



项目

按照国家标准绘制平面图样并标注尺寸

学习目标

- ④ 掌握国家标准中有关图幅、比例、字体、图线和尺寸标注的基本规则。
- ④ 能正确使用常用的绘图工具和仪器。
- ④ 学会分析平面图形,掌握平面图形的基本绘制方法。
- ④ 掌握徒手绘制草图的方法。

学习重点

- ④ 图幅、线型和尺寸标注的一般规定。
- ④ 识读和绘制平面图形的方法。





思政教育

不以规矩，不成方圆。这句耳熟能详的名言告诫人们立身处世以至治国安邦，必须遵守一定的准则和法度。家家有规，国有国法，学校也有严格的校规校纪。规矩是人类自己制定的信条。规矩与我们的生活息息相关，例如，法规、交通规则、文明公约、道德规范、校规、考试规定，等等。为了统一图样的画法，便于技术管理和技术交流，国家市场监督管理总局标准化管理委员会批准发布了《技术制图》与《机械制图》国家标准，对工程图样的表达做了统一的技术规定。这些规定是绘制和阅读工程图样的准则和依据。



思政要点

没有规矩不成方圆。如果个人不知道如何规范自己的行为，不仅自身安全得不到保障，而且会影响、干扰他人。例如，违反交通法规会使各道路交通混乱，甚至自身受到法律的惩罚和人身伤害。这就要求同学们遵守法律法规和学校的各种规章制度和校规校纪，养成遵纪守法的意识。

就像日常交流的文字语言具有一定的语法规则一样，制图作为一种工程语言，也必须具有一定的绘制标准与规范。为此，我国于1959年颁布了国家标准《机械制图》，之后经过几次重大修改，颁布了国家标准《技术制图》。《机械制图》和《技术制图》国家标准是工程中的重要技术标准，是绘制和识读机械图样的准则和依据。

机械制图不仅是一门培养学生对所学机械专业产生情感和兴趣的重要课程，也是从事工程技术相关专业的技术人员必须熟练掌握的基本技能。国家标准对技术图样上的有关内容做了统一的规定，每名从事技术工作的人员都必须掌握并遵守，做到严守操作规范、符合规范流程。



任务 1.1

认识机械图样与了解机械制图的国家标准



任务布置

看千斤顶组图(见图 1-1),认识机械图样,了解机械图样在生产中的用途,并通过识读图 1-2 所示千斤顶装配图和图 1-3 所示铰杠零件图,熟悉机械制图国家标准的要求。



任务分析

图样是指根据投影原理、标准或有关规定表示工程对象,并有必要技术说明的图。

图样是一种通用的技术语言,在机械、冶金、化工、航天航空、电子及建筑等工程的设计、制造、施工、维修等现代工业生产中发挥着重要的作用。

机械制图是研究机械图样的一门学科。凡是从事机械工程技术的工作人员,都必须掌握机械制图的基本技能。在生产中,机械设备通常是由很多零部件组合而成的。例如,千斤顶是机械安装和汽车维修时用来起重或顶压的常用工具,它由底座、螺套、螺杆、铰杠、顶垫和螺钉等组成,如图 1-1 所示。在设计千斤顶时,要画出装配图(见图 1-2)和零件图(见图 1-3);在制造千斤顶时,要根据零件图加工零件,再根据装配图把各种零件装配成部件。

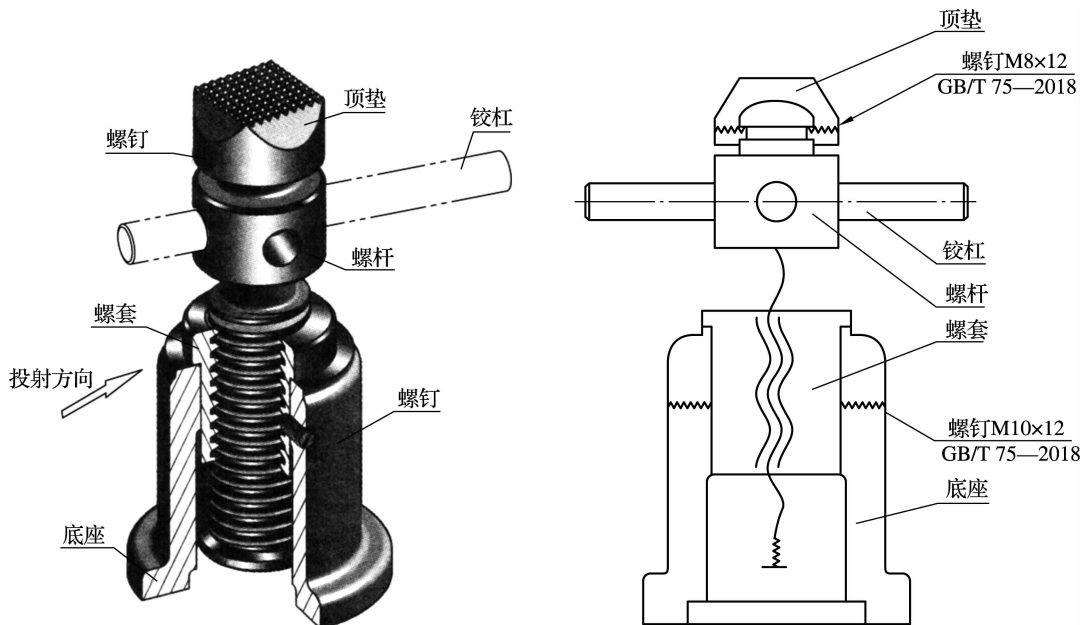


图 1-1 千斤顶

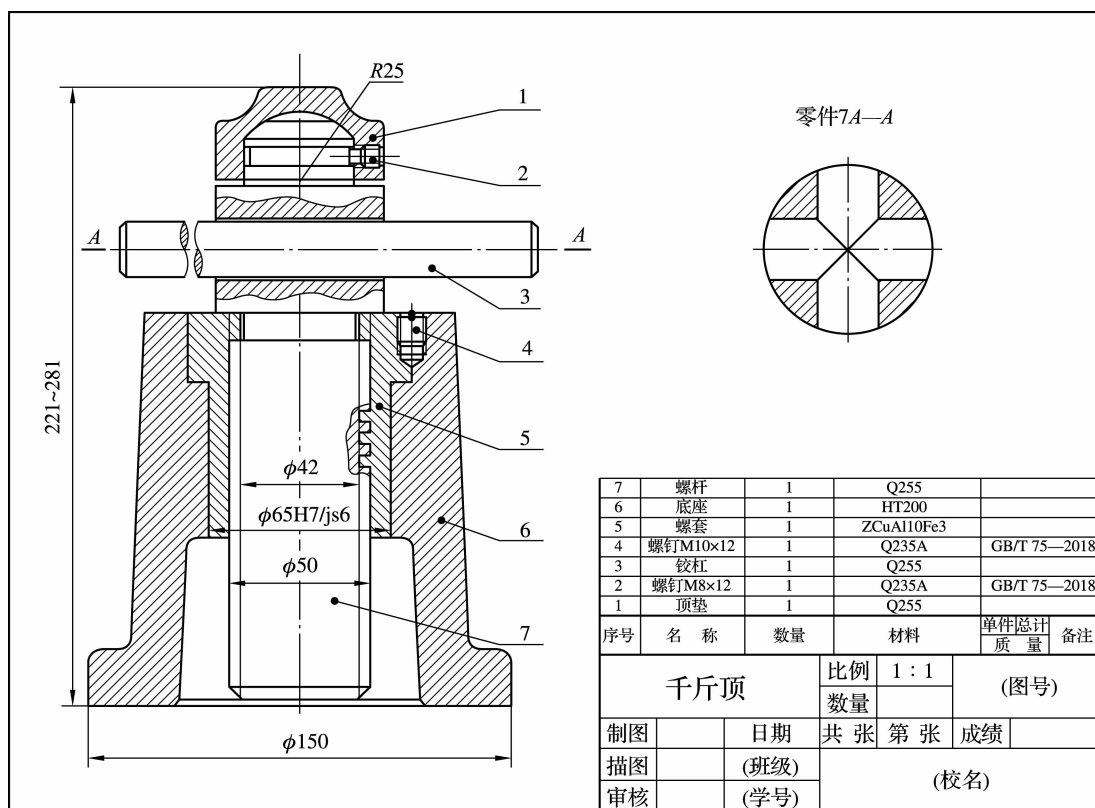


图 1-2 千斤顶装配图

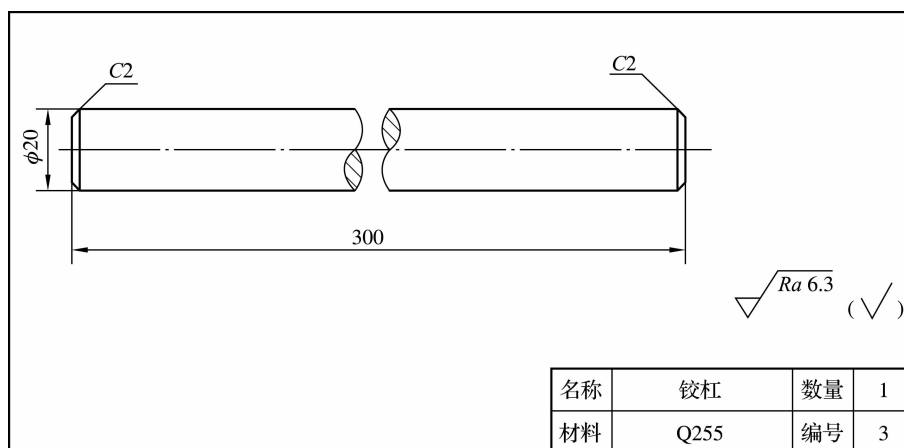


图 1-3 铰杠零件图

知识链接

制图国家标准对图纸幅面与图框格式、比例、字体、图线、尺寸标注等均做了规定。



1.1.1 图纸幅面和图框格式(GB/T 14689—2008)

图纸是表达工程图样最重要的载体之一,应参照国家标准选择图纸幅面,如表 1-1 所示。

表 1-1 图纸幅面

幅面代号		A0	A1	A2	A3	A4
幅面尺寸	$B\times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
周边尺寸	a	25				
	c	10			5	
	e	20		10		

表 1-1 中幅面尺寸所用的单位为 mm,这也是工程中及本教材所使用的默认单位。

当尺寸数字单位没有明确标出时,均为 mm;当需要使用其他单位时,必须明确标出单位符号。

表 1-1 中各参数的含义如图 1-4 和图 1-5 所示。其中,图 1-4 所示为不留装订边的图框格式,图 1-5 所示为留装订边的图框格式。在保持图纸幅面一定的情况下,可根据图样实际情况选择横置与竖置两种方式,分别如图 1-4(a)、图 1-5(a)和图 1-4(b)、图 1-5(b)所示。从中可以看出,外边框表示图纸边界,用细实线表达,其大小为幅面尺寸;内边框用粗实线表达,根据留装订边与否及图纸幅面大小的不同,其与外边框的四边偏移量有所区别;图纸右下角为标题栏。

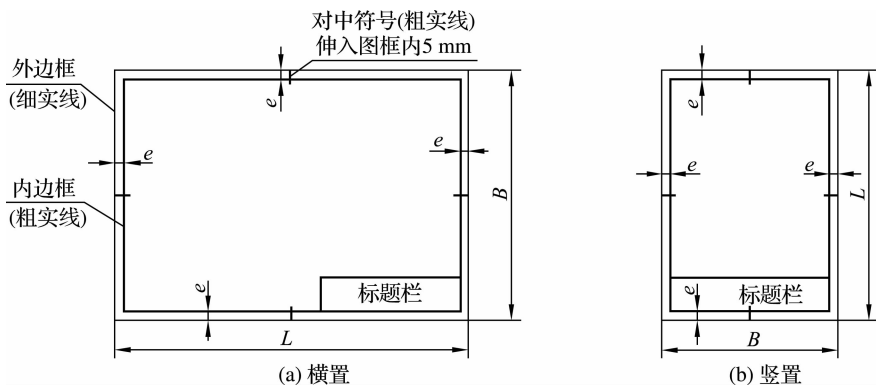


图 1-4 图纸的图框格式(不留装订边)

必要时也允许按规定的尺寸加长图纸幅面,这些幅面尺寸由基本幅面的短边成整数倍增加后得出,如图 1-6 所示。



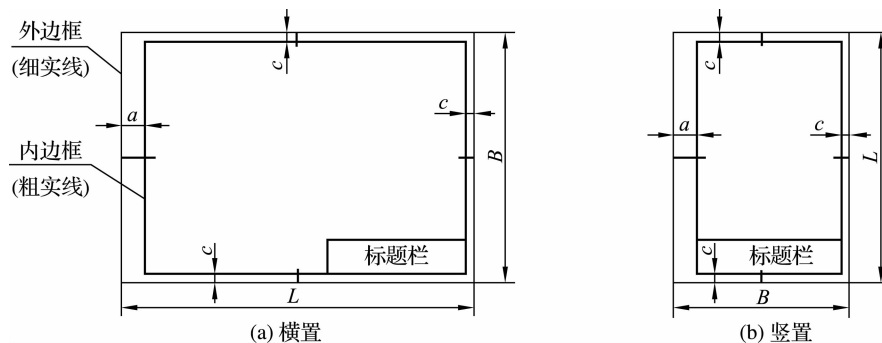


图 1-5 图纸的图框格式(留装订边)

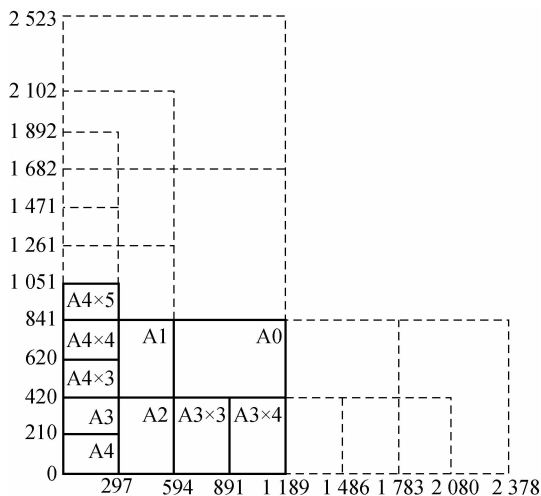


图 1-6 基本幅面及加长幅面

1.1.2 标题栏(GB/T 10609.1—2008)

每张图样的右下角须有标题栏,用以表达图样名称、图样代号、材料标记等详细信息。国家标准规定的标题栏如图 1-7 所示,可知标题栏的格式、尺寸与内容。

180												
10	10	16	16	12	16							
						7	(材料标记)			(单位名称)		
						4×6.5(=26)			12	12	(图样名称)	
标记	处数	分区	更改文件号	签名	年、月、日				(图样名称)			
设计	(签名)	(年、月、日)	标准化	(签名)	(年、月、日)	阶段标记 质量 比例						
						6.5			10	(图样代号)		
									9		(投影符号)	
						审核						共 张 第 张
工艺	批准								9			
12	12	16	12	12	16	50						



国家标准规定的标题栏各栏含义与填写要求如表 1-2 所示。

表 1-2 国家标准规定的标题栏各栏含义与填写要求

区 域	栏 目	填写要求
更改区	标记	按要求或有关规定填写更改标记
	处数	同一标记所表示的更改数量
	分区	必要时,按照有关规定填写
	更改文件号	填写更改所依据的文件号
	签名和年、月、日	填写更改人的姓名和更改的时间
签字区	设计	设计人员签名、时间
	审核	审核人员签名、时间
	工艺	工艺人员签名、时间
	标准化	标准化人员签名、时间
	批准	负责人员签名、时间
名称及代号区	单位名称	绘制图样单位的名称或代号
	图样名称	所绘制图样的名称
	图样代号	按有关标准或规定填写图样的代号
其他区	材料标记	按相应标准或规定填写图样所表达实体的材料
	阶段标记	按有关规定从左到右填写图样各生产阶段
	质量	填写图样所表达实体的计算质量,缺省单位为千克(kg)
	比例	填写绘制图样时所采用的比例
	共 张 第 张	填写同一表达对象所绘图样的总张数及该张图样所在的张次
	投影符号	第一角画法或第三角画法的投影识别符号,采用第一角画法时,可省略

学生制图作业建议采用简化格式的标题栏(见图 1-8),此种标题栏不能用在正式图样上。

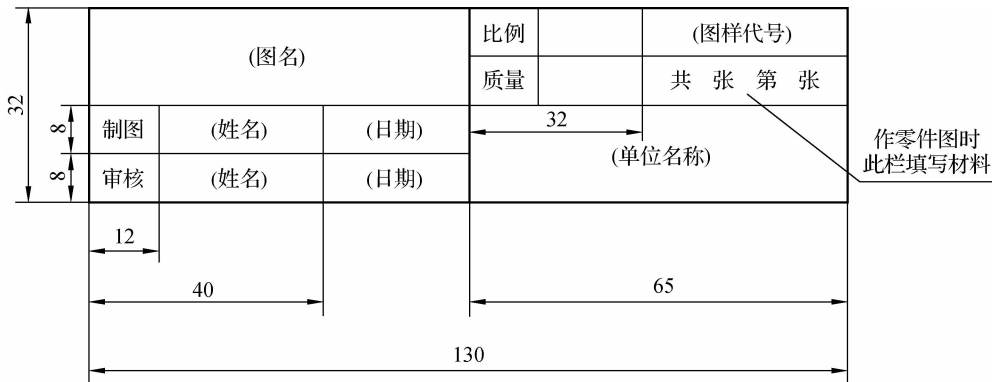


图 1-8 简化格式的标题栏



1.1.3 比例(GB/T 14690—1993)

在一定图纸幅面上表达实际工件时,往往要对实际图样进行相应的缩放,这就涉及比例的问题。图样的比例即图样与其实物相应要素的线性尺寸之比。比例有以下三种类型:

- (1)原值比例——比值为1的比例,即1:1,如图1-9(a)所示。
- (2)缩小比例——比值小于1的比例,如1:2等,如图1-9(b)所示。
- (3)放大比例——比值大于1的比例,如2:1等,如图1-9(c)所示。

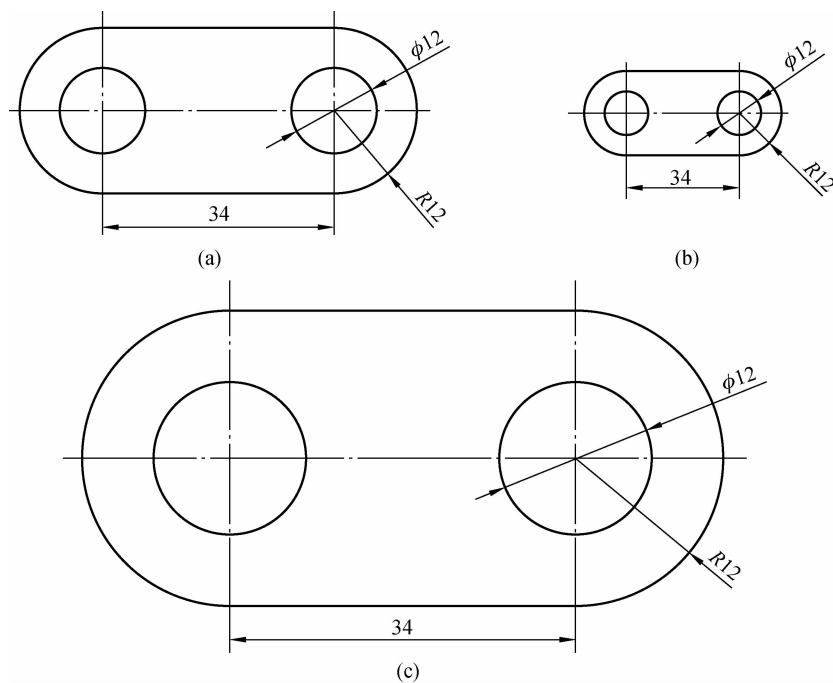


图 1-9 图样比例示意图

比例值不是任意选取的,一般应从国家标准规定的数值中选用适当的比例,具体如表1-3所示。

表 1-3 比例系列

比例类型	比例值					
原值比例	1:1					
放大比例	优先使用	5:1	2:1	$5 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$
	允许使用	4:1	2.5:1	$4 \times 10^n : 1$	$2.5 \times 10^n : 1$	
缩小比例	优先使用	1:2	1:5	1:10	$1:2 \times 10^n$	$1:5 \times 10^n$ $1:1 \times 10^n$
	允许使用	1:1.5	1:2.5	1:3	1:4	1:6 $1:1.5 \times 10^n$
		$1:2.5 \times 10^n$		$1:3 \times 10^n$	$1:4 \times 10^n$	$1:6 \times 10^n$

注: n 为正整数。



当要表达对象的形状复杂程度或尺寸适中时,一般采用原值比例 1:1 绘制;当表达对象的尺寸较大时,应采用缩小比例,但要保证复杂部位清晰可读;当表达对象的尺寸较小时,应采用放大比例,使各部位清晰可读。选择比例时,应结合幅面尺寸,综合考虑其最佳表达效果和图面的审美价值。

比例一般应标注在标题栏的比例栏中,必要时可在视图名称的下方或右侧标注。

1.1.4 字体(GB/T 14691—1993)

图样上不仅需要表达形体的图形,还需要用文字和数字来填写标题栏信息、标注尺寸及书写技术要求等,这些文字与数字在不同的场合必须遵循特定的规范,为此,国家标准中对制图中的字体也提出了相应的标准要求。

1. 字体的一般要求

字体的一般要求有以下几点:

- (1)总体要求为“字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐”。
- (2)汉字应书写成长仿宋体,并采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5 mm,其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。
- (3)字体高度 h 的公称尺寸系列为 1.8 mm、2.5 mm、3.5 mm、5 mm、7 mm、10 mm、14 mm、20 mm。如需要书写更大的字体,字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。字体的号数指字体的高度。
- (4)字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度 d 为字体高度 h 的 1/14;B 型字体的笔画宽度 d 为字体高度 h 的 1/10。在同一图样上,只允许选用一种形式的字体。
- (5)斜体字字头向右倾斜,与水平基准线成 75° 。
- (6)用作指数、分数、极限偏差等的数字与字母,一般应采用小一号的字体。

2. 字体示例

汉字示例(长仿宋体)如图 1-10 所示。



图 1-10 汉字示例



字母示例(A 型斜体)如图 1-11 所示。

数字示例(A 型斜体)如图 1-12 所示。

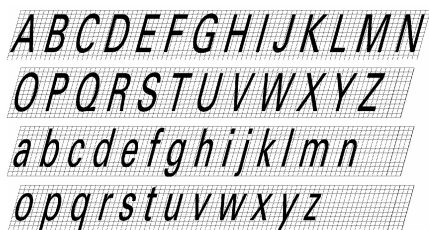


图 1-11 字母示例

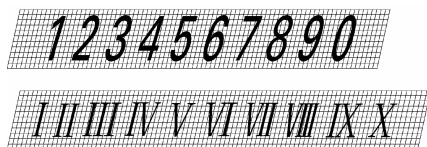


图 1-12 数字示例

1.1.5 图线(GB/T 4457.4—2002)

1. 基本线型

图线是起点和终点以任意方式连接的一种几何图形,它可以是直线或曲线、连续线或不连续线。国家标准《机械制图 图样画法 图线》(GB/T 4457.4—2002)中规定了 9 种基本线型的名称、形式、结构、标记及画法规则等。此处列出了 9 种基本线型及其用途,见表 1-4。图线绘制的基本要求是“线型分明、首尾均匀、线边光滑”。各种线型综合应用实例如图 1-13 所示。

表 1-4 9 种基本线型及其用途

名 称	线 型	线 宽	主要用途
粗实线		粗	可见轮廓线、可见棱边线、可见相贯线等
细实线		细	尺寸线、尺寸界线、剖面线、引出线、重合断面的轮廓、过渡线等
细点画线			轴线、孔系分布的中心线、对称中心线、分度圆(线)等
细虚线			不可见轮廓线、不可见棱边线
双折线			断裂处边界线、视图与剖视图的分界线
粗点画线		粗	限定范围表示线
细双点画线		细	相邻辅助零件的轮廓线、可动零件的极限位置的轮廓线等
波浪线			断裂处边界线、视图与剖视图的分界线
粗虚线		粗	允许表面处理的表示线

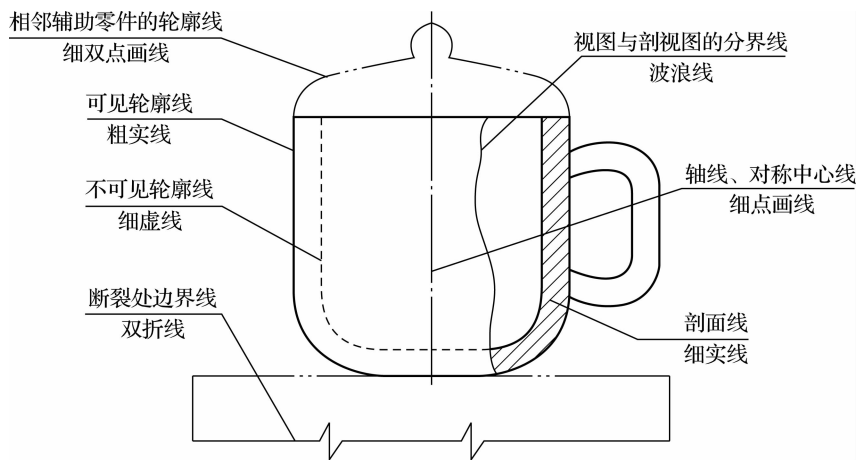


图 1-13 各种线型综合应用实例

2. 图线的宽度

图线分粗、细两种。粗线的宽度 b 可在 $0.5 \sim 2 \text{ mm}$ 选择, 细线的宽度为 $b/2$ 。线宽的推荐组别为 0.25 mm 、 0.35 mm 、 0.5 mm 、 0.7 mm 、 1 mm 、 1.4 mm 、 2 mm 。不同图线组别情况下绘制细实线与粗实线的对应关系如表 1-5 所示。

表 1-5 不同图线组别情况下绘制细实线与粗实线的对应关系 单位: mm

图线组别	0.25	0.35	0.5	0.7	1	1.4	2
粗线宽度	0.25	0.35	0.5	0.7	1	1.4	2
细线宽度	0.13	0.18	0.25	0.35	0.5	0.7	1

3. 图线画法注意要点

图线画法注意要点如下:

- (1) 在同一图样中, 同类线型的宽度应基本一致。
- (2) 虚线以及各种点画线相交时应恰当地相交于线, 而不应相交于点或间隙。
- (3) 点画线与双点画线两端应是线段而非短画, 画对称中心线及回转中心线时, 中心线应超出图形轮廓 $2 \sim 5 \text{ mm}$ 。
- (4) 当所绘制的图形太小, 其中心线用点画线绘制比较困难时, 可用细实线代替点画线。
- (5) 绘制剖面线时, 除非另有规定, 两条平行线之间的间隙不得小于 0.7 mm 。
- (6) 当两种或两种以上图线重叠时, 应按可见轮廓线—不可见轮廓线—轴线和对称中心线—双点画线的顺序优先画出所需的图线。





1.1.6 尺寸注法 (GB/T 4458.4—2003)

在图样中,除需要表达机件的结构形状外,还需要标注尺寸,以明确其各部分的具体尺寸,具体查阅国家标准《机械制图 尺寸注法》(GB/T 4458.4—2003)。

1. 基本规则

尺寸标注的基本规则有以下几点:

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

(2)图样中(包括技术要求和其他说明)的尺寸,以 mm 为单位时,无须标注单位的符号或名称;当采用其他单位时,应注明相应的计量单位符号,如 cm。

(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)机件的每个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。

2. 尺寸组成

一个完整的尺寸一般由尺寸数字、尺寸界线、尺寸线和尺寸终端组成,如图 1-14 所示。

1) 尺寸界线

尺寸界线表示尺寸的度量范围,一般用细实线绘制,并应从图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出,也可用轮廓线、轴线或对称中心线做尺寸界线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直,并超过尺寸线 3~4 mm,必要时允许倾斜,但两尺寸界线必须相互平行,如图 1-15 所示。

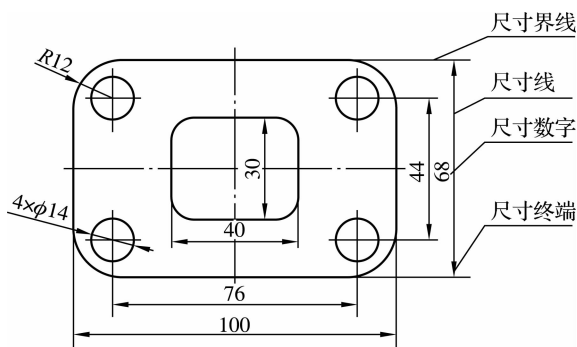


图 1-14 尺寸组成

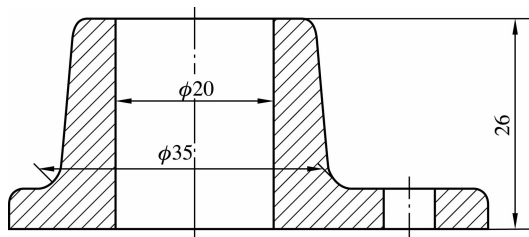


图 1-15 尺寸界线

2) 尺寸线

尺寸线表示尺寸度量的方向,用细实线绘制,同方向尺寸线之间距离应均匀间隔 7~10 mm。尺寸线不能用图样上其他图线来代替,也不能与其他图线重合或画



在其延长线上。尺寸线不能相互交叉,而且要避免与尺寸界线交叉。

3) 尺寸终端

尺寸终端有箭头和斜线两种形式。

(1) 箭头形式。箭头的形式如图 1-16(a) 所示,适用于各种类型的图样,图中 d 表示粗实线宽度。当尺寸线太短没有足够的位置画箭头时,允许将箭头画在尺寸线外边;尺寸终端采用箭头形式时,标注连续的小尺寸可以用小圆点代替箭头,如图 1-17 所示。

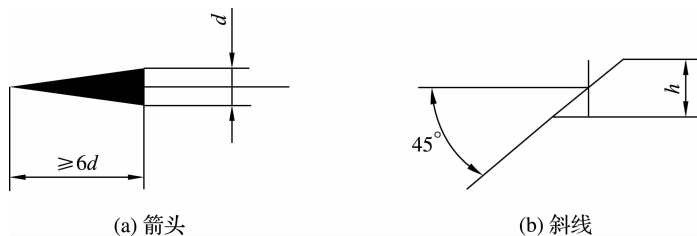


图 1-16 尺寸终端

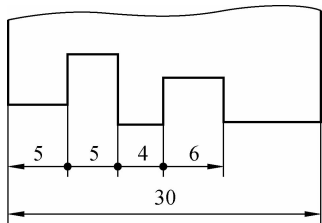


图 1-17 用小圆点代替箭头

(2) 斜线形式。斜线用细实线绘制,其倾斜方向、角度、高度及画法如图 1-16(b) 所示,其中 h 表示字体高度。当尺寸终端采用斜线形式时,尺寸线与尺寸界线必须相互垂直。同一张图样中,除圆、圆弧、角度外,其他尺寸标注应采用一种尺寸终端形式。

4) 尺寸数字

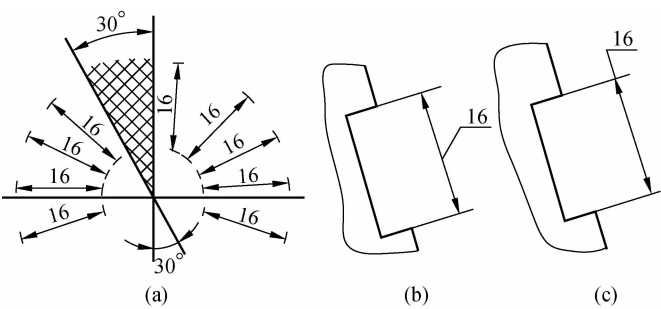
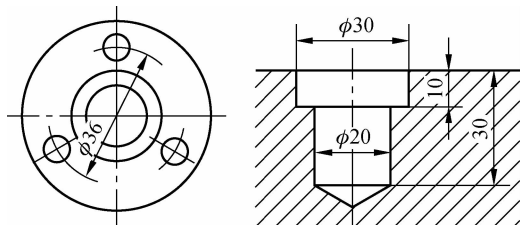
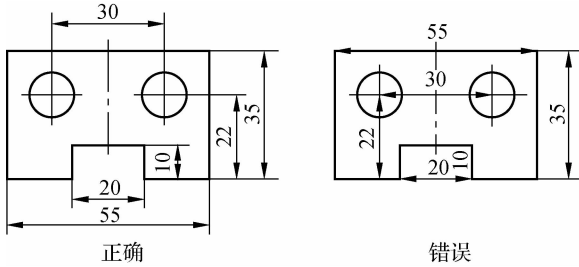
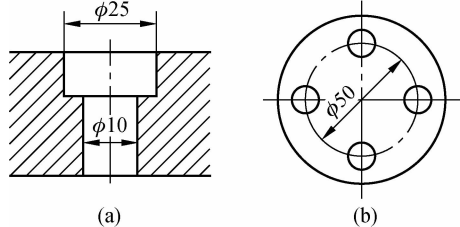
尺寸数字用来标注机件的实际尺寸大小,一般注写在尺寸线的上方,也允许注写在尺寸线的中断处,在特殊情况下,还可以采用引出线进行注写。

3. 常用尺寸标注方法示例及注意事项

常用尺寸标注方法示例及注意事项如表 1-6 所示。



表 1-6 常用尺寸标注方法示例及注意事项

项 目	标注方法及注意事项	标注示例
尺寸数字	线性尺寸的尺寸数字应按图(a)所示的方向填写,注在尺寸线的上方或中断处,并尽量避免在图示 30° 范围内标注尺寸。当无法避免时,可按图(b)或图(c)的形式标注	
	数字不可与任何图线重合,当不可避免时,必须把图线断开	
尺寸线	尺寸线必须用细实线单独画出。轮廓线、中心线或它们的延长线均不可做尺寸线	
	标注线性尺寸时,尺寸线必须与所标注的线段平行	
尺寸界线	尺寸界线用细实线绘制,也可以用轮廓线(见图 a)或中心线(见图 b)做尺寸界线	



续表

项 目	标注方法及注意事项	标注示例
尺寸界线	尺寸界线应与尺寸线垂直,必要时可倾斜画出	
	在光滑过渡处标注尺寸时,必须用细实线将轮廓线延长,从它们的切点引出尺寸界线	
直径与半径	标注直径尺寸时,在数字前应加注符号 ϕ 。标注半径尺寸时,在数字前应加注 R	
	当圆弧半径过大或在图纸范围内无法标出其圆心位置时,可按图(a)的形式标出。当不需要标出其圆心位置时,可按图(b)的形式标出	
	标注球面的直径或半径时,应在 ϕ 或 R 的前面加注 S	
狭小部位	在没有足够的位置画箭头或写尺寸数字时,可将其中之一布置在外面	
	当位置更小时,箭头和数字都可布置在外面	
	几个小尺寸连续标注时,中间的箭头可用小圆点或斜线代替	



续表

项 目	标注方法及注意事项	标注示例
角度	角度的尺寸界线应沿径向引出,尺寸线应画成圆弧,圆心是角的顶点,尺寸终端为箭头	
	角度尺寸数字应一律水平书写,一般注在尺寸线中断处;必要时也可注在尺寸线附近	



任务工单引导

1. 识读图 1-2 所示千斤顶装配图,把明细栏中的每种零件和图 1-1 千斤顶中的零件一一对应上。

2. 识读图 1-3 所示铰杠零件图。

(1)说一说它在图 1-2 千斤顶装配图中是几号零件? _____

(2)它的材质是什么? _____

(3)外形尺寸是多少? 总长_____,直径_____

(4)这张零件图采用的是什么绘图比例? _____

(5)图上一共使用了几种图线? 不同线型、线宽的图线分别表示什么含义?

①粗实线_____

②细实线_____

③细点画线_____

任务 1.2

按照机械制图国家标准的要求绘制平面图样并标注尺寸



任务布置

用 A4 图幅,图框选用不带装订边的样式,图纸竖用,选用适当比例,绘制图 1-18 所示平面图形并标注尺寸。

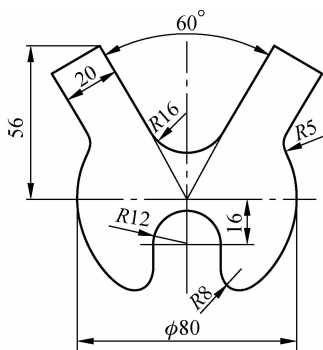


图 1-18 平面图形



任务分析

该平面图形左右对称,图形边界以圆弧为主,看似简单,实则不然,要先分析图形特点,弄清哪些是已知线段,哪些是中间线段和连接线段,明了图形各部分的尺寸大小,先确定好图幅、绘图比例、定位基准、绘图顺序,再进行绘制。



知识链接

1.2.1 绘图工具的使用方法

“工欲善其事,必先利其器”,正确、熟练地使用绘图工具是保证绘图速度和质量的前提。常用的绘图工具包括图板、丁字尺、三角板、铅笔、圆规和分规等。

1. 图板与丁字尺

图板是用来铺放和固定图纸的。图板一般由胶合板制成,四周镶有硬木边。图板的工作表面必须平坦、光洁,左右导边必须光滑、平直。图板一般与丁字尺配合使用,如图 1-19 所示。

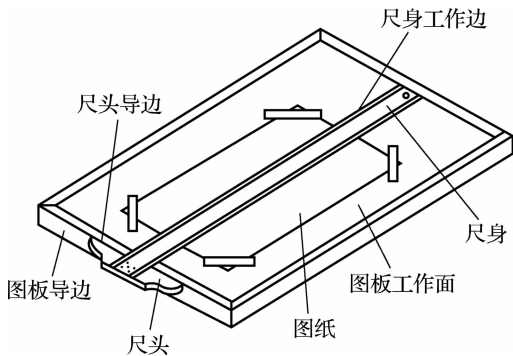


图 1-19 图板与丁字尺



丁字尺的作用主要是绘制水平线,以及与三角板配合绘制竖直线及斜线。丁字尺一般用木材或有机玻璃等制成,由尺头和尺身两部分垂直相交构成丁字形。丁字尺的尺头内边缘为丁字尺导边,尺身的上边缘为工作边,尺头和尺身都要求平直光滑,如图 1-19 所示。

如图 1-20 所示,使用丁字尺画水平线时,可用左手握住尺头推动丁字尺沿左面的导边上下滑动,待移到要画水平线的位置后,用左手使尺头内侧导边靠紧图板左侧导边,把丁字尺调整到准确的位置,随即将左手移到画线部位将尺身压住,以免画线时丁字尺位置变动,然后用右手执笔沿尺身工作边自左向右画线。笔尖应紧靠尺身,笔杆略向右倾斜。

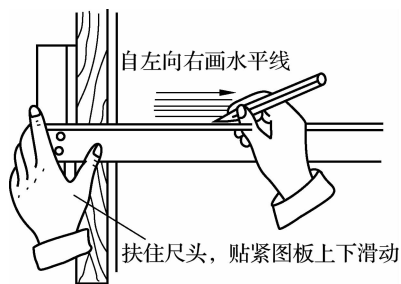


图 1-20 用丁字尺画水平线

2. 三角板

一副三角板由两块板组成,分别为 45° 角和 $30^\circ/60^\circ$ 角。两块三角板组合或各自与丁字尺相配合,可绘制水平、竖直及多种特殊角度的直线,如图 1-21 所示。

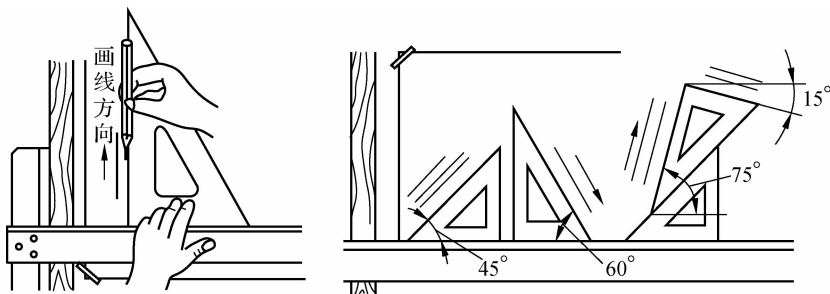


图 1-21 用三角板和丁字尺配合绘制竖直线及多种角度的直线

3. 铅笔

铅笔的铅芯可分为软芯与硬芯两种,分别用字母 B 与 H 来表示。字母 B 前的数字越大表示铅芯越软,所绘制的线条颜色越深;字母 H 前的数字越大表示铅芯越硬,所绘制的线条颜色越淡;HB 型介于两者之间。

如图 1-22 所示,铅笔一般可研磨成圆锥状头部和四棱柱状头部两种,分别用来绘制细实线和粗实线。画图时通常用 H 和 2H 铅笔画底稿,用 B 或 HB 铅笔加粗、加深全图,书写文字时一般用 HB 铅笔。

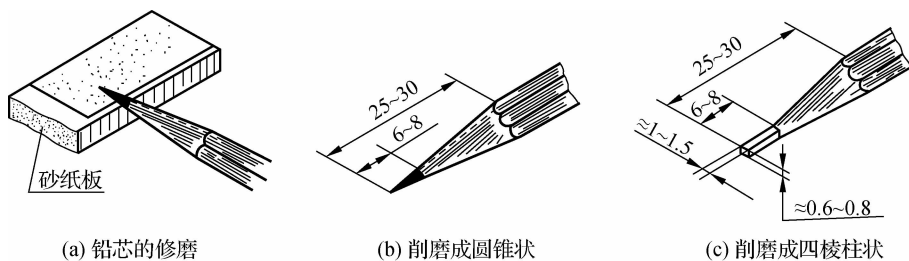


图 1-22 铅笔的削磨方法

4. 圆规与分规

圆规是用来画圆与圆弧的工具。圆规的一脚上装有带台阶的小钢针,用来定圆心,并可防止针孔扩大;另一脚上安装铅芯画图。画圆时,应尽量使钢针和铅芯都垂直于纸面,钢针的台阶与笔尖应平齐,如图 1-23 所示。

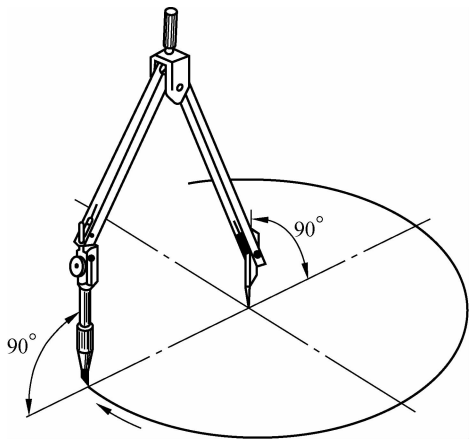


图 1-23 圆规的使用方法

分规是在作图过程中用来等分线段或量取尺寸的工具。分规的两脚端部均为固定的钢针,当两脚合拢时,两尖应合并成一点。分规的使用方法如图 1-24 所示。

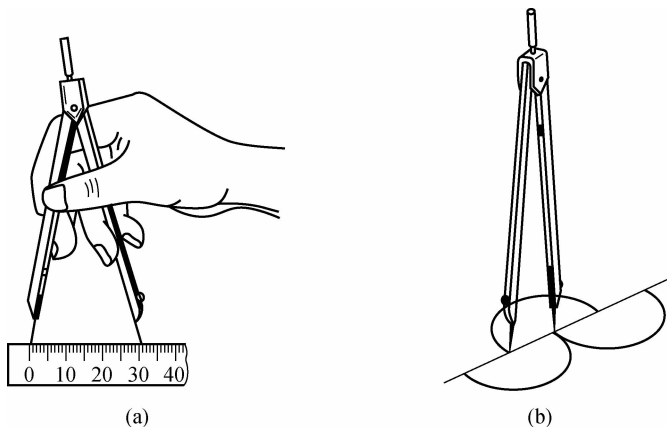


图 1-24 分规的使用方法



除了上述工具外,绘图时还要备有削铅笔的小刀、磨铅芯的砂纸、橡皮以及固定图纸的胶带等。

1.2.2 几何作图

任何平面图形都可以看作是由一些简单几何图形组成的。几何作图就是依据给定条件,准确绘出预定的几何图形。常用的几何作图有等分线段、等分圆周、斜度与锥度、圆弧连接和椭圆画法等,下面分别予以介绍。

1. 等分线段

将任意长度的一条线段做任意等分,通常有两种方法,分别为试分法与平行线法。

首先介绍试分法,如图 1-25 所示,以线段 AB 四等分为例。先目测分规两针间距为所分线段的 $1/4$,从线段一端 A 点开始,使两针尖交替画弧试分直到 C 点(C 点有可能不到或超过 B 点),再根据剩余或超出的距离调整两针间距,再进行重复试分,直到等分为止。

图 1-26 所示为用平行线法等分线段的示例。现要求将线段 AB 五等分,如图 1-26(a)所示;过端点 A 作任意一条辅助线,并用分规将该辅助线采用适当的间隔五等分,如图 1-26(b)所示;将 B 点与辅助线的最后一个等分点相连,连续作该线的平行线与线段 AB 相交,则交点即为所求的等分点,如图 1-26(c)所示。

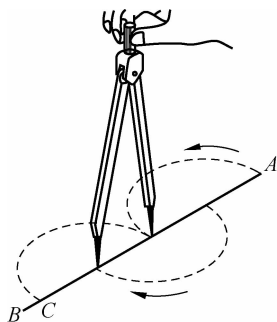


图 1-25 用试分法等分线段

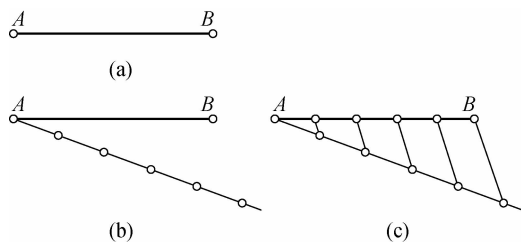


图 1-26 用平行线法等分线段

2. 等分圆周及作正多边形

1) 三等分圆周及作正三角形

三等分圆周及作正三角形的方法如图 1-27 所示。已知圆周,先使 $30^\circ/60^\circ$ 三角板的长直角边通过圆周直径 AB ,以丁字尺工作边导向使三角板的短直角边平移,用三角板的斜边过点 A 画线,交已知圆周于 1 点;反转三角板,用同样的方法在对称方



向作斜线交已知圆周于2点,则A、1及2点为已知圆周的三等分点,连接以上三点,即得已知圆周的內接正三角形。

2) 五等分圆周及作正五边形

五等分圆周及作正五边形的方法如图1-28所示。已知圆周,首先求作半径 OM 的中点 O_1 ,以 O_1 为圆心、 O_1A 为半径自 A 点作弧,与 MN 交于点 O_2 ;再以 A 点为圆心、 O_2A 为半径左、右作弧,分别交已知圆周于 B 、 E 两点;再分别以 B 、 E 点为圆心、 AE 弦长为半径作弧,交已知圆周于 C 、 D 两点。 A 、 B 、 C 、 D 、 E 点为已知圆周的五等分点,依次连接所得的五等分点,即得已知圆周的內接正五边形。

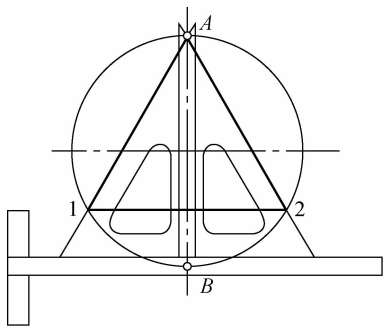


图 1-27 三等分圆周及作正三角形

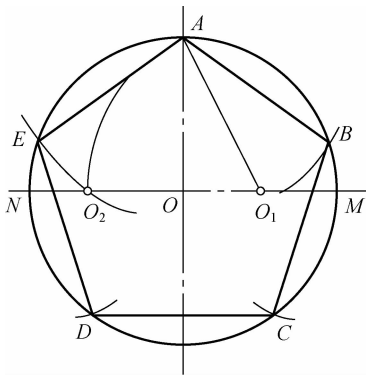


图 1-28 五等分圆周及作正五边形

3) 六等分圆周及作正六边形

求作六等分点及正六边形的方法通常有两种。

第一种方法是用圆规求作。如图1-29(a)所示,以已知圆周与任意直径的两个交点 A 、 D 为圆心,以已知圆周的半径为半径,分别向上、下方向作弧,与已知圆周交于四点 B 、 C 、 E 、 F ,则 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 即为所求已知圆周的六等分点,依次连接该六点即得已知圆周的內接正六边形。

第二种方法是用丁字尺与三角板相互配合求作。如图1-29(b)所示,保证丁字尺水平工作状态,使 $30^\circ/60^\circ$ 三角板的短直角边与丁字尺的水平工作边接触平齐,以丁字尺水平工作边导向使三角板的短直角边平移,沿三角板斜边分别过已知圆周与直径的交点 A 、 D 画直线,所画直线与已知圆周分别交于 F 、 C 两点;将三角板进行反转,采用同样的方法沿三角板斜边画直线,所画直线与已知圆周分别交于 B 、 E 两点。 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 点即为所求已知圆周的六等分点,将六点依次相连即得已知圆周的內接正六边形。

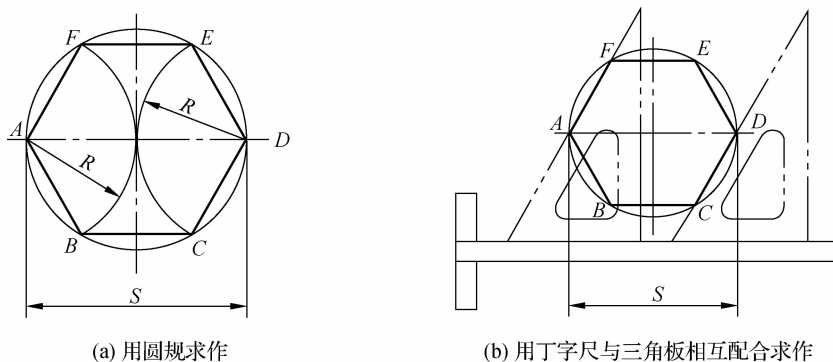


图 1-29 六等分圆周及作正六边形

4) 任意等分圆周及作正多边形

如图 1-30 所示,求作已知圆周的 n 边形。首先将直径 AK 用前述方法进行 n 等分,再以 K 点为圆心、 AK 为半径画弧,与直径 PQ 的延长线交于 M 、 N 两点;然后将 M 点和 N 点与已求的各个 n 等分点分别相连并延长,与已知圆周交于 B 、 C 、 D 、 E 、 F 、 G 等点。这些点以及 A 点即为已知圆周的 n 等分点,将这 n 个点依次相连,即为已知圆周的內接正 n 边形。

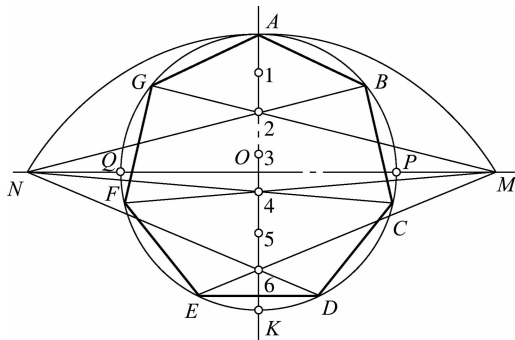


图 1-30 任意等分圆周及作正多边形

3. 斜度与锥度

1) 斜度

斜度是指一直线(或平面)相对于另一直线(或平面)的倾斜程度,其大小用这两个直线(或平面)的夹角的正切值来表示,如图 1-31(a)所示。

$$\text{斜度} = \tan \alpha = \frac{BC}{AB} = \frac{H}{L} (\alpha \text{ 为倾斜角度})$$

斜度的画法与标注如图 1-32 所示。在图 1-32(a)中,首先利用临时辅助线求作图样所要求的 $1:6$ 斜度值;然后在图 1-32(b)中作已求斜度的平行线,即为图样上实



际的斜度轮廓线;最后在图 1-32(c)中擦去多余的辅助线,对图样加以修饰,并进行相应的标注。标注时,在斜度值前加符号“ $\angle$ ”,且符号的方向应与斜度的方向一致。

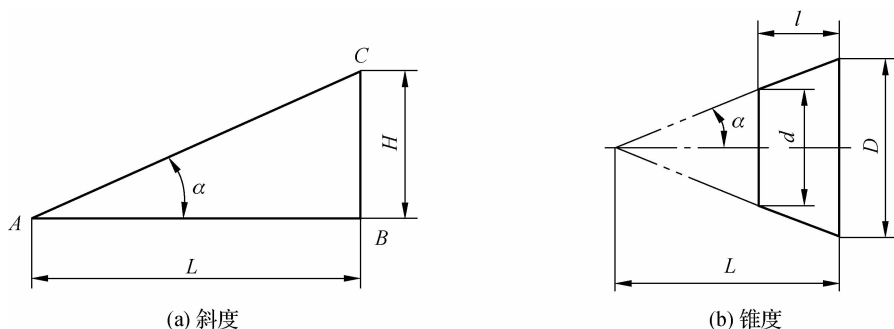


图 1-31 斜度与锥度

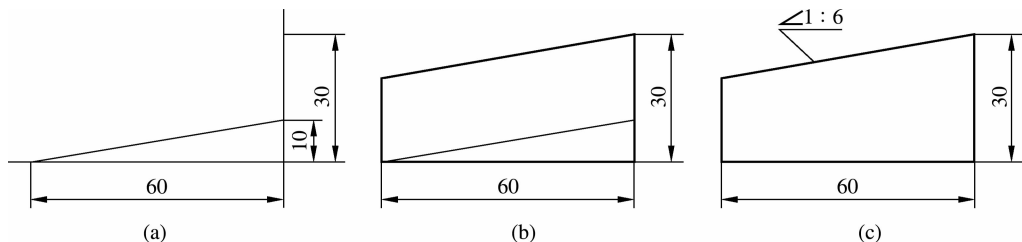


图 1-32 斜度的画法与标注

2) 锥度

锥度是指正圆锥体底圆直径与锥高之比。如果是圆锥台则是上、下底圆直径之差与锥台高度之比,如图 1-31(b)所示。

$$\text{锥度} = 2 \tan \alpha = \frac{D}{L} = \frac{D-d}{l} \quad (\alpha \text{ 为圆锥半角})$$

锥度的画法与标注如图 1-33 所示。在图 1-33(a)中,首先利用临时辅助线求作图样所要求的 1:3 的锥度值;然后在图 1-33(b)中作已求斜度的平行线,即为图样上实际的锥度轮廓线;最后在图 1-33(c)中擦去多余的辅助线,对图样加以修饰,并进行相应的标注。标注时,在锥度值前加符号 ∇ ,该符号应配置在基准线上,基准线应与圆锥的轴线平行,符号的方向应与锥度的方向一致。

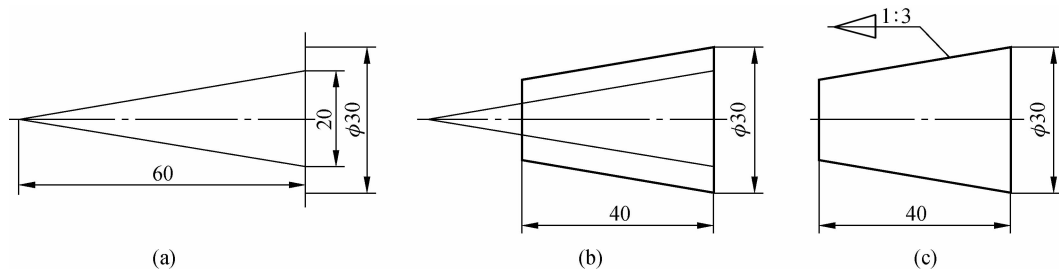


图 1-33 锥度的画法与标注



4. 圆弧连接

画零件的投影轮廓时,常会遇到用圆弧光滑连接另外两个已知线段(直线或圆弧)的作图。这里的光滑连接,在几何里就是相切的作图问题,连接点就是切点。在圆弧连接中起连接作用的圆弧称为连接圆弧。

圆弧连接作图的要点就是根据已知条件准确地定出连接圆弧的圆心及切点。

1) 用连接圆弧连接两已知直线段

已知条件为两条待连接的直线段及连接圆弧的半径 R ,要求用连接圆弧连接两直线段。连接方法:分别在角内侧作两条距直线段间距为 R 的平行线,交于点 O ,点 O 即为连接圆弧的圆心;过点 O 分别作两条直线段的垂线,垂足 A 、 B 即为连接圆弧与两条待连直线段的切点;以 O 点为圆心、连接圆弧的半径 R 为半径作弧,与两条直线分别切于 A 、 B 点;整理图线,完成连接,如图 1-34 所示。

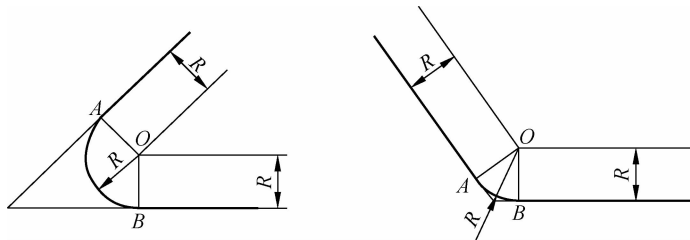


图 1-34 用连接圆弧连接两已知直线段

连接圆弧的圆心;过点 O 分别作两条直线段的垂线,垂足 A 、 B 即为连接圆弧与两条待连直线段的切点;以 O 点为圆心、连接圆弧的半径 R 为半径作弧,与两条直线分别切于 A 、 B 点;整理图线,完成连接,如图 1-34 所示。

2) 用连接圆弧连接直线段和圆弧

这种圆弧连接有两种情形:一种是连接圆弧与已知圆弧内切的情形,如图 1-35(a)所示;另一种是连接圆弧与已知圆弧外切的情形,如图 1-35(b)所示。首先介绍第一种情形。已知条件为待连接的一条直线段与圆弧及连接圆弧的半径 R ,要求用连接圆弧连接直线段与圆弧。连接方法:在直线段内侧作间距为 R 的平行线;再以已知圆弧的圆心 O_1 为圆心、 $R_1 - R$ 为半径作弧,与上述所作平行线交于点 O ,点 O 即为连接圆弧的圆心;以 O 点为圆心、连接圆弧的半径 R 为半径作弧,分别与已知直线段和已知圆弧相切,即可求得连接圆弧;整理图线,完成连接。第二种情形的连接圆弧与第一种情形类似,只是在以已知圆弧的圆心 O_1 为圆心作弧时,其半径为 $R + R_1$ 。

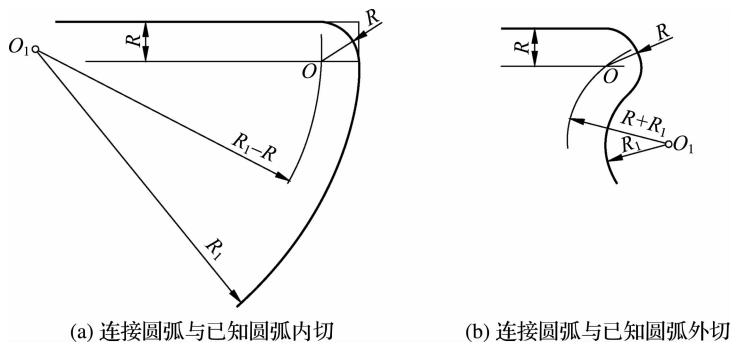


图 1-35 用连接圆弧连接直线段和圆弧



3) 用连接圆弧连接两已知圆弧

(1) 连接圆弧与已知圆弧皆外切。已知条件为两条待连接的圆弧,其圆心分别为 O_1 和 O_2 ,半径分别为 R_1 和 R_2 ,连接圆弧的半径为 R ,要求用连接圆弧连接两已知圆弧且与两已知圆弧外切。连接方法:分别以已知圆弧的圆心 O_1 、 O_2 为圆心, R_1+R 、 R_2+R 为半径作弧,两者交于点 O ,点 O 即为连接圆弧的圆心;以 O 点为圆心、已知连接圆弧的半径 R 为半径作弧,分别与两已知圆弧相外切,即得所求连接圆弧;整理图线,完成作图,如图 1-36 所示。

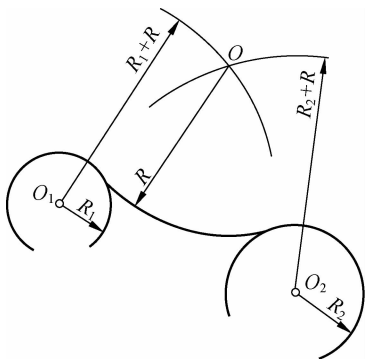


图 1-36 连接圆弧与已知圆弧皆外切

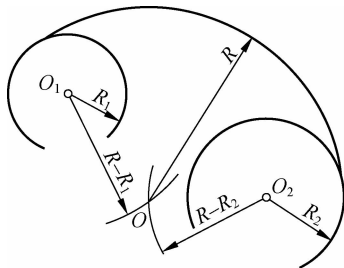


图 1-37 连接圆弧与已知圆弧皆内切

(3) 连接圆弧与已知圆弧分别内切和外切。已知条件为两条待连接的圆弧,其圆心分别为 O_1 、 O_2 ,半径分别为 R_1 、 R_2 ,连接圆弧的半径为 R ,要求用连接圆弧连接两已知圆弧,且与两已知圆弧分别内切和外切。连接方法:分别以已知圆弧的圆心 O_1 、 O_2 为圆心, $R-R_1$ 、 $R+R_2$ 为半径作弧,两者交于点 O ,点 O 即为连接圆弧的圆心;以 O 点为圆心、已知连接圆弧的半径 R 为半径作弧,分别与两已知圆弧相内切和外切,即得所求连接圆弧;整理图线,完成作图,如图 1-38 所示。

5. 椭圆的画法

1) 同心圆法

同心圆法是椭圆的一种精确画法。已知条件为椭圆的长轴与短轴,要求绘制



椭圆,作图过程如图 1-39 所示。以椭圆长半轴及短半轴为半径画圆,如图 1-39(a)所示;过中心 O 作直线,分别与两圆相交,由各射线与大圆的交点画垂直线,与小圆的交点画水平线,它们的交点即为椭圆上的点,如图 1-39(b)所示;正确使用曲线板将这些点逐段连接成椭圆,如图 1-39(c)所示。

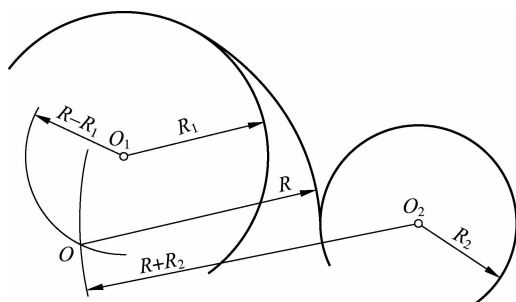


图 1-38 连接圆弧与已知圆弧分别内切和外切

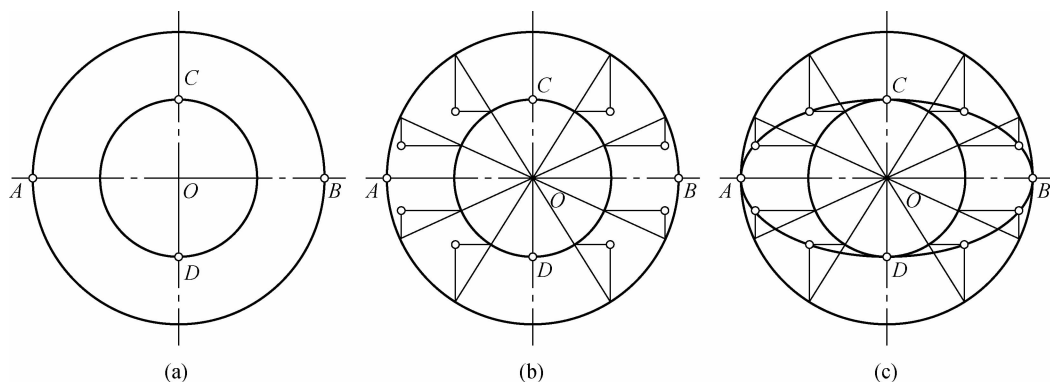


图 1-39 同心圆法绘制椭圆

2) 四心圆法

四心圆法是椭圆的一种近似画法。如图 1-40 所示,用四段圆弧光滑连接来得到近似椭圆。已知椭圆半轴 OA 、 OB 、 OC 、 OD ,首先连接 AC ,以点 O 为圆心、 OA 为半径作圆弧,与短轴 CD 的延长线交于点 E ,再以点 C 为圆心、 CE 为半径作圆弧,与 AC 交于点 F ,作 AF 的中垂线交长轴于点 O_1 ,交短轴的延长线于点 O_2 ;找出 O_1 、 O_2 的对称点 O_3 、 O_4 ,连接 O_1O_2 、 O_2O_3 、 O_4O_1 、 O_4O_3 并延长,以点 O_2 和 O_4 为圆心、 O_2C 为半径作大圆弧,以点 O_1 和 O_3 为圆心、 O_1A 为半径作小圆弧;点 K 、 L 、 M 、 N 为大小圆弧的接点,即得四心扁圆,近似表示椭圆。

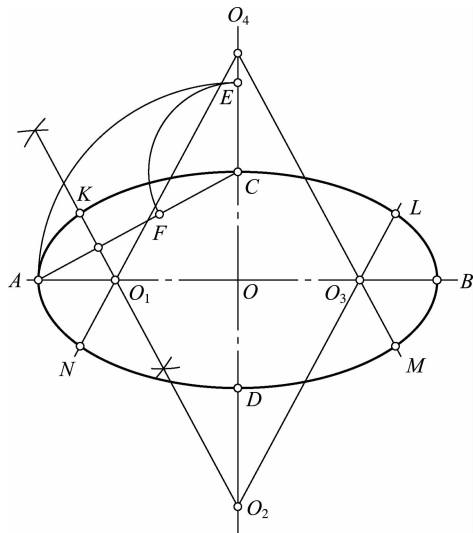


图 1-40 四心圆法绘制椭圆

1.2.3 平面图形的分析和绘图步骤

平面图形一般由多个封闭的图形组成,而每个封闭图形一般又由若干线段组成,这些线段之间的相对位置和连接关系,靠给定的尺寸来确定。根据图中给定的尺寸对构成图形的各类线段进行分析,明确其形状、大小和线段之间的关系,是确定正确的作图方法和步骤的前提条件。

1. 平面图形的尺寸分析

平面图形中的尺寸,根据其表达作用的不同,可分为定形尺寸与定位尺寸两类。为了确定平面图形中线段的相对位置,还需要确定尺寸基准。

1) 定形尺寸

定形尺寸是指平面图形中确定各部分大小的尺寸,如线段长度、圆的直径、圆弧半径及角度大小等。图 1-41 中的 $\phi 20$ 、 $\phi 5$ 、15、85、R15、R12、R50、R10 都属于定形尺寸。

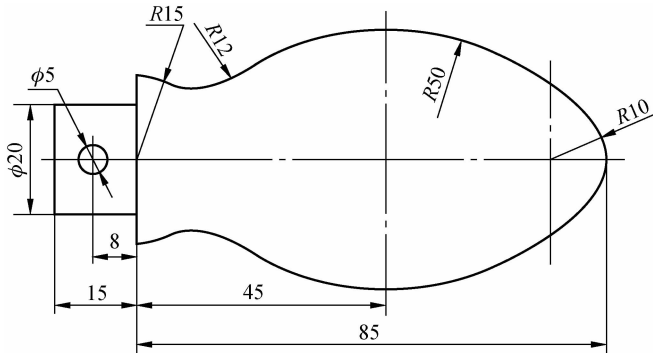


图 1-41 手柄平面图



2) 定位尺寸

定位尺寸是指平面图形中确定各部分之间相对位置的尺寸。一般平面图形中每个部分要标出两个方向的定位尺寸,即只有得到两个方向的尺寸才能确定此部分在平面图形中的准确相对位置。如图 1-41 中的 8、45、85 都属于定位尺寸。

有些尺寸既属于定形尺寸,又属于定位尺寸,如图 1-41 中的尺寸 85,既是确定手柄长度的定形尺寸,又是确定 $R10$ 与 $R15$ 两段相对位置的定位尺寸。

3) 尺寸基准

标注尺寸的起点称为尺寸基准。定位尺寸通常以图形的对称线或中心线、图形的底边或边线等作为尺寸基准。平面图形一般至少在水平和垂直方向各有一个尺寸基准。图 1-41 中平面图形的水平方向的尺寸基准为 $R15$ 的竖直直径,垂直方向的尺寸基准为对称中心线。

2. 平面图形的线段分析

平面图形中,根据线段所给定位尺寸的齐全与否,可以把线段分成已知线段、中间线段和连接线段三类。

1) 已知线段

凡具有定形尺寸和两个定位尺寸,能直接画出的线段称为已知线段,如图 1-41 中的 $\phi 20$ 、 $\phi 5$ 、 $R15$ 、 $R10$ 标注的线段。

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。虽然中间线段的另一个定位尺寸没有明显标出,但可以借助与其相邻线段中的一个连接关系求得。图 1-41 中标注的 $R50$ 圆弧,只标出其水平方向的定位尺寸 45,这时还不能确定其圆心位置,但显然该线段与其相邻的 $R10$ 线段是内切关系,因此以 $R10$ 圆弧的圆心为圆心、以其半径之差为半径作弧,即可求得 $R50$ 的圆心,从而作出该中间线段。

3) 连接线段

只有定形尺寸,而无定位尺寸的线段称为连接线段。如图 1-41 中的 $R12$ 标注的圆弧,根据与其相邻的两段圆弧采用前述圆弧连接的画法求得。

3. 平面图形的尺寸标注

1) 平面图形尺寸标注要点

平面图形尺寸标注应注意以下要点:

(1) 标注尺寸之前必须先分析清楚图中哪些尺寸需要标注,哪些尺寸不需要标注。



- (2)各种结构的尺寸标注要正确,即符合 GB/T 4458.4—2003 的规定。
- (3)图中所有定形尺寸与定位尺寸不能重复标注,更不能有遗漏的情况。
- (4)图中尺寸标注总体满足合理、清晰的要求。

2)平面图形尺寸标注步骤

以图 1-42 所示图形为例说明平面图形的尺寸标注步骤。

(1)分析图形,确定基准。示例中的图形在两个方向都是对称的,因此选择两个方向的对称中心线作为尺寸基准。

(2)标注定形尺寸。该图是对称图形,因此相同结构的定形尺寸只标注一次即可。图中 $R6$ 、 $\phi 6$ 、 $R30$ 、 $R14$ 、48、80 都属于定形尺寸。

(3)标注定位尺寸。图中 13、30、40、68 都属于定位尺寸。

(4)检查。最后检查所标注的尺寸有没有重复、遗漏与不合理的情况,完成标注。

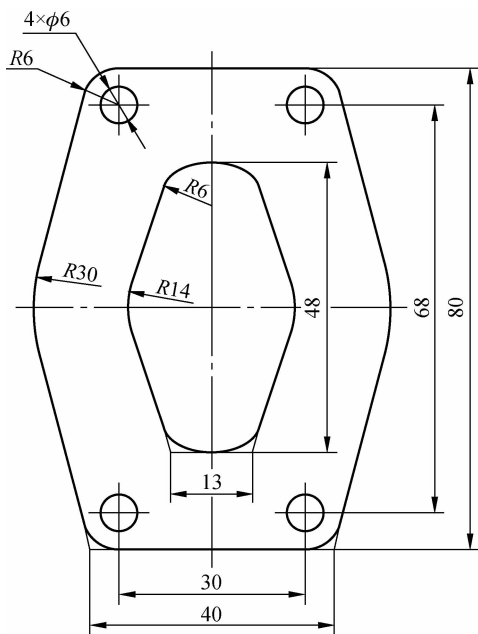
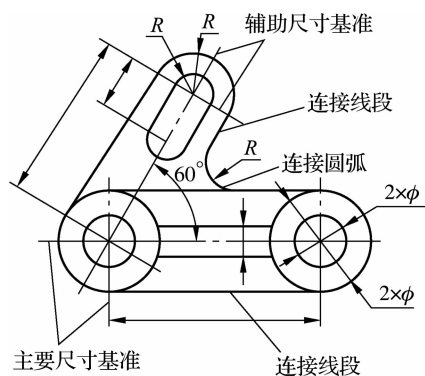


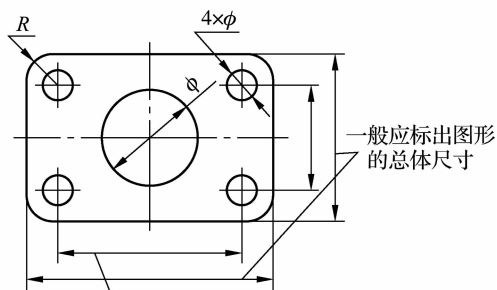
图 1-42 垫片的尺寸标注

3)常见平面图形尺寸标注示例

常见平面图形尺寸标注示例如图 1-43 所示。

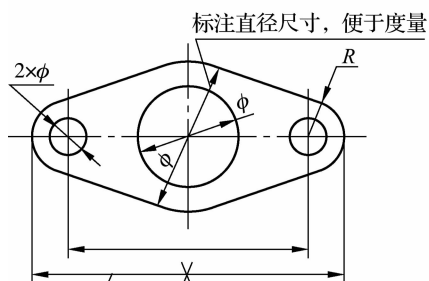


(a)



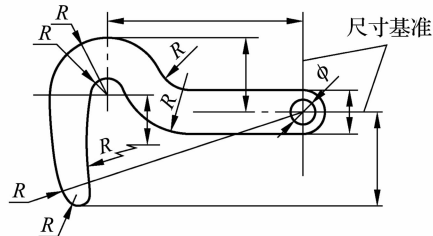
对称图形按对称形式标注其定位尺寸

(b)

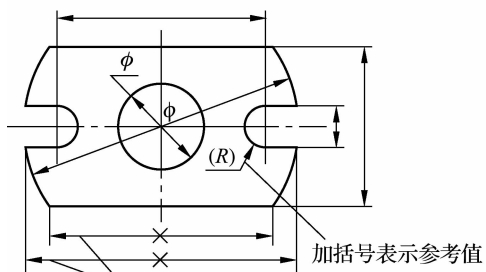


两段圆弧为已知圆弧, 不再标注总长

(c)

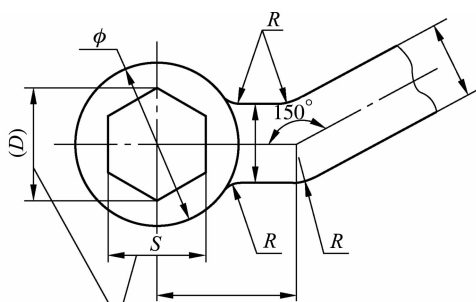


(d)



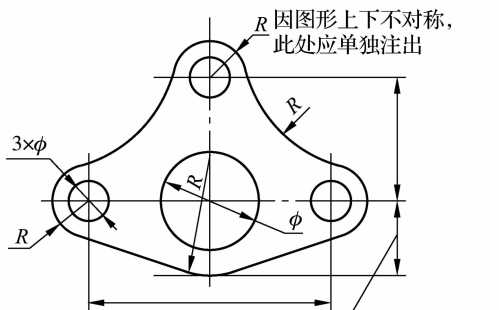
截交线在作图时自然得出, 不应加注尺寸

(e)



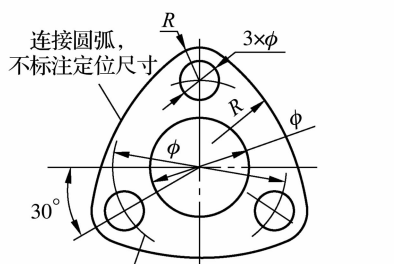
通常标注扳手尺寸S而以(D)作参考尺寸

(f)



R为已知线段, 单独标注其定位尺寸

(g)



圆周均布的圆, 用直径标注其定位尺寸

(h)

图 1-43 常见平面图形尺寸标注示例



4. 平面图形绘制的一般步骤

平面图形绘制的一般步骤如下：

- (1) 分析所绘平面图形,以弄清哪些是已知线段,哪些是中间线段和连接线段,明了图形各部分的尺寸大小。
- (2) 根据图形大小选择比例及图纸幅面。
- (3) 固定图纸,画出基准线。
- (4) 用较硬的铅笔打底稿,按照已知线段、中间线段和连接线段的顺序依次画出各线段。
- (5) 按国家标准要求描深图线并检查。
- (6) 标注尺寸,书写技术要求,填写标题栏等,完成作图。

5. 检查与描深的一般步骤

手工绘图时,绘图的质量往往取决于图线的检查与描深,有必要在此专门加以说明。检查与描深的一般步骤如下：

- (1) 对底稿进行一次彻底的检查和清理,修正错误并擦去多余的图线。
- (2) 先加深图样中的圆与圆弧。
- (3) 用丁字尺与三角板按照水平线、竖直线、倾斜线的顺序加深图样中的粗实线。
- (4) 描深中心线、剖面线。



任务工单引导

1. 工具准备

需要用到 HB 铅笔、2B 铅笔、图板、丁字尺、三角板、圆规、A4 图纸、橡皮、透明胶带等工具。

2. 平面图形绘制

(1) 确定图幅和绘图比例。图形主要为圆弧和直线,图形的大体尺寸为 80 mm×90 mm,该平面图形较小,按任务要求,使用 A4 图幅。对于绘图比例,结合幅面尺寸选择,综合考虑其最佳表达效果和图面的审美价值,又因本平面图形的尺寸较小应采用放大比例,故从国家标准推荐的优选比例中选用绘图比例 2 : 1。

(2) 固定图纸,按照国家标准的要求绘制图框和标题栏。

(3) 确定定位基准,画出基准线。这个平面图形左右对称,上下不对称,先确定定位基准:水平方向的定位基准为中间的竖点画线;竖直方向的定位基准为水平的



点画线。绘制基准线时应考虑整体图面的构图。

(4)对平面图形进行尺寸分析,找出图形中的已知线段、中间线段和连接线段。用较硬的铅笔打底稿,按照已知线段、中间线段和连接线段的顺序依次画出各线段。

(5)检查与描深。

①对底稿进行一次彻底的检查和清理,修正错误并擦去多余的图线。

②先加深图样中的圆与圆弧。

③用丁字尺与三角板按照水平线、竖直线、倾斜线的顺序加深图样中的粗实线。

④描深中心线、剖面线。

平面图形的绘制步骤如图 1-44 所示。

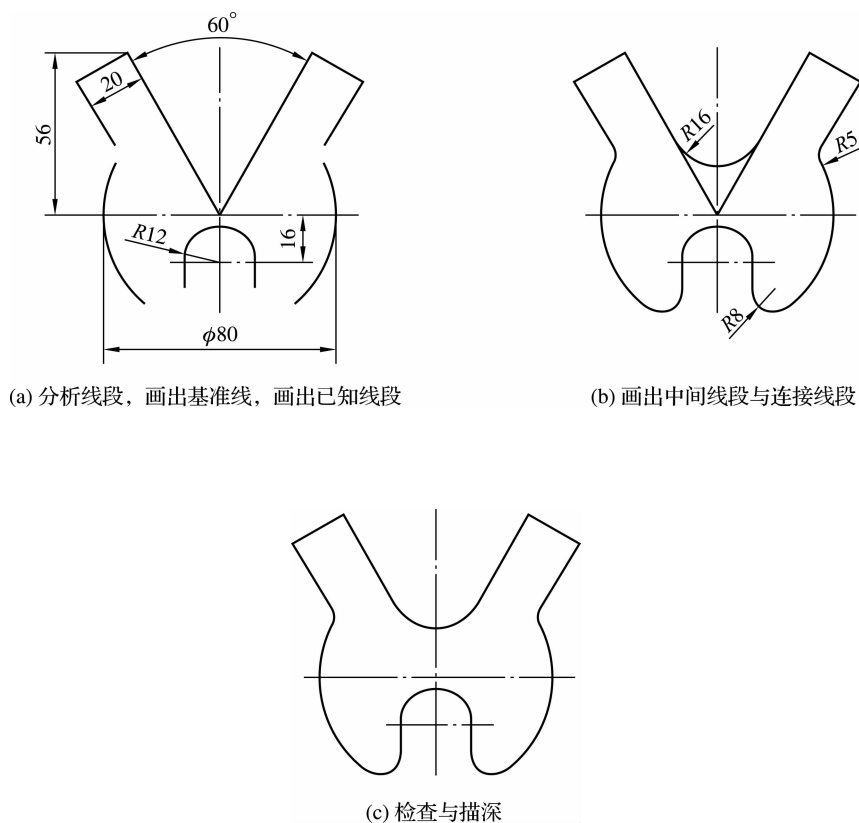


图 1-44 平面图形的绘制步骤

3. 按照国家标准的要求标注尺寸

标注时先标注总体尺寸、定形尺寸,再标注定位尺寸。最后检查尺寸标注,确保无重复、无遗漏。

4. 书写技术要求,填写标题栏

书写技术要求,填写标题栏等,完成作图。



在绘图的过程中还要注意描深时应用力均匀,要尽量保证在同一张图样上的同种线型浓淡一致;为确保图面整洁,要尽量避免三角板等绘图工具在已加深的图线上反复移动等。



拓展学习

徒手绘图就是不借助绘图工具,用目测形状及大小徒手绘制图样。在机器测绘、技术交流、现场参观等场合,受现场条件的制约与机动性要求,经常需要徒手绘图来进行工程记录、表达技术思想等。因此,徒手绘图是一名合格工程技术人员必备的一项基本技能。

1. 徒手绘图的基本要求和动作要领

徒手绘图时,应事先准备好铅笔、方格纸(或白纸)及橡皮等工具,一般选择铅芯较软的 HB 或 2B 铅笔,铅芯磨成圆锥状。

徒手绘图的基本要求如下:

- (1)画线要稳,图线要清晰。
- (2)目测尺寸尽量符合实际尺寸,各部分比例选取适当。
- (3)绘图速度要快。
- (4)标注尺寸尽可能准确、清晰,字迹尽可能工整。

徒手绘图的动作要领如下:

- (1)徒手绘图时,手握笔的位置要比用仪器绘图时较高些,以利于运笔和观察目标。
- (2)运笔时,小手指及手腕不宜紧贴纸面,力求自然用力。
- (3)绘制短线时用手腕用力,绘制长线时用前臂用力。
- (4)在两点之间画长线时,目光要注视线段的终点,从起点开始着笔轻轻移动手臂沿要画的线段方向画至终点。

2. 徒手绘图的基本技能

1) 水平线、竖直线的画法

画水平线时,先在图纸的左、右两边根据所画线段的长短定出两 endpoint,注视终点,自左向右水平移动,小手指轻轻滑过纸面,以控制直线的平直,画至终点;画竖直线时,先在图纸的上、下两边根据所画线段的长短定出两 endpoint,由上而下用手腕沿垂直方向轻轻移动,画至终点,如图 1-45 所示。

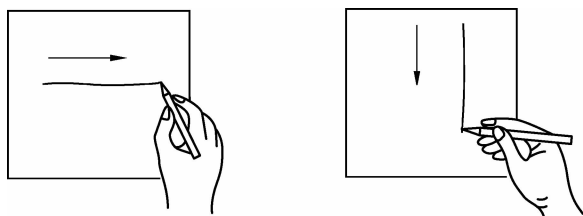


图 1-45 徒手画直线

2) 斜线的画法

首先目测线段长短,定出两 endpoints,若画向右的倾斜线,则自左向右用手腕沿倾斜方向朝斜上方轻轻移动,画至终点;若画向左的倾斜线,则自左向右用手腕沿倾斜方向朝斜下方轻轻移动,画至终点,如图 1-46 所示。

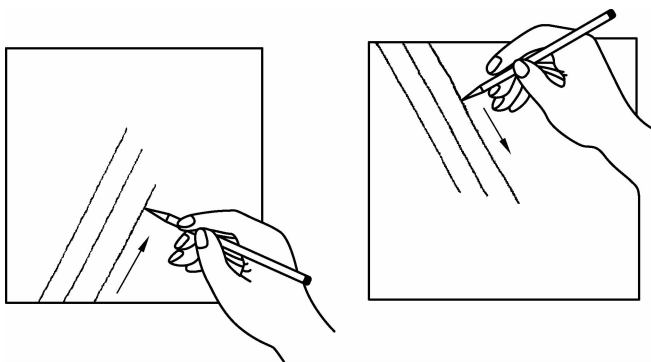


图 1-46 徒手画斜线

3) 常用角度的画法

画常用角度时,可根据它们的斜率,用近似比值画出,如图 1-47 所示。

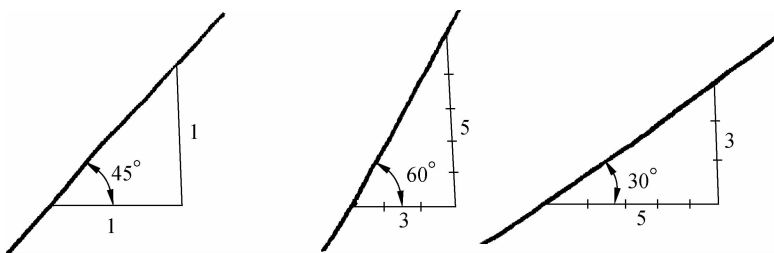


图 1-47 徒手画角度

4) 圆及圆弧的画法

(1) 圆的画法。画圆时,应首先定圆心位置,然后过圆心画出对称中心线,再过中心点画出与水平线成 45° 角的斜线;在对称中心线及斜交线上距圆心等于半径处截取八个点;过八个点画圆即可,如图 1-48 所示。

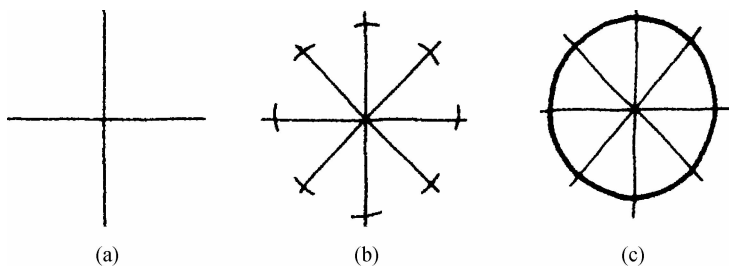


图 1-48 徒手画圆

(2)圆弧的画法。在两已知边内画圆弧时,根据圆弧半径的大小找出圆心,过圆心作分角线,再过圆心向已知边作垂线,定出圆弧的起点和终点,在分角线上也定出一圆弧上的点,然后过三点作圆弧,如图 1-49 所示。

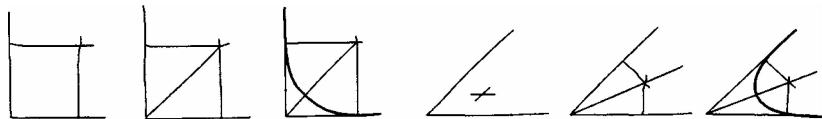


图 1-49 徒手画圆弧

5)椭圆的画法

画椭圆时,根据椭圆的长、短轴在正交中心线上定出四个顶点;再过四个顶点作出矩形,在四个顶点处画出短弧;连接各短弧即得所画椭圆,如图 1-50 所示。

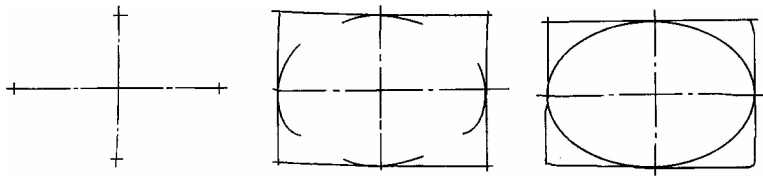
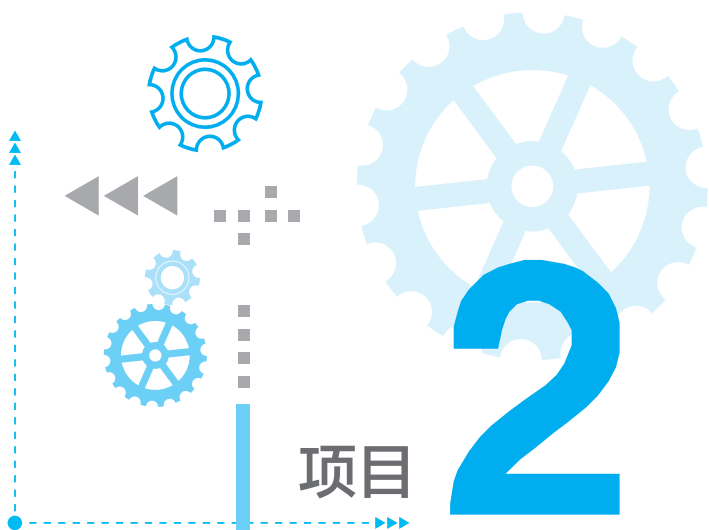


图 1-50 徒手画椭圆



项目

2



用正投影法绘制基本体三视图并标注尺寸



学习目标

- ④ 了解正投影法的基本原理。
- ④ 理解三视图的形成过程,熟练掌握三视图的投影规律。
- ④ 了解点、线、面投影的特性和基本规律。
- ④ 掌握基本体三视图的画法,并能正确标注尺寸。
- ④ 了解基本体表面上取点的方法。



学习重点

- ④ 正投影法的基本规律。
- ④ 三视图的投影规律与点的投影。
- ④ 基本体三视图。





思政教育

“勿以恶小而为之，勿以善小而不为。”职业道德行为的最大特点是自觉性和习惯性，而培养人的良好习惯的载体是日常生活。因此，要从小事做起，从细微处入手，有意识地培养自己的良好习惯，久而久之，习惯就会成为一种自然，即自觉的行为。工程图样是指导生产的技术性文件，尺寸注多了会产生矛盾，尺寸注少了无法生产，尺寸标注错误会出废品。



思政要点

养成良好的职业道德修养和认真负责、踏实敬业的工作态度以及严谨细致的工作作风。

正投影法能准确表达物体的形状，度量性好，作图方便，是在平面(图纸)上表达空间形体的基本方法，在工程上得到广泛应用。机械图样主要采用正投影法绘制。任何物体都可以看成由若干基本体通过叠加或切割等方式组合而成。基本体又可以看作由平面或曲面围成。两个面的交线，是物体的轮廓线，也是机械图样主要绘制表达的内容。轮廓线的交点，是物体的顶点，是制图的关键点。轮廓线可以看作由无数个点组成，学会了点的投影，就可以确定轮廓线上关键点的投影，就可以绘制出轮廓线的三视图，进而表达出物体表面以及整个物体的投影视图。本项目主要讨论正投影图的投影规律和作图方法，并通过对点、线、面的投影分析，初步培养空间思维和想象能力，为学好本课程打下坚实的基础。

任务 2.1

正投影法点、线、面、体的投影规律



任务布置



观察图 2-1 所示正五棱柱，根据图 2-2 所示用正投影法绘制

图 2-1 正五棱柱



正五棱柱三视图,掌握正投影法的基本原理,并对构成正五棱柱的 7 个表面、15 条棱线、10 个顶点,以及图 2-2(a)中 A、B 两点的位置关系进行分析。

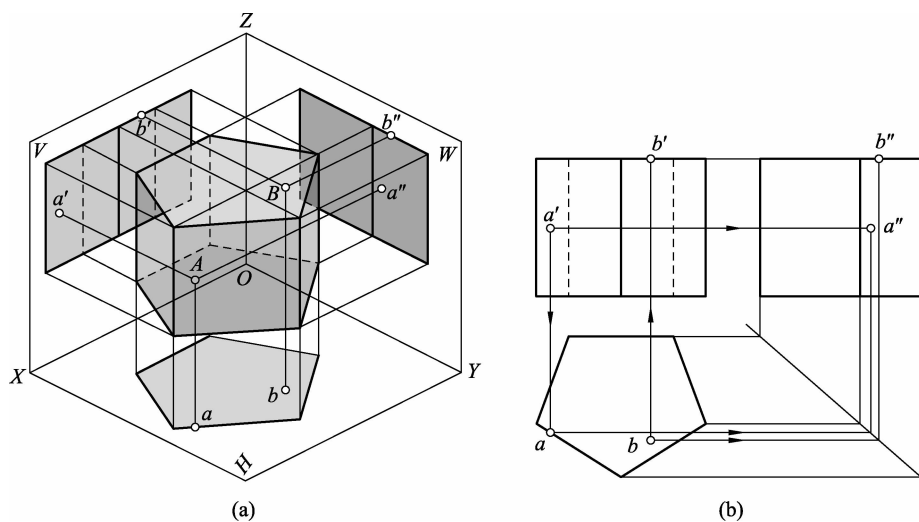


图 2-2 用正投影法绘制正五棱柱三视图



任务分析

投影法是在平面(图纸)上表达空间形体的基本方法,它广泛应用于机械图样中组成物体的基本几何元素——点、线、面的表达。为了表达物体的结构,首先必须掌握几何元素的投影规律。



知识链接

2.1.1 正投影法的基本原理

1. 投影和投影法

物体在阳光等光线的照射下,会在地面或墙壁上产生影子,这种现象称为投影。投射光线通过物体向选定的面投射,并在该面上得到投影图形的方法称为投影法。要形成一个投影,需要三个基本元素,分别为光源(投射光线)、物体与投影面,称为投影的三要素,如图 2-3 所示。

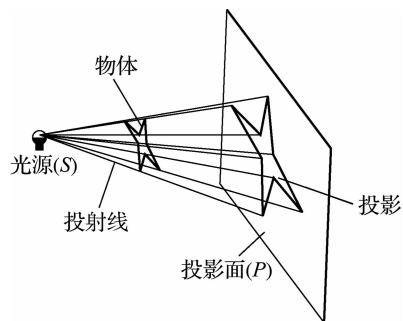


图 2-3 投影的形成

2. 投影法的分类

工程中常用的投影法分为两大类,即中心投影



法和平行投影法。

1) 中心投影法

如图 2-4 所示, 投射射线汇交于一点 S , 这样的投影法称为中心投影法。

2) 平行投影法

若将中心投影法中的投影中心 S 移至无穷远处, 则所有的投射射线就都相互平行了。用相互平行的投射射线, 在投影面上投射出物体投影的方法称为平行投影法, 如图 2-5 所示。显然, 相对于中心投影法, 平行投影法更能反映物体轮廓的真实大小。

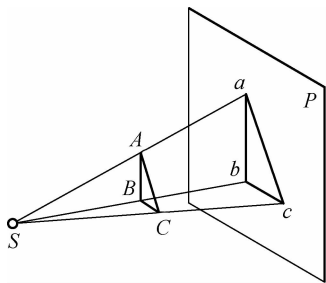


图 2-4 中心投影法

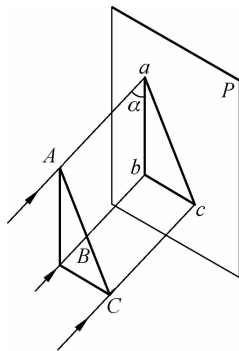


图 2-5 平行投影法

根据投射射线与投射面是否垂直, 平行投影法又分为正投影法与斜投影法两种。

(1) 正投影法。正投影法是指投射射线与投影面垂直的平行投影法, 如图 2-6(a) 所示。

(2) 斜投影法。斜投影法是指投射射线与投影面倾斜的平行投影法, 如图 2-6(b) 所示。

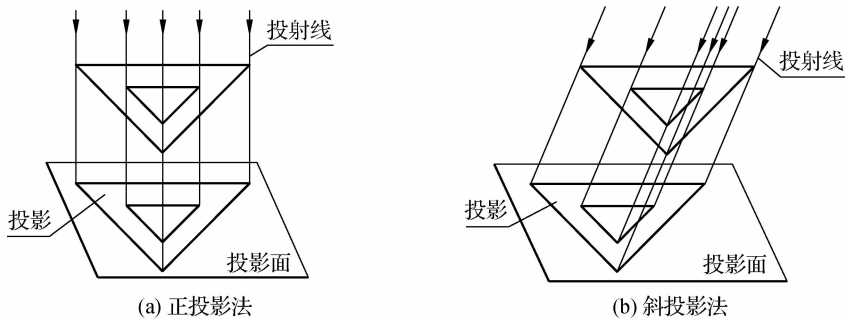


图 2-6 平行投影法的分类

当空间的平面图形平行于投影面时, 用正投影法得到的正投影将具有反映该平面图形的真实大小和形状的特性, 这种特性不会随平面图形与投影面间距离的改变而改变, 而且作图也比较方便, 因此正投影法在机械制图中得到广泛应用。

3. 正投影法的基本特性

正投影法之所以在机械制图中能得到广泛应用, 是由正投影法的一系列特性所



决定的,其中类似性、真实性与积聚性是正投影法的基本特性。

(1)类似性。正投影法的类似性是投影形状与实际物体形状相类似的特性,即一般情况下直线的投影仍为直线、平面的投影仍为平面、多边形的投影仍为相同边数的多边形等。如图 2-7 所示,直线 AB 的正投影仍为直线 ab ,三角形 ABC 的正投影仍为三角形 abc 。

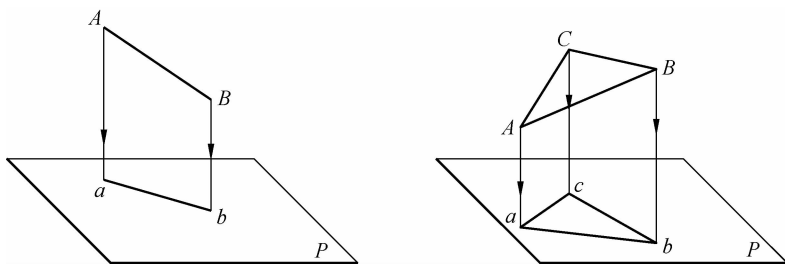


图 2-7 正投影法的类似性

(2)真实性。正投影法的真实性是当投影物体与投影面平行时,其投影能够反映其真实形状的特性,如直线段的投影能够反映其真实长度,平面的投影能够反映其实形等。如图 2-8 所示,空间直线 AB 与空间平面 ABC 分别与投影面 P 平行,则其正投影 ab 与 abc 分别反映了它们的实形。

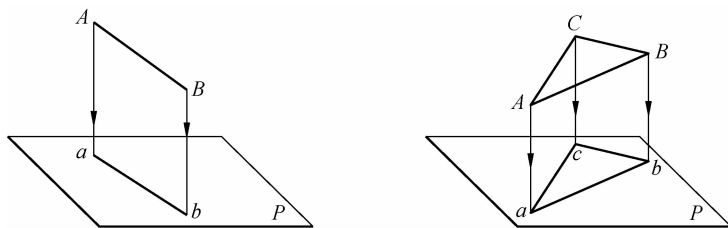


图 2-8 正投影法的真实性

(3)积聚性。正投影法的积聚性是当直线或平面与投影面垂直时,其投影分别在投影面上积聚为一个点或一条直线。如图 2-9 所示,空间直线 AB 与空间平面 ABC 分别垂直于投影面 P ,则它们在投影面 P 上的正投影分别积聚成一个点和一条直线。

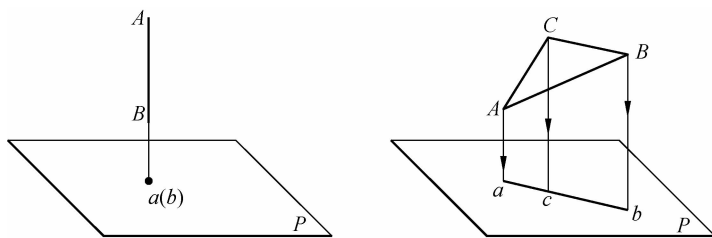


图 2-9 正投影法的积聚性



2.1.2 三视图的形成及其投影规律

1. 三面投影体系的建立与展开

空间三维立体有长、宽、高三个坐标方向的尺寸,要表达立体的真实形状、大小,利用单一投影面投影是不够的。如图 2-10 所示,三个立体工件分别是在四棱柱前面叠加三棱柱、挖切小四棱柱与叠加小四棱柱得到的,将它们向投影面 P 进行正投影,它们的投影形状及大小完全相同。

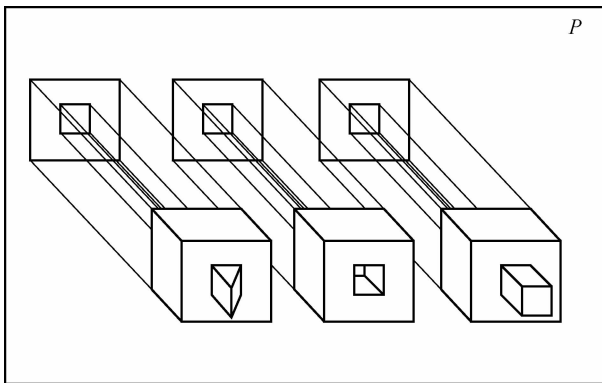


图 2-10 单一投影面不能完全表达立体的真实形状及大小

仅靠一个投影面上的投影不能表达立体是显而易见的,实际上,用两个投影面上的投影也不能完全表达立体的真实形状及大小。如图 2-11 所示, P_1 与 P_2 面是相互正交的两个投影面,将图中两个不同的立体分别向两个投影面上投影,却在两个投影面上分别得到完全一致的投影图形,即两个投影面也不能完全表达立体的真实形状及大小。

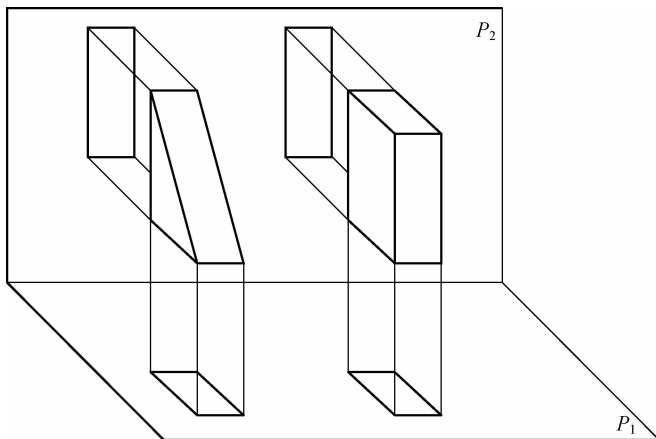


图 2-11 两个投影面不能完全表达立体的真实形状及大小

在机械制图中,为了能够准确地反映物体的长、宽、高的形状及位置,通常用三面投影体系来表达物体的形状与大小,其基本表达方法是三视图(三面投影图)。图 2-12(a)



所示为按国家标准规定设立三个相互垂直的投影面,称为三面投影体系。

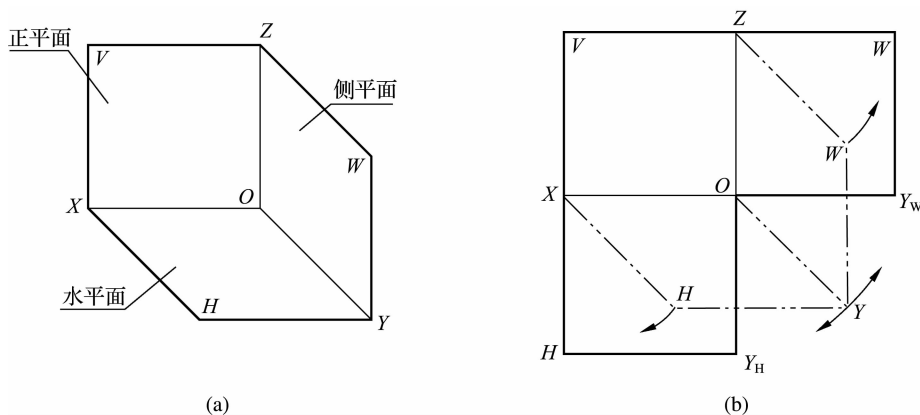


图 2-12 三面投影体系的建立与展开

三面投影体系中有三个投影面,这三个投影面两两垂直相交。位于水平位置的投影面称为水平投影面,简称水平面,用 H 表示;在观察者正前方的投影面称为正投影面,简称正平面,用 V 表示;位于观察者右方的投影面称为侧投影面,简称侧平面,用 W 表示。

三个投影面分别垂直相交于三条线,称为三面投影体系的投影轴。其中,水平面 H 与正平面 V 的交线称为 OX 投影轴;水平面 H 与侧平面 W 的交线称为 OY 投影轴;正平面 V 与侧平面 W 的交线称为 OZ 投影轴。三条投影轴的交点 O 称为原点。

使正平面 V 保持不动,水平面 H 向下旋转 90° ,侧平面 W 向右旋转 90° ,这时 OY 轴一分为二,落在 H 面上的 OY 轴用 OY_H 注明,落在 W 面上的 OY 轴用 OY_W 注明,这样就得到展开后的三面投影体系,如图 2-12(b)所示。

2. 三视图的形成

如图 2-13 所示,将工件适当置于三面投影体系中,分别向下、向后、向右观察,并向三个投影面进行投影,再按照上述方法展开,就得到工件的三视图。这三个视图分别表示如下:

- (1) 主视图(正面投影)——从工件的前方向后投影,在 V 面上所得到的视图。
- (2) 俯视图(水平投影)——从工件的上方向下投影,在 H 面上所得到的视图。
- (3) 左视图(侧面投影)——从工件的左方向右投影,在 W 面上所得到的视图。

图 2-14 所示为展开后的三视图。展开后三视图的排列位置是以主视图为准,俯视图位于主视图的下方,左视图位于主视图的右方。这种配置关系不能随意改变。由于视图与投影面的大小无关,因而在画三视图时可不画出投影面的边界,三



个视图之间的距离可根据需要确定,三条轴线也可以省去。

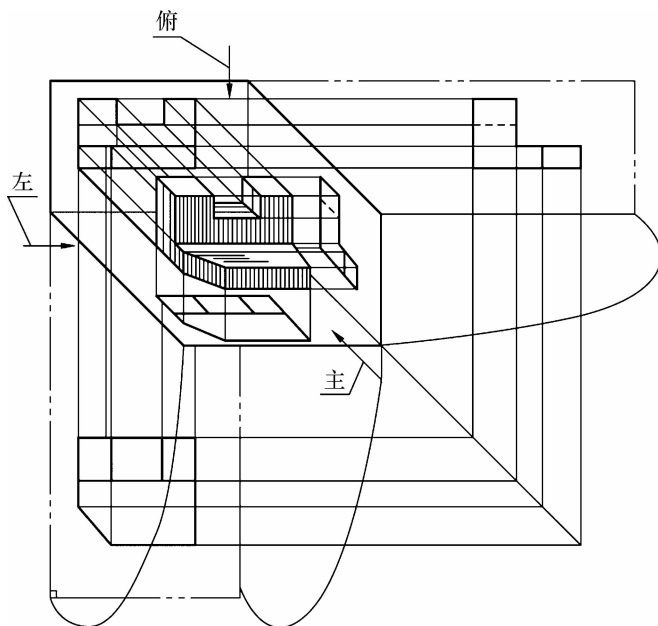


图 2-13 三视图的形成与展开

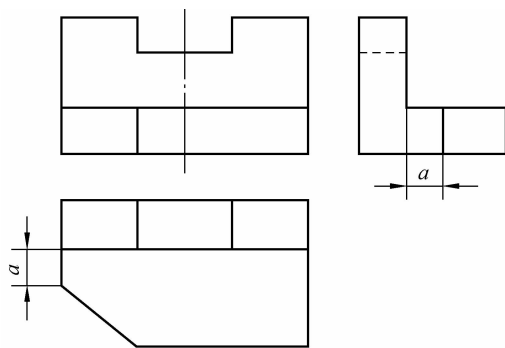


图 2-14 展开后的三视图

3. 三视图的投影规律

如图 2-15 所示,三视图之间存在如下投影规律:

(1) 主、俯视图长对正——主、俯两个视图对应部分左右方向长度相等,且两个视图需对正。

(2) 主、左视图高平齐——主、左两个视图对应部分上下方向高度相等,且两个视图需平齐。

(3) 俯、左视图宽相等——俯、左两个视图对应部分前后方向宽度相等。

以上投影规律通常称为三视图的“三等关系”,这是画图和看图的基本规则。

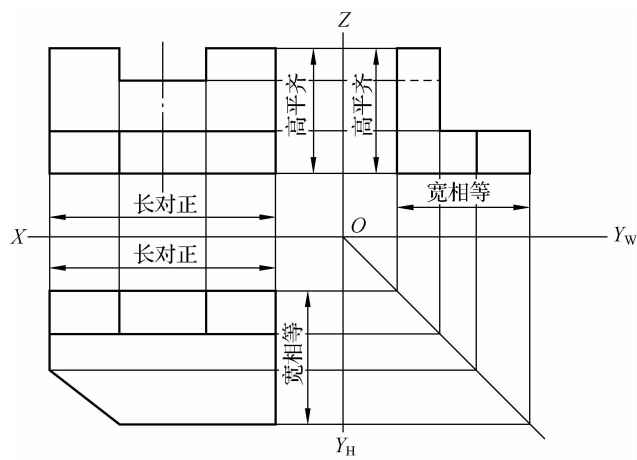


图 2-15 三视图的投影规律

4. 三视图的方位关系

方位关系就是以主视图的投射方向来观察物体为准,看工件的上、下、左、右、前、后六个方位在三视图中的对应关系。如图 2-16 所示,主视图以 OX 轴为依托,反映了工件的左右关系和长度尺寸,以 OZ 轴为依托,反映了工件的上下关系和高度尺寸;俯视图以 OX 轴为依托,反映了工件的左右关系和长度尺寸,以 OY_H 轴为依托,反映了工件的前后关系和宽度尺寸;左视图以 OY_W 轴为依托,反映了工件的前后关系和宽度尺寸,以 OZ 轴为依托,反映了工件的上下关系和高度尺寸。

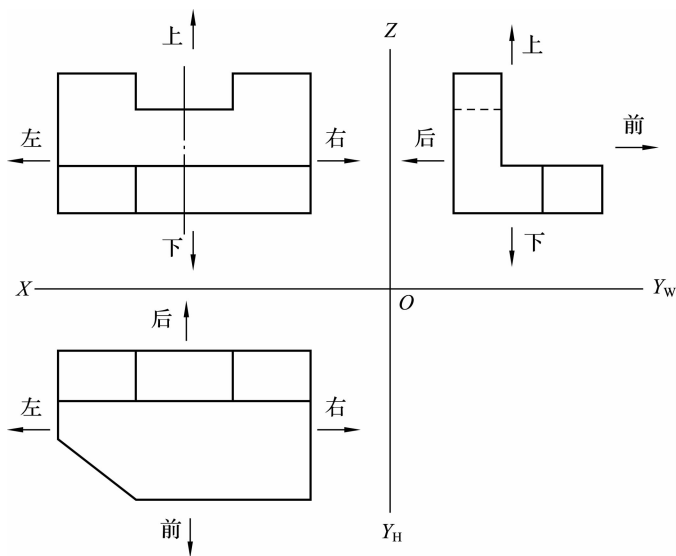


图 2-16 三视图的方位关系



2.1.3 点、直线、平面的投影

任何物体都是由点、线、面构成的,因此,研究物体投影的基础与前提是掌握点、线、面的投影规律和投影特性。

1. 点的投影

1) 点的三面投影与坐标的关系

点的投影仍然是一个点。如图 2-17(a)所示,由空间一点 A 分别向三个投影面作垂线,即正投影的投射射线,所得的三个垂足 a 、 a' 、 a'' 就是点 A 在 H 面、 V 面和 W 面上的投影。再将投影按照图 2-17(b)所示的方法进行展开即得点的三面投影图。在三面投影图中,为了绘制“宽相等”的关系,通常作一条与投影轴 Y_W 、 Y_H 均成 45° 的辅助线。三个投影及与该辅助线之间的连线统称为投影连线。几何元素的投影图中,通常不画投影面的边框,但应画出投影轴和投影连线,如图 2-17(b)所示。

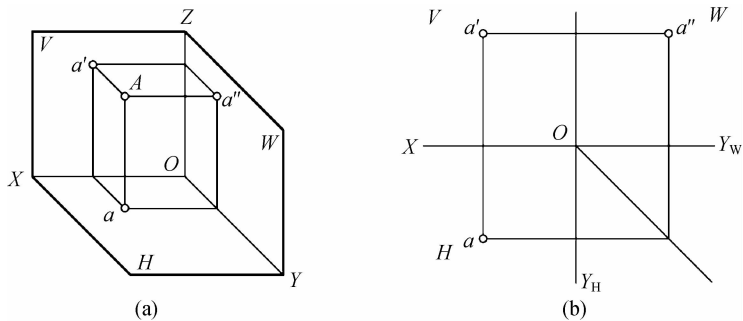


图 2-17 点的三面投影的形成

点的投影标记规定如下:空间点用大写拉丁字母标记,如 A 、 B 、 C 、 D 等;空间点在 H 面上的投影用小写拉丁字母标记,如 a 、 b 、 c 、 d 等;空间点在 V 面上的投影用相应的小写拉丁字母加“'”标记,如 a' 、 b' 、 c' 、 d' 等;空间点在 W 面上的投影用相应的小写拉丁字母加“''”标记,如 a'' 、 b'' 、 c'' 、 d'' 等。

空间点的位置可以用三个坐标值 (x, y, z) 表示,如图 2-18(a)所示。这些坐标值反映在点的三面投影中,就是点到投影轴的距离。图 2-18(b)所示为点 $A(x, y, z)$ 的三面投影图。

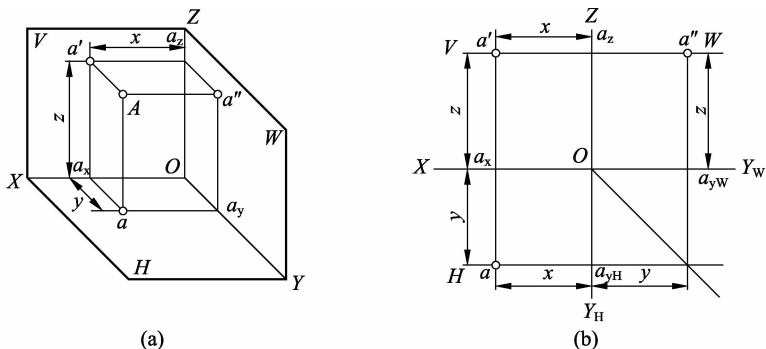


图 2-18 点的三面投影与坐标的关系



其中:

空间点 A 到 W 面的距离 $x = a'a_z = aa_{yH}$;

空间点 A 到 V 面的距离 $y = aa_x = a''a_z$;

空间点 A 到 H 面的距离 $z = a'a_x = a''a_{yW}$ 。

利用坐标和投影的关系,可以画出已知坐标值的点的三面投影图,同样也可以根据已知点的三面投影图量出点的空间坐标值。

2) 点的投影规律

点在三投影面体系中有以下投影规律:

(1) 连影垂轴,即点的投影连线垂直于投影轴,如 $aa' \perp OX$, $a'a'' \perp OZ$ 。

(2) 点的投影到投影轴的距离反映空间点到投影面的距离,即投影 a 到 OX 轴的距离反映了空间点 A 到 V 面的距离, a 到 OY_H 轴的距离反映了点 A 到 W 面的距离; a' 到 OX 轴的距离反映了点 A 到 H 面的距离, a' 到 OZ 轴的距离反映了点 A 到 W 面的距离; a'' 到 OY_W 轴的距离反映了点 A 到 H 面的距离, a'' 到 OZ 轴的距离反映了点 A 到 V 面的距离。

提示: 已知点的两面投影即可得到空间点距三个投影面的距离,即可得到点的空间坐标 (x, y, z) 。因此,已知点的两面投影可求得其第三面投影。

例 2-1 如图 2-19(a) 所示,已知 A, B 两点的两面投影,分别求作其第三面投影。

解: 作图结果如图 2-19(b) 所示。以 A 点为例说明求作其第三面投影的过程:先过 a' 作垂直于 OX 轴的连影线;过 a'' 作垂直于 OY_W 轴的垂线,与 45° 辅助线交于一点;过该交点作垂直于 OY_H 轴的垂线,与过 a' 所作的连影线交于一点,即为所求 A 点的 H 面投影 a 。

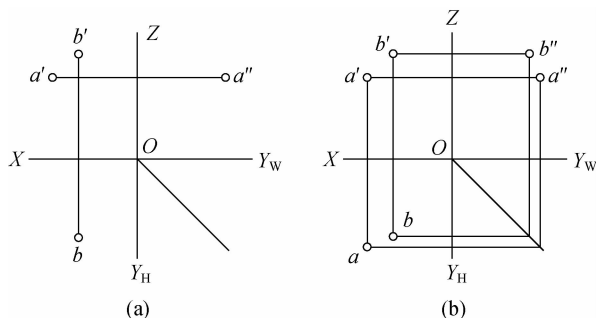


图 2-19 已知点的两面投影求作第三面投影

3) 两点的相对位置

空间两点在三面投影体系中的相对位置,由空间点到三个投影面的距离即坐标关系来确定。 X 坐标确定左右相对位置关系, X 值大者在左边, X 值小者在右边; Y 坐标确定前后相对位置, Y 值大者在前边, Y 值小者在后边; Z 坐标确定上下相对位置, Z 值大者在上边, Z 值小者在下边。

如图 2-20 所示, A 点在 B 点的左、上、后方, B 点在 A 点的右、下、前方。

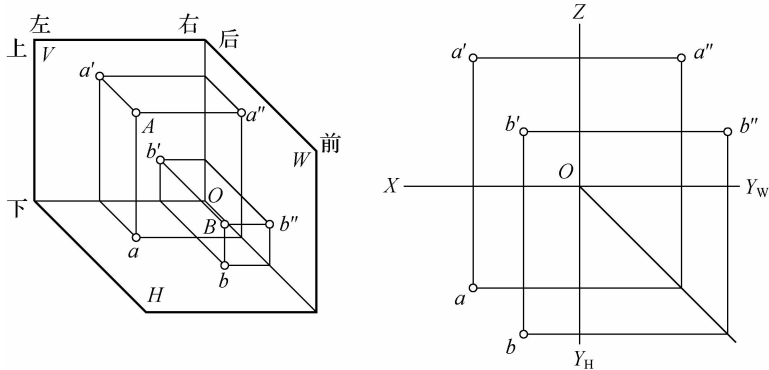


图 2-20 两点的相对位置

4) 重影点

当空间两点处于同一投射线上时,它们在与该投射线垂直的投影面上的投影将相互重合,这样的投影称为重影点。重影点必然有两个坐标值是相等的,而另外一个坐标值不同。

如图 2-21 所示, A 、 B 两点的 X 、 Z 坐标值相等,而 Y 坐标值不相等,它们同时向 V 面投影时,其投影将相互重合,即 $a'(b')$ 为一对重影点。

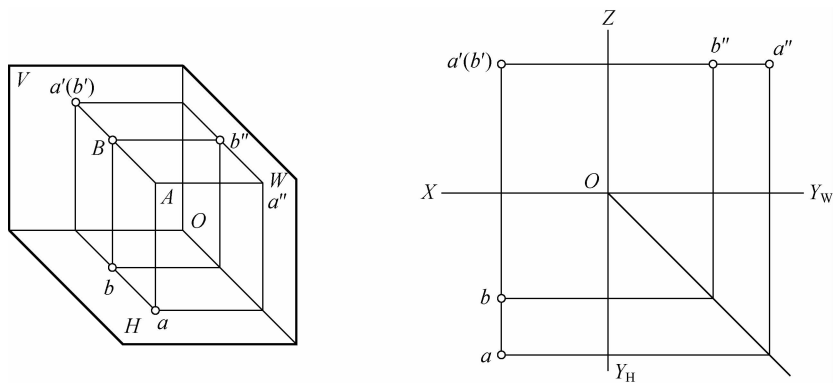


图 2-21 重影点

两点在某一投影面上的投影重合后,即产生了可见性的问题。在某投影面上重影的两点中,距离该投影面较远的点为可见的,而距离该投影面较近的点为不可见的;或比较两点在该投影面内无法反映的那一个坐标值的大小,坐标值大者为可见的,坐标值小者为不可见的。如图 2-21 所示, A 、 B 两点在 V 面上的投影 $a'(b')$ 为一对重影点,因为 A 点较 B 点距 V 面远,所以 a' 可见, b' 不可见。一般把不可见的投影加一括号表示,如 (b') 。

2. 直线的投影

直线是工件相邻平面的交线,它们的投影是工件视图轮廓的重要组成部分。实



实际上直线由两点决定,直线的投影由线上两点的投影决定,因此直线的投影问题仍可归结为点的投影问题。

在三面投影体系中,直线根据位置不同可分为投影面垂直线、投影面平行线和一般位置直线。

1) 投影面垂直线

垂直于一个投影面(同时平行于另外两个投影面)的直线称为投影面垂直线。垂直于水平面 H 的称为铅垂线,垂直于正平面 V 的称为正垂线,垂直于侧平面 W 的称为侧垂线。

投影面垂直线的投影特性为在与其垂直的投影面上的投影积聚为一点,在另外两个投影面上的投影反映直线段的实长且垂直于某一投影轴,如表 2-1 所示。

表 2-1 投影面垂直线的投影特性

名 称	铅垂线	正垂线	侧垂线
立 体 图			
投 影 图			
投影特性	①水平投影积聚为一点; ②其他两个投影反映实长,且分别垂直于 OX 轴与 OY_W 轴	①正面投影积聚为一点; ②其他两个投影反映实长,且分别垂直于 OX 轴与 OZ 轴	①侧面投影积聚为一点; ②其他两个投影反映实长,且分别垂直于 OZ 轴与 OY_H 轴



2) 投影面平行线

平行于一个投影面且与另外两个投影面相倾斜的直线称为投影面平行线。平行于水平面 H 的称为水平线, 平行于正平面 V 的称为正平线, 平行于侧平面 W 的称为侧平线。

投影面平行线的投影特性为在与其平行的投影面上的投影反映直线段的实长, 且反映与另外两个投影面倾角的大小; 在另外两个投影面上的投影是较空间直线缩短了的直线段, 且平行于投影轴, 如表 2-2 所示。

表 2-2 投影面平行线的投影特性

名 称	水平线	正平线	侧平线
立 体 图			
投 影 图			
投影特性	①水平投影反映实长, 且反映与正投影面的夹角 β , 与侧投影面的夹角 γ ; ②其他两个投影处于水平位置, 分别平行于 OX 轴与 OY_w 轴	①正面投影反映实长, 且反映与水平投影面的夹角 α , 与侧投影面的夹角 γ ; ②水平投影处于水平位置, 侧面投影处于竖直位置, 分别平行于 OX 轴与 OZ 轴	①侧面投影反映实长, 且反映与水平投影面的夹角 α , 与正投影面的夹角 β ; ②其他两个投影处于竖直位置, 分别平行于 OY_H 轴与 OZ 轴



3) 一般位置直线

一般位置直线就是与三个投影面都倾斜并成一定角度的直线。一般来说,直线与投影面的夹角特指两者所夹的锐角。如图 2-22 所示,直线 AB 分别与三个投影面倾斜,并与 H 面的夹角为 α ,与 V 面的夹角为 β ,与 W 面的夹角为 γ , AB 就是一条一般位置直线。

一般位置直线的投影特性为在三个投影面上的投影皆为比空间直线缩短了的直线段,且与投影轴都相互倾斜。

一般位置直线在三个投影面上的投影皆不能直接反映直线与投影面之间的夹角。其夹角与实长可根据直线的投影间接求得。

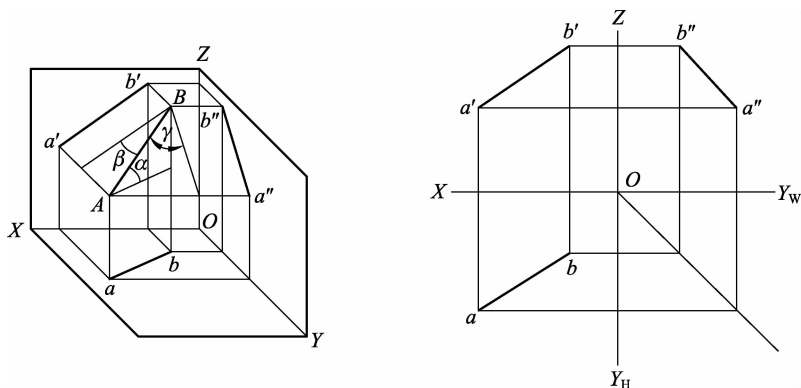


图 2-22 一般位置直线投影

3. 平面的投影

1) 平面表示法

平面是无穷大的,因此在制图中必须确立一种特定的表示平面的方法。制图中表示平面的方法可归结为五类,如图 2-23 所示。

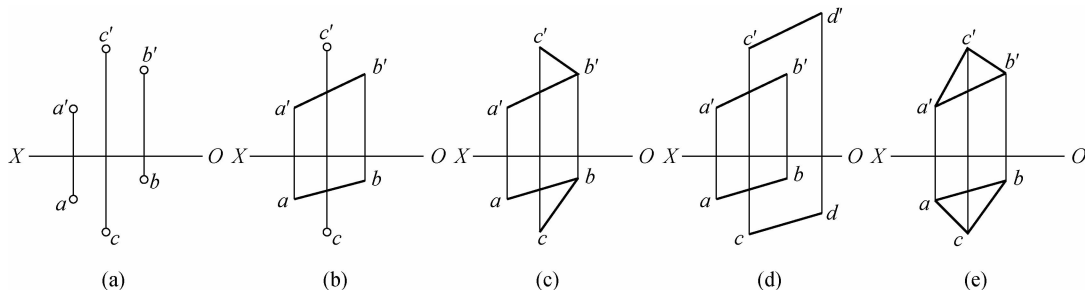


图 2-23 平面表示法

(1)如图 2-23(a)所示,用不在一条直线上的三个点表示一个平面。

(2)如图 2-23(b)所示,用一条直线及直线外的一点表示一个平面。

(3)如图 2-23(c)所示,用两条相交的直线表示一个平面。



(4)如图 2-23(d)所示,用两条相互平行的直线表示一个平面。

(5)如图 2-23(e)所示,用任意一个平面图形表示一个平面,图中所采用的平面图形为一个三角形。

2)各种位置平面的投影特性

在三面投影体系中,平面根据位置不同可分为投影面垂直面、投影面平行面与一般位置平面。

(1)投影面垂直面的投影特性。投影面垂直面的投影特性为在与其垂直的投影面上的投影具有积聚性,积聚成一直线,该直线与两投影轴的夹角反映空间平面与另两投影面的夹角;在另外两个投影面上的投影具有类似性,如表 2-3 所示。

表 2-3 投影面垂直面的投影特性

名 称	铅垂面	正垂面	侧垂面
立 体 图			
投 影 图			
投影特性	①水平投影积聚为一直线段,与OX与OY _H 轴的夹角分别反映与正投影面的夹角 β 和与侧投影面的夹角 γ ; ②正面投影与侧面投影反映原形的类似性	①正面投影积聚为一直线段,与OX与OZ轴的夹角分别反映与水平投影面的夹角 α 和与侧投影面的夹角 γ ; ②水平投影与侧面投影反映原形的类似性	①侧面投影积聚为一直线段,与OY _W 与OZ轴的夹角分别反映与水平投影面的夹角 α 和与正投影面的夹角 β ; ②水平投影与正面投影反映原形的类似性





(2) 投影面平行面的投影特性。投影面平行面的投影特性为在与其平行的投影面上的投影具有真实性, 反映原形的实形; 在另外两个投影面上的投影具有积聚性, 分别积聚成与两投影轴平行的直线, 如表 2-4 所示。

表 2-4 投影面平行面的投影特性

名称	水平面	正平面	侧平面
立体图			
投影图			
投影特性	① 水平投影反映实形; ② 正面投影积聚成一直线, 与 OX 轴平行; ③ 侧面投影积聚成一直线, 与 OY_W 轴平行	① 正面投影反映实形; ② 水平投影积聚成一直线, 与 OX 轴平行; ③ 侧面投影积聚成一直线, 与 OZ 轴平行	① 侧面投影反映实形; ② 水平投影积聚成一直线, 与 OY_H 轴平行; ③ 正面投影积聚成一直线, 与 OZ 轴平行

(3) 一般位置平面的投影特性。一般位置平面在三面投影体系中与三个投影面都是倾斜的。一般位置平面的投影特性是在三个投影面上都反映了正投影的类似性。如果用 $\triangle ABC$ 表示平面, 那么它在三个投影面上的投影都是比原形小的三角形, 三个投影都不反映实形, 与原形也不具有相似性, 如图 2-24 所示。

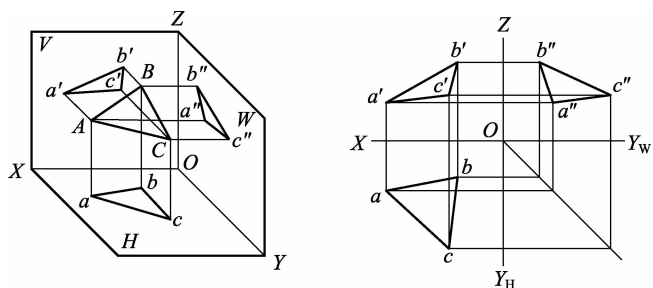


图 2-24 一般位置平面投影



任务工单引导

1. 识读图 2-1 所示正五棱柱的立体图和图 2-2 所示正五棱柱的三视图,说说它们之间顶点、棱线、形体表面之间的对应关系。

2. 正五棱柱按图 2-2 所示位置关系进行正投影,那么:

(1) 构成正五棱柱的 7 个表面中,有一般位置平面_____个,正平面_____个,侧平面_____个,水平面_____个,正垂面_____个,侧垂面_____个,铅垂面_____个。

(2) 构成正五棱柱的 15 条棱线中,有一般位置直线_____条,正垂线_____条,侧垂线_____条,铅垂线_____条,正平线_____条,侧平线_____条,水平线_____条。

3. 给这个正五棱柱的 10 个顶点分别命名为 C、D、E、F、G 和 C_1 、 D_1 、 E_1 、 F_1 、 G_1 ,在图 2-1 和图 2-2 上分别标出它们对应的位置,并注明字母。

4. 用 A4 图纸,采用适当的比例,抄画图 2-2 中正五棱柱的三视图。

任务 2.2

基本体的三视图、表面取点与尺寸标注



任务布置

选用合适的图幅,采用适当的绘图比例,绘制图 2-25 所示简单组合体的三视图,并标注尺寸。图框不留装订边。已知:正六棱柱底面边长 30 mm,高 20 mm;圆柱体底面直径 40 mm,高 50 mm;圆柱体底面圆心与正六棱柱上表面几何中心重合。

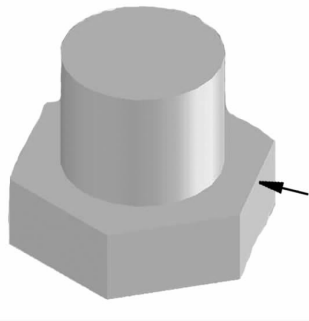


图 2-25 简单组合体



任务分析

实际上,任何复杂的立体都是由一些单一的几何形体经叠加、挖切等过程组合而成的。这些单一的几何形体有正棱锥、正棱柱、正圆柱、正圆锥、圆球等(本书中省去“正”字,即直接称为棱锥、棱柱、圆柱、圆锥)。在机械制图中习惯上把这些单一的形体称为基本体,而将组合后的形体称为组合体。因此,研究基本体的三视图是研



究复杂形体三视图的基础,必须熟练掌握基本体的三视图及其投影规律。

为了便于研究问题,通常把基本体分为平面基本体和曲面基本体两类。像棱柱、棱锥等单纯由若干平面包围而成的基本体称为平面基本体;而像圆柱、圆锥、圆球等由若干曲面或曲面与平面包围而成的基本体称为曲面基本体。

本任务涵盖了基本体中平面立体六棱柱和曲面立体圆柱体的画法,具有代表性。

知识链接

2.2.1 平面基本体的三视图

棱柱、棱锥等平面基本体是由若干个多边形包围而成的,因此绘制平面基本体的投影可归结为绘制各表面的投影。包围平面基本体的这些平面称为棱面,而棱面间的交线称为棱线。棱面是由棱线围成的,求作棱线的两端点即可得棱线的投影,因此绘制平面基本体的投影又可归结为绘制棱线及其端点的投影。

1. 棱柱

棱柱是由若干个侧棱面和两个平行、全等的多边形顶面、底面围成的平面基本体。侧棱面之间及侧棱面与顶面、底面之间的交线统称为棱线。根据棱面的个数(棱线的条数),棱柱可分为三棱柱、四棱柱等。

1) 棱柱的三视图

图 2-26 所示正六棱柱是由全等的正六边形顶面、底面,再加上六个侧棱面共同包围而成的,同时六个侧棱面两两相交产生六条侧棱线。为了便于投影,将正六棱柱正确摆放(底面或顶面与水平投影面平行,其中一个侧棱面平行于正投影面),然后对正观察,并分别向三个投影面上进行投影,其投影分析如下:

(1)顶面、底面为水平面,在水平投影面上的投影重合且皆反映顶面、底面的实形;在正投影面与侧投影面上的投影皆具有积聚性,分别积聚为两条直线段。

(2)六个侧棱面中,前、后两个面是正平面,在正投影面上的投影重合,反映棱面实形;另外四个面为铅垂面,其水平投影积聚为四条与投影轴倾斜的直线段,正面投影与侧面投影具有类似性,且侧面投影两两对应重合。

(3)顶面、底面各有六条棱线,其中前、后两条为侧垂线,另外四条为水平线;而六条侧棱线均为铅垂线。

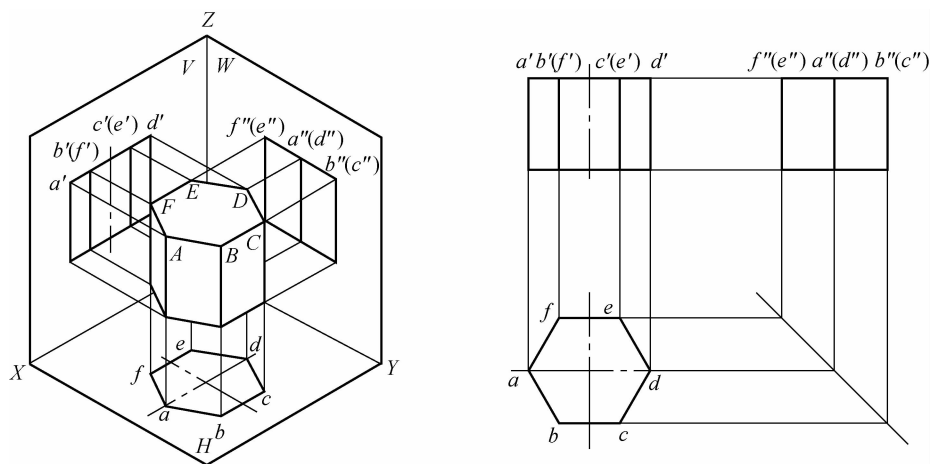


图 2-26 正六棱柱投影的形成及其三视图

画棱柱的投影时,一般先画出对称中心线,再画出与棱柱顶面、底面相平行的投影面上的投影;然后根据投影关系画出它在另外两个投影面上的投影。绘制形体三视图的基本过程可以概括为“正确摆放,对正观察,画出投影”。这里所谓“正确摆放”的基本原则就是使构成形体的线、面等基本要素尽量多地属于特殊位置的线、面。当对上述正六棱柱进行投影时,其摆放位置应确保顶面、底面都属于水平面,其中两个侧棱面属于正平面,另外四个侧棱面属于铅垂面。当然,这里所谓的“正确”并不是一成不变的,在具体绘图时要灵活运用。

画平面基本体投影时,还须判断棱线的可见性。不可见棱面的交线必不可见,投影用虚线画出。实际作图时,立体的三视图不必画出投影轴、投影连线等,只要符合三视图的投影规律(三等关系)即可。

2) 棱柱表面取点

在平面基本体表面取点,其原理为过点作线、线上取点。正五棱柱如图 2-27(a) 所示,根据已知条件,补画第三视图,并求作形体表面三点 A、B、C 的三面投影。作图结果如图 2-27(b) 所示,作图步骤如下:

(1) 根据棱柱的投影特性,作出正五棱柱的第三视图。

(2) 求作 A 点的三面投影。从已知的 A 点的正面投影 a' 分析, A 点可能是上部前后两个对称侧棱面上的点,再根据其可见性, A 点属于上、前侧棱面上的点;该侧棱面是侧垂面,在侧面投影上具有积聚性,根据“高平齐”可得 A 点的侧面投影 a'' ; 已知 A 点的两面投影,求作其第三面投影 a 并判断其可见性。

(3) 求作 B 点的三面投影。从已知的 B 点的正面投影 (b') 分析, B 点可能是下



部前后两个对称侧棱面上的点,再根据其不可见, B 点属于下、后侧棱面上的点;该侧棱面是侧垂面,在侧面投影上具有积聚性,根据“高平齐”可得 B 点的侧面投影 b'' ;已知 B 点的两面投影,求作其第三面投影 b 并判断其可见性。

(4)求作 C 点的三面投影。从已知的 C 点的侧面投影 c'' 分析,由于五个侧棱面在侧投影面上都积聚成直线段, C 点不可能是五个侧棱面上的点,只能是顶面、底面上的点,再根据其可见性, C 点属于左底面上的点;左底面是侧平面,在正面投影上具有积聚性,根据“高平齐”可得 C 点的正面投影 c' ;已知 C 点的两面投影,求作其第三面投影 c 并判断其可见性。

求作在某一投影面上具有积聚性的平面上的点的投影时,在该投影面内不判断该点的可见性。

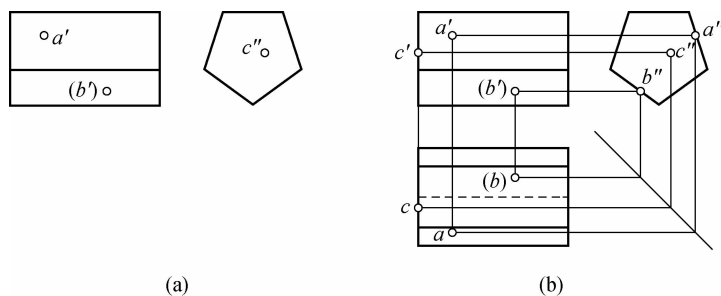


图 2-27 补画正五棱柱的第三视图并在表面取点

2. 棱锥

棱锥就是由一个底面和若干个侧棱面包围而成的平面基本体。侧棱面之间及侧棱面与底面之间的交线统称为棱线。这几个侧棱面有一个公共点,称为棱锥的顶点。根据侧棱面的个数(棱线的条数),棱锥可分为三棱锥、四棱锥等。

1) 棱锥的三视图

图 2-28 所示的正三棱锥是由一个正三角形底面,再加上三个侧棱面共同包围而成的,同时三个侧棱面两两相交产生三条侧棱线。三个侧棱面(棱线)的公共点为三棱锥的顶点。正三棱锥图示的摆放位置是底面为水平面,其中一个侧棱面 SAC 为侧垂面,另外两个棱面为一般位置平面。在此摆放位置对正观察并分别向三个投影面进行投影,其投影分析如下:

(1)正三棱锥的底面 $\triangle ABC$ 为水平面,其水平投影 $\triangle abc$ 具有真实性,反映底面的实形;其正面投影与侧面投影具有积聚性,分别积聚为平行于 OX 轴的直线段 $a'b'c'$ 与平行于 OY_w 轴的直线段 $a''(c'')b''$ 。



(2) 正三棱锥的其中一个侧棱面 $\triangle SAC$ 为一个侧垂面,它在侧投影面上的投影具有积聚性,积聚为一条与投影轴倾斜的直线段 $s''a''(c'')$;在另外两个投影面上的投影具有类似性,分别投影为类似的三角形 $\triangle sac$ 与 $\triangle s'a'c'$ 。

(3) 正三棱锥的另外两个侧棱面 $\triangle SAB$ 与 $\triangle SBC$ 为一般位置平面,其三面投影都具有类似性,不反映侧棱面的实形; $\triangle SAB$ 与 $\triangle SBC$ 的侧面投影重合。

(4) 三个侧棱面的水平投影与底面的水平投影重合。

(5) 侧棱面 $\triangle SAB$ 和 $\triangle SBC$ 的正面投影与 $\triangle SAC$ 的正面投影重合。

(6) 底面上的三条棱线中,直线 AC 为侧垂线,直线 AB 、 BC 为水平线;三条侧棱线中,直线 SA 、 SC 为一般位置直线,直线 SB 为侧平线,其投影特性请读者自行分析。

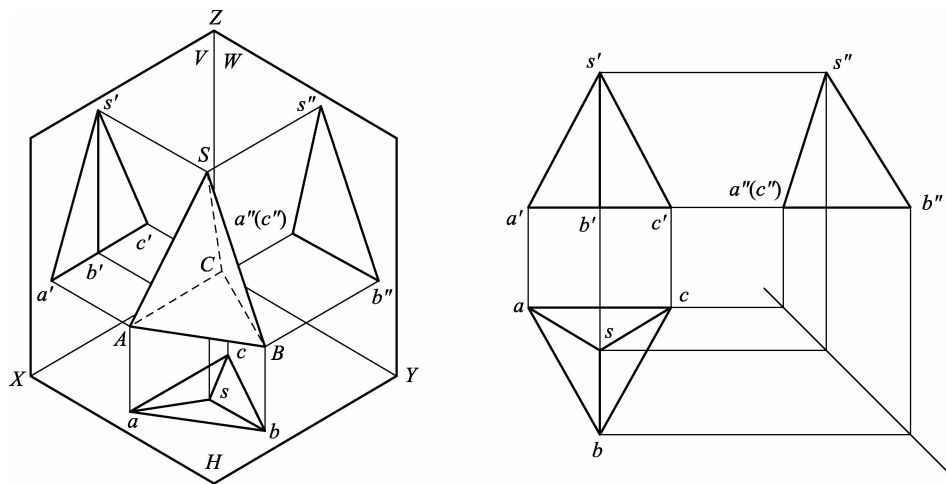


图 2-28 正三棱锥投影的形成及其三视图

2) 棱锥表面取点

三棱锥的三视图如图 2-29(a)所示,已知 K 、 M 、 N 是三棱锥表面上的点,给定其单面投影,求作其三面投影。根据给定三棱锥的三视图进行分析,三棱锥底面 $\triangle ABC$ 为水平面,侧棱面 $\triangle SAC$ 为侧垂面,另外两个侧棱面为一般位置平面;底面棱线 AC 为侧垂线, AB 、 BC 为水平线;侧棱线 SB 为侧平线,另外两条侧棱线 SA 、 SC 为一般位置直线。作图结果如图 2-29(b)所示,作图步骤如下:

(1) 求作点 K 的三面投影。从已知的点 K 的正面投影(k')分析,点 K 可能是 $\triangle SAB$ 或 $\triangle SAC$ 侧棱面上的点,再根据其不可见,断定点 K 属于 $\triangle SAC$ 上的点; $\triangle SAC$ 是侧垂面,在侧面投影上具有积聚性,作“高平齐”的投影线与积聚线 $s''a''(c'')$ 相交,可得点 K 的侧面投影 k'' ;已知 K 点的两面投影,求作其第三面投影 k 并判断其可见性。

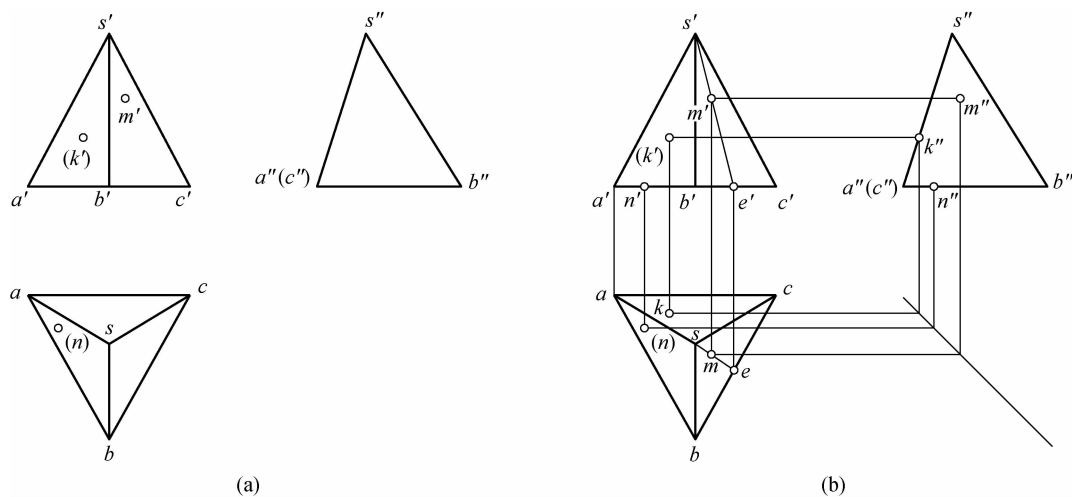


图 2-29 三棱锥表面取点

(2)求作点 M 的三面投影。从已知的点 M 的正面投影 m' 分析,点 M 可能是 $\triangle SBC$ 或 $\triangle SAC$ 上的点,再根据其可见性,断定点 M 属于 $\triangle SBC$ 上的点;而 $\triangle SBC$ 属于一般位置平面,在三面投影上无积聚性,无法直接求作其投影;为此,连接 s' 、 m' ,与 $b'c'$ 交于 e' , E 属于 BC 上的点,求作点 E 的水平投影 e ,连接 s 、 e ;过 m' 作连影线与 se 相交,得点 M 的水平投影 m ;已知点 M 的两面投影,求作其第三面投影并判断其可见性。

(3)求作点 N 的三面投影。从已知的点 N 的水平投影 n 分析,点 N 可能是侧棱面 $\triangle SAB$ 或底面 $\triangle ABC$ 上的点,再根据其不可见,断定点 N 属于 $\triangle ABC$ 上的点;而 $\triangle ABC$ 属于水平面,在另外两个投影面上都具有积聚性,这样根据点的投影规律求作其两面投影 n' 、 n'' 。

2.2.2 曲面基本体的三视图

工程上常见的曲面基本体是回转体。回转体是由回转面与平面所围成的立体。回转面是由母线(直线或曲线)绕某一轴线旋转而成的。常见的回转体有圆柱、圆锥、圆球等。母线落在回转面上的任意一个位置时,称为素线。投影时的最左、最右、最前、最后的素线,是决定某一投影方向上观察回转面时可见与不可见部分的分界线,把这些素线统称为转向轮廓线。

母线是假想的,只有一条;而素线是实际存在的,有无数条。

1. 圆柱

1) 圆柱的三视图

如图 2-30 所示,圆柱是由顶面、底面两个圆与圆柱面包围而成的。圆柱在三面



投影体系中的摆放位置为顶、底面圆为水平面。在此摆放位置下,圆柱面上的 AA_1 和 BB_1 是最左、最右,同时也是决定圆柱面前、后方向可见与不可见的转向轮廓线; CC_1 和 DD_1 为最前、最后,同时也是决定圆柱面左、右方向可见与不可见的转向轮廓线。

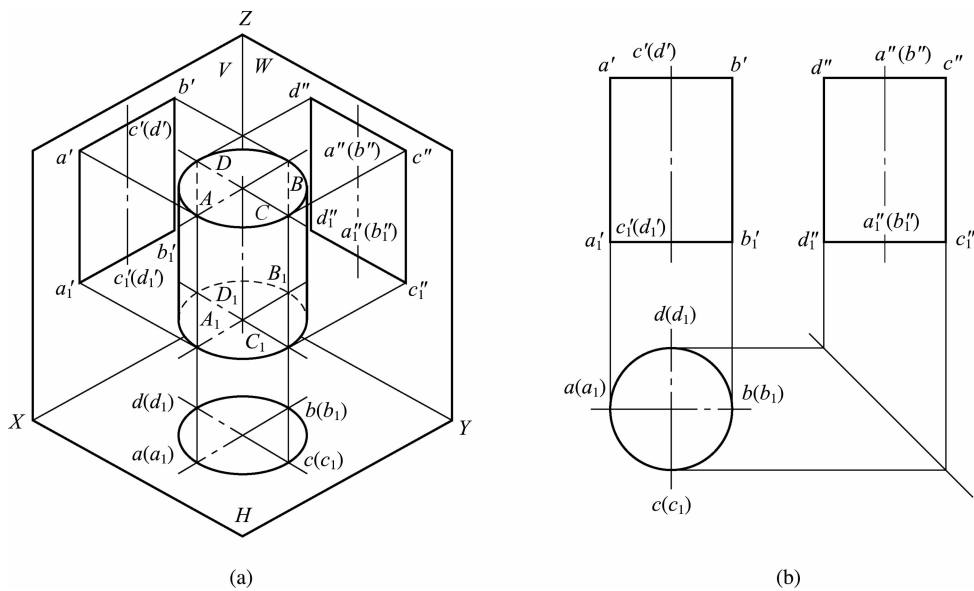


图 2-30 圆柱的三视图

圆柱的投影分析如下:

(1) 圆柱的顶、底面为水平面,其水平投影具有真实性,反映圆的实形;其另外两个投影面的投影具有积聚性,分别积聚为平行于相应投影轴的直线段,直线段的长度为圆的直径。

(2) 圆柱面上所有的素线为铅垂线,圆柱面为铅垂面,在水平投影面上具有积聚性,积聚为一个圆,该圆与顶、底面的水平投影面相重合。

(3) 圆柱面的正面投影轮廓由 AA_1 与 BB_1 两条转向轮廓线的正面投影决定,介于两者前半圆柱面是可见部分,后半部分为不可见部分,前、后两部分的正面投影相重合;这两条转向轮廓线的水平投影分别积聚为 $a(a_1)$ 与 $b(b_1)$ 两点,其侧面投影皆与轴线投影重合,省略不画。

(4) 圆柱面的侧面投影轮廓由 CC_1 与 DD_1 两条转向轮廓线的侧面投影决定,介于两者左半个圆柱面是可见部分,右半部分为不可见部分,左、右两部分的侧面投影相重合;这两条转向轮廓线的水平投影分别积聚为 $c(c_1)$ 与 $d(d_1)$ 两点,其正面投影皆与轴线投影重合,省略不画。



2) 圆柱表面取点

圆柱的三视图如图 2-31(a) 所示, 已知 K 、 M 、 N 是圆柱表面上的点, 给定其单面投影求作其三面投影。对圆柱三视图进行投影分析, 其顶、底面为水平面, 在水平投影面上具有真实性, 在另外两个投影面上具有积聚性; 圆柱面在水平投影面上具有积聚性。作图结果如图 2-31(b) 所示, 作图步骤如下:

(1) 求作点 K 的投影。已知点 K 的水平投影 k 落入圆内, 且可见, 可以断定点 K 是圆柱顶面上的点, 根据“长对正”作连影线, 与顶面在正投影面的积聚线交于 k' , 即为点 K 的正面投影; 已知两面投影, 求作点 K 的侧面投影 k'' , 判断其可见性。

(2) 求作点 M 的投影。已知点 M 的正面投影 m' 可见, 可以断定点 M 是前半部分圆柱面上的点; 过 M' 向水平投影面作连影线, 与水平投影的前半部分圆交于 m , 即为点 M 的水平投影; 已知两面投影, 求作点 M 的侧面投影 m'' , 判断其可见性。

(3) 求作点 N 的投影。已知点 N 的侧面投影不可见, 可以断定点 N 是右半部分圆柱面上的点; 过 n'' 借助辅助线作“宽相等”连影线, 与水平投影的右半部分圆交于 n , 即为点 N 的水平投影; 已知两面投影, 求作点 N 的正面投影 n' , 判断其可见性。

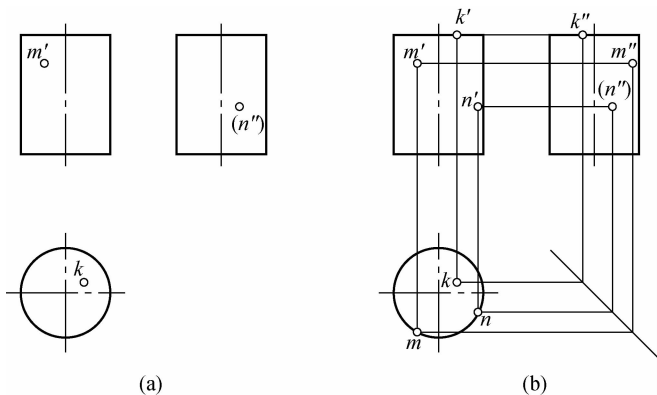


图 2-31 圆柱表面取点

2. 圆锥

1) 圆锥的三视图

如图 2-32 所示, 圆锥是由一个底面与一个圆锥面包围而成的。圆锥在图中三面投影体系中的摆放位置为底面圆为水平面。在此摆放位置下, 圆锥面上的 SA 和 SB 为最左、最右, 同时也是决定圆锥面前、后方向可见与不可见的转向轮廓线; SC 和 SD 为最前、最后, 同时也是决定圆柱面左、右方向可见与不可见的转向轮廓线。

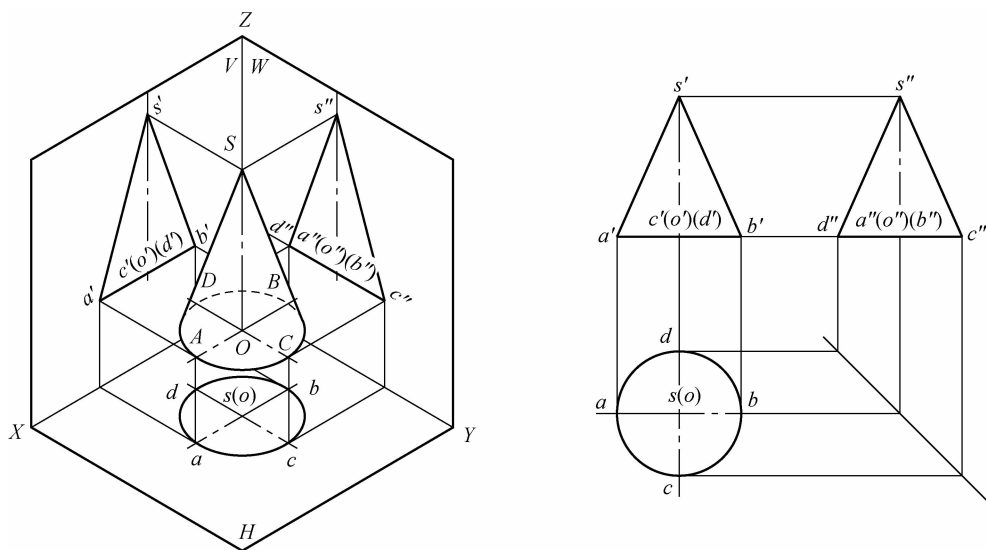


图 2-32 圆锥的三视图

圆锥的投影分析如下：

(1)圆锥的底面为水平面,其水平投影具有真实性,反映底面圆的实形;其另外两个投影面的投影具有积聚性,分别积聚为平行于相应投影轴的直线段,直线段的长度为底面圆的直径。

(2)圆锥面的三面投影都没有积聚性。圆锥面的水平投影为圆,其与底面的水平投影相重合,整个圆锥面的水平投影都可见。

(3)圆锥面的正面投影轮廓由 SA 与 SB 两条转向轮廓线的正面投影决定,介于两者前半圆锥面是可见部分,后半部分为不可见部分,前、后两部分的正面投影相重合;这两条转向轮廓线的水平投影与圆锥水平投影圆的水平对称中心线重合,省略不画,侧面投影与圆锥轴线的侧面投影重合,亦省略不画。

(4)圆锥面的侧面投影轮廓由 SC 与 SD 两条转向轮廓线的侧面投影决定,介于两者左半个圆锥面是可见部分,右半部分为不可见部分,左、右两部分的侧面投影相重合;这两条转向轮廓线的水平投影与圆锥水平投影圆的垂直对称中心线重合,省略不画,正面投影与圆锥轴线的正面投影重合,亦省略不画。

2)圆锥表面取点

圆锥的三视图如图 2-33(a) 所示,已知 M 、 N 是圆锥表面上的点,给定其单面投影求作两点的三面投影。对圆锥三视图进行投影分析,其底面为水平面,在水平投影面上具有真实性,在另外两个投影面上具有积聚性;圆锥面在三面投影上都没有积聚性。作图结果如图 2-33(b)所示,作图步骤如下:



(1)求作点 M 的投影。已知点 M 的正面投影可见,可以断定点 M 是前半部分圆锥面上的点,连接 s' 、 m' 作辅助素线的正面投影,与底面正面投影的积聚线交于 k' ;过 k' 向水平投影面作“长对正”的连影线,与底面水平投影的圆交于 k ,连接 s 、 k 求出辅助素线的水平投影;过 m' 向水平投影作连影线,与辅助素线的水平投影交于 m ,即为点 M 的水平投影;已知两面投影,求作点 M 的侧面投影 m'' ,判断其可见性。

(2)求作点 N 的投影。已知点 N 的侧面投影(n'')不可见,其落在圆锥轴线的侧面投影上,可以断定点 N 是圆锥面最右边一条转向轮廓素线上的点;过(n'')向正投影面作“高平齐”的连影线,与正投影面上最右边转向轮廓素线的投影交于 n' ,即为点 N 的正面投影;过 n' 向水平投影面作“长对正”的连影线,与该转向轮廓素线在水平投影面上的投影(圆的水平对称中心线)交于 n ,即为点 N 在水平投影面上的投影,判断其可见性。

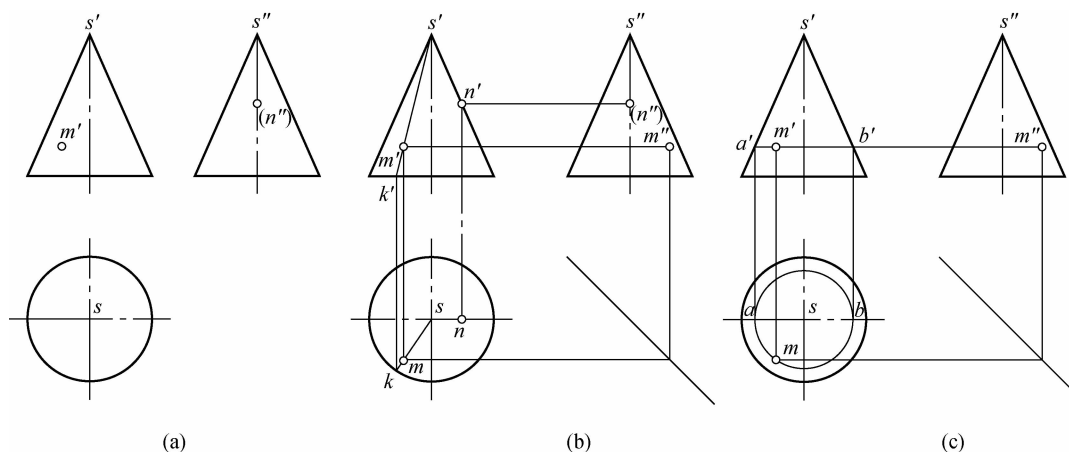


图 2-33 圆锥表面取点

上述方法求作点 M 的投影时要借助一条辅助素线来进行,通常把这种方法称为辅助素线法。实际上,类似的问题还可以采用另外一种方法来解决,如图 2-33(c)所示。因为要借助一个辅助圆,通常把这种方法称为辅助纬圆法。下面简述利用辅助纬圆法进行圆锥表面取点的方法。

如图 2-33(c)所示,求点 M 的三面投影,首先假想用过一个点 M 的水平面去截切圆锥面,这时,该截切平面与圆锥面交于一个圆,这个圆的直径就是 $a'b'$ 的长度;这个圆是水平面,因此在水平投影面上的投影反映实形,这就可以在水平投影面上以圆锥底面投影的圆心为圆心、以 $a'b'$ 长度为直径作一圆,就是辅助圆在水平投影面上的投影;过 m' 以“长对正”向水平投影面作连影线,与辅助圆水平投影的前半部分交于 m ,即点 M 的水平投影。



已知点 M 的两面投影,求作点 M 的侧面投影 m'' ,判断其可见性。

3. 圆球

1) 圆球的三视图

圆球任何方向的投影都是等径的圆,如图 2-34(a)所示。 A 是表示球面前后方向可见与不可见的转向轮廓线,即最大正平圆; B 是表示球面上、下方向可见与不可见的转向轮廓线,即最大水平圆; C 是表示球面左、右方向可见与不可见的转向轮廓线,即最大侧平圆。这三条转向轮廓线在圆球三视图中投影的画法如图 2-34(b)所示,请读者自行分析。

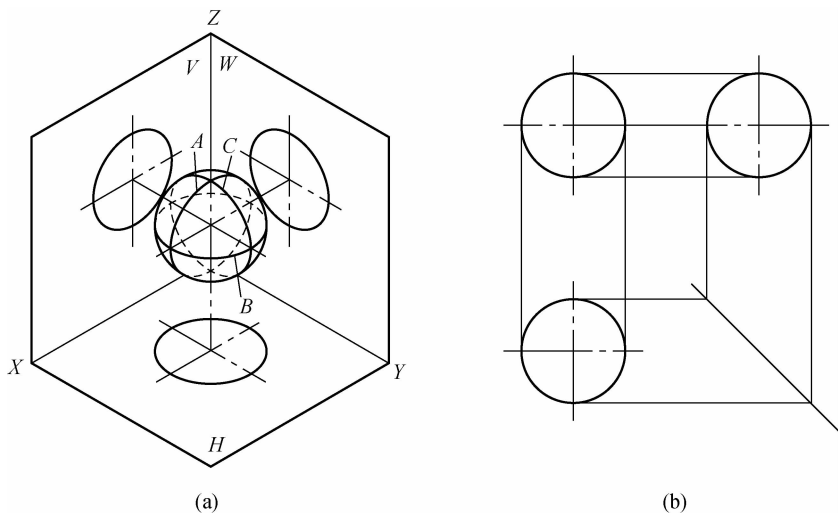


图 2-34 圆球的三视图

2) 圆球表面取点

在圆球面上以任意位置平面截切都会得到一个圆。因此,圆球表面取点可用过已知点在球面上作平行投影面的辅助圆的方法求得。

圆球的三视图如图 2-35(a)所示,已知 M 是圆球表面上的点,给定其单面投影,求作 M 点的三面投影。作图结果如图 2-35(b)所示,作图步骤如下:

(1) 设过点 M 作一水平面截切圆球,与圆球表面交于一个圆,则过 m' 作水平线,与圆球的正面投影交于 e' 、 f' , $e'f'$ 即为该截交圆在正面投影面上的积聚性投影。

(2) 该截交圆的水平投影反映其实形,直径即为 $e'f'$ 的长度,因此过 e' 向水平投影面作连影线,与圆球水平投影面上的水平对称轴交于 e ,过 e 作圆,即为截交圆的水平投影。

(3) 过 m' 作水平投影面的连影线,与截交圆的水平投影交于 m ,即为点 M 的水平投影。

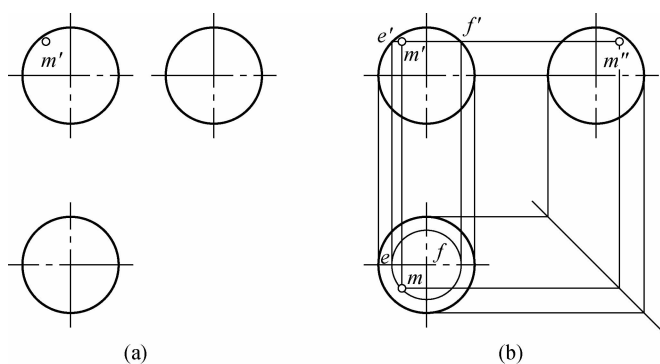


图 2-35 圆球表面取点

(4) 已知点 M 的两面投影, 求作其侧面投影 m'' , 判断其可见性。

2.2.3 基本体的尺寸标注

物体的三视图只能表达其结构形状, 其大小可由尺寸来表示。基本体只有定形尺寸, 其大小通常由长、宽、高三个方向的尺寸来表达。

1. 平面基本体的尺寸标注

平面基本体的尺寸要根据其具体形状进行标注, 如图 2-36 所示。图 2-36(c) 中六棱柱的底面正六边形的尺寸有两种标注方法: 一种是标注出正六边形的对角线尺寸, 即外接圆的直径; 另一种是标注出对边尺寸。通常采用后一种标注方法, 而将对角线尺寸作为参考尺寸标出(加括号)。图 2-36(d) 中正五棱柱底面的正五边形尺寸可只标注出正五边形外接圆的直径。

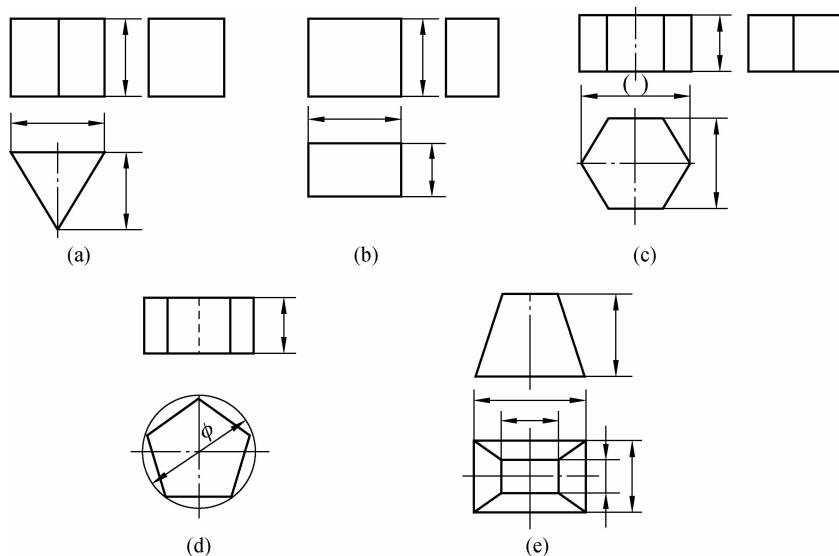


图 2-36 平面基本体的尺寸标注



2. 曲面基本体的尺寸标注

曲面基本体的直径一般标注在投影为非圆的视图上,且在尺寸数字前加注直径符号 ϕ ,球面直径尺寸数字前应加注“S ϕ ”。曲面基本体的尺寸标注如图 2-37 所示。

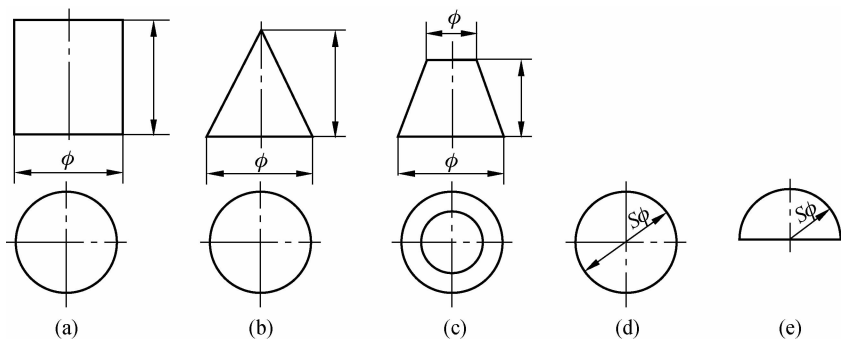


图 2-37 曲面基本体的尺寸标注



任务工单引导

1. 工具准备

需要用到 HB 铅笔、2B 铅笔、图板、丁字尺、三角板、圆规、图纸、橡皮、透明胶带等工具。

2. 简单组合体三视图的绘制

(1)确定图幅和绘图比例。该组合体外形大致为 $60\text{ mm} \times 60\text{ mm} \times 70\text{ mm}$,按任务要求,可选用 A4 图幅。在绘图比例的选择上,结合幅面尺寸选择,综合考虑其最佳表达效果和图面的审美价值,选用绘图比例 1 : 1。

(2)固定图纸,按照国家标准的要求,绘制图框和标题栏。

(3)分析形体。这个简单组合体可看作圆柱体和六棱柱的上下叠加。作为初学者,建议先分别绘制这两个基本体的三视图,再判断它们重合表面的关系和表达方式。

(4)确定主视图方向。如图 2-38 所示,箭头所指投射方向能较多地反映组合体的形状特征和相对位置,选图示方向作为主视图的投射方向。

(5)确定定位基准,画出基准线。这个简单组合体左右对称,前后对称,上下不对称,先确定定位基准,长度方向和宽度方向的基准为圆柱中轴线。高度方向的基准为六棱柱下底面。绘制基准线时应考虑整体图面的构图。

(6)绘制底稿。绘制正六棱柱三视图;绘制圆柱体三视图。

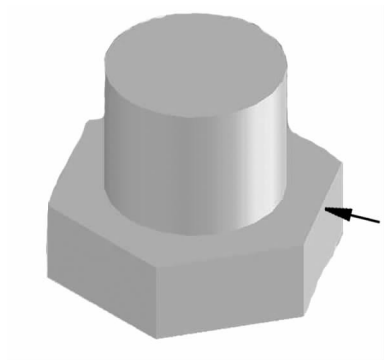


图 2-38 主视图方向

3. 检查与描深

- (1) 对底稿进行一次彻底检查和清理,修正错误并擦去多余的作图线。
- (2) 先加深图样中的圆与圆弧。
- (3) 用丁字尺与三角板按照水平线、垂直线、倾斜线的顺序加深图样中的粗实线。
- (4) 描深中心线。

4. 按照国家标准的要求标注尺寸

标注时先标注总体尺寸、定形尺寸,再标注定位尺寸。最后检查尺寸标注,以确保无重复、无遗漏。

5. 书写技术要求,填写标题栏

书写技术要求,填写标题栏等,完成作图。