



机电工程类专业“互联网+”创新型精品教材

机械制图
(第三版)

主 编 崔 艳 王志随 孙 光

北京出版集团
北京出版社

机械制图

(第三版)

主 编 崔 艳 王志随 孙 光



北京出版集团
北京出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制图 / 崔艳, 王志随, 孙光主编. -- 3 版. --
北京: 北京出版社, 2024.6
ISBN 978-7-200-18582-9

I. ①机… II. ①崔… ②王… ③孙… III. ①机械制
图—高等职业教育—教材 IV. ① TH126

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2024) 第 030124 号

机械制图 (第三版)

JIXIE ZHITU (DI-SAN BAN)

主 编: 崔 艳 王志随 孙 光
出 版: 北京出版集团
北京出版社
地 址: 北京北三环中路 6 号
邮 编: 100120
网 址: www.bph.com.cn
总 发 行: 北京出版集团
经 销: 新华书店
印 刷: 定州启航印刷有限公司
版 印 次: 2024 年 6 月第 3 版 2024 年 6 月第 1 次印刷
成品尺寸: 185 毫米 × 260 毫米
印 张: 19.5
字 数: 439 千字
书 号: ISBN 978-7-200-18582-9
定 价: 68.00 元

教材意见建议接收方式: 010-58572341 邮箱: jiaocai@bphg.com.cn

如有印装质量问题, 由本社负责调换

质量监督电话: 010-82685218 010-58572341 010-58572393

上篇 基础进阶模块

模块一 制图的基本知识与技能	1
任务一 国家标准《技术制图》和《机械制图》的一般规定	1
任务二 绘图工具和仪器的使用	15
任务三 几何作图	18
任务四 平面图形的尺寸分析及画法	22
模块二 AutoCAD 基础	31
任务一 初识 AutoCAD	31
任务二 AutoCAD 基本操作	33
任务三 样板文件的制作	42
任务四 AutoCAD 的绘图命令	50
任务五 常用的辅助绘图工具	55
任务六 图形的修改和编辑	59
任务七 在 AutoCAD 中进行尺寸标注	68
任务八 平面图形绘制综合举例	73
模块三 点、直线和平面的投影	76
任务一 投影法及三视图的形成	76
任务二 点的投影图的求作	79
任务三 直线的投影求作	83
任务四 平面的投影求作	89

模块四 立体的投影 98

- 任务一 基本体的投影及其表面取点 98
- 任务二 平面切割立体的绘制方法 105
- 任务三 AutoCAD 绘制基本体及其表面交线 118

模块五 组合体 122

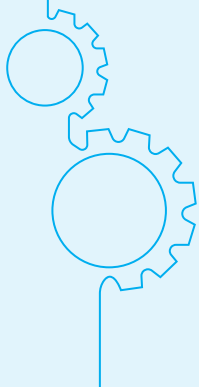
- 任务一 组合体的分解与初步剖析 122
- 任务二 支座的绘制 125
- 任务三 读组合体视图 134
- 任务四 AutoCAD 绘制组合体三视图 141

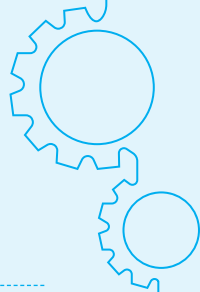
模块六 轴测投影图 147

- 任务一 三维图形在平面上的绘制 147
- 任务二 补画正等轴测图 149
- 任务三 完成斜二等轴测图 156
- 任务四 AutoCAD 绘制正等轴测图 158
- 任务五 利用 AutoCAD 进行三维建模 163

模块七 机件的基本表示法 180

- 任务一 基本视图的辨别和向视图的绘制 180
- 任务二 剖视图的画法及标注 186
- 任务三 绘制阶梯轴的移出断面图 199
- 任务四 画出退刀槽局部放大图 204
- 任务五 用简化画法改画机件视图 206
- 任务六 综合应用图样表示法绘制机件视图 210
- 任务七 AutoCAD 绘制剖视图 213





下篇 工程应用项目

项目一 千斤顶机械图样的识读	217
任务一 千斤顶零件图的识读	222
任务二 利用 AutoCAD 绘制零件图	238
项目二 铣刀头机械图样的识读	243
任务 铣刀头零件图的识读	244
项目三 安全阀机械图样的识读	257
任务一 安全阀零件图的识读	261
任务二 安全阀装配图的识读	264
任务三 利用 AutoCAD 拼画装配图	268
项目四 齿轮油泵装配图的识读	274
任务一 齿轮油泵装配图的识读	275
任务二 齿轮油泵泵体零件图的拆画	280
附录	289
附录 A 螺纹	289
附录 B 常用标准件	293
附录 C 极限偏差	299
参考文献	302

上篇 基础进阶模块

模块一

制图的基本知识与技能

图样是生产过程中的重要技术资料 and 主要依据。要完整、清晰、准确地绘制出机械图样，不仅需要耐心细致和认真负责的工作态度，还要求掌握正确的制图方法，熟练地使用绘图工具。同时，还必须遵守国家标准《技术制图》和《机械制图》中的各项规定。本模块主要介绍国家标准《技术制图》和《机械制图》中的一般规定，制图工具及仪器的使用，几何作图及平面图形尺寸分析、画图方法等。

任务一

• • • 国家标准《技术制图》和《机械制图》的一般规定

任务描述

根据图 1.1 顶垫零件图，指出这些图样包含哪些内容，为实现在全国各地区之间或国际上进行技术交流，国家对图样的画法是如何进行统一规定的？

任务目标

(1) 能掌握国家标准《技术制图》和《机械制图》中有关图幅、比例、字体、图线和尺寸标注等基本规定。

(2) 能初步树立起标准是技术法规的标准化意识，增强产品质量意识和国家标准规范意识，牢固树立和践行“绿水青山就是金山银山”的理念，站在人与自然和谐共生的高度去谋划发展。

任务实施

1. 设备、工具准备

- (1) 绘图工具：铅笔、三角板、圆规等。
- (2) 绘图纸。

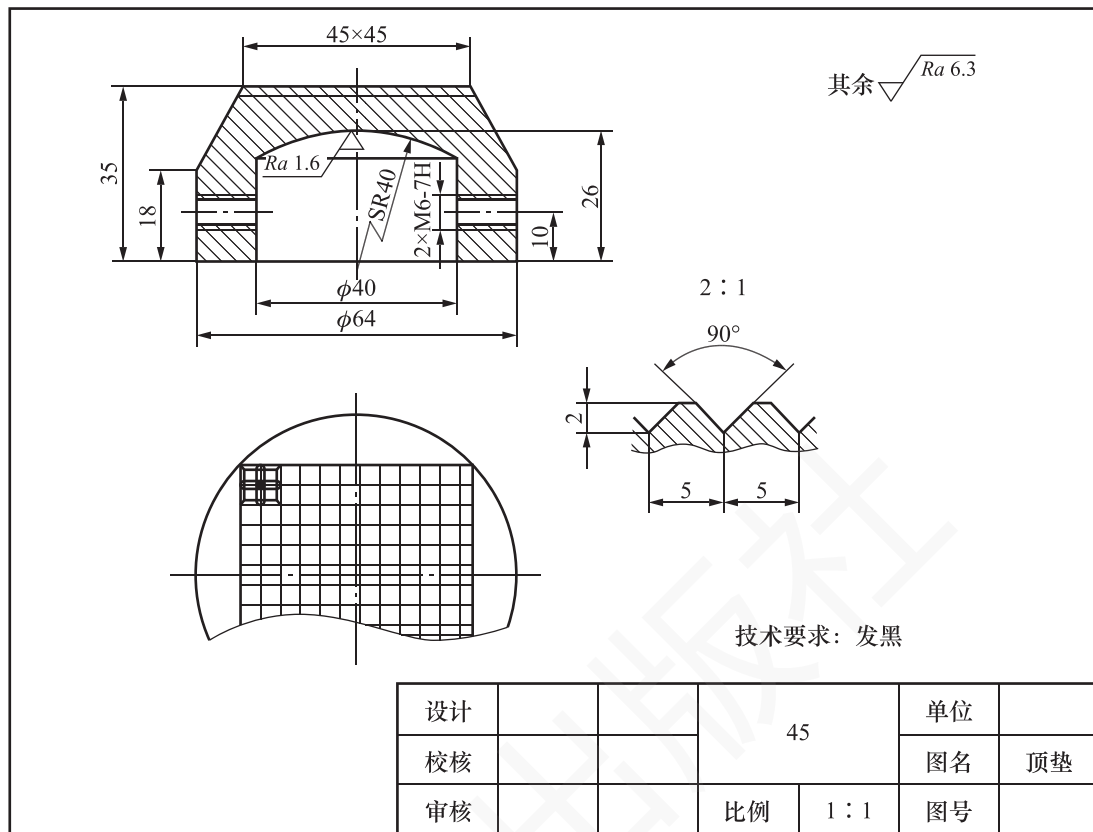


图 1.1 顶垫零件图

2. 任务分析

为了便于技术交流、档案保存和各种出版物的发行,使制图规格和方法统一,国家市场监督管理总局颁布了一系列有关制图的国家标准(简称“国标”)。在绘制技术图样时,必须掌握和遵守有关的规定。本书主要介绍图幅、比例、字体、图线、尺寸注法等一般规定,其他有关标准将在后续相关模块中介绍。



机械制图的基础



知识链接

一、图纸幅面和格式 (GB/T 14689—2008)

1. 图纸幅面尺寸

在绘制技术图样时,应优先选用表 1.1 所规定的基本幅面尺寸。必要时也允许加长幅面,但应按基本幅面的短边整数倍增加。各种基本幅面与加长幅面如图 1.2 所示,其中粗实线部分为基本幅面;细实线部分为第一选择的加长幅面;虚线为第二选择的加长幅面。加长后的幅面代号为基本幅面代号 $\times$ 倍数。例如: A3 $\times$ 3,表示按 A3 图幅短边

加长为 297 mm 的 3 倍，即加长后图纸尺寸为 420 mm×891 mm。

表 1.1 图纸幅面尺寸

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

在基本幅面图纸中，A0 幅面为 1 m²，长边是短边的 $\sqrt{2}$ 倍，因此 A0 图纸边长 $L=1\ 189\text{ mm}$ ，短边 $B=841\text{ mm}$ ，A1 图纸的面积是 A0 的一半，A2 图纸的面积是 A1 的一半，以此类推，其关系如图 1.2 所示。

2. 图框格式和尺寸

在图纸上必须用粗实线画出图框。图框有两种格式：不留装订边和留有装订边。同一产品中的所有图样均应采用同一种格式。两种格式如图 1.3 所示，尺寸按表 1.1 的规定画出。加长幅面的图框尺寸，按所选用的基本幅面大一号的周边尺寸确定。

为了使图样复制和缩微摄影时方便定位，应在图纸各边长的中点处分别画出对中符号。对中符号用粗实线绘制，线宽不小于 0.5 mm，长度从纸边界开始至伸入图框内约 5 mm，当对中符号处于标题栏范围内时，则伸入标题栏部分省略不画，如图 1.4 所示。

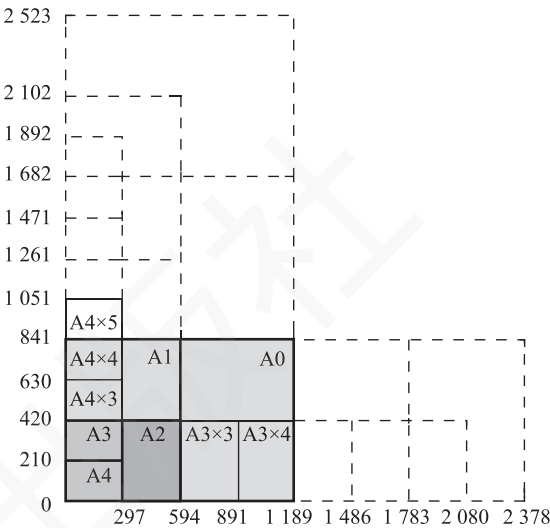
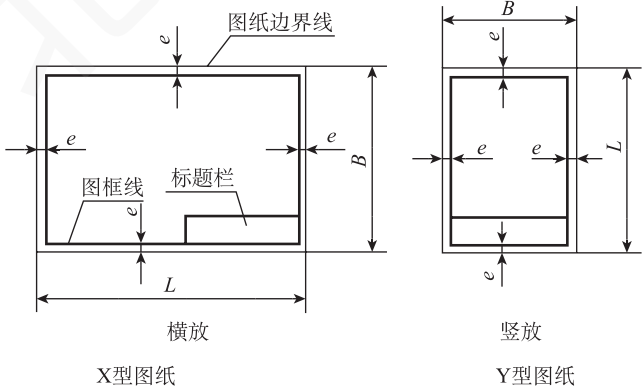


图 1.2 基本幅面与加长幅面尺寸（单位：mm×mm）



(a)不留装订边

图 1.3 图框格式

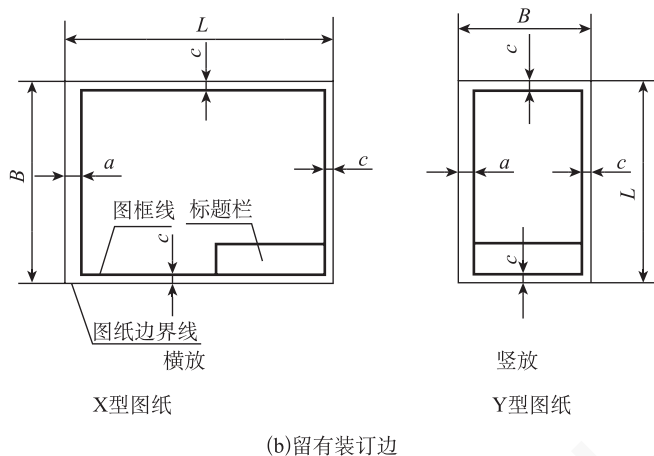


图 1.3 图框格式 (续)

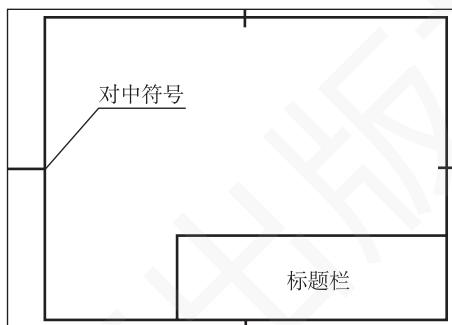


图 1.4 对中符号

二、标题栏 (GB/T 10609.1—2008)

为使绘制的图样便于管理及查询, 每张图都需设有标题栏。通常, 标题栏应位于图框的右下角。若标题栏的长边置于水平方向并与图纸长边平行时, 则构成 X 型图纸; 若标题栏的长边垂直于图纸长边时, 则构成 Y 型图纸, 如图 1.3 所示。看图的方向应与标题栏的方向一致。

为了利用预先印制好的图纸, 允许将 X 型图纸的短边置于水平位置, 或将 Y 型图纸的长边置于水平位置。此时, 为了明确绘图与看图时的图纸方向, 应在图纸下边对中符号处添加一个方向符号, 如图 1.5 (a) 所示。方向符号是一个用细实线绘制的等边三角形, 其大小及所在位置如图 1.5 (b) 所示。

GB/T 10609.1—2008《技术制图 标题栏》规定了两种标题栏分区形式, 如图 1.6 所示。其中, 推荐使用第一种形式。

第一种形式标题栏的格式、分栏及各部分尺寸如图 1.7 所示。

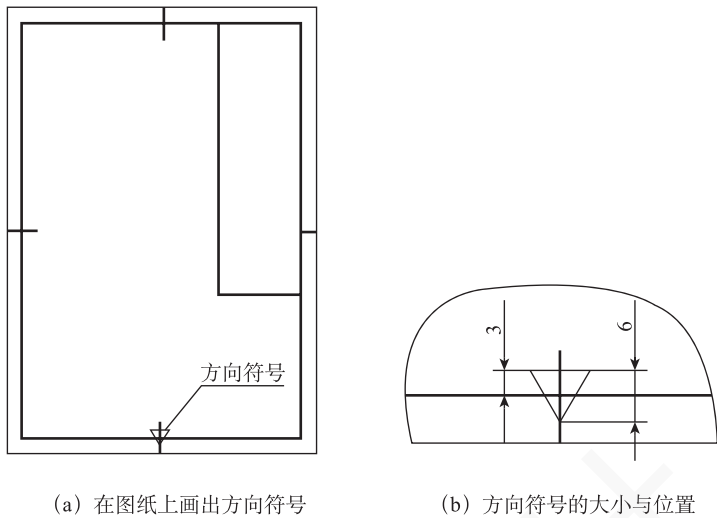


图 1.5 方向符号

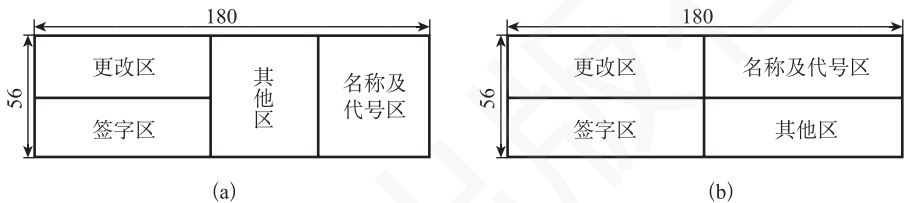


图 1.6 标题栏格式

	10	10	16	16	12	16									20
							(材料标记)						(单位名称)		
	标记	处数	分区	更改 文件号	签名	年、月、日							12	12	
	设计	(签名)	(年月日)	标准化	(签名)	(年月日)	阶段标记		重要	比例	10			18	
	审核										9	(图样代号)			
	工艺			批准			6.5	6.5	6.5	6.5	共 张 第 张	9			
	12	12	16	12	12	16	50								

图 1.7 标题栏的格式、分栏及尺寸

标题栏填写要求如表 1.2 所示。

表 1.2 标题栏填写要求

区名		填写要求
更改区	标记	按要求或有关规定填写
	处数	同一标记所表示的更改数量
	分区	必要时填，如 B3
	更改文件号	更改所依据的文件号
	签名	更改人姓名、时间



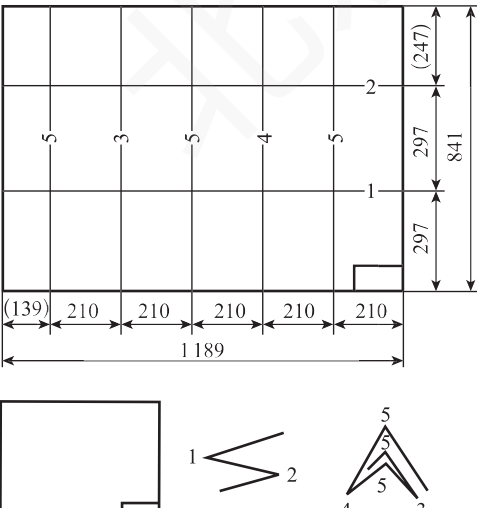
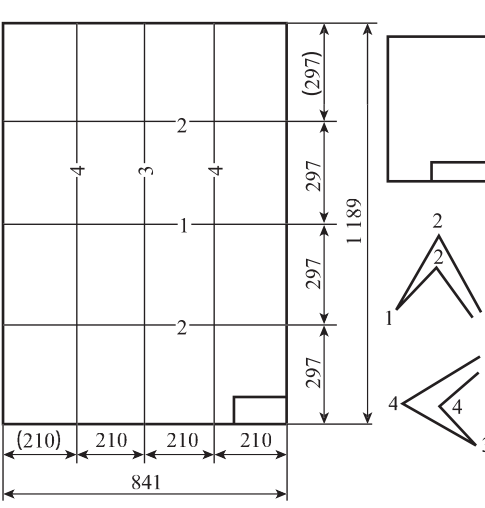
续表

区名	填写要求	
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	负责人签名、时间
其他区	材料标记	按相应标准或规定填写所使用的材料的标记
	阶段标记	按有关规定从左到右填写图样的各生产阶段
	质量	所绘制图样相应产品的计算质量, 以千克为单位时可不写单位
	比例	绘制图样所采用的比例
	共 × 张 第 × 张	同一图样代号中图样的总张数及该张所在的张次
名称与代号区	单位名称	绘制图样单位的名称或代号, 也可因故不填写
	图样名称	绘制对象的名称
	图样代号	按有关标准或规定填写图样的代号

三、复制图纸的叠法 (GB/T 10609.3—2009)

GB/T 10609.3—2009 规定了复制图纸的折叠方法, 折叠后的图纸幅面应是基本图幅的一种, 一般是 A4 或 A3 大小, 以便放入文件袋或装订成册保存。折叠时, 图纸正面应折向外方, 并以手风琴式的方法折叠。折叠后的图纸, 应使标题栏在右下外面, 以便查阅。图纸折叠方法按要求可分为需要装订和不需要装订两种形式, 表 1.3 列出了不需要装订成册的复制图折成 A4 幅面的方法, 图中折线旁边的数字表示折叠的顺序。

表 1.3 复制图纸的叠法

图幅	标题栏方位	
	在复制图的长边上	在复制图的短边上
A0		

续表

图幅		标题栏方位	
		在复制图的长边上	在复制图的短边上
A1	 		
A2	 		

四、比例 (GB/T 14690—1993)

比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。比例分为原值、缩小、放大三种。画图时,应尽量采用 1:1 的比例画图。所用比例应符合表 1.4 中的规定。不论缩小或放大,在图样上标注的尺寸均为机件设计要求的尺寸,而与比例无关,如图 1.8 所示。比例一般应注写在标题栏中的比例栏内。必要时,可在视图名称的下方或右侧标注比例。

表 1.4 比例系列

种类	比例	
	第一系列	第二系列
原值比例	1 : 1	
缩小比例	$1:2$ $1:5$ $1:10^n$ $1:2 \times 10^n$ $1:5 \times 10^n$	$1:1.5$ $1:2.5$ $1:3$ $1:4$ $1:6$ $1:1.5 \times 10^n$ $1:2.5 \times 10^n$ $1:3 \times 10^n$ $1:4 \times 10^n$ $1:6 \times 10^n$
放大比例	$2:1$ $5:1$ $1 \times 10^n:1$ $2 \times 10^n:1$ $5 \times 10^n:1$	$2.5:1$ $4:1$ $2.5 \times 10^n:1$ $4 \times 10^n:1$

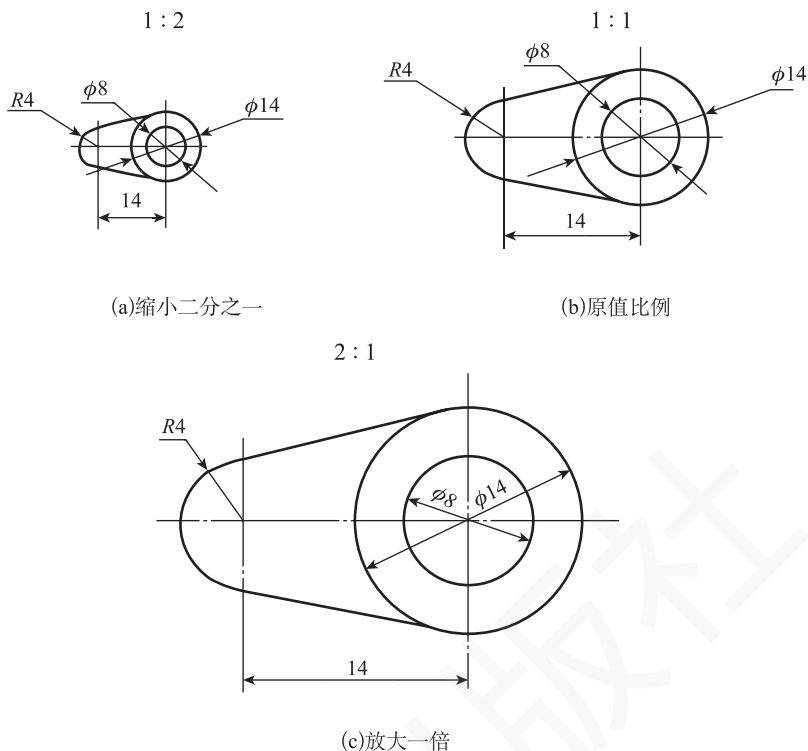


图 1.8 用不同比例画出的图形

五、字体 (GB/T 14691—1993)

1. 汉字

图样上的汉字应采用长仿宋体字，字的大小应按字号规定，字体号数代表字体的高度。高度 (h) 尺寸为 1.8 mm、2.5 mm、3.5 mm、5 mm、7 mm、10 mm、14 mm、20 mm，字体的高度按 $\sqrt{2}$ 的比率递增，写汉字时字号不能小于 3.5。字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

长仿宋体汉字的特点是：横平竖直、起落有锋、粗细一致、结构匀称。

图 1.9 是长仿宋体汉字示例。

10号字
字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

7号字
横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格

5号字
技术制图机械电子汽车航空船舶土木建筑矿山井坑港口纺织服装

图 1.9 长仿宋体汉字示例

2. 字母和数字

在图样中，字母和数字可写成斜体或正体，斜体向右倾斜，与水平基准线成 75° 。在技术文件中字母和数字一般写成斜体。字母和数字分 A 型和 B 型，B 型的笔画宽度比 A 型宽，我国采用 B 型。用作指数、分数、极限偏差、注脚的数字及字母，一般应采用

小一号字体。图 1.10 是字母和数字书写示例。



图 1.10 字母和数字示例

六、图线（GB/T 4457.4—2002、GB/T 17450—1998）

参照国际标准 ISO 128-20:1996，1998 年我国颁布了国家标准《技术制图 图线》（GB/T 17450—1998），规定了图线的基本线型。在绘制技术图样时，应遵循国家标准《技术制图 图线》的规定画法。

1. 基本线型

基本线型有很多种，其中实线、虚线、点画线、双点画线在机械制图中应用广泛，如表 1.5 所示。

表 1.5 基本线型

名称		线型	线宽	一般用途
实线	粗		d	可见轮廓线
	中		$0.5d$	可见轮廓线
	细		$0.25d$	可见轮廓线、图例线
虚线	粗		d	见有关专业制图标准
	中		$0.5d$	不可见轮廓线
	细		$0.25d$	不可见轮廓线、图例线
点画线	粗		d	见有关专业制图标准
	中		$0.5d$	见有关专业制图标准
	细		$0.25d$	中心线、对称线等
双点画线	粗		d	见有关专业制图标准
	中		$0.5d$	见有关专业制图标准
	细		$0.25d$	假想轮廓线、成型前原始轮廓线
折断线			$0.25d$	断开界线
波浪线			$0.25d$	断开界线

2. 图线的尺寸

所有线型的图线宽度（ d ）应按图样的类型和尺寸大小在下列系数中选择：0.13 mm；0.18 mm；0.25 mm；0.35 mm；0.5 mm；0.7 mm；1.0 mm；1.4 mm；2 mm。

粗线、中粗线和细线的宽度比率为 4：2：1。



手工绘图时, 线素 (指不连续线的独立部分, 如点、长度不同的画和间隔) 的长度应符合表 1.6 的规定。

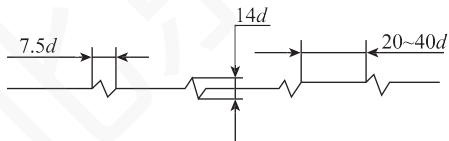
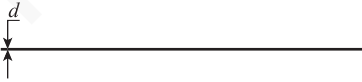
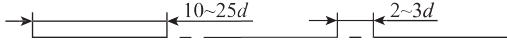
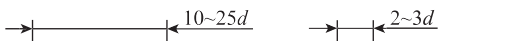
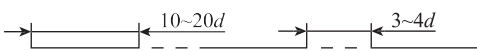
表 1.6 图线的构成

线素	线型 No.	长度
点	04~07, 10~15	$\leq 0.5d$
短间隔	02, 04~15	$3d$
短画	08, 09	$6d$
画	02, 03, 10~15	$12d$
长画	04~06, 08, 09	$24d$
间隔	03	$18d$

3. 图线的应用

基本线型适用于各种技术制图, 各技术领域也有各自的图线应用规定。GB/T 4457.4—2002《机械制图 图样画法 图线》中规定了机械图样中采用的各种线型及其应用场合。表 1.7 列出的是机械设计制图中使用的 9 种线型。图 1.11 所示为常用图线应用示例。

表 1.7 机械制图的图线型式及应用

序号	代码 No.	图线名称	图线型式	图线宽度	一般应用
1	01.1	细实线		$d/2$	过渡线、尺寸线、尺寸界线、剖面线、重合断面的轮廓线、指引线、螺纹牙底线及辅助线等
2		波浪线		$d/2$	断裂处的边界线、视图与剖视图的分界线
3	01.1	双折线		$d/2$	断裂处的边界线、视图与剖视图的分界线
4	01.2	粗实线		d	可见轮廓线、表面剖切面起讫和转折的剖切符号
5	02.1	细虚线		$d/2$	不可见轮廓线
6	02.2	粗虚线		d	允许表面处理的表示线
7	04.1	细点画线		$d/2$	轴线、对称中心线、剖切线等
8	04.2	粗点画线		d	限定范围表示线
9	05.1	细双点画线		$d/2$	相邻辅助零件的轮廓线、可动零件极限位置的轮廓线、轨迹线、中断线等

注: 表中细虚线、细点画线、细双点画线的线段长度和间隔的数值仅供参考。

粗实线的宽度应根据图形的大小和复杂程度选取,一般 d 的取值范围是 $0.5\sim 0.7\text{ mm}$ 。

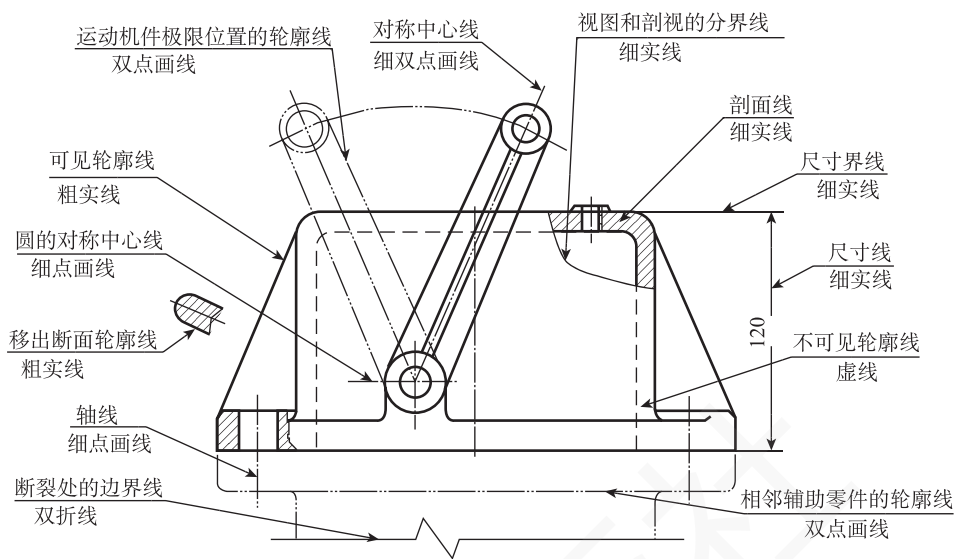


图 1.11 常用图线应用示例

手工绘图时,应注意以下几个方面:

(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同。

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

(3) 绘制圆的对称中心线时,圆心应为画线的交点。且超出图形的轮廓线约 $3\sim 5\text{ mm}$,如图 1.12 所示。

(4) 在较小的图形上绘制点画线和双点画线有困难时,可用细实线代替。

(5) 虚线与虚线相交或虚线与其他线相交,应在画线处相交。当虚线处在粗实线的延长线上时,粗实线应画到分界点而虚线应留有空隙。当虚线圆弧与虚线直线相切时,虚线圆弧应画到切点,而虚线直线应留有空隙。如图 1.13 所示。

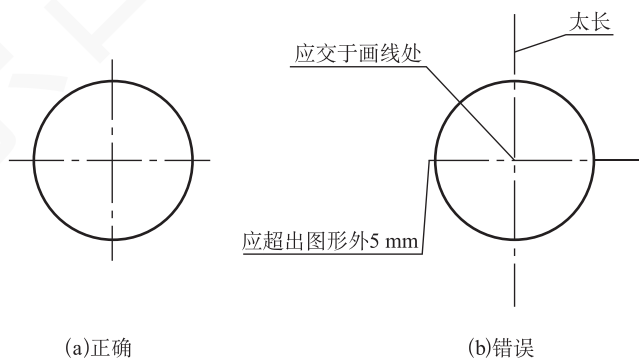


图 1.12 中心线的绘制

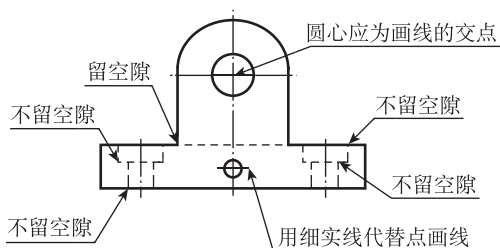


图 1.13 虚线连接处的画法



七、尺寸注法 (GB/T 4458.4—2003、GB/T 16675.2—2012)

图样除了表达形体的形状外, 还应标注尺寸, 以确定其大小。

1. 基本规则

(1) 机件的大小应以图样上所标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, 不需标注计量单位的代号或名称。

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

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

2. 尺寸的组成及其注法

图样中的尺寸, 一般由尺寸界线、尺寸线和尺寸数字组成。标注尺寸的基本方法如表 1.8 所示。

表 1.8 尺寸注法

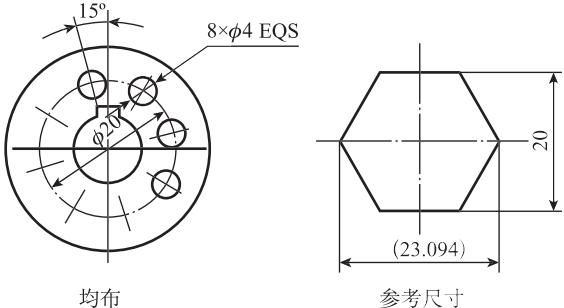
尺寸要素	图例	说明
尺寸界线		尺寸界线用细实线画出, 一般由图形轮廓线、轴线或对称中心线引出, 必要时也可用轮廓线、轴线或中心线作尺寸界线, 如图 (a) 所示。尺寸界线画成与尺寸线成直角并稍微超过尺寸线 (约 2~3 mm), 特别需要时尺寸界线可画成与尺寸线成 60°, 如图 (b) 所示
尺寸线		尺寸线用细实线绘制, 且平行于所标注的线段。不能用其他图线代替, 一般也不得与其他图线重合或画在其他线的延长线上。互相平行的尺寸线, 小尺寸在里, 大尺寸在外, 依次排列整齐。尺寸线有箭头和斜线两种形式, 机械图样一般用箭头形式, 如图 (c) 所示。当尺寸线太短没有足够的位置画箭头时, 允许将箭头画在尺寸线外边; 标注连续的小尺寸时可用原点代替箭头, 如图 (d) 所示

续表

尺寸要素	图例	说明
尺寸数字	(a) 尽量避免在该范围内注尺寸 (b) 应断开 (c) 应断开 (d) 应断开 (e) 应断开	线性尺寸的数值应按图 (a) 所示的方向填写；图示 30° 范围内，应按图 (b) 形式标注。尺寸数字一般应注写在尺寸线上方，当尺寸线为垂直方向时，应注写在尺寸线的左方，也允许注写在尺寸线的中断处，如图 (c) 所示。尺寸数字不可被任何图线所通过，否则必须将图线断开，如图 (d) 所示。 狭小部位的尺寸数字按图 (e) 所示方式注写。角度的尺寸界线应沿径向引出，尺寸线是以角的顶点为圆心画出的圆弧线
角度		角度的尺寸界线应沿径向引出，尺寸线是以角的顶点为圆心画出的圆弧线。角度数字应水平注写。角度较小时也可用指引线引出标注
标注有关符号	直径 半径 球直径 正方形 弧长 厚度 倒角 理论正确尺寸	在尺寸数字的前面或后面加上符号，表达设计要求，常用的符号有：直径“ϕ”、半径“R”、球直径“$S\phi$”、正方形“$\square$”、弧长“$\frown$”、厚度“t”、45° 倒角“C”、均布“EQS”、理论正确尺寸“$\square$”、参考尺寸“$()$”等。 说明：整圆或大于半圆的圆弧一般标注直径尺寸，半径尺寸只能标注在圆弧图形上



续表

尺寸要素	图例	说明
标注有关符号		在尺寸数字的前面或后面加上符号,表达设计要求,常用的符号有:直径“ ϕ ”、半径“ R ”、球直径“ $S\phi$ ”、正方形“ $\square$ ”、弧长“ $\wedge$ ”、厚度“ t ”、 45° 倒角“ C ”、均布“EQS”、理论正确尺寸“ ϕ ”、参考尺寸“ $()$ ”等。 说明:整圆或大于半圆的圆弧一般标注直径尺寸,半径尺寸只能标注在圆弧图形上

3. 标注尺寸时应注意的问题

标注尺寸是一项耐心细致的工作,尺寸在图样中的排布要清晰、整齐、匀称。因此,除了按表 1.8 尺寸注法标注尺寸之外,还应注意以下问题(如图 1.14 所示)。

(1) 数字。

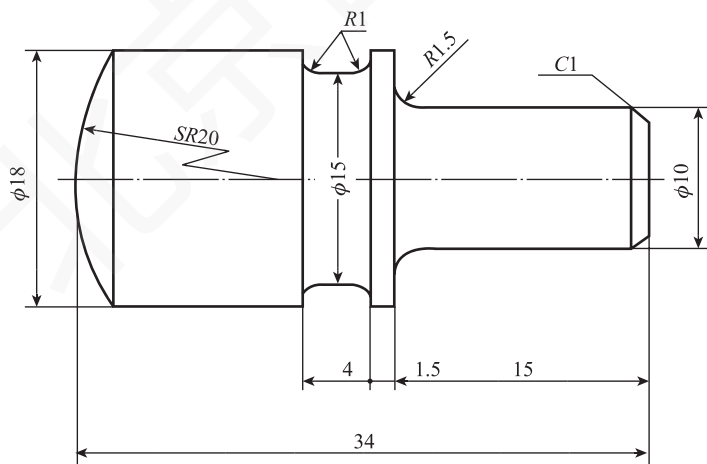
在同一张图样上基本尺寸的字高要一致,一般采用 3.5 号字,不能根据数值的大小而改变字符的大小;字符间隔要均匀;字体应严格按国标规定书写。

(2) 箭头。

在同一张图样上箭头的大小应一致,机械图样中箭头一般为闭合的实心箭头。

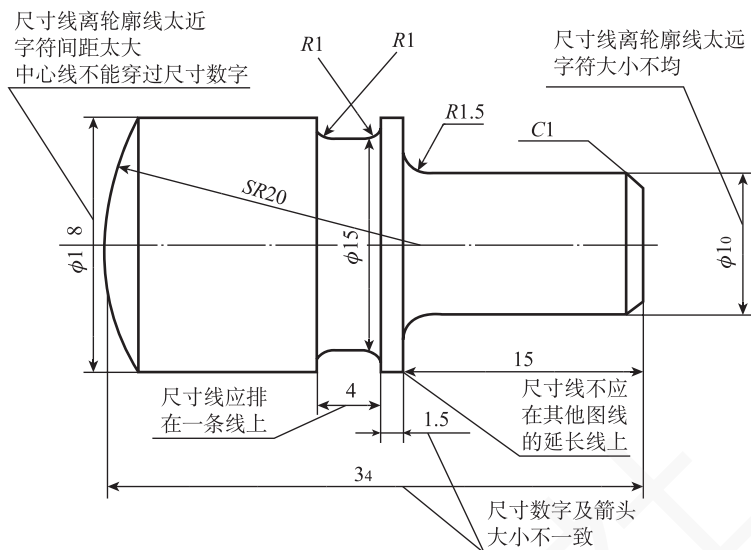
(3) 尺寸线。

相互平行的尺寸线间距要相等。尽量避免尺寸线相交。



(a)好

图 1.14 标注尺寸时应注意的问题



(b)不好

图 1.14 标注尺寸时应注意的问题 (续)

任务二

绘图工具和仪器的使用

任务描述

熟练使用绘图工具，抄画如图 1.15 所示的平面图形，注意不同线型的绘制要求。

任务目标

- (1) 能熟练使用手工绘图所需的绘图工具，掌握它们的使用方法。
- (2) 能熟练使用各种绘图仪器来完成绘图任务。
- (3) 能牢固树立制图标准意识，提高绘图技能水平。

任务实施

1. 设备、工具准备

- (1) 绘图工具：铅笔、图板、丁字尺、三角板、圆规等。
- (2) 绘图纸：A4 绘图纸一张。

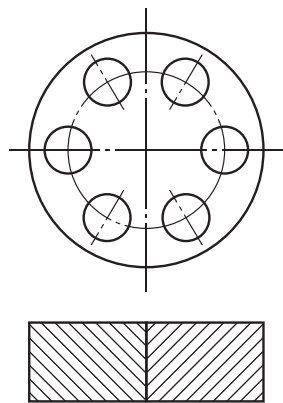


图 1.15 平面图形



2. 任务分析

要想快速准确地绘图,就需要了解常用绘图工具、仪器的结构、性能和使用方法。随着加工制造工艺技术的进步,绘图仪器的功能与品质有了显著的提
升。在此只介绍常用的绘图工具及仪器。

知识链接



手工绘图的工具

一、铅笔

常用绘图铅笔有木杆和活动铅笔两种。铅芯的软硬程度分别由字母“B”和“H”前的数值表示。“B”前的数字越大表示铅芯越软,“H”前的数字越大则表示铅芯越硬。标号“HB”表示软硬适中。画图时,通常用“H”或“2H”铅笔画底稿;用“B”或“HB”笔加粗加深全图;写字时用“HB”铅笔。铅笔可修磨成圆锥形或矩形,圆锥形铅芯用于画细线及书写文字,矩形铅芯用于描深粗实线。铅笔削法如图 1.16 所示。

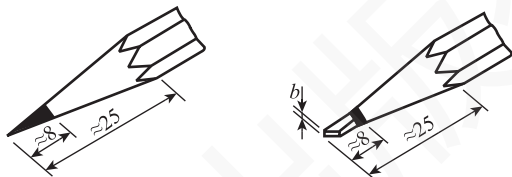


图 1.16 铅笔削法

图样上的线条应清晰光滑,色泽均匀。用铅笔绘图时,用力要均匀。用锥形笔芯的铅笔画长线时要经常转动笔杆,使图线粗细均匀。画线时笔身沿走笔方向所属的平面应垂直于纸面,如图 1.17 (a) 所示;也可略向尺外方向倾斜,且铅笔与尺身之间没有空隙,如图 1.17 (b) 所示;笔身可向走笔方向倾斜约 60° ,如图 1.17 (c) 所示。

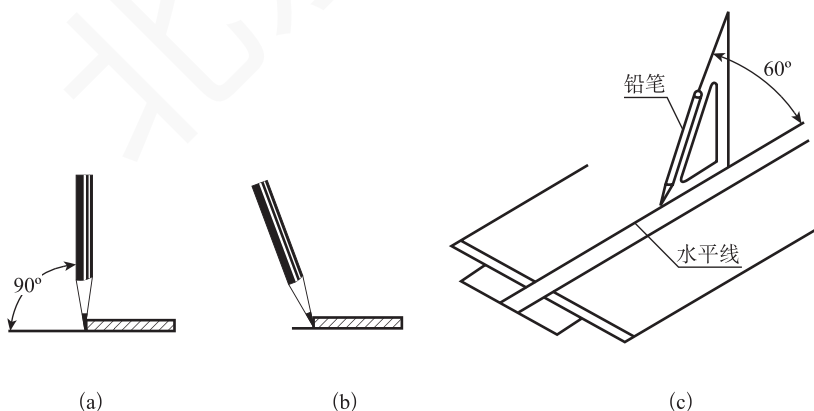


图 1.17 用铅笔画图

二、图板和丁字尺

图板是用来支承图纸的木板。其板面应平坦光洁,木质纹理细密且软硬适中。两端

的硬木工作边应平直,以防止图板变形。图板左侧边是丁字尺的导边。图板有不同大小的规格,可根据需要来选定。

丁字尺由尺头和尺身两部分组成。丁字尺主要用于绘制水平线,也可与三角板配合绘制一些特殊角度的斜线。不能沿尺身下侧画线。作图时应使尺头靠紧图板左边,然后上下移动丁字尺,直至对准画线的位置,再自左至右画水平线。画较长水平线时,用左手按住尺身,以防止尺尾翘起和尺身摆动,如图 1.18 所示。丁字尺不用时,应垂直悬挂,以免尺身弯曲或折断。

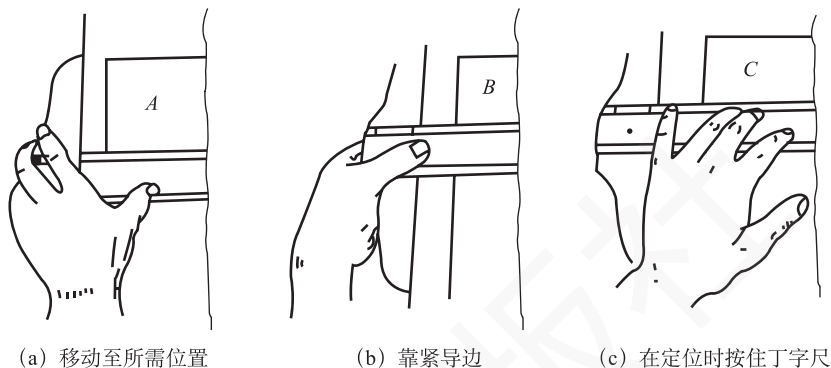


图 1.18 用图板和丁字尺作图

三、三角板

一副三角板包括 45° (45°) 三角板和 30° (60°) 三角板各一块。三角板主要用于配合丁字尺画垂直线和画 30° 、 45° 、 60° 角度线和与水平线成 15° 倍角的斜线,如图 1.19 所示。画垂直线时应自下而上画,用两块三角板配合也可画出任意直线的平行线或垂直线。

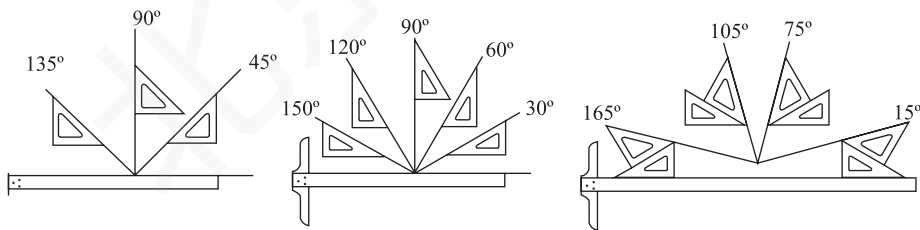


图 1.19 用三角板与丁字尺画特殊角度线

四、圆规和分规

圆规用来画圆和圆弧。圆规的一脚装有带台阶的小钢针,称为针脚,用于确定圆心。圆规的另一脚可装上铅芯,称为笔脚,笔脚可替换为铅笔芯、鸭嘴笔尖(上墨用)、延长杆(画大圆用)和钢针(当分规用)。圆规的类型较多,常用的有大圆规、弹簧规和点圆规等。

画圆时,首先应确定圆心位置,并用细点画线画出正交(垂直相交)中心线,再测量圆弧的半径,然后用右手转动圆规手柄,均匀地沿顺时针方向画圆,画较大尺寸的圆



弧时, 笔脚与针脚均应弯折到与纸面垂直。画小圆时常用点圆规或弹簧规, 也可用模板画小圆。

五、其他常用绘图工具

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

曲线板用来画非圆曲线。首先要确定出曲线上足够数量的点, 再徒手将各点连成曲线, 然后选择曲线板上曲率相吻合的部分分段画出各段曲线。注意应留出各段曲线末端的一小段不画, 用于连接下一段曲线, 这样曲线才显得圆滑。

鸭嘴笔和针管笔都是用来描图的专用工具。

为了提高绘图速度, 可使用各种功能的绘图模板直接描画图形。有适合绘制各种专用图样的模板, 如六角螺栓模板、椭圆模板、字格符号模板等。模板作图既快速又简便, 但作图时应注意对准定位线。

任务三 ··· 几何作图

任务描述

应用圆弧连接的绘图方法, 使用绘图工具, 抄画如图 1.20 和图 1.21 所示的轴承座、连杆平面图形。

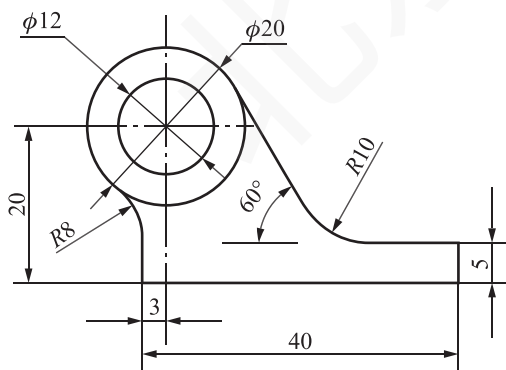


图 1.20 轴承座平面图

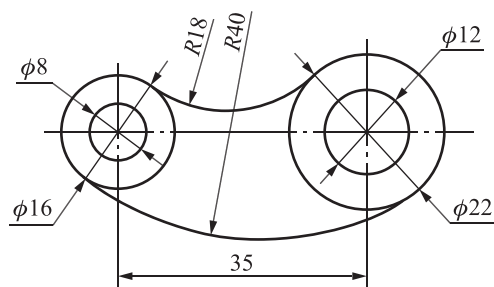


图 1.21 连杆平面图

任务目标

- (1) 能掌握各种圆弧连接的画法。
- (2) 理解并掌握平面图形中各尺寸的作用,并能按国标要求正确标注尺寸。
- (3) 培养学生安全、规范、严谨细致的职业精神和学以致用工程意识和创新精神,为早日实现中华民族伟大复兴的中国梦,以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴而奋斗。

任务实施

1. 设备、工具准备

- (1) 绘图工具:图板、丁字尺、铅笔、三角板、圆规等。
- (2) 绘图纸:A4绘图纸一张。

2. 任务分析

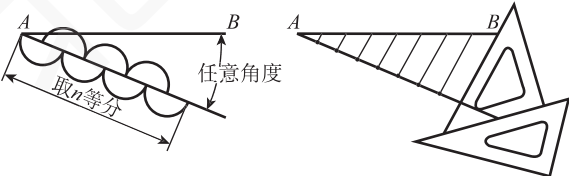
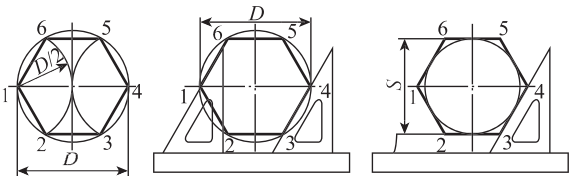
所谓几何作图,就是依照给定的条件,准确地绘出预定的几何图形。若遇到一些复杂的图形,必须学会分析图形并掌握基本的几何作图方法,才能准确无误地绘制出来。

知识链接

一、基本作图方法

表 1.9 列出的是常用的基本作图方法。

表 1.9 常用的基本作图方法

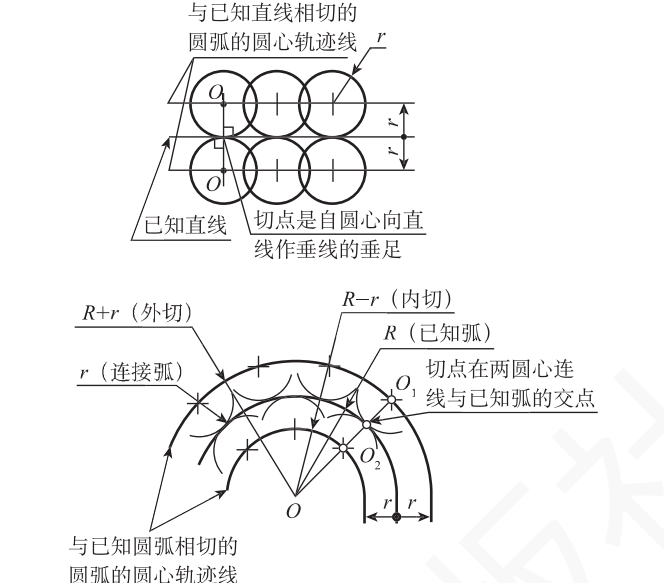
作图要求	图例	说明
等分直线段		过已知线段的一端点,画任意角度的直线并用分规自线段的起点量取 n 等分。将等分的最末点与已知线段的另一端点相连,再过各等分点作该线的平行线与已知直线相交即得到等分点
六等分圆周和作正六边形		按作图方法,分为用三角板作图和圆规作图两种。 按已知条件,分为已知对角距作圆内接正六边形和已知对边距作圆外切正六边形两种



续表

作图要求	图例	说明
过点作已知斜度的斜度线	斜度 = $\tan \alpha = \frac{H}{L} = 1:n$ 斜度符号 ②作斜度线的平行线 ①作1:6斜度线	斜度是指一直线(或平面)相对另一直线(或平面)的倾斜程度,斜度大小用这两条直线(或平面)夹角的正切来表示,并把比值化为$1:n$。图形中在比值前加注斜度符号“$\angle$”符号斜边的方向应与斜度的方向一致
过点作已知锥度的锥度线	锥度 = $\frac{D}{L} = \frac{D-d}{l} = 2\tan \alpha = 1:n$ 锥度符号 ②作锥度线的平行线 ①作1:5锥度线	锥度是指正圆锥底圆直径与圆锥高度之比,即锥度 = $D/L = (D-d)/l$,并把比值化成$1:n$的形式,在图形中用锥度符号“$\triangleright$”作比值前缀,符号方向应与锥度方向一致
作与已知圆相切的直线	位置1 切点 切线 位置2 (a) (b) (c) (d)	与圆相切的直线,垂直于该圆心与切点连线。根据这个性质,利用三角板的两直角边,便可作圆的切线,如图(a)所示。 也可用几何作图的方法,求作圆的切线,如图(b)所示是过圆外一点作圆的内公切线;图(c)是作两圆的内公切线;图(d)是作两圆的外公切线

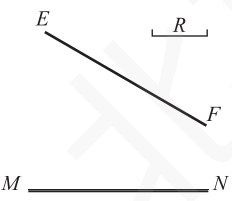
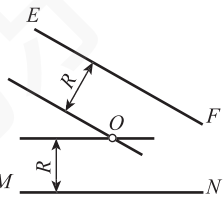
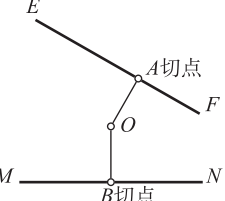
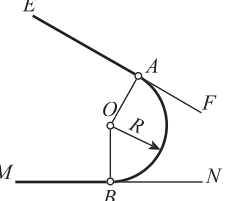
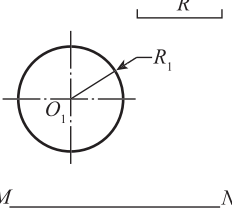
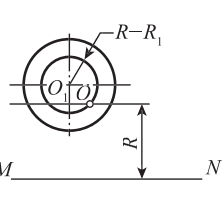
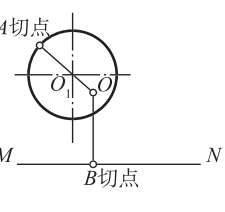
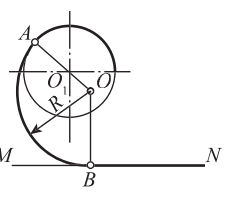
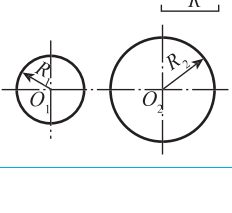
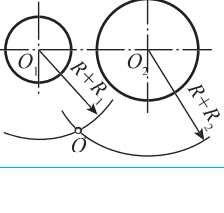
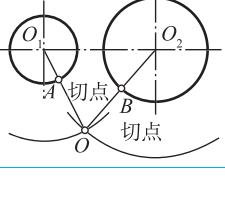
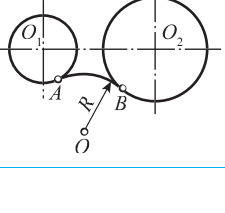
续表

作图要求	图例	说明
用圆弧与已知线段相切连接	 与已知直线相切的圆弧的圆心轨迹线 已知直线 切点是自圆心向直线作垂线的垂足 $R+r$ (外切) r (连接弧) $R-r$ (内切) R (已知弧) 切点在两圆心连线与已知弧的交点 与已知圆弧相切的圆弧的圆心轨迹线	用一段圆弧 (半径为 r) 光滑地连接 (即相切于) 相邻已知线段的作图方法称作圆弧连接。 作图关键是确定连接弧的圆心位置及与已知线段的切点

二、圆弧连接作图举例

根据基本作图的方法，可以进行圆弧连接作图，表 1.10 是圆弧连接作图举例。

表 1.10 圆弧连接作图举例

作图要求	已知条件	作图方法和步骤		
		1. 求连接弧圆心 O	2. 求连接点 (切点) $A、B$	3. 画连接弧并描粗
圆弧连接两已知直线				
圆弧连接已知直线和圆弧				
圆弧外切连接两已知圆弧				



续表

作图要求	已知条件	作图方法和步骤		
		1. 求连接弧圆心 O	2. 求连接点 (切点) A 、 B	3. 画连接弧并描粗
圆弧内切连接两已知圆弧				
圆弧分别内外切连接两已知圆弧				

任务四 ··· 平面图形的尺寸分析及画法

任务描述

分析图 1.22 连接板平面图中各线段的性质, 应用圆弧连接的绘图方法, 使用相关绘图工具, 回答相关问题, 并抄画该平面图形。

(1) 分析图 1.22 连接板平面图中的尺寸和图线并填空:

定形尺寸有: _____;

定位尺寸有: _____。

(各写出 4 个)

在图中用指引线标出已知线段、中间线段、连接线段各两条。

(2) 抄画如图 1.22 所示连接板平面图。

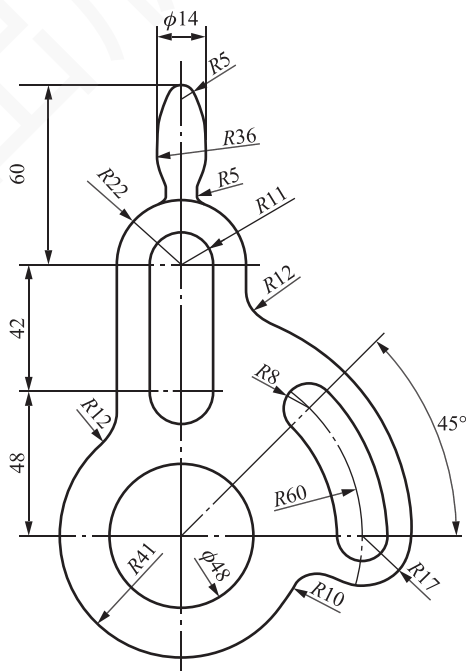


图 1.22 连接板平面图

任务目标

(1) 能理解并掌握平面图形中的尺寸分析方法和线段分析方法, 从而确定出正确的作图步骤。

(2) 能培养学生严肃认真的工作态度和耐心细致的工作作风, 为全面建成社会主义

现代化强国、实现第二个百年奋斗目标，以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴而团结奋斗。

任务实施

1. 设备、工具准备

- (1) 绘图工具：图板、丁字尺、铅笔、三角板、圆规等。
- (2) 绘图纸：A4 绘图纸一张。

2. 任务分析

平面图形是由直线和曲线按照一定的几何关系绘制而成的，这些线段又需要根据给定的尺寸关系画出，所以就必须对图形中标注的尺寸进行分析。

知识链接

一、平面图形的尺寸分析

平面图形上的尺寸，按作用可分为定形尺寸和定位尺寸两类。

1. 定形尺寸

定形尺寸是指确定平面图形上几何元素形状大小的尺寸，如图 1.23 中的 $\phi 15$ 、 $\phi 30$ 、 $R18$ 、 $R30$ 、 $R50$ 、80 和 10。一般情况下，确定几何图形所需定形尺寸的个数是一定的，如直线的定形尺寸是长度、圆的定形尺寸是直径、圆弧的定形尺寸是半径、正多边形的定形尺寸是边长、矩形的定形尺寸是长和宽两个尺寸等。

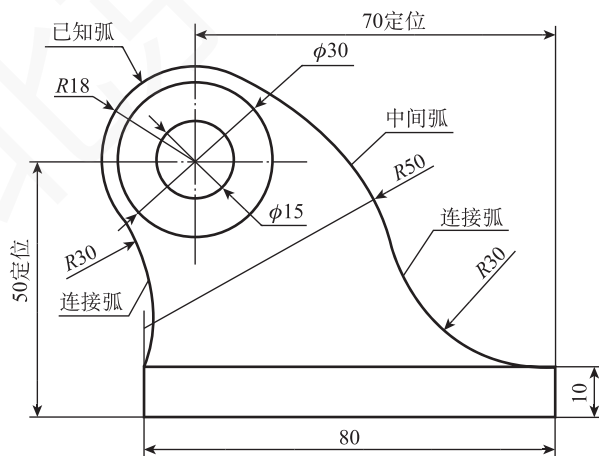


图 1.23 平面图形的尺寸分析与线段分析

2. 定位尺寸

定位尺寸是指确定各几何元素相对位置的尺寸，如图 1.23 中的 70、50、80。确定平面图形位置需要两个方向的定位尺寸，即水平方向和垂直方向，也可以以极坐标的形



式定位,即半径加角度。

注意:有时一个尺寸可以兼有定形和定位两种作用,如图 1.23 中的 80,既是矩形的长,也是 $R50$ 圆弧的横向定位尺寸。

3. 尺寸基准

标注尺寸的起点称作尺寸基准,平面图形中尺寸基准是点或线,常用的点基准有圆心、球心、多边形中心点、角点等,线基准往往是图形的对称中心线或图形中的边线。

二、线段分析

平面图形是由若干条线段构成,准确作图时必须依据图样中所标注的尺寸。每一个线段都应在明确其定形、定位尺寸后才能着手作图。但是在一幅图形中并不是每一条线段都注有齐全的定形及定位尺寸,有些线段的定形或定位尺寸是通过与相邻线段之间的几何约束来确定的。常见的几何约束有平齐、平行、垂直、相切等。如果一个线段具有某些几何约束,那么在图中就应相应地去掉一些定位或定形尺寸,而这样的线段可通过几何作图的方法准确地绘制出。由于几何约束是相对的,因此在绘制靠几何关系定位或定形的线段时,一定要先画出几何约束的基准线段。

绘制平面图形时的关键问题是如何确定作图的顺序。确定作图顺序的关键是对平面图形进行线段分析,分析图形的构成、各线段的几何关系以及每条线段的定形、定位尺寸是否齐全。根据线段所具有的定形、定位尺寸情况,可以将线段分为以下三类。

1. 已知线段

定形、定位尺寸齐全的线段,称为已知线段。作图时该类线段可以直接根据尺寸作图,如图 1.23 中的 $\phi 15$ 和 $\phi 30$ 的圆、 $R18$ 的圆弧、80 和 10 的直线均属已知线段。

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。作图时必须根据该线段与相邻已知线段的几何关系,通过几何作图的方法确定另一定位尺寸后才能作出,如图 1.23 中 $R50$ 的圆弧。

3. 连接线段

只有定形尺寸没有定位尺寸的线段,称为连接线段。其定位尺寸需根据与该线段相邻的两线段的几何关系,通过几何作图的方法求出,如图 1.23 中的两个 $R30$ 的圆弧。

注意:在两条已知线段之间,可以有多条中间线段,但必须而且只能有一条连接线段。否则,尺寸将出现缺少或多余的情况。

三、平面图形的绘图步骤

根据上述的分析,平面图形的作图步骤归纳如下。

- (1) 画基准线、定位线,如图 1.24 (a) 所示。
- (2) 画已知线段,如图 1.24 (b) 所示。
- (3) 画中间线段,如图 1.24 (c) 所示。
- (4) 画连接线段,如图 1.24 (d) 所示。

(5) 整理全图，仔细检查无误后加深图线，标注尺寸，如图 1.23 所示。

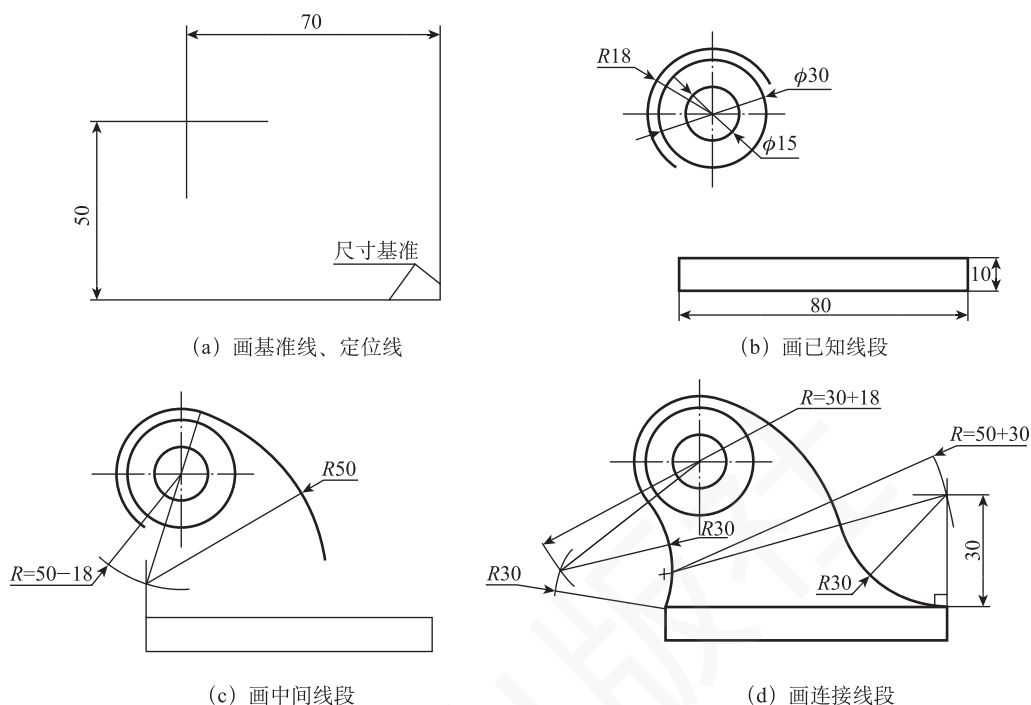
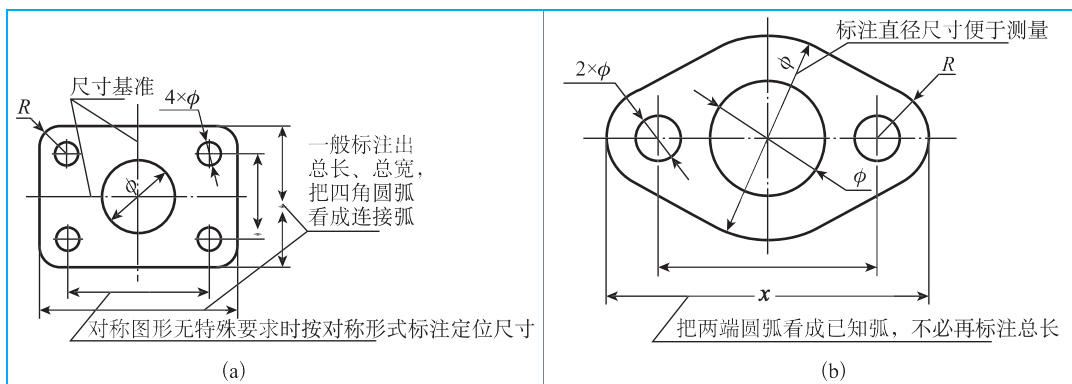


图 1.24 平面图形的作图步骤

四、平面图形的尺寸注法

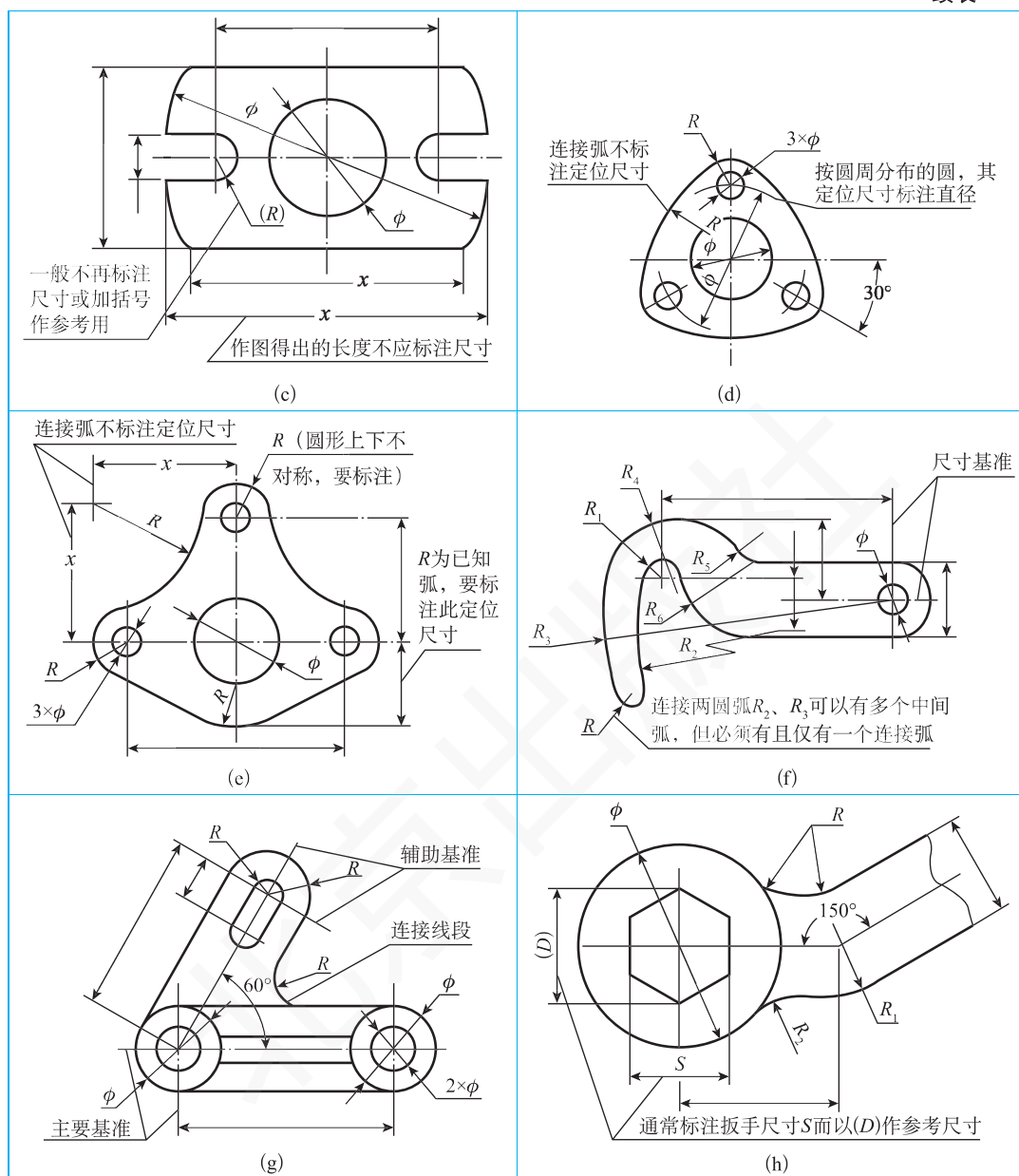
平面图形尺寸标注的基本要求是正确、齐全、清晰。在标注尺寸时应分析图形各部分的构成，确定尺寸基准，先标注定形尺寸，再标注定位尺寸。通过几何作图可以确定的线段，不要标注尺寸。尺寸标注应符合国家标准有关规定，尺寸在图纸上的布局要清晰。尺寸标注完成后应进行检查，看是否有遗漏或重复。可以按画图过程进行检查，画图时没有用到的尺寸是重复尺寸，应去掉，如果按所标注尺寸无法完成作图，说明尺寸不足，应补上所需尺寸。表 1.11 为几种平面图形的尺寸标注示例。

表 1.11 平面图形的尺寸标注示例





续表



任务拓展

绘图的基本方法与步骤

一、仪器绘图

1. 画图前的准备

画图前应准备好图板、丁字尺、三角板等绘图工具和仪器，按各种线型的要求削好

铅笔和圆规上的铅芯，并备好图纸。

2. 确定图幅、固定图纸

根据图形的大小和比例，选取图纸幅面。

画图时必须将图纸用胶带纸固定在图板上。图纸固定在距图板左边约 40~60 mm 位置；图纸的下边应至少留有丁字尺尺身 1.5 倍宽度的距离；图纸的上边应与丁字尺的尺身工作边平齐。

3. 画图框和标题栏

按国家标准要求画出图框线和标题栏。

4. 布置图形的位置

图形在图纸上布置的位置要力求匀称，不宜偏置或过于集中某一角。根据每个图形的长宽尺寸，同时要考虑标注尺寸和有关文字说明等所占用的位置来确定各图形的位置，画出各图形的基准线。

5. 画底稿

用 H 或 2H 铅笔尽量轻、细、准地绘好底稿。底稿线应分出不同线型，但不必分粗细，一律用细线画出。作图时应先画主要轮廓，再画细节。

6. 标注尺寸

应将尺寸界线、尺寸线、箭头一次性画出，再填写尺寸数字。

7. 检查描深

描深之前应仔细检查全图，修正图中的错误，擦去多余的图线。描深时按线型选择铅笔。先用铅芯较硬的铅笔描深细线，再用铅芯较软的铅笔描深粗实线；先描圆及圆弧，再描直线。描深直线应按先横后竖再斜的顺序，从上至下，从左至右进行。

8. 全面检查，填写标题栏

描深后再一次全面检查全图，确认无误后，填写标题栏，完成全图。

二、徒手画图

徒手画的图又称草图。它是以目测估计图形与实物的比例，不借助绘图工具（或部分使用绘图仪器）徒手绘制的图样。草图常用来表达设计意图。通常设计人员将设计构思先用草图表示，然后再用仪器画出正式的工程图。另外，在机器测绘及零件修配中，也常用徒手作图。

1. 画草图的要求

草图是表达和交流设计思想的一种手段，如果作图不准，将影响草图的效果。草图是徒手绘制的图，而不是潦草的图，因此作图时要做到：线型分明，自成比例，不求图形的几何精度。

2. 草图的绘制方法

绘制草图时应使用软一些的铅笔（如 HB、B 或 2B），铅笔削长一些，铅芯成圆形，



粗细各一支,分别用于绘制粗、细线。

画草图时,可以用有方格的专用草图纸,或者在白纸下面垫一张有格子的纸,以便控制图线的平直和图形的大小。

(1) 直线的画法。

画直线时,可先标注出直线的两 endpoint,在两点之间先画一些短线,再连成一条直线。运笔时手腕要灵活,目光应注视线的 endpoint,不可只盯着笔尖。

画水平线应自左向右画出;垂直线自上而下画出;斜线斜度较大时可自左向右下或自右向左下画出,斜度较小时可自左向右上画出。如图 1.25 所示。

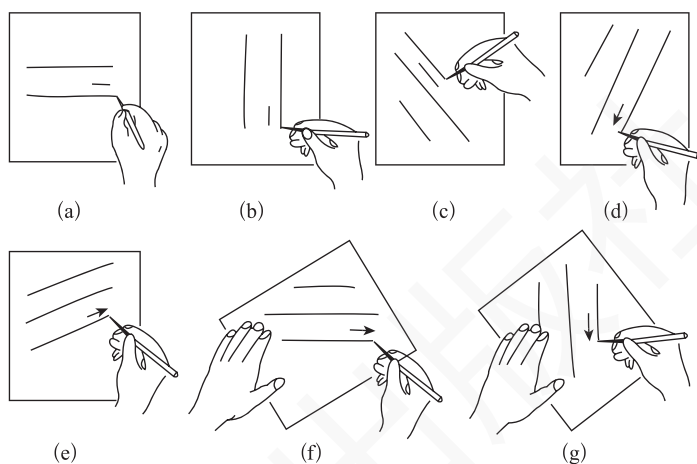


图 1.25 徒手画直线

(2) 圆的画法。

画圆时,应先画中心线。较小的圆在中心线上定出半径的四个 endpoint,过这四个 endpoint 画圆;稍大的圆可以过圆心再作两条斜线,再在各线上定半径长度,然后过这八个点画圆;圆的直径较大时,可以用手做圆规,以小指支撑为圆心,使铅笔与小指的距离等于圆的半径,笔尖接触纸面不动,转动图纸,即可得到所需的大圆,如图 1.26 所示。也可在一纸条上作出半径长度的记号,使其一端置于圆心,另一端置于铅笔,旋转纸条,便可以画出所需圆。

3. 绘制平面图形

徒手绘制平面图形时,也同使用尺规作图时一样,要进行图形的尺寸分析和线段分析,先画已知线段,再画中间线段,最后画连接线段。在方格纸上画平面图形时主要轮廓线和定位中心线应尽可能利用方格纸上的线条,图形各部分之间的比例可按方格纸上的格数来确定。图 1.27 为徒手在方格纸上绘制平面图形的示例。

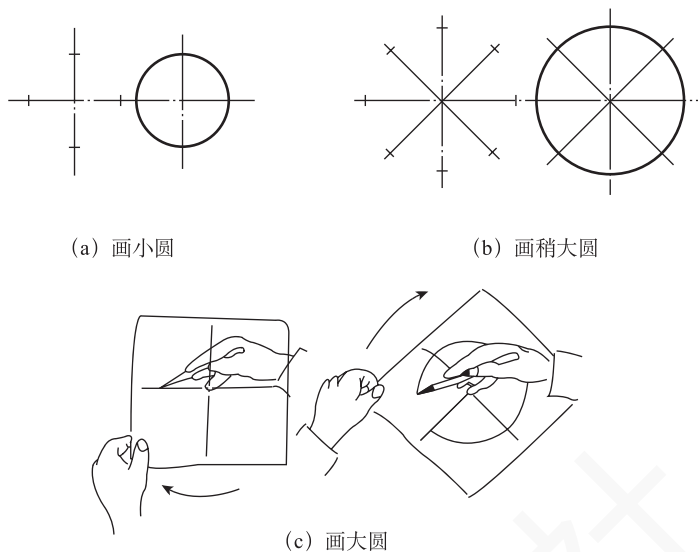


图 1.26 徒手画图

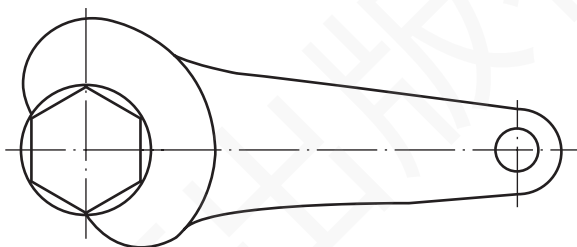


图 1.27 徒手绘制平面图形

模块小结

一、国家标准《技术制图》和《机械制图》的一般规定

(1) 纸幅面按尺寸大小可分为五种，图纸幅面代号分别为 A0、A1、A2、A3、A4。图框右下角必须要有一标题栏，标题栏中的文字方向与看图方向一致。

(2) 图线的种类有粗实线、细实线、波浪线、双折线、虚线、细点画线、粗点画线、双点画线等八类。

(3) 图样中，机件的可见轮廓线用粗实线画出，不可见轮廓线用虚线画出，尺寸线和尺寸界线用细实线画出来，对称中心线和轴线用细点画线画出。虚线、细实线和细点画线的图线宽度约为粗实线的 1/3。

(4) 比例是指图中图形尺寸与实物尺寸之比，在画图时应尽量采用原值比例的比例，但无论采用哪种比例，图样上标注的应是机件的实际尺寸。

(5) 图样中书写的汉字、数字和字母，必须做到字体工整，笔画清楚，间隔均匀，排列整齐，汉字应用长仿宋体书写。



(6) 标注尺寸的三要素是尺寸界限、尺寸线、尺寸数字, 图样上的尺寸是零件的实际尺寸, 尺寸以毫米为单位时, 无须标注代号或名称。

二、绘图工具和仪器的使用

- (1) 正确使用不同软硬的铅笔绘制不同粗细的线型。
- (2) 图板与丁字尺配合使用绘制各种位置的水平线。
- (3) 三角板与丁字尺、图板配合使用, 绘制垂直线、倾斜线和常用的特殊角度。
- (4) 圆规绘制圆和圆弧, 分规用来截取尺寸、等分线段和圆周。

三、几何作图的基本方法

- (1) 掌握用三角板、圆规等绘图工具等分直线段与圆弧的方法。
- (2) 能过定点绘制已知斜度的斜度线和已知锥度的锥度线。
- (3) 掌握圆弧与直线连接, 圆弧与圆弧连接的作图方法。

四、平面图形的尺寸分析及画法

(1) 平面图形中的线段可分为已知线段、中间线段、连接线段三种。它们的作图顺序是先画出已知线段, 然后画中间线段, 最后画连接线段。

(2) 已知定形尺寸和定位尺寸的线段称已知线段; 有定形尺寸, 但定位尺寸不全的线段称中间线段; 只有定形尺寸没有定位尺寸的线段称连接线段。