

模块一

制图基本知识



知识目标

熟悉制图国家标准关于图幅、比例、字体、图线、尺寸注法等的基本规定；
掌握常用绘图工具的使用方法；
熟悉常见几何图形的作图方法；
掌握平面图形的分析与绘制方法；
掌握徒手绘制草图的方法。



技能目标

能够正确分析、绘制平面图形；
能够正确标注尺寸。



相关知识

课题一 制图国家标准的基本规定

一、图纸幅面和格式

1. 图纸幅面

图纸幅面是指绘制工程图时所使用图纸的大小。为了合理使用图纸和便于资料管理，绘图用的图幅尺寸应符合表 1-1 的规定。基本幅面代号有 A0、A1、A2、A3、A4 五种。必要时，也允许选用国家标准所规定的加长幅面。这些幅面的尺寸由基本幅面的短边成整数倍增加后得出，如图 1-1 所示。

表 1-1 图纸幅面代号和尺寸

单位：mm

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841×1 189	594×841	420×594	297×420	210×297
a	25				
c	10			5	
e	20		10		

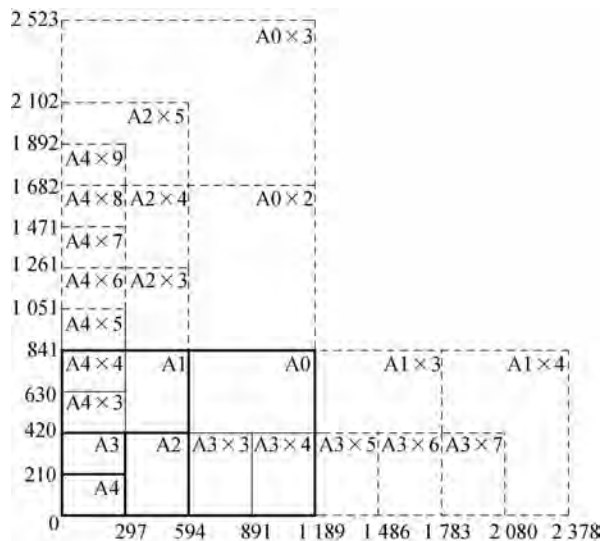


图 1-1 图纸的幅面及加长尺寸

2. 图框格式

在绘制图样时,图纸上必须用粗实线绘制出图框,其格式分为留有装订边和不留装订边两种。需要装订的图样应留装订边,其图框格式如图 1-2 所示。不需要装订边的图框格式如图 1-3 所示。但同一产品的图样只能采用同一种格式,图样必须画在图框之内。

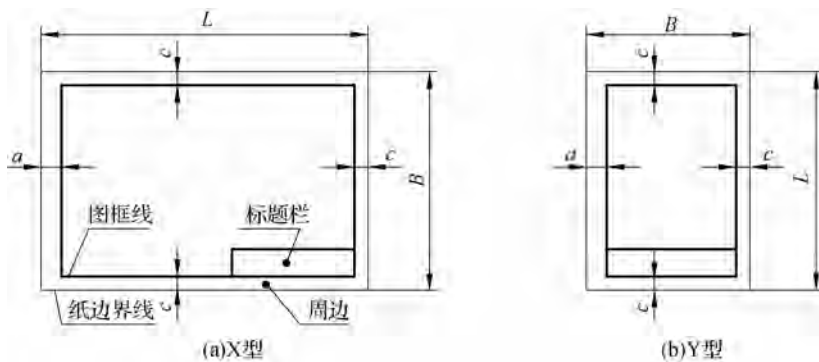


图 1-2 留有装订边的图框格式

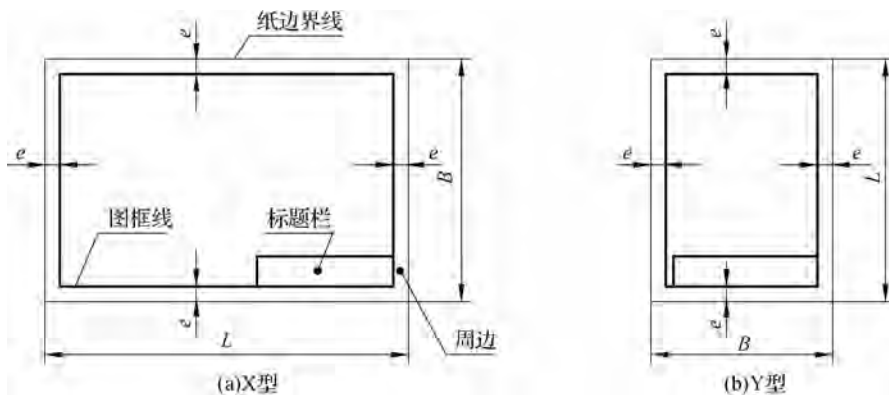


图 1-3 不留装订边的图框格式

3. 标题栏

标题栏位于图纸的右下角,其格式、内容和尺寸在国家标准 GB/T 10609.1—2008 中已作了规定。为了简化作图,在制图作业中建议采用如图 1-4 所示的简易标题栏格式。

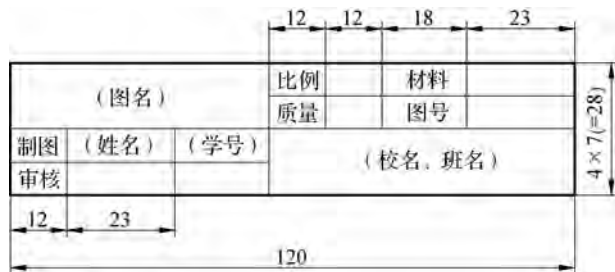


图 1-4 简易标题栏格式

当标题栏的长边置于水平方向并与图纸的长边平行时,则构成 X 型图纸,见图 1-2(a)和图 1-3(a);当标题栏的长边与图纸的长边垂直时,则构成 Y 型图纸,见图 1-2(b)和图 1-3(b)。看图的方向要与看标题栏的方向一致。

二、比例

比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。

- (1)原值比例。原值比例是比值为 1 的比例,即 1 : 1。
- (2)放大比例。放大比例是比值大于 1 的比例,如 2 : 1 等。
- (3)缩小比例。缩小比例是比值小于 1 的比例,如 1 : 2 等。

绘图时应尽量采用原值比例,需要按比例绘制图样时,从表 1-2 规定的系列中选取适当的比例。

表 1-2 常用比例(摘自 GB/T 14690—1993)

种 类	优先选择系列	允许选择系列
原值比例	1 : 1	—
放大比例	2 : 1, 5 : 1, 1.1 × 10 ⁿ : 1, 2 × 10 ⁿ : 1, 5 × 10 ⁿ : 1	2.5 : 1, 4 : 1, 2.5 × 10 ⁿ : 1, 4 × 10 ⁿ : 1
缩小比例	1 : 2, 1 : 5, 1 : 10, 1 : 1 × 10 ⁿ , 1 : 2 × 10 ⁿ , 1 : 5 × 10 ⁿ	1 : 1.5, 1 : 2.5, 1 : 3, 1 : 4, 1 : 6, 1 : 1.5 × 10 ⁿ , 1 : 2.5 × 10 ⁿ , 1 : 3 × 10 ⁿ , 1 : 4 × 10 ⁿ , 1 : 6 × 10 ⁿ

注: n 为正整数。

三、字体

图样上除了表达物体形状的图形外,还要用数字和文字说明物体的大小、技术要求和其他内容。在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。

(1)字体的号数代表字体的高度 h ,其公称尺寸系列为 1.8 mm、2.5 mm、3.5 mm、5 mm、7 mm、10 mm、14 mm、20 mm。

(2)汉字应写成长仿宋体,并采用国家正式公布推行《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)字母和数字分为A型和B型两种。A型字体的笔画宽度 d 为字高的 $1/14$,B型字体的笔画宽度 d 为字高的 $1/10$ 。在同一张图样上,只允许选用一种型式的字体。

(4)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° 。

图1-5和图1-6所示为图样上常见字体的书写示例。

字体端正 笔画清楚
排列整齐 间隔均匀
横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格

图 1-5 长仿宋字



图 1-6 数字和字母

四、图线

1. 基本线型

国家标准《机械制图 图样画法 图线》规定了机械图样中常用的九种图线的代码、名称、型式、宽度及一般应用,具体内容见表1-3。

表 1-3 图线的名称、型式、宽度及其用途

图线名称	线 型	线 宽	一般应用
粗实线		d	可见轮廓线
细实线		$0.5d$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、重合断面的轮廓线、指引线和基准线
细虚线		$0.5d$	不可见轮廓线
粗虚线		d	允许表面处理的表示线
细点画线		$0.5d$	轴线、对称中心线等
粗点画线		d	限定范围表示线
细双点画线		$0.5d$	极限位置的轮廓线、相邻辅助零件的轮廓线等
波浪线		$0.5d$	断裂处边界线、视图与剖视图的分界线
双折线		$0.5d$	

2. 图线宽度

机械图样中采用粗、细两种线宽,其比例关系为2:1。图线宽度 d 应根据图样的类型、大小、比例和缩微摄影的要求在下列数值中选取: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,优先采用0.5 mm或0.7 mm。为了保证图样清晰易读,图样上应避免出现线宽小于0.18 mm的图线。

图1-7所示为常用图线应用举例。

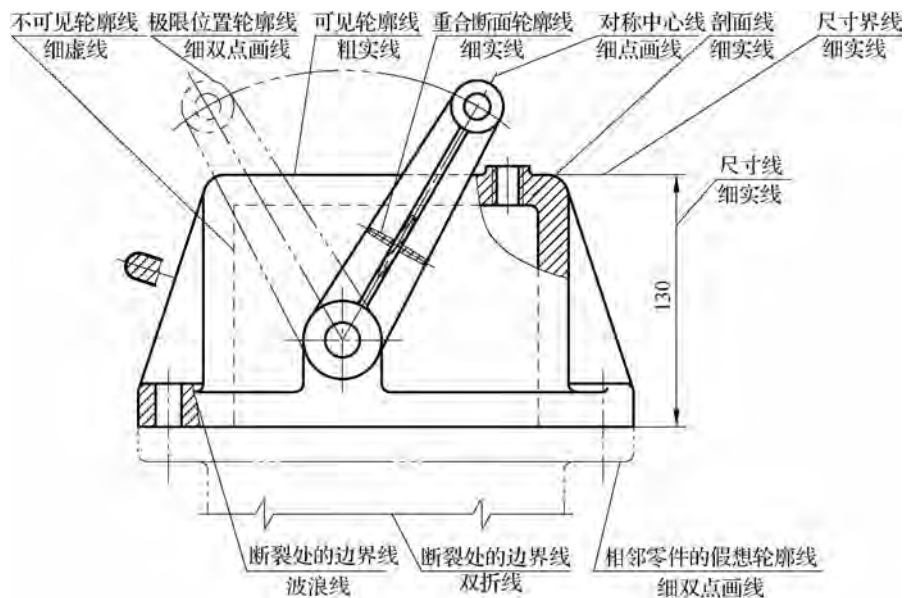


图 1-7 图线应用举例

3. 图线画法

图线画法有以下几个要点。

- (1) 在同一图样中,同类图线的宽度应一致,虚线、点画线的线段长度和间隔应大致相同。
- (2) 绘制圆的中心线时,圆心应以线段相交,中心线应超出圆的轮廓线2~5 mm。
- (3) 虚线与虚线或其他图线相交时,应画成线段相交。虚线为粗实线的延长线时,应留有空隙,如图1-8所示。

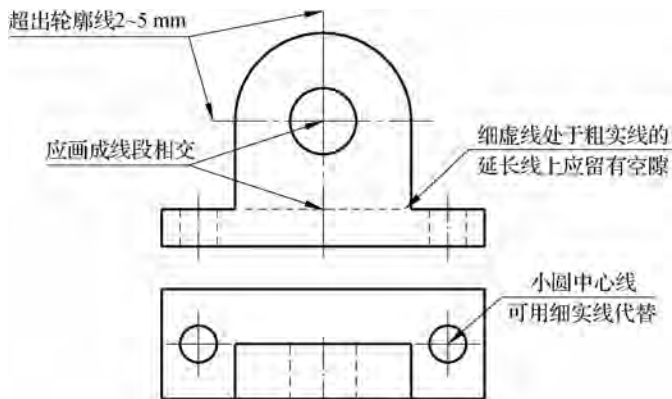


图 1-8 图线画法



五、尺寸注法

图形只能表示物体的形状,而机件结构形状的大小和相对位置是由尺寸确定的。尺寸是图样中的重要内容之一,是制造机件的依据。国家标准《机械制图 尺寸注法》规定了在图样中标注尺寸的基本方法。

1. 标注尺寸的基本规则

- (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) 图样中的尺寸以毫米为单位时,不需标注单位符号(或名称)。如采用其他单位,则应注明相应的单位符号。
- (3) 图样中所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。

2. 尺寸的组成

一个完整的尺寸应由尺寸界线、尺寸线和尺寸数字三个要素组成,如图 1-9 所示。

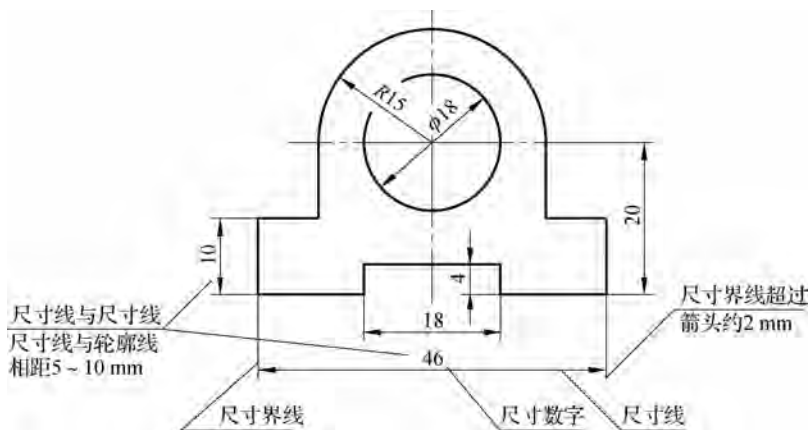


图 1-9 尺寸要素

1) 尺寸界线

尺寸界线用细实线绘制,并应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出,也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作为尺寸界线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直,并超出尺寸线终端 2 mm 左右。

2) 尺寸线

尺寸线用细实线绘制,其终端有箭头和斜线两种形式。机械图样中一般采用箭头作为尺寸线的终端,当没有足够的位置画箭头或注写数字时,允许用圆点或斜线代替箭头,如图 1-10 所示。同一图样中只能采用一种尺寸线终端形式。

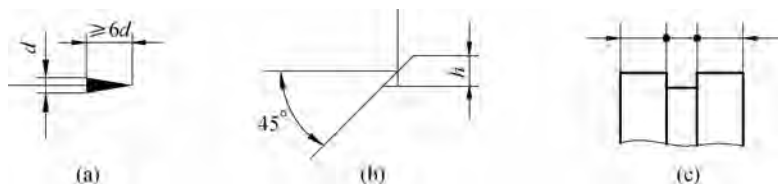


图 1-10 尺寸线终端

标注线性尺寸时,尺寸线应与所标注的线段平行。尺寸线不能用其他图线代替,一般也不得与其他图线重合或画在其延长线上。

3) 尺寸数字

线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方,且尺寸数字不可被任何图线通过,否则应将该图线断开。线性尺寸数字一般按图 1-11(a)所示的方向注写,即水平方向字头朝上,竖直方向字头朝左,倾斜方向的字头保持朝上的趋势,并尽量避免在图示 30°所在范围内标注尺寸,当无法避免时,可按图 1-11(b)的形式标注。国标还规定了一些不同类型的尺寸符号,具体内容见表 1-4。

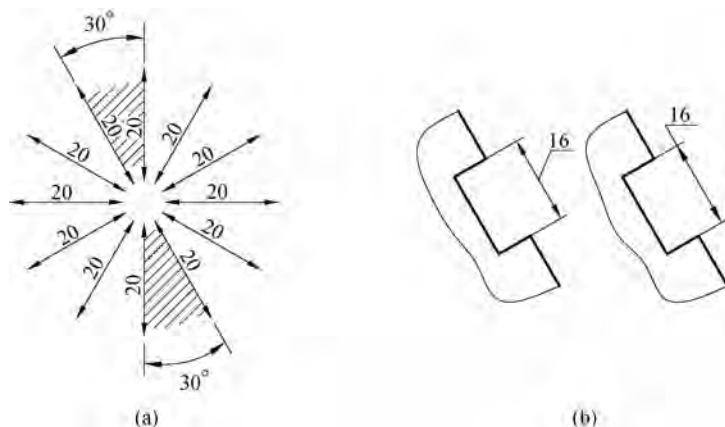


图 1-11 尺寸数字的注写方向

表 1-4 标注尺寸常用的符号和缩写词

名 称	符号或缩写词	名 称	符号或缩写词
直径	ϕ	斜度	\angle
半径	R	正方形	\square
球	S	深度	\downarrow
均布	EQS	沉孔或铤平	\perp
厚度	t	埋头孔	∇
45°倒角	C	锥度	\triangle

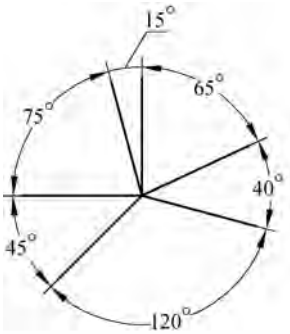
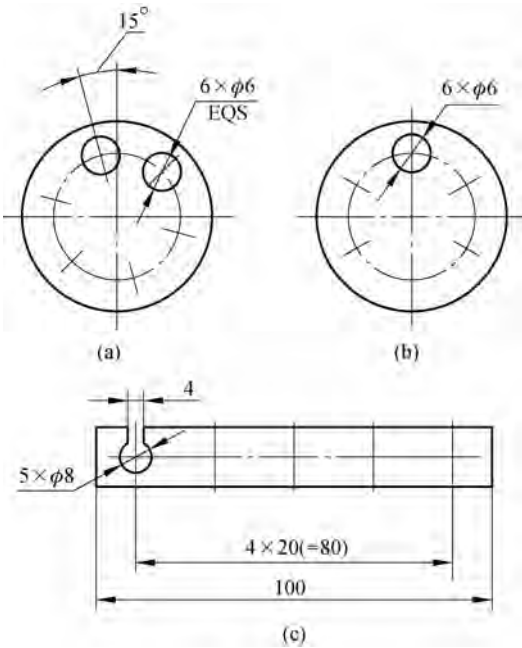
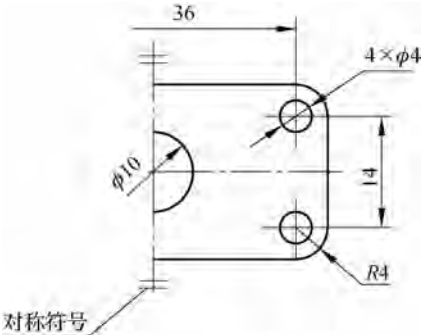
常见尺寸注法示例见表 1-5。



表 1-5 常见尺寸注法示例

尺寸类型	图 例	说 明
线性尺寸的注法	<p>(a)</p> <p>(b)</p>	<p>① 尺寸线应与所标注的线段平行。并列尺寸的尺寸线由小到大、从内到外依次排列,如图(a)所示。串列尺寸的尺寸线箭头对齐,排成一条直线;</p> <p>② 尺寸界线一般应与尺寸线垂直,必要时才允许倾斜,如图(b)所示。尺寸界线超出尺寸线 2 mm 左右;</p> <p>③ 尺寸线之间或尺寸线与尺寸界线之间应避免相交</p>
圆的直径和圆弧半径的注法	<p>(a)</p> <p>(b)</p> <p>(c)</p>	<p>① 圆或者大于半圆的圆弧应标注直径,标注直径时,在尺寸数字前加符号“ϕ”。小于等于半圆的圆弧应标注半径,标注半径时,在尺寸数字前加符号“R”;</p> <p>② 圆的直径和圆弧的半径的尺寸线的终端应画成箭头,并按图(a)所示方法标注。当圆弧的半径过大或在图纸范围内无法标出其圆心位置时,可按图(b)的形式标注。若不需要标出其圆心位置时,可按图(c)的形式标注</p>

续表

尺寸类型	图 例	说 明
角度尺寸的注法		<p>①标注角度的尺寸界线应沿径向引出,尺寸线应画成圆弧,圆心是该角的顶点;</p> <p>②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。必要时也可用指引线引出标注</p>
均匀分布的重复结构要素的尺寸注法		<p>零件中成规律分布的重复结构,允许只绘制其中一个或几个完整的结构,并用中心线反映其分布情况。在同一图形中,尺寸相同的孔、槽等要素可仅在一个要素上注出其尺寸和数量,并用缩写词“EQS”表示“均匀分布”,如图(a)所示;当组成要素的定位和分布情况在图形中已明确时,可不注其角度,并省略“EQS”,如图(b)所示</p>
对称图形采用简化画法时的尺寸注法		<p>当对称图形只画出一半或略大于一半时,尺寸线应略超过对称线或断裂处的边界线,此时仅在尺寸线的一端画出箭头</p>

课题二 常用绘图工具及其使用方法

一、图板和丁字尺

图板是用来铺放、固定图纸用的矩形木板,板面要求平整,左边为导边,必须平直。图纸用胶带纸固定在图板上,如图 1-12(a)所示。当图纸较小时,应将图纸铺贴在图板靠近左上方的位置。

丁字尺由尺头和尺身两部分组成。它主要用来画水平线,其头部必须紧靠绘图板左边,然后用丁字尺的上边画线。移动丁字尺时,用左手推动丁字尺头沿图板上下移动,把丁字尺调整到准确的位置,然后压住丁字尺进行画线。画水平线是从左向右画,铅笔前后方向应与纸面垂直,而在画线前进方向倾斜约 30° ,如图 1-12(b)所示。

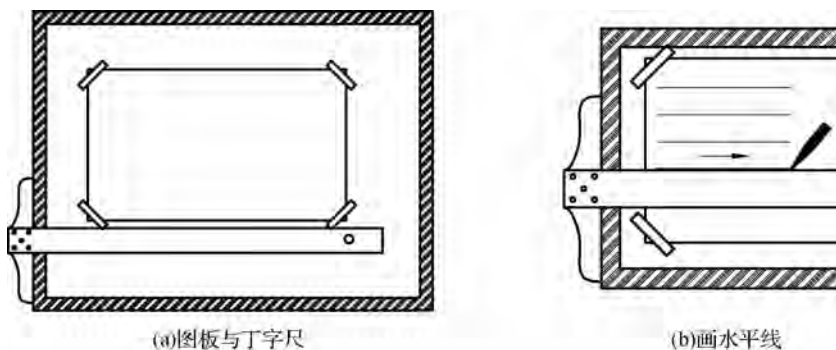


图 1-12 图板与丁字尺的用法

二、三角板

一副三角板由 45° 和 $30^\circ(60^\circ)$ 两块组成。三角板与丁字尺配合使用,可画垂直线以及与水平方向成 30° 、 45° 、 60° 的倾斜线;两块三角板可画与水平线成 15° 、 75° 的倾斜线,还可画出任意已知直线的平行线或垂直线,如图 1-13 所示。

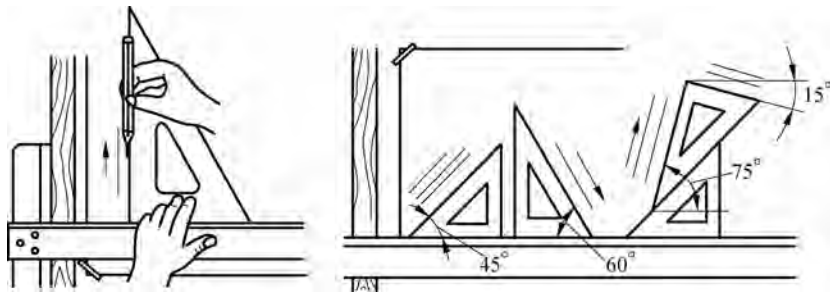


图 1-13 三角板的用法

三、圆规与分规

1. 圆规

圆规用来画圆和圆弧。画圆时,圆规的钢针应使用有台阶的一端,以避免图纸上的针孔不断扩大,并使笔尖与纸面垂直。圆规的使用方法如图 1-14 所示。

2. 分规

分规是用来截取线段、等分直线或圆周,以及从尺上量取尺寸的工具。分规的两个针尖并拢时应对齐。分规的使用方法如图 1-15 所示。

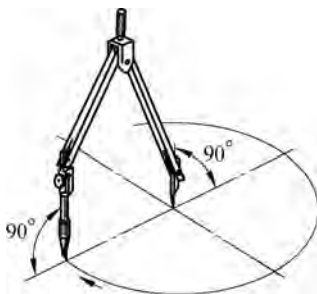


图 1-14 圆规的用法

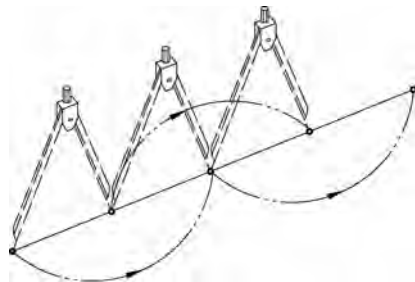


图 1-15 分规的用法

四、铅笔

绘图铅笔用 B 和 H 表示铅笔的软硬程度。B 表示软性铅笔,B 前面的数字越大,表示铅芯越软。H 表示硬性铅笔,H 前面的数字越大,表示铅芯越硬。HB 表示铅芯软硬适中。画细线常用 H 或 2H 铅笔,画粗线常用 B 或 2B 铅笔,写字常用 HB 铅笔。

五、曲线板

曲线板是用来绘制曲率半径不同的非圆曲线的工具,如图 1-16 所示。

作图时,先用铅笔徒手把各点依次连成曲线;然后找出曲线板上与曲线相吻合的线段,每次至少要吻合四个点(三段线),画出前两段曲线;按同样的方法找出下一段,相邻曲线段之间应留一小段共同段作为过渡,即应有一小段与已画曲线段重合,以保证最后画成的曲线光滑、流畅,如图 1-17 所示。



图 1-16 曲线板

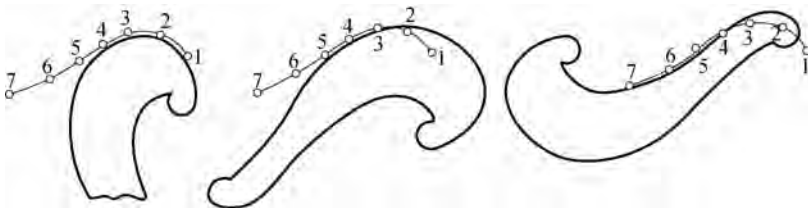


图 1-17 曲线板的用法



课题三 几何作图

一、等分作图

1. 等分线段

已知线段 AB , 将其五等分, 作图过程如图 1-18 所示。过线段 AB 的一个端点 A , 作一条与 AB 成任意角度的线段 AC , 在此线段上截取五等份。将最后的等分点 5 与端点 B 连接, 过点 4、点 3、点 2、点 1 分别作线段 $5B$ 的平行线, 与线段 AB 的交点 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 即为所需等分点。

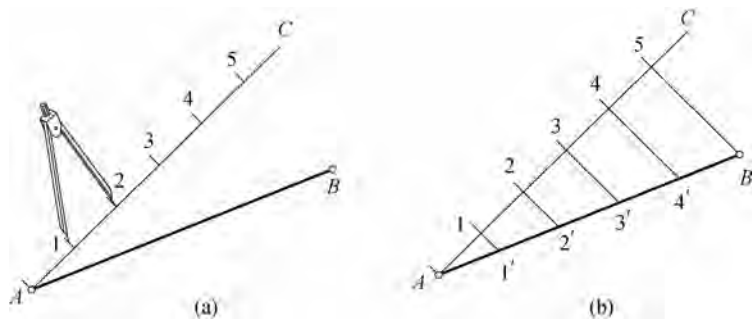


图 1-18 等分线段

2. 等分圆周

1) 等分圆周作正五边形

已知外接圆直径, 绘制正五边形的方法如图 1-19 所示。

(1) 取外接圆半径 OA 的中点 D 。

(2) 以 D 点为圆心、 DE 为半径画圆弧交水平直径于 F 点, EF 即为正五边形的边长。

(3) 以 E 点为圆心、 EF 为半径画圆弧, 等分圆周得到五个顶点 1、2、3、4、5; 依次连接各点, 得正五边形。

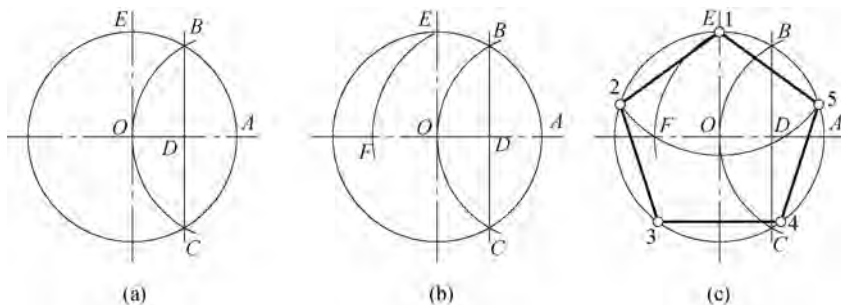


图 1-19 正五边形的作法

2) 等分圆周作正六边形

(1) 用三角板与丁字尺。已知外接圆直径, 使用 30° (60°) 三角板与丁字尺配合作图, 如图 1-20(a) 所示。过 A 、 B 两点用三角板直接画出六边形的四条边, 再用丁字尺分别连接 1、2

和 3、4, 即得正六边形。

(2) 用圆规。已知外接圆直径, 使用圆规直接等分, 如图 1-20(b) 所示。以 A 、 D 两点为圆心, 外接圆半径为半径, 画弧交外接圆于 B 、 F 、 C 、 E , 则 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 即为圆周的六等分点, 连接各点即得正六边形。

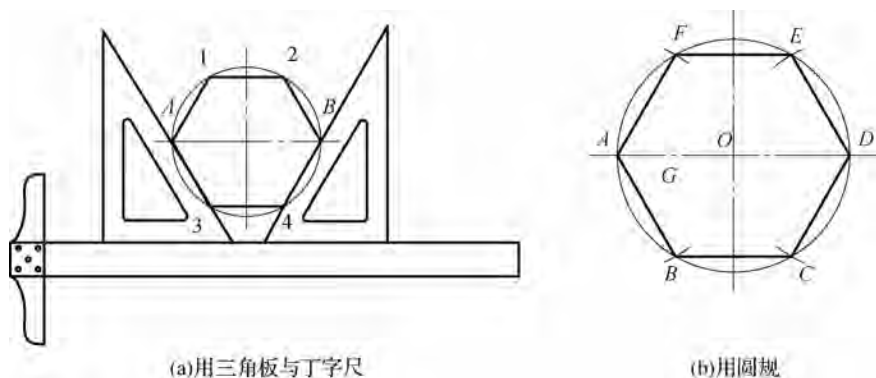


图 1-20 正六边形的画法

二、锥度与斜度

1. 斜度

斜度是指一直线或平面对另一直线或平面的倾斜程度, 其大小用倾斜角的正切值来表示, 并把比值写成 $1:n$ 的形式, 即斜度 $= \tan \alpha = H:L = 1:n$ 。

斜度符号的斜线方向应与斜度方向一致, 如图 1-21(a) 所示, 其中 h 为字高。若已知直线段的斜度为 $1:4$, 其作图方法如图 1-21(b) 所示。

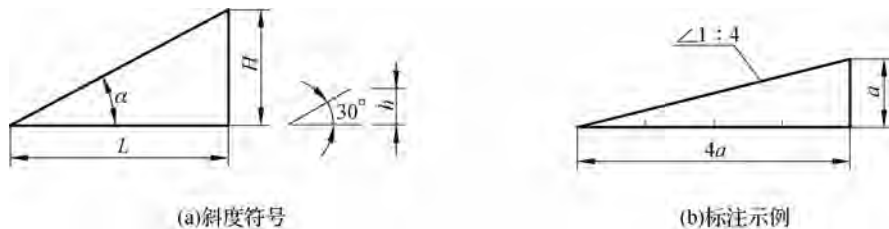


图 1-21 斜度的画法

2. 锥度

锥度是指圆锥的底圆直径 D 与高度 H 之比, 通常, 锥度也要写成 $1:n$ 的形式, 即锥度 $= 2 \tan \alpha = D:L = (D-d):l = 1:n$ 。

锥度符号的方向应与锥度方向一致, 锥度的作图方法如图 1-22(a) 所示。若已知直线段的锥度为 $1:3$, 其作图方法如图 1-22(b) 所示。

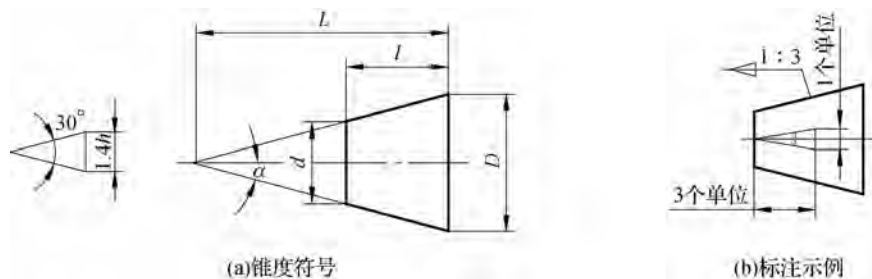


图 1-22 锥度的画法

三、椭圆画法

1. 同心圆法

同心圆法的作图步骤如图 1-23(a) 所示。

- (1) 分别以长、短轴为直径作同心圆。
- (2) 过圆心 O 作一系列放射线, 分别与大圆和小圆相交, 得若干点。
- (3) 过大圆上的各交点引竖直线, 过小圆上的各交点引水平线, 对应同一条放射线的竖直线和水平线交于一点, 如此可得一系列交点。
- (4) 光滑地连接各交点及 A 、 B 、 C 、 D 即得椭圆。

2. 四心法

四心法的作图方法如图 1-23(b) 所示。

- (1) 过 O 点分别作长轴 AB 及短轴 CD 。
- (2) 连接 AC , 以 O 为圆心、 OA 为半径画弧交 CD 延长线于 E , 再以 C 为圆心、 CE 为半径画弧交 AC 于 F 。
- (3) 作线段 AF 的中垂线, 分别交长、短轴于 O_1 、 O_2 , 并作 O_1 、 O_2 的对称点 O_3 、 O_4 , 即求出四段圆弧的圆心。
- (4) 分别以 O_1 、 O_3 和 O_2 、 O_4 为圆心、 O_1A 和 O_2C 为半径画圆弧, 使四段圆弧相切于 K 、 H 、 M 、 N 点, 光滑连接即得椭圆。

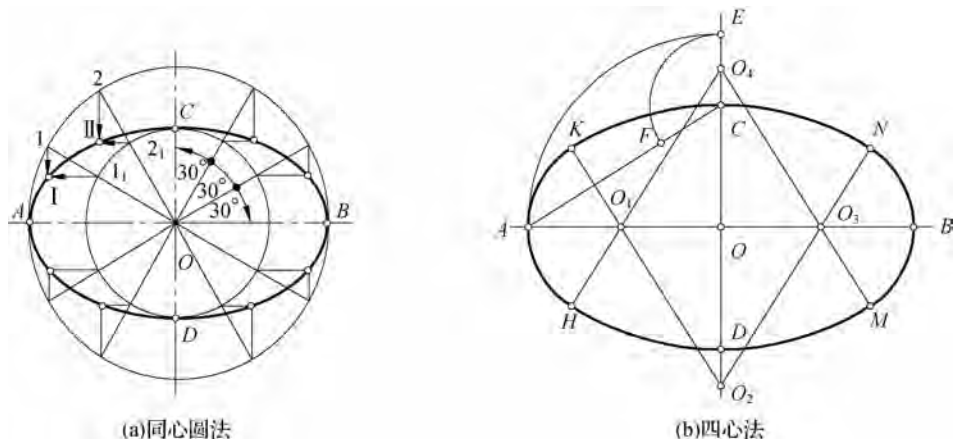


图 1-23 椭圆的近似画法

四、圆弧连接

用一段圆弧光滑连接相邻两条线段(直线或圆弧)的作图方法称为圆弧连接。要保证线段间光滑连接,必须使线段与线段在连接处相切。用以连接其他线段的圆弧称为连接弧,被连接的线段称为已知线段,为了使连接弧与相邻的直线或圆弧相切,必须准确作出连接弧的圆心和切点。圆弧连接的作图方法见表 1-6。

表 1-6 圆弧连接的作图方法

类 型	作图方法	步骤说明
圆弧连接两已知直线		<p>①求连接弧圆心 O。作已知直线的平行线,间距为 R,两条轨迹线的交点即为 O;</p> <p>②求切点。过圆心作已知直线的垂线,垂足 T 即为切点;</p> <p>③画连接弧。以 O 为圆心、R 为半径在两切点之间画圆弧</p>
圆弧连接已知直线和圆弧		<p>①求连接弧圆心 O。以 R_1+R 为半径作已知圆 O_1 的同心圆,以 R 为间距作已知直线的平行线,两条轨迹线相交得 O;</p> <p>②求切点。连接 OO_1,与圆 O_1 相交于 T,过 O 作已知直线的垂线得垂足 T;</p> <p>③画连接弧。以 O 为圆心、R 为半径在两切点之间画圆弧</p>
圆弧外切连接两已知圆弧		<p>①求连接弧圆心 O。分别以 $R+R_1$、$R+R_2$ 为半径,O_1、O_2 为圆心,画圆弧交于 O;</p> <p>②求切点。分别连接 OO_1、OO_2,与已知弧交于切点 T;</p> <p>③画连接弧。以 O 为圆心、R 为半径在两切点之间画圆弧</p>
圆弧内切连接两已知圆弧		<p>①求连接弧圆心 O。分别以 $R-R_1$、$R-R_2$ 为半径,O_1、O_2 为圆心,画圆弧交于 O;</p> <p>②求切点。分别连接 OO_1、OO_2 并延长,与已知弧交于切点 T;</p> <p>③画连接弧。以 O 为圆心、R 为半径在两切点之间画圆弧</p>

课题四 平面图形的画法及尺寸标注

平面图形是由若干直线和曲线按一定关系连接而成的封闭图形,线段的形状、大小,线段之间的相对位置和连接关系是由给定尺寸确定的。在平面图形中,有些线段的尺寸已完全给定,可以直接画出,而有些线段要根据相切的连接关系才能画出。因此,绘图前应对所

绘图形进行分析,以确定正确的作图方法和步骤。下面以图 1-24 所示手柄的平面图形为例进行尺寸和线段分析。

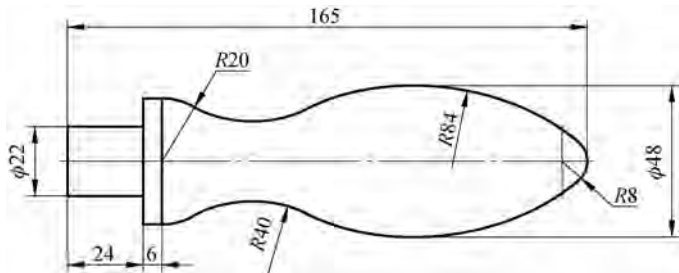


图 1-24 手柄的平面图形

一、平面图形的分析

1. 尺寸分析

平面图形中的尺寸按其作用可分为定形尺寸和定位尺寸两大类。

1) 定形尺寸

确定图形中各线段形状大小的尺寸称为定形尺寸,如图 1-24 中的 $\phi 22$ 、24、6、R20、R40、R84、R8 等。

2) 定位尺寸

确定图形中各线段间相对位置的尺寸称为定位尺寸,如图 1-24 中的 165、 $\phi 48$ 。

3) 尺寸基准

定位尺寸通常以图形的对称线、圆的中心线以及其他线段作为标注尺寸的起点,这些起点称为尺寸基准。一个平面图形有长度和高度两个方向的尺寸基准。在每个方向上有一个主要尺寸基准,还可以有一个或几个辅助尺寸基准。

2. 线段分析

平面图形中的线段,根据其尺寸是否齐全可分为已知线段、中间线段和连接线段三类。

1) 已知线段

有齐全的定形尺寸和定位尺寸的线段称为已知线段,作图时可以根据已知尺寸直接绘出,如图 1-24 中的尺寸 $\phi 22$ 、24、6、R20 及 R8。

2) 中间线段

有定形尺寸和一个定位尺寸的线段称为中间线段,另一个定位尺寸可根据与相邻已知线段的几何关系求出,如图 1-24 中的 R84 圆弧。

3) 连接线段

有定形尺寸而无定位尺寸的线段称为连接线段,可根据其与两端相邻的已知线段的连接关系求出,如图 1-24 中的 R40 圆弧。

分析上述三类线段的定义,不难得出线段连接的一般规律:在两条已知线段之间可以有任意条中间线段,但有且只有一条连接线段。

二、平面图形的绘制步骤

(1) 画作图基准线、定位线,如图形的对称线、圆的中心线等,如图 1-25(a)所示。

(2) 画已知线段,如图 1-25(b)所示。

(3)画中间线段,如图 1-25(c)所示。

(4)画连接线段,如图 1-25(d)所示。

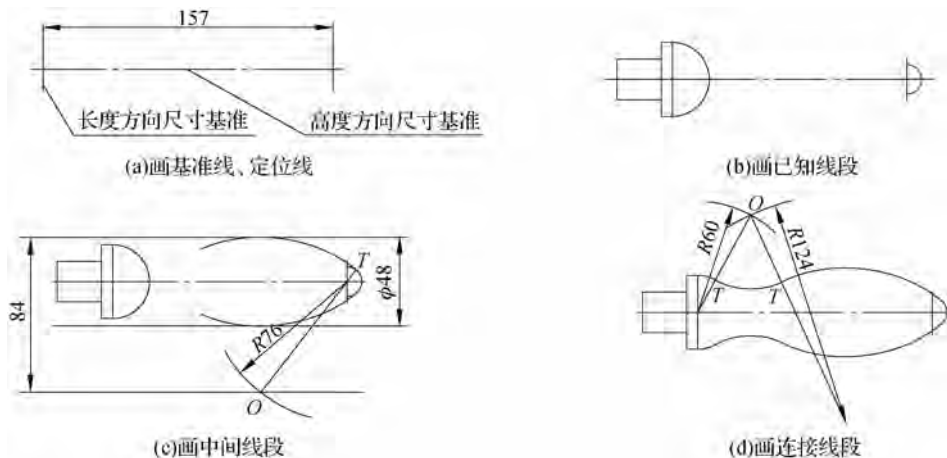


图 1-25 平面图形的绘制步骤

三、平面图形的尺寸标注

平面图形尺寸标注的基本要求是正确、完整(不重复或遗漏)、清晰。因此,在标注尺寸时应注意以下几点。

(1)尺寸注法应遵守国家标准的基本规定,且标注尺寸时应注意布局清晰,按照由小到大、由内到外的顺序排列尺寸,如图 1-26(a)所示。

(2)按圆周分布的要素,其定位尺寸应标注直径,如图 1-26(b)所示。

(3)当平面图形的两端是圆弧,且是已知弧时,不必再标注总长,如图 1-26(c)、(d)所示。

(4)图中通过几何作图确定的线段不需标注尺寸,如图 1-26(d)所示。

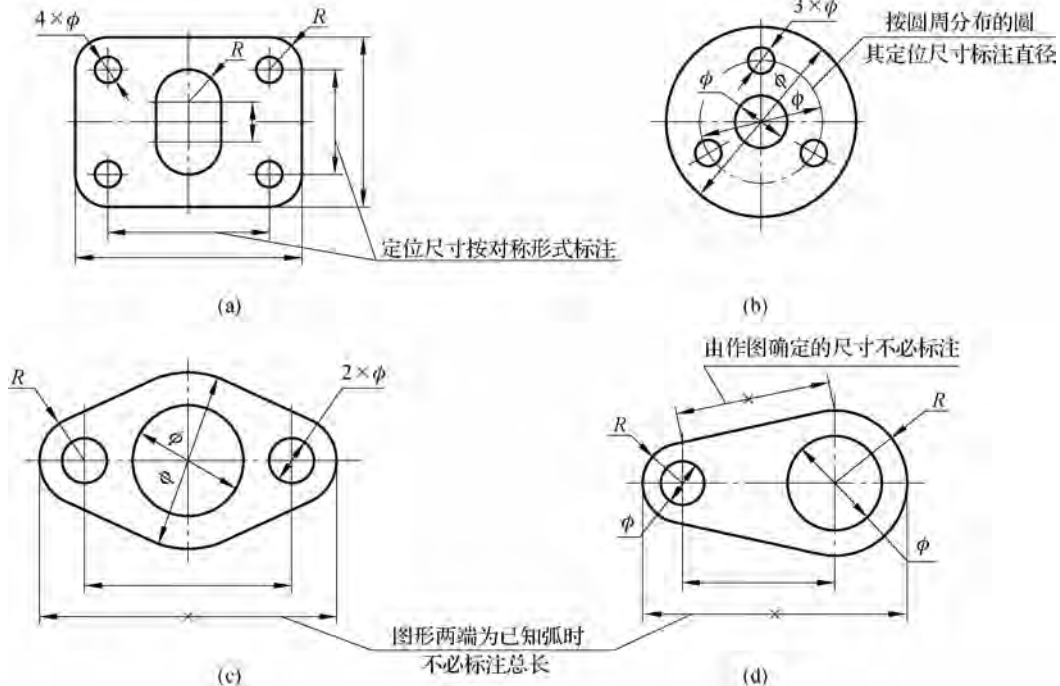


图 1-26 平面图形的尺寸标注示例

课题五 徒手绘图

一、徒手绘图的方法

徒手绘制的图又称为草图。它是一种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样。在讨论设计方案、现场测绘时常需要绘制草图,草图是工作图的原始资料,因此草图要求内容完整、图形正确、线型分明、比例匀称、字体工整、图面整洁。

物体的图形由直线、圆、圆弧及曲线组成,因此要画好草图,必须掌握徒手画各种线条的方法。

1. 直线的画法

如图 1-27 所示为各种方向直线的画法。画直线时握笔要稳而有力,离笔尖不要太近(约 35 mm),眼睛注视所画线的前方或终点,手腕以均匀的速度连续移动而画出。较长直线可分段画出,但应避免断续、歪斜和粗细不匀等弊病。

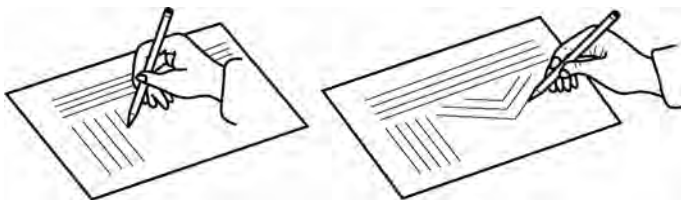


图 1-27 徒手画直线

2. 圆的画法

画直径较小的圆时,先画水平和垂直的两条中心线以确定圆心,再以半径目测确定中心线上的四个点,然后徒手将各点连成圆,如图 1-28(a)所示。画较大圆时,可过圆心作几条倾斜的直线,并定出半径的端点,再徒手光滑地连接成圆,如图 1-28(b)所示。

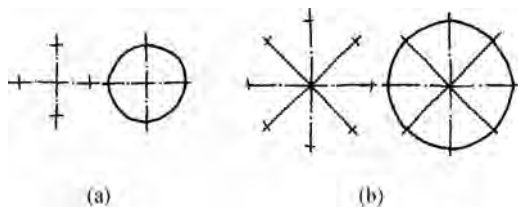


图 1-28 徒手画圆

3. 椭圆的画法

椭圆徒手作图的方法和步骤与画圆基本相同,主要区别是估画出椭圆上的长短轴或共轭直径的端点,如图 1-29 所示。

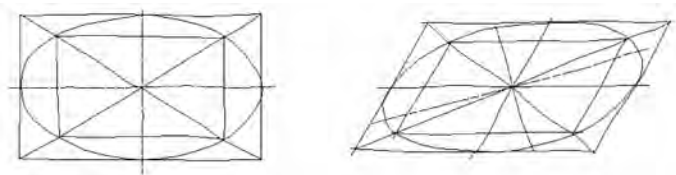


图 1-29 椭圆的画法

二、目测的方法

徒手绘图时,要保证物体各部分的比例。开始绘图时,整个物体的长、宽、高的相对比例一定要仔细拟定,然后在画中间部分和细节部分时,要随时将新测定的线段与已拟定的线段进行比较。因此掌握目测方法对画好草图十分重要。

在画中、小型物体的草图时,可用铅笔当直尺放在物体上测各部分的大小,然后按测量的大体尺寸画出草图,如图 1-30 所示。也可用此方法估计出各部分的相对比例,再按此比例画出缩小的草图。

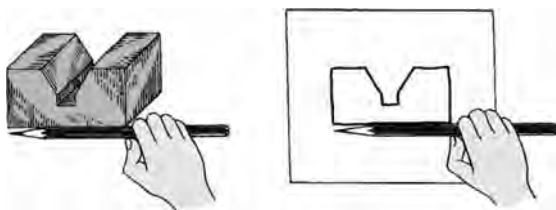


图 1-30 中、小型物体的测量

画较大物体的草图时,可用手握住一支铅笔进行目测,如图 1-31 所示。目测时,人的位置保持不动,握铅笔的手要伸直。人和物体的距离应根据所需图形的大小来确定。

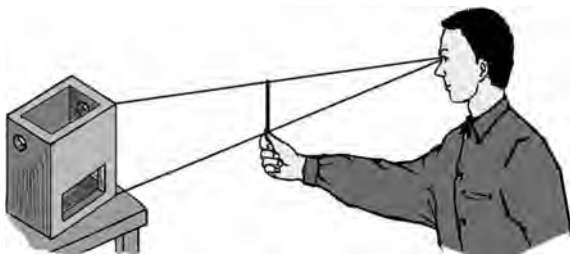


图 1-31 较大物体的测量

在绘制及确定各部分相对比例时,建议先画大体轮廓。对于比较复杂的物体的草图,更应如此。



思考与练习

1. 图纸的基本幅面有几种? 每种 的长、宽各是多少?
2. 图框格式有几种? 尺寸是如何规定的?
3. $1:2$ 和 $2:1$ 哪一个 是放大比例? 哪一个 是缩小比例?
4. 图样中,尺寸的默认单位是什么? 尺寸数字注写时应注意什么?



5. 什么是斜度？什么是锥度？
6. 尺规绘图的一般步骤是什么？
7. 什么是草图？一般在什么情况下使用？

模块二

投影法基础



知识目标

- 了解投影法的基本概念；
- 掌握三视图的投影特性；
- 掌握点、直线和平面的投影特性；
- 掌握立体的投影特性；
- 掌握截交线和相贯线的作图方法。



技能目标

- 能够正确绘制点、直线和平面的投影；
- 能够正确绘制平面、立体和回转体的投影；
- 能够正确绘制平面与立体相交的截交线；
- 能够正确绘制两立体相交的相贯线。



相关知识

课题一 投影法与三视图

一、投影的形成

物体在光线的照射下,会在地面或墙面上产生影子。人们对这种现象进行抽象研究,总结其中的规律,形成了投影法。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,称为投影法。

要形成一个投影,需要有三个基本构成元素,分别为光源(投射射线)、物体与投影面,称之为投影的三要素,如图 2-1 所示。

二、投影法的分类

1. 中心投影法

投射射线汇交于一点的投影法称为中心投影法,如图 2-2 所示。用中心投影法绘制的图样直观性强,常应用于建筑物透视

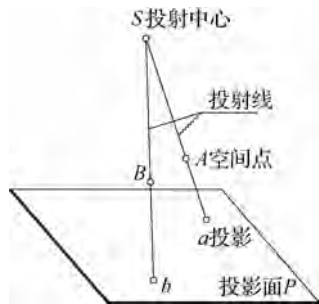


图 2-1 投影的形成

图,但所得投影不反映物体的真实大小,因此在机械和化工图样中很少采用。

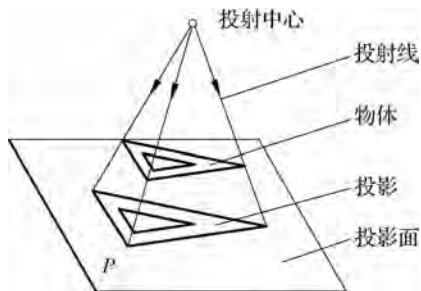


图 2-2 中心投影法

2. 平行投影法

投射射线互相平行的投影法称为平行投影法。平行投影法又分为正投影法与斜投影法两种。正投影法是投射射线与投射面垂直的平行投影法,如图 2-3(a)所示;斜投影法是投射射线与投射面倾斜的平行投影法,如图 2-3(b)所示。

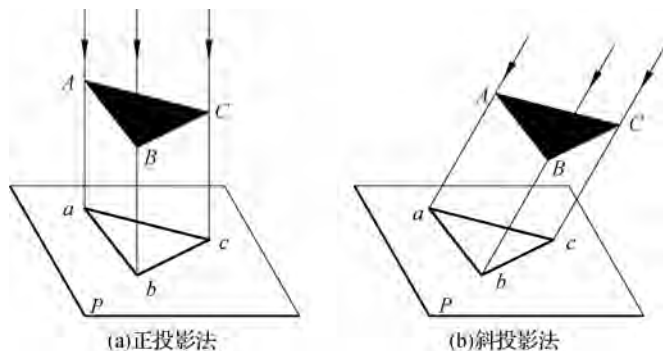


图 2-3 平行投影法

三、正投影的基本性质

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。其中显实性、积聚性与类似性是正投影法的基本特性。

1. 显实性

当平面(或直线段)与投影面平行时,其投影反映实形(或实长)。如图 2-4(a)所示,平面 P 和直线 AB 均平行于投影面,它们的投影 p 和 ab 反映其在空间的真实形状。

2. 积聚性

当平面(或直线段)与投影面垂直时,其投影积聚为一条直线(或一个点)。如图 2-4(b)所示,形体垂直于投影面的各条棱线在投影面上的投影积聚成点,平面的投影积聚成直线。

3. 类似性

当平面(或直线段)与投影面倾斜时,其投影变小(变短),但投影的形状仍与原来的形状相类似,如图 2-4(c)所示。

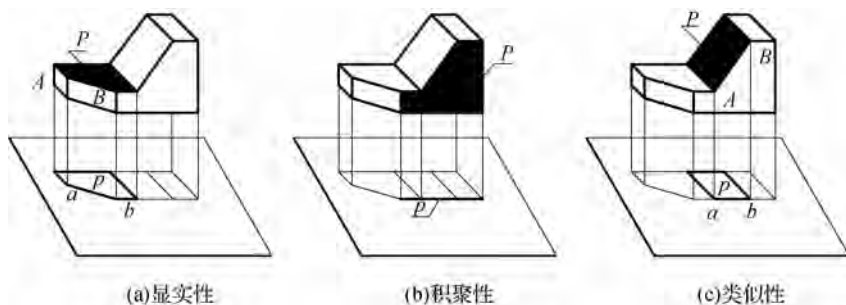


图 2-4 正投影的基本性质

四、三视图的形成及其投影规律

1. 三视图的形成

1) 三面投影体系

一般情况下,用正投影法得到的单面投影是不能完全、准确地表达出物体的全部形状和结构的。如图 2-5 所示,三个不同结构的物体的单面投影相同。因此,通常把物体放在三个互相垂直的平面所组成的投影面体系中,从三个不同方向向三个投影面进行投射。由这三个互相垂直的平面所组成的投影面体系称为三面投影体系,如图 2-6 所示。在这个投影体系中,将正立的投影面称为正立投影面,用 V 表示;将垂直于正立投影面的水平的投影面称为水平投影面,用 H 表示;将垂直于正立投影面和水平投影面的投影面称为侧立投影面,用 W 表示。正立投影面和水平投影面的交线为 X 轴;侧立投影面和水平投影面的交线为 Y 轴;正立投影面和侧立投影面的交线为 Z 轴;互相垂直的三个轴的交点 O 称为原点。

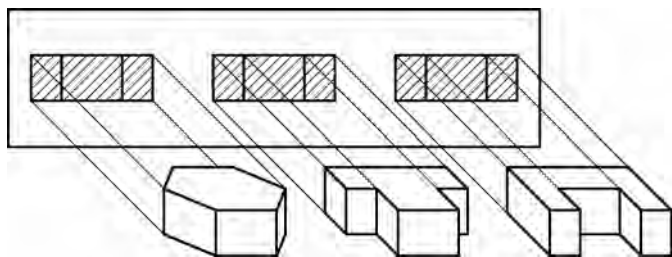


图 2-5 单面投影

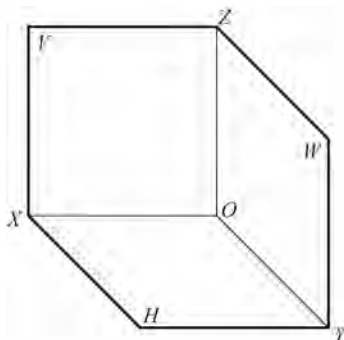


图 2-6 三面投影体系

与三面投影体系相对应,把仅由 H 面和 V 面组成的投影体系称为两面投影体系。

2) 三视图形成

把物体放在三面投影体系中,分别向三个投影面垂直投射,这样就得到了物体的三个投影。其中在 V 面上的投影称为正面投影;在 H 面上的投影称为水平投影;在 W 面上的投影称为侧面投影。国家标准规定,物体位于观察者与投影面之间,物体的正面投影称为主视图;水平投影称为俯视图;侧面投影称为左视图。视图中,规定物体的可见轮廓线画成实线,不可见轮廓线画成虚线,中心线画成点画线,如图 2-7 所示。

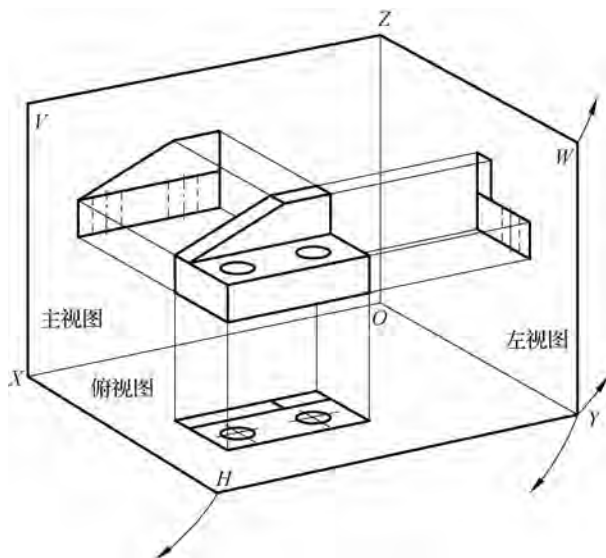


图 2-7 三视图的形成

为了将三个视图画在一张图纸上,国家标准规定正立投影面保持不动,把水平投影面绕 OX 轴向下旋转 90° ,把侧立投影面绕 OZ 轴向右旋转 90° ,这样就得到了在同一平面上的三视图,如图 2-8(a)所示。为了简化作图,在三视图中不画投影面的边框线,视图之间的距离可根据具体情况确定,如图 2-8(b)所示。值得注意的是,根据三个投影面的相对位置及其展开的规定,三视图的配置必须是以主视图为准,俯视图在主视图的正下方,左视图在主视图的正右方。

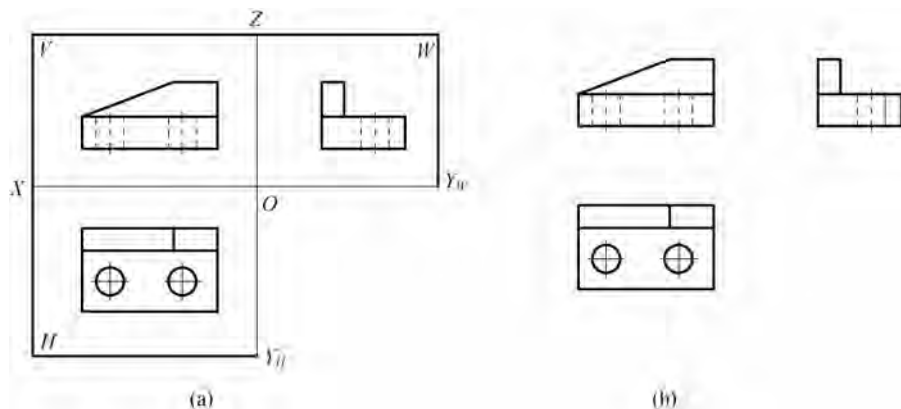


图 2-8 三视图的展开

2. 三视图的投影规律

如果把物体左右方向的尺寸称为长,前后方向的尺寸称为宽,上下方向的尺寸称为高,那么,从图 2-9 可以看出,主视图反映了物体的长度和高度,俯视图反映了长度和宽度,左视图反映了宽度和高度,且每两个视图之间有一定的对应关系。三个视图之间的投影关系为:主视图和俯视图长相等,主视图和左视图高相等,俯视图和左视图宽相等。即三视图之间的投影规律为:主、俯视图长对正,主、左视图高平齐,俯、左视图宽相等。在绘制三视图时要符合这一投影规律(简称为“三等”规律)。

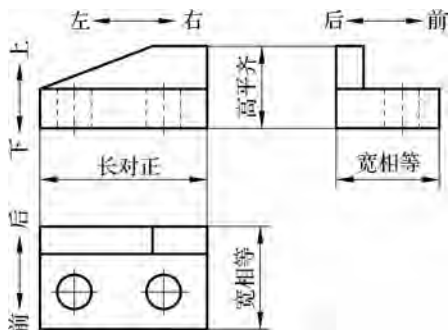


图 2-9 三视图的投影规律

课题二 点、直线和平面的投影

一、点的投影

点是立体上最基本的几何元素,一般体现为棱线和棱线的交点,如图 2-10(a)所示的点 A。

根据投影关系,主视图上的 a' 称为点 A 的正面投影;俯视图上的 a 称为点 A 的水平投影;左视图上的 a'' 称为点 A 的侧面投影,如图 2-10(b)所示。

为了统一表达,规定空间点用大写字母表示,如 A、B、C 等;水平投影用相应的小写字母表示,如 a、b、c 等;正面投影用相应的小写字母加撇表示,如 a' 、 b' 、 c' ;侧面投影用相应的小写字母加两撇表示,如 a'' 、 b'' 、 c'' 。投影与投影之间的连线简称为连影线。

由于投影面相互垂直,所以连影线也相互垂直,八个顶点 A、a、 a_Y 、 a' 、 a'' 、 a_X 、O、 a_Z 构成正六面体,根据正六面体的性质,可以得出点的三面投影图的投影特性如下。

(1) 点的正面投影和水平投影的连线垂直于 OX 轴,即 $aa' \perp OX$; 点的正面投影和侧面投影的连线垂直于 OZ 轴,即 $a'a'' \perp OZ$; 同时 $aa_{Y_H} \perp OY_H$, $a''a_{Y_W} \perp OY_W$ 。

(2) 点的投影到投影轴的距离反映空间点到另一投影面的距离,即 $a'a_X = a''a_{Y_W} = Aa$, 也即空间点 A 到 H 面的距离; $aa_X = a''a_Z = Aa'$, 也即空间点 A 到 V 面的距离; $a'a_Z = aa_{Y_H} = Aa''$, 也即空间点 A 到 W 面的距离。

为了表示点的水平投影到 OX 轴的距离等于侧面投影到 OZ 轴的距离,即 $aa_X = a''a_Z$, 可自 O 点作 45° 角平分线, aa_{Y_H} 、 $a''a_{Y_W}$ 的延长线必与这条辅助线交于一点,如图 2-10(c)



所示。

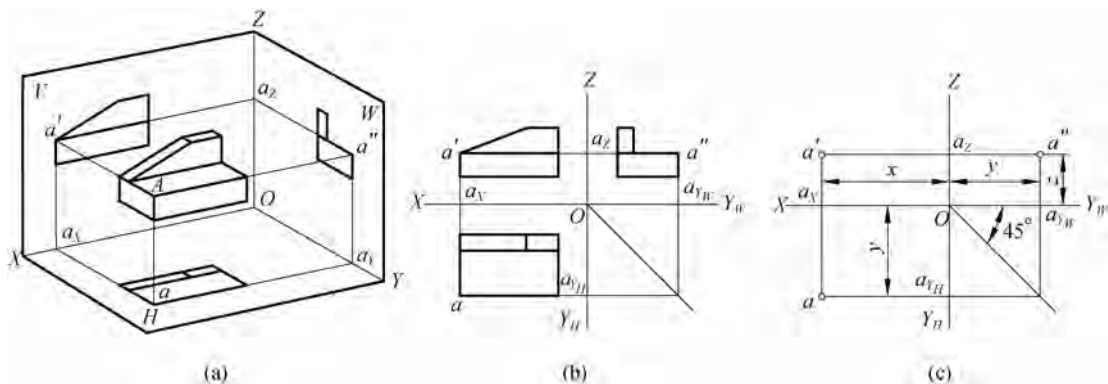


图 2-10 立体上点的投影

例 2-1 已知点 A 的正面投影 a' 和侧面投影 a'' , 点 B 的正面投影 b' 和水平投影 b , 如图 2-11(a) 所示, 分别求其第三面投影。

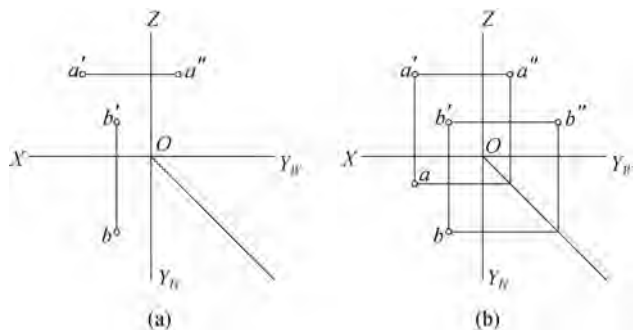


图 2-11 已知点的两面投影求第三面投影

分析: 由于已知点 A 的正面投影和侧面投影, 则点 A 的空间位置可以确定, 因此可作出其水平投影。同理, 已知点 B 的正面投影和水平投影, 可作出其侧面投影。

作图: 如图 2-11(b) 所示, 过 a'' 作 OY_w 的垂线与 45° 辅助线相交, 过交点作 OY_H 的垂线与过 a' 的垂直于 OX 的连影线相交, 交点即为水平投影 a 。同理, 可作出点 B 的侧面投影 b'' 。

二、直线的投影

一般情况下, 直线的投影仍是直线, 如图 2-12(a) 中的直线 AB。在特殊情况下, 若直线垂直于投影面, 直线的投影可积聚为一点, 如图 2-12(a) 中的直线 CD。

直线的投影可由直线上两点的同面投影来确定。如图 2-12(b) 所示, 分别作出直线上两点 A、B 的三面投影, 将其同面投影相连, 即得到直线 AB 的三面投影图。

1. 各种位置直线的投影特性

三面投影体系中, 直线与投影面的相对位置可以分为三种: 直线平行于某一投影面, 直线垂直于某一投影面, 直线倾斜于三个投影面。平行于某一投影面的直线称为投影面的平行线, 垂直于某一投影面的直线称为投影面的垂直线, 倾斜于三个投影面的直线称为一般位

置直线。投影面的平行线和垂直线统称为特殊位置直线。

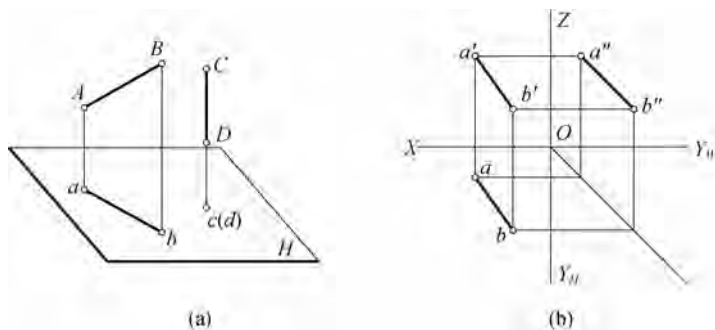


图 2-12 直线的投影

1) 投影面平行线

投影面平行线平行于一个投影面,倾斜于另外两个投影面。与 H 面平行的直线称为水平线,与 V 面平行的直线称为正平线,与 W 面平行的直线称为侧平线。它们的投影图及投影特性见表 2-1。规定直线(或平面)对 H 、 V 、 W 面的倾角分别用 α 、 β 、 γ 表示。

表 2-1 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,与 X 轴夹角为 β ,与 Y 轴夹角为 γ ; ② 正面投影平行于 X 轴; ③ 侧面投影平行于 Y 轴	① 正面投影反映实长,与 X 轴夹角为 α ,与 Z 轴夹角为 γ ; ② 水平投影平行于 X 轴; ③ 侧面投影平行于 Z 轴	① 侧面投影反映实长,与 Y 轴夹角为 α ,与 Z 轴夹角为 β ; ② 正面投影平行于 Z 轴; ③ 水平投影平行于 Y 轴
举例			



从表 2-1 中可概括出投影面平行线的投影特性。

(1) 投影面平行线在其所平行的投影面上的投影, 反映实长; 它与投影轴的夹角, 分别反映直线对另外两个投影面的夹角。

(2) 在另外两个投影面上的投影, 分别平行于相应的投影轴。

2) 投影面垂直线

投影面垂直线与一个投影面垂直, 与另外两个投影面平行。与 H 面垂直的直线称为铅垂线, 与 V 面垂直的直线称为正垂线, 与 W 面垂直的直线称为侧垂线。它们的投影图及投影特性见表 2-2。

表 2-2 投影面垂直线的投影特性

名称	铅垂线	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 正面投影和侧面投影分别垂直于 X 轴和 Y 轴, 并反映实长	① 正面投影积聚为一点; ② 水平投影和侧面投影分别垂直于 X 轴和 Z 轴, 并反映实长	① 侧面投影积聚为一点; ② 正面投影和水平投影分别垂直于 Z 轴和 Y 轴, 并反映实长
举例			

从表 2-2 中可概括出投影面垂直线的投影特性。

(1) 投影面垂直线在其所垂直的投影面上的投影积聚成一点。

(2) 在另外两个投影面上的投影, 分别垂直于相应的投影轴, 且反映实长。

3) 一般位置直线

一般位置直线与三个投影面都倾斜, 因此在三个投影面上的投影都不反映实长, 投影与投影轴之间的夹角也不反映直线与投影面之间的倾角, 如图 2-13 所示。

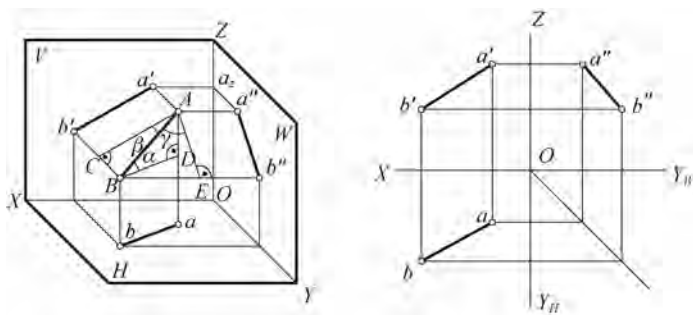


图 2-13 一般位置直线的投影

一般位置直线的投影特性是三个投影都是倾斜于投影轴的直线,其长度小于实长。

2. 直线上的点

直线上的点的投影特性如下。

(1) 直线上的点的投影必定在直线的同面投影上,如图 2-14 所示,直线 AB 上的点 K 的投影 k, k', k'' 分别在 $ab, a'b', a''b''$ 上。

(2) 点分线段之比等于点的投影分线段的投影之比,如图 2-14 所示,线段 AK 和 KB 的比例关系等于同面投影中两线段的比例关系,即 $AK/KB = ak/kb = a'k'/k'b' = a''k''/k''b''$ 。

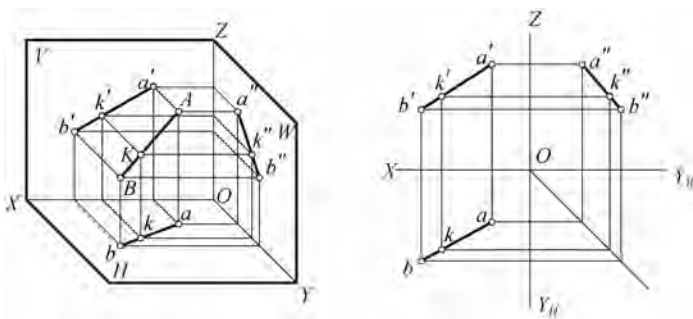


图 2-14 直线上的点的投影特性

3. 两直线的相对位置

两直线的相对位置有三种:两直线平行、两直线相交及两直线交叉。

1) 两直线平行

如果空间两直线相互平行,则它们的同面投影必定相互平行,且符合定比性。如图 2-15 所示,由于 $AB \parallel CD$,则 $ab \parallel cd, a'b' \parallel c'd', a''b'' \parallel c''d''$;且 $AB/CD = ab/cd = a'b'/c'd' = a''b''/c''d''$ 。反之,如果两直线的各同面投影相互平行,则两直线在空间一定相互平行。

2) 两直线相交

如果空间两直线相交,则它们的同面投影必定相交,且投影的交点符合点的投影规律。如图 2-16 所示,由于直线 AB 与直线 CD 相交于点 K ,则 ab 与 cd 交于 $k, a'b'$ 与 $c'd'$ 交于 $k', a''b''$ 与 $c''d''$ 交于 k'' 。反之,如果空间两直线的同面投影均相交,且交点符合空间点的投影规律,则这两条直线在空间一定相交。

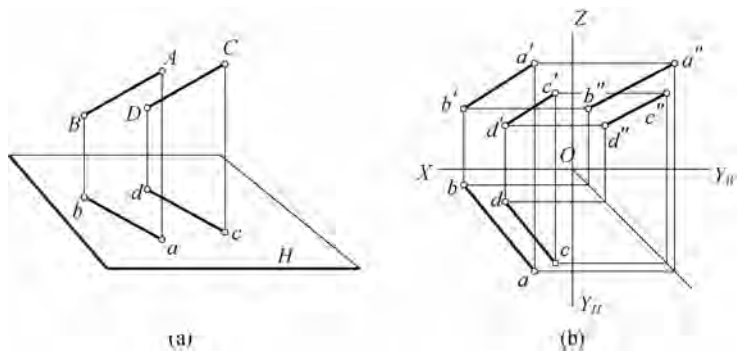


图 2-15 两平行直线的投影

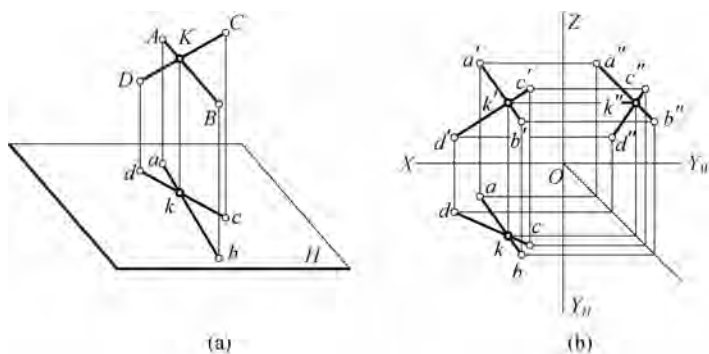


图 2-16 两相交直线的投影

3) 两直线交叉

既不平行也不相交的两直线称为交叉直线,如图 2-17 所示。

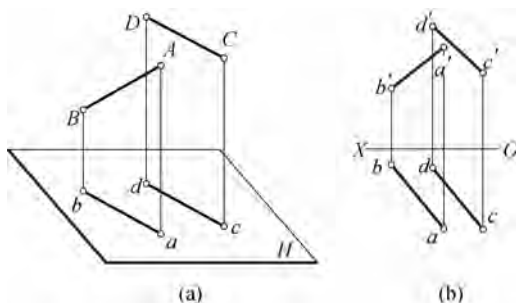


图 2-17 两交叉直线

交叉直线在空间是不相交的,但它们的投影却有可能相交。交叉直线的投影的交点仅仅是这两条直线对该投影面的重影点,如图 2-18(a)所示,交叉直线 AB 与 CD 的正面投影相交,其交点 $1'(2')$ 分别是直线 AB 上的点 I 和直线 CD 上的点 II 的重影点。有时也会出现一对或两对投影平行的情况,如图 2-18(b)所示。

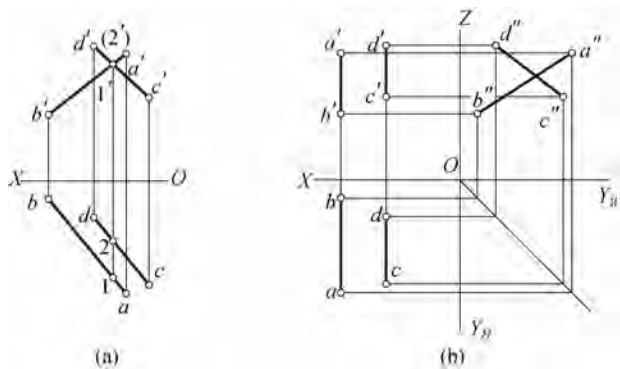


图 2-18 两交叉直线的投影

三、平面的投影

1. 平面的表示方法

空间平面可用下列任意一组几何元素来表示。

- (1) 不在同一条直线上的三个点,如图 2-19(a)所示。
- (2) 一条直线和不属于该直线上的一个点,如图 2-19(b)所示。
- (3) 两条相交直线,如图 2-19(c)所示。
- (4) 两条平行直线,如图 2-19(d)所示。
- (5) 任意平面图形,如图 2-19(e)所示。

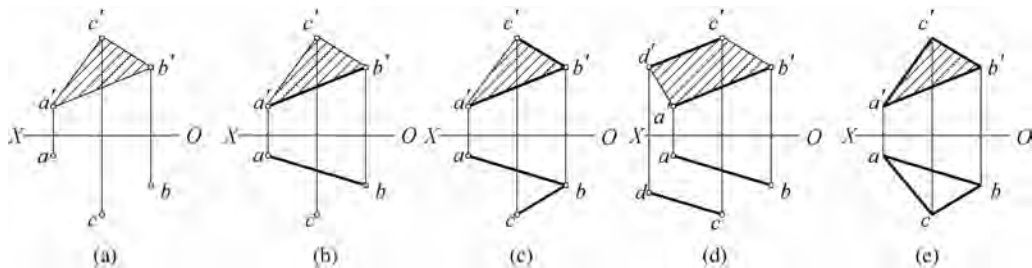


图 2-19 平面的表示方法

2. 平面的投影特性

在三面投影体系中,平面和投影面的相对位置关系可以分为三种:投影面垂直面、投影面平行面、倾斜于投影面的平面。投影面垂直面和投影面平行面称为特殊位置平面,倾斜于投影面的平面称为一般位置平面。

1) 投影面垂直面的投影特性

垂直于一个投影面的平面称为投影面垂直面。与 H 面垂直的平面称为铅垂面,与 V 面垂直的平面称为正垂面,与 W 面垂直的平面称为侧垂面。它们的投影图及投影特性见表 2-3。



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水平投影积聚成直线,与 X 轴夹角为 β ,与 Y 轴夹角为 γ ; ②正面投影和侧面投影为该平面的类似形	①正面投影积聚成直线,与 X 轴夹角为 α ,与 Z 轴夹角为 γ ; ②水平投影和侧面投影为该平面的类似形	①侧面投影积聚成直线,与 Y 轴夹角为 α ,与 Z 轴夹角为 β ; ②正面投影和水平投影为该平面的类似形

从表 2-3 中可概括出投影面垂直面的投影特性。

(1) 投影面垂直面在其所垂直的投影面上的投影积聚成一直线;直线与投影轴的夹角分别反映该平面与另外两个投影面的夹角。

(2) 在另外两个投影面上的投影均为该平面的类似形。

2) 投影面平行面的投影特性

平行于一个投影面的平面称为投影面平行面。与 H 面平行的平面称为水平面,与 V 面平行的平面称为正平面,与 W 面平行的平面称为侧平面。它们的投影图及投影特性见表 2-4。

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			

续表

名称	水平面	正平面	侧平面
投影图			
投影特性	<ul style="list-style-type: none"> ①水平投影反映实形； ②正面投影积聚成平行于X轴的直线； ③侧面投影积聚成平行于Y轴的直线 	<ul style="list-style-type: none"> ①正面投影反映实形； ②水平投影积聚成平行于X轴的直线； ③侧面投影积聚成平行于Z轴的直线 	<ul style="list-style-type: none"> ①侧面投影反映实形； ②正面投影积聚成平行于Z轴的直线； ③水平投影积聚成平行于Y轴的直线

从表 2-4 中可概括出投影面平行面的投影特性。

- (1) 投影面平行面在其所平行的投影面上的投影反映实形。
- (2) 投影面平行面在另外两个投影面上的投影, 分别积聚为平行于相应投影轴的直线。
- (3) 一般位置平面的投影特性

一般位置平面与三个投影面都倾斜, 因此在三个投影面上的投影都不反映实形, 而是缩小的类似形, 如图 2-20 所示。

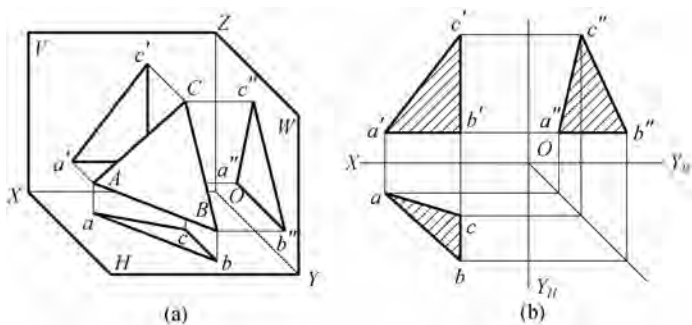


图 2-20 一般位置平面的投影

3. 平面上的点和直线

由初等几何可知, 属于平面的点和直线要满足下列几何条件。

- (1) 若点位于平面内的一直线上, 则此点在该平面内。
- (2) 若一直线通过平面内的两个点, 或一直线通过平面上已知点且平行于平面内的另一直线, 则该直线必在平面内。

如图 2-21 所示, 相交两直线 AB 、 BC 决定一平面 P , 点 K 、 M 分别在 AB 、 BC 上, 所以直线 KM 在平面 P 内。又如点 M 是 BC 上的一个点, 过点 M 作 $MN \parallel AB$, 则 MN 一定也在平面 P 上。

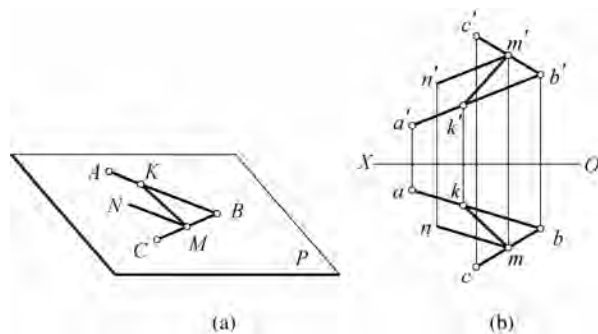


图 2-21 平面上的点和直线

例 2-2 已知 $\triangle ABC$ 所在平面上点 K 的水平投影 k ,如图 2-22(a)所示,求其正面投影 k' 。

分析:已知点 K 在 $\triangle ABC$ 所在平面上,可利用若点位于平面内则点在该平面内的一一直线上这一特性求出 k' 。

作图:如图 2-22(b)所示,连接 ak ,交 cb 于 1 ,这样 $A1$ 为 $\triangle ABC$ 所在平面上的直线。求出 $1'$,连接 $a'1'$,并延长与过 k 垂直于 OX 轴作的投影连线交于 k' , k' 即为所求。

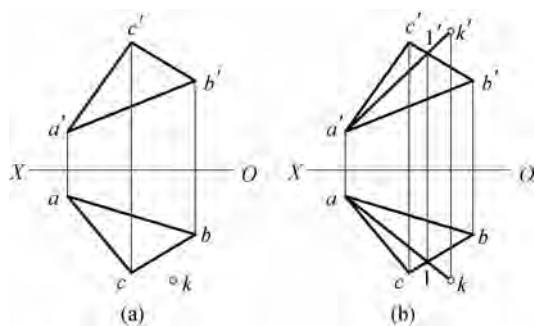


图 2-22 求 $\triangle ABC$ 所在平面上点 K 的正面投影 k'

例 2-3 完成平面 $ABCDE$ 的正面投影,如图 2-23(a)所示。

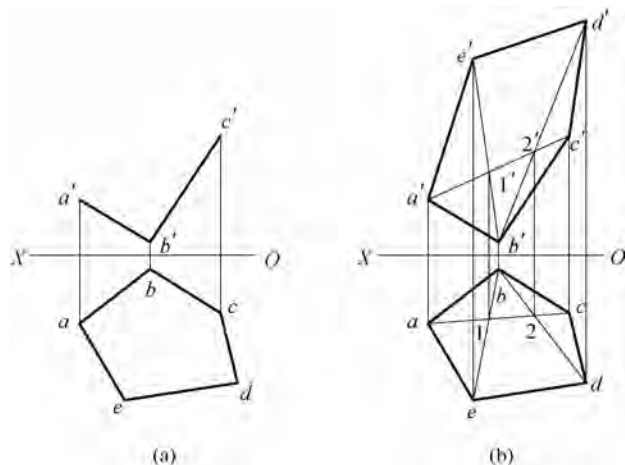


图 2-23 完成平面 $ABCDE$ 的正面投影

分析:已知 A 、 B 、 C 三点的正面投影和水平投影,则平面的空间位置已经确定,可利用点在平面上的特性作出其正面投影。

作图:如图 2-23(b)所示,连接 ac 和 $a'c'$,即得 $\triangle ABC$ 的两面投影。连接 be 交 ac 于 1 ,求出其正面投影 $1'$,连接 $b'1'$,并延长与过 e 的连影线交于 e' 。同理,求出 $\triangle ABC$ 上点 D 的正面投影 d' 。连接 c' 、 d' 、 e' 、 a' ,即得平面 $ABCDE$ 的正面投影。

例 2-4 已知平面 $\triangle ABC$ 两面投影,求出平面上水平线 BD 和正平线 BE 的两面投影,如图 2-24(a)所示。

分析:由于水平线的正面投影平行于 OX 轴,故可先求出 BD 的正面投影。同理,正平线的水平投影平行于 OX 轴,故可求出 BE 的水平投影。

作图:如图 2-24(b)所示,过 b' 作 $b'd' \parallel OX$ 轴,交 $a'c'$ 于 d' ,过 d' 作 $d'd \perp OX$ 轴,交 ac 于 d ,连接 bd 即为水平线 BD 的水平投影。同理,过 b 作 $be \parallel OX$ 轴,交 ac 于 e ,过 e 作 $ee' \perp OX$ 轴,交 $a'c'$ 于 e' ,连接 $b'e'$ 即为正平线 BE 的正面投影。

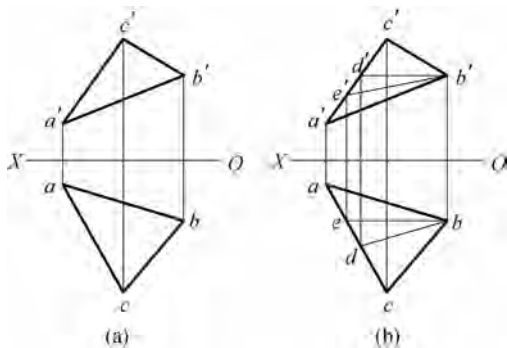


图 2-24 求作平面上水平线和正平线的两面投影

课题三 立体的投影

一、平面立体的投影

根据表面性质的不同,几何体可分为平面立体和曲面立体两类。表面均为平面的立体称为平面立体,如棱柱、棱锥等;表面由平面和曲面或全部由曲面组成的立体称为曲面立体,常见的曲面立体是回转体,如圆柱、圆锥、圆球等。

1. 棱柱

棱柱可看成是由平面多边形沿法向拉伸而成的。棱柱的棱线互相平行,各侧面都是矩形。现以正六棱柱为例,分析其投影特性及作图方法。

1) 投影分析

为方便作图,选择正六棱柱的上底面和下底面平行于水平面,前后两个侧面平行于正面,其余四个侧面垂直于水平面,如图 2-25(a)所示。六棱柱的水平投影为正六边形,反映了上、下底面的实形,六边形的六条边分别是六个侧面的积聚性投影。正面投影为三个矩形,中间的矩形是棱柱前面的显实性投影,左右两个矩形是左右侧面的类似性投影。侧面投影为两个矩形,是棱柱左侧两个平面的类似性投影。

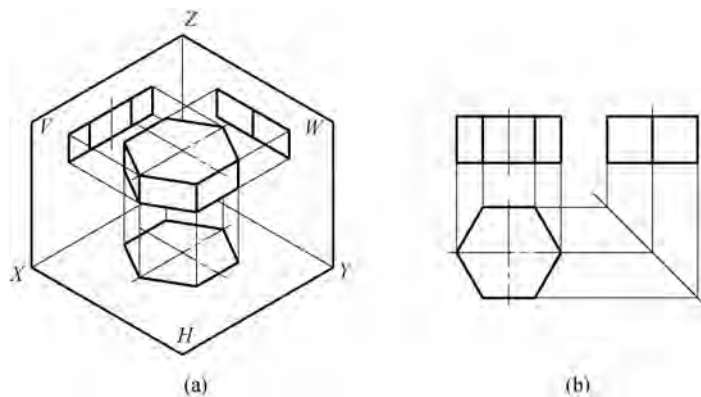


图 2-25 正六棱柱的投影作图

2) 作图步骤

画正六棱柱的三视图时,先画作图基准线和反映六棱柱形状特征的俯视图——正六边形,再按长对正、宽相等、高平齐的投影关系画出主视图和左视图,如图 2-25(b)所示。若棱柱的上、下底面平行于正面或侧面,其三视图请读者自行分析。

2. 棱锥

棱锥由若干侧面和底面组成,棱锥的棱线相交于一点。正棱锥的底面是一个正多边形,锥顶在经过正多边形中心且与棱锥底面垂直的直线上。现以正三棱锥为例,分析其投影特性及作图方法。

1) 投影分析

为方便作图,选择正三棱锥的底面平行于 H 面,后侧面垂直于 W 面,如图 2-26(a)所示。底面 $\triangle ABC$ 在 H 面上的投影 $\triangle abc$ 反映实形,其正面和侧面投影积聚为直线 $a'c'$ 和 $a''b''$;后侧面 $\triangle SAC$ 在 W 面上的投影积聚为直线 $s''a''$,其水平投影 $\triangle sac$ 和正面投影 $\triangle s'a'c'$ 为类似的三角形;左右两个侧面都是一般位置平面,三个投影均为类似形。

2) 作图步骤

画正三棱锥的三视图时,先画底面的水平投影—— $\triangle abc$ 和顶点 S 在水平面上的投影 s (等边三角形的中心),然后依次连接 sa, sb, sc 即可,再按长对正、宽相等、高平齐的投影关系画出主视图和左视图,如图 2-26(b)所示。

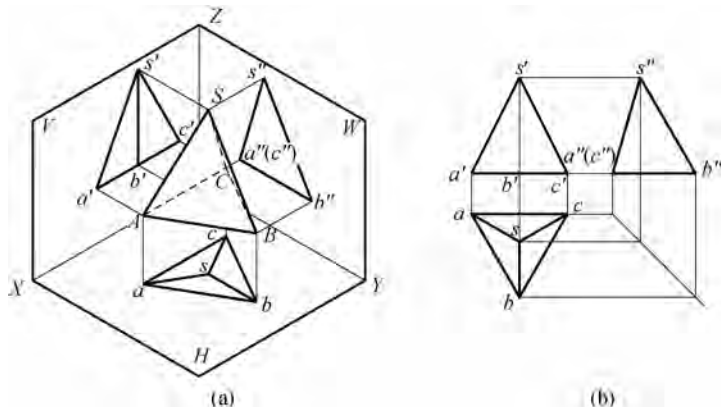


图 2-26 正三棱锥的投影作图

二、回转体的投影

回转体是表面有回转面的立体,回转面是由直线或曲线绕一直线(轴线)旋转形成的曲面。运动的直线或曲线称为母线,处于回转面上任意位置的母线称为素线,母线上任一点的运动轨迹都是圆,称为纬圆。

1. 圆柱

圆柱由圆柱面和上、下两底面构成。圆柱面可看作是由一条直线(母线)绕平行于它的轴线回转而成的,也可看成是由圆沿法向拉伸而成的。

1) 投影分析

如图 2-27(a)所示,当圆柱的轴线垂直于水平面时,圆柱的水平投影是圆,反映了上、下底面的实形,也是圆柱面的积聚性投影。正面投影为一矩形,矩形的两条横边是圆柱上、下底面的积聚性投影,矩形的两条竖边是圆柱面上左、右轮廓素线的投影。侧面投影也是一矩形,矩形的两条竖边是圆柱面前、后轮廓素线的投影。

2) 作图步骤

画圆柱的三视图时,先画各投影的中心线,再画圆柱面投影积聚为圆的视图,然后根据圆柱的高度画出另外两个视图,如图 2-27(b)所示。

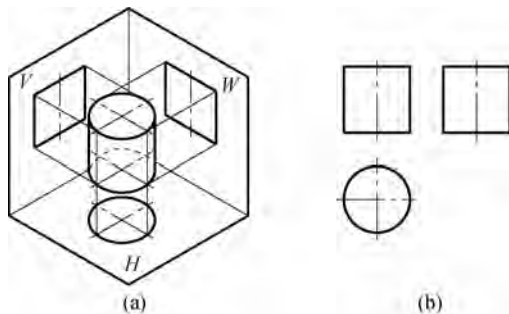


图 2-27 圆柱的投影作图

2. 圆锥

圆锥由圆锥面和底面构成。圆锥面可看作是由一条直线(母线)绕与它斜交的轴线回转而成的。

1) 投影分析

如图 2-28(a)所示,当圆锥的轴线垂直于水平面时,其水平投影为圆,反映了圆锥底面的实形。正面投影为一个三角形,三角形的底边是圆锥底圆积聚性的投影,反映底圆直径的大小,三角形的两条腰为圆锥面上左、右轮廓素线的投影。侧面投影也是一个三角形,但两条腰是圆锥面上前、后轮廓素线的投影。

2) 作图步骤

画圆锥的三视图时,先画各投影的中心线,再画投影为圆的视图,然后根据圆锥的高度画出另外两个视图,如图 2-28(b)所示。

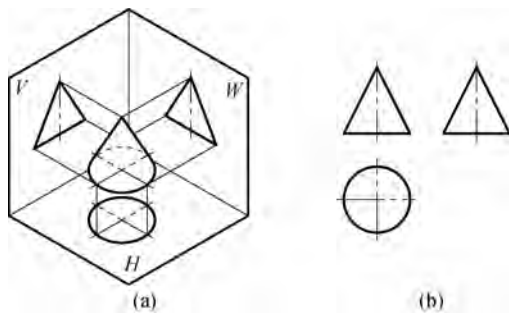


图 2-28 圆锥的投影作图

3. 圆球

圆球面可看作是由一条圆弧线(母线)绕其直径回转而成的。

1) 投影分析

如图 2-29(a)所示,圆球的三个视图是三个等直径的圆,是球面上平行于相应投影面的三个不同位置的轮廓素线圆的投影。主视图是球面上平行于正面的轮廓素线圆的投影,俯视图是球面上平行于水平面的轮廓素线圆的投影,左视图是球面上平行于侧面的轮廓素线圆的投影。

2) 作图步骤

画圆球的三视图时,先画各投影的中心线以确定圆球的中心,再画出与球等直径的三个圆,如图 2-29(b)所示。

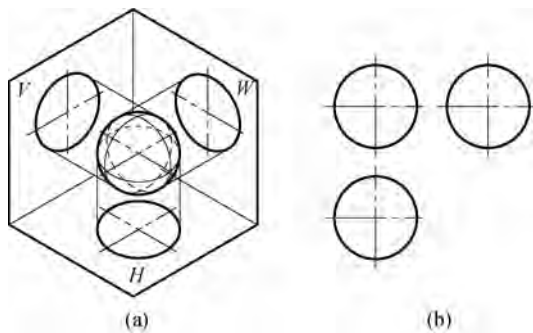


图 2-29 圆球的投影作图

课题四 立体表面交线的投影

一、平面与立体相交

实际的机器零件往往不是完整的基本体,而是被截切的基本体。用来截切基本体的平面称为截平面,截平面与立体表面相交产生的交线称为截交线,由截交线围成的平面图形称为截断面。截交线具有以下两个基本性质。

(1)截交线是封闭的平面图形。

(2)截交线是截平面与立体表面的共有线。

求截交线的投影就是求截平面与立体表面一系列共有点的投影,并依次连接。

1. 平面与平面立体相交

平面立体被平面截切时,截交线为平面多边形。求平面立体截交线的实质就是求截平面与立体表面的交线或截平面与立体上被截各棱的交点,然后依次连接各点。

例 2-5 求作被截断四棱柱的三面投影,如图 2-30(a)所示。

分析:由图 2-30(a)的正面投影可知,截平面是一个正垂面,所以截交线的正面投影与截平面的正面投影重合。四棱柱被截切的表面有上底面和四个棱面,所以截交线是一个五边形(也可以根据截平面与四棱柱的三条棱线及上底面的两条边相交来判断截交线是一个五边形)。五边形的五个顶点分别是截平面与四棱柱的三条棱线及上底面的两条边的交点。

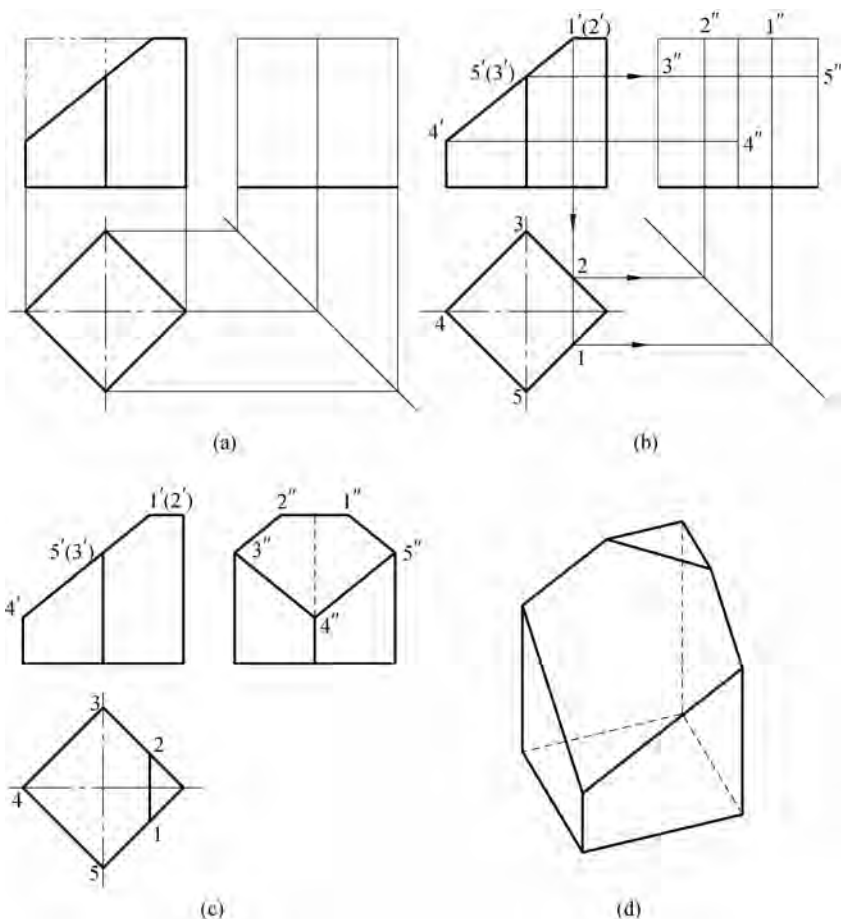


图 2-30 平面与四棱柱相交

作图:(1)作五个顶点 I、II、III、IV、V 的水平投影及侧面投影,如图 2-30(b)所示。

(2)依次连接截交线的五个顶点 I、II、III、IV、V 的同面投影,并区分可见性,即得截交线的各投影,如图 2-30(c)所示。

例 2-6 求作被两个面截切的三棱锥的三面投影,如图 2-31(a)所示。

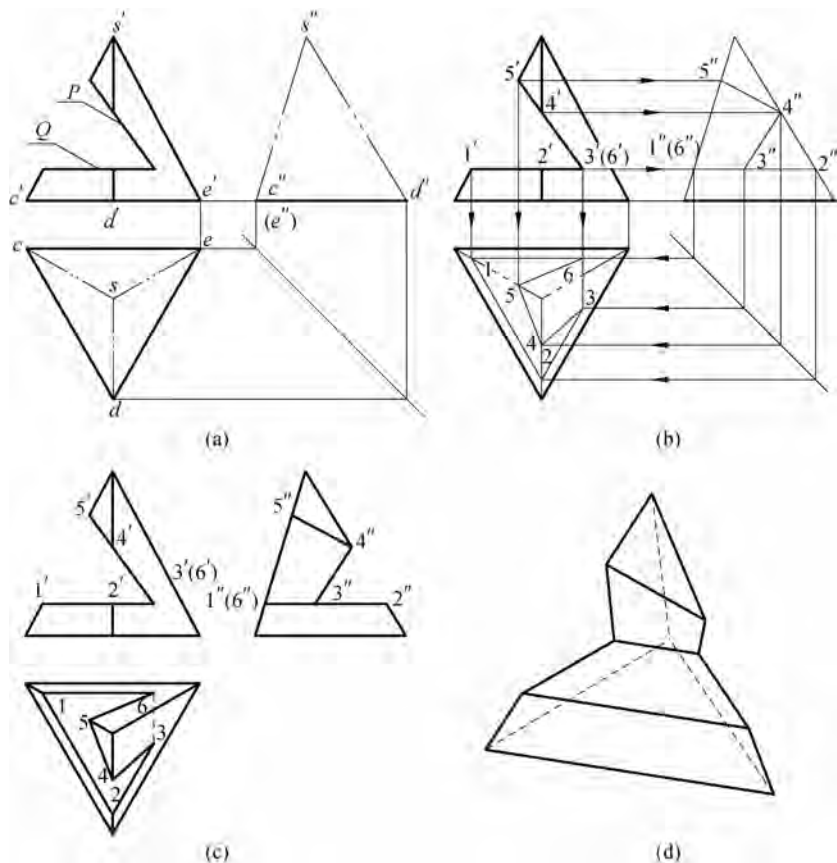


图 2-31 平面与三棱锥相交

分析:从图 2-31(a)中的正面投影可知,三棱锥的缺口是由正垂面 P 和水平面 Q 共同切割三棱锥而成的。要完成具有缺口的三棱锥的水平投影与侧面投影,关键是求出截切平面 P 和 Q 与三棱锥的截交线,并作出截切平面 P 和 Q 的交线。从图 2-31(a)可以看出,截切平面 P 、 Q 分别与棱 SC 和棱 SD 相交,共四个交点;同时截切平面 P 与 Q 也相交,因此截切平面 P 、 Q 的断面形状分别是两个四边形,这两个四边形有一个公共边,即截切平面 P 与 Q 的交线,如图 2-31(b)所示。

作图:(1)作截交线的投影,如图 2-31(b)所示。

- ①确定截交线的正面投影。
- ②求出截交线的水平投影。
- ③作出截交线的侧面投影。

(2)判别各条截交线投影的可见性,并连线。

(3)完成被截切后三棱锥的三面投影图,如图 2-31(c)所示。

2. 平面与回转体相交

平面与回转体相交,截交线一般为封闭的平面曲线或直线,或是由平面曲线和直线组成的封闭平面图形。截交线的具体形状取决于回转体表面的形状及截平面相对于回转体的位置。求回转体截交线的实质就是求截平面与回转体表面上被截素线的若干交点,然后顺次

光滑连接而成。

1) 平面与圆柱相交

截平面相对于圆柱轴线有平行、垂直和倾斜三种不同的位置,其截交线的形状分别为矩形、圆和椭圆,如图 2-32 所示。

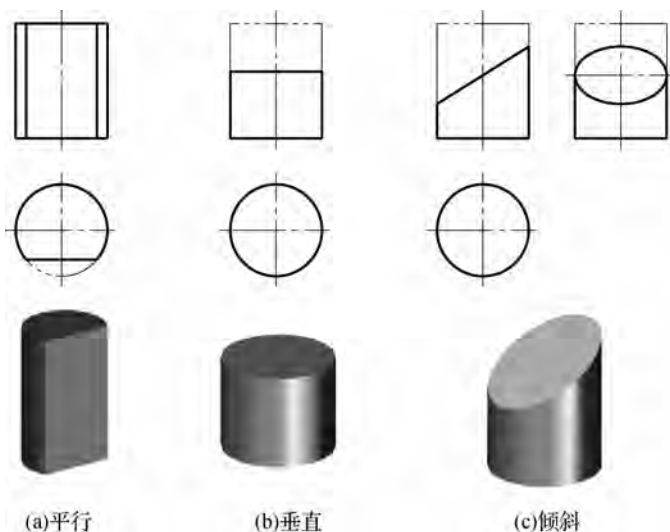


图 2-32 平面与圆柱相交

例 2-7 如图 2-33(a)所示,圆柱被正垂面 P 截切,补全其三视图。

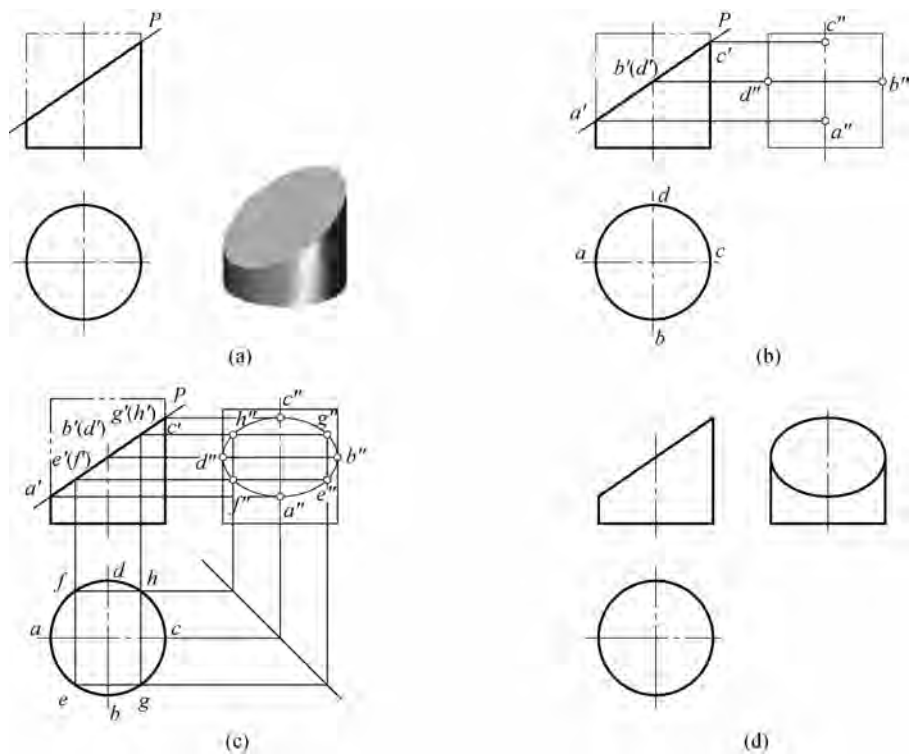


图 2-33 平面截切圆柱体的投影作图

分析:截平面 P 与圆柱的轴线倾斜,截交线为椭圆。由于 P 是正垂面,所以截交线的正面投影积聚为一条直线,由于圆柱面的水平投影具有积聚性,所以截交线的水平投影为圆,而截交线的侧面投影一般情况下仍为椭圆。

作图:(1)补全圆柱的左视图,确定椭圆上的特殊位置点,即圆柱面上左、右、前、后四条轮廓素线与截平面 P 的交点 $A、B、C、D$ 的三面投影,如图 2-33(b)所示。

(2)确定椭圆上的一般位置点 $E、F、G、H$ 的三面投影,依次光滑连接 $a''、e''、b''、g''、c''、h''、d''、f''$ 各点成椭圆,如图 2-33(c)所示。

(3)检查投影,擦去多余的图线,加粗轮廓线完成作图,如图 2-33(d)所示。

2) 平面与圆锥相交

根据截平面相对于圆锥轴线的不同位置,其截交线有五种不同的形状。当截平面过锥顶时,截交线为三角形;当截平面垂直于圆锥轴线时,截交线为圆;当截平面与圆锥轴线倾斜时,截交线为椭圆;当截平面与圆锥轴线平行时,截交线由双曲线和直线组成;当截平面与圆锥面上某一素线平行时,截交线由抛物线和直线组成。平面与圆锥相交的各种情况如图 2-34 所示。

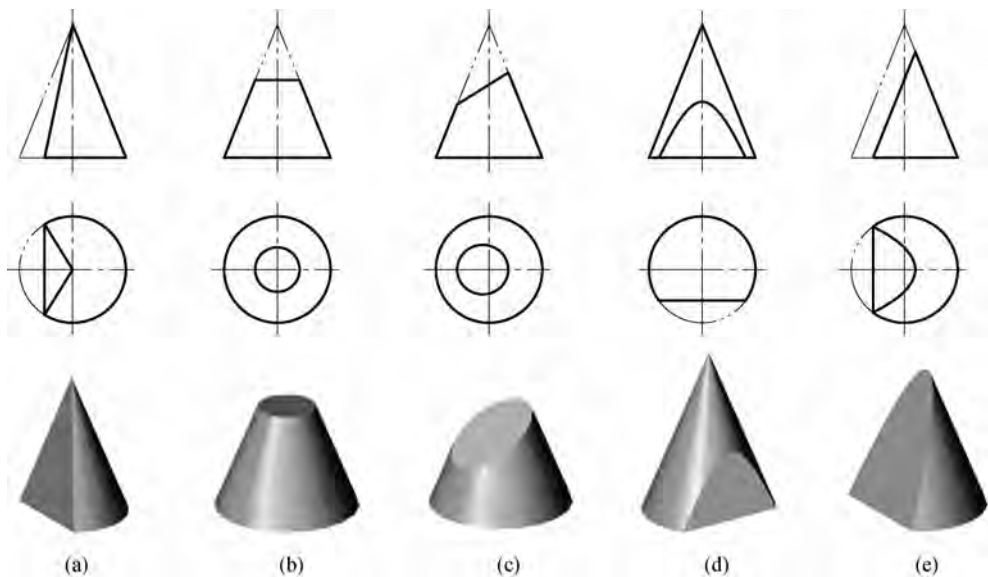


图 2-34 平面与圆锥相交

例 2-8 如图 2-35(a)所示,圆锥被正垂面 P 截切,补全其三视图。

分析:截平面 P 与圆锥的轴线倾斜,截交线为椭圆。由于 P 是正垂面,所以截交线的正面投影积聚为一条直线,水平投影和侧面投影均为椭圆。

作图:(1)补全圆锥的左视图,确定椭圆上的特殊位置点,即椭圆长轴上的两个端点 $A、C$ 的三面投影和椭圆短轴上的两个端点 $B、D$ 的三面投影。 $A、C$ 是圆锥面上左、右两条轮廓素线与截平面 P 的交点,可直接求得。 $B、D$ 的正面投影 $b'、d'$ 位于直线 $a'c'$ 的中点,通过点 $B、D$ 所在纬圆在俯视图中的投影即可求得 $b、d$ 和 $b''、d''$,如图 2-35(b)所示。

(2)确定椭圆上的一般位置点,依次光滑连接各点成椭圆,如图 2-35(c)所示。

(3)检查投影,擦去多余的图线,加粗轮廓线完成作图,如图 2-35(d)所示。

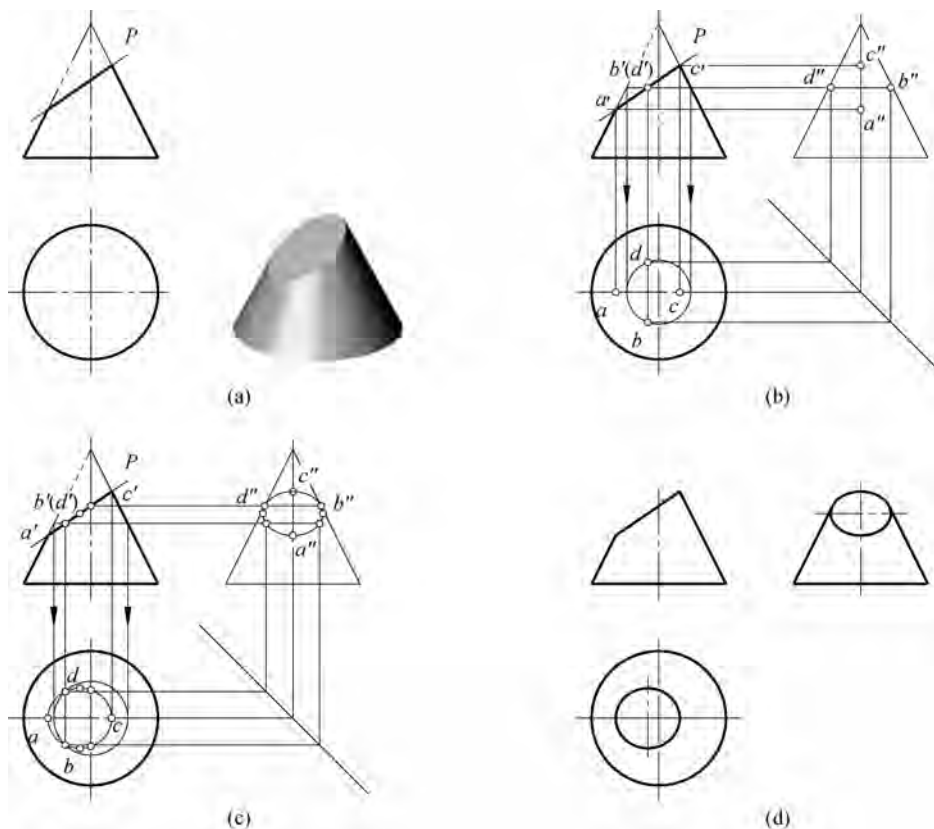


图 2-35 平面截切圆锥的投影作图

3) 平面与圆球相交

平面截切圆球时,截交线为圆。当截平面与投影面平行时,其投影为圆,圆的大小取决于截平面到球心的距离,如图 2-36 所示。

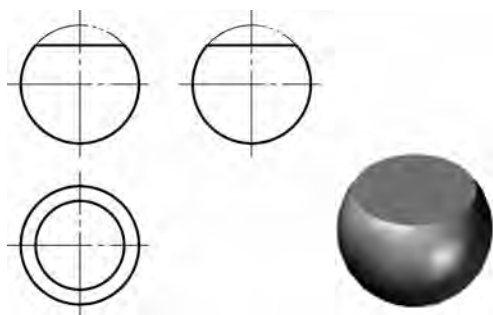


图 2-36 平面与圆球相交

例 2-9 如图 2-37(a)所示,补全开槽半球的水平投影和侧面投影。

分析:半圆球上部的槽由两个侧平面 Q 和一个水平面 P 切割而成,截平面 P 与球面的交线为平行于水平面的圆弧,截平面 Q 与球面的交线为平行于侧面的圆弧,截平面 P 与 Q 之间的交线为正垂线。

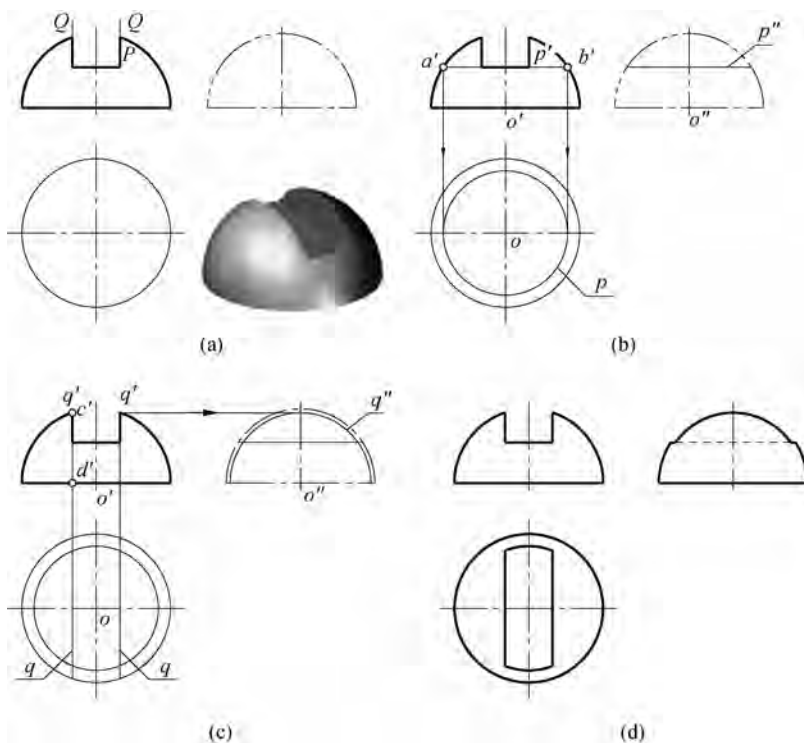


图 2-37 开槽半球的投影作图

作图: (1)以 $a'b'$ 为直径作出截平面 P 的水平投影——圆,截平面 P 的侧面投影积聚为一条直线,如图 2-37(b)所示。

(2)以 $c'd'$ 为半径作出截平面 Q 的侧面投影——圆弧,截平面 Q 的水平投影积聚为两条直线,如图 2-37(c)所示。

(3)整理轮廓,判断可见性。根据截平面 P 和 Q 的范围擦去多余的图线。开槽后球面上平行于侧面的轮廓素线圆在截平面 P 以上的部分被截切,不需要画出。截平面 P 的侧面投影被左半球面遮挡部分应画细虚线,如图 2-37(d)所示。

二、两立体相交

相贯线是两立体的交线,因此相贯线是两立体表面的共有线。相贯线上的点也是两立体表面的共有点,所以求两立体的相贯线,就是求两立体表面的共有点问题。

1. 两回转体表面的相贯线

两回转体相交,其相贯线一般情况下是封闭的空间曲线;在特殊情况下,相贯线可能是平面曲线或直线。

求两回转体相贯线上点的常用方法有表面取点法和辅助平面法。

1) 表面取点法

如果相交的两个回转体中,有一个回转体表面的投影具有积聚性(如垂直于投影面的圆柱体)时,就可以利用在回转体表面上取点的方法作出两回转体表面上的一系列共有点的投影。具体作图时,先在圆柱面的积聚投影上标出相贯线上的一些点(包括特殊位置点和一般位置点),然后把把这些点看作另一曲面上的点,求出它们的其他投影。最后,把这些

点的同面投影光滑地连接起来(可见点连成实线,不可见点连成虚线),即得出相贯线的投影。

例 2-10 求轴线垂直相交的两个圆柱相贯线的投影,如图 2-38(a)所示。

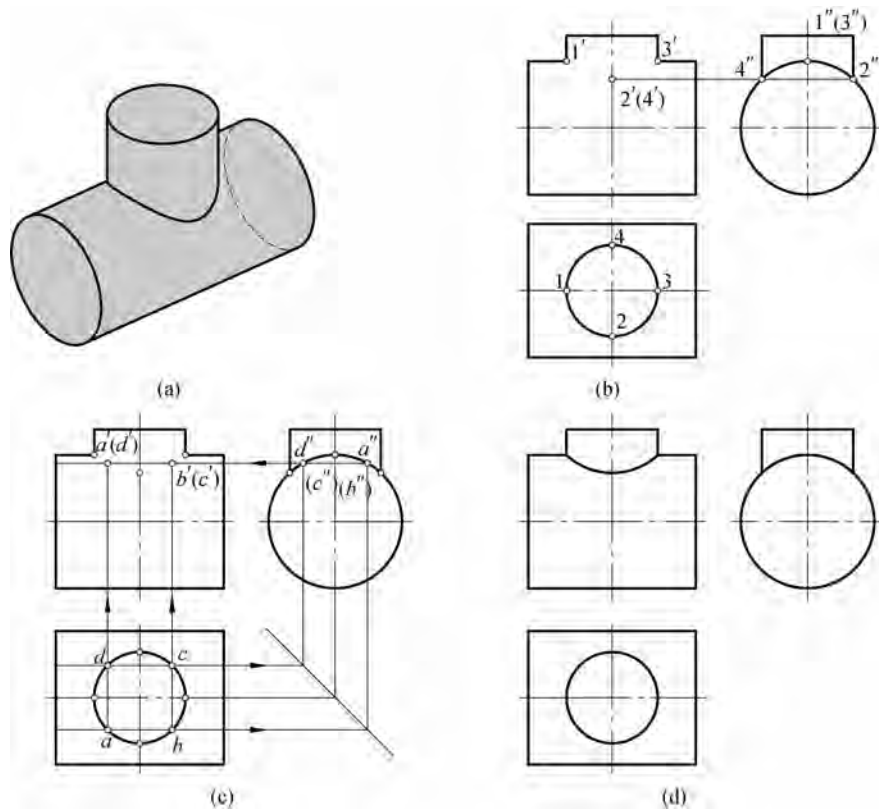


图 2-38 两轴线垂直相交圆柱的相贯线

分析:从图 2-38(b)中水平投影可以看出,轴线铅垂圆柱完全在轴线侧垂圆柱的投影范围内,轴线铅垂圆柱水平投影有积聚性,因此相贯线的水平投影和轴线铅垂圆柱的圆柱面都积聚在水平投影的圆上;轴线侧垂圆柱侧面投影有积聚性,因此相贯线的侧面投影积聚在轴线侧垂圆柱侧面投影圆与轴线铅垂圆柱的重合部分。相贯线的水平投影和侧面投影已经给出,对于相贯线只需求出正面投影。

作图:(1)求特殊点的投影。由于两个圆柱轴线垂直相交,因此轴线铅垂圆柱和轴线侧垂圆柱的正面轮廓线相交,即 I 和 III 两点,点 I 是相贯线最左点和最高点,点 III 是最右点和最高点;II 和 IV 两点是轴线铅垂圆柱侧面轮廓线上的点,点 II 是相贯线最前点,点 IV 是相贯线最后点,如图 2-38(b)所示。

(2)作一般位置点的投影。在轴线铅垂圆柱水平投影圆上的非特殊点位置任意确定一个点,如图 2-38(c)所示的水平投影 a , A 在轴线铅垂圆柱的一条素线上,同时 A 也在轴线侧垂圆柱的一条素线上,找到 A 的侧面投影 a'' ,确定 A 正面投影 a' ;由于该相贯线有对称性,同时可以方便地求出 B 、 C 和 D 点的投影,如图 2-38(c)所示。

(3)完成投影图。对于相贯线应求出所有的特殊点和一定数量的一般位置点,将各点依次光滑地连接,本例中依次连接 I、A、II、B、III、C、IV、D 再到 I,该相贯线有对称性(从求各

特殊点和一般位置点可以看出),后面相贯线 III 、 C 、 IV 、 D 、 I 一段与前面相贯线 I 、 A 、 II 、 B 、 III 一段完全重合,如图 2-38(d)所示。

2) 辅助平面法

辅助平面法是利用三面共点的基本原理,用一个位置恰当的辅助平面,同时截切相贯的两个立体,在两个立体上同时产生截交线,两截交线的交点就是相贯线上的点。通常选截切两立体所得截交线中简单易画的直线或圆的特殊位置平面作为辅助平面,如图 2-39 所示。在相贯线的范围内作一系列的辅助平面,求出各特殊点(有些特殊点可直接求出)和一般位置点,依次光滑地连接。

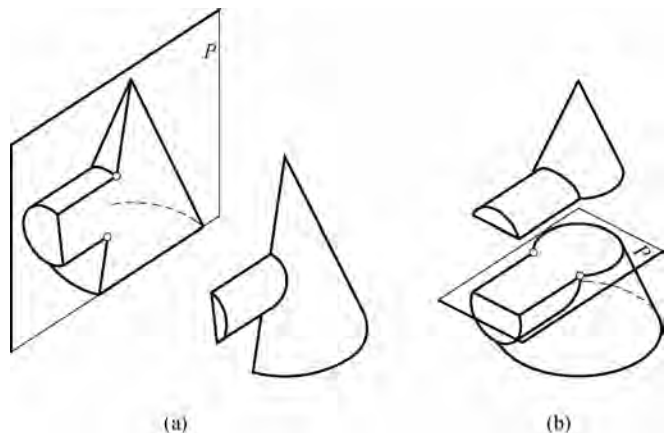


图 2-39 辅助平面法

例 2-11 求轴线垂直相交的圆柱与圆锥的相贯线的投影,如图 2-40(a)所示。

分析:如图 2-40(b)所示,圆柱轴线垂直于侧面,其侧面投影有积聚性,圆柱有积聚性投影的圆完全在圆锥的投影范围内,因此相贯线的侧面投影都积聚在侧面投影的圆上。相贯线的侧面投影已经给出,对于相贯线只需求出水平投影和正面投影。该相贯体圆柱与圆锥正面轮廓线相交,正面轮廓线上的特殊点可直接求出;圆柱水平轮廓线上的点和一般位置点通过辅助平面法求出,辅助平面的选择如图 2-40 所示。

作图:(1)求特殊点的投影。由于圆柱轴线与圆锥轴线垂直相交,因此圆柱与圆锥的正面轮廓线相交,即 I 和 III 两点,点 I 是相贯线最左点和最低点,点 III 是相贯线最高点; II 和 IV 两点是圆柱水平轮廓线上的点,用辅助平面 R 求出,点 II 是相贯线最前点,点 IV 是相贯线最后点,如图 2-40(c)所示。

(2)作一般位置点的投影。用辅助平面法,可以用水平面 P 作为辅助平面,截切圆锥得到圆,截切圆柱得到素线,素线与圆的交点即为相贯线上的点, A 、 B 、 C 、 D 就是求得一般位置点的投影,如图 2-40(d)所示。辅助平面的另一作法如图 2-40(e)所示,用侧垂面 Q 作为辅助平面,截切圆锥和圆柱都得到素线,两素线的交点即为相贯线上的点, E 、 F 、 G 、 H 就是求得一般位置点的投影,如图 2-40(e)所示。

(3)完成投影图。在水平投影和正面投影上将各点依次光滑地连接,正面投影各点前后对称,只需画出前面可见部分;水平投影中 II 和 IV 两点右面为圆柱上半部分,水平投影可见。 II 和 IV 两点左面为圆柱下半部分,水平投影不可见。补全圆柱水平投影的轮廓线,如图 2-40(f)所示。

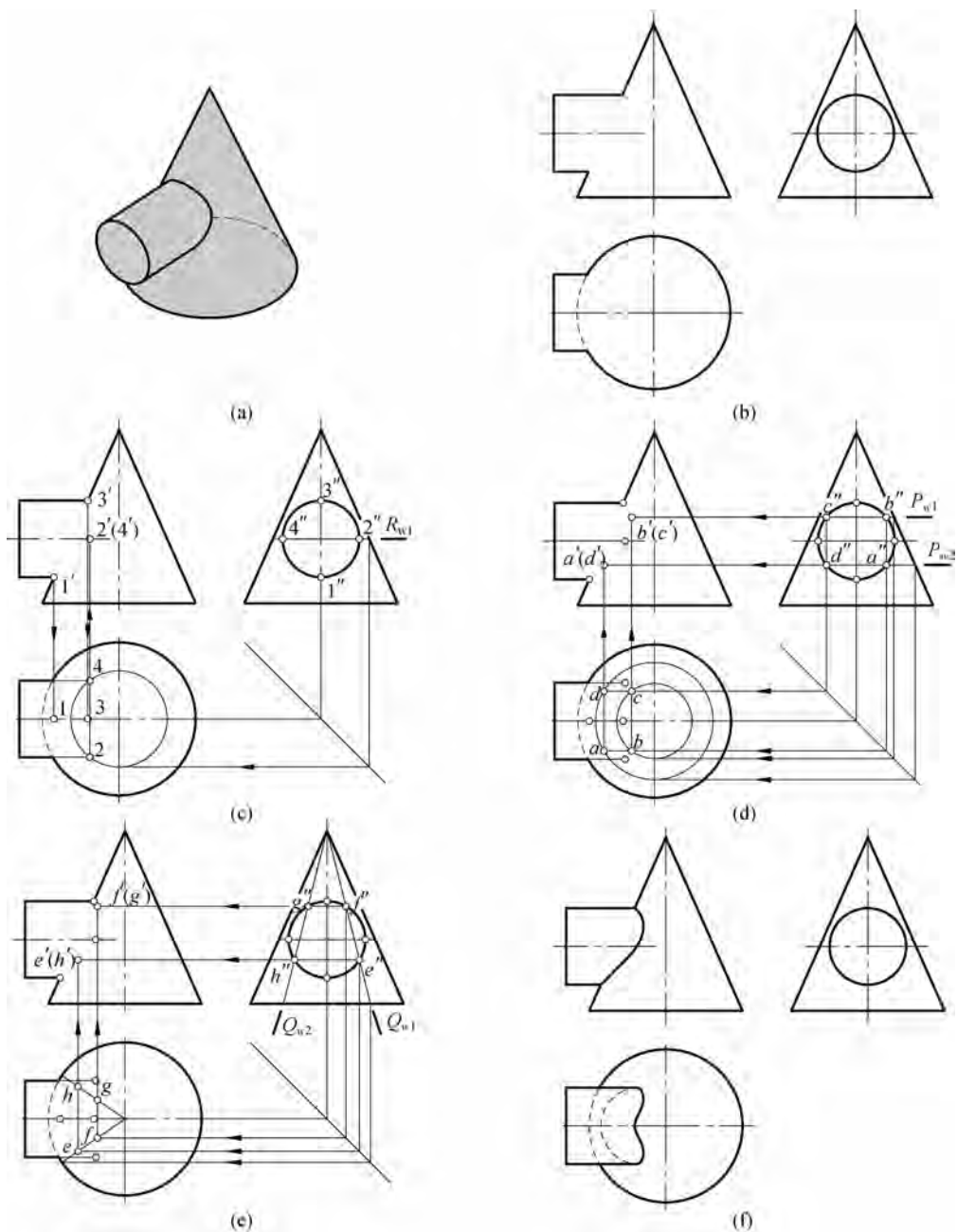


图 2-40 轴线垂直相交圆柱与圆锥的相贯线

2. 相贯线的特殊情况

当相贯的两个回转体的相对位置或大小处于特殊情况时,相贯线可能是平面曲线或直线。以下介绍几种相贯线的特殊情况。

- (1) 两回转体共轴线相贯,相贯线是垂直于轴线的圆,如图 2-41(a)所示。
- (2) 两轴线互相平行的圆柱相贯,相贯线是两条素线和圆弧,如图 2-41(b)所示。
- (3) 两共锥顶的圆锥相贯,相贯线是圆锥的两条素线,如图 2-41(c)所示。

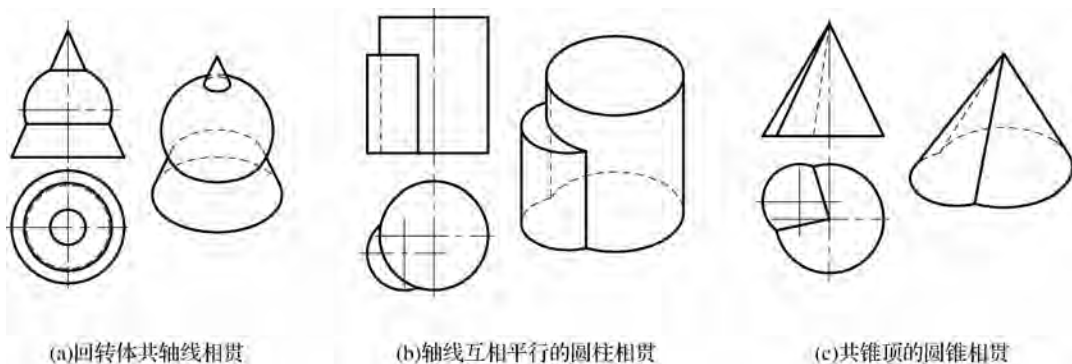


图 2-41 相贯线的特殊情况(一)

(4) 两相贯的回转体具有公共内切球时, 相贯线是椭圆, 如图 2-42 所示。

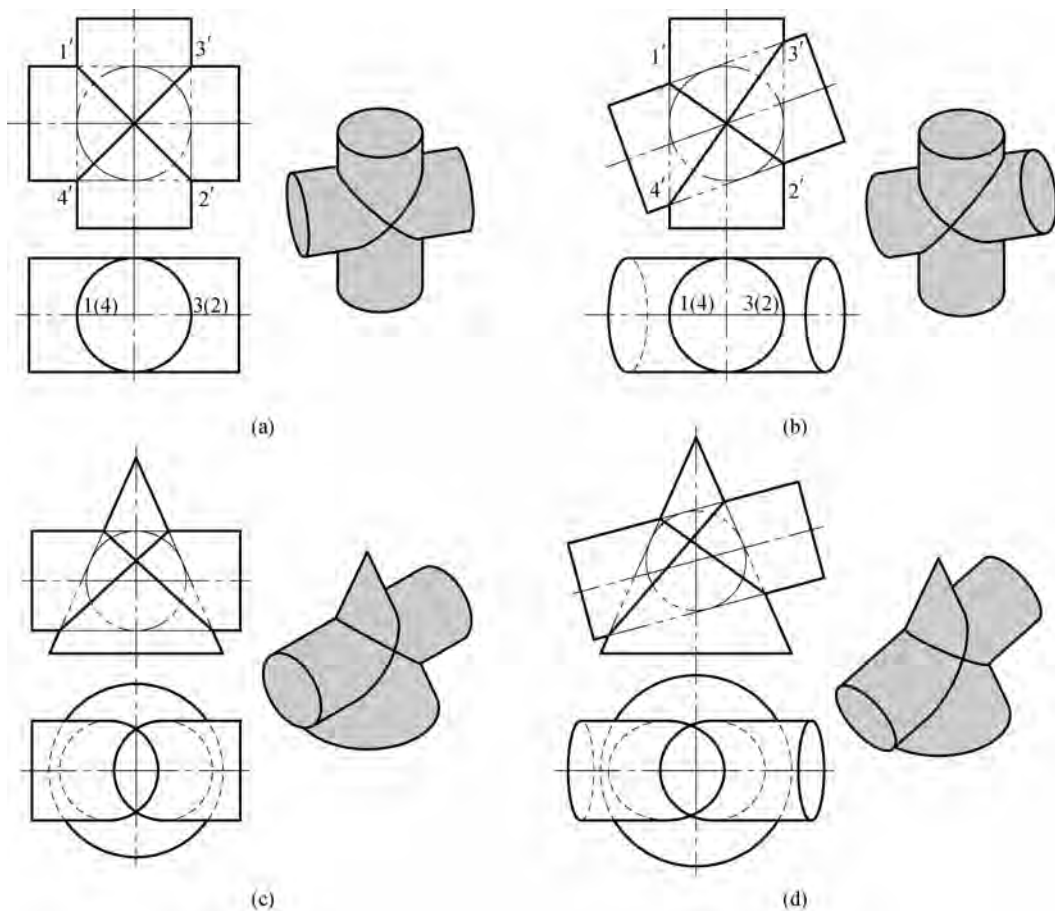


图 2-42 相贯线的特殊情况(二)

3. 组合相贯线

由三个或三个以上的立体相贯形成的相贯线称为组合相贯线。在组合相贯中, 两立体之间有一条相贯线, 各立体之间的相贯线汇聚为一点, 该点是三个立体的共有点。求组合相贯线时, 先分析两立体之间的相贯线, 找到相贯线的交点, 完成整个组合相贯线的投影。

例 2-12 求如图 2-43 所示组合相贯体的正面投影和侧面投影。

分析:从图 2-43(a)中可知,该组合相贯体由三个圆柱组成:一个轴线铅垂的圆柱和两个轴线侧垂的圆柱。参与相贯的面有四个,分别为 P 、 Q 、 R 和 S ,其中 P 是轴线铅垂圆柱的圆柱面, Q 是轴线侧垂大圆柱的圆柱面, R 是轴线侧垂大圆柱的顶面, S 是轴线侧垂小圆柱的圆柱面。 P 面与 S 面相贯及 P 面与 Q 面相贯为空间曲线, P 面与 R 面的交线为直线。轴线铅垂圆柱水平投影有积聚性,轴线侧垂圆柱侧面投影有积聚性,所以相贯线需求出正面投影,在侧面投影只需求出 P 面与 R 面的交线。

作图:(1)求特殊点的投影。由于三个圆柱的正面轮廓线相交, I 和 V 两点可直接求出; II 和 III 两点是轴线铅垂圆柱侧面轮廓线上的点; III 和 IV 、 VI 和 VII 是 P 面与 R 面的交线的端点,这四个端点分别连接轴线铅垂的圆柱和两个轴线侧垂圆柱的两条相贯线,如图 2-43(c)所示。

(2)作一般位置点的投影。该相贯线一般位置点的作法与例 2-10 类似,图 2-43 中未画出。

(3)完成投影图。依次连接 I 、 II 、 IV 、 III 、 V 各点, IV 、 III 之间是直线(在侧面投影不可见),由于相贯体前后对称,所以相贯线的后半部分 I 、 III 、 VII 、 VI 、 V 各特殊点及一般位置点均不可见,如图 2-43(d)所示。

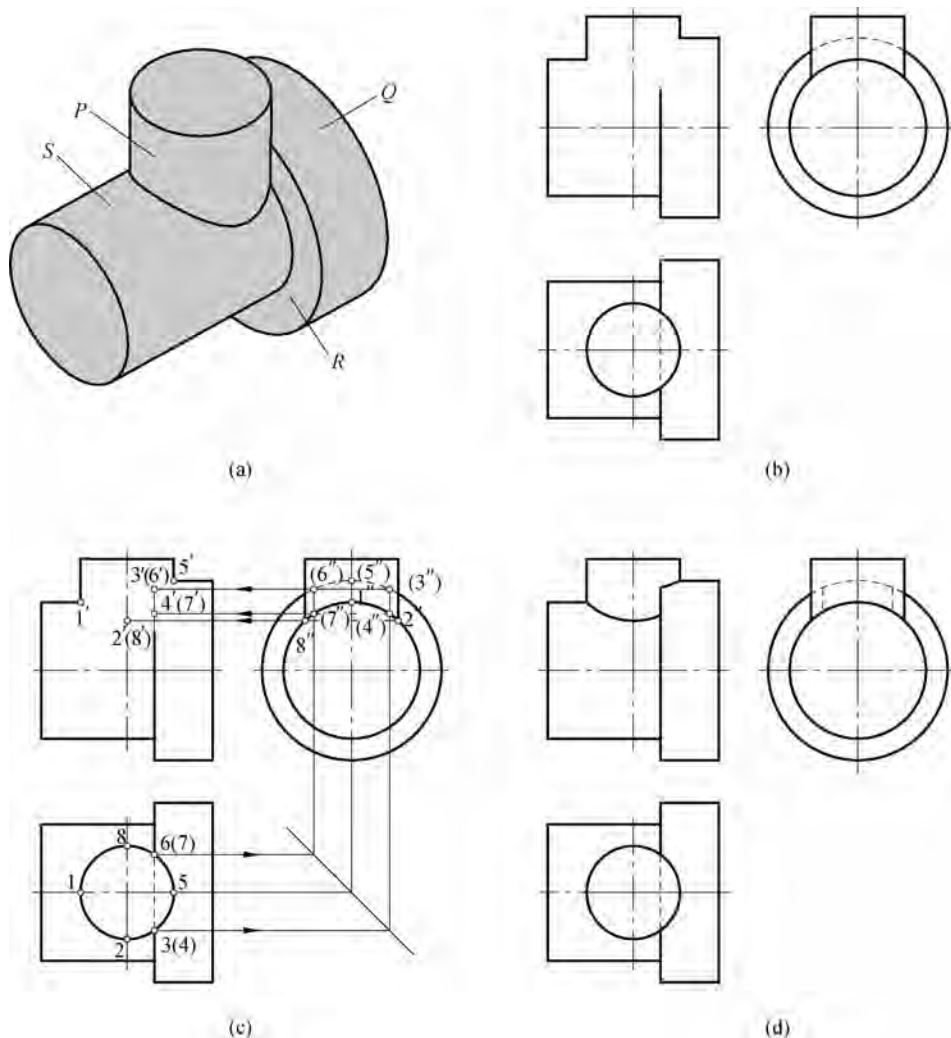


图 2-43 组合相贯体的相贯线



思考与练习

1. 三视图的投影规律是什么？请举例说明。
2. 试述点、直线和平面的投影特性。
3. 平面立体与曲面立体的特点有何不同？
4. 圆锥与平面相交时截交线有哪几种形式？
5. 求相贯线的“表面取点法”和“辅助平面法”各有何特点？