例时,必须采用 CB/T 14690—1993 推荐的比列。确定比例后,根据表达方案确定图幅。确定图幅和布图时,要考虑标题栏和明细栏的大小和位置,然后从基础零件的轮廓线入手绘制。绘制滑动轴承的装配图从轴承座开始。

### 2. 绘制主要零件的轮廓线

滑动轴承的主要零件是轴承座、轴承盖和上、下轴瓦。画出轴承座的主要轮廓线后,接着画上、下轴瓦的轮廓线,再画轴承盖的轮廓线。

### 3. 画结构细节,完成图形底稿

画完滑动轴承主要零件的基本轮廓线之后,可继续绘制零件的详细结构,如油杯、螺栓连接、润滑油槽等。如图 9-10 所示。

最后整理加深,标注尺寸,注写序号,填写明细栏和标题栏,写出技术要求,完成全图。如图 9-1 所示。

## 第六节 读装配图

读装配图要能够了解组成机器或部件的每一个零件的作用和结构形状以及使用方法、拆装顺序等,了解到机器或部件的名称、规格、性能,分析出机器或部件的作用、工作原理及防松、润滑、密封等系统的原理和结构等,必要时还应查阅有关的专业资料。因此,学会读装配图并提高读装配图的能力是非常重要的。

### 一、读装配图的基本方法和步骤

不同的工作岗位看图的目的是不同的。有的仅需要了解机器或部件的用途和工作原理;有的要了解零件的连接方法和拆卸顺序;有的要拆画零件图等。一般说来,应按以下方法和步骤读装配图:

#### 1. 概括了解,弄清表达方法

从标题栏、明细栏和产品说明书等有关技术资料,了解机器或部件的名称、性能、功用及组成。从视图中大致了解装配体的形状、尺寸和技术要求,对机器或部件有一个基本的感性认识。随后对装配图的表达方法进行分析,弄清各视图的名称、所采用的表达方法,为进一步读装配图打下基础。

读图 9-11 机用虎钳装配图时,首先应了解机用虎钳是机床上夹持工件的一种部件。它由 17 种零件组成,其最大夹持厚度为 178 mm。

机用虎钳装配图,共包括三个基本视图。主视图采用了通过螺杆轴线的局部剖视图,表

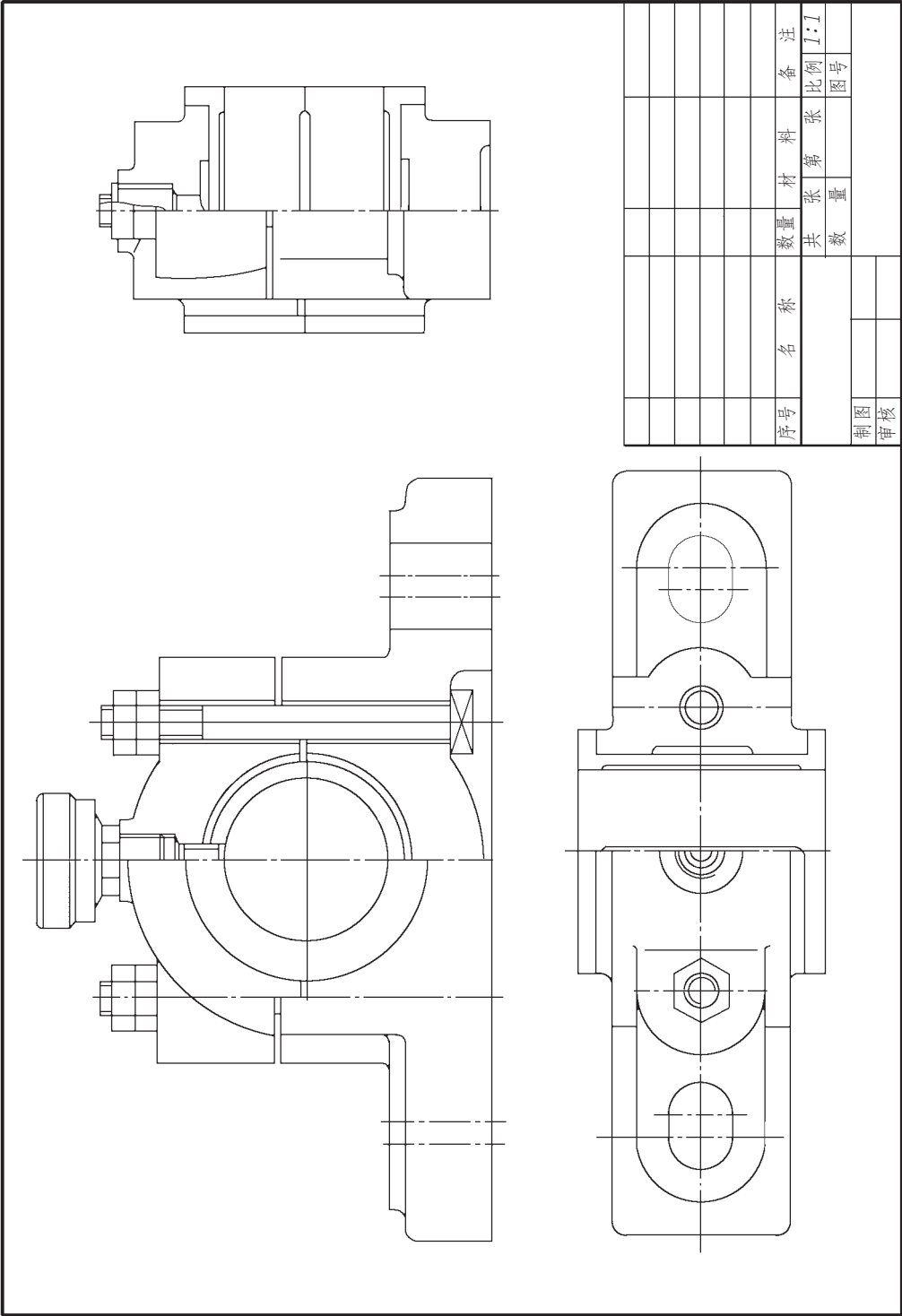


图 9-10 滑动轴承画图步骤

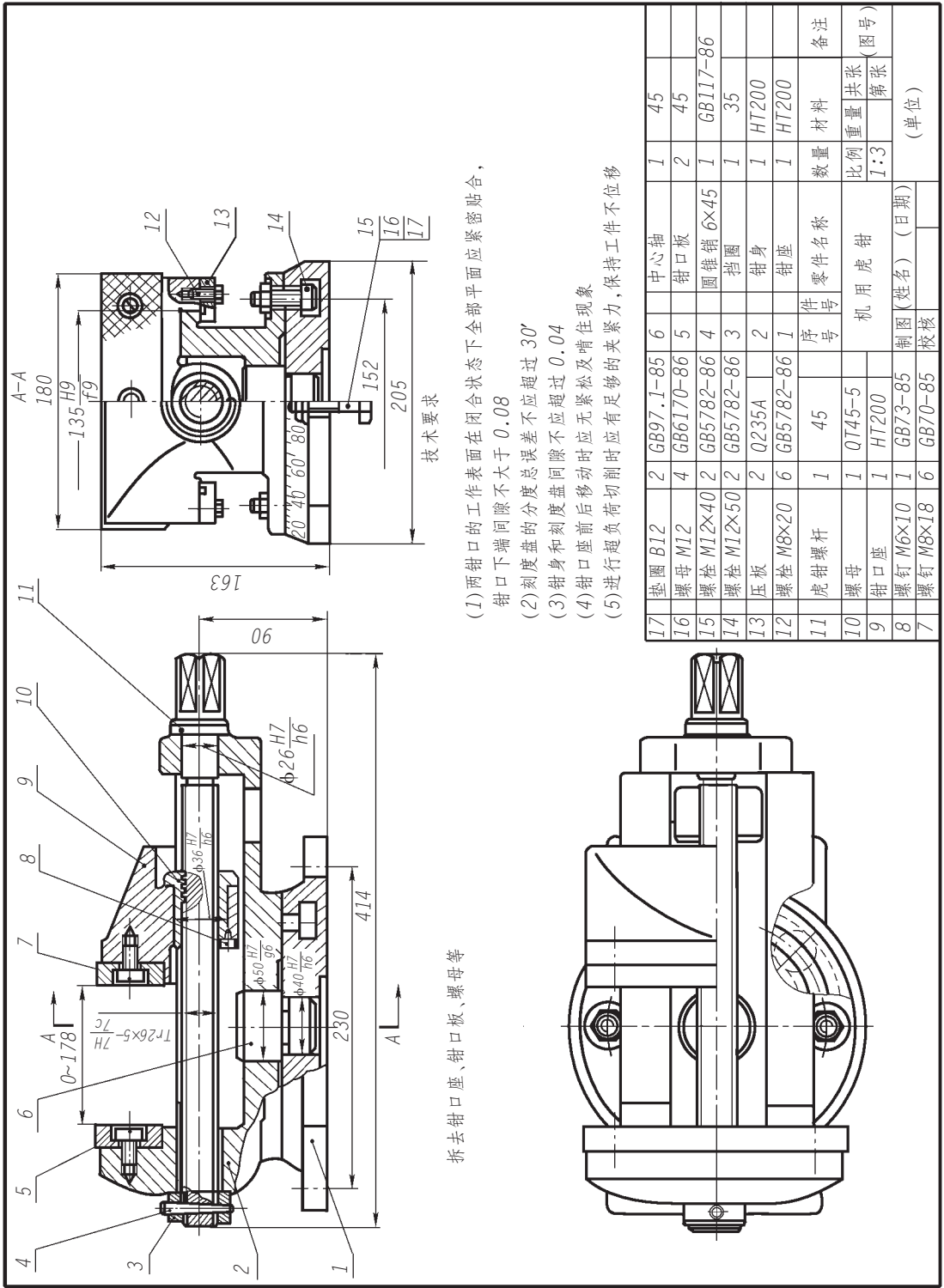


图 9-11 机用虎钳零件图

达了虎钳的主要装配干线。左下角局部保留外形,是为了表达钳座和钳身间的外部形状。左视图采用了通过 A-A 剖切平面的半剖视图,表现钳口座与钳身、钳身与钳座间的装配连接关系。俯视图除局部采用拆卸画法表示钳座上的环槽和螺栓贯入孔外,主要是外形视图,表达虎钳俯视方向的总体轮廓。

## 2. 具体分析,掌握形体结构、工作原理和装配关系

在概括了解的基础上,应对照各视图,进一步研究机器或部件的工作原理、装配关系,这是看懂装配图的一个重要环节。

按视图间的投影关系,利用零件序号和明细栏以及剖视图中剖面线的差异,分清图中前后件、内外件的互相遮盖关系,将组合在一起的零件逐一进行分解识别,搞清每个零件在相关视图中的投影位置和轮廓。在此基础上,构思出各零件的结构形状。再仔细研究各相关零件间的连接方式、配合性质,判明固定件与运动件,搞清各传动路线的运动情况和作用。

具体分析机用虎钳装配图,可以看出,其组成零件中,除去一些螺栓、螺钉、垫圈、锥销等标准件外,主要零件是钳座 1、钳身 2、中心轴 6、钳口座 9、螺母 10 和螺杆 11 等。从主视图中,可以看出钳座的高度和内部形状。中间有一  $\phi 40$  的孔,与中心轴配合。对照俯、左视图,可以看出其外部形状,上部为短圆锥体,锥面上有刻度;下部在短圆柱体两侧有长方体,其两端开有长槽,利用螺栓 15 与床面连接,用以将虎钳固定在床面上。钳座上还开有一个环状 T 形槽,内装螺栓 14,用以固定钳身。钳身 2 为机用虎钳中形体最大的零件。由主视图有关轮廓与剖面线可看出其基本形状,其下部由  $\phi 50$  孔通过中心轴与钳座定位连接,并可绕该轴旋转一定角度,用两个螺栓 14 固定在钳座上。上部右端圆孔是支承虎钳螺杆 11 的,而左端圆孔则不起支承作用。螺杆 11 是虎钳的主要传动件,它在钳身上通过左端的挡圈和锥销固定,轴向不能移动。利用右端方头旋转螺杆时,通过与钳口座固定在一起的螺母 10,即可带动钳口座 9 左右移动。

## 3. 归纳总结,获得完整概念

在分析的基础上,进一步完善构思,归纳总结,可得到对机器或部件总的认识。即能结合装配图说明其传动路线、拆装顺序,以及安装使用中应注意的问题。

机用虎钳主要工作性能和传动关系是:当用扳手转动螺杆 11,迫使螺母 10 带动钳口座 9 左右移动,即可夹紧或松开工件。被夹工件厚度可在  $0\sim 178\text{ mm}$  范围内变化。当工件需转动角度时,可松开螺栓 14 上的螺母,使钳身绕中心轴旋转,转角可在钳座刻度上读出。转到需要位置后,利用螺栓 14 将其紧固。加工工件过程中,掉入钳身凹槽中的切屑,可由钳身右部方孔中清除。螺栓 14 因经常拧动,应能随时更换,可以从俯视图局部拆卸画法处显示的贯入孔中取换。

由装配图拆画某个零件的零件图,不仅是机械设计中的重要环节,而且也是考核读装配图效果的重要手段。由于篇幅有限,图 9-12 只画出了机用虎钳钳身零件图供参考。

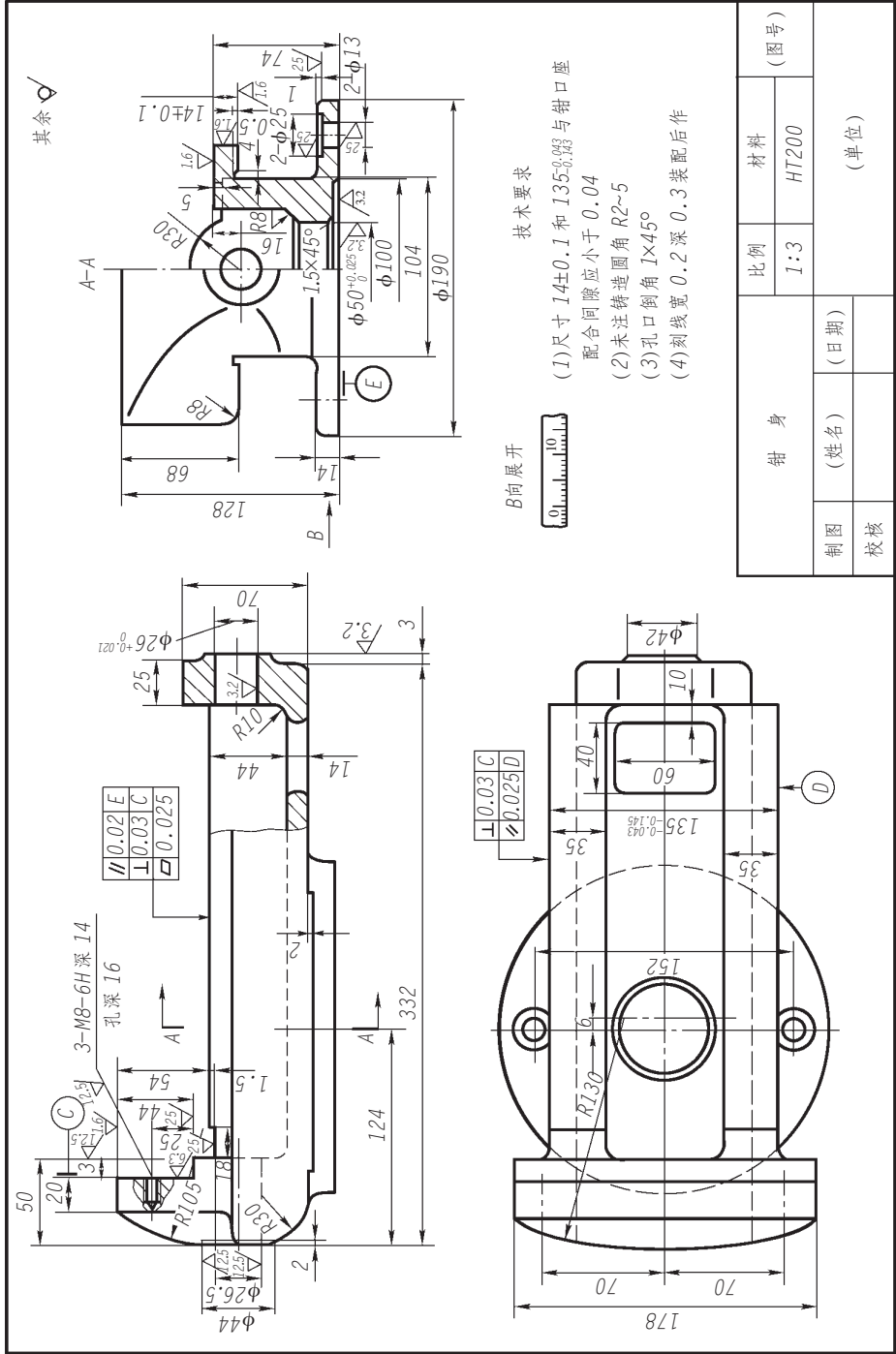
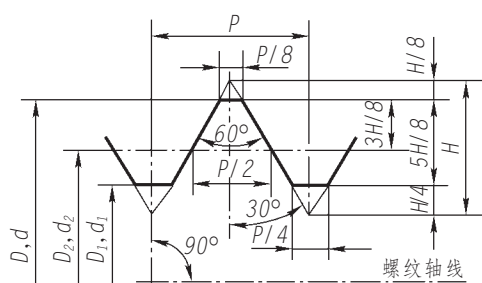


图 9-12 钳身零件图

# 附 录

## 一、螺纹

附表 1 普通螺纹直径与螺距/mm(摘自 GB/T 192、193、196)



$D$ ——内螺纹大径  
 $d$ ——外螺纹大径  
 $D_2$ ——内螺纹中径  
 $d_2$ ——外螺纹中径  
 $D_1$ ——内螺纹小径  
 $d_1$ ——外螺纹小径  
 $P$ ——螺距

标记示例:

M10-6g(粗牙普通外螺纹、公称直径  $d=M10$ 、右旋、中径及大径公差带均为 6g、中等旋合长度)

M10×1LH-6H(细牙普通内螺纹、公称直径  $D=M10$ 、螺距  $P=1$ 、左旋、中径及小径公差带均为 6H、中等旋合长度)

公称直径 ( $D, d$ )			螺 距 ( $P$ )		粗牙螺纹小径 ( $D_1, d_1$ )
第一系列	第二系列	第三系列	粗 牙	细 牙	
4	—	—	0.7	0.5	3.242
5	—	—	0.8		4.134
6	—	—	1	0.75、(0.5)	4.917
—	—	7			5.917
8	—	—	1.25	1、0.75、(0.5)	6.647
10	—	—	1.5	1.25、1、0.75、(0.5)	8.376
12	—	—	1.75	1.5、1.25、1、(0.75)、(0.5)	10.106
—	14	—	2		11.835
—	—	15	—	1.5、(1)	* 13.376
16	—	—	2	1.5、1、(0.75)、(0.5)	13.835
—	18	—	2.5	2、1.5、1、(0.75)、(0.5)	15.294
20	—	—			17.294
—	22	—			19.294

续表

公称直径 ( $D, d$ )			螺 距 ( $P$ )		粗牙螺纹小径 ( $D_1, d_1$ )
第一系列	第二系列	第三系列	粗 牙	细 牙	
24	—	—	3	2、1.5、1、(0.75)	20.752
—	—	25	—	2、1.5、(1)	* 22.835
—	27	—	3	2、1.5、1、(0.75)	23.752
30	—	—	3.5	(3)、2、1.5、1、(0.75)	26.211
—	33	—		(3)、2、1.5、(1)、(0.75)	29.211
—	—	35	—	1.5	* 33.376
36	—	—	4	3、2、1.5、(1)	31.670
—	39	—			34.670

注：(1) 优先选用第一系列，其次是第二系列，第三系列尽可能不用

(2) 括号内尺寸尽可能不用

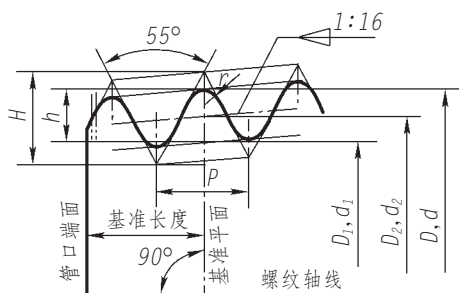
(3) M14×1.25 仅用于火花塞；M35×1.5 仅用于滚动轴承锁紧螺母

(4) 带 \* 号的为细牙参数，是对应于第一种细牙螺距的小径尺寸

附表 2 管螺纹

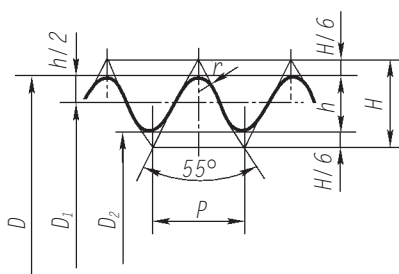
用螺纹密封的管螺纹

(摘自 GB/T 7306)



非螺纹密封的管螺纹

(摘自 GB/T 7307)



标记示例：

R1/2 (尺寸代号 1/2, 右旋圆锥外螺纹)

R<sub>c</sub>1/2-LH (尺寸代号 1/2, 左旋圆锥内螺纹)

R<sub>p</sub>1/2 (尺寸代号 1/2, 右旋圆柱内螺纹)

标记示例：

G1/2-LH (尺寸代号 1/2, 左旋内螺纹)

G1/2A (尺寸代号 1/2, A 级右旋外螺纹)

G1/2B-LH (尺寸代号 1/2, B 级左旋外螺纹)

尺寸 代号	基面上的直径 (GB/T 7306)			螺距 ( $P$ ) /mm	牙高 ( $h$ ) /mm	圆弧半径 ( $R$ ) /mm	每 25.4mm 内的牙数 ( $n$ )	有效螺纹 长度 (GB/T 7306) /mm	基准的 基本长度 (GB/T 7306) /mm
	基本直径 (GB/T 7307)	大径 ( $d=D$ ) /mm	中径 ( $d_2=D_2$ ) /mm						
1/16		7.723	7.142	0.907	0.581	0.125	28	6.5	4.0
1/8		9.728	9.147						



续表

尺寸 代号	基面上的直径(GB/T 7306) 基本直径(GB/T 7307)			螺距 ( <i>P</i> ) /mm	牙高 ( <i>h</i> ) /mm	圆弧半径 ( <i>R</i> ) /mm	每 25.4mm 内的牙数 ( <i>n</i> )	有效螺纹 长度 (GB/T 7306) /mm	基准的 基本长度 (GB/T 7306) /mm
	大径 ( <i>d=D</i> ) /mm	中径 ( <i>d<sub>2</sub>=D<sub>2</sub></i> ) /mm	小径 ( <i>d<sub>1</sub>=D<sub>1</sub></i> ) /mm						
1/4	13.157	12.301	11.445	1.337	0.856	0.184	19	9.7	6.0
3/8	16.662	15.806	14.950					10.1	6.4
1/2	20.955	19.793	18.631	1.814	1.162	0.249	14	13.2	8.2
3/4	26.441	25.279	24.117					14.5	9.5
1	33.249	31.770	30.291	2.309	1.479	0.317	11	16.8	10.4
1¼	41.910	40.431	28.952					19.1	12.7
1½	47.803	46.324	44.845					19.1	12.7
2	59.614	58.135	56.656					23.4	15.9
2½	75.184	73.705	72.226					26.7	17.5
3	87.884	86.405	84.926					29.8	20.6
4	113.030	111.551	110.072					35.8	25.4
5	138.430	136.951	135.472					40.1	28.6
6	163.830	162.351	160.872					40.1	28.6

附表 3 常用的螺纹公差带

螺纹种类	精度	外 螺 纹			内 螺 纹		
		S	N	L	S	N	L
普通螺纹 (GB/T 197)	中等	(5g6g) (5h6h)	*6g, *6e *6h, 6f	7g6g (7h6h)	*5H (5G)	*6H (6G)	*7H (7G)
	粗糙	—	8g, (8h)	—	—	7H, (7G)	—
梯形螺纹 (GB/T 5796.4)	中等	—	7h, 7e	8e	—	7H	8H
	粗糙	—	8e, 8c	8c	—	8H	9H

注:(1) 大量生产的精制紧固件螺纹,推荐采用带方框的公差带

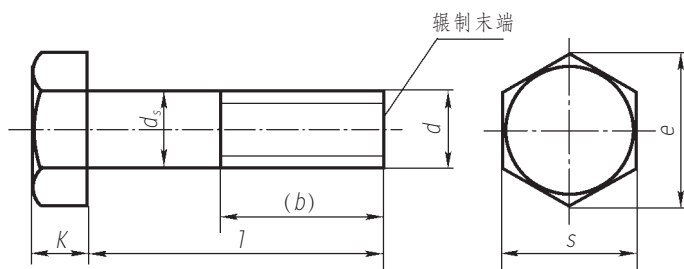
(2) 带\*的公差带优先选用,括号内的公差带尽可能不用

(3) 两种精度选用原则:中等——一般用途;粗糙——对精度要求不高时采用

## 二、常用的标准件

附表 4 六角头螺栓/mm

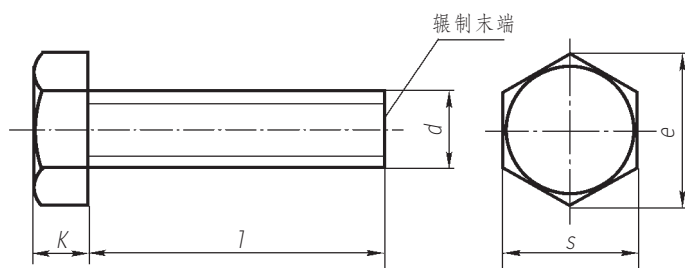
六角头螺栓 C级(摘自 GB/T 5780)



标记示例:

螺栓 GB/T 5780 M20×100 (螺纹规格  $d=M20$ 、公称长度  $l=100$ 、性能等级为 4.8 级、不经表面处理、杆身半螺纹、产品等级为 C 级的六角头螺栓)

六角头螺栓 全螺纹 C级(摘自 GB/T 5781)



标记示例:

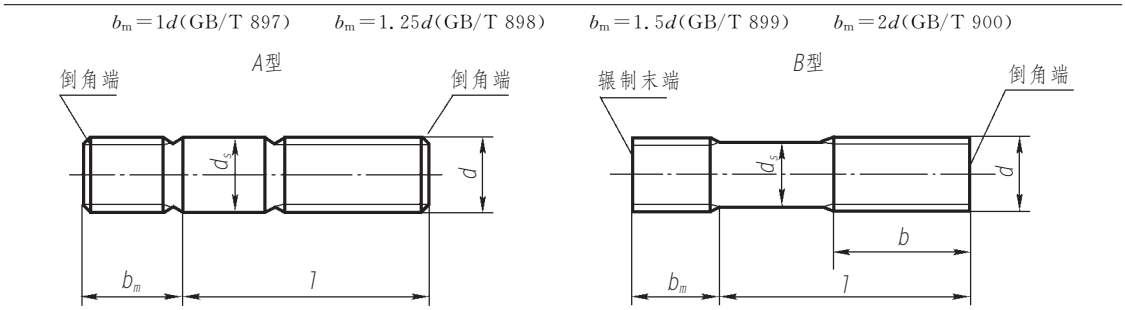
螺栓 GB/T 5781 M12×80 (螺纹规格  $d=M12$ 、公称长度  $l=80$ 、性能等级为 4.8 级、不经表面处理、全螺纹、产品等级为 C 级的六角头螺栓)

螺纹规格( $d$ )		M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
$b$ 参考	$l_{\text{公称}} \leq 125$	16	18	22	26	30	38	40	54	66	78	—	—
	$125 < l_{\text{公称}} \leq 200$	—	—	28	32	36	44	52	60	72	84	96	108
	$l_{\text{公称}} > 200$	—	—	—	—	—	57	65	73	85	97	109	121
$k$ 公称		3.5	4.0	5.3	6.4	7.5	10	12.5	15	18.7	22.5	26	30
$s_{\text{min}}$		8	10	13	16	18	24	30	36	46	55	65	75
$e_{\text{max}}$		8.63	10.9	14.2	17.6	19.9	26.2	33.0	39.6	50.9	60.8	72.0	82.6
$d_{\text{smax}}$		5.48	6.48	8.58	10.6	12.7	16.7	20.8	24.8	30.8	37.0	45.0	49.0
$l$ 范围	GB/T 5780	25~50	30~60	35~80	40~100	45~120	55~160	65~200	80~240	90~300	110~300	160~420	180~480
	GB/T 5781	10~40	12~50	16~65	20~80	25~100	35~100	40~100	50~100	60~100	70~100	80~420	90~480
$l_{\text{公称}}$		10、12、16、20~50(5 进位)、(55)、60、(65)、70~160(10 进位)、180、220~500(20 进位)											

注:(1) 括号内的规格尽可能不用。末端按 GB/T 2 规定

(2) 螺纹公差:8g(GB/T 5780);6g(GB/T 5781);机械性能等级:4.6 级、4.8 级;产品等级:C

附表 5 双头螺栓/mm(摘自 GB/T 897~900)



标记示例:

螺栓 GB/T 900 M10×50(两端均为粗牙普通螺纹、 $d=M10$ 、 $l=50$ 、性能等级为 4.8 级、不经表面处理、B 型、 $b_m=2d$  的双头螺栓)

螺栓 GB/T 900 AM10-10×1×50(旋入机体一端为粗牙普通螺纹、旋螺母端为螺距  $P=1$  的细牙普通螺纹、 $d=M10$ 、 $l=50$ 、性能等级为 4.8 级、不经表面处理、A 型、 $b_m=2d$  的双头螺栓)

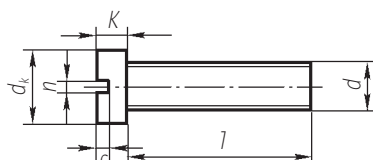
螺纹规格 (d)	$b_m$ (旋入机体端长度)				$\frac{l}{b}$ (螺栓长度 / 旋螺母端长度)
	GB/T 897	GB/T 898	GB/T 899	GB/T 900	
M4	—	—	6	8	$\frac{16 \sim 22}{8}$ $\frac{25 \sim 40}{14}$
M5	5	6	8	10	$\frac{16 \sim 22}{10}$ $\frac{25 \sim 50}{16}$
M6	6	8	10	12	$\frac{20 \sim 22}{10}$ $\frac{25 \sim 30}{14}$ $\frac{32 \sim 75}{18}$
M8	8	10	12	16	$\frac{20 \sim 22}{12}$ $\frac{25 \sim 30}{16}$ $\frac{32 \sim 90}{22}$
M10	10	12	15	20	$\frac{25 \sim 28}{14}$ $\frac{30 \sim 38}{16}$ $\frac{40 \sim 120}{26}$ $\frac{130}{32}$
M12	12	15	18	24	$\frac{25 \sim 30}{16}$ $\frac{32 \sim 40}{20}$ $\frac{45 \sim 120}{30}$ $\frac{130 \sim 180}{36}$
M16	16	20	24	32	$\frac{30 \sim 38}{20}$ $\frac{40 \sim 55}{30}$ $\frac{60 \sim 120}{38}$ $\frac{130 \sim 200}{44}$
M20	20	25	30	40	$\frac{35 \sim 40}{25}$ $\frac{45 \sim 65}{35}$ $\frac{70 \sim 120}{46}$ $\frac{130 \sim 200}{52}$
(M24)	24	30	36	48	$\frac{45 \sim 50}{30}$ $\frac{55 \sim 75}{45}$ $\frac{80 \sim 120}{54}$ $\frac{130 \sim 200}{60}$
(M30)	30	38	45	60	$\frac{60 \sim 65}{40}$ $\frac{70 \sim 90}{50}$ $\frac{95 \sim 120}{66}$ $\frac{130 \sim 200}{72}$ $\frac{210 \sim 250}{85}$
M36	36	45	54	72	$\frac{65 \sim 75}{45}$ $\frac{80 \sim 110}{60}$ $\frac{120}{78}$ $\frac{130 \sim 200}{84}$ $\frac{210 \sim 300}{97}$
M42	42	52	63	84	$\frac{70 \sim 80}{50}$ $\frac{85 \sim 110}{70}$ $\frac{120}{90}$ $\frac{130 \sim 200}{96}$ $\frac{210 \sim 300}{109}$
M48	48	60	72	96	$\frac{80 \sim 90}{60}$ $\frac{95 \sim 110}{80}$ $\frac{120}{102}$ $\frac{130 \sim 200}{108}$ $\frac{210 \sim 300}{121}$
$l_{公称}$	12、(14)、16、(18)、20、(22)、25、(28)、30、(32)、35、(38)、40、45、50、55、60、(65)、70、75、80、(85)、90、(95)、100~260(10 进位)、280、300				

注:(1) 尽可能不采用括号内的规格。末端按 GB/T 2 规定

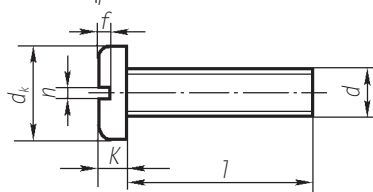
(2)  $b_m=1d$ , 一般用于钢对钢;  $b_m=(1.25 \sim 1.5)d$ , 一般用于钢对铸铁;  $b_m=2d$ , 一般用于钢对铝合金

附表 6 螺钉/mm(摘自 GB/T 65、67、68)

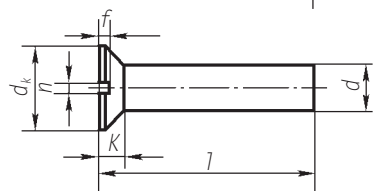
开槽圆柱头螺钉(GB/T 65)



开槽盘头螺钉(GB/T 67)



开槽沉头螺钉(GB/T 68)



标记示例:

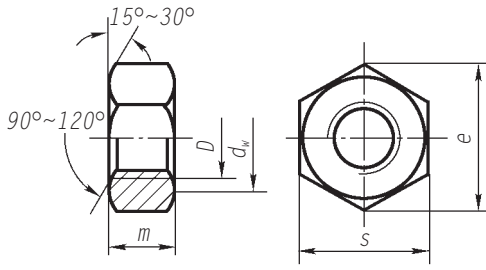
螺钉 GB/T 65 M5×20 (螺纹规格  $d=M5$ 、 $l=20$ 、性能等级为 4.8 级、不经表面处理的开槽圆柱头螺钉)

螺纹规格 $d$	M1.6	M2	M2.5	M3	(M3.5)	M4	M5	M6	M8	M10	
$n$ 公称	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.2	1.2	1.6	2	2.5	
GB/T 65	$d_{kmax}$	3	3.8	4.5	5.5	6	7	8.5	10	13	16
	$k_{max}$	1.1	1.4	1.8	2	2.4	2.6	3.3	3.9	5	6
	$t_{min}$	0.45	0.6	0.7	0.85	1	1.1	1.3	1.6	2	2.4
	$l$ 范围	2~16	3~20	3~25	4~30	5~35	5~40	6~50	8~60	10~80	12~80
GB/T 67	$d_{kmax}$	3.2	4	5	5.6	7	8	9.5	12	16	20
	$k_{max}$	1	1.3	1.5	1.8	2.1	2.4	3	3.6	4.8	6
	$t_{min}$	0.35	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.2	1.4	1.9	2.4
	$l$ 范围	2~16	2.5~20	3~25	4~30	5~35	5~40	6~50	8~60	10~80	12~80
GB/T 68	$d_{kmax}$	3	3.8	4.7	5.5	7.3	8.4	9.3	11.3	15.8	18.3
	$k_{max}$	1	1.2	1.5	1.65	2.35	2.7	2.7	3.3	4.65	5
	$t_{min}$	0.32	0.4	0.5	0.6	0.9	1	1.1	1.2	1.8	2
	$l$ 范围	2.5~16	3~20	4~25	5~30	6~35	6~40	8~50	8~60	10~80	12~80
$l$ 系列	2、2.5、3、4、5、6、8、10、12、(14)、16、20、25、30、35、40、45、50、(55)、60、(65)、70、(75)、80										

注:(1) 尽可能不采用括号内的规格

(2) 商品规格 M1.6~M10

附表 7 六角螺母 C 级/mm (摘自 GB/T 41)



标记示例:

螺母 GB/T 41 M12

(螺纹规格  $D=M12$ 、性能等级为 5 级、不经表面处理、产品等级为 C 的六角螺母)

螺纹规格 (D)	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56
$s_{max}$	8	10	13	16	18	24	30	36	46	55	65	75	95
$e_{min}$	8.63	10.9	14.2	17.6	19.9	26.2	33.0	39.6	50.9	60.8	72.0	82.6	104.86
$m_{max}$	5.6	6.1	7.9	9.5	12.2	15.9	18.7	22.3	26.4	31.5	34.9	38.9	45.9
$d_w$	6.9	8.7	11.5	14.5	16.5	22.0	27.7	33.2	42.7	51.1	60.6	69.4	88.2

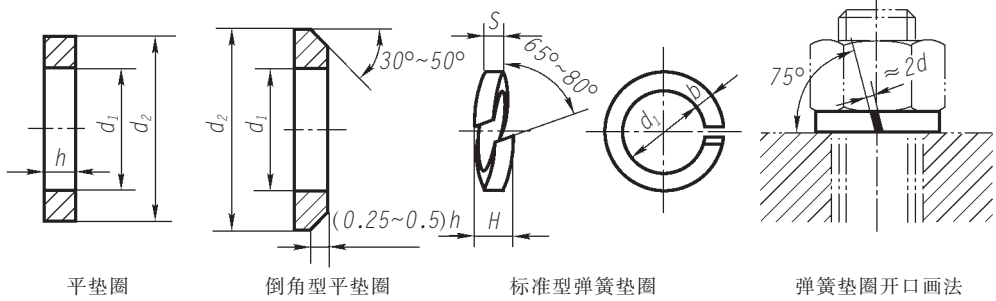
附表 8 垫圈/mm

平垫圈 A 级(摘自 GB/T 97.1)

平垫圈 C 级(摘自 GB/T 95)

平垫圈 倒角型 A 级(摘自 GB/T 97.2)

标准型弹簧垫圈(摘自 GB/T 93)



标记示例:

垫圈 GB/T 95 8-100HV (标准系列、规格 8、性能等级为 100HV 级、不经表面处理、产品等级为 C 级的平垫圈)

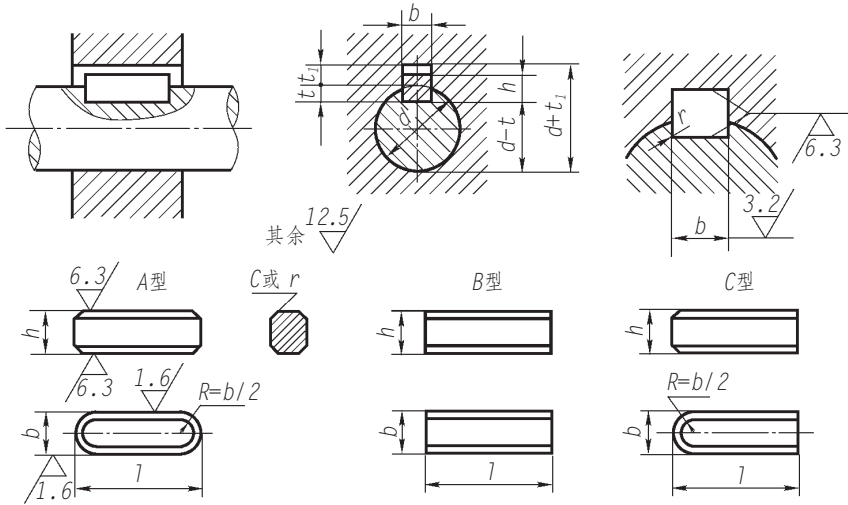
垫圈 GB/T 93 10 (规格 10、材料为 65Mn、表面氧化的标准型弹簧垫圈)

公称尺寸 $d$ (螺纹规格)		4	5	6	8	10	12	14	16	20	24	30	36	42	48
GB/T 97.1 (A 级)	$d_1$	4.3	5.3	6.4	8.4	10.5	13.0	15	17	21	25	31	37	—	—
	$d_2$	9	10	12	16	20	24	28	30	37	44	56	66	—	—
	$h$	0.8	1	1.6	1.6	2	2.5	2.5	3	3	4	4	5	—	—
GB/T 97.2 (A 级)	$d_1$	—	5.3	6.4	8.4	10.5	13	15	17	21	25	31	37	—	—
	$d_2$	—	10	12	16	20	24	28	30	37	44	56	66	—	—
	$h$	—	1	1.6	1.6	2	2.5	2.5	3	3	4	4	5	—	—
GB/T 95 (C 级)	$d_1$	—	5.5	6.6	9	11	13.5	15.5	17.5	22	26	33	39	45	52
	$d_2$	—	10	12	16	20	24	28	30	37	44	56	66	78	92
	$h$	—	1	1.6	1.6	2	2.5	2.5	3	3	4	4	5	8	8
GB/T 93	$d_1$	4.1	5.1	6.1	8.1	10.2	12.2	—	16.2	20.2	24.5	30.5	36.5	42.5	48.5
	$S=b$	1.1	1.3	1.6	2.1	2.6	3.1	—	4.1	5	6	7.5	9	10.5	12
	$H$	2.8	3.3	4	5.3	6.5	7.8	—	10.3	12.5	15	18.6	22.5	26.3	30

注:(1) A 级适用于精装配系列,C 级适用于中等装配系列

(2) C 级垫圈没有  $R_a 3.2$  和去毛刺的要求

附表 9 平键及键槽各部尺寸/mm (摘自 GB/T 1095、1096)



标记示例:

键 16×100 GB/T 1096 (圆头普通平键,  $b=16, h=10, L=100$ )

键 B16×100 GB/T 1096 (平头普通平键,  $b=16, h=10, L=100$ )

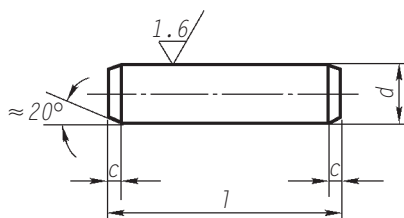
键 C16×100 GB/T 1096 (单圆头普通平键,  $b=16, h=10, L=100$ )

轴 公称直径 ( $d$ )	键 公称尺寸 ( $b \times h$ ) 长度 ( $L$ )		键 槽															
			宽 度 ( $b$ )					深 度				半 径 ( $r$ )						
			公称 尺寸 ( $b$ )	极 限 偏 差				轴 ( $t$ )		毂 ( $t_1$ )								
				较松键连接		一般键连接		较紧键连接		公称	偏差			公称	偏差			
轴 H9	毂 D10	轴 N9		毂 JS9	轴和毂 P9	最大	最小											
>10~12	4×4	8~45	4															
>12~17	5×5	10~56	5	+0.030	+0.078	0	±0.015	-0.012	2.5	+0.1	1.8	+0.1	0.08	0.16				
				0	+0.030	-0.030		-0.042	3.0	0	2.3	0						
>17~22	6×6	14×70	6						3.5		2.8		0.16	0.25				
>22~30	8×7	18~90	8	+0.036	+0.098	0	±0.018	-0.015	4.0		3.3							
>30~38	10×8	22~110	10	0	+0.040	-0.036		-0.051	5.0		3.3							
>38~44	12×8	28~140	12						5.0		3.3							
>44~50	14×9	36~160	14	+0.043	+0.120	0	±0.022	-0.018	5.5		3.8		0.16	0.25				
>50~58	16×10	45~180	16	0	+0.050	-0.043		-0.061	6.0	+0.2	4.3	+0.2						
>58~65	18×11	50~200	18						7.0	0	4.4	0						
>65~75	20×12	56~220	20						7.5		4.9							
>75~85	22×14	63~250	22	+0.052	+0.149	0	±0.026	-0.022	9.0		5.4		0.40	0.60				
>85~95	25×14	70~280	25	0	+0.065	-0.052		-0.074	9.0		5.4							
>95~110	28×16	80~320	28						10		6.4							
L系列	6~22(2 进位)、25、28、32、36、40、45、50、56、63、70、80、90、100、110、125、140、160、180、200、220、250、280、320、360、400、450、500																	

注:(1) ( $d-t$ )和( $d+t_1$ )两组组合尺寸的极限偏差按相应的  $t$  和  $t_1$  的极限偏差选取,但( $d-t$ )极限偏差应取负号(-)

(2) 键  $b$  的极限偏差为 h9, 键  $h$  的极限偏差为 h11, 键长  $L$  的极限偏差为 h14

附表 10 圆柱销 不淬硬钢和奥氏体不锈钢/mm (摘自 GB/T 119.1)



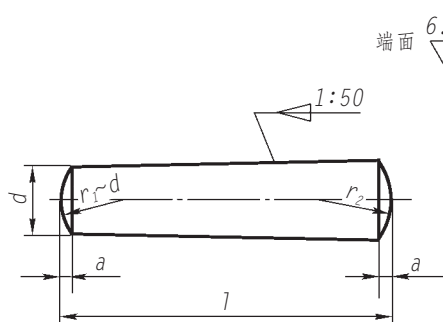
标记示例:

销 GB/T 119.1 10 m6×90(公称直径  $d=100$ 、公差为 m6、公称长度  $l=90$ 、材料为钢、不经表面处理的圆柱销)

销 GB/T 119.1 10 m6×90-A1(公称直径  $d=10$ 、公差为 m6、公称长度  $l=90$ 、材料为 A1 组奥氏体不锈钢、表面简单处理的圆柱销)

$d$ 公称	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
$c \approx$	0.35	0.4	0.5	0.63	0.8	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
$l$ 范围	6~20	6~24	8~30	8~40	10~50	12~60	14~80	18~95	22~140	26~180	35~200	50~200
$l$ 公称	2,3,4,5,6~32(2 进位)、35~100(5 进位)、120~200(20 进位)(公称长度大于 200,按 20 递增)											

附表 11 圆锥销/mm (摘自 GB/T 117)



A 型(磨销): 锥面表面粗糙度  $R_a=0.8\mu\text{m}$

B 型(切削或冷镦): 锥面表面粗糙度  $R_a=3.2\mu\text{m}$

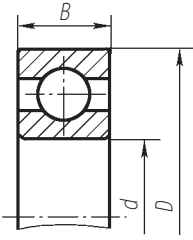
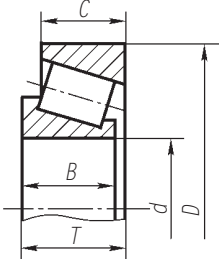
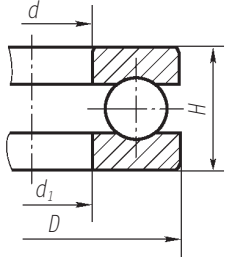
$$r_2 \approx \frac{a}{2} + d + \frac{(0.021)^2}{8a}$$

标记示例:

销 GB/T 117 6×30 (公称直径  $d=6$ 、公称长度  $l=30$ 、材料为 35 钢、热处理硬度 28~38HRC、表面氧化处理的 A 型圆锥销)

$d$ 公称	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
$a \approx$	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0
$l$ 范围	10~35	10~35	12~45	14~55	18~60	22~90	22~120	26~160	32~180	40~200	45~200	50~200
$l$ 公称	2,3,4,5,6~32(2 进位)、35~100(5 进位)、120~200(20 进位)(公称长度大于 200,按 20 递增)											

附表 12 滚动轴承

深沟球轴承 (摘自 GB/T 276)				圆锥滚子轴承 (摘自 GB/T 297)					单向推力球轴承 (摘自 GB/T 301)					
														
标记示例: 滚动轴承 6310 GB/T 276				标记示例: 滚动轴承 30212 GB/T 297					标记示例: 滚动轴承 51305 GB/T 301					
轴承 型号	尺寸/mm			轴承 型号	尺寸/mm					轴承 型号	尺寸/mm			
	d	D	B		d	D	B	C	T		d	D	T	d <sub>1</sub>
尺寸系列[(0)2]				尺寸系列[02]					尺寸系列[12]					
6202	15	35	11	30203	17	40	12	11	13.25	51202	15	32	12	17
6203	17	40	12	30204	20	47	14	12	15.25	51203	17	35	12	19
6204	20	47	14	30205	25	52	15	13	16.25	51204	20	40	14	22
6205	25	52	15	30206	30	62	16	14	17.26	51205	25	47	15	27
6206	30	62	17	30207	36	72	17	15	18.26	51206	30	52	16	32
6207	35	72	17	30208	40	80	18	16	19.75	51207	35	62	18	37
6208	40	80	18	30209	45	85	19	16	20.75	51208	40	68	19	42
6209	45	85	19	30210	50	90	20	17	21.75	51209	45	73	20	47
6210	50	90	20	30211	55	100	21	18	22.75	51210	50	78	22	52
6211	55	100	21	30212	60	110	22	19	23.75	51211	55	90	25	57
6212	60	110	22	30213	65	120	23	20	24.75	51212	60	95	26	62
尺寸系列[(0)3]				尺寸系列[03]					尺寸系列[13]					
6302	15	42	13	30302	15	42	13	11	14.25	51304	20	47	18	22
6303	17	47	14	30303	17	47	14	12	15.25	51305	25	52	18	27
6304	20	52	15	30304	20	52	15	13	16.25	51306	30	60	21	32
6305	25	62	17	30305	25	62	17	15	18.25	51307	35	68	24	37
6306	30	72	19	30306	30	72	19	16	20.75	51308	40	78	26	42
6307	35	80	21	30307	35	80	21	18	22.75	51309	45	85	28	47
6308	40	90	23	30308	40	90	23	20	25.25	51310	50	95	31	52
6309	45	100	25	30309	45	100	25	22	27.25	51311	55	105	35	57
6310	50	110	27	30310	50	110	27	23	29.25	51312	60	110	35	62
6311	55	120	29	30311	55	120	29	25	31.50	51313	65	115	36	67
6312	60	130	31	30312	60	130	31	26	33.50	51314	70	125	40	72
尺寸系列[(0)4]				尺寸系列[04]					尺寸系列[14]					
6403	17	62	17	31305	25	62	17	13	18.25	51405	25	60	24	27
6404	20	72	19	31306	30	72	19	14	20.75	51406	30	70	28	32
6405	25	80	21	31307	35	80	21	15	22.75	51407	35	80	32	37
6406	30	90	23	31308	40	90	23	17	25.25	51408	40	90	36	42
6407	35	100	25	31309	45	100	25	18	27.25	51409	45	100	39	47
6408	40	110	27	31310	50	110	27	19	29.25	51410	50	110	43	52
6409	45	120	29	31311	55	120	29	21	31.50	51411	55	120	48	57
6410	50	130	31	31312	60	130	31	22	33.50	51412	60	130	51	62
6411	55	140	33	31313	65	140	33	23	36.00	51413	65	140	56	68
6412	60	150	35	31314	70	150	35	25	38.00	51414	70	150	60	73
6413	65	160	37	31315	75	160	37	26	40.00	51415	75	160	65	78

注:圆括号中的尺寸系列代号在轴承型号中省略



### 三、极限与配合

附表 13 标准公差数值(摘自 GB/T 1800.3)

基本尺寸 (mm)		标准公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	( $\mu\text{m}$ )									(mm)								
		—	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.45	0.75	1.2	1.8
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.6	4.6	7.2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	1.25
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

注:(1) 基本尺寸大于 500 的 IT1~IT5 的标准公差数值为试行的

(2) 基本尺寸小于或等于 1 时,无 IT14~IT18

附表 14 轴的基本偏差

基本尺寸 (mm)		基 本 偏															
		上 偏 差 es											IT5 和 IT6	IT7	IT8		
		所有标准公差等级															
大于	至	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			
—	3	-270	-140	-60	—	-50	-32	—	-16	—	-6	0	偏差 = ±(IT <sub>n</sub> )/2, 式中 IT <sub>n</sub> 是 IT 数值	-2	-4	-6	
3	6	-270	-140	-70										-2	-4	—	
6	10	-280	-150	-80	—	-65	-40	—	-20	—	-7	0		-2	-5	—	
10	14	-290	-150	-95										-3	-6	—	
14	18				—	-80	-50	—	-25	—	-9	0		-4	-8	—	
18	24	-300	-160	-110										—	-100	-60	—
24	30				—	-120	—	-120	-72	—	-36	—					
30	40	-310	-170	-120										—	-145	-85	—
40	50				-320	-180	-130	—	-170	-100	—	-50					
50	65	-340	-190	-140										—	-200	-230	—
65	80				-360	-200	-150	—	-240	—	-190	-110					
80	100	-380	-220	-170										—	-170	-100	—
100	120				-410	-240	-180	—	-170	-100	—	-50					
120	140	-460	-260	-200										—	-170	-100	—
140	160				-520	-280	-210	—	-170	-100	—	-50					
160	180	-580	-310	-230										—	-170	-100	—
180	200				-660	-340	-240	—	-190	-110	—	-56					
200	225	-740	-380	-260										—	-190	-110	—
225	250				-820	-420	-280	—	-190	-110	—	-56					
250	280	-920	-480	-300										—	-210	-125	—
280	315				-1050	-540	-330	—	-210	-125	—	-62	—				
315	355	-1200	-600	-360										—	-210	-125	—
355	400				-1350	-680	-400	—	-230	-135	—	-68	—				
400	450	-1500	-760	-440										—	-230	-135	—
450	500				-1650	-840	-480	—	-230	-135	—	-68	—				

注：(1) 基本尺寸小于或等于 1 时，基本偏差 a 和 b 均不采用

(2) 公差带 js7~js11，若 IT<sub>n</sub> 值是奇数，则取偏差 = ±(IT<sub>n</sub>-1)/2

数值/ $\mu\text{m}$  (摘自 GB/T 1800.3)

差 数 值															
下 偏 差 es															
IT4 ~ IT7	$\leq$ IT3 $>$ IT7	所 有 标 准 公 差 等 级													
		k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb
0	0	+2	+4	+6	+10	+14	—	+18	—	+20	—	+26	+32	+40	+60
+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	—	+23	—	+28	—	+35	+42	+50	+80
+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	—	+28	—	+34	—	+42	+52	+67	+97
+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	—	+33	—	+40	—	+50	+64	+90	+130
									+39	+45	—	+60	+77	+108	+150
+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	—	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
							+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
							+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
					+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
					+54	+79	+104	144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
					+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
					+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
					+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
					+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
					+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
					+114	+208	+294	+435	+532	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
					+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

附表 15 孔的基本偏差数

基本尺寸 (mm)		下 偏 差 EI											基 本 偏							
		所 有 标 准 公 差 等 级											IT6	IT7	IT8	≤IT8	>IT8	≤IT8	>IT8	
		大于	至	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J		K		M
—	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	偏差 = ±(IT <sub>n</sub> )/2, 式中 IT <sub>n</sub> 是 IT 数值	+2	+4	+6	0	0	-2	-2
	3	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1+	—	-4+	-4
	6	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+	—	-6+	-6
	10	+290	+150	+95	—	+50	+32	—	+16	—	+6	0		+6	+10	+15	-1+	—	-7+	-7
	14													18	-1+	—	-7+	-7		
	18	+300	+160	+110	—	+65	+40	—	+20	—	+7	0		+8	+12	+20	-2+	—	-8+	-8
	24													30	-2+	—	-8+	-8		
	30	+310	+170	+120	—	+80	+50	—	+25	—	+9	0		+10	+14	+24	-2+	—	-9+	-9
	40	+320	+180	+130										-2+	—	-9+	-9			
	50	+340	+190	+140	—	+100	+60	—	+30	—	+10	0		+13	+18	+28	-2+	—	-11+	-11
	65	+360	+200	+150										-2+	—	-11+	-11			
	80	+380	+220	+170	—	+120	+72	—	+36	—	+12	0		+16	+22	+34	-3+	—	-13+	-13
	100	+410	+240	+180										-3+	—	-13+	-13			
	120	+460	+260	+200	—	+145	+85	—	+43	—	+14	0		+18	+26	+41	-3+	—	-15+	-15
	140	+520	+280	+210										-3+	—	-15+	-15			
	160	+580	+310	+230	—	170	+100	—	+50	—	+15	0		+22	+30	+47	-4+	—	-17+	-17
	200	+740	+380	+260										-4+	—	-17+	-17			
	225	+820	+420	+280	—	+190	+110	—	+56	—	+17	0		+25	+36	+55	-4+	—	-20+	-20
	250	+920	+480	+300										-4+	—	-20+	-20			
	280	+1050	+540	+330	—	+210	+125	—	+62	—	+18	0		+29	+39	+60	-4+	—	-21+	-21
	315	+1200	+600	+360									-4+	—	-21+	-21				
	355	+1350	+680	+400	—	+230	+135	—	+68	—	+20	0	+33	+43	+66	-5+	—	-23+	-23	
	400	+1500	+760	+440									-5+	—	-23+	-23				
	450	+1650	+840	+480																

注:(1) 基本尺寸小于或等于 1 时,基本偏差 A 和 B 及大于 IT8 的 N 均不采用

(2) 公差带 JS11,若 IT<sub>n</sub> 数值是奇数,则取偏差 = ±(IT<sub>n</sub>-1)/2

(3) 对小于或等于 IT8 的 K、M、N 和小于或等于 IT7 的 P 到 ZC,所需 Δ 值从表内右侧选取。例如,18~30 段的

(4) 特殊情况:250~315 段的 M6,ES = -9μm(代替 -11μm)

值/ $\mu\text{m}$  (摘自 GB/T 1800.3)

差数值														$\Delta$ 值												
上偏差 ES																										
$\leq \text{IT8}$	$> \text{IT8}$	$\leq \text{IT7}$	标准公差等级大于 IT7											标准公差等级												
N		P至ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8						
-4	-4	在大于 IT7 的相应数值上增加一个 $\Delta$ 值	-6	-10	-14	—	-18	—	-20	—	-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0						
-8+ $\Delta$	0		-12	-15	-19	—	-23	—	-28	—	-35	-42	-50	-80	1	1.5	2	3	6	7						
-10+ $\Delta$	0		-15	-19	-23	—	-28	—	-34	—	-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7						
-12+ $\Delta$	0		-18	-23	-28	—	-33	—	-40	—	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9						
-15+ $\Delta$	0		-22	-28	-35	—	-41	—	-54	—	-73	-98	-136	-188	1.5	2	3	4	8	12						
-17+ $\Delta$	0		-26	-35	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1.5	3	4	5	9	14						
-20+ $\Delta$	0		-32	-43	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16						
-23+ $\Delta$	0		-37	-59	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19						
-27+ $\Delta$	0		-43	-79	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23						
-31+ $\Delta$	0	-50	-122	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-620	-670	-880	-1150	3	4	6	9	17	26							
-34+ $\Delta$	0	-56	-158	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29							
-37+ $\Delta$	0	-62	-190	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32							
-40+ $\Delta$	0	-68	-232	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34							

K7:  $\Delta=8\mu\text{m}$ , 所以  $ES=-2+8\Delta=+6(\mu\text{m})$ ; 至 30 段的 S6:  $\Delta=4\mu\text{m}$ , 所以  $ES=-35+4=-31(\mu\text{m})$

附表 16 优先及常用配合轴的极限

代号		a	b	c	d	e	f	g	h					
基本尺寸 (mm)		公差												
大于	至	11	11	*11	*9	8	*7	*6	5	*6	*7	8	*9	10
—	3	-270	-140	-60	-20	-14	-6	-2	0	0	0	0	0	0
		-330	-200	-120	-45	-28	-16	-8	-4	-6	-10	-14	-25	-40
3	6	-270	-140	-70	-30	-20	-10	-4	0	0	0	0	0	0
		-345	-215	-145	-60	-38	-22	-12	-5	-8	-12	-18	-30	-48
6	10	-280	-150	-80	-40	-25	-13	-5	0	0	0	0	0	0
		-338	-240	-170	-76	-47	-28	-14	-6	-9	-15	-22	-36	-58
10	14	-290	-150	-95	-50	-32	-16	-6	0	0	0	0	0	0
		-400	-260	-205	-93	-59	-34	-17	-8	-11	-18	-27	-43	-70
14	18	-290	-150	-95	-50	-32	-16	-6	0	0	0	0	0	0
		-400	-260	-205	-93	-59	-34	-17	-8	-11	-18	-27	-43	-70
18	24	-300	-160	-110	-65	-40	-20	-7	0	0	0	0	0	0
		-430	-290	-240	-117	-73	-41	-20	-9	-13	-21	-33	-52	-84
24	30	-300	-160	-110	-65	-40	-20	-7	0	0	0	0	0	0
		-430	-290	-240	-117	-73	-41	-20	-9	-13	-21	-33	-52	-84
30	40	-310	-170	-120	-80	-50	-25	-9	0	0	0	0	0	0
		-470	-330	-280	-142	-89	-50	-25	-11	-16	-25	-39	-62	-100
40	50	-320	-180	-130	-80	-50	-25	-9	0	0	0	0	0	0
		-480	-340	-290	-142	-89	-50	-25	-11	-16	-25	-39	-62	-100
50	65	-340	-190	-140	-100	-60	-30	-10	0	0	0	0	0	0
		-530	-380	-330	-174	-106	-60	-29	-13	-19	-30	-46	-74	-120
65	80	-360	-200	-150	-120	-70	-36	-12	0	0	0	0	0	0
		-550	-390	-340	-207	-126	-71	-34	-15	-22	-35	-54	-87	-140
80	100	-380	-220	-170	-120	-72	-36	-12	0	0	0	0	0	0
		-600	-440	-390	-207	-126	-71	-34	-15	-22	-35	-54	-87	-140
100	120	-410	-240	-180	-120	-72	-36	-12	0	0	0	0	0	0
		-630	-460	-400	-207	-126	-71	-34	-15	-22	-35	-54	-87	-140
120	140	-460	-260	-200	-145	-85	-43	-14	0	0	0	0	0	0
		-710	-510	-450	-245	-148	-83	-39	-18	-25	-40	-63	-100	-160
140	160	-520	-280	-210	-145	-85	-43	-14	0	0	0	0	0	0
		-770	-530	-460	-245	-148	-83	-39	-18	-25	-40	-63	-100	-160
160	180	-580	-310	-230	-170	-100	-50	-15	0	0	0	0	0	0
		-830	-560	-480	-285	-172	-96	-44	-20	-29	-46	-72	-115	-185
180	200	-660	-340	-240	-170	-100	-50	-15	0	0	0	0	0	0
		-950	-630	-530	-285	-172	-96	-44	-20	-29	-46	-72	-115	-185
200	225	-740	-380	-260	-190	-110	-56	-17	0	0	0	0	0	0
		-1030	-670	-550	-320	-191	-108	-49	-23	-32	-52	-81	-130	-210
225	250	-820	-420	-280	-190	-110	-56	-17	0	0	0	0	0	0
		-1110	-710	-570	-320	-191	-108	-49	-23	-32	-52	-81	-130	-210
250	280	-920	-480	-300	-190	-110	-56	-17	0	0	0	0	0	0
		-1240	-800	-620	-320	-191	-108	-49	-23	-32	-52	-81	-130	-210
280	315	-1050	-540	-330	-190	-110	-56	-17	0	0	0	0	0	0
		-1370	-860	-650	-320	-191	-108	-49	-23	-32	-52	-81	-130	-210
315	355	-1200	-600	-360	-210	-125	-62	-18	0	0	0	0	0	0
		-1560	-960	-720	-350	-214	-119	-54	-25	-36	-57	-89	-140	-230
355	400	-1350	-680	-400	-210	-125	-62	-18	0	0	0	0	0	0
		-1710	-1040	-760	-350	-214	-119	-54	-25	-36	-57	-89	-140	-230
400	450	-1500	-760	-440	-230	-135	-68	-20	0	0	0	0	0	0
		-1900	-1160	-840	-230	-135	-68	-20	0	0	0	0	0	0
450	500	-1650	-840	-480	-385	-232	-131	-60	0	0	0	0	0	0
		-2050	-1240	-880	-385	-232	-131	-60	-27	-40	-63	-97	-155	-250

注：带 \* 者为优先选用，其他为常用的

偏差表/ $\mu\text{m}$  (摘自 GB/T 1800.3、1801)

	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
等 级													
* 11	12	6	* 6	6	* 6	* 6	6	* 6	6	* 6	6	6	6
0 -60	0 -100	$\pm 3$	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—	+24 +18	—	+26 +20	— +32 +26
0 -75	0 -120	$\pm 4$	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—	+31 +23	—	+36 +28	— +43 +35
0 -90	0 -150	$\pm 4.5$	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—	+37 +28	—	+43 +34	— +51 +42
0 -110	0 -180	$\pm 5.5$	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	— —	+44 +33	— +50 +39	+51 +40 +56 +45	— — +61 +50 +71 +60
0 -130	0 -210	$\pm 6.5$	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	— +54 +41	+54 +41	+60 +47	+67 +54	+76 +63 +88 +75 +101 +88
0 -160	0 -250	$\pm 8$	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48 +70 +54	+76 +60 +86 +70	+84 +68 +97 +81	+96 +80 +113 +97	+110 +94 +130 +114 +152 +136
0 -190	0 -300	$\pm 9.5$	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41 +62 +43	+72 +53 +78 +59	+85 +66 +94 +75	+106 +87 +121 +102	+121 +102	+141 +122	+163 +144 +193 +174 +229 +210
0 -220	0 -350	$\pm 11$	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51 +76 +54	+93 +71 +101 +79	+113 +91 +126 +104	+146 +124 +166 +144	146	+200 +178	+236 +214 +276 +254 +332 +310
0 -250	0 -400	$\pm 12.5$	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+88 +63 +90 +65 +93 +68	+117 +92 +125 +100 +133 +108	+147 +122 +159 +134 +171 +146	+195 +170 +215 +190 +235 +210	+227 +202	+273 +248 +305 +280 +335 +310	+325 +300 +365 +340 +405 +380 +490 +465
0 -290	0 -460	$\pm 14.5$	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106 +77 +109 +80 +113 +84	+151 +122 +159 +130 +169 +140	+195 +166 +209 +180 +225 +196	+265 +236 +287 +258 +313 +284	+313 +284 +339 +310 +369 +340	+379 +350 +414 +385 +454 +425	+454 +425 +499 +470 +549 +520 +604 +575 +669 +640
0 -320	0 -520	$\pm 16$	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94 +130 +98	+190 158 +202 170	+250 +218 +272 +240	+347 +315 +382 +350	+417 +385 +457 +425	+507 +475 +557 +525	+612 +580 +682 +650 +742 +710 +822 +790
0 -360	0 -570	$\pm 18$	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108 +150 +114	+226 +190 +244 +208	+304 +268 +330 +294	+426 +390 +471 +435	+511 +475 +566 +530	+626 +590 +696 +660	+766 +730 +856 +820 +936 +900 +1036 +1000
0 -400	0 -630	$\pm 20$	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126 +172 +132	+272 +232 +292 +252	+370 +330 +400 +360	+530 +490 +580 +540	+635 +595 +700 +660	+780 +740 +860 +820	+960 +920 +1040 +1000 +1140 +1100 +1290 +1250

附表 17 优先及常用配合孔的极限

代号		A	B	C	D	E	F	G	H					
基本尺寸(mm)		公差												
大于	至	11	11	* 11	* 9	8	* 8	* 7	6	* 7	* 8	* 9	10	* 11
—	3	+330 +270	+200 +140	+120 +60	+45 +20	+28 +14	+20 +6	+12 +2	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0
3	6	+345 +270	+215 +140	+145 +70	+60 +30	+38 +20	+28 +10	+16 +4	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0
6	10	+370 +280	+240 +150	+170 +80	+76 +40	+47 +25	+35 +13	+20 +5	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0
10	14	+400	+260	+205	+93	+59	+43	+24	+11	+18	+27	+43	+70	+110
14	18	+290	+150	+95	+50	+32	+16	+6	0	0	0	0	0	0
18	24	+430	+290	+240	+117	+73	+53	+28	+13	+21	+33	+52	+84	+130
24	30	+300	+160	+110	+65	+40	+20	+7	0	0	0	0	0	0
30	40	+470 +310	+330 +170	+280 +120	+142	+89	+64	+34	+16	+25	+39	+62	+100	+160
40	50	+480 +320	+340 +180	+290 +130	+80	+50	+25	+9	0	0	0	0	0	0
50	65	+530 +340	+380 +190	+330 +140	+174	+106	+76	+40	+19	+30	+46	+74	+120	+190
65	80	+550 +360	+390 +200	+340 +150	+100	+60	+30	+10	0	0	0	0	0	0
80	100	+600 +380	+440 +220	+390 +170	+207	+126	+90	+47	+22	+35	+54	+87	+140	+220
100	120	+630 +410	+460 +240	+400 +180	+120	+72	+36	+12	0	0	0	0	0	0
120	140	+710 +460	+510 +260	+450 +200										
140	160	+770 +520	+530 +280	+460 +210	+245 +145	+148 +85	+106 +43	+54 +14	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0
160	180	+830 +580	+560 +310	+480 +230										
180	200	+950 +660	+630 +340	+530 +240										
200	225	+1030 +740	+670 +380	+550 +260	+285 +170	+172 +100	+122 +50	+61 +15	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	290 0
225	250	+1110 +820	+710 +420	+570 +280										
250	280	+1240 +920	+800 +480	+620 +300	+320	+191	+137	+69	+32	+52	+81	+130	+210	+320
280	315	+1370 +1050	+860 +540	+650 +330	+190	+110	+56	+17	0	0	0	0	0	0
315	355	+1560 +1200	+960 +600	+720 +360	+350	+214	+151	+75	+36	+57	+89	+140	+230	+360
355	400	+1710 +1350	+1040 +680	+760 +400	+210	+125	+62	+18	0	0	0	0	0	0
400	450	+1900 +1500	+1160 +760	+840 +440	+385 +230	+232 +135	+165 +68	+83 +20	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0
450	500	+2050 +1650	+1240 +840	+880 +480										

注:带 \* 者为优先选用的,其他为常用的



偏差表/ $\mu\text{m}$  (摘自 GB/T 1800.3、1801)

	JS		K			M	N		P		R	S	T	U
等 级														
12	6	7	6	* 7	8	7	6	7	6	* 7	7	* 7	7	* 7
+100 0	$\pm 3$	$\pm 5$	0 -6	0 -10	0 -14	-2 -12	-4 -10	-4 -14	-6 -12	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—	-18 -28
+120 0	$\pm 4$	$\pm 6$	+2 -6	+3 -9	+5 +13	0 -12	-5 -13	-4 -16	-9 -17	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—	-19 -31
+150 0	$\pm 4.5$	$\pm 7$	+2 -7	+5 -10	+6 -16	0 -15	-7 -16	-4 -19	-12 -21	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—	-22 -37
+180 0	$\pm 5.5$	$\pm 9$	+2 -9	+6 -12	+8 -19	0 -18	-9 -20	-5 -23	-15 -26	-11 -29	-16 -34	-21 -39	—	-26 -44
+210 0	$\pm 6.5$	$\pm 10$	+2 -11	+6 -15	+10 -23	0 -21	-11 -24	-7 -28	-18 -31	-14 -35	-20 -41	-27 -48	—	-33 -54
+250 0	$\pm 8$	$\pm 12$	+3 -13	+7 -18	+12 -27	0 -25	-12 -28	-8 -33	-21 -37	-17 -42	-25 -50	-34 -59	—	-39 -76
+300 0	$\pm 9.5$	$\pm 15$	+4 -15	+9 -21	+14 -32	0 -30	-14 -33	-9 -39	-26 -45	-21 -51	-30 -60	-42 -72	—	-55 -106
+350 0	$\pm 11$	$\pm 17$	+4 -18	+10 -25	+16 -38	0 -35	-16 -38	-10 -45	-30 -52	-24 -59	-38 -73	-58 -93	—	-78 -146
+400 0	$\pm 12.5$	$\pm 20$	+4 -21	+12 -28	+20 -43	0 -40	-20 -45	-12 -52	-36 -61	-28 -68	-48 -88	-77 -117	—	-107 -195
+460 0	$\pm 14.5$	$\pm 23$	+5 -24	+13 -33	+22 -50	0 -46	-22 -51	-14 -60	-41 -70	-33 -79	-60 -106	-105 -151	—	-219 -265
+520 0	$\pm 16$	$\pm 26$	+5 -27	+16 -36	+25 -56	0 -52	-25 -57	-14 -66	-47 -79	-36 -88	-74 -126	-138 -190	—	-295 -347
+570 0	$\pm 18$	$\pm 28$	+7 -29	+17 -40	+28 -61	0 -57	-26 -62	-16 -73	-51 -87	-41 -98	-87 -144	-169 -226	—	-369 -426
+630 0	$\pm 20$	$\pm 31$	+8 -32	+18 -45	+29 -68	0 -63	-27 -67	-17 -80	-55 -95	-45 -108	-103 -166	-209 272	—	-467 -530

## 四、常用材料及热处理名词解释

附表 18 常用钢材 (摘自 GB/T 700、GB/T 699、GB/T 3077、GB/T 11352、GB/T 5676)

名称	钢号	主要用途	说明	
碳素结构钢	Q215 - A	受力不大的铆钉、螺钉、轮轴、凸轮、焊件、渗碳件	Q 表示屈服点, 数字表示屈服点数值, A、B 等表示质量等级	
	Q235 - A	螺栓、螺母、拉杆、钩、连杆、楔、轴、焊件		
	Q235 - B	金属构造物中一般机件、拉杆、轴、焊件		
	Q255 - A Q275	重要的螺钉、拉杆、钩、楔、连杆、轴、销、齿轮键、牙嵌离合器、链板、闸带、受大静载荷的齿轮轴		
优质碳素结构钢	08F	要求可塑性好的零件: 管子、垫片、渗碳件、氰化件	(1) 数字表示钢中平均含碳量的万分数, 例如 45 表示平均含碳量为 0.45% (2) 序号表示抗拉强度、硬度依次增加, 延伸率依次降低	
	15	渗碳件、紧固件、冲模锻件、化工容器		
	20	杠杆、轴套、钩、螺钉、渗碳件与氰化件		
	25	轴、辘子、连接器, 紧固件中的螺栓、螺母		
	30	曲轴、转轴、轴销、连杆、横梁、星轮		
	35	曲轴、摇杆、拉杆、键、销、螺栓、转轴		
	40	齿轮、齿条、链轮、凸轮、轧辊、曲柄轴		
	45	齿轮、轴、联轴器、衬套、活塞销、链轮		
	50	活塞杆、齿轮、不重要的弹簧		
	55	齿轮、连杆、扁弹簧、轧辊、偏心轮、轮圈、轮缘		
60	叶片、弹簧			
	30Mn	螺栓、杠杆、制动板	含锰量 0.7%~1.2% 的优质碳素钢	
	40Mn	用于承受疲劳载荷零件: 轴、曲轴、万向联轴器		
	50Mn	用于高负荷下耐磨的热处理零件: 齿轮、凸轮、摩擦片		
	60Mn	弹簧、发条		
合金结构钢	铬钢	15Cr	渗碳齿轮、凸轮、活塞销、离合器	(1) 合金结构钢前面两位数字表示钢中含碳量的万分数 (2) 合金元素以化学符号表示 (3) 合金元素含量小于 1.5% 时, 仅注出元素符号
		20Cr	较重要的渗碳件	
		30Cr	重要的调质零件: 轮轴、齿轮、摇杆、重要的螺栓、滚子	
		40Cr	较重要的调质零件: 齿轮、进气阀、辘子、轴	
		45Cr	强度及耐磨性高的轴、齿轮、螺栓	
	铬锰钛钢	20CrMnTi	汽车上的重要渗碳件: 齿轮	
30CrMnTi		汽车、拖拉机上强度高、特高的渗碳齿轮		
铸钢	ZG230 - 450	机座、箱体、支架	ZG 表示铸钢, 数字表示屈服点及抗拉强度 (MPa)	
	ZG310 - 570	齿轮、飞轮、机架		

附表 19 常用铸铁 (摘自 GB/T 9439、GB/T 1348、GB/T 9400)

名称	牌号	硬度 (HB)	主要用途	说明
灰铸铁	HT100	114~173	机床中受轻负荷, 磨损无关紧要的铸件, 如托盘、把手、手轮等	HT 是灰铸铁代号, 其后数字表示抗拉强度 (MPa)
	HT150	132~197	承受中等弯曲应力, 摩擦面间压强高于 500MPa 的铸件, 如机床底座、工作台、汽车变速箱、泵体、阀体、阀盖等	
	HT200	151~229	承受较大弯曲应力, 要求保持气密性的铸件, 如机床立柱、刀架、齿轮箱体、床身、油缸、泵体、阀体、皮带轮、轴承盖和架等	
	HT250	180~269	承受较大弯曲应力, 要求体质气密性的铸件, 如汽缸套、齿轮、机床床身、立柱、齿轮箱体、油缸、泵体、阀体等	
	HT300	207~313	承受高弯曲应力, 拉应力、要求高度气密性的铸件, 如高压油缸、泵体、阀体、汽轮机隔板等	
	HT350	238~357	轧钢滑板、辘子、炼焦柱塞等	

续表

名称	牌 号	硬度(HB)	主 要 用 途	说 明
球 墨 铸 铁	QT400-15	130~180	韧性高,低温性能好,且有一定的耐蚀性,用于制作汽车、拖拉机中的轮毂、壳体、离合器拨叉等	QT 为球墨铸铁代号,其后第一组数字表示抗拉强度(MPa),第二组数字表示延伸率(%)
	QT500-7	170~230	具有中等强度和韧性,用于制作内燃机中油泵齿轮、汽轮机的中温汽缸隔板、水轮机阀门体等	
	QT450-10	160~210		
	QT600-3	190~270		
可 锻 铸 铁	KTH300-06 KTH350-10 KTZ450-06 KTB400-05	≤150 ≤150 150~200 ≤220	用于承受冲击、振动等零件,如汽车零件、机床附件、各种管接头、低压阀门、曲轴和连杆等	KTH、KTZ、KTB 分别为黑心、球光体、白心可锻铸代号,其后第一组数字表示抗拉强度(MPa),第二组数字表示延伸率(%)

附表 20 常用有色金属及其合金 (摘自 GB/T 1176、GB/T 3190)

名称或代号	牌 号	主 要 用 途	说 明
普通黄铜	H62	散热器、垫圈、弹簧、各种网、螺钉及其他零件	H 表示黄铜,字母后的数字表示含铜的平均百分数
40-锰黄铜	ZCuZn40Mn2	轴瓦、衬套及其他减磨零件	Z 表示铸造,字母后的数字表示含铜、锰、锌的平均百分数
5-5-5 锡青铜	ZCuSn5PbZn5	在较高负荷和中等滑动速度下工作的耐磨、耐蚀零件	字母后的数字表示含锡、铅、锌的平均百分数
9-2 铝青铜 10-3 铝青铜	ZCuAl9Mn2 ZCuAl10Fe3	耐蚀、耐磨零件,要求气密性高的铸件,高强度、耐磨、耐蚀零件及 250℃ 以下工作的管配件	字母后的数字表示含铝、锰或铁的平均百分数
17-4-4 铅青铜	ZCuPb17Sn4ZnA	高滑动速度的轴承和一般耐磨件等	字母后的数字表示含铅、锡、锌的平均百分数
ZL201 (铝铜合金) ZL301 (铝铜合金)	ZAlCu5Mn ZAlCuMg10	用于铸造形状较简单的零件,如支臂、挂架梁等 用于铸造小型零件,如海轮配件、航空配件等	
硬 铝	LY12	高强度硬铝,适用于制造高负荷零件及构件,但不包括冲压件和锻压件,如飞机骨架等	LY 表示硬铝,数字表示顺序号

附表 21 常用非金属材料

材料名称及标准号	牌 号	主 要 用 途	说 明
工 业 用 橡 胶 板	耐酸橡胶板 (GB/T 5574)	具有耐酸碱性能,用作冲制密封性能较好的垫圈	2807 较高硬度
	2709 中等硬度		
	耐油橡胶板 (GB/T 5574)	可在一定温度的油中工作,适用冲制各种形状的垫圈	3707 较高硬度
			3709
耐 热 橡 胶 板 (GB/T TT74)	可在热空气、蒸气(100℃)中工作,用作冲制各种垫圈和隔热垫板	4708 较高硬度	
		4710 中等硬度	
尼 龙	尼龙 66 尼龙 1010	用于制作齿轮等传动零件,有良好的消音性,运转时噪声小	具有高抗拉强度和冲击韧性,耐热(>100℃)、耐弱酸、耐弱碱、耐油性好

材料名称及标准号	牌 号	主 要 用 途	说 明
耐油橡胶石棉板 (GB/T 539)		供航空发动机的煤油、润滑油及冷气系统结合处的密封衬垫材料	有厚度为 0.4~3.0 的十种规格
毛 毡 (FJ/T 314)		用作密封、防漏油、防震、缓冲衬垫等,按需用细毛、半粗毛、粗毛	厚度为 1~30
有机玻璃板 (HG/T 2-343)		适用于耐腐蚀和需要透明的零件,如油标、油杯、透明管道等	耐盐酸、硫酸、草酸、烧碱和纯碱等一般碱性及二氧化碳、臭氧等腐蚀

附表 22 常用的热处理及表面处理名词解释

名 词	代号及标注示例	说 明	应 用
退 火	Th	将钢件加热到临界温度以上(一般是 710~715℃,个别合金钢 800~900℃) 30~50℃,保温一段时间,然后缓慢冷却	用来消除铸、锻、焊零件的内应力,降低硬度,便于切削加工,细化金属晶粒,改善组织,增加韧性
正 火	Z	将钢件加热到临界温度以上,保温一段时间,然后用空气冷却,冷却速度比退火快	用来处理低碳和中碳结构钢及渗碳零件,使其组织细化,增加强度与韧性,减少内应力,改善切削性能
淬 火	C C48: 淬火回火至 45~50HRC	将钢件加热到临界温度以上,保温一段时间,然后在水、盐水或油中急速冷却,使其得到高硬度	用来提高钢的硬度和强度极限,但淬火会引起内应力使钢变脆,所以淬火后必须回火
回 火	回 火	回火是将淬硬的钢件加热到临界点以下的温度,保温一段时间,然后在空气中或油中冷却下来	用来消除淬火后的脆性和内应力,提高钢的塑性和冲击韧性
调 质	T T235: 调质处理至 220~250HB	淬火后在 450~650℃ 进行高温回火,称为调质	用来使钢获得高的韧性和足够的强度,重要的齿轮、轴及丝杆等零件需经调质处理
表面 淬 火	火焰淬火 H54: 火焰淬火后,回火到 50~55HRC	用火焰或高频电流,将零件表面迅速加热至临界温度以上,急速冷却	使零件表面获得高硬度,而心部保持一定的韧性;使零件既耐磨又能承受冲击,表面淬火常用来处理齿轮等
	高频淬火 G52: 高频淬火后,回火到 50~55HRC		
渗碳淬火	S0.5-C59: 渗碳层深 0.5, 淬火硬度 56~62HRC	在渗碳剂中将钢件加热到 900~950℃,停留一定时间,将碳渗入钢表面,深度为 0.5~2,再淬火后回火	增加钢件的耐磨性能、表面硬度、抗拉强度和疲劳极限,适用于低碳、中碳(含量<0.40%)结构钢的中小型零件

名 词	代号及标注示例	说 明	应 用
氮 化	D0.3-900:氮化层深度 0.3,硬度大于850HV	氮化是在500~600℃通入氮的炉子内加热,向钢的表面渗入氮原子的过程。氮化层为0.025~0.8,氮化时间需40~50小时	增加钢件的耐磨性能、表面硬度、疲劳极限和抗蚀能力,适用于合金钢、碳钢、铸铁件,如机床主轴、丝杆以及在潮湿碱水和燃烧气体介质的环境中工作的零件
氰 化	Q59:氰化淬火后,回火至56~62HRC	在820~860℃炉内通入碳和氮,保温1~2小时,使钢件的表面同时渗入碳、氮原子,可得到0.2~0.5的氰化层	增加表面硬度、耐磨性、疲劳强度和耐蚀性,用于要求硬度高、耐磨的中、小型及薄片零件和刀具等
时 效	时效处理	低温回火后、精加工之前,加热到100~160℃,保持10~40小时,对铸件也可用天然时效(放在露天中1年以上)	使工件消除内应力和稳定形状,用于量具、精密丝杆、床身导轨、床身等
发蓝发黑	发蓝或发黑	将金属零件放在很浓的碱和氧化剂溶液中加热氧化,使金属表面形成一层氧化铁所组成的保护性薄膜	防腐蚀、美观,用于一般连接的标准件和其他电子类零件
硬 度	HB(布氏硬度)	材料抵抗硬的物体压入其表面的能力称硬度。根据测定的方法不同,可分布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度 硬度的测定是检验材料经热处理后的机械性能——硬度	用于退火、正火、调质的零件及铸件的硬度检验
	HRC(洛氏硬度)		用于经淬火、回火及表面渗碳、渗氮等处理的零件硬度检验
	HV(维氏硬度)		用于薄层硬化零件的硬度检验

## 参 考 文 献

- [1] 梁德本,叶玉驹. 机械制图手册[M]. 第3版. 北京:机械工业出版社,2002.
- [2] 胡建生. 机械制图[M]. 第1版. 北京化学工业出版社,2006.
- [3] 全国电气文件编制和图形符号标准化技术委员会秘书处. 技术制图与机械制图标准规定汇编[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [4] 刘力主编. 机械制图[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [5] 金大鹰主编. 机械制图[M]. 第6版. 北京:机械工业出版社,2000.