

责任编辑：曾繁荣
封面设计：唐瀚设计

智能制造基础技术系列教材

机械设计基础

机械制造基础

AutoCAD 应用教程

模具数字化设计与制造

钳工技能实训

冷冲压工艺与模具设计

电子产品生产工艺

3D打印技术

数控设备维护与装调

数控机床故障诊断与维修

数控加工工艺

数控加工编程与操作

现代工程制图简明教程

可编程控制技术

人工智能控制技术

人工智能基础及应用

变频器原理与应用技术

变频与伺服控制技术

传感器与自动检测系统设计

金属材料焊接工艺制定与评定

液压与气压传动技术

制造执行系统（MES）

中航出版传媒有限责任公司
CHINA AVIATION PUBLISHING & MEDIA CO., LTD.
www.aviationnow.com.cn



定价：56.00元

智能制造基础技术系列教材

现代工程制图简明教程

主编◎徐德凯 王丽洁

航空工业出版社

智能制造基础技术系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

现代工程制图简明教程 (含习题集)

主审◎刘 青
主编◎徐德凯 王丽洁

XIANDAI GONGCHENG ZHITU JIANMING JIAOCHENG

航空工业出版社

智能制造基础技术系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

现代工程制图简明教程

(含习题集)

主审◎刘 青

主编◎徐德凯 王丽洁

XIANDAI GONGCHENG ZHITU JIANMING JIAOCHENG

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书是根据《高等学校工科基础课程教学基本要求》和近年来国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会发布的最新制图国家标准，结合编者多年教改研究、实践教学经验编著而成。本书共 7 个单元，包括制图基本知识、正投影法基础、立体及立体表面交线、组合体、机件的常用表达方法、机械图与电气制图基础和计算机绘图等内容。本书注重理论知识和实践教学相结合，重点在于培养学生工程图样的阅读能力和计算机绘图能力。

本书既可以作为高等院校的自动化、电工电子、信息与通信和工业工程等非机械类专业的工程制图教材，也可以作为成人高等教育、函授大学等相关专业的教材，还可以供相关领域的工程技术人员参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

现代工程制图简明教程 / 徐德凯，王丽洁主编.

北京：航空工业出版社，2024. 10. -- ISBN 978-7-5165-3891-3

I. TB23

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 20240QB131 号

现代工程制图简明教程 Xiandai Gongcheng Zhitu Jianming Jiaocheng

航空工业出版社出版发行

（北京市朝阳区北苑路 58 号楼 20 层 100012）

发行部电话：010-85672666 010-85672683 读者服务热线：010-85672635

中煤（北京）印务有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2024 年 10 月第 1 版

2024 年 10 月第 1 次印刷

开本：787×1092 1/16

字数：382 千字

印张：16

定价：56.00 元

编写委员会

主 审 | 刘 青

主 编 | 徐德凯 王丽洁

副主编 | 史卫朝 郑 勐 董淑梅

参 编 | 肖 颖 周国玲 徐 瑾

张燕飞

前言

本书根据《高等学校工科基础课程教学基本要求》，融合现代工程制图技术的发展，结合编者多年教改研究、实践教学经验及广大使用者的意见编写而成，适用于高等院校的自动化、电工电子、信息与通信和工业工程等非机械类专业的“工程图学”课程的教学。

编者总结近年来的教学经验，广泛吸收兄弟院校教材的优点，继承传统内容的精华，力求做到书中概念清楚、语言简练、插图恰当。本书以培养学生独立解决问题及创新设计的能力为目标，力求贯彻“少而精”“理论与实践相结合”的指导思想，优化课程内容和结构，使本书更加科学化和系统化。

本书具有以下特点。

(1) 精简了在非机械类专业应用很少的机械类专业制图，如标准件和常用件，零件图和装配图的部分内容，增加了计算机绘图的内容，本书在内容上保持了先进性和简明性。

(2) 选择典型、难易适中的图形，这些图形能很好地表达相关内容，并联系生产实际，提高教材的应用性和针对性。

(3) 针对计算机绘图的普及和教学实际，我们把计算机绘图的内容精心组织后，以任务驱动的模式出现，并做到了每个教学单元教与学工作量饱满、内容完整，可操作性强。

(4) 工业软件国产化是“中国制造 2025”的必经之路，是科技强国的核心实力。本书中计算机绘图部分重点介绍国产自主知识产权的软件 CAXA CAD 电子图板和 CAXA 3D 实体设计软件。

(5) 本书落实立德树人根本任务，贯彻《高等学校课程思政建设指导纲要》和党的二十大精神，将专业知识与思政教育有机结合，推动价值引领、知识传授和能力培养紧密结合。

此外，本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库，有需要者可致电教学助手 13810412048 或发邮件至 2393867076@qq.com。

本书由徐德凯、王丽洁担任主编，史卫朝、郑勔、董淑梅担任副主编。本书编写人员均为西安理工大学教师，其中第1单元由郑勔编写，第2单元由肖颖编写，第3单元由周国玲编写，第4单元由徐瑾、董淑梅编写，第5单元由徐德凯、张燕飞编写，第6单元由徐德凯编写，第7单元由王丽洁、史卫朝、张燕飞编写，附录由董淑梅编写，全书由徐德凯负责统稿，由西安理工大学刘青主审。

在此，我们衷心感谢西安理工大学孟令楠副教授对教材编写的大力支持。

由于编者水平有限，书中存在的不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2024年7月

目 录

第 1 单元 制图基本知识 / 001

单元概述	001
学习目标	001
任务 1.1 技术制图国家标准简介	002
1.1.1 图纸幅面及图框格式 (GB/T 14689—2008)	002
1.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)	005
1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)	006
1.1.4 图线 (GB/T 4457.4—2002)	006
1.1.5 尺寸标注 (GB/T 4458.4—2003)	008
任务 1.2 手工绘图工具及应用	012
1.2.1 铅笔	012
1.2.2 图板、丁字尺和三角板	012
1.2.3 圆规和分规	013
1.2.4 其他绘图工具	014
任务 1.3 平面图形的画法	014
1.3.1 平面图形的尺寸分析	015
1.3.2 平面图形的线段分析	015
1.3.3 平面图形的作图步骤	016
1.3.4 平面图形的尺寸注法	016
任务 1.4 徒手绘制草图的方法	018
1.4.1 直线的画法	018
1.4.2 圆和圆角的画法	018
1.4.3 椭圆的画法	019
1.4.4 目测的方法	020
单元小结	020
拓展阅读	020

第2单元 正投影法基础 / 022

单元概述	022
学习目标	022
任务 2.1 点的投影	023
2.1.1 点的三面投影及其规律	023
2.1.2 点的两面投影	025
2.1.3 点的相对位置与重影点	026
任务 2.2 直线的投影	027
2.2.1 直线的表示方法与位置	027
2.2.2 各种位置直线的投影及其特性	027
2.2.3 直线的两面投影	030
2.2.4 直线上的点及其投影特性	031
2.2.5 两直线的相对位置及其投影特性	032
任务 2.3 平面的投影	036
2.3.1 平面的表示方法与平面的位置	036
2.3.2 各种位置平面的投影及特性	037
2.3.3 平面内的点和直线	040
2.3.4 平面内的特殊直线	042
任务 2.4 直线与平面、平面与平面的相对位置	045
2.4.1 平行	045
2.4.2 相交	046
2.4.3 垂直	047
单元小结	047
拓展阅读	047

第3单元 立体及立体表面交线 / 048

单元概述	048
学习目标	048
任务 3.1 立体的三视图及投影规律	049
3.1.1 三视图的形成	049
3.1.2 三视图的投影规律	050
3.1.3 根据立体的两个视图画第三视图	051
任务 3.2 基本体及其表面点、线的投影	052
3.2.1 平面立体及其表面点、线的投影	052
3.2.2 曲面立体及其上点、直线的投影	056

任务 3.3 立体的切割及截交线画法	060
3.3.1 平面体的截切	061
3.3.2 回转体的截切	064
任务 3.4 立体图形的相贯	069
3.4.1 两回转体相贯	069
3.4.2 两回转体相贯的特殊情况	073
3.4.3 组合相贯线	074
单元小结	074
拓展阅读	074

第 4 单元 组合体 / 075

单元概述	075
学习目标	075
任务 4.1 组合体的构形及形体分析法	076
4.1.1 组合体的构形	076
4.1.2 形体之间的表面过渡关系	078
4.1.3 形体分析法和线面分析法	080
任务 4.2 组合体三视图画法	081
4.2.1 以叠加为主的组合体三视图画法	081
4.2.2 挖切型组合体三视图画法	085
任务 4.3 组合体的读图	087
4.3.1 读图的基本方法和要点	087
4.3.2 形体分析法读图	089
4.3.3 线面分析法读图	090
任务 4.4 组合体的尺寸标注	092
4.4.1 基本形体的尺寸标注	092
4.4.2 尺寸标注应完整	094
4.4.3 尺寸标注应清晰	095
4.4.4 组合体尺寸的标注方法和步骤	095
单元小结	097
拓展阅读	097

第 5 单元 机件的常用表达方法 / 099

单元概述	099
学习目标	099

任务 5.1 视图	100
5.1.1 基本视图	100
5.1.2 向视图	101
5.1.3 局部视图	102
5.1.4 斜视图	102
任务 5.2 剖视	103
5.2.1 剖视图的基本知识	103
5.2.2 剖视图的种类	106
5.2.3 剖切方法	110
任务 5.3 断面	113
5.3.1 断面的基本概念	113
5.3.2 断面的分类	113
任务 5.4 其他表达方法	116
5.4.1 局部放大图	116
5.4.2 简化画法	117
任务 5.5 第三角画法简介	119
单元小结	121
拓展阅读	121

第 6 单元 机械图与电气制图基础 / 123

单元概述	123
学习目标	123
任务 6.1 机械图简介	124
6.1.1 机械图概述	124
6.1.2 装配图	124
6.1.3 零件图	127
6.1.4 螺纹紧固件	136
6.1.5 齿轮	139
任务 6.2 电气设备图简介	141
6.2.1 电气设备图概述	141
6.2.2 电气设备装配图及其表达特点	142
6.2.3 电气设备零件图	144
任务 6.3 电路图	148
6.3.1 电路图概述	148
6.3.2 电路图的绘制	148

任务 6.4 电气控制系统图	149
6.4.1 电气控制系统图概述	149
6.4.2 电气控制系统图的绘制	150
单元小结	153
拓展阅读	154

第 7 单元 计算机绘图 / 155

单元概述	155
学习目标	155
任务 7.1 软件概述	156
7.1.1 CAXA 工业软件产品介绍	156
7.1.2 CAXA CAD 电子图板 2023 简介	158
7.1.3 CAXA 3D 实体设计 2023 简介	162
任务 7.2 二维图形绘制	163
7.2.1 基本操作	163
7.2.2 特性与设置	167
7.2.3 图形绘制	175
7.2.4 图形编辑	183
7.2.5 标注	188
7.2.6 绘制工程图实例	196
任务 7.3 CAXA 3D 实体设计	202
7.3.1 基本操作	202
7.3.2 二维草图	210
7.3.3 曲线曲面造型	213
7.3.4 应用实例：五角星造型	227
7.3.5 实体特征构建	229
7.3.6 应用实例：斜凸台零件造型	240
单元小结	243
拓展阅读	243

参考文献 / 244

第 1 单元

制图基本知识

单元概述

工程图样是设计与制造中工程与产品信息的载体，是表达和传递设计信息的主要媒介，广泛应用于机械、建筑、土木、水利工程等领域的技术与管理工作中。图形具有形象性、直观性和简洁性的特点，是人们认识规律、表达信息、探索未知的重要工具。工程图学课程以图形表达为核心，以形象思维为主线，通过工程图样与形体建模，培养学生工程设计与表达的基本能力和素质，是认识工程、走进工程的知识纽带与桥梁。

工程图学是一门研究工程图样表达与技术交流的工科基础课程，其理论体系严谨，与工程实践联系密切，可以培养学生工程图样绘制、阅读及形象思维能力，提高工程素质，增强创新意识，是普通高等学校工科专业重要的工程基础课程。

本单元除对图纸、比例、字体、图线及尺寸标注等相关国家标准进行摘要性介绍外，还介绍了绘图工具的使用、平面图形的画法和徒手绘制草图的方法。

学习目标

知识目标

1. 了解技术制图的国家标准。
2. 熟悉绘图工具的使用方法。
3. 熟悉徒手绘制草图的方法。
4. 掌握平面图形的作图步骤。

能力目标

1. 能够熟练使用绘图工具。
2. 能够徒手绘制草图。
3. 能够绘制平面图形。

素质目标

1. 端正学习态度，培养工程专业素养。
2. 通过技术制图的国家标准、图样的表示方法等内容学习，培养贯彻、执行国家标准的意识。

任务 1.1 技术制图国家标准简介

为了适应现代化生产、管理和技术交流的需要，国家制定并颁布了一系列国家标准，简称“国标”。它包括强制性国家标准（代号为 GB）、推荐性国家标准（代号为 GB/T）和指导性国家标准（代号为 GB/Z），例如 GB/T 14689—2008 中 T 为推荐性标准，14689 是标准的序号，2008 为标准颁布的年号。

1.1.1 图纸幅面及图框格式（GB/T 14689—2008）

1. 图纸幅面

绘制图样时，应优先采用表 1-1 所规定的基本幅面。幅面尺寸中， B 表示短边， L 表示长边，各种幅面的长边是短边的 $\sqrt{2}$ 倍。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呈整数倍增加后得出。

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 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
a	25				
c	10			5	
e	20		10		

2. 图框格式

每张图样均需有用粗实线绘制的图框。需要装订的图样应留装订边，其图框格式如图 1-1 所示。不需要装订的图样其图框格式如图 1-2 所示。同一产品的图样只能采用同一种格式，且图样必须画在图框之内。

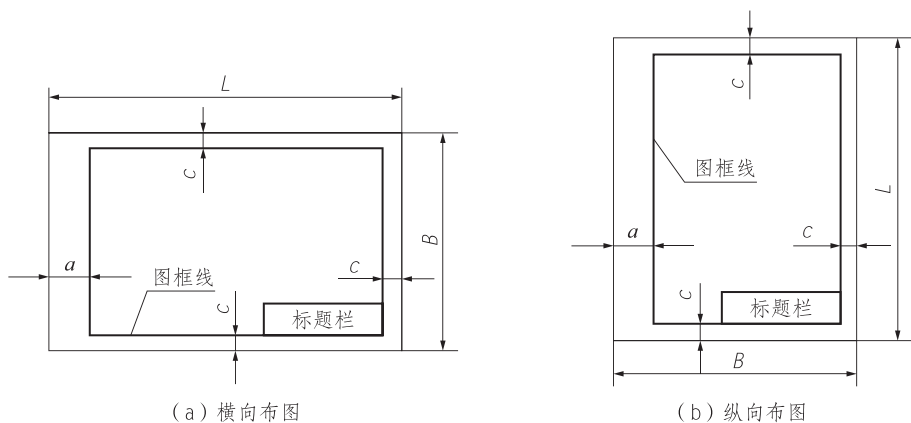


图 1-1 留装订边的图框格式

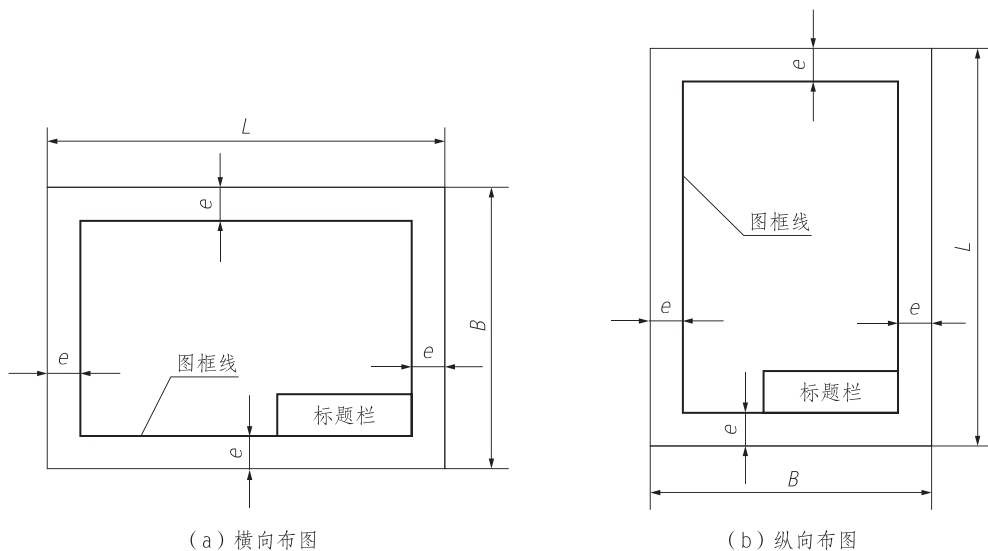


图 1-2 不留装订边的图框格式

3. 标题栏

每张技术图样中均应画出标题栏。标题栏的格式和尺寸采用 GB/T 10609.1—2008 的规定，如图 1-3 所示。为了提高手工绘图的效率，本教材推荐使用简化标题栏，如图 1-4 所示。

标题栏一般应位于图纸的右下角，如图 1-1 和图 1-2 所示。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，如图 1-1 (a) 和图 1-2 (a) 所示。当标题栏的长边与图纸的长边垂直时，则构成 Y 型图纸，如图 1-1 (b) 和图 1-2 (b) 所示。在此情况下，看图的方向与看标题栏的方向一致，即标题栏中的文字方向为看图方向。

此外，标题栏的线型、字体（签字除外）和年、月、日的填写格式均应符合国家标准的相应规定。



Figure 1-1 is a technical drawing of a mechanical part in its front view. The part has a complex, irregular shape with several circular features. Key dimensions include: overall width 134, overall height 57, a top horizontal segment of 66, and a bottom horizontal segment of 37. Circular features include a central hole with diameter $\phi 36$, a hole at the top left with diameter $\phi 18$, a hole at the top right with diameter $\phi 8$, and a large hole at the bottom right with diameter $\phi 44$. Radii are specified for various curved sections: $R9$, $R25$, $R30$, $R33$, $R48$, $R60$, $R77$, $R79$, and $R99$. A 30° angle is shown at the top left. A viewing direction symbol (a triangle with an arrow) is located at the bottom center, pointing upwards. A centering symbol (a triangle with a cross) is located at the bottom left. A title block is located on the right side of the drawing.

图 1-6 看图方向符号

1.1.2 比例（GB/T 14690—1993）

绘制图样时所采用的比例，是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。简单地说，图样上所画图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称作比例。比值为 1 的比例，即 1：1，称为原值比例；比值大于 1 的比例，如 2：1 等，称为放大比例；比值小于 1 的比例，如 1：2 等，称为缩小比例。

绘制图样时，应尽可能按机件的实际大小画出，以方便看图。如果机件太大或太小，则可在表 1-2 中所规定的第一系列中选取适当的比例，必要时也允许选取表 1-3 所示的第二系列的比例。

表 1-2 第一系列比例

原值比例	1：1
放大比例	2：1 5：1 2×10 ⁿ ：1 5×10 ⁿ ：1
缩小比例	1：2 1：5 1：10 1：2×10 ⁿ 1：5×10 ⁿ

表 1-3 第二系列比例

放大比例	2.5：1 4：1 2.5×10 ⁿ ：1 4×10 ⁿ ：1
缩小比例	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

绘制同一机件的各个视图时，应尽量采用相同的比例；当某个视图需要采用不同比例时，必须另行标注，如图 1-7 所示。

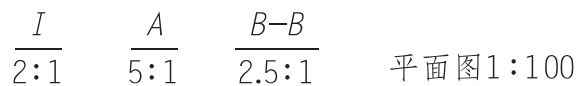


图 1-7 比例的标注

比例一般应标注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。

注意：图形不论是被放大还是缩小，在标注尺寸时均应标注其实际尺寸，如图 1-8 所示。

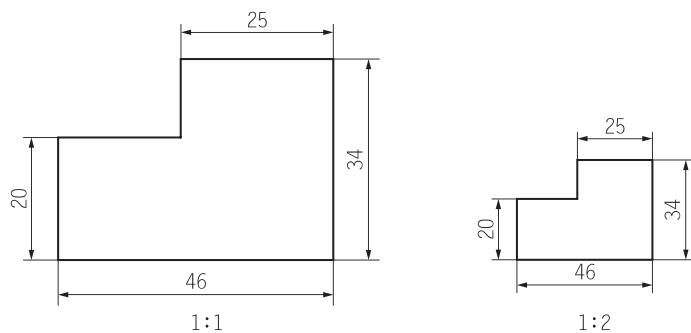


图 1-8 用不同比例绘制的图形

1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)

国家标准《技术制图 字体》(GB/T 14691—1993)中,规定了汉字、字母和数字的结构形式。

书写字体的基本要求如下。

(1) 图样中书写的汉字、数字、字母必须做到:字体工整、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。

(2) 字体的大小以号数表示,字体的号数就是字体的高度(单位为 mm),字体高度(用 h 表示)的公称尺寸系列为 1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20。如需要书写更大的字,其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。用作指数、分数、注脚和尺寸偏差的数值,一般采用小一号的字体。

(3) 汉字应写成长仿宋体字,并应采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。长仿宋体字的书写要领:横平竖直、注意起落、结构均匀、填满方格。汉字的高度一般不应小于 3.5 mm,其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

(4) 字母和数字分为 A 型和 B 型。字体的笔画宽度用 d 表示。A 型字体的笔画宽度 $d = h/14$, B 型字体的笔画宽度 $d = h/10$ 。字母和数字可写成斜体和直体。

(5) 斜体字字头向右倾斜,与水平基准线呈 75° 角。绘图时,一般用 B 型斜体字。在同一图样上,只允许选用一种字体。

图 1-9 和图 1-10 所示为图样上常见字体的书写示例。

字体工整笔画清楚排列整齐间隔均匀	ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
技术要求对称跳动弯曲允许偏差旋转	abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
装配均布水平抛光表面展开淬火渗碳	0123456789 0123456789

图 1-9 长仿宋体字

图 1-10 字母和数字书写示例

用作尺寸偏差、指数、分数、注脚等的数字和字母的字号一般采用比基本尺寸数字小一号的字体,如图 1-11 所示。

$\phi 50_{-0.016}^0$ $7^\circ_{-2^\circ}^{+1^\circ}$ 10^3 B_1

图 1-11 字体应用示例

1.1.4 图线 (GB/T 4457.4—2002)

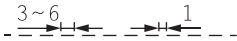
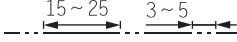
国家标准中规定了 15 种基本线型、基本线型的变形和图线的组合。

标准规定,所有线型的图线宽度(d)应按图样的类型和尺寸在 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 九种数系中选择。图线的宽度分粗线、中粗线、细线三种,三种线的宽度比率为 4:2:1。在机械图样中采用粗细两种线宽,它们之间的比例为 2:1。在同一图样中,同类图线的宽度应一致。在机械图样

中，粗线线宽优先采用 0.5 mm 和 0.7 mm。

绘制机械图样时的常用图线样式、图线宽度和主要应用如表 1-4 所示。

表 1-4 机械图样中常用图线样式、图线宽度和主要应用

图线名称	图线样式	图线宽度	主要应用
粗实线		d	(1) 可见轮廓线； (2) 部切符号线
细实线		$d/2$	(1) 尺寸线； (2) 尺寸界线； (3) 过渡线； (4) 剖面线； (5) 指引线； (6) 重合断面图的轮廓线； (7) 基准线； (8) 表示平面的对角线； (9) 范围线及分界线
波浪线		$d/2$	(1) 断裂边界线； (2) 视图与剖视图的分界线
双折线		$d/2$	(1) 断裂边界线； (2) 视图与剖视图的分界线
细虚线		$d/2$	不可见轮廓线
粗虚线		d	允许表面处理的表示线
细点画线		$d/2$	(1) 轴线； (2) 对称线； (3) 中心线； (4) 剖切线
粗点画线		d	限定范围线
细双点画线		$d/2$	(1) 相邻辅助零件的轮廓线； (2) 轨迹线； (3) 可动零件的极限位置的轮廓线； (4) 中断线； (5) 毛坯图中制成品的轮廓线； (6) 特定区域线

在绘制图样时，应注意以下几种情况。

同一图样中同类线型的宽度应一致，虚线、点画线及双点画线的线段长度和间隔应各自大致相同。

(1) 点画线、双点画线首尾两端不能为点，且点画线应超出轮廓线 3 ~ 5 mm。

- (2) 当不方便在较小的图形中绘制点画线、双点画线时,可用细实线代替。
- (3) 两条平行线之间的最小间隙不得小于 0.7 mm。
- (4) 当图线相交时,均应以画线相交,而不得以间隙相交,如图 1-12 所示。
- (5) 虚线作为实线的延长线时,应留有间隙,如图 1-12 所示。
- (6) 当各种图线重合时,应按粗实线、虚线、点画线的先后顺序作图。

图 1-13 所示为常用图线的应用示例。

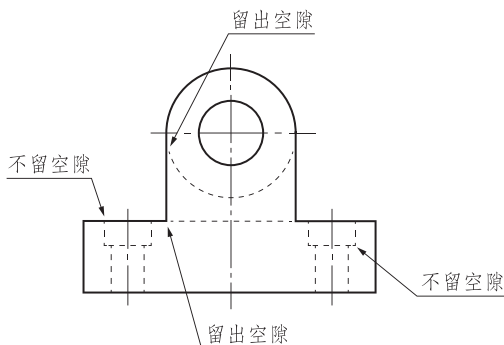


图 1-12 图线的画法

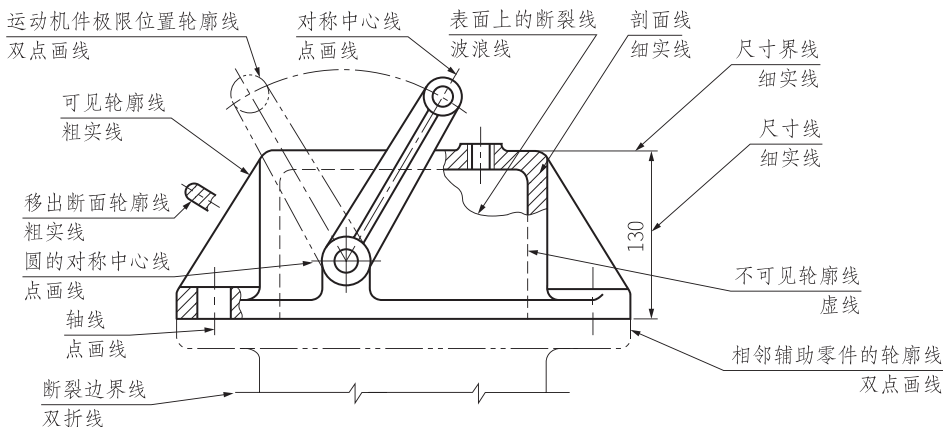


图 1-13 常用图线应用示例

1.1.5 尺寸标注 (GB/T 4458.4—2003)

图样上的尺寸是加工和检测零件的依据。因此,国家标准对尺寸标注的形式做了详细的规定。

1. 基本规则

- (1) 机件的真实大小应以图样上所标注的尺寸数值为依据,与图形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,不需标注单位符号(或名称),如果采用其他单位,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) 机件的每一个尺寸,一般只标注一次,并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

2. 尺寸的组成

一个完整的尺寸标注形式,一般由尺寸界线、尺寸线、尺寸线终端和尺寸数字组成,如图 1-14 所示。

(1) 尺寸界线。尺寸界线用细实线绘制,应从图形中的轮廓线、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。尺寸界线一般与尺寸线垂直并超过尺寸线约 2 mm,必要时尺寸界线也可倾斜于尺寸线,如图 1-15 所示。

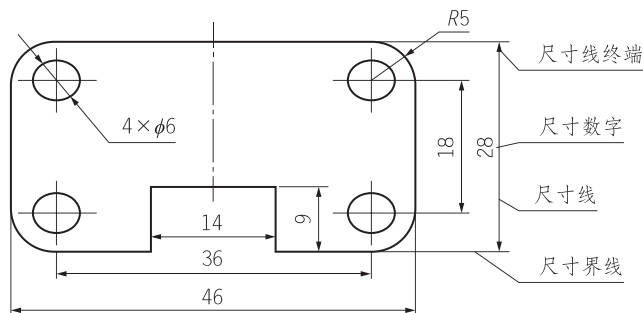


图 1-14 尺寸的组成

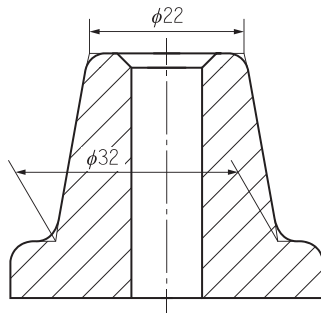


图 1-15 尺寸界线与尺寸线倾斜

(2) 尺寸线。尺寸线用细实线绘制。尺寸线不能用其他图线代替,也不能与其他图线重合或画在其他图线的延长线上。尺寸线应与所标注的线段平行,如图 1-14 所示。

(3) 尺寸线终端。尺寸线终端有箭头和斜线两种形式,画法如图 1-16 所示(图中尺寸 d 为粗实线的线宽, h 为字高)。机械图样一般使用箭头作为尺寸线的终端。

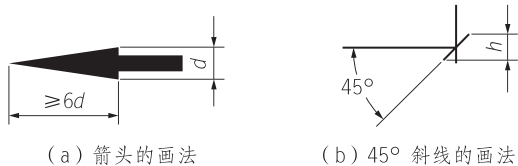


图 1-16 尺寸线的终端形式

注意:

① 只有当尺寸线与尺寸界线互相垂直时,才可使用 45° 斜线。

② 斜线用细实线绘制,其方向为将尺寸线顺时针旋转 45° 后的方向。

若图中的尺寸较小而不便于画箭头时,可用圆点或 45° 斜线代替箭头,画法如图 1-17 所示。

(4) 尺寸数字。水平方向的尺寸数字一般注写在尺寸线上方,垂直方向的尺寸数字则注写在尺寸线左方,也可将尺寸数字水平注写在尺寸线的中断处,如图 1-18 所示,但在一张图样中,应尽可能采用同一种标注方法。

尺寸数字不得被任何图线穿过。当不可避免时,应将图线断开。

为避免引起看图的误会,尽量不要在图 1-19 (a) 所示的 30° 范围内标注尺寸。若无法避免,则应按图 1-19 (b) 所示的形式标注。

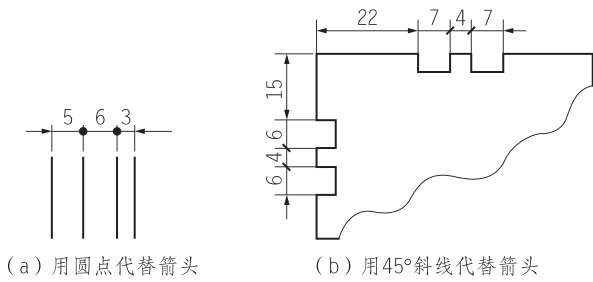


图 1-17 小尺寸的标注方法

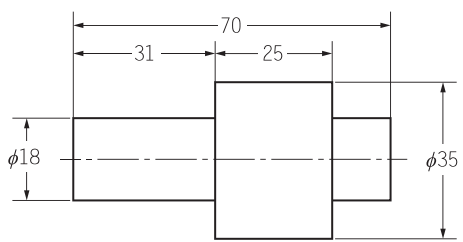


图 1-18 尺寸数字注写在尺寸线中断处

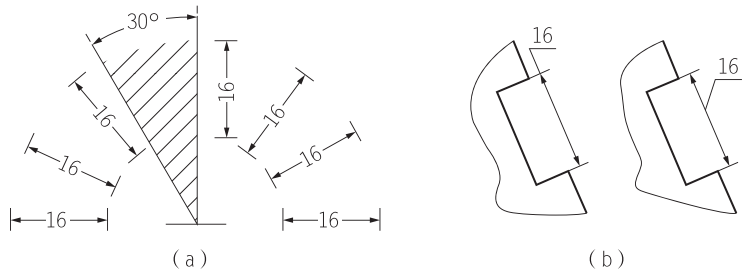


图 1-19 避免在 30° 范围内标注尺寸

GB/T 4458.4—2003 规定了标注尺寸的符号或缩写词，如表 1-5 所示。

表 1-5 标注尺寸的符号或缩写词

含义	符号或缩写词	含义	符号或缩写词
直径	ϕ	45° 倒角	C
半径	R	正方形	$\square$
球直径	$S\phi$	深度	$\downarrow$
球半径	SR	沉孔或铰平	$\sqcup$
厚度	t	埋头孔	∇
均布	EQS	弧长	$\frown$

注：符号的线宽为字高的 1/10。

各种符号的画法如图 1-20 所示（图中 h 为字高）。

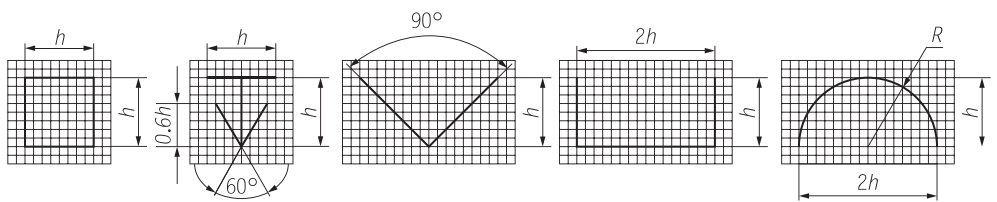
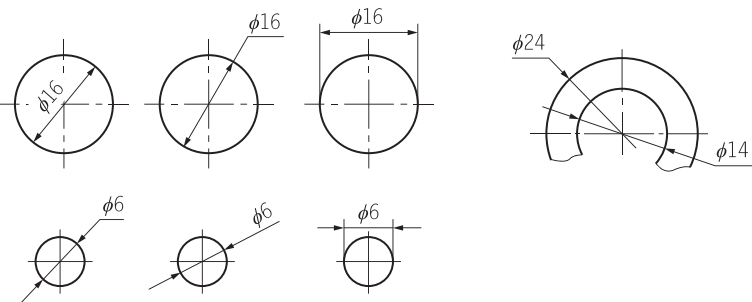
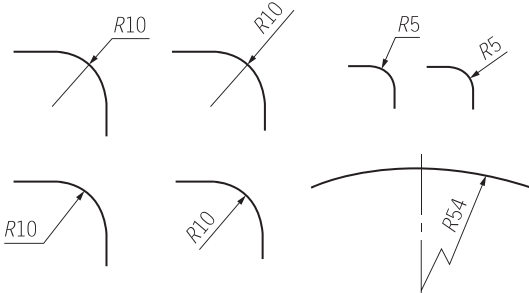
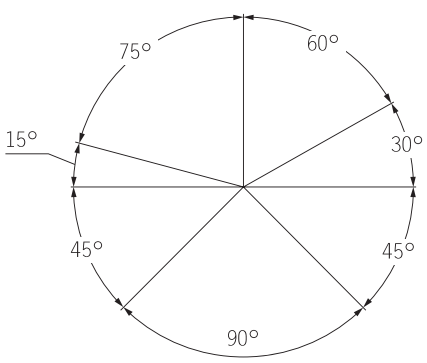
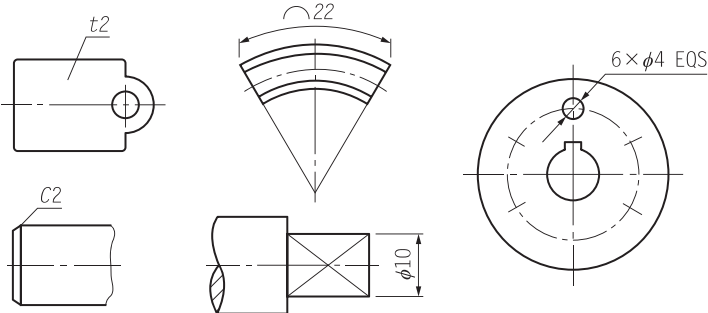


图 1-20 符号的画法

表 1-6 列出了常用尺寸的标注示例。

表 1-6 常用尺寸的标注示例

标注内容	示例
直径的标注	
半径的标注	
角度的标注	 (1) 角度的数字应水平标注，一般写在尺寸线中断处，也可写在尺寸线的上方，必要时可以引出标注； (2) 标注角度的尺寸界线应沿径向引出； (3) 尺寸线是以角度顶点为圆心的圆弧
常用符号及字母的缩写	

3. 标注尺寸应注意的事项

- (1) 在同一张图样上, 尺寸数字的高度、箭头的大小应一致。
- (2) 尺寸排列应整齐, 尺寸线的间距应相同。
- (3) 为避免尺寸线与尺寸界线相交, 应使小尺寸靠内, 大尺寸靠外。

任务 1.2 手工绘图工具及应用

“工欲善其事, 必先利其器”。绘图工具的正确使用, 既能保证绘图质量、提高绘图的准确度, 又能加快绘图速度。因此, 绘图者必须正确使用绘图工具及仪器。下面介绍手工绘图时常用工具的使用要点。

1.2.1 铅笔

铅笔笔芯的硬度由字母 H 和 B 来标识, HB 为中等硬度。通常, 绘图者用 2H 铅笔画底稿, 用 H 或 HB 铅笔写字、画细实线或箭头, 用 HB 或 B 铅笔加深粗实线。

画粗实线的铅笔的铅芯磨削成宽度为 d (粗实线宽) 的扁四棱柱形 [见图 1-21 (a)], 其余铅芯磨削成圆锥形 [见图 1-21 (b)]; 另外, 铅笔的削法如图 1-21 (c) 所示。

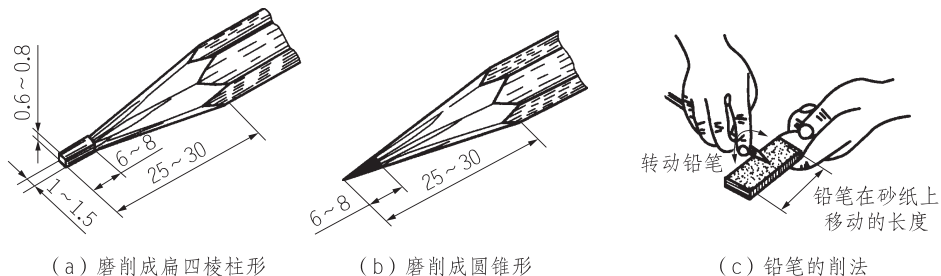


图 1-21 铅笔的铅芯形状及削法

1.2.2 图板、丁字尺和三角板

- (1) 图板是画图时用的垫板, 表面必须平坦; 它的左边用作导边, 必须平直。
- (2) 丁字尺是用来画水平线的。画图时, 应使尺头紧靠图板左边, 自左向右画水平线 [见图 1-22 (a)], 与三角板配合可画垂直线 [见图 1-22 (b)]。
- (3) 三角板分为 45° 和 30° 两种。将它们与丁字尺配合使用, 可画与水平方向呈 15° 倍角的各种倾斜线 [见图 1-23 (a)]; 此外, 也可用两种三角板相配合画任意角度直线的平行线 [见图 1-23 (b)] 和垂直线 [见图 1-23 (c)]。

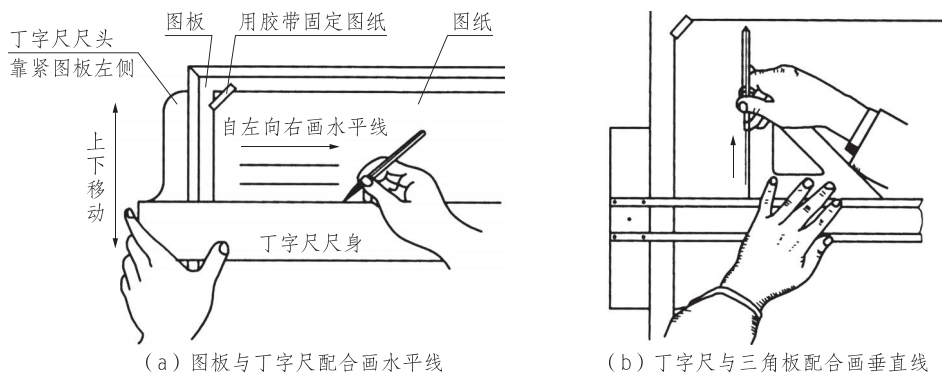


图 1-22 用丁字尺画水平线及与三角板配合画垂直线

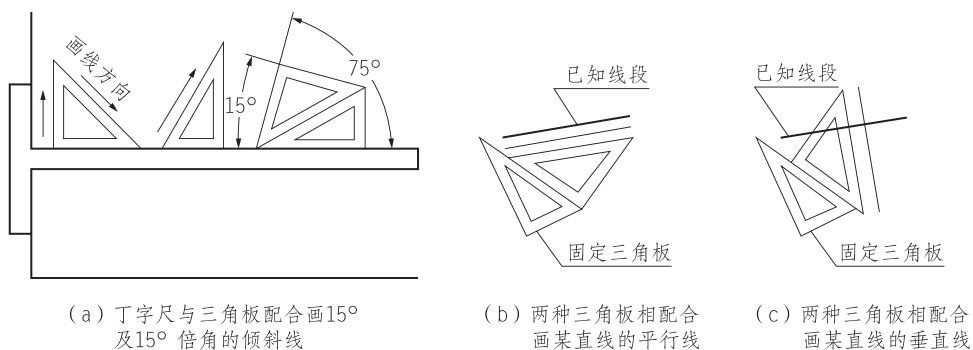


图 1-23 用三角板及配合丁字尺画倾斜线、平行线和垂直线

1.2.3 圆规和分规

圆规是用来画圆和圆弧的工具，如图 1-24 所示。使用圆规前，应先调整钢针与铅芯的相对高度。钢针有台阶端向下，使针尖略长于铅芯，铅芯应磨成凿形，斜面向外，以便修磨 [见图 1-24 (a)]。加深图线时，圆规铅芯应比画直线的铅笔软一号，这样画出的直线和圆弧色调深浅才一致。画图时，手应握在圆规的上端手柄处 [见图 1-24 (b)]，转动圆规时用力 and 速度要均匀，并使圆规向转动方向稍微倾斜。画小圆时应用弹簧圆规或点圆规。画大圆时应接上加长杆，双手配合画圆 [见图 1-24 (c)]。

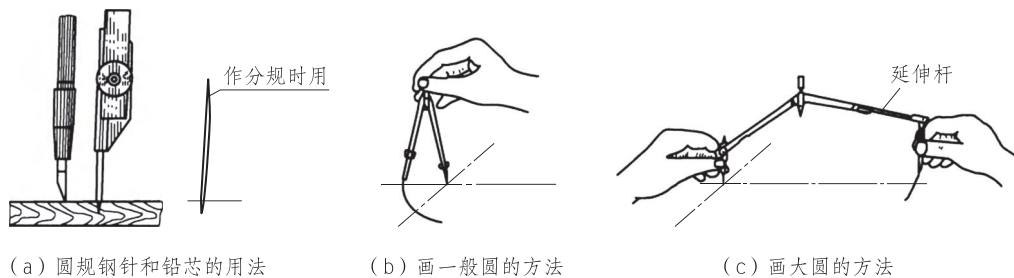


图 1-24 圆规及其用法

分规是等分和量取尺寸的工具。分规两针尖并拢时必须能对齐,如图 1-25 (a) 所示。其使用方法如图 1-25 (b) 和图 1-25 (c) 所示。

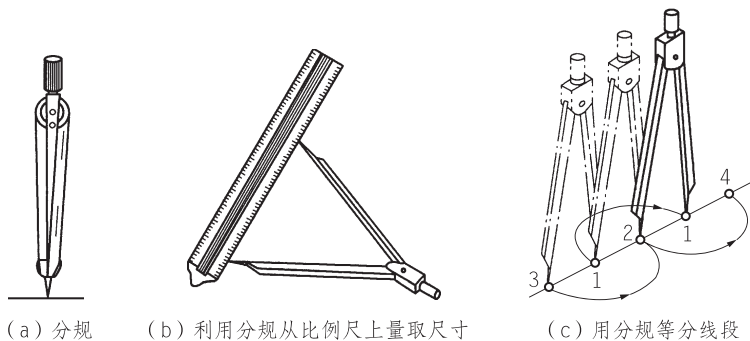


图 1-25 分规及其用法

1.2.4 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,利用它们能够方便地绘制针对不同专业的图案,如图 1-26 (a) 所示。使用时笔尖应紧靠模板,这样才能使画出的图形整齐、光滑。量角器用来测量角度,如图 1-26 (b) 所示。简易的擦图片是用来防止擦去多余线条时把有用的线条也擦去的一种工具,如图 1-26 (c) 所示。

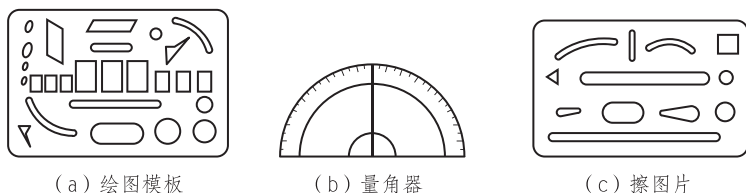


图 1-26 其他绘图工具

除了上面已介绍的绘图工具外,绘图时还需要准备一把专用的削铅笔刀、修磨铅笔用的砂纸、固定图纸用的透明胶带及绘图橡皮擦等。如有需要,还可准备比例尺等。随着计算机绘图的普及,繁杂的手工绘图工作已逐步被计算机绘图所取代,绘图工具也得以简化。

任务 1.3 平面图形的画法

平面图形是由若干线段组成的,图中的尺寸确定了各条线段之间的相对位置和连接关系。绘制平面图形时,需要对图形中的尺寸和线段进行分析,以明确绘图的步骤。

1.3.1 平面图形的尺寸分析

平面图形中的尺寸按作用不同分为定形尺寸和定位尺寸两类。

1. 定形尺寸

定形尺寸是指图形中确定几何元素形状大小的尺寸，如图 1-27 中所示的 $\phi 5$ 、 $\phi 18$ 、 $R14$ 、 $R54$ 、 $R45$ 、 $R7$ 、13 等即为定形尺寸。

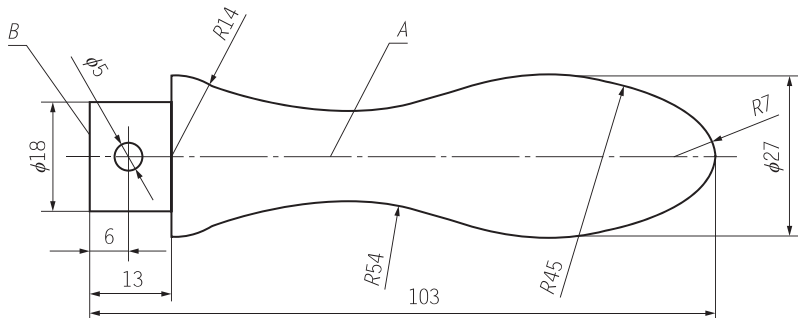


图 1-27 手柄

2. 定位尺寸

定位尺寸是用于确定几何元素相对位置的尺寸，如图 1-27 中所示的 6、103 和 $\phi 27$ 等。

确定平面图形中几何元素的位置，通常需要两个方向的定位尺寸，即长方向和宽方向。

有的尺寸可以兼有定形尺寸和定位尺寸两种作用。如图 1-27 中所示的 13 既是 $\phi 18$ 圆柱的定形尺寸，又是 $R14$ 圆弧的圆心在长方向的定位尺寸。

定位尺寸的起点称为尺寸基准。通常以平面图形中的中心线、对称线、底线或端线作为尺寸基准。图 1-27 所示的轴线 A 及端线 B 即为尺寸基准。

1.3.2 平面图形的线段分析

根据线段的定位尺寸完整与否，可将平面图形中的线段分为已知线段、中间线段和连接线段三类。

(1) 已知线段：此类线段具有确定的位置，即有两个方向的定位尺寸；或为当图形位置确定后可以直接画出的线段，如图 1-27 中所示的 $R14$ 、 $R7$ 。

(2) 中间线段：中间线段只有一个方向的定位尺寸，如图 1-27 中所示的 $R45$ 。作图时应根据中间线段与相邻线段相切的几何关系确定其位置。

(3) 连接线段：连接线段没有定位尺寸，作图时完全依据相切的几何关系确定其位置，如图 1-27 中所示的 $R54$ 。

1.3.3 平面图形的作图步骤

根据对平面图形的尺寸和线段分析，平面图形的作图步骤如下。

- (1) 按图形（以图 1-27 所示的手柄为例）尺寸作出基准线和已知线段，如图 1-28 (a) 所示。
- (2) 作中间线段，如图 1-28 (b) 所示。
- (3) 作连接线段，如图 1-28 (c) 所示。
- (4) 整理图形，如图 1-28 (d) 所示。

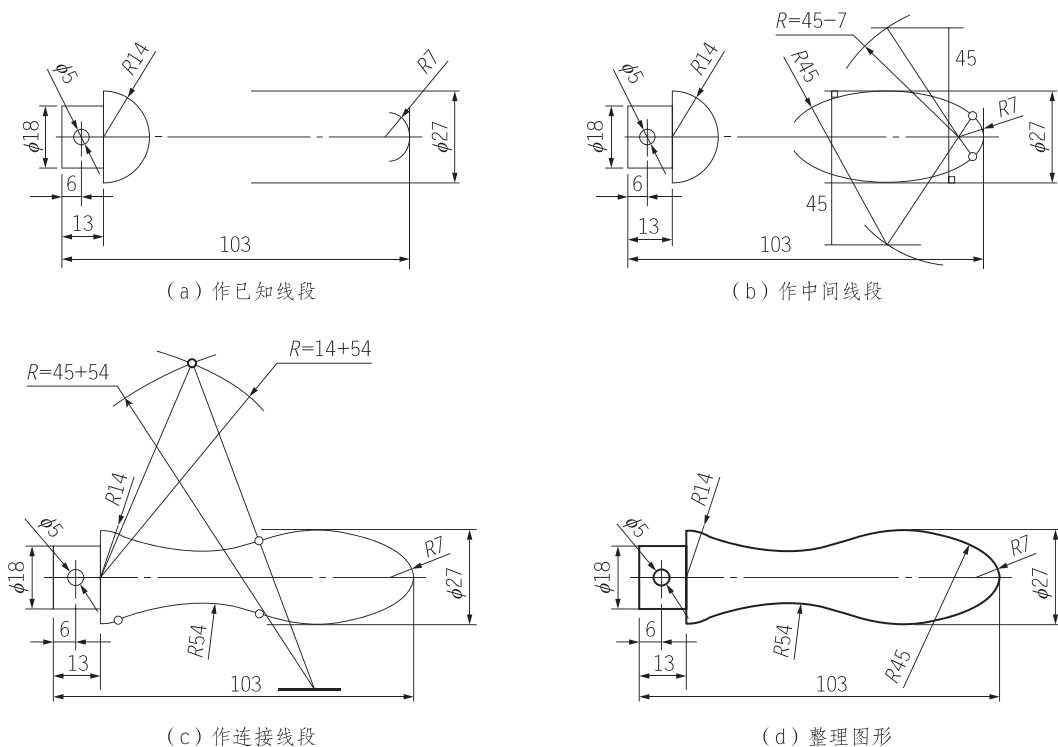


图 1-28 平面图形的作图步骤

1.3.4 平面图形的尺寸注法

1. 标注平面图形尺寸的基本要求

- (1) 正确——各类尺寸的注法要符合国家标准规定。
- (2) 完整——尺寸注写要齐全，不遗漏、不重复。
- (3) 清晰——尺寸布局要整齐、清晰，便于看图。

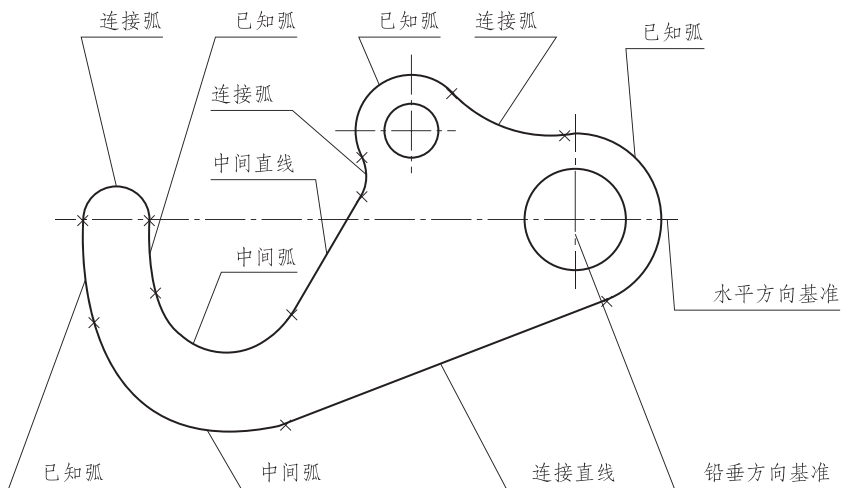
2. 标注尺寸的步骤

- (1) 分析图形结构，选定尺寸基准。

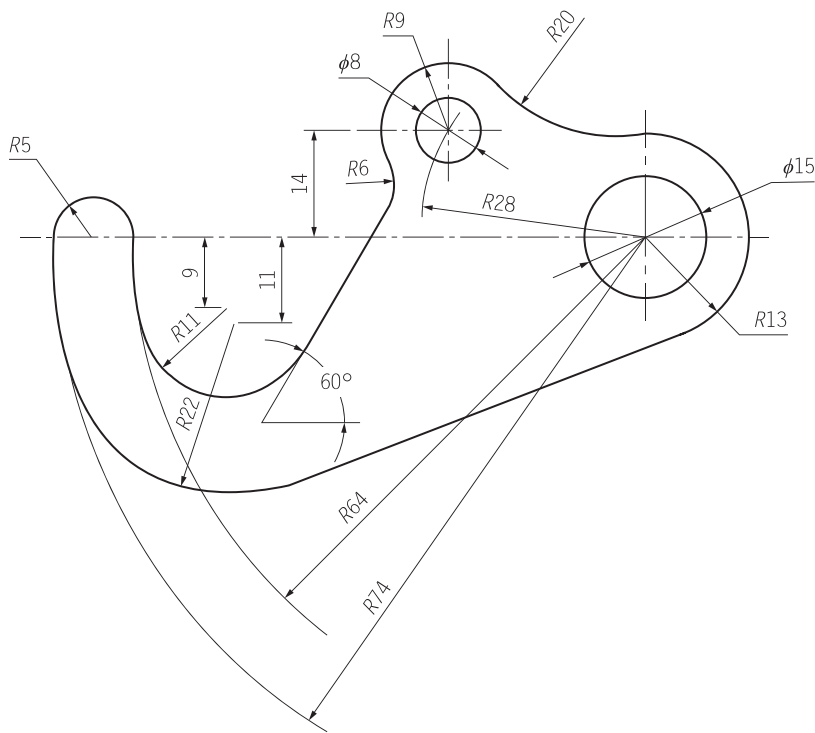
(2) 根据基准位置和线段连接情况, 首先确定已知线段, 然后确定中间线段和连接线段, 如图 1-29 (a) 所示。

(3) 按已知、中间、连接线段的顺序, 逐个标注出尺寸。

平面图形尺寸标注示例如图 1-29 (b) 所示。



(a) 线段分析



(b) 尺寸标注

图 1-29 平面图形的线段分析与尺寸标注

任务 1.4 徒手绘制草图的方法

徒手绘制的图也称为草图，绘制草图一般不使用绘图工具和量具，而是在目测物体形状和大小的基础上徒手绘图。在设计和测绘中，一般先画出草图，再根据草图画出仪器图。工程技术人员必须具备徒手绘制草图的技能。

绘制草图应该做到图形正确，比例匀称、线型分明、字体工整。绘制草图一般采用 HB 或 B 铅笔。

1.4.1 直线的画法

水平线自左向右运笔、垂直线自上向下运笔，可将图纸斜放在运笔最顺手的位置。画长斜线时可先将图纸旋转到画水平线的位置。

对 30° 、 45° 、 60° 等特殊角度的斜线，可根据其近似正切值 $3/5$ 、 1 、 $5/3$ 的比例作为直角三角形的斜边作出，如图 1-30 所示。

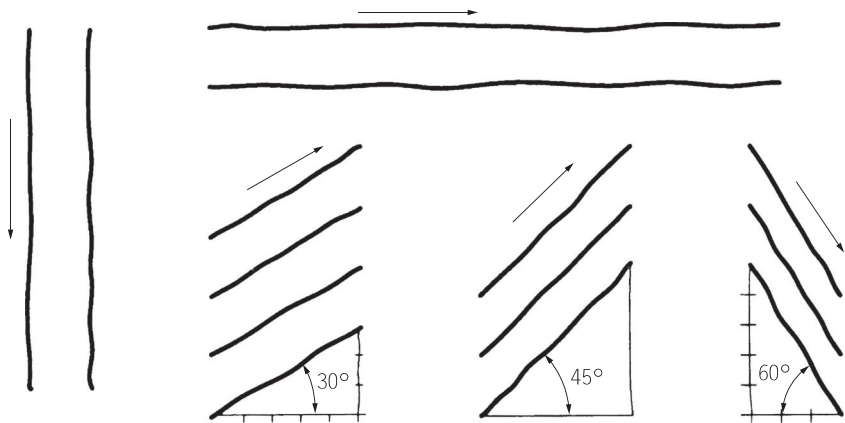


图 1-30 徒手画直线的方法

1.4.2 圆和圆角的画法

徒手画小圆时，先画圆的中心线，根据半径大小用目测的方法在中心线上定出四点，将这四点连成圆 [见图 1-31 (a)]。当圆的直径较大时，可过圆心增画两条 45° 的斜线，在斜线上再定四个点，然后过八点画圆，如图 1-31 (b) 所示。

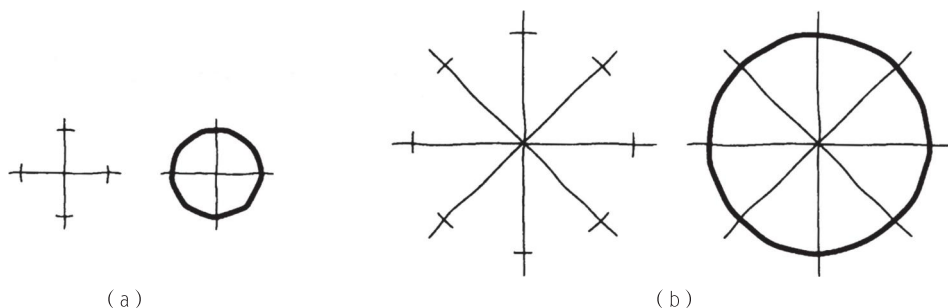


图 1-31 徒手画圆的方法

图 1-32 所示是圆弧的徒手画法，先根据圆心角大小画出两条相交直线，目测画出角的平分线并在其上选取圆心位置，使它到角两边的距离等于圆弧半径，过圆心向两边引垂直线定出圆弧的起点和终点，并在角的平分线上也定出一个圆周点，然后将这三点连成圆弧。

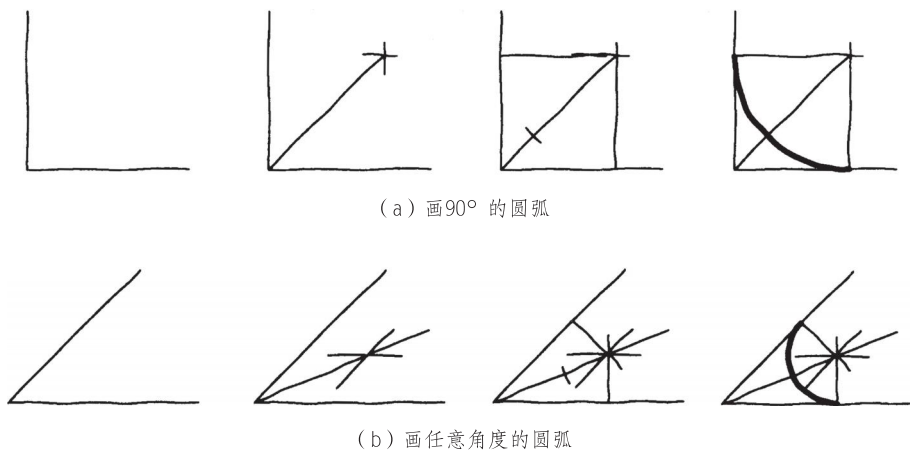


图 1-32 徒手画圆弧的方法

1.4.3 椭圆的画法

徒手画椭圆时，可先根据椭圆的长轴、短轴，画出椭圆的外切矩形、平行四边形或菱形，然后画内切椭圆，如图 1-33 所示。椭圆必须与矩形、平行四边形或菱形各边相切并通过其中点。

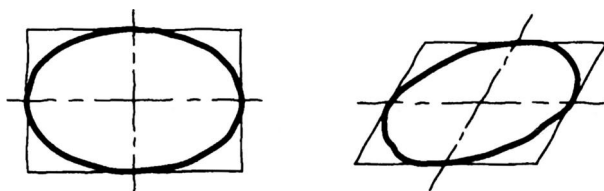


图 1-33 徒手画椭圆的方法

1.4.4 目测的方法

画小物体时,可用铅笔当尺直接放在实物上测各部分的大小,然后按测量的大体尺寸画出草图。如图 1-34 (a) 所示,也可用此方法估计出各部分的相对比例,画出缩小的草图。

在画较大的物体时,用手握一铅笔进行目测度量。目测时,人的位置保持不动,人和物体的距离大小应根据所需图形的大小来确定。在绘制及确定各部分相对比例时,建议先画大体轮廓,如图 1-34 (b) 所示。

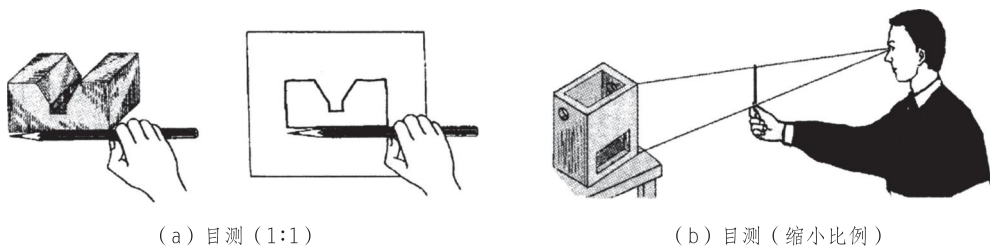


图 1-34 目测的方法

单元小结

工程图样是设计、制造、安装、施工和验收的技术文件,是交流技术思想的语言。本单元介绍的图纸、比例、字体及尺寸标注等均由国家标准做出的严格规定,每位工程技术人员必须严格遵守。为培养绘图者扎实的基本功,本单元除对相关国家标准进行摘要性的介绍外,还对绘图工具的使用、绘图方法进行了基本介绍。

拓展阅读

在春秋时代的一部技术著作《周礼·考工记》中,有画图工具“规、矩、绳、墨、悬、水”的记载。

在战国时期我国人民就已运用设计图(有确定的绘图比例、酷似用正投影法画出的建筑规划平面图)来指导工程建设,距今已有 2400 多年的历史。“图”在人类社会的文明进步和推动现代科学技术的发展中起了重要作用。

自秦汉起,我国已出现图样的史料记载,并能根据图样建筑宫室。宋代李诫所著《营造法式》一书,总结了我国历史上的建筑技术成就。全书 36 卷,其中有 6 卷是图样(包括平面图、轴测图、透视图),这是一部闻名世界的建筑图样的巨著,图上运用投影法表达了复杂的建筑结构。这在当时是极为先进的。

20 世纪 50 年代,我国著名学者赵学田教授就简明而通俗地总结了三视图的投影规律——长对正、高平齐、宽相等。1956 年原机械工业部颁布了第一个部颁标准《机械制

图》，1959 年国家科学技术委员会颁布了第一个国家标准《机械制图》，随后又颁布了国家标准《建筑制图》，使全国工程图样标准得到了统一，标志着我国工程图学进入了一个崭新的阶段。

随着科学技术的发展和工业水平的提高，技术规定不断修改和完善，先后于 1970 年、1974 年、1984 年、1993 年修订了国家标准《机械制图》。并颁布了一系列《技术制图》与《机械制图》新标准。截至 2003 年底，1985 年实施的四类 17 项《机械制图》国家标准中已有 14 项被修改替代。

由此可见，中国是一个具有丰富图学传统的国家，中国古代的图学家们创造了人类历史上堪称凿空之举的奇迹，它不仅为近代工程图学打下了基础，也为工程图学的未来发展做出了榜样。我们要传承这些优良传统，养成细致、认真的工作作风，遵守国家标准，努力学习好工程图学。