

# 单元一

## 制图基本知识



### 学习目标

熟悉并遵守国家标准《技术制图》、《机械制图》中有关图纸幅面和格式、比例、字体、图线及尺寸标注等规定；

掌握绘图工具的使用；

掌握几何作图方法，尤其是圆弧的连接；

掌握绘图的步骤和方法，能准确地进行尺寸及线段的分析，并熟悉绘图的基本步骤；

掌握徒手绘图的基本技能。



### 相关知识

## 第一节 国家标准关于制图的一般规定

### 一、图纸幅面和格式(GB/T 14689—2008)

#### 1. 图纸幅面

为了合理利用图纸和便于图样管理，国家标准中规定了图纸的幅面尺寸和格式，其代号分别为 A0、A1、A2、A3、A4。绘图时应优先选用国家标准中规定的图纸基本幅面尺寸，见表 1-1。必要时，也允许以基本幅面的短边的整数倍加长幅面。

表 1-1 图纸基本幅面尺寸

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
$c$	10			5	
$e$	20		10		
$a$	25				

#### 2. 图框格式

无论图纸是否装订，都必须用粗实线画出图框，其格式分为不留装订边和留装订边两种。如图 1-1 所示为不留装订边的图纸格式，如图 1-2 所示为留装订边的图纸格式，其尺寸

均按表 1-1 中的规定。但应注意,同一产品的图样只能采用一种格式。有时为了复制或缩微摄影的方便,还采用对中符号。对中符号是从纸边界线画入图框内约 5 mm 的一段粗实线,见图 1-1(b)。

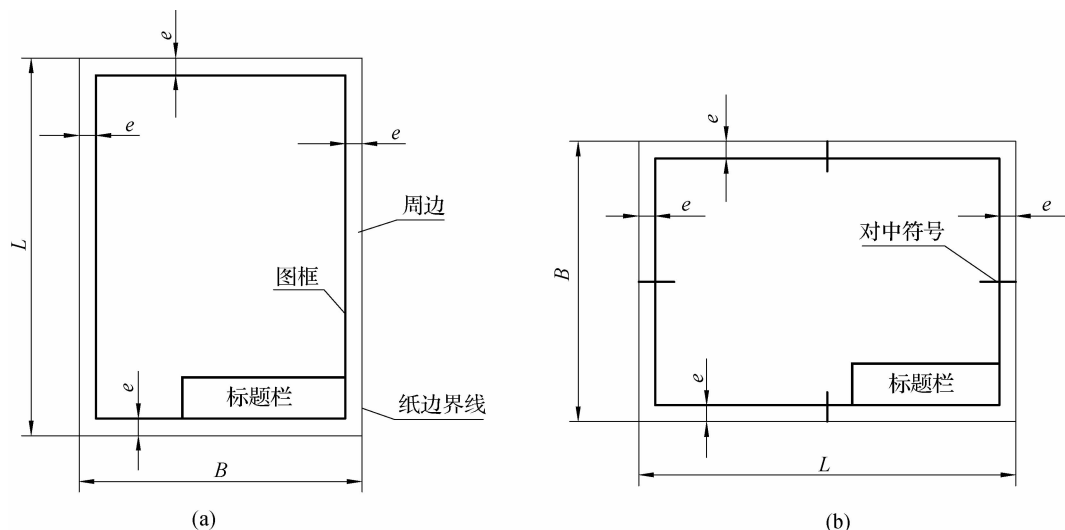


图 1-1 不留装订边的图纸格式

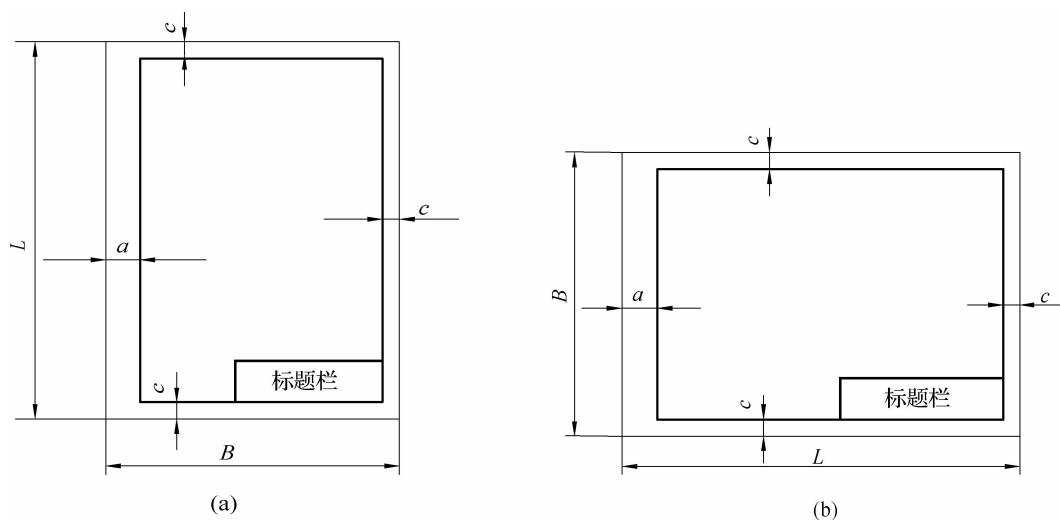
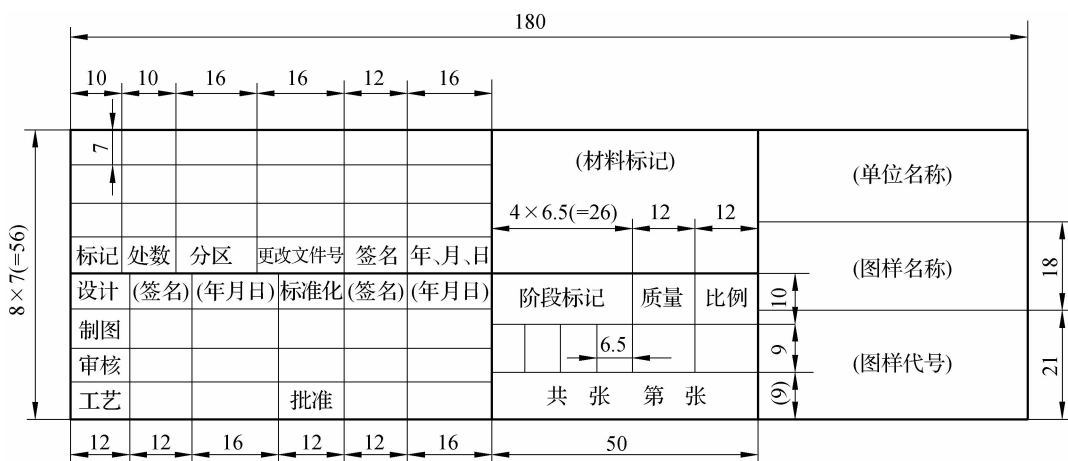


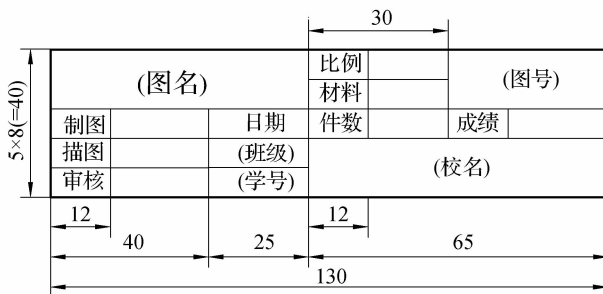
图 1-2 留装订边的图纸格式

### 3. 标题栏及明细栏

每张图样上都应有标题栏,用来填写图样上的综合信息,标题栏配置在图纸的右下方,其格式如图 1-3(a)所示。明细栏一般配置在装配图中标题栏的上方,按自下而上的顺序填写。在学校的制图作业中标题栏也可采用如图 1-3(b)所示的简化形式。



(a)



(b)

图 1-3 标题栏的格式

## 二、比例(GB/T 14690—1993)

图样中机件要素的线性尺寸与实际机件相应要素的线性尺寸之比称为比例。即

$$\text{比例} = \text{图形中线性尺寸大小} : \text{实物上相应线性尺寸大小}$$

比例一般分为原值比例、缩小比例及放大比例三种类型。绘制图样时,尽可能采用原值比例,以便从图中看出实物的大小。根据需要也可采用放大或缩小的比例,但不论采用何种比例,图中所注尺寸数字仍为机件的实际尺寸,且图样按比例放大或缩小,仅限于图样上各线性尺寸而与角度无关。绘制同一机件的各个视图应采用相同的比例,并在标题栏中统一填写,当某个视图采用了不同的比例时,必须在该图形的上方加以标注。常用的比例见表 1-2。

表 1-2 常用的比例

种 类	比 例					
原值比例	1 : 1					
缩小比例	1 : 2	1 : 5	1 : 10	$1 : 2 \times 10^n$	$1 : 5 \times 10^n$	$1 : 1 \times 10^n$
放大比例	5 : 1	2 : 1	$5 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$	

注:  $n$  为正整数。

### 三、字体(GB/T 14691—1993)

图样中除图形外,还需用汉字、数字和字母等进行标注或说明,它是图样的重要组成部分。字体包括汉字、数字及字母的字体。

(1)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。

(2)字体的号数即字体的高度(mm),分别为20、14、10、7、5、3.5、2.5、1.8八种。A型字体的笔画宽度为字高的1/14,B型字体的笔画宽度约为字高的1/10。汉字不宜采用2.5号和1.8号,以免字迹不清。

(3)汉字。汉字应写成长仿宋字体,并应采用国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。

汉字要求写得整齐匀称。书写长仿宋体的要领为:横平竖直、注意起落、结构均匀、填满方格。如图1-4所示为长仿宋字体示例。



图 1-4 长仿宋字体示例

(4)数字及字母。数字及字母有直体和斜体之分。斜体字的字头向右倾斜,与水平线成75°角。拉丁字母以直线为主体,减少弧线,以便书写及计算机绘图。罗马数字上的横线不连起来。如图1-5所示为数字和字母示例。

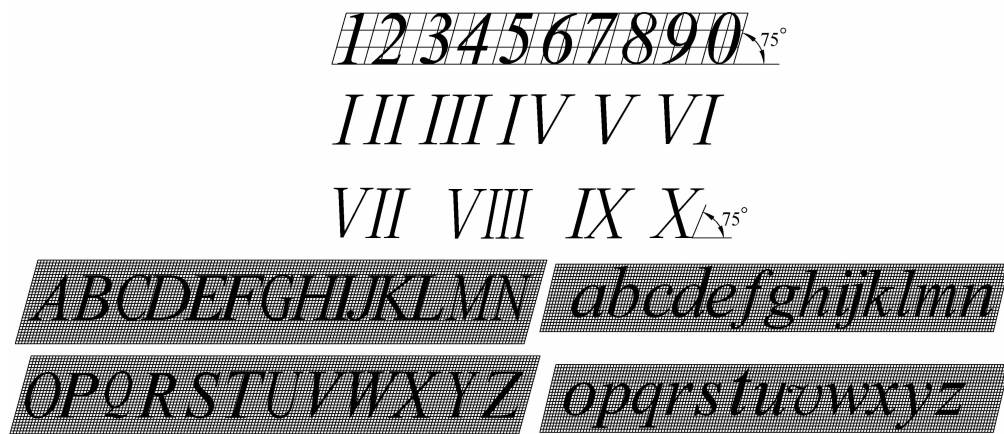


图 1-5 数字和字母示例

用作指数、分数、极限偏差、注脚等的字母及数字,一般采用小一号的字体。图样中的数字符号、物理量符号、计量单位符号以及其他符号、代号,应分别符合国家的有关法令和标准的规定,字体组合应用示例如图 1-6 所示。

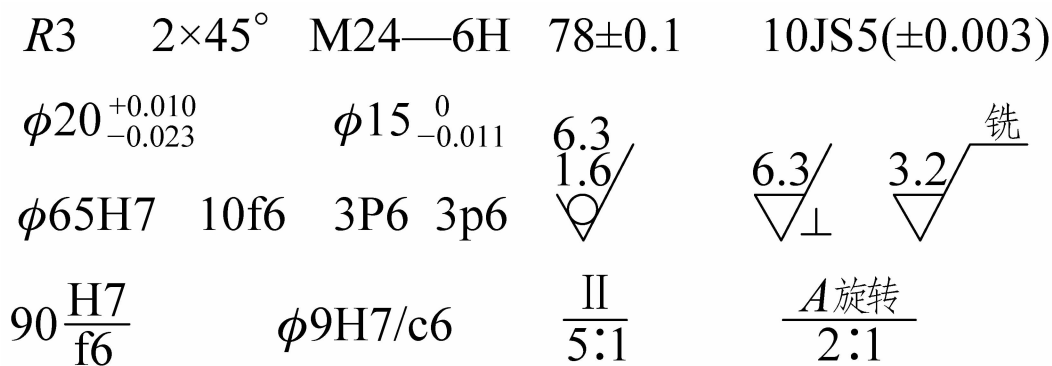


图 1-6 字体组合应用示例

#### 四、图线(GB/T 4457. 4—2002)

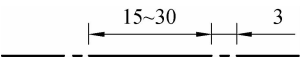
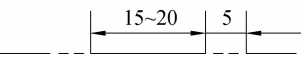
##### 1. 基本线型

在机械制图中常用的线型有细实线、粗实线、细虚线、细点画线、细双点画线、波浪线、双折线等,它们的使用在国标中都有严格的规定(见表 1-3),使用时应严格遵守。

表 1-3 基本线型及应用

图线名称	代码 No.	线 型	线 宽	一般应用
细实线	01. 1		$d/2$	过渡线、尺寸线、尺寸界线、剖面线、指引线和基准线、螺纹牙底线、重合断面轮廓线、短中心线、尺寸线的起止线、表示平面的对角线、零件成形前的弯折线、范围线及分界线等
波浪线				断裂处边界线、视图与剖视图的分界线
双折线				断裂处边界线、视图与剖视图的分界线
粗实线	01. 2		$d$	可见棱边线、可见轮廓线、相贯线、螺纹牙顶线、螺纹长度终止线、齿顶圆(线)等
细虚线	02. 1		$d/2$	不可见轮廓线、不可见棱边线
粗虚线	02. 2		$d$	允许表面处理的表示线
细点画线	04. 1		$d/2$	轴线、对称中心线、分度圆(线)、孔系分布的中心线、剖切线等

续表

图线名称	代码 No.	线 型	线 宽	一般应用
粗点画线	04.2		$d$	限定范围表示线(特殊要求)
细双点画线	05.1		$d/2$	相邻辅助零件的轮廓线、可动零件的极限位置的轮廓线、重心线、成形前轮廓线、轨迹线、中断线等

## 2. 图线宽度

在机械图样中采用粗细两种线宽,它们之间的比例为 2 : 1。

图线的宽度  $d$  应根据图形的大小和复杂程度,在下列数系中选择:0.13 mm、0.18 mm、0.25 mm、0.35 mm、0.5 mm、0.7 mm、1 mm、1.4 mm、2 mm。通常情况下,粗线的宽度采用 0.7 mm,细线的宽度采用 0.35 mm。在同一图样中,同类图线的宽度应一致。

## 3. 图线的应用

如图 1-7 所示为上述几种图线的应用举例。在图 1-7 所示零件的视图上,粗实线表示该零件的可见轮廓线;细虚线表示不可见轮廓线;细实线表示尺寸线、尺寸界线及剖面线;双折线和波浪线表示断裂处的边界线及视图和剖视图的分界线;细点画线表示轴线、对称中心线及轨迹线;细双点画线表示相邻辅助零件轮廓线及极限位置轮廓线。

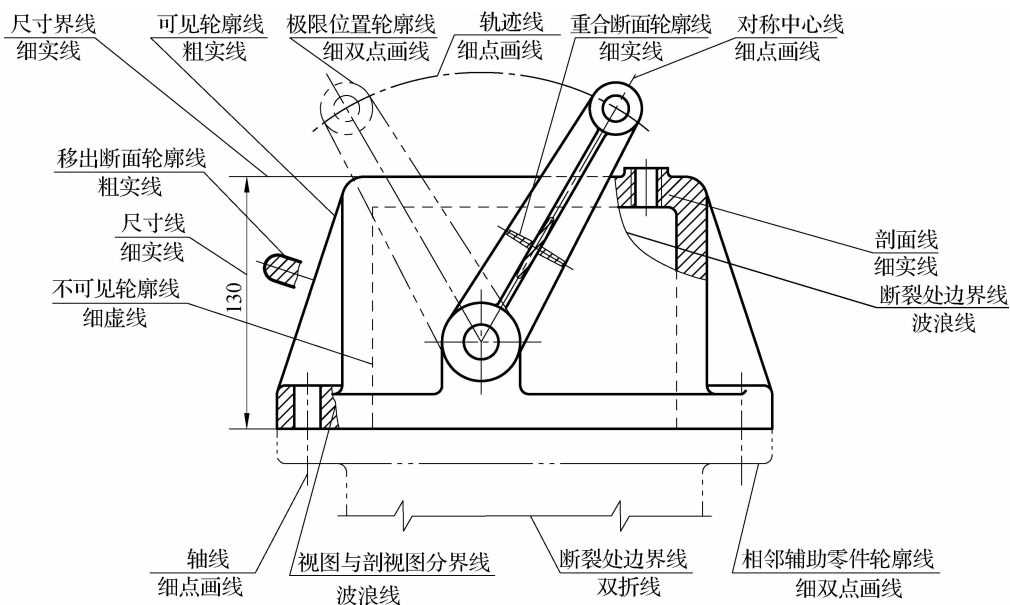


图 1-7 图线的应用示例

## 4. 图线的画法

(1) 同一图样中同类图线的宽度应基本一致。细虚线、细点画线及细双点画线的线段长度和间隔应各自大致相等。

(2) 绘制圆的对称中心线时,圆心应为线段的交点。细点画线和双点画线的首末两端应是线段而不是点,且应超出图形外 2~5 mm。

(3) 在较小的图形上绘制细点画线或细双点画线有困难时,可用细实线代替。

(4) 细虚线、细点画线、细双点画线相交时,应该是线段相交。当细虚线是粗实线的延长线时,在连接处应断开,如图 1-8 所示。

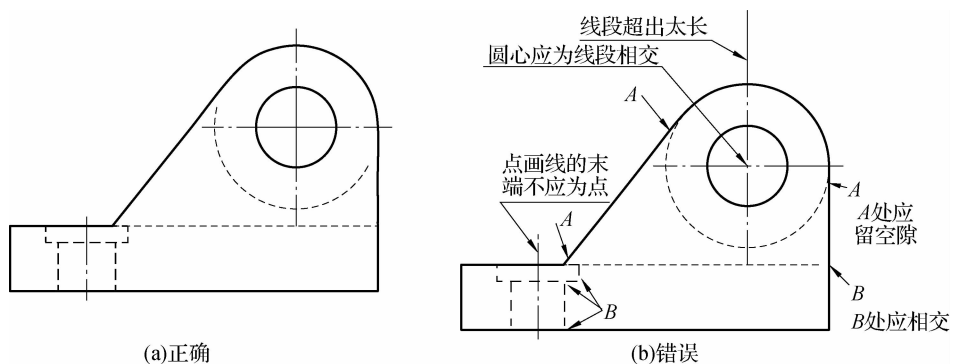


图 1-8 图线交接处的画法

(5) 当各种线型重合时,应按粗实线、细虚线、细点画线的优先顺序画出。

## 五、尺寸注法(GB/T 4458. 4—2003)

绘图时必须严格遵守国家标准中规定的标注尺寸的规则和方法。

### 1. 基本规则

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

(2) 图样中(包括技术要求和其他说明)的尺寸,以 mm 为单位时,不需标注计量单位符号或名称,如采用其他单位,则应注明相应的单位符号。

(3) 图样中所标注的尺寸为该图样所示机件的最后完工尺寸,否则应另加说明。

(4) 机件的每一尺寸一般只标注一次,并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

### 2. 尺寸标注的组成

一个完整的尺寸由尺寸数字、尺寸线、尺寸界线和尺寸的终端(箭头或斜线)组成,如图 1-9 所示。

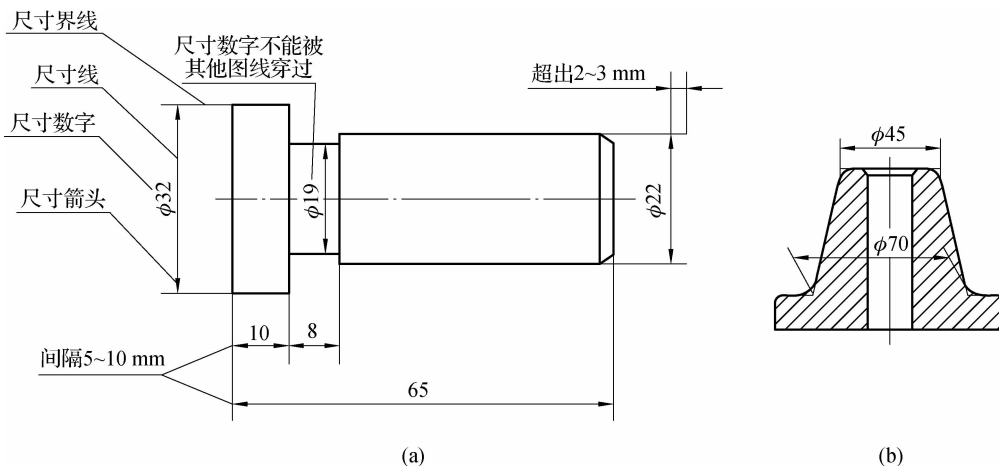


图 1-9 尺寸标注的组成

(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尺寸界线。当表示曲线轮廓上各点的坐标时, 可将尺寸线或其延长线作为尺寸界线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直, 必要时允许倾斜, 见图 1-9(b)。

(2) 尺寸线。尺寸线表明尺寸度量的方向必须单独用细实线绘制, 不能用其他图线代替, 也不得与其他图线重合或画在其延长线上。标注线性尺寸时, 尺寸线必须与所标注的线段平行。在同一图样中, 尺寸线与轮廓线以及尺寸线与尺寸线之间的距离应大致相当, 一般以不小于 5 mm 为宜, 如图 1-9(a) 所示。尺寸线的终端可以用两种形式表示, 如图 1-10 所示。机械图中一般用箭头, 其尖端应与尺寸界线接触, 箭头长度约为粗实线宽度的 6 倍。土建图一般用 45° 斜线, 斜线的高度应与尺寸数字的高度相等。

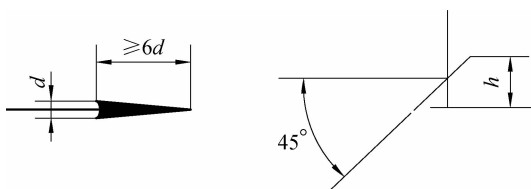


图 1-10 尺寸线终端的两种形式

(3) 尺寸数字。线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方, 或注写在尺寸线的中断处, 尺寸数字不可被任何图线所穿过, 见图 1-9。

线性尺寸的数字方向一般应按图 1-11(a) 所示方向注写, 即水平方向的尺寸数字字头朝上, 垂直方向的尺寸数字字头朝左, 倾斜方向尺寸数字字头有朝上的趋势。应避免在图示 30° 范围内标注尺寸, 当无法避免时, 可按图 1-11(b) 的形式标注。

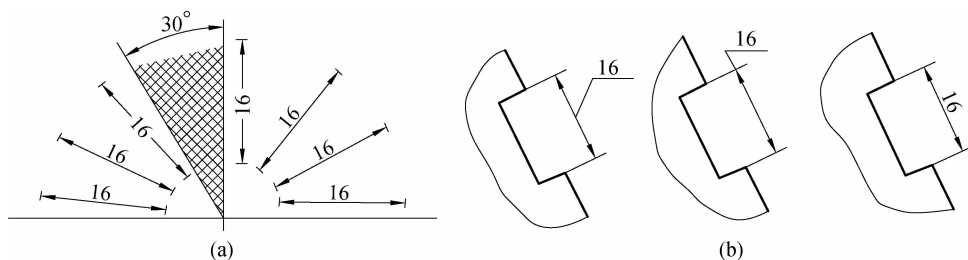


图 1-11 线性尺寸数字的方向

### 3. 常用尺寸注法

在实际绘图中, 尺寸标注的形式很多, 常用尺寸的标注方法见表 1-4。

表 1-4 常用尺寸的标注方法

尺寸种类	图 例	说 明
圆和圆弧		在直径、半径尺寸数字前, 分别加注符号 $\phi$ 、 $R$ ; 尺寸线应通过圆心(对于直径)或从圆心画出(对于半径)



续表

尺寸种类	图 例	说 明
大圆弧		<p>需要标明圆心位置,但圆弧半径过大,在图纸范围内又无法标出其圆心位置时,用图(a); 不需标明圆心位置时,用图(b)</p>
角度		<p>尺寸界线沿径向引出;尺寸线为以角度顶点为圆心的圆弧。尺寸数字一律水平书写,一般写在尺寸线的中断处,也可引出标注</p>
小尺寸和小圆弧		<p>位置不够时,箭头可画在外边,允许用小圆点或斜线代替两个连续尺寸间的箭头。 在特殊情况下,标注小圆的直径允许只画一个箭头;有时为了避免产生误解,可将尺寸线断开</p>
对称尺寸		<p>对称机件的图形如只画出一半或略大于一半时,尺寸线应略超过对称中心线或断裂线。此时只在靠尺寸界线的一端画出箭头</p>
球		<p>球体一般应在“<math>\phi</math>”或“R”前面加注符号“S”。但在不致引起误解的情况下,也可不加注</p>
弧长和弦长		<p>尺寸界线应平行于该弦的垂直平分线;表示弧长的尺寸线用圆弧,同时在尺寸数字上加注“<math>\wedge</math>”</p>

#### 4. 标注尺寸的符号及缩写词

尺寸标注常用符号及缩写词应符合表 1-5 的规定。

表 1-5 尺寸标注常用符号及缩写词

名 词	直径	半径	球直径	球半径	厚度	正方形	45°倒角	深度	沉孔或锪平	埋头孔	均布
符号或缩写词	$\phi$	R	$S\phi$	SR	t	□	C	↓	└┘	▽	EQS

## 第二节 制图工具及其使用方法

正确使用制图工具对提高制图速度和图面质量起着重要的作用,熟练掌握制图工具的使用方法是一名工程技术人员必备的基本技能。常用的制图工具有绘图铅笔、图板、丁字尺、三角板、圆规、分规、比例尺、曲线板、擦图片、绘图橡皮、胶带纸、削笔刀等。

### 一、绘图铅笔

在绘制工程图样时要选择专用的“绘图铅笔”,一般需要准备以下几种型号的绘图铅笔: B 和 HB 型铅笔用来画粗实线; HB 型铅笔用来画细实线、细点画线、细双点画线、细虚线和写字; H 和 2H 型铅笔用来画底稿。

H 前的数字越大,表明铅芯越硬,画出来的图线就越淡; B 前的数字越大,表明铅芯越软,画出来的图线就越黑。由于圆规画圆时不使用力,因此圆规上使用的铅芯一般要比绘图铅笔软一级。用于画粗实线的铅笔铅芯应磨成矩形断面,其余的磨成圆锥形,如图 1-12 所示。铅笔应从无硬度标记的一端削起。

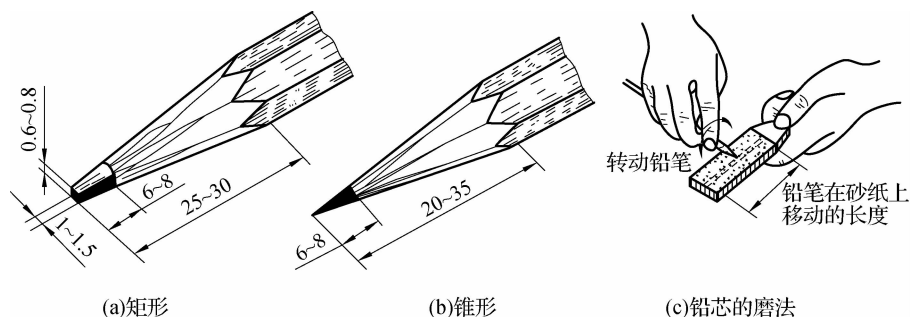


图 1-12 铅芯的断面形状和磨法

画线时,铅笔在前后方向应与纸面垂直,而且向画线前进方向倾斜约  $30^\circ$ ,画线时用力要均匀,匀速前进。当画粗实线时,因用力较大,倾斜角度可小一些。

### 二、图板、丁字尺和三角板

图板根据大小有多种型号,图板的短边为导边;丁字尺是用来画水平线的,丁字尺的上面那条边为工作边。

如采用预先印好图框及标题栏的图纸进行绘图,则应使图纸的水平图框线对准丁字尺

的工作边后,再将其固定在图板上,以保证图上的所有水平线与图框线平行;如采用较大的图板,为了便于画图,图纸应尽量固定在图板的左下方,但须保证图纸与图板底边有稍大于丁字尺宽度的距离,以保证绘制图纸上最下面的水平线时的准确性。

用丁字尺画水平线时,用左手握住尺头,使其紧靠图板的左侧导边上下移动,右手执笔,沿丁字尺工作边自左向右画线。当画较长的水平线时,左手应按住丁字尺尺身。画线时,笔杆应稍向外倾斜,尽量使笔尖贴靠尺边,如图 1-13 所示。画垂直线时如图 1-14 所示,自下往上画线。

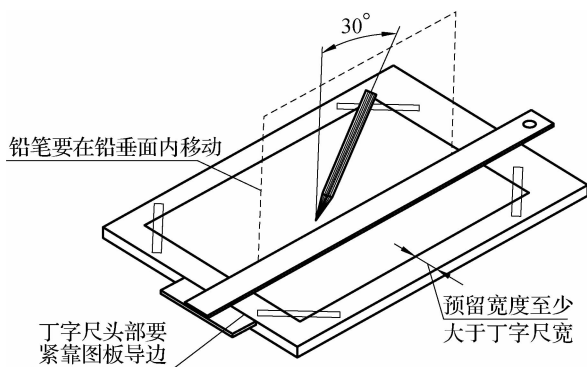


图 1-13 用丁字尺画水平线

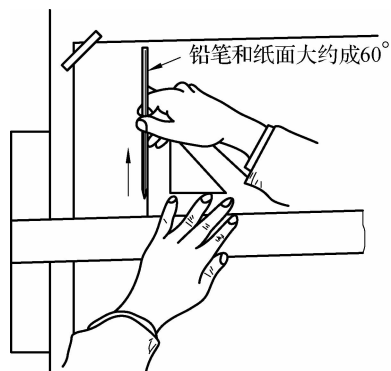


图 1-14 用丁字尺画垂直线

三角板有  $45^\circ$  和  $30^\circ/60^\circ$  两种。三角板与丁字尺配合使用可画垂直线及  $15^\circ$ 、 $75^\circ$  角的斜线,如图 1-15(a) 所示;或用两种三角板配合画任意角度的平行线,如图 1-15(b) 所示。

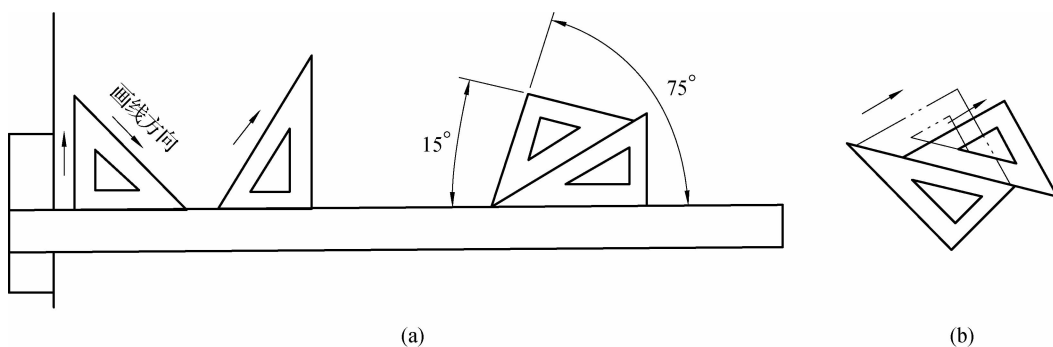


图 1-15 三角板的使用

### 三、圆规和分规

#### 1. 圆规

圆规是画圆和圆弧的工具。画图前,圆规固定腿上的钢针(带有台阶的一端)应调整到比铅芯稍长一些,以便在画圆或圆弧时,将针尖插入圆心中。钢针的另一端作分规时使用,如图 1-16 所示。

在画粗实线圆时,圆规的铅芯应比画相应粗直线的铅芯软一号;同理,画细实线圆时,也应使用比画相应粗直线圆软一号的铅芯。

使用圆规时,应尽可能使钢针和铅芯插腿垂直于纸面,画小圆时可用点(弹性)圆规;画

大圆时,可用延伸杆来扩大其直径,如图 1-17 所示。

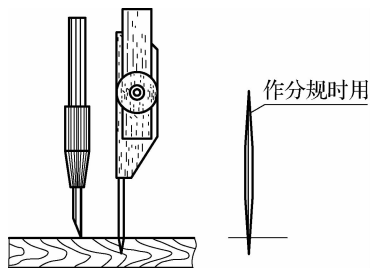


图 1-16 圆规钢针、铅芯及位置调整

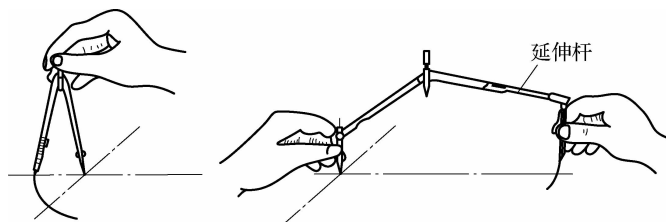


图 1-17 圆规的使用

## 2. 分规

分规是用来量取尺寸和等分线段的工具。为了准确地度量尺寸,分规两腿端部的针尖应平齐,如图 1-18 所示。等分线段时,将分规两针尖调整到所需的距离,然后用右手拇指和食指捏住分规手柄,使分规两针尖沿线段交替旋转前进,如图 1-19 所示。用分规在尺上或图上截取尺寸或线段的方法和手势如图 1-20 所示。

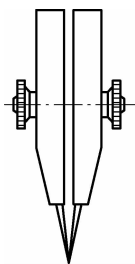


图 1-18 分规两腿端部的针尖应平齐

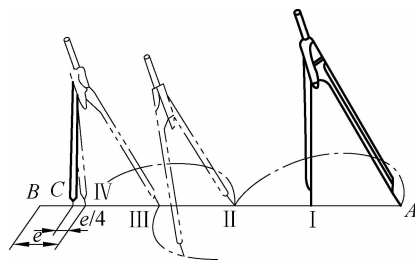


图 1-19 用分规等分线段

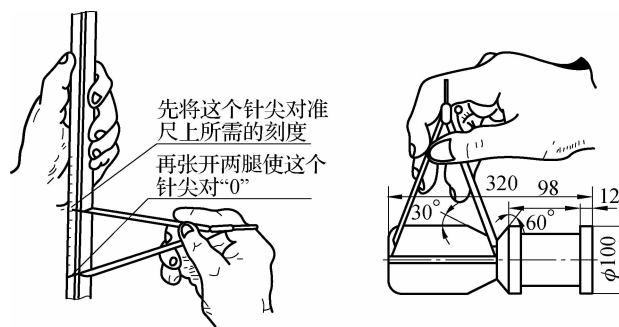


图 1-20 用分规截取尺寸或线段的方法和手势

## 四、比例尺

比例尺有三棱式和板式两种,如图 1-21(a)所示,尺面上有各种不同比例的刻度。在用不同比例绘制图样时,只要在比例尺的相应比例刻度上直接量取,省去了麻烦的计算,加快了绘图速度,如图 1-21(b)所示。

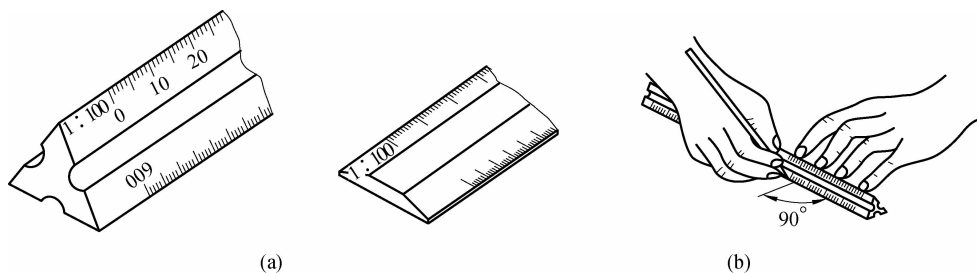


图 1-21 比例尺及其使用方法

## 五、曲线板

曲线板是一种具有不同曲率半径的模板,用来绘制各种非圆曲线。使用曲线板时,应先画出曲线上若干点,徒手用铅笔把各点轻轻地连接起来,再选择曲线板上曲率合适的部分逐段描绘,如图 1-22 所示。每一段中,至少有四个点与曲线板吻合,每描一段线要比曲线板吻合的部分稍短,留一部分待在下一段中与曲线板再次吻合后描绘(即找四连三,首尾相叠),这样才能使所画的曲线连接光滑。

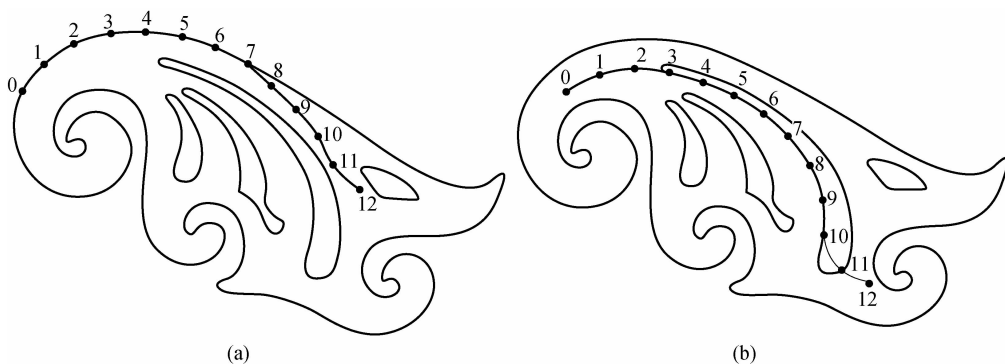


图 1-22 曲线板及其使用

## 六、其他绘图工具

绘图模板是一种快速绘图工具,上面有多种镂空的常用图形、符号或字体等,如图 1-23(a)所示,能够方便地绘制针对不同专业的图案。使用时笔尖应紧靠模板,才能使画出的图形整齐、光滑。

量角器用来测量角度,如图 1-23(b)所示。简易的擦图片是擦去多余线条时用来防止将有用的线条也擦去的一种工具,如图 1-23(c)所示。

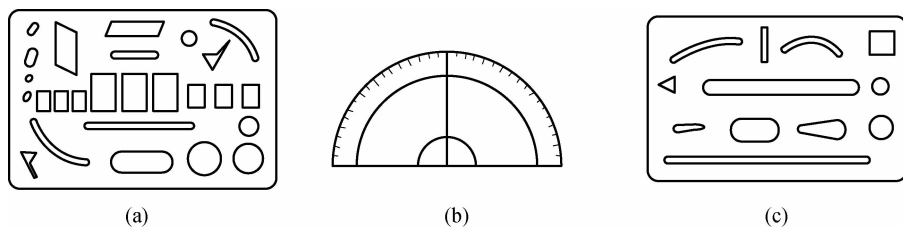


图 1-23 其他绘图工具

另外,在绘图时,还需要准备削笔刀、绘图橡皮、固定图纸用的塑料透明胶带纸、磨铅笔用的砂纸以及清除图样上橡皮屑的小刷等。

### 第三节 基本几何作图

在制图过程中,常会遇到等分线段、等分圆周作正多边形、画斜度和锥度、圆弧连接及绘制非圆曲线等的几何作图问题。

#### 一、等分已知线段

已知线段  $AB$ , 现将其等分成五份, 作图过程如图 1-24 所示。

(1) 过  $AB$  线段的一个端点  $A$  作一与其成一定角度的直线段  $AC$ , 然后在此线段上用分规截取五等份, 如图 1-24(a) 所示。

(2) 将最后的等分点 5 与原线段  $AB$  的另一端点  $B$  连接, 然后过各等分点作此线段  $5B$  的平行线与原线段  $AB$  的交点, 即为所需的等分点, 如图 1-24(b) 所示。

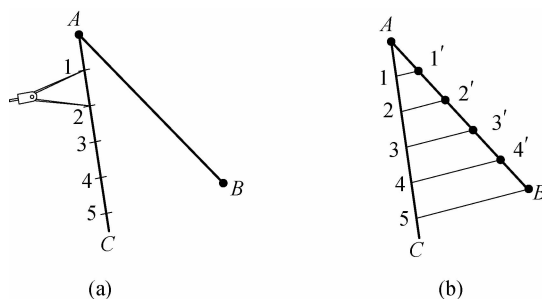


图 1-24 等分已知线段作图过程

#### 二、等分圆周作正多边形

##### 1. 求作圆的内接正六边形

已知一半径为  $R$  的圆, 求作其内接正六边形。

(1) 用圆规作图。分别以圆的直径两端  $A$  和  $D$  为圆心, 以  $R$  为半径画弧交圆周于  $B, F$  和  $C, E$ , 依次连接  $A, B, C, D, E, F, A$ , 即得所求正六边形, 如图 1-25 所示。

(2) 用三角板配合丁字尺作图。用  $30^\circ/60^\circ$  三角板与丁字尺配合, 也可作圆内接正六边形, 如图 1-26(a) 所示, 或圆的外切正六边形, 如图 1-26(b) 所示。

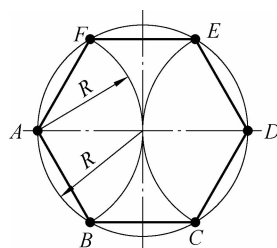


图 1-25 用圆规作圆内接正六边形

##### 2. 求作圆的内接正五边形

已知一半径为  $R$  的圆, 求作圆内接正五边形。

五等分圆周并作正五边形, 可用分规试分, 也可按下述方法作图, 如图 1-27 所示。

(1) 平分半径  $OB$  得点  $O_1$ 。

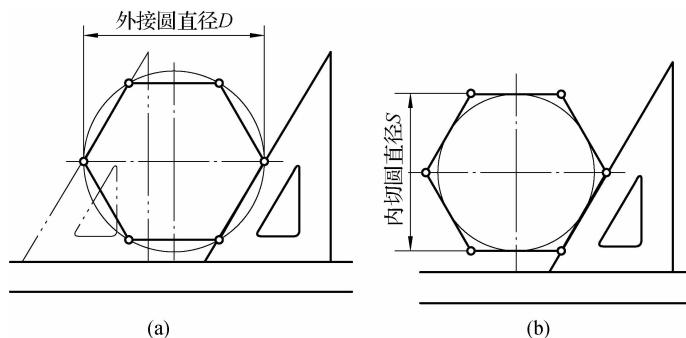


图 1-26 用丁字尺、三角板作圆内接和圆外切正六边形

(2) 在  $AB$  上取  $O_1K=O_1D$  得点  $K$ 。

(3) 以  $DK$  为边长等分圆周得  $E、H$ ，再以  $E、H$  为圆心， $DK$  为半径在图上截得  $F、G$ ，依次连线即得如图 1-27 所示的正五边形。

### 3. 画正 $n$ 边形

若已知圆周半径为  $R$ ，求作圆内接正  $n$  边形，则作图步骤(假设求作正七边形)如下。

(1) 将直径  $AN$  七等分。

(2) 以  $N$  为圆心， $NA$  为半径作圆弧交水平中心线的延长线于点  $M$ 。

(3) 自  $M$  与  $AN$  上的奇数或偶数点(如 2、4、6 点)连接并延长与圆周相交得  $B、C、D$ ，再作它们的对称点  $G、F、E$ ，依顺序连接即得正七边形，如图 1-28 所示。

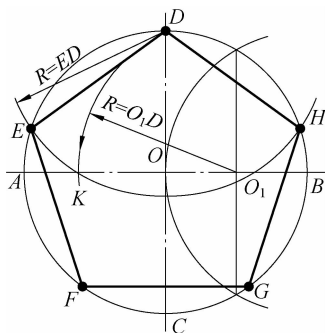


图 1-27 正五边形的画法

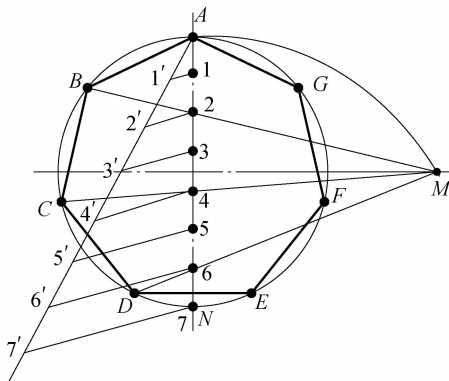


图 1-28 正七边形的画法

## 三、斜度与锥度

### 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，如图 1-29(a)所示，其大小用两直线(或平面)夹角  $\alpha$  的正切来表示，即  $\tan \alpha = H/L$ ，通常以  $1:n$  的形式标注。

标注斜度时，在数字前应加注符号“ $\angle$ ”，符号“ $\angle$ ”的指向应与直线或平面倾斜的方向一致，如图 1-29(b)所示。

若要对直线  $AB$  作一条斜度为  $1:10$  的倾斜线，则作图方法：先过点  $B$  作  $CB \perp AB$ ，并

使  $CB : AB = 1 : 10$ , 连接  $AC$ , 即得所求斜线, 如图 1-29(c) 所示。

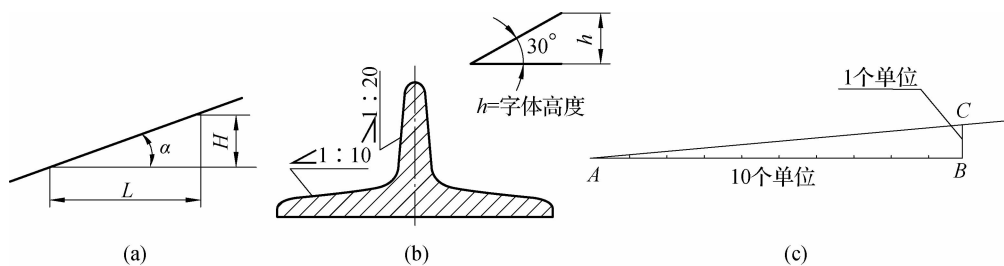


图 1-29 斜度、斜度符号和斜度的画法

## 2. 锥度

锥度是指正圆锥的底圆直径  $D$  与该圆锥高度  $L$  之比; 而对于圆台, 则为两底圆直径之差  $D-d$  与圆台高度  $l$  之比, 即  $\text{锥度} = (D-d)/l = 2 \tan \alpha$  (其中  $\alpha$  为  $1/2$  锥顶角), 如图 1-30(a) 所示。

锥度在图样上的标注形式为  $1:n$ , 且在此之前加注符号“ $\nabla$ ”, 如图 1-30(b) 所示。符号尖端方向应与锥顶方向一致。

若要求作一锥度为  $1:5$  的圆台锥面, 且已知底圆直径为  $\phi$ , 圆台高度为  $L$ , 则其作图方法如图 1-30(c) 所示。

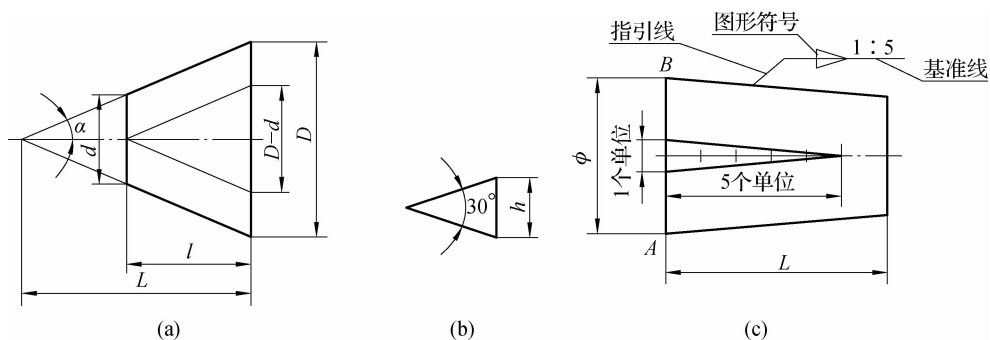


图 1-30 锥度、锥度符号和锥度的画法

## 四、圆弧连接

工程图样中的大多数图形是由直线与圆弧, 圆弧与圆弧连接而成的。圆弧连接实际上就是用已知半径的圆弧光滑地连接两已知线段(直线或圆弧)。其中起连接作用的圆弧称为连接圆弧。此处的连接是指圆弧与直线或圆弧与圆弧的连接处是相切的。因此, 在作图时, 必须根据连接弧的几何性质, 准确求出连接弧的圆心和切点的位置。

常见的圆弧连接的形式: 用连接圆弧连接两已知直线, 用连接圆弧连接两已知圆弧, 用连接圆弧连接一已知直线和一已知圆弧。

### 1. 用圆弧连接两已知直线

设已知连接圆弧的半径为  $R$ , 则用该圆弧将直线  $L_1$  及  $L_2$  光滑连接的作图方法如下。

(1) 作直线 I 和 II 分别与  $L_1$  和  $L_2$  平行, 且距离为  $R$ , 直线 I 和 II 的交点  $O$  即为连接圆



弧的圆心。

(2)过圆心  $O$  分别作  $L_1$  和  $L_2$  的垂线,其垂足  $a$  和  $b$  即为连接点(切点)。

(3)以  $O$  为圆心, $R$  为半径画圆弧  $ab$ ,如图 1-31(a)所示。

当两已知直线垂直时,其作图方法更为简便,如图 1-31(b)所示。

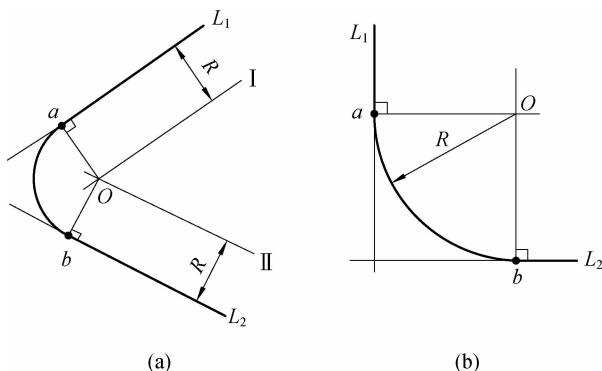


图 1-31 用圆弧连接两已知直线

## 2. 用圆弧连接两已知圆弧

用圆弧连接两已知圆弧可分为外连接、内连接和混合连接三种情况。

### 1) 外连接

连接圆弧同时与两已知圆弧相外切。两圆弧外切时,其切点必位于两圆弧的连心线上,且落在两圆心之间。因此,用半径为  $R$  的连接圆弧连接半径为  $R_1$  和  $R_2$  的两已知圆弧,其作图步骤如下。

(1)分别以  $O_1$  和  $O_2$  为圆心, $R+R_1$  和  $R+R_2$  为半径作弧相交于  $O$ ,交点  $O$  即为连接圆弧的圆心。

(2)连接  $O_1O$  和  $O_2O$  分别与已知圆弧相交得连接点  $a$  和  $b$ 。

(3)以  $O$  为圆心, $R$  为半径作弧  $ab$  即为所求,如图 1-32(a)所示。

### 2) 内连接

连接圆弧同时与两已知圆弧相内切。其作图原理与外连接相同,只是由于两圆弧内切时,其切点应落在两圆弧连心线的延长线上(两圆弧的圆心位于切点的同侧),故在求连接圆弧的圆心时,所用的半径应为连接弧与已知弧的半径差,即  $R-R_1$  和  $R-R_2$ ,作图方法如图 1-32(b)所示。

### 3) 混合连接

当连接圆弧的一端与一已知圆弧外连接,另一端与另一已知圆弧内连接时,称为混合连接。其作图方法如图 1-32(c)所示。

## 3. 用圆弧连接一已知直线和一已知圆弧

连接圆弧的一端与已知直线相切而另一端与已知圆弧外连接(内连接),可综合利用圆弧与直线相切以及圆弧与圆弧外连接(内连接)的作图原理,其作图方法如图 1-33 所示。

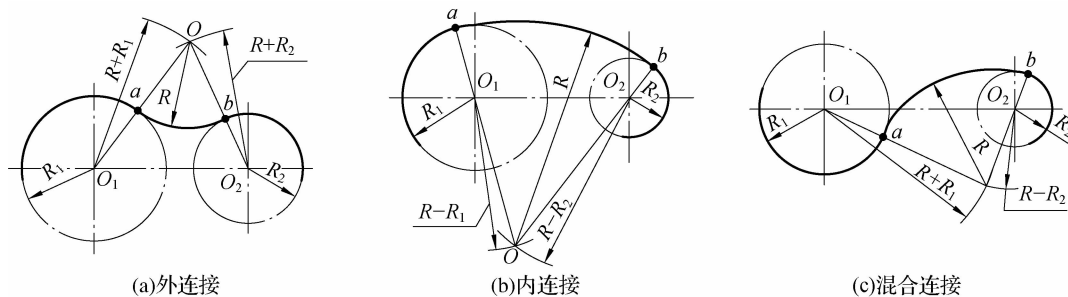


图 1-32 用圆弧连接两已知圆弧

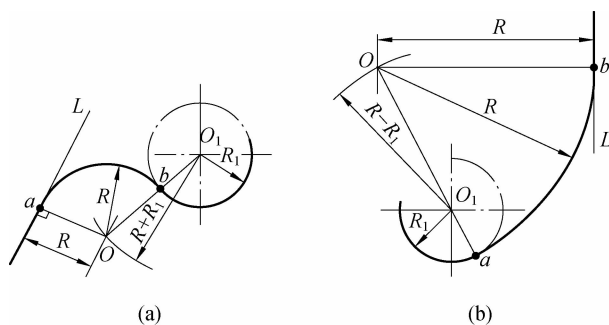


图 1-33 用圆弧连接一已知直线和一已知圆弧

## 五、工程上常见的平面曲线

工程上常见的平面曲线有椭圆、抛物线、双曲线、渐开线、阿基米德螺旋线等。表 1-6 中介绍了两种椭圆及渐开线的作图方法。

表 1-6 两种椭圆及渐开线的作图方法

类别	作图方法	曲线
同心圆法 近似画椭圆	(1)以 $O$ 为圆心,长轴 $AB$ 和短轴 $CD$ 为直径作两个同心圆; (2)由 $O$ 作若干放射线与两同心圆相交; (3)由各交点作长轴、短轴的平行线,即可分别交得椭圆上的各点; (4)用曲线板顺序连接各点即得椭圆	
四心法近 似画椭圆	(1)长轴 $AB$ 与短轴 $CD$ 互相垂直平分,连接 $AC$ ,取 $CM=OA-OC=CA_1$ ; (2)作 $AM$ 的中垂线交两轴于 $O_1$ 和 $O_3$ ,取其对称点 $O_2$ 和 $O_4$ ; (3)以 $O_1$ 为圆心, $O_1C$ 为半径作弧交 $O_1O_3$ 、 $O_1O_4$ 的延长线于 $E$ 、 $F$ ,以 $O_2$ 为圆心, $O_2C$ 为半径作弧交 $O_2O_3$ 、 $O_2O_4$ 的延长线于 $G$ 、 $H$ 。以 $O_3$ 、 $O_4$ 为圆心, $O_3A$ 为半径画弧 $EG$ 和 $FH$ 即得椭圆	

续表

类别	作图方法	曲线
圆的渐开线	<p>当一直线在一定圆(基础)上做无滑动滚动时,直线上一点的运动轨迹即为该圆的渐开线。其作图方法如下。</p> <p>(1)画出基圆,将基圆圆周分成若干等分,并将基圆圆周的展开长度(<math>\pi D</math>)也分成数目相同的等分(如 12 等分);</p> <p>(2)在圆周上各等分点处,按同一方向作圆的切线。在第一条切线上取长度 = <math>\frac{\pi D}{12}</math>, 得点 I; 在第二条切线上取长度 = <math>\frac{2\pi D}{12}</math>, 得点 II; ……以此类推。</p> <p>(3)用曲线板依次连接所得各点即可</p>	

## 第四节 平面图形的绘制

平面图形一般包含一个或多个封闭图形,而每个封闭图形又由若干线段(直线、圆弧或曲线)组成,故只有首先对平面图形的尺寸和线段进行分析,才能正确地绘制图形。

### 一、平面图形的尺寸分析

尺寸按其在平面图形中所起的作用,可分为定形尺寸和定位尺寸两类。现以如图 1-34 所示手柄的图形为例进行分析。

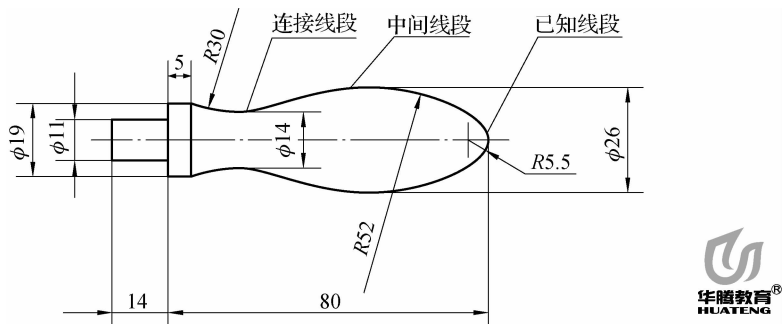


图 1-34 手柄

(1)定形尺寸。确定平面图形上几何元素大小的尺寸称为定形尺寸,如直线的长短、圆弧的直径或半径以及角度的大小等。如图 1-34 中的  $\phi 11$ 、 $\phi 19$ 、 $\phi 26$  和  $R52$  等。

(2)定位尺寸。确定平面图形上几何元素间相对位置的尺寸称为定位尺寸,如图 1-34 中的 80。

(3)尺寸基准。基准就是标注尺寸的起点。对平面图形来说,常用的基准有对称图形的对称线,圆的中心线,左、右端面,上、下顶(底)面等,如图 1-34 中的中心线。

### 二、平面图形的线段分析

平面图形中的线段(直线或圆弧)按所标尺寸的不同可分为已知线段、中间线段和连接线段三类。

(1) 已知线段。已知线段有足够的定形尺寸和定位尺寸,能直接画出的线段,如图 1-34 中的直线段 14,  $R5.5$  圆弧等。

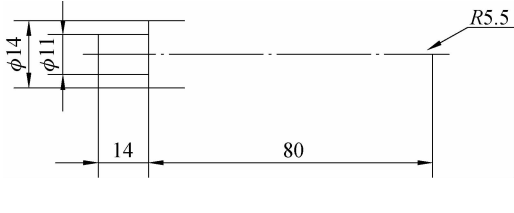
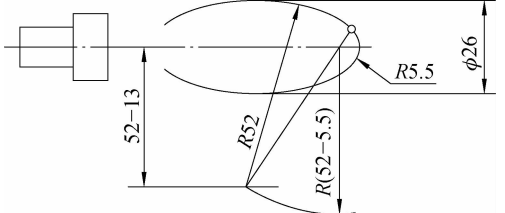
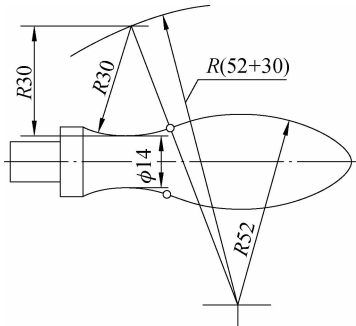
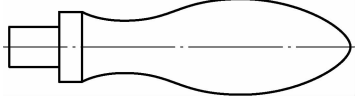
(2) 中间线段。中间线段有定形尺寸,但缺少一个定位尺寸,必须依靠其与一端相邻线段的连接关系才能画出的线段。如图 1-34 中的线段  $R52$ 。

(3) 连接线段。连接线段只有定形尺寸,而无定位尺寸(或不标任何尺寸,如公切线)的线段,也必须依靠其余两端线段的连接关系才能确定画出。如图 1-34 中的线段  $R30$ 。

### 三、平面图形的作图步骤

在对平面图形进行线段分析的基础上,应先画出已知线段,再画出中间线段,后画出连接线段。手柄的具体作图步骤见表 1-7。

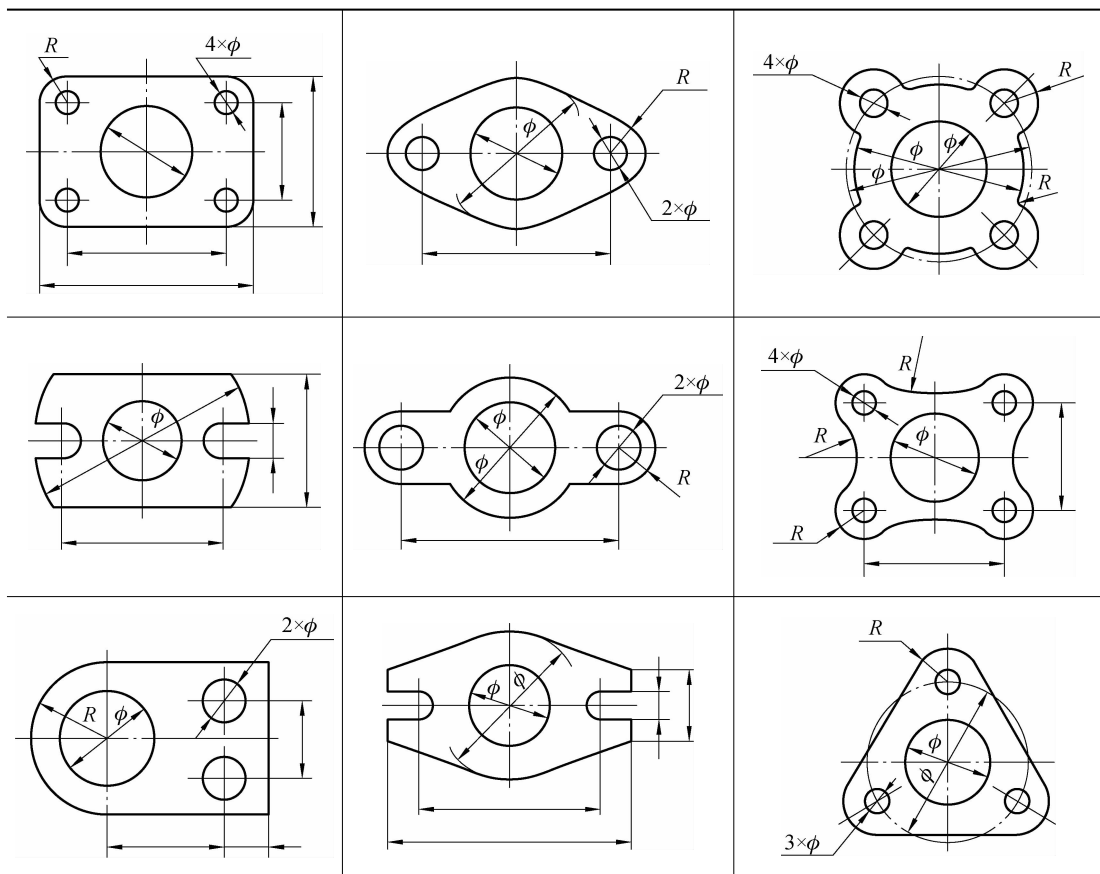
表 1-7 手柄的具体作图步骤

<p>(1) 定出图形的基准线,画已知线段</p> 	<p>(2) 画中间线段 <math>R52</math>,分别与相距 26 的两根平行线相切,与 <math>R5.5</math> 圆弧内切</p> 
<p>(3) 画连接线段 <math>R30</math>,分别与相距 14 的两根平行线相切,与 <math>R52</math> 圆弧外切</p> 	<p>(4) 擦去多余的作图线,按线型要求加深图线,完成全图</p> 

### 四、平面图形的尺寸标注

图形和尺寸的关系极为密切。绘制平面图形时,要根据所给尺寸分析其各类线段,因此,能否正确绘出图形,要看所给尺寸是否足够或有无多余;而在为所画图形标注尺寸时,则首先要根据所画图形的特点选定尺寸基准,把构成该图形的主要轮廓线定为已知线段,注出相应的定形、定位尺寸;然后根据线段类别,定出中间线段与连接线段,注出相应的尺寸。此时应特别注意不能有多余尺寸。表 1-8 为一些常见平面图形的尺寸标注,供读者参考。

表 1-8 常见平面图形的尺寸标注



## 第五节 徒手绘图的方法

徒手绘图是指只用铅笔、橡皮和纸张来绘制草图的方法。草图是指以目测估计图形与实物的比例,按一定画法要求徒手或部分使用绘图仪器绘制的图。

徒手绘图所使用的铅笔,铅芯削成圆锥形,用于画中心线和尺寸线的削得较细,用于画可见轮廓线的削得较粗。

徒手绘图是一项重要的基本技能,要不断地实践才能逐步提高。各种图线的画法如下。

### 一、直线

徒手画直线的手势如图 1-35 所示,运笔力求自然,眼睛应朝着前进方向,随时留意线段终点。画长线时可用目测在直线中间定出几个点,然后分段画出。

画与水平线成  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$  的斜线时,可利用两直角边的比例关系近似画出。如画  $10^\circ$  角度线时,可先画出  $30^\circ$  线后再等分求得,如图 1-36 所示。

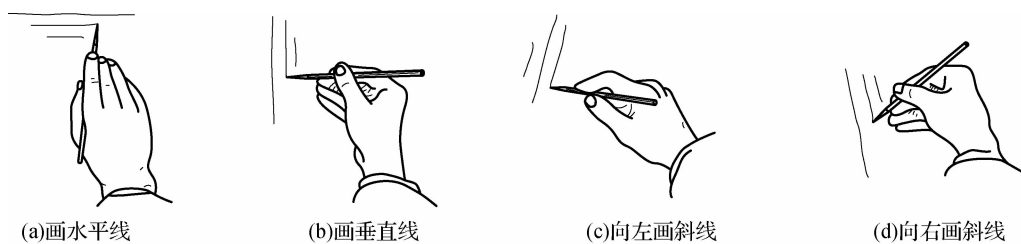


图 1-35 徒手画直线的手势

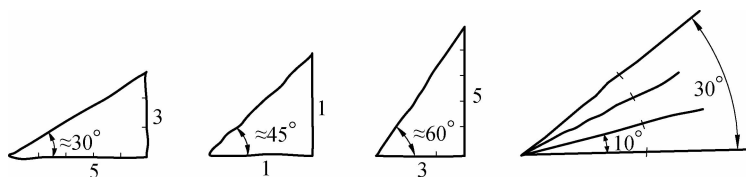


图 1-36 徒手画特殊角度

## 二、圆

画圆时先徒手作两条相互垂直的中心线,定出圆心,再根据直径大小,用目测估计半径的大小后,在中心线上截得四点,然后徒手将各点连接成圆。当所画的圆较大时,可过圆心多作几条直径,在上面找点后再连接成圆,如图 1-37 所示。

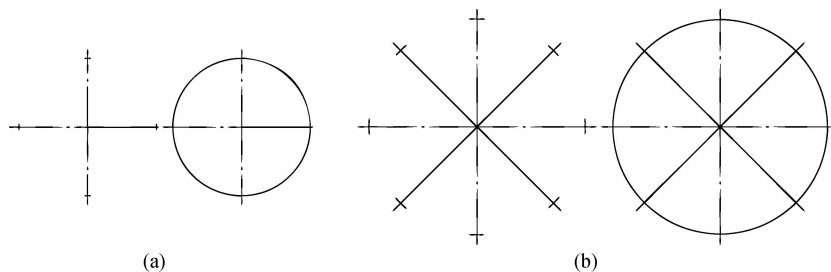


图 1-37 徒手画圆的方法

## 三、圆角

先用目测在分角线上选取圆心位置,使它与角的两边的距离等于圆角的半径大小。过圆心向两边引垂直线定出圆弧的起点和终点,并在分角线上也定出一圆周点,然后徒手作圆弧把这三点连接起来,如图 1-38 所示。

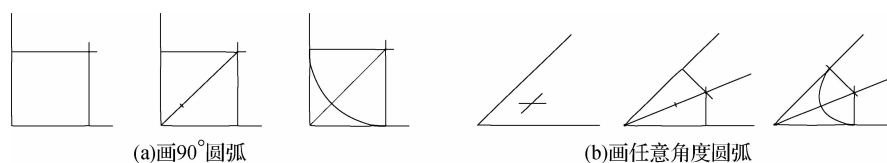


图 1-38 徒手画圆角的方法

## 四、椭圆

先画出椭圆的长短轴,并用目测定出其端点位置,过这四点画一矩形,再与矩形相切画椭圆,如图 1-39(a)所示;也可利用外接菱形画四段圆弧构成椭圆,如图 1-39(b)所示。

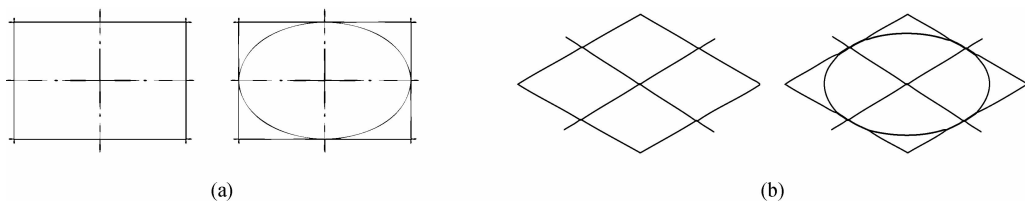


图 1-39 徒手画椭圆的方法

## 五、徒手绘图图例

初学徒手绘图,最好在方格纸上练习,待有一定熟练程度后再用空白纸绘图。如图 1-40 所示在一张方格纸上绘制的木模草图。

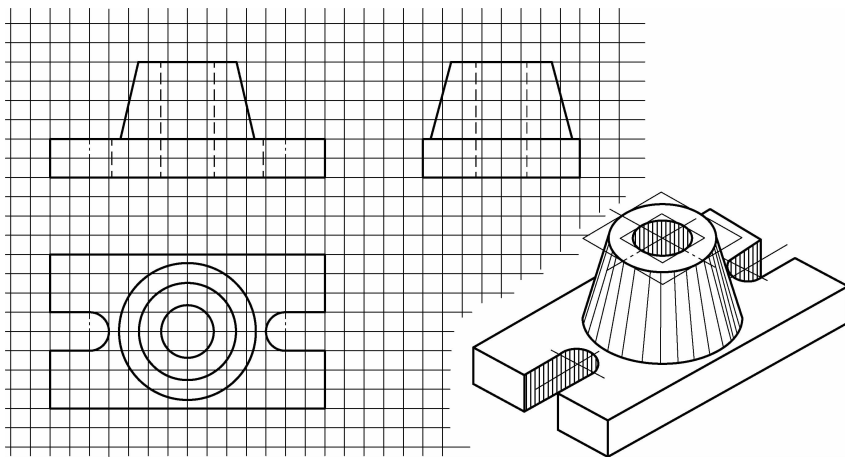


图 1-40 方格纸上徒手绘制木模



### 思考题

1. 国家标准中规定图纸的基本幅面有几种? 其中最大和最小幅面尺寸分别是多少? 相邻号图纸的幅面关系怎样?
2. 图样的比例 1:1、1:2、2:1 各是什么含义? 绘图时应尽量采用哪种比例画图?
3. 在机械制图中,汉字采用哪种字体书写? 国家标准规定汉字字高应不小于多少?
4. 制图国家标准中规定了几种基本线型,分别是哪些? 使用绘图工具练习绘制各种基本线型。
5. 国家标准规定水平方向和垂直方向的尺寸数字应怎样书写? 倾斜方向的尺寸数字字头又应朝向哪个方向?

## 单元二

# 投影基础



### 学习目标

了解投影法的基本知识,掌握正投影的基本特性;  
掌握三视图的投影关系及特殊位置直线、平面的投影规律。



### 相关知识

## 第一节 投影法基本知识

### 一、投影法的概念

物体在阳光或灯光等光线的照射下,会在墙面或地面上出现影子,这种现象就叫投影。经过科学的抽象,找出影子和物体之间的关系,就形成了投影的方法。光源称为投射中心,光线称为投射线,墙面或地面称为投影面,影子称为物体的投影。如图 2-1 所示,过空间点  $A$  作与投影方向  $S$  平行的投射线,它和投影面  $P$  相交于  $a$  点,交点  $a$  为空间点  $A$  在该投影面上的投影。当投影方向和投影面确定后, $A$  点在投影面上的投影是唯一的。但是,根据点的一个投影,不能确定该点在空间的位置。如已知空间一点的投影  $b$  并不能确定  $B$  点在空间的位置, $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  等皆有可能。

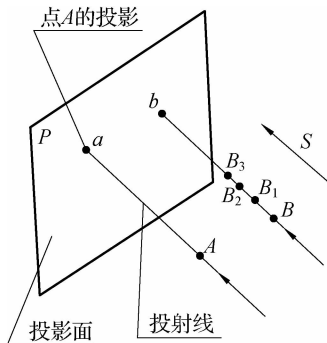


图 2-1 投影法

研究空间物体与其投影之间关系的方法称为投影法。

### 二、投影法分类

投影法分为中心投影法和平行投影法两类。

#### 1. 中心投影法

如图 2-2(a)所示,设  $S$  为投射中心,通过三角形上各点的投射线与投影面的交点称为点在平面上的投影。这种投射线都通过投射中心的投影法称为中心投影法。由于用中心投影法绘制的图形符合人们的视觉习惯,立体感强,因而常用来绘制建筑物的透视图。但由于它作图复杂,且度量性差,故机械图样中很少采用。



## 2. 平行投影法

平行投影法可以看成是中心投影法的特殊情况。将投射中心  $S$  移到无穷远, 则所有的投射射线相互平行, 这种投影法称为平行投影法。

在平行投影法中, 因为投影线是互相平行的, 若仅改变形体离开投影面的距离, 则所得投影的形状和大小不变。

按投射射线与投影面是否垂直, 平行投影法又可分为斜投影法和正投影法。

(1) 斜投影法是指投射射线与投影面相倾斜的投影法, 如图 2-2(b) 所示。

(2) 正投影法是指投射射线与投影面相垂直的投影法, 如图 2-2(c) 所示。

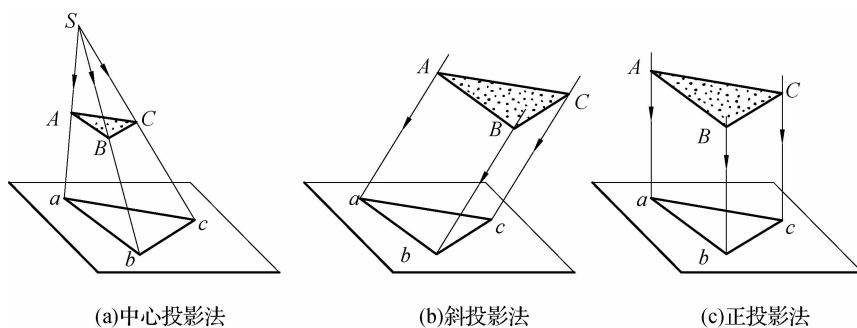


图 2-2 投影的分类

正投影法有很多优点, 它能完整、真实地反映物体的形状和大小, 不仅度量性好而且作图简便, 所以机械图样通常采用正投影法绘制。正投影法是本课程学习的主要内容, 下面若不特别说明, “投影”均指“正投影”。

## 三、正投影的基本特性

### 1. 真实性

当直线或平面平行于投影面时, 直线的投影反映实长, 平面的投影反映实形, 这种投影特性称为真实性, 如图 2-3(a) 所示。

### 2. 积聚性

当直线或平面垂直于投影面时, 直线的投影积聚成一点, 平面的投影积聚成直线, 这种投影特性称为积聚性, 如图 2-3(b) 所示。

### 3. 类似性

当直线或平面倾斜(既不平行也不垂直)于投影面时, 直线的投影仍然是直线, 但长度缩短, 平面的投影是原图形的类似形, 但投影面积变小, 这种投影特性称为类似性, 如图 2-3(c) 所示。