

目 录

绪论	(1)
第一章 机械制图基本知识	(2)
第一节 机械制图国家标准	(2)
第二节 常用绘图工具及绘图方法	(12)
第三节 常用几何图形的绘制	(17)
第四节 平面图形的绘制和尺寸标注	(23)
第二章 投影基础	(30)
第一节 投影的基础知识	(30)
第二节 点的投影	(36)
第三节 直线的投影	(40)
第四节 平面的投影	(46)
第五节 点、直线、平面的位置关系	(51)
第三章 基本几何体	(57)
第一节 平面体	(58)
第二节 回转体	(60)
第三节 平面与立体相交——截交线	(65)
第四节 立体与立体相交——相贯线	(84)
第五节 简单形体的尺寸标注	(99)
第四章 组合体	(104)
第一节 组合体的形体分析	(104)
第二节 组合体三视图的画法	(107)
第三节 组合体的尺寸标注	(110)
第四节 组合体三视图的读图	(115)
第五章 轴测图	(122)
第一节 轴测图的基本知识	(122)
第二节 正等轴测图的概念和画法	(124)
第三节 斜二等轴测图的概念和画法	(129)
第六章 机件的常用表达方法	(132)
第一节 视图	(132)



第二节	剖视图	(135)
第三节	断面图	(144)
第四节	局部放大图和简化画法	(148)
第五节	表达方法的综合应用举例	(154)
第七章	标准件和常用件	(157)
第一节	螺纹	(157)
第二节	螺纹紧固件	(165)
第三节	齿轮	(172)
第四节	键和销连接	(187)
第五节	滚动轴承	(190)
第六节	弹簧	(193)
第八章	零件图	(197)
第一节	零件图的作用和类型	(197)
第二节	零件图的视图选择	(197)
第三节	零件图的尺寸标注	(205)
第四节	零件的常见工艺结构	(209)
第五节	零件图的技术要求	(212)
第六节	零件测绘	(223)
第七节	读零件图	(227)
第九章	装配图	(230)
第一节	装配图的作用与内容	(230)
第二节	装配图的表达方法	(232)
第三节	装配图的尺寸标注与零部件编号及明细表	(234)
第四节	常见的装配工艺结构	(236)
第五节	画装配图的方法和步骤	(239)
第六节	读装配图	(241)
第七节	由装配图拆画要件图	(245)
第十章	金属焊接图	(250)
第一节	焊接的基本知识	(250)
第二节	焊缝符号及其标注方法	(250)
第三节	焊接方法和焊缝的标注示例	(254)
第四节	焊接图的画法	(255)
参考文献		(258)

绪 论

一、本书的作用和研究对象

工程中根据投影原理、标准或有关规定,表示工程对象,并配有必要的技术说明的图,称为图样。图样与文字、数字一样,在工程设计、施工、检验、技术交流等方面有着极为重要的地位。

图样的形象性、直观性和简洁性是人们表达设计思想、传递设计信息、交流创新构思的重要工具,图样信息的产生、加工、存储和传递已成为“工程界的共同语言”,所以,每个高级工程技术应用型人才必须熟练地掌握“工程语言”。

图样是现代生产中重要的技术文件,是工程界各行各业进行设计、制造、检测、安装、调试、维修等的主要依据,是人们借以表达和进行技术思想交流的一种“技术语言”。工程技术人员必须掌握这种技术语言,即具备绘图和读图的能力。

二、本书的主要任务和内容

本书的主要任务是培养学生具有一定的绘制和识读机械图样的能力、空间想象和思维能力。为后续课程的学习和毕业后能在工作岗位上从事设计制图工作打下坚实的基础。因此,学完本书后应达到如下要求:

- (1)掌握正投影法的基本理论并能利用投影法在平面上表示空间几何形体。
- (2)掌握正确地使用绘图仪器画图和徒手画图的方法,并具有较高的绘图技能和技巧;掌握计算机绘图方法,并具有绘制较简单图形的能力。
- (3)能根据国家标准的规定,运用所学的基本理论、基本知识和基本技能,绘制和识读中等复杂程度的零件图和装配图。
- (4)培养空间逻辑思维与形象思维的能力。
- (5)培养分析问题和解决问题的能力。
- (6)培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

三、本书的特点和学习方法

本书是一门既有系统理论,又比较注重实践的技术基础课。本书的各部分内容既紧密联系,又各有特点。根据机械制图课程的学习要求及各部分内容的特点,这里简要介绍一下学习方法:

- (1)正确使用绘图工具并认真完成作业,按照正确的制图方法和步骤来画图
- (2)认真听课,及时复习,要掌握形体分析法、线面分析法和投影分析方法,提高独立分析和解决看图、画图等问题的能力。
- (3)注意画图与看图相结合,物体与图样相结合,要多画多看,逐步培养空间逻辑思维与形象思维的能力
- (4)严格遵守机械制图的国家标准,并具备查阅有关标准和资料的能力。



第一章 机械制图基本知识

学习目的和要求:学习并熟悉机械制图国家标准的基本规定(图样、字体、图线、比例及标题栏等)。掌握机械制图国家标准规定的尺寸标注方法。掌握平面图形的绘制方法及尺寸标注。



第一节 机械制图国家标准

机械图样是现代设计和制造机械零件与设备过程中的重要技术文件,为便于生产、管理和进行技术交流,国家质量技术监督局依据国际标准化组织制定的国际标准,制定并颁布了《技术制图》、《机械制图》等国家标准,这两个国家标准是机械图样绘制和使用的准则,生产和设计部门的工作人员都必须严格遵守,并牢固树立标准化的观念。

国家标准中的每一个标准都有标准代号,如 GB/T4457.4—2002,其中“GB”为国家标准代号,它是“国家标准”汉语拼音缩写,简称“国标”,“T”表示推荐性标准,(如果不带“T”,则表示为国家强制性的标准)“4457.4”表示该标准编号,“2002”表示该标准是 2002 年颁布的,以前有用两位数表示的,如 GB/T14689—1993。

一、图纸幅面和图框格式

(一) 图纸幅面

为了便于图样管理和合理使用图纸,国家标准规定了绘制图样时应优先采用表 1-1 所规定的基本幅面尺寸。必要时,也允许加长幅面,加长幅面尺寸应是基本幅面短边的整数倍。

表 1-1 基本幅面及图框尺寸

(mm)

幅面代号	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
尺寸(B×L)	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

(二) 图框格式

应用粗实线画出图框,其格式分为不留装订边和留有装订边两种,不留装订边的图纸,其图框格式如图 1-1 所示。留有装订边的图纸,其图框格式如图 1-2 所示。周边尺寸按表 1-2 规定绘制。装订时。一般采用 A₄ 幅面竖装或 A₃ 幅面横装。

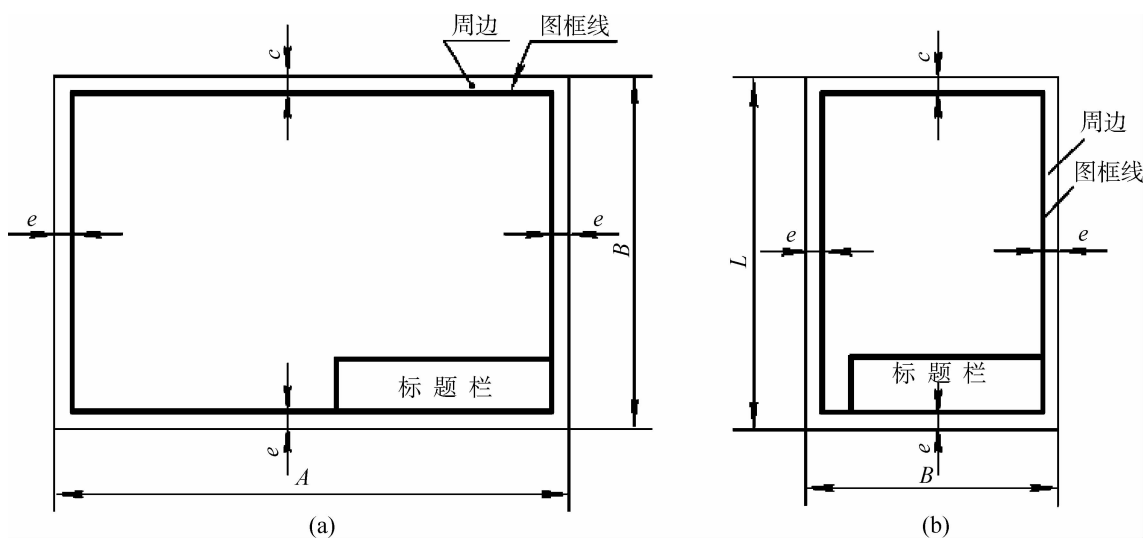


图 1-1 不留装订边的图框格式

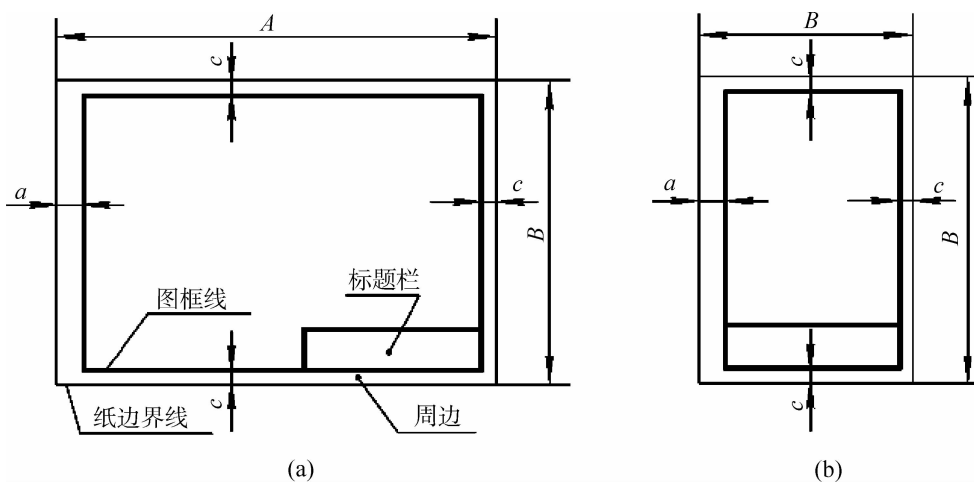


图 1-2 留有装订边的图框格式

(三) 标题栏

每张图样上必须绘制标题栏,其位置一般在图纸的右下角,如图 1-1、图 1-2 所示。在此,标题栏中的文字方向为看图的方向,标题栏的尺寸和格式在 GB/T10609.1—1989 中作了规定,如图 1-3 所示,为了学习方便,本课程的制图作业建议采用如图 1-4 所示格式。

(四) 附加符号

1. 对中符号

为了缩微摄影和复制图样时定位方便,对表 1-1 中所示例的基本幅面及及图 1-2 中细实线所示的加长幅面的各号图纸,均应在图纸各边长的中点处分别画出对中符号,如图 1-5 所示。

对中符号用粗实线绘制,线的宽度不小于 0.5mm,长度从纸的边界开始到伸入图框内约 5mm。当对中符号处在标题栏范围内时,伸入标题栏部分则省略不画。



2. 方向符号

当图纸上预先印好的标题栏与绘图看图的方向不一致时,可采用图 1-6(a)所示的方向符号来表明绘图看图的方向,此时,方向符号应在图纸的下边对中符号处,标题栏应位于图纸右上角。方向符号用细实线绘制的等边三角形表示,其画法如图 1-6(b)所示。

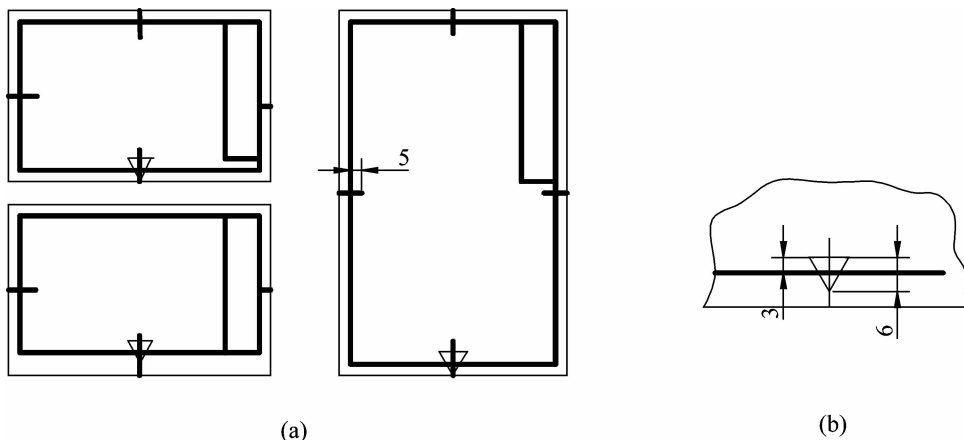


图 1-6 图纸中的方向符号及其画法

3. 剪切符号

为使图样复制时便于剪切,可在图纸的四角上分别绘出剪切符号。剪切符号可采用直角边为 10mm 长的黑色等腰三角形,也可将剪切符号画成线宽为 2mm,线长为 10mm 的两条粗线段,如图 1-7 所示。

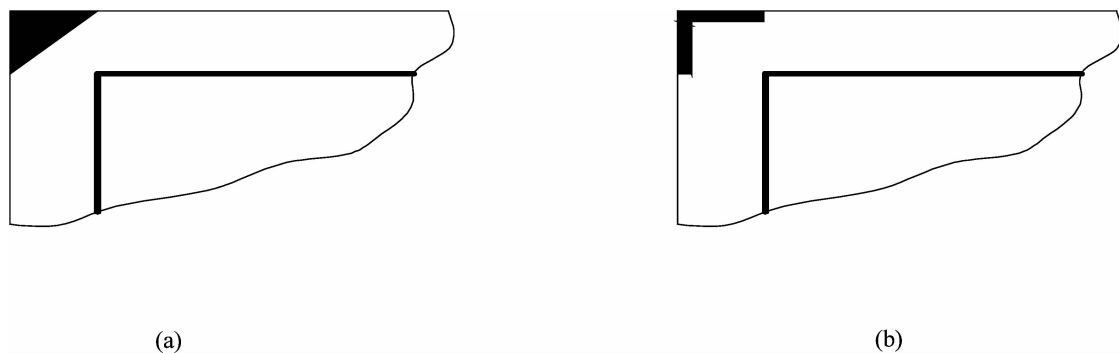


图 1-7 图纸中的剪切符号

二、比例

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。即比例等于图形长度尺寸大小与实物相应长度尺寸大小之比。

绘制图样时应尽可能按机件的实际大小画出,即采用 1:1 的原值比例进行绘图,这样便于从图中直接看出机件的真实大小。如果机件太小或太大,则可用表 1-2 中所规定的缩小或放大的比例绘图。必要时,也允许选取表 1-3 中所规定的比例进行绘图。



表 1-2 绘制图样优先选取的比例

种类	比例		
原值比例	1 : 1		
放大比例	5 : 1	2 : 1	10 : 1
	$5 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$
缩小比例	1 : 2	1 : 5	1 : 10
	$1 : 2 \times 10^n$	$1 : 5 \times 10^n$	$1 : 1 \times 10^n$

注： n 为正整数。

表 1-3 绘制图样允许选取的比例

原值	比例				
放大比例	4 : 1		2.5 : 1		
	$4 \times 10^n : 1$		$2.5 \times 10^n : 1$		
缩小比例	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。

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“比例”一栏填写。当某个视图需要采用不同的比例时,必须另行标注。不论采用何种比例绘图时,图样中标注的线性尺寸数字均为实物的实际大小,如图 1-8 所示。

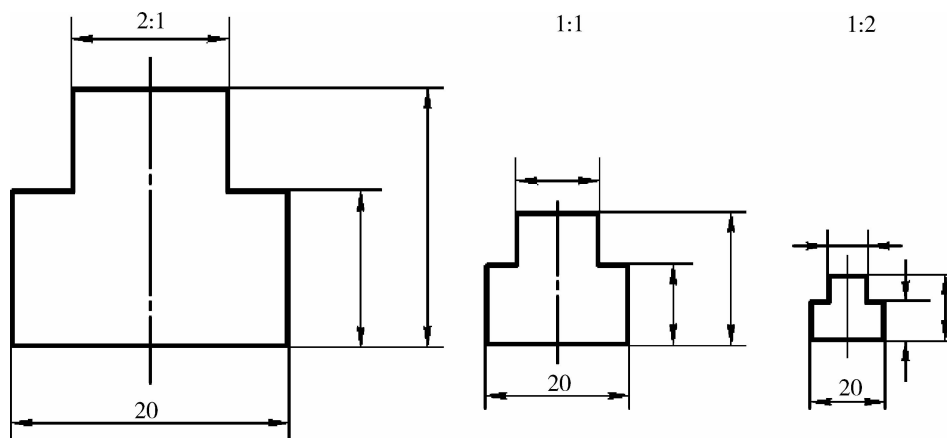


图 1-8 用不用比例绘制的图形

三、字体

工程图纸上的字体均应做到笔画清晰、字体工整、排列整齐,间隔均匀,标点符号应清楚正确。

汉字、数字、字母等字体的大小以字号来表示,字号就是字体的高度,用 h 来表示。

图纸中字体的大小应依据图纸幅面、比例等情况从国标规定的公称尺寸系列中选用: 1.8mm、2.5mm、3.5mm、5mm、7mm、10mm、14mm、20mm。

(一) 汉字

图样及说明中的汉字,由于笔画较多,应采用简化汉字书写,必须遵守国务院公布的《汉字



简化方案》和有关规定,并用长仿宋字体。长仿宋字体的字高与字宽的比例为 1:, 字号不应小于 3.5mm,长仿宋字的基本笔画有:点、横、竖、撇、捺、挑、折、勾等。长仿宋字的书写要领:横平竖直,注意起落,结构匀称、填满方格,如图 1-9 所示。

10号字体

字体工整 笔画清晰 间隔均匀 排列整齐

7号字体

横平竖直 注意起落 结构匀称 填满方格

5号字体

机械制图 螺纹 齿轮 表面粗糙度 极限与配合 化工 电子 建筑 船舶 桥梁 矿山 纺织 汽车 航空 石油

3.5号字体

图样是工程界的技术语言 国家标准《技术制图》与《机械制图》是工程技术人员必须严格遵守的基本规定并备查阅的能力

图 1-9 长仿宋字书写示例

(二) 数字和字母

数字和字母(包括阿拉伯数字、罗马数字拉丁字母及少数希腊字母)按笔画宽度 d 与字高的关系情况可分为 A 型(笔画宽度 d 为 $h/14$)和 b 型(笔画宽度 d 为 $h/10$)。

在同一张图纸上只能采用一种字体。

其中又有直体字和斜体字之分,一般采用斜体。斜体字的字头向右倾斜,与水平方向的夹角不能小于 75° 。但当数字和字母与汉字混合书写时,可写成直体的。

其书写示例字母如图 1-10 所示。

数字和字母的字高,应不少于 2.5mm。斜体字的高度与宽度应与相应的直体字相等。



图 1-10 数字和字母书写示例



(三)其他符号

(1)用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字及字母,一般应采用小一号的字体。如图 1-11 所示。

(2)图样中的数学符号、物理量符号、计量单位符号及其他符号、代号,应分别符合相应的规定。

$R3$ $2 \times 45^\circ$ $M24-6H$ $\Phi 60H7$ $\Phi 30g6$
 $\Phi 20 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \end{smallmatrix}$ $\Phi 25 \begin{smallmatrix} -0.007 \\ -0.020 \end{smallmatrix}$ $Q235$ $HT200$

图 1-11 其他符号书写示例

四、图线

国家标准《技术制图》规定了工程图样中各种图线的名称、型式及其画法。

(一)线型及其应用

国家标准规定的基本线型共有 15 种形式,绘图时常用到其中的一小部分,如粗实线、细实线、虚线、点画线、双点画线、波浪线、双折线、粗点画线等,各类线型、宽度、用途见表 1-4,各种线型的应用示例见表 1-5。

表 1-4 图线种类及其应用











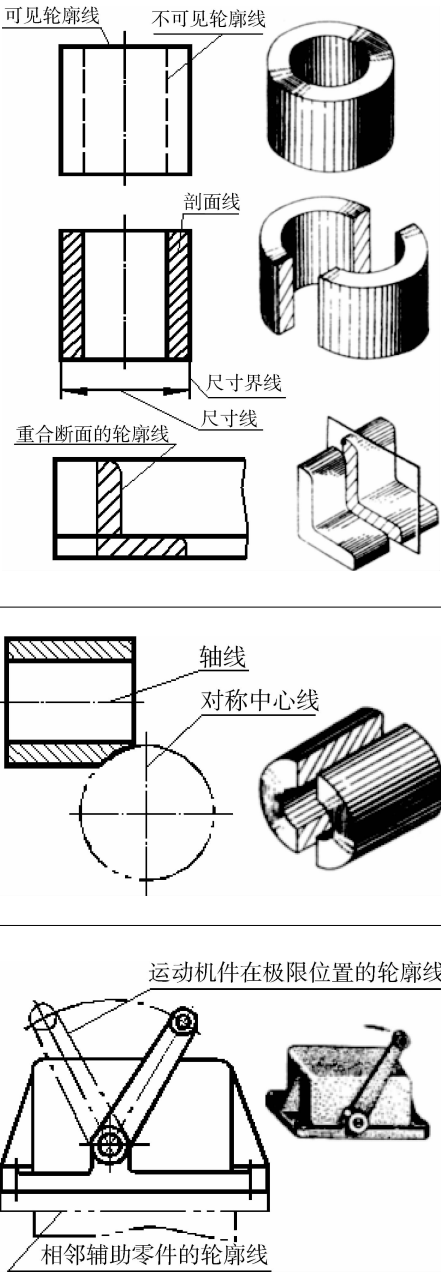




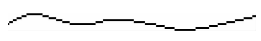
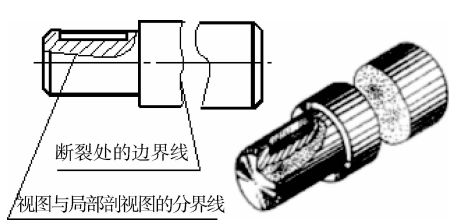
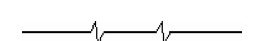
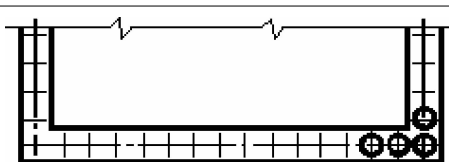
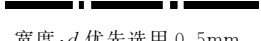
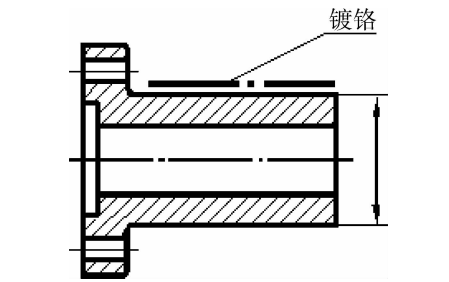
	图线名称	图线形式	图线代码 NO.	一般用途
基本 线型	粗实线		01.2	可见棱边线、可见轮廓线、相贯线、螺纹牙顶线、齿顶圆线、剖切符号用线等
	细实线		01.1	过渡线、尺寸线、尺寸界线、指引线、剖面线、重合断面的轮廓线、螺纹牙底线、齿根线等
	虚线		02.1	不可见棱边线、不可见轮廓线
	粗虚线		02.2	允许表面处理的表示线
	细点画线		04.1	轴线、对称中心线、分度圆线、剖切线、孔系分布的中心线
	细双点画线		05.1	相邻辅助零件的轮廓线、可动零件的极限位置轮廓线等
	粗点画线		04.2	限定范围表示线
基本 线型 变形	波浪线		01.1.21	断裂处的边界线
	双折线		01.1.22	断裂处的边界线



表 1-5 线型名称、型式、宽度、应用及图例

图线名称	图线型式、图线宽度	一般应用	图例
粗实线	 宽度: d 优先选用 0.5mm、0.7mm	可见轮廓线、可见过渡线	 <p>可见轮廓线 不可见轮廓线</p> <p>剖面线 尺寸界线</p> <p>重合断面的轮廓线 尺寸线</p> <p>轴线 对称中心线</p> <p>运动机件在极限位置的轮廓线</p> <p>相邻辅助零件的轮廓线</p>
细虚线	 宽度: d 约为粗线宽度的 1/2	不可见轮廓线、不可见过渡线	
细实线	 宽度: d 约为粗线宽度的 1/2	尺寸线、尺寸界线、剖面线、重合断面的轮廓线、辅助线、引出线、螺纹牙底线及齿轮的齿根线	
细点画线	 宽度: d 约为粗线宽度的 1/2	轴线、对称中心线、轨迹线、节圆及节线	
细双点画线	 宽度: d 约为粗线宽度的 1/2	极限位置的轮廓线、相邻辅助零件的轮廓线、假想投影轮廓线、中断线	



图线名称	图线型式、图线宽度	一般应用	图例
细波浪线	 宽度: d 约为粗线宽度的 $1/2$	机件断裂处的边界线、视图与局部剖视的分界线	
细双折线	 宽度: d 约为粗线宽度的 $1/2$	断裂处的边界线	
粗点画线	 宽度: d 优先选用 0.5mm 、 0.7mm	有特殊要求的线或表面的表示线	

(二) 图线宽度

技术制图中有粗线、中粗线、细线之分,其宽度比率为 $4:2:1$ 。图线的宽度 b ,宜从下列数系中选取: 0.13mm 、 0.18mm 、 0.25mm 、 0.35mm 、 0.5mm 、 0.7mm 、 1mm 、 1.4mm 、 2.0mm ,在机械图样中只采用粗、细两种线宽,其宽度比率为 $2:1$,其中粗线宽度可在表 1-6 中选择,优先采用 0.5mm 和 0.7mm 的线宽。

表 1-6 线宽组 (mm)

粗线的宽度系列	0.25	0.35	0.5	0.7	1	1.4	2.0
对应细线的宽度系列	0.13	0.18	0.25	0.35	0.5	0.7	1

(三) 图线的画法

(1)粗线的宽度(d)应在 $0.5\sim 2\text{mm}$ 之间选择,应尽量保证在图样中不出现宽度小于 0.18mm 的图线。细线的宽度约为 $d/2$ 。

(2)同一图样中,同类图线的宽度应一致。虚线、点画线及双点画线的线段长度和间隔应各自大致相等。

(3)两条平行线(包括剖面符号)之间的距离应不小于粗实线的两倍宽度,其最小距离不得小于 0.7mm 。

(4)绘制相交中心线时,应以长画相交,点画线的起始与终了应为长画。一般中心线应超出轮廓线 $3\sim 5\text{mm}$ 为宜。



(5) 绘制较小图时, 允许用细实线代替点画线。

(6) 图形的对称中心线、回转体轴线等的细点画线, 一般要超出图形外约 $2\sim 5\text{mm}$ 。圆的对称中心线的画法如图 1-12 所示。

(7) 虚线、点画线与其他图线相交(或同种图线相交)时, 都应以画相交; 当虚线是粗实线的延长线时, 粗实线应画到分界点, 而虚线应以间隔与之相连。虚线连接处的画法如图 1-13 所示。

(8) 图线不得与文字、数字或符号重叠、混淆, 不可避免时, 应首先保证文字等的清晰。各种线型的应用举例如图 1-14 所示。

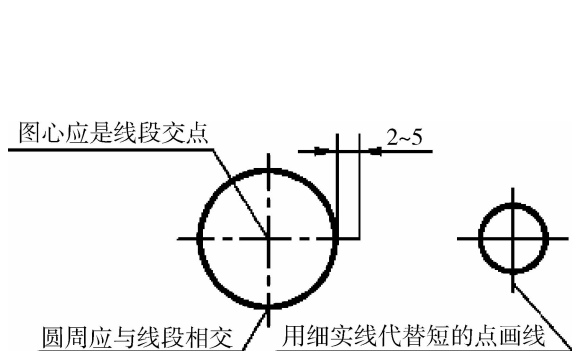


图 1-12 圆的对称中心线的画法

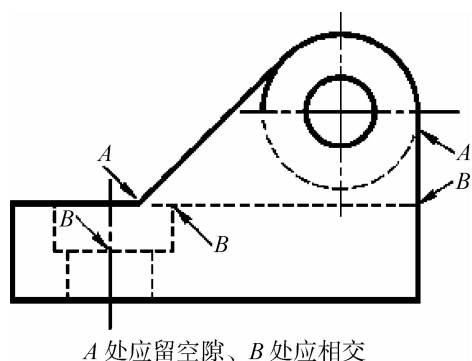


图 1-13 虚线连接处的画法

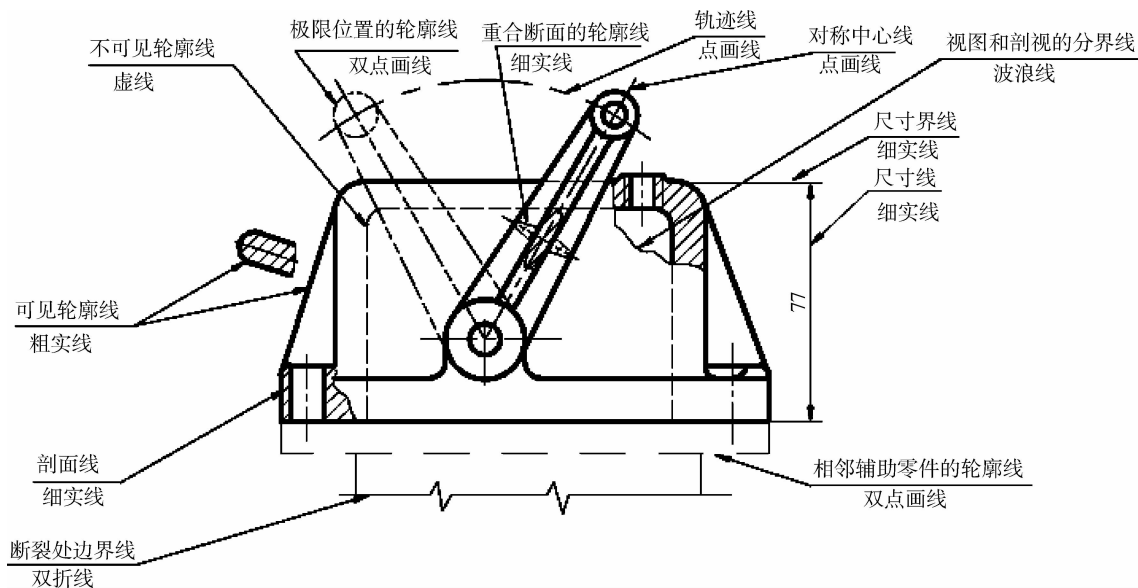


图 1-14 各种线型的应用举例



第二节 常用绘图工具及绘图方法

一、常用绘图工具及绘图仪器

正确使用绘图工具和仪器,既能保证绘图质量,又能提高绘图速度。为此,下面介绍几种常用的手工绘图工具及其使用方法。

(一)图板、丁字尺

图板是绘图时固定图纸用的,要求板面平滑光洁。图纸用胶带纸固定在图板上,如图 1-15 所示。

丁字尺是用来画水平线的长尺,由尺头和尺身组成,如图 1-15 所示。尺头的内边与尺身的上边(丁字尺的工作边)相互垂直。绘图时左手握住尺头,使尺头紧靠图板左侧导向边上上下下移动。把丁字尺调整到准确的位置后,沿丁字尺的工作边自左向右画水平线,如图 1-16 所示。

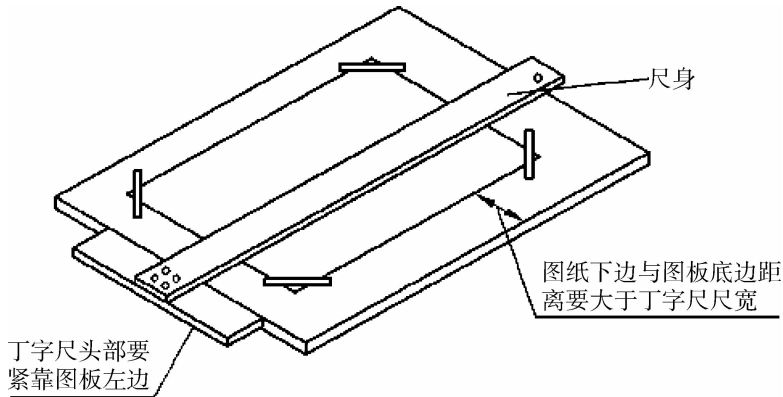


图 1-15 图板和丁字尺

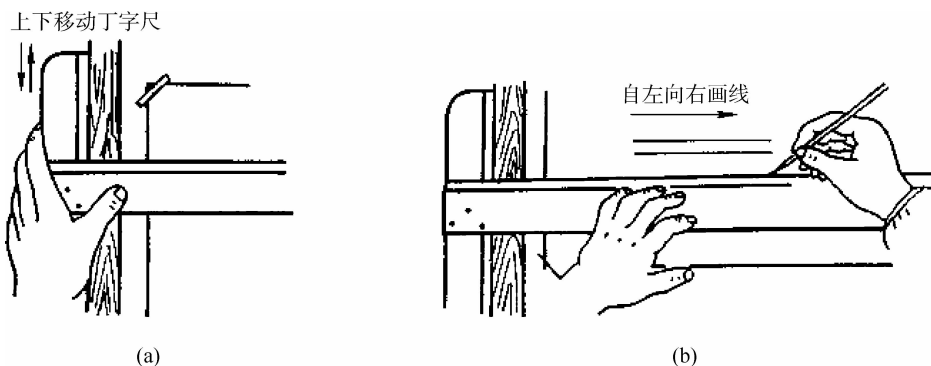


图 1-16 丁字尺和图板配合画水平线

(二)三角板

三角板分 45° 和 $30^\circ/60^\circ$ 两种,可配合丁字尺及图板画垂直线和 15° 倍角的斜线,如图 1-17 所示。也可用两块三角板配合画出已知直线的垂直线和平行线,如图 1-18 所示。

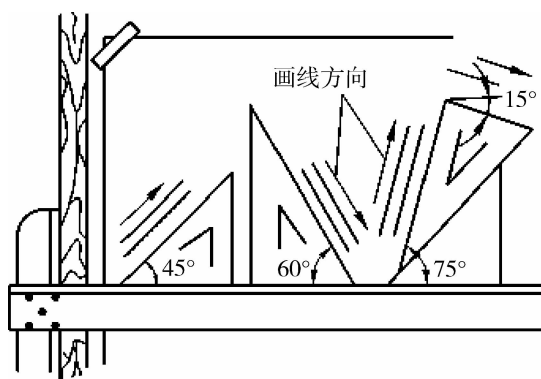


图 1-17 丁字尺和三角板配合使用画线

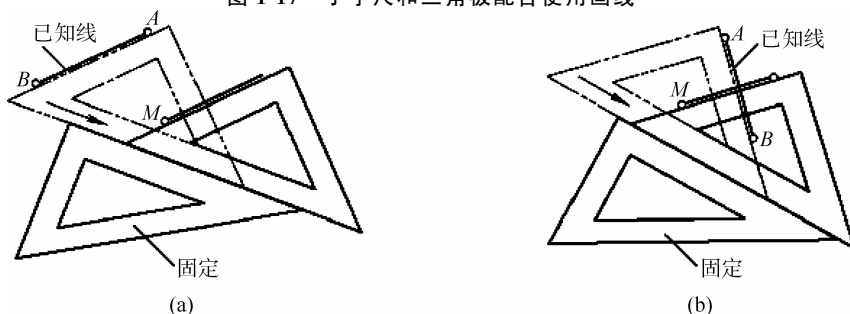


图 1-18 两块三角板配合使用画线

(三) 绘图铅笔

绘图时,一般采用木质绘图铅笔,绘图用铅笔的铅芯分别用铅笔末端的硬度标记 B 和 H 表示。“B”前的数值越大则铅芯越软,“H”前的数值越大则铅芯越硬,“HB”铅芯软硬适中。铅笔的削磨形状以及用途见表 1-7。

(四) 分规和圆规

分规是用来截取尺寸和等分线段的工具,其用法如图 1-19 所示。圆规是用来画圆和圆弧的工具,如图 1-20 所示。

表 1-7 铅笔的消磨及使用

用途	铅笔			圆规用铅芯	
	画细线	写字	画粗线	画细线	画粗线
软硬程度	H 或 2H	HB	HB 或 B	H 或 HB	B 或 2B
消磨形状					
	锥形			矩形	
消磨形状					
	楔形			矩形	

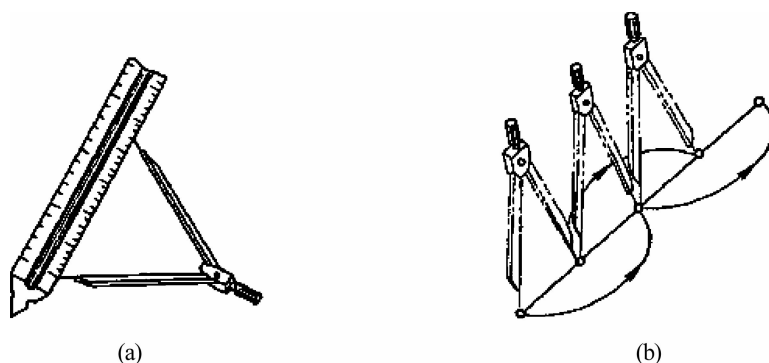


图 1-19 分规的使用
(a)截取尺寸;(b)等分线段

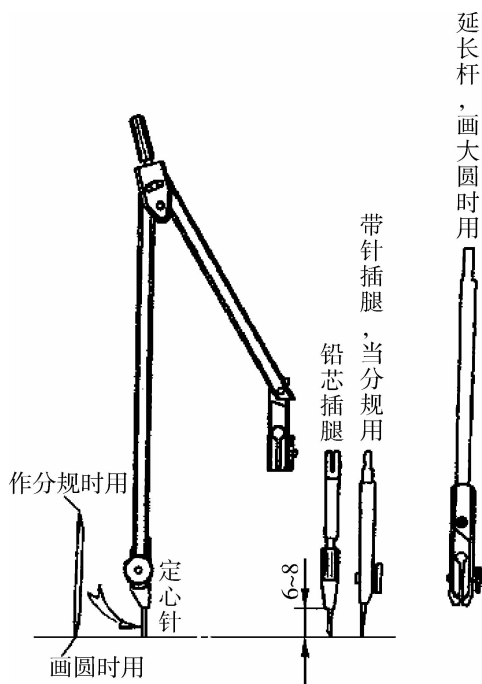


图 1-20 圆规及其插脚

用圆规画圆或圆弧时,应使钢针针尖的台阶与铅芯尖平齐,张开圆规两条腿到所需尺寸,先将针尖插入圆心,然后用右手握住圆规顶部的手柄,略向画线前进方向倾斜,并作等速旋转。画较大圆时,应使圆规的钢针,铅芯均与纸面垂直,必要时可用延长杆来扩大所画圆的半径。圆规用铅芯的选用参考表 1-7 中的规定。圆规具体的使用方法如图 1-21 所示。

(五)其他

除了上述工具之外,在绘图时,还需要准备削铅笔刀、橡皮、胶带纸、砂纸(磨铅笔用)、模板(制有各种不同形状孔和各种符号的板)、擦图片(修改图线时用它遮住不需要擦去的部分)以及清除图面上橡皮屑的小刷等。

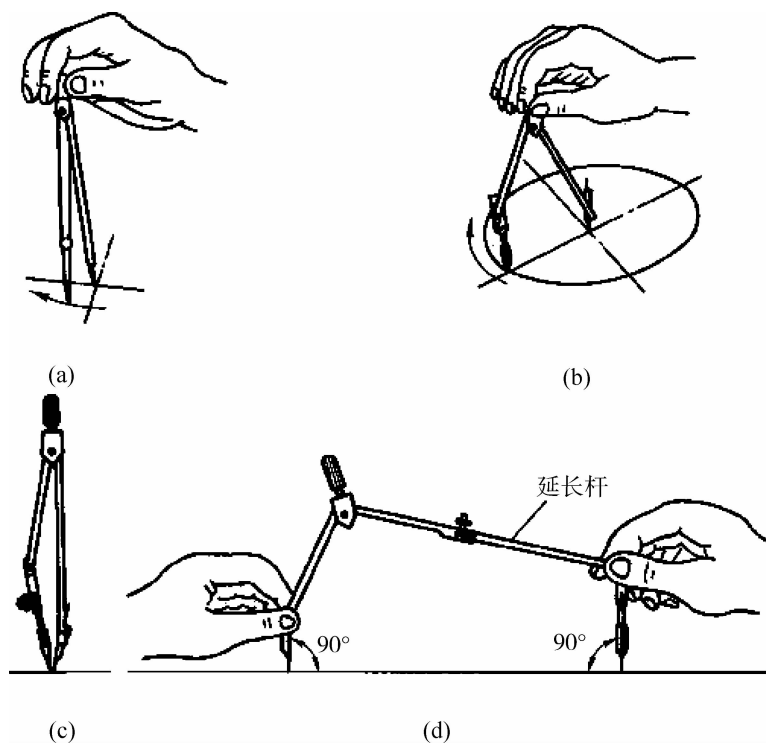


图 1-21 圆规的用法

(a) 圆规应略向画线前进方向倾斜; (b) 画大圆时, 圆规两腿皆应垂直纸面; (c) 小圆的画法; (d) 大圆的画法

二、绘图的一般方法和步骤

(一) 仪器绘图的方法和步骤

1. 绘图前的准备

绘图前应准备好绘图用的工具和仪器。按各种线形的要求削好铅笔和圆规的铅芯, 调整好圆规两脚的长短。擦干净图板、丁字尺及其他绘图用品, 将它们放在合适的位置上。

2. 选择绘图比例

图纸幅面并固定图纸。根据图形的复杂程度, 选取合适的比例和图纸大小。在图板上用胶带固定图纸, 固定前应用丁字尺校正, 使图纸固定在适当的位置上。

3. 绘制图框和标题栏

按国家标准的要求画图框线和标题栏, 若用已经印刷好的图纸, 则可省略。

4. 布置图形并绘制底稿

在绘制底稿前, 应先根据图形的大小, 并考虑注写尺寸和文字说明的位置, 画出各图的基准线, 将图形尽量均匀地布置在图纸上。

绘制底稿时, 用“2H”铅笔轻轻地将图形画好。底稿中的线条应分出不同线型, 但不必分出粗细, 以便于修改。

5. 检查图形并描深



底稿完成后一定要先进行细致的检查,改正图中的错误或补画遗漏的线条,并擦去多余的图线。如果没有错误,则按“先粗线后细线,先圆弧后直线,先上方后下方,先左边后右边”的步骤进行加深,这样可保持图面的整洁。

6. 标注尺寸

填写技术要求及标题栏。底稿加深完之后,先用 HB 或 B 铅笔将尺寸界线、尺寸线、箭头全部画好,然后再统一注写尺寸数字。最后填写技术要求以及标题栏中的相关内容。

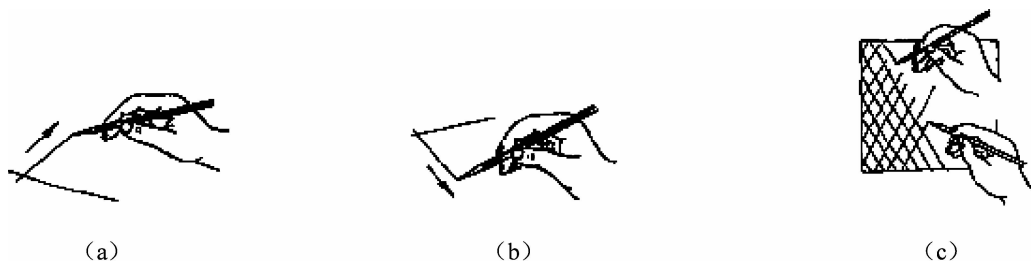


图 1-21 徒手画直线的方法

(a)画水平线;(b)画垂直线;(c)画斜线

(二)徒手绘图的一般方法和步骤

徒手图也称为草图,是以目测估计图形与实物的比例,按一定的画法要求徒手绘制的图样。在设计开始阶段,为了表明自己的初步设想,常常用徒手画图的方式绘出设计方案,经过认为设计合理时,才进一步用仪器仔细绘出。所以,对于工程技术人员来说,除了分析与研究,要学会用仪器绘图外,还必须具备徒手绘图的能力。

徒手画图的基本要求是:画图速度要快,目测比例要准,图面质量要好。作徒手图时,手握在铅笔上离笔尖稍远的地方,肘部不宜接触纸面,手腕和小手指对纸面的压力不要太大,为便于画线,图纸可转动或倾斜。徒手画直线时,手腕不要动,使铅笔与所画的线始终保持约 90° ,铅笔移动方向与所画的线终点方向保持一致,轻轻移动手腕和手臂,便可画出直线如图 1-21 所示。

徒手画圆时,应先画出相互垂直的中心线,定出圆心,在中心线上按半径目测出 4 点,然后过这 4 点画圆。当所画圆的直径较大时,可以过圆心再做两条 45° 的斜线,在其上找出半径的 4 个端点,然后可过 8 个点画圆,如图 1-22 所示。

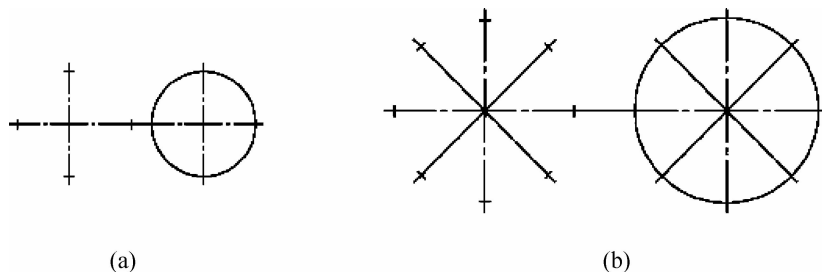


图 1-22 徒手画圆的方法

第三节 常用几何图形的绘制

图样上的投影轮廓是多种多样的,但它们基本上是由直线、圆、圆弧以及其他平面曲线所组成的几何图形。掌握几何图形的作图方法,是手工绘制工程图样的重要技能之一。在绘图过程中,常会遇到这些几何图形的作图问题:如等分线段、等分圆周、作正多边形、斜度和锥度等。

一、等分线段

(一) 试分法

如图 1-23 所示,将线段 N 三等分。试分法也可等分圆弧线段。

(二) 平行线法

如图 1-24 所示,将线段 N 三等分。平行线法只适用于直线段。

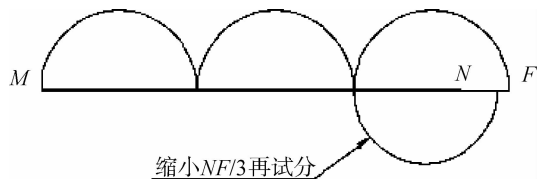


图 1-23 用试分法等分线段

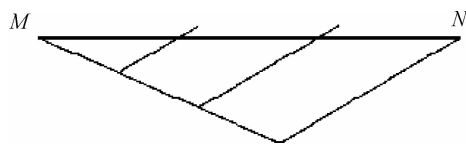
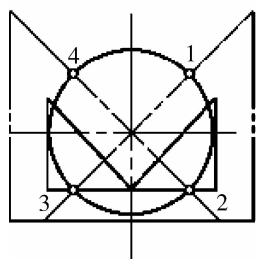


图 1-24 用平行线法等分线段

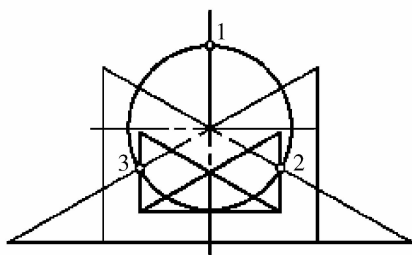
二、等分圆周及作正多边形

(一) 等分圆周

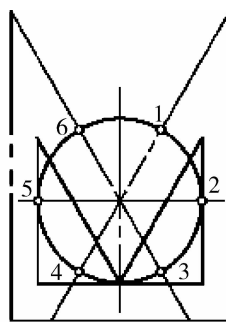
机件上等分圆周的结构比较常见,其作图方法如图 1-25~图 1-27 所示。



(a)



(b)



(c)

图 1-25 用丁字尺和三角板等分度圆

(a) 四等分; (b) 三等分; (c) 六等分



图 1-26 用圆规三、六等分圆周

(a)三等分;(b)六等分

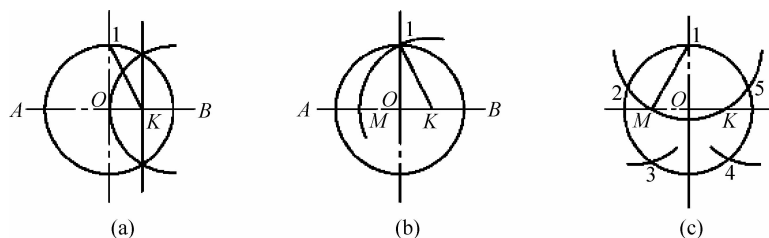


图 1-27 五等分圆周

五等分圆周作图步骤如下:

- (1)如图 1-27(a)所示,取 OB 的中点 K 。
- (2)如图 1-27(b)所示,以 K 为圆心 $1K$ 为半径画弧交 OA 于 M 点。
- (3)如图 1-27(c)所示,连 $1M$,以 $1M$ 为弦长等分圆周得等分点 1、2、3、4、5,即完成作图。

(二)作正多边形

作正多边形的方法与等分圆周相似,见图 1-25、图 1-26、图 1-27,连接各等分点即为正多边形,另外也可以直接利用丁字尺和三角板作正多边形,如图 1-28,图 1-29 所示。

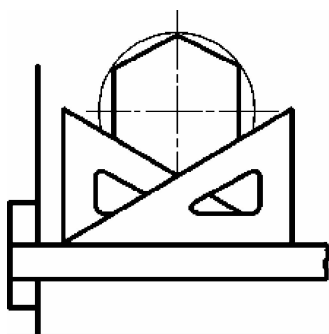


图 1-28 作圆的内接正六边形

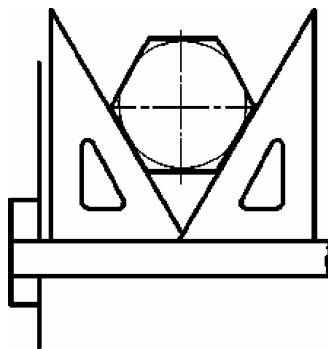


图 1-29 作圆的外切正六边形

三、圆弧连接

用一圆弧光滑地连接相邻两线段(直线或圆弧)的作图方法,称为圆弧连接。圆弧连接在机件轮廓图中经常可见,如图 1-30 所示为扳手的轮廓图。



(一) 圆弧连接的作图原理

圆弧连接作图,关键是求出连接弧的圆心和切点。

1. 圆与直线相切

与已知直线相切的圆,其圆心轨迹是一条直线,如图 1-31 所示。该直线与已知直线平行,间距为圆的半径 R 。自圆心向已知直线作垂线,其垂足 K 即为切点。

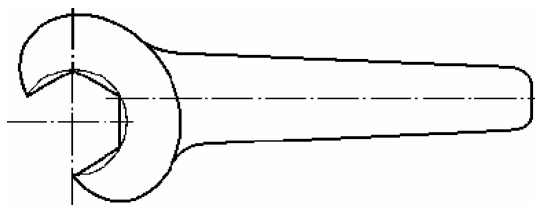


图 1-30 扳手的轮廓图

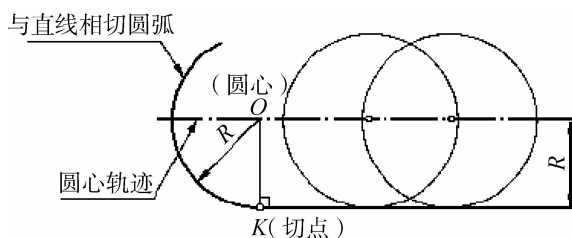


图 1-31 圆与直线相切

2. 圆与圆相切

如图 1-32 所示,与已知圆相切的圆,其圆心轨迹为已知圆的同心圆。同心圆的半径,根据相切情况而定,即:两圆外切时,为两圆半径之和,如图 1-32(a)所示;两圆内切时,为两圆半径之差,如图 1-32(b)所示。其切点在两圆心的连线(或其延长线)与圆周的交点处。

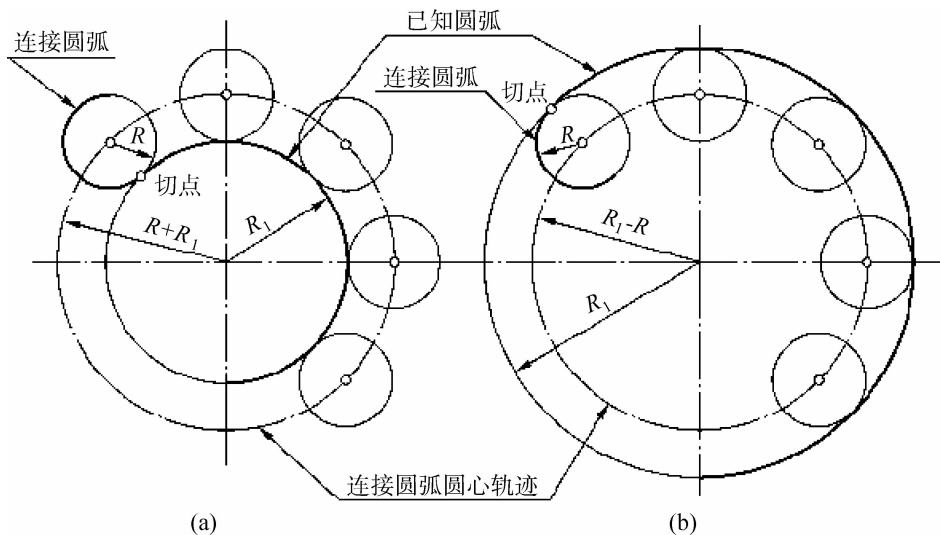


图 1-32 圆与圆相切

(a) 连接圆弧 R 与已知圆弧 R_1 外切; (b) 连接圆弧 R 与已知圆弧 R_1 内切



(二) 用圆弧连接相交两直线

(1) 当两直线相交成钝角或锐角时,如图 1-33(a)、(b)所示,其作图步骤如下:

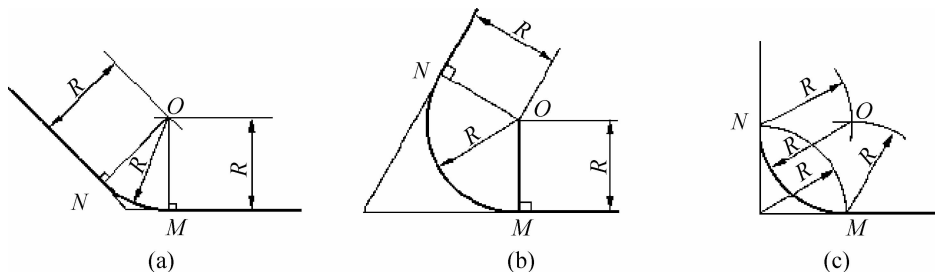


图 1-33 用圆弧连接相交两直线

1) 作与已知角两边分别相距为 R 的平行线,交点 O 即为连接弧圆心;

2) O 点分别向已知角两边作垂线,其垂足 M 、 N 即为切点;

3) 以 O 为圆心, R 为半径在两切点 M 、 N 之间画连接圆弧即为所求。

(2) 当两直线相交成直角时,如图 1-33(c)所示,其作图步骤如下:

1) 以直角顶点为圆心, R 为半径画弧,交直角两边于 M 、 N ;

2) 以 M 、 N 为圆心, R 为半径画弧,相交得连接弧圆心 O ;

3) 以 O 为圆心, R 为半径在 M 、 N 间画连接圆弧即为所求。

(三) 用圆弧连接一已知直线和一已知圆弧

(1) 连接弧与已知弧外切。以已知半径 R 画弧,连接直线 AB ,并外切于半径为 R_1 的圆弧,如图 1-34(a)所示。其作图步骤如下:

1) 先以 O 为圆心,以 $R+R_1$ 为半径画弧。

2) 作距直线 AB 为 R 的平行线 KL ,使其交于所画圆弧于 O_1 点,即得连接弧圆心。

3) 连接 O 和 O_1 ,与圆弧相交于一点,再由 O_1 作 AB 的垂线得 N 点,则 M 和 N 两点即为切点。

4) 再以 O_1 为圆心,以 R 为半径画 MN 弧,即得所求的连接圆弧 MN 。

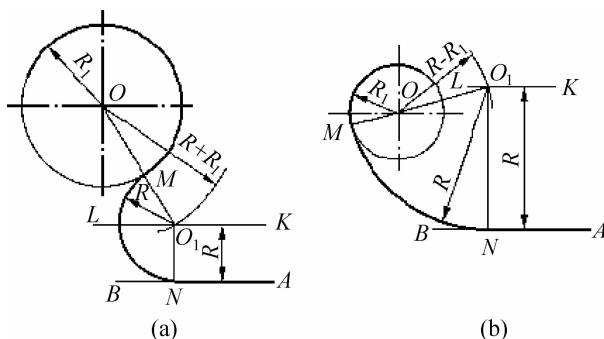


图 1-34 用圆弧连接已知直线和已知圆弧

(a) 连接圆弧与已知圆弧外切;(b) 连接圆弧与已知圆弧内切

(2) 连接弧与已知弧内切。



以已知半径 R 画弧, 连接直线 AB , 并内切于半径为 R_1 的已知圆弧, 如图 1-34(b) 所示。

这一问题的作图步骤与外切连接相同, 因为是内切, 故连接弧的圆心是平行线 KL 与半径为 $R-R_1$ 的圆弧的交点。

(四) 用圆弧连接两已知圆弧

这种连接可分为如下三种情况:

- (1) 连接圆弧与两圆弧外切, 如图 1-35 所示。
- (2) 连接圆弧与两圆弧内切, 如图 1-36 所示。
- (3) 连接弧与一圆弧外切, 与另一圆弧内切, 如图 1-37 所示。

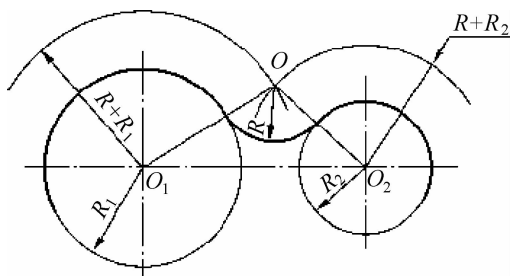


图 1-35 连接圆弧与两已知圆弧外切

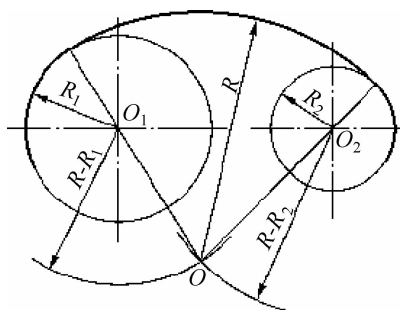


图 1-36 连接圆弧与已知圆弧内切

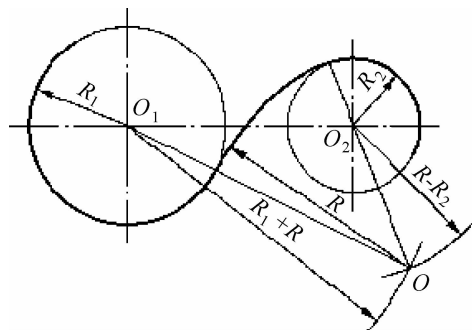


图 1-37 连接圆弧与两已知圆弧内外切

综上所述, 可归纳出圆弧连接的画图步骤:

- (1) 根据圆弧连接的作图原理, 求出连接弧的圆心。
- (2) 求出切点。
- (3) 用连接圆弧半径画弧。
- (4) 描深, 为保证连接光滑, 一般应先描圆弧, 后描直线。当几个圆弧相连接时, 应依次相连, 避免同时连接两端。

四、椭圆

绘图时, 除了直线和圆弧外, 还会遇到一些非圆曲线。这里只介绍椭圆的两种常用画法。

(一) 同心圆法

如图 1-38(a) 所示, 已知长轴和短轴作椭圆, 其画法是: 以 O 为圆心, 以长半轴 OA 和短半轴



OC 为半径分别画圆。由 O 作若干射线(一般作圆 12 等分射线)与两圆相交,再由大圆上各交点分别作短轴的平行线,由小圆上各交点分别作长轴的平行线,其对应线相交即可得椭圆上的各点。最后,用曲线板将这些点依次光滑连成椭圆。

(二)四心圆弧法

如图 1-38(b)所示,已知长轴和短轴作椭圆,这是一种近似画法,即连接长、短轴的端点 A、B,取 $CF=CE=OA-OC$ 。作 AF 的中垂线,与两轴交于 $O_1、O_2$,再取对称点 $O_3、O_4$ 。分别以 $O_2、O_4、O_1、O_3$ 为圆心,以 $O_2C、O_4D、O_1A、O_3B$ 为半径画弧,拼成近似椭圆,切点为 $K_1、K_2、K_3、K_4$ 。

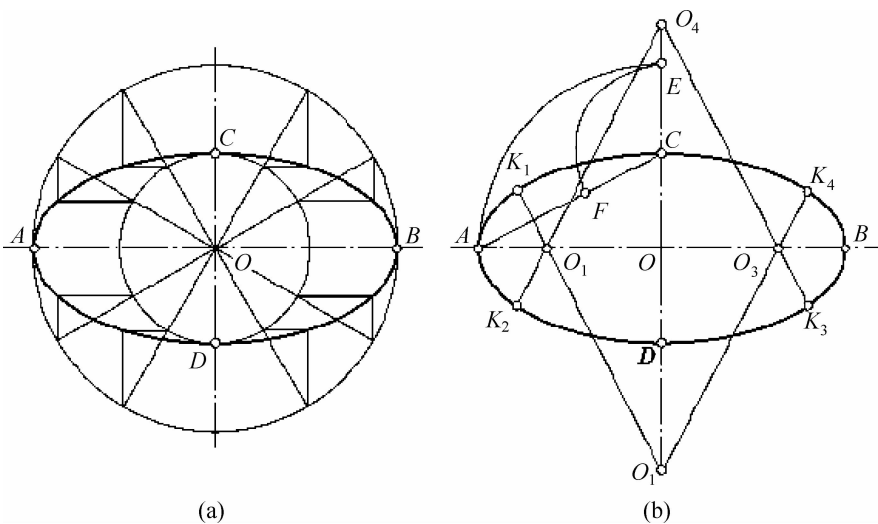


图 1-38 椭圆的近似画法

(a) 同心圆法;(b)四心圆弧法

五、斜度与锥度

(一)斜度

斜度是指一直线或平面对另一直线或另一平面的倾斜程度。其大小用两直线或两平面夹角的正切来表示,如图 1-39(a)所示。AC 对 AB 的斜度为:

$$S = H/L = \tan\alpha = 1 : n$$

在图样中,斜度常以 $1 : n$ 的形式标注。图 1-39(b)为相对水平方向斜度为 $1 : 6$ 的作法:由 A 在水平线 AB 上取 6 个单位长度得 D。由 D 作 AB 的垂线 DC,取 DC 为 1 个单位长度。连接 A 和 C,即得相对水平方向斜度为 $1 : 6$ 的斜线。

斜度的符号用细实线绘制,如图 1-39(a)所示,标注方法见图 1-39(b)。要注意,斜度符号中斜线所示的方向应与斜度的方向一致。

(二)锥度

锥度是指正圆锥的底圆直径与圆锥高度之比,如图 1-40(a)、(b)所示,即:

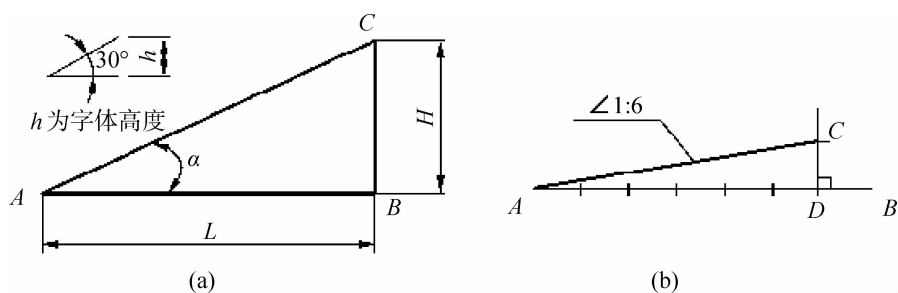


图 1-39 斜度及其作图方法

$$c = D/H = (D-d)/h = 2\tan(\alpha/2) = 1:n$$

在图样中,锥度常以 $1:n$ 的形式标注。图 1-40(c)为锥度 $1:6$ 的作法:由 S 在水平线上取 6 个单位长度得 O 。由 O 作 SO 的垂线,分别向上和向下量取半个单位长度,得 a 和 b 。过 a 和 b 分别与 S 相连,即得 $1:6$ 的锥度。

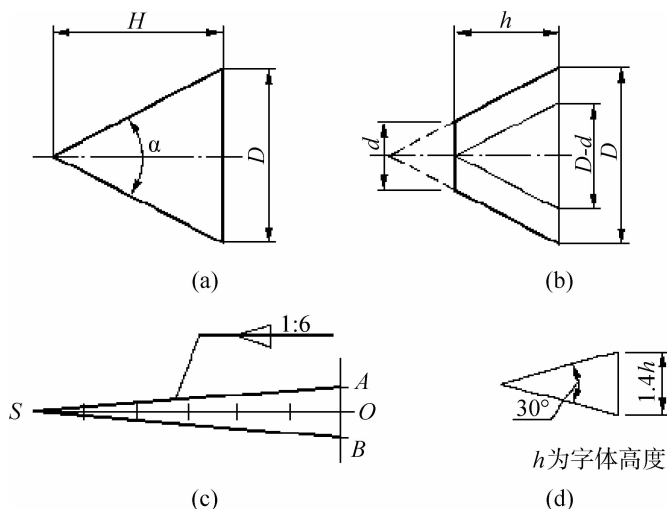


图 1-40 锥度及其作图方法

锥度符号的画法如图 1-40(d)所示。锥度的标注方法如图 1-39(c)所示,锥度符号的方向应与锥度的方向一致。

第四节 平面图形的绘制和尺寸标注

平面图形是由各种线段(直线、圆弧)以相交或相切的形式组成的封闭几何图形。要想正确地画出图形,首先要对平面图形进行尺寸分析和线段性质分析,然后才能正确作出平面图形并对平面图形进行尺寸标注。

一、平面图形的分析与作图步骤

(一)平面图形的尺寸分析

以图 1-41 所示吊钩为例,可以看出图中所注尺寸可以分为两大类:

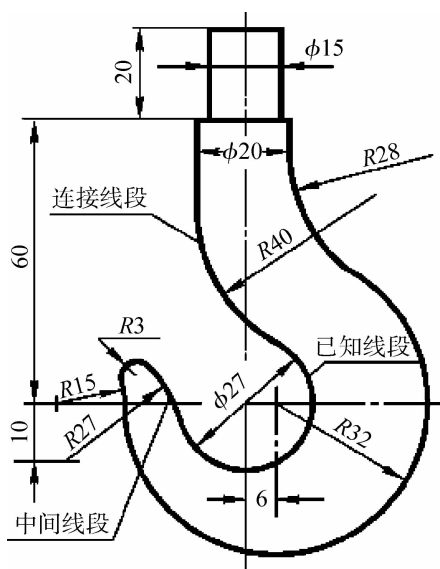


图 1-41 吊钩

(1) 定形尺寸。平面图形中线段长度、圆的直径、圆弧的半径等大小称为定形尺寸。图 1-41 所示中的 20、 $\phi 15$ 、 $\phi 20$ 、 $\phi 27$ 、R3、R15、R27、R28、R32、R40 等均为定形尺寸。

(2) 定位尺寸。用于确定圆弧的圆心、线段在平面图形中位置的尺寸称为定位尺寸。图 1-41 中的 10、60、6 为定位尺寸。

标注尺寸的起点称为尺寸基准，一个平面图形应有水平和垂直两个方向的尺寸基准。通常以图形的对称线、圆的中心线、较长的直轮廓线作为尺寸基准。

(二) 平面图形的线段分析

根据定形尺寸和定位尺寸的概念来分析一下吊钩，可以看出图形中的线段可分为三种：

(1) 已知线段。注有完全的定形尺寸和定位尺寸，作图时能直接作出的线段称为已知线段，如图 1-41 所示中的 $\phi 27$ 及 R32。

(2) 中间线段。具有定形尺寸和一个定位尺寸的线段称为中间线段，如图 1-41 所示中 R15、R27 为中间线段。作图时，需要将与中间线段一端相邻的线段先作出，再根据尺寸和相切几何条件作出中间线段。

(3) 连接线段。具有定形尺寸而无定位尺寸的线段称为连接线段，如图 1-41 所示中 R3、R28、R40 为连接线段。作图时，需要将与连接线段两端相邻的线段先作出，再根据尺寸和相切几何条件作出连接线段。

(三) 平面图形的作图步骤

由上面的分析可以得出绘制平面图形的一般方法和步骤：

(1) 画图形的基准线，如图 1-42(a) 所示。

(2) 画已知线段，如图 1-42(b) 所示。

(3) 画中间线段，如图 1-42(c) 所示。



(4)画连接线段,如图 1-42(d)所示。

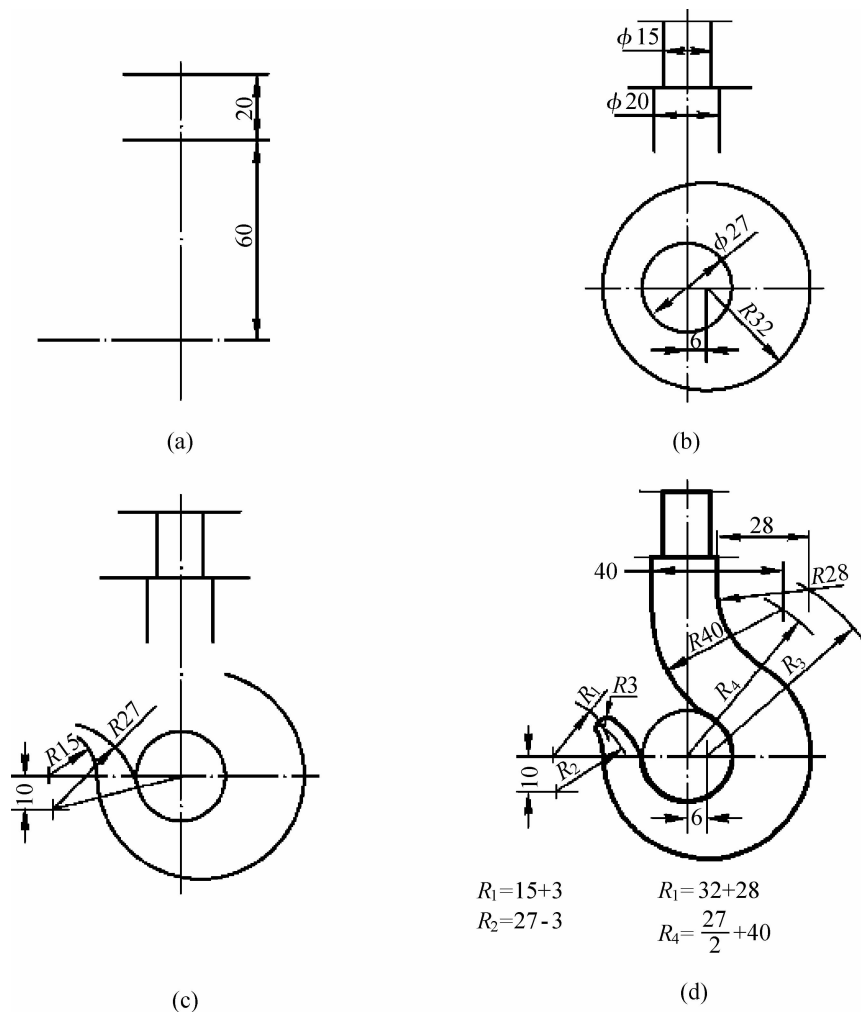


图 1-42 吊钩的作图步骤

(a)定出图形的基准线;(b)画已知线段;(c)画中间线段;(d)画连接线段

(5)检查并描深。

二、尺寸标注

尺寸是图样的重要内容之一,是制造机件的直接依据,是图样中指令性最强的部分。因此,在标注尺寸时,必须严格遵守国家标准的有关规定,做到“正确、完整、清晰、合理”,否则会引起读图混乱,甚至给生产带来损失。

(一)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 mm(毫米)为单位时,不需标注计量单位的代号或名称。如果采用其他单位,则必须注明相应的计量单位。

(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。

(5)标注尺寸时,应尽可能使用符号和缩写词。常用的符号和缩写词见表 1-8。

表 1-8 常用的符号和缩写词

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	ϕ	R	$S\phi$	SR	t	\square	C	∇	\square	∇	EQS

(二)尺寸的组成

每个尺寸都由尺寸界线、尺寸线和尺寸数字 3 个要素组成,如图 1-43 所示。

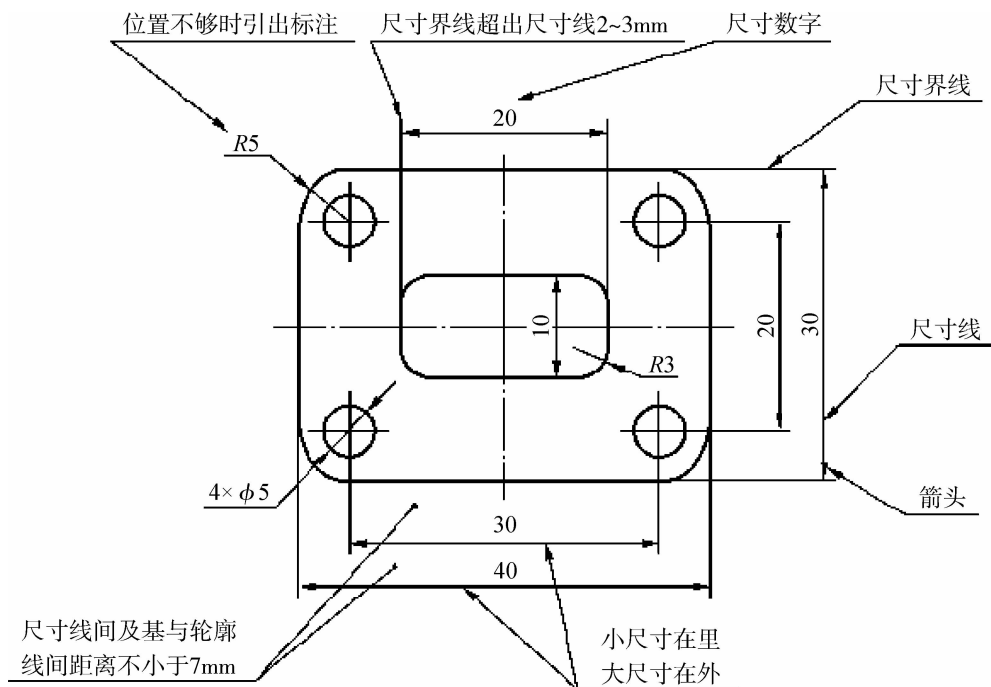


图 1-43 尺寸的基本要素及其标注示例

1. 尺寸界线

用细实线绘制,由图形的轮廓、轴线或对称中心线引出,也可以利用轮廓线、轴线或对称中心线作为尺寸界线,表示尺寸的范围。

2. 尺寸线

用细实线绘制,不能与其他图线重合或画在其延长线上,如图 1-43 所示。尺寸线终端有箭头和斜线两种形式。箭头的形式如图 1-44(a)所示,适用于各种类型的图样;斜线用细实线绘制,其方向以尺寸线为准,逆时针旋转 45°,如图 1-44(b)所示。当尺寸线的终端采用斜线形式



时,尺寸线与尺寸界线必须相互垂直。同一张图样中,只能采用一种尺寸线终端形式,机械图样中常采用箭头。

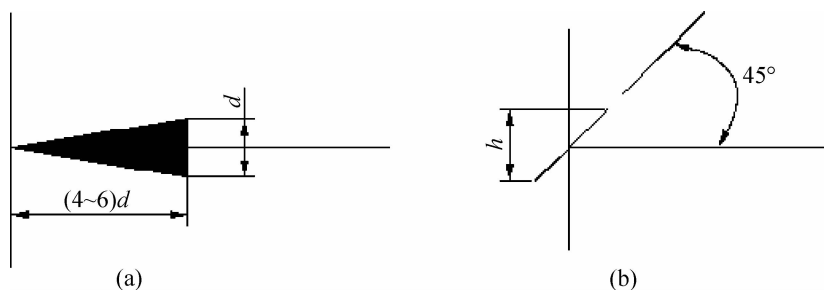


图 1-44 尺寸线的终端

(a)箭头;(b)斜线

d —粗实线宽度; h —字体高度

3. 尺寸数字

对线性尺寸的尺寸数字,一般应注写在尺寸线的上方或中断处,如图 1-43 所示。

尺寸数字的方向,应按图 1-45(a)所示的方向填写,尽可能避免在图示 30° 范围内标注尺寸。当无法避免时,可按图 1-45(b)所示的形式标注。

尺寸数字不允许被任何图线所通过。当不可避免时,应把图线断开。

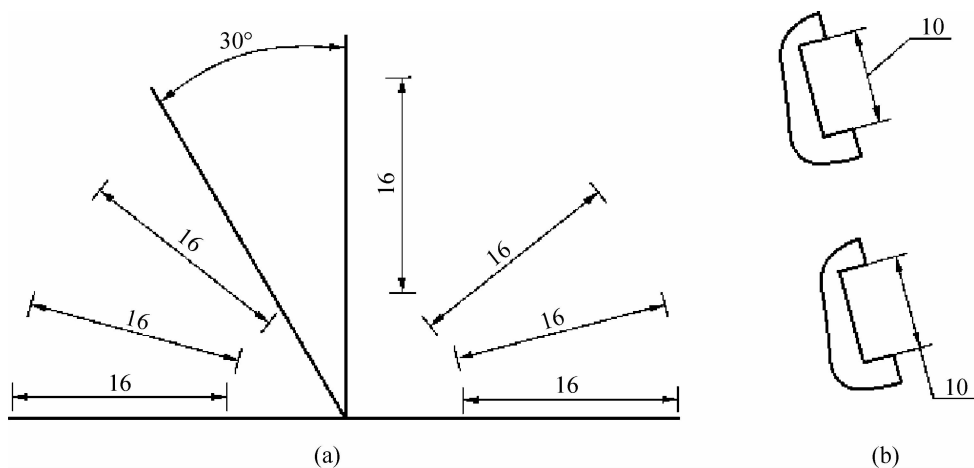


图 1-45 线性尺寸的数字方向

(三) 常见尺寸的注法

1. 线性尺寸注法

标注线性尺寸时,尺寸线必须与所标注的线段平行,尺寸界线一般应与尺寸线垂直,并超出尺寸线 $2\sim 3\text{mm}$ 。当有几条互相平行的尺寸线时,大尺寸应注在小尺寸外面,以免尺寸线与尺寸界线相交,尺寸线间及其与轮廓线距离不应小于 7mm ,如图 1-43 所示。

2. 圆、圆弧及球面尺寸注法

圆须注出直径,且在尺寸数字前加注符号“ ϕ ”;圆弧须注出半径,且在尺寸数字前加注符号



“R”；标注球面的直径或半径时，应在符号“ ϕ ”或“R”前加注符号“S”，如图 1-46 所示。

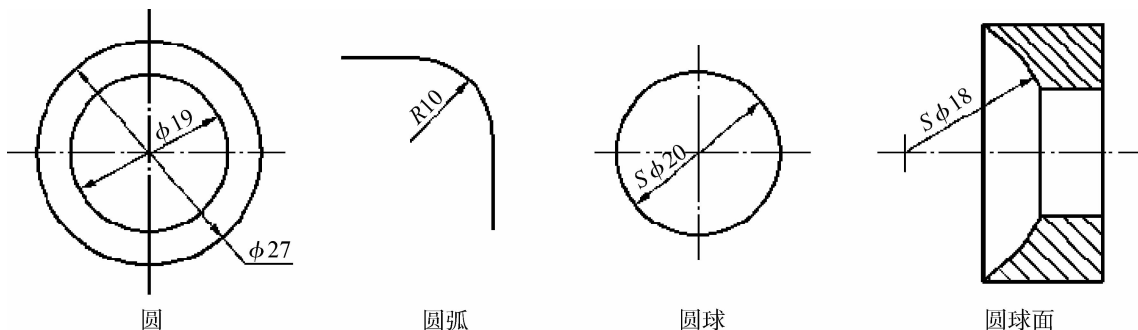


图 1-46 圆、圆弧及球面尺寸注法

3. 小尺寸和小圆弧尺寸注法

当标注的尺寸较小，没有足够的位置画箭头或写尺寸数字时，最外两端箭头可画在尺寸界线外面，中间可用斜线或小圆点代替箭头；尺寸数字也可写在尺寸界线外面或引出标注，如图 1-47 所示。

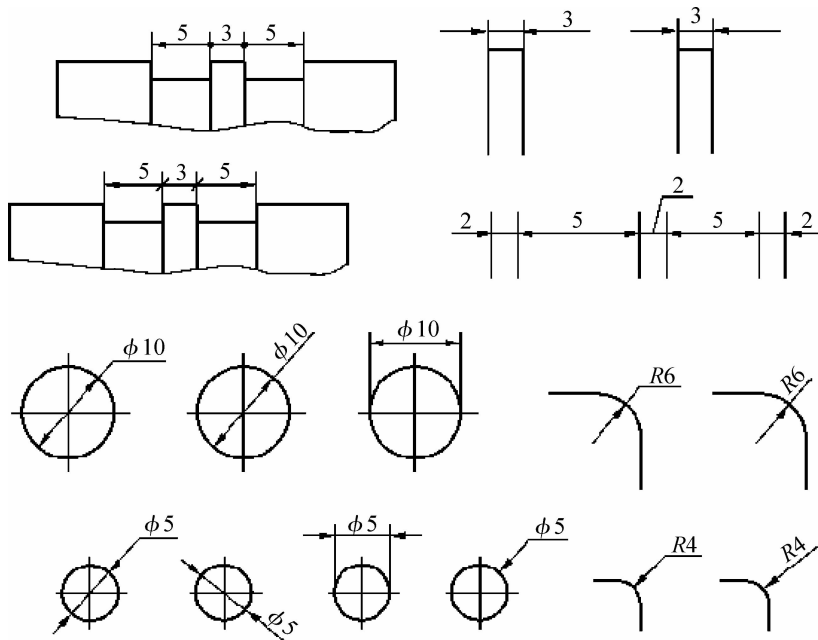


图 1-47 小尺寸和小圆弧的尺寸注法

4. 角度尺寸注法

标注角度尺寸时，尺寸界线应沿径向引出。尺寸线是以角度顶点为圆心的圆弧。角度的数字一律写成水平方向，一般填写在尺寸线的中断处，必要时可以写在尺寸线的上方或外面，也可引出标注，如图 1-48 所示。

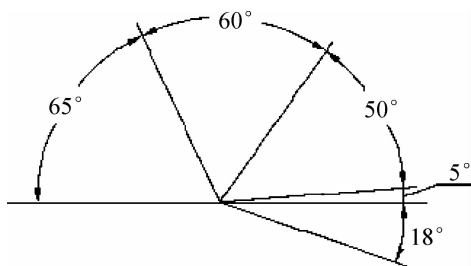


图 1-48 角度尺寸注法



? 复习思考题

1. 图纸幅面的代号有哪几种,其尺寸分别有何规定,各不同幅面代号的图纸的边长之间有何规律?
2. 在图样中书写时,必须符合哪些要求,字体的号数说明什么,有哪七种字号,各个字号的长仿宋字的高与宽之间有何关系?
3. 图线的宽度分几种,哪些图线是粗线,哪些图线是细线,粗实线、虚线、细点划线、波浪线、双点划线、细实线的主要用途是什么,在图样上绘画图线时,通常应遵守和注意哪几点?
4. 一个完整的尺寸一般应包括哪四个组成部分,它们分别有哪些基本规定?
5. 若要用比例尺 1:100 作为 1:1、1:300 作为 1:3、1:500 作为 1:2.5、1:200 作为 5:1 量取长度 40mm,则在各个相应比例的尺边刻度上应分别量取多少长度?
6. 怎样使用圆规画图,分规起什么作用,已知正 n 边形的外接圆,怎样用分规按试分法作这个正 n 边形?
7. 已知平面上的非圆曲线上的一系列点,怎样用曲线板将它们连成光滑曲线?
8. 什么是斜度,什么是锥度, $\angle 1:15$ 和 $1:15$ 分别表示什么? 怎样作出已知的斜度和锥度?
9. 在图样上的圆弧连接处,为何必须准确作出连接圆弧的圆心和切点? 在各种不同场合,如何分别用平面几何的作图方法准确地作出连接圆弧的圆心和切点?
10. 怎样用两块三角板试凑的方法,过已知点作已知圆的切线以及作两个已知圆的外公切线?
11. 试叙述按长短轴用四心圆法作近似椭圆的作图过程。
12. 标注平面图形的尺寸应达到哪三个要求,这三个要求主要体现哪些具体内容?
13. 什么是平面图形的尺寸基准、定形尺寸和定位尺寸,通常按哪几个步骤标注平面图形的尺寸?
14. 在平面图形的圆弧连接处的线段可分为哪三类,它们是根据什么区分的,在作图时应按什么顺序画这三类线段?
15. 为什么要训练画徒手草图的技能,徒手草图应达到哪几点基本要求,在绘制徒手草图时用什么方法画直线,画与水平线成 30° 、 45° 、 60° 的直线以及画圆和椭圆的徒手草图时,可用哪些辅助手段?



第二章 投影基础

学习目的和要求:了解投影法及正投影的基本概念,熟悉三投影面体系的有关知识,掌握点、直线、平面在三投影面体系里的投影特性,熟练掌握点、直线、平面的作图方法,并了解其相互位置关系。



第一节 投影的基础知识

一、投影法概念

生活中,投影现象随处可见。在阳光下,各种物体都在地面上留下其阴影;在灯光下,桌面上方的三角板也会在桌面上投下其影子,如图 2-1 所示。人们根据生产活动的需要,对这种现象经过科学的抽象,总结出了影子和物体之间的几何关系,逐步形成了投影法。

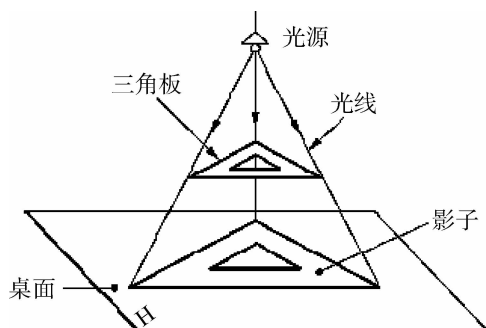


图 2-1 灯光下三角板在桌面上的影子

所谓投影法,就是由投射中心引出投射线,通过物体投向选定的投影面,并在该投影面上得到图形的方法。由投影法所得到的图形,称为投影;投影法中,承接投影的面,称为投影面,如图 2-2 所示。

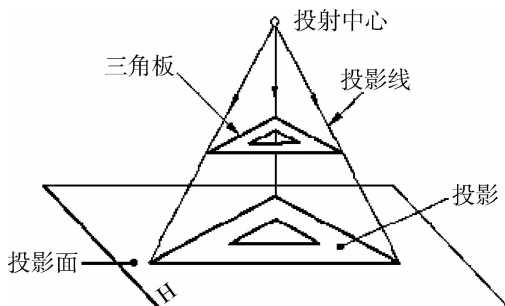


图 2-2 投影法