



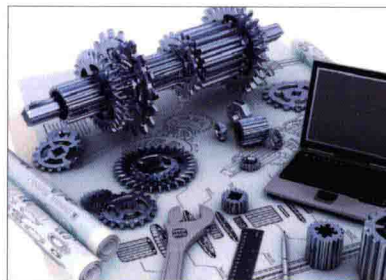
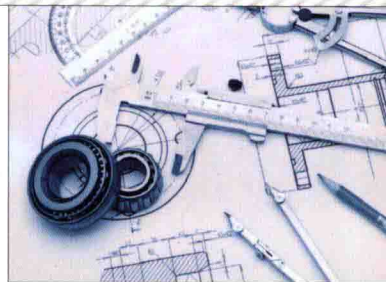
21 世纪高等学校机电类规划教材

JIDIANLEI GUIHUA JIAOCAI

机械制图

(第2版)

◆ 丁杰雄 王启美 吕强 主编
◆ 杨平 主审



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



21 世纪高等学校机电类规划教材

JIDIANLEI GUIHUA JIAOCAI

机械制图 (第2版)

- ◆ 丁杰雄 王启美 吕强 主编
- ◆ 杨平 主审

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

机械制图 / 丁杰雄, 王启美, 吕强主编. — 2版

. — 北京: 人民邮电出版社, 2016.8

21世纪高等学校机电类规划教材

ISBN 978-7-115-42831-8

I. ①机… II. ①丁… ②王… ③吕… III. ①机械制图—高等学校—教材 IV. ①TH126

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第144708号

内 容 提 要

本书为适应工程图学教学改革的需要,在总结了作者教学经验和成果的基础上,根据最新颁布的国家标准进行了第2版修订。本书共14章,主要介绍制图基本知识、点、直线和平面的投影、立体的投影、立体表面的交线、轴测图、组合体、机件的常用表达方法、标准件和常用件、零件图、装配图、展开图、焊接图、电气制图、计算机绘图(AutoCAD)等内容。该书以培养学生绘制和阅读机械图样的能力为重点,加强学生的工程素质教育,将学生的徒手绘图、尺规绘图和计算机绘图能力的培养有机地结合起来。本书在编写时考虑到学科的系统性及参考方便,教学中可根据不同专业不同学时数进行取舍,适应面广,内容新颖。

本书提供与书配套的多媒体课件,习题解答软件及相应的工程制图的教学网站,方便各类学生的浏览和学习,为学生构建了一个立体化的教学环境,有利于知识的掌握,又方便教师的教学。

本书可作为高等工科院校机械类以及近机类专业的教材,也可作为成人高校、高等职业教育教材及有关工程技术人员的参考资料。

◆ 主 编 丁杰雄 王启美 吕 强

主 审 杨 平

责任编辑 李育民

责任印制 焦志炜

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

固安县铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 21

2016年8月第2版

字数: 558千字

2016年8月河北第1次印刷

定价: 49.80元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

前言

本书根据《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》，结合我们多年教学改革的成果和教学经验编写而成。

随着科学技术的发展，课程的内容和体系都发生了新的变化。为了适应教学内容和教学方法的改革，本次修订，除保留第1版的特点外，我们对其内容重新进行了组织和充实，将画法几何、机械制图、计算机绘图等内容有机结合起来，更突出实用性、先进性。

本书有以下主要特点。

1. 本书以培养学生读图和绘图能力为重点，加强学生的工程素质教育，以适应社会对人才的多种需求。本书在内容及例题选择上力求做到少而精，使之符合学生的认识规律，将基础理论与应用密切结合，侧重讲解分析问题和解决问题的方法。

2. 本书精选了画法几何部分内容，对常见形体表面的交线进行了较深入的分析，重点突出了投影的基本理论和形体的表达方法。

3. 本书增加了各种典型图例和详细分析，有利于读者构型能力和空间思维能力的提高。

4. 本书在编写时考虑到学科的系统性及参考方便，内容有适当的裕量，除必学内容外，展开图、焊接图和电气制图等选学内容，拓宽了图样的范围，教学中可根据不同专业、不同学时数进行选用。

5. 为便于教学和学生查阅，计算机绘图部分内容以单独章节编写，介绍了最新版本AutoCAD绘图软件的主要功能及使用方法，使学生学会用计算机绘制各类工程图样，为今后的学习打下基础。

6. 书中的标题及一些图学方面的专业术语给出了英汉对照。

7. 全书采用了最新颁布的《技术制图》《机械制图》国家标准及与制图有关的其他标准，以培养学生贯彻执行国家标准的意识和能力。

8. 与本书配套使用的《机械制图习题集（第2版）》也进行了全面修订，并由人民邮电出版社出版，可供选用。

9. 为了方便教师教学和与作者交流，本书作者可向使用该教材的教学单位提供PPT课件、习题解答及相关的教学资料，联系方式 qimei_wang@163.com。

本书由丁杰雄、王启美、吕强主编，其中第1章、第3章、第5章由陈永忠编写，第2章、第6章、第10章由丁杰雄编写，第4章、第7章、第8章、第12章由王启美编写，第9章、第11章及附录由廖伟智编写，第13章、第14章由吕强编写，杨平教授审阅了全书。

本书在编写和修订过程中参考了一些同类著作，在此向有关作者致谢。

编者
2016年8月

目 录

绪论	1
----	---

第1章 制图的基本知识	2
-------------	---

1.1 国家标准《技术制图》和《机械制图》 的基本规定	2
1.2 制图方法与技能	9
1.3 几何作图	12
1.4 平面图形分析及尺寸标注	15

第2章 点、直线和平面的投影	17
----------------	----

2.1 投影法的基本知识	17
2.2 点的投影	18
2.3 直线的投影	21
2.4 平面的投影	27
2.5 直线与平面及两平面的相对位置	33
2.6 换面法	40

第3章 立体的投影	48
-----------	----

3.1 三视图的形成及其投影规律	48
3.2 平面基本体	49
3.3 回转体	53

第4章 立体表面的交线	59
-------------	----

4.1 平面立体的截切	59
4.2 回转体截切	63
4.3 平面立体与回转体相交	72
4.4 两回转体相交	73
4.5 多立体相交	80

第5章 轴测图	82
---------	----

5.1 轴测图的基本知识	82
5.2 正等轴测图的画法	84
5.3 斜二等轴测图的画法	88

5.4 轴测剖视图画法	90
-------------	----

第6章 组合体	91
---------	----

6.1 组合体的组合方式及其表面的 连接形式	91
6.2 组合体视图的画法	93
6.3 读组合体视图	96
6.4 组合体的尺寸标注	101

第7章 机件的常用表达方法	106
---------------	-----

7.1 视图	106
7.2 剖视图	109
7.3 断面图	119
7.4 简化画法	121
7.5 表达方法综合举例	123
7.6 第三角投影法简介	125

第8章 标准件和常用件	127
-------------	-----

8.1 螺纹	127
8.2 螺纹紧固件及其连接画法	133
8.3 键	139
8.4 销	141
8.5 齿轮	142
8.6 弹簧	150
8.7 滚动轴承	152

第9章 零件图	156
---------	-----

9.1 零件图的作用和内容	156
9.2 零件上常见的工艺结构简介	157
9.3 零件图的表达方案和视图选择	159
9.4 零件图的尺寸标注	162
9.5 零件图上的技术要求	165
9.6 零件的测绘	176
9.7 读零件图	179

第10章 装配图	182	13.2 电气制图的基本知识	212
10.1 装配图的作用和内容	182	13.3 系统图和框图	223
10.2 装配图的表达方法	183	13.4 电路图	225
10.3 装配图的尺寸标注和技术要求的注写	186	13.5 接线图和接线表	229
10.4 装配图中零件的编号和明细栏	187	13.6 印制板图	235
10.5 装配结构简介	188	第14章 计算机绘图	240
10.6 画装配图的方法和步骤	190	14.1 AutoCAD 2016 的基本知识	240
10.7 读装配图及拆画零件图	193	14.2 基本图形的绘制	242
第11章 展开图	198	14.3 绘图辅助工具	258
11.1 概述	198	14.4 图形的编辑	262
11.2 平面立体的展开	198	14.5 文字	281
11.3 可展曲面的展开	200	14.6 图层	285
11.4 不可展曲面的展开	204	14.7 图案填充	288
第12章 焊接图	205	14.8 图块	291
12.1 焊缝的符号及其标注方法	205	14.9 轴测投影图的绘制	293
12.2 焊接图例	209	14.10 尺寸标注	296
第13章 电气制图	211	14.11 上机练习	301
13.1 概述	211	附录	314
		参考文献	330

(Introduction)

1. 本课程的研究对象 (Subject of this Course)

图形和文字一样,是承载信息、进行交流的重要媒体。自从劳动开创人类文明史以来,图形一直是人们认识自然、表达思想的主要形式之一。以图形为主的工程图样是产品信息的定义、表达和传递的主要媒介,是工程设计、制造和施工过程中的重要技术文件,广泛用于机械、电气、化工和建筑等领域。因此工程图样被称为“工程界的共同语言”。机械制图是工程图学的一个分支,在工程上得到了广泛的应用,是用来表达设计思想,进行技术交流的重要工具。本课程主要是研究绘制和阅读机械图样的基本理论和方法的一门技术基础课。

2. 本课程的任务 (Tasks of this Course)

- (1) 学习投影法(主要是正投影法)的基本理论及其应用。
- (2) 培养绘制和阅读工程图样的基本能力,培养空间的想象能力及构型能力。
- (3) 培养分析问题、解决问题的能力以及创造性思维能力。
- (4) 培养用仪器绘图,徒手绘图及计算机绘图的能力。
- (5) 培养工程意识,贯彻和执行国家标准意识。
- (6) 培养严谨细致的工作作风和认真负责的工作态度。

学好本课程,可为后继课程、生产实习、课程设计、毕业设计打下良好的基础。

3. 本课程学习方法 (General Learning Methods)

(1) 本课程是一门既有系统理论又有很强实践性的基础课,在掌握基本概念和理论的基础上,必须通过大量的绘图和读图实践,不断由物到图、由图到物的练习,逐步提高空间想象能力及分析能力,掌握正确的读图、绘图的方法和步骤,提高绘图技能。

(2) 树立标准化意识,学习和遵守有关制图的国家标准,保证所绘图样的正确性和规范化要求。

(3) 将尺规绘图、徒手绘图、计算机绘图等各种技能与投影理论、图样绘制紧密结合,能准确快速地绘制工程图样。

(4) 在学习过程中,必须按规定,认真、及时完成一系列作业,准确使用机械制图中的相关资料,提高独立工作能力和自学能力。

(5) 由于图样是加工、制造的依据,图纸上任何细小的错误都会给生产带来损失,因此应注意培养认真、负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

第1章 制图的基本知识

(Basic Knowledge of Engineering Drawings)

工程图样是工程技术人员表达设计思想、进行技术交流的工具，是设计和制造过程中的重要技术文件，掌握制图的基本知识是培养读图和画图能力的基础。本章介绍了国家制图标准的一些基本规定，对绘图的方法与技能、几何作图、平面图形等进行了简要介绍。

1.1 国家标准《技术制图》和《机械制图》的基本规定 (Rules Involved in National Standard of Technical Drawing and Mechanical Drawing)

国家标准《技术制图》是一项基础技术标准，对各类技术图样和有关技术文件等都有统一规定，国家标准《机械制图》是机械专业制图的标准，他们是绘制与使用图样的准绳，必须严格遵守有关规定。国家标准简称“国标”，用代号“GB”表示。如 GB/T 14689—2008，其中“T”为推荐性标准，后跟一串数字；“14689”为该标准的编号；“2008”是标准批准年份。

1.1.1 图纸幅面和标题栏 (Formats and Title Block)

1. 图纸幅面 (Formats)

绘制图样时，应优先采用国家标准 (GB/T 14689—2008) 规定的 5 种基本幅面，如表 1-1 所示。必要时，可按国家标准规定加长幅面。加长幅面的尺寸是由基本幅面的短边以整数倍增加后得出的。

表 1-1 图纸幅面及边框尺寸 单位: mm

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

2. 图框格式 (Border)

国家标准 (GB/T 14689—2008) 规定在图纸上必须用粗实线画出图框，其格式分为不留

1.1.2 比例（Scale）

比例是指图样上图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。

国家标准（GB/T 14690—1993）规定，绘制图样时可从表 1-2 中所规定的第一系列比例中选取，必要时也可从第二系列比例中选取。比值为 1 的比例称原值比例，比值大于 1 的比例称放大比例，比值小于 1 的比例称缩小比例。

表 1-2 规定的比例

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

绘制图样时，应尽可能按机件的实际大小（1 : 1）画出，以便直观估计机件的大小。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，必须另外标注。

1.1.3 字体（Lettering）

技术制图国家标准（GB/T 14691—1993）规定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。字体的号数，即字体的高度 h （单位：mm）分为 20、14、10、7、5、3.5、2.5 和 1.8 共 8 种。

1. 汉字（Chinese Characters）

图样上的汉字应写成长仿宋体，并采用国家正式公布推行的简化汉字。汉字的高度不应小于 3.5mm，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。图 1-4 所示为汉字示例。

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

图 1-4 汉字示例

2. 字母和数字（Letters and Numbers）

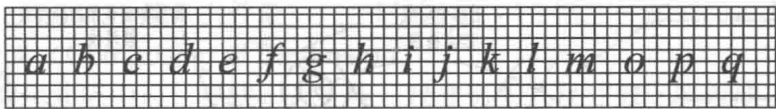
字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度（ d ）为字高（ h ）的 1/14，B 型字体的笔画宽度（ d ）为字高（ h ）的 1/10。在同一张图样上，只允许选用一种形式的字体。

字母和数字可写成直体或斜体。斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成 75°。图 1-5 所示为字母和数字斜体应用示例。

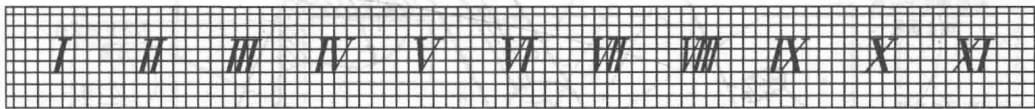


(a) 大写字母

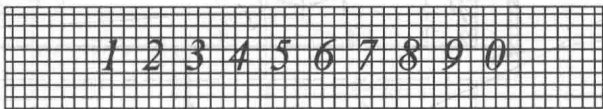
图 1-5 字母和数字应用示例



(b) 小写字母



(c) 罗马数字



(d) 阿拉伯数字

图 1-5 字母和数字应用示例（续）

1.1.4 图线（Lines）

1. 图线的形式及应用（Line Type and its Applications）

国家标准规定了图样中常用的图线名称、线型、宽度及其应用，如表 1-3 所示。

表 1-3 图线（ $d=0.5\sim2\text{mm}$ ）

图线名称	图线线型	图线宽度	应用举例
粗实线		d	可见轮廓线、可见棱边线
细实线		$d/2$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、重合断面轮廓线、过渡线、引出线和基准线
虚线		$d/2$	不可见轮廓线、不可见棱边线
细点画线		$d/2$	轴线、轨迹线、对称中心线
波浪线		$d/2$	断裂处的边界线、视图与剖视图的分界线
双点画线		$d/2$	相邻辅助零件的轮廓线、极限位置的轮廓线
粗点画线		d	限定范围表示线
双折线		$d/2$	断裂处的边界线

2. 线宽（Line Weight）

机械图样中的图线分粗线和细线两种。粗线宽度（ d ）应根据图形的大小和复杂程度在 $0.5\sim2\text{mm}$ 内选择，细线的宽度约为 $d/2$ 。图线宽度的推荐系列为 0.13mm 、 0.18mm 、 0.25mm 、 0.35mm 、 0.5mm 、 0.7mm 、 1mm 、 1.4mm 和 2mm 。应用中一般粗线取 0.5mm ，细线取 0.25mm 。

图 1-6 所示为各种图线的应用示例。

3. 图线画法注意要点（Remarkable Points for Drawing Lines）

- (1) 同一图样中，同类图线的宽度应基本一致。
- (2) 虚线、点画线及双点画线的线段长度和间隔应各自大小尽量相等。
- (3) 两条平行线（包括剖面线）之间的距离应不小于粗实线宽度的两倍，其最小距离不得小于 0.7mm 。

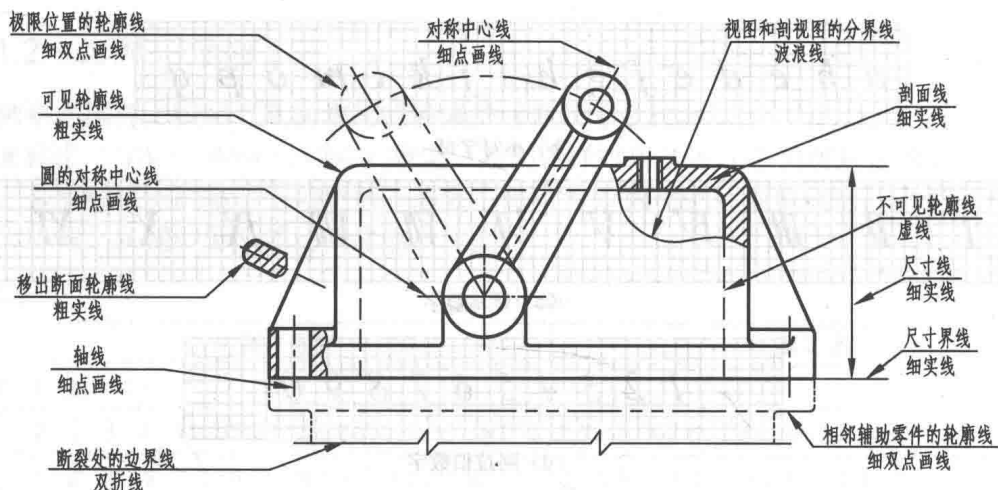


图 1-6 图线应用示例

(4) 绘制圆的中心线时, 圆心应为长画的交点, 且中心线应超出圆周 2~5mm, 点画线和双点画线的首末两端应是线段而不是短画。当图形较小, 绘制点画线或双点画线有困难时, 可用细实线代替, 如图 1-7 所示。

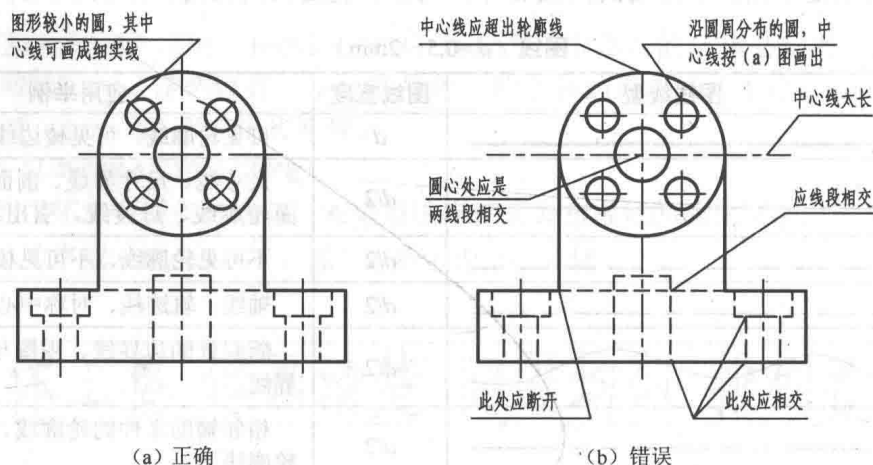


图 1-7 点画线、虚线的画法

(5) 虚线、点画线、双点画线与其他的图线相交, 其交点不宜在线段的间隔处, 但当虚线处于粗实线的延长线时, 粗实线应画到位, 而虚线相连接的地方应留有空隙, 如图 1-7 所示。

1.1.5 尺寸注法 (Dimensioning)

《技术制图》和《机械制图》的相关标准 (GB/T 16675.2—2012、GB/T 4458.4—2003) 规定了尺寸标注的规则和方法, 有以下主要内容。

1. 基本规定 (Basic Rules)

(1) 机件的真实大小应以图样上所标注的尺寸数值为依据, 与绘图的比例及绘图的准确度无关。

(2) 图样中的尺寸以毫米为单位时, 不需标明计量单位的符号“mm”或名称“毫米”, 如采用其他单位, 则必须注明相应的计量单位符号。

(3) 机件的每一尺寸, 在图样上一般只标注一次, 并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

(4) 图样上所注尺寸是该机件最后完工时的尺寸，否则应另加说明。

2. 尺寸要素 (Composing of Dimension)

一个完整的尺寸应由尺寸界线、尺寸线、尺寸箭头及尺寸数字所组成，如图 1-8 所示。

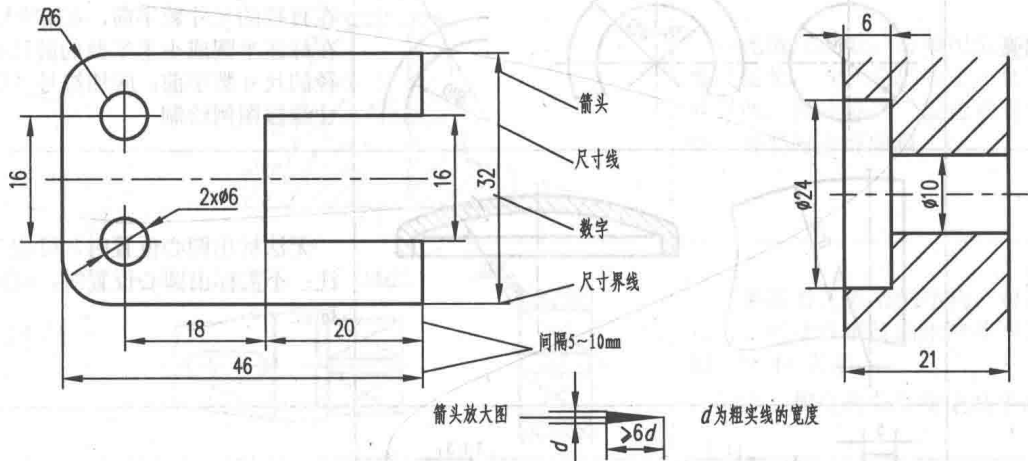


图 1-8 尺寸的组成

- (1) 尺寸界线用细实线绘制，也可利用图上已有的轴线、中心线和轮廓线作尺寸界线。尺寸界线一般与尺寸线垂直，必要时允许倾斜。
 - (2) 尺寸线必须用细实线单独画出，不能用其他的图线代替，也不得与其他图线重合或画在其他线的延长线上。标注尺寸时，尺寸线与所标注尺寸部位的轮廓线平行，相同方向各尺寸线的间距要均匀且应大于 5mm。尺寸线之间不应相交。
 - (3) 尺寸箭头宽度 (d) 就是图形粗实线的宽度，尺寸箭头应指到尺寸界线，在同一图纸上所有尺寸箭头的大小应基本相同。
 - (4) 尺寸数字按标准字体书写。尺寸数字不能被任何图线所通过，否则需将图线断开。
- 表 1-4 列出了国家标准 (GB/T 4458.4—2003) 所规定的一些常用的尺寸标注法。

表 1-4 常用的尺寸标注法

标注内容	图例	说明
线性尺寸的 数字方向		尺寸数字应按左图中的方向填写，并尽量避免在 30° 范围内标注尺寸；当无法避免时，可按右图所示的方法标注
角度		尺寸界线应沿径向引出，尺寸线应画成圆弧，圆心是角的顶点，尺寸数字一般应水平写在尺寸线的中断处，必要时也可写在上方或外面，或引出标注

续表

标注内容	图例	说明
圆和圆弧		在标注整圆或大于半圆的圆弧时，在直径的尺寸数字前，应加符号“ ϕ ”；在标注半圆或小于半圆的圆弧时，半径的尺寸数字前，应加符号“ R ”；尺寸线按图例绘制
大圆弧		无法标出圆心位置时，可按左图标注；不需标出圆心位置时，可按右图标注
小尺寸和小圆弧		当尺寸标注没有足够位置时，箭头可画在外面，或用小圆点代替两个箭头；尺寸数字也可写在外面或引出标注
球面		标注球面尺寸时，在 ϕ 或 R 前加注符号“ S ”
弦长和弧长		标注弦长尺寸时，尺寸界线应平行于弦的垂直平分线；标注弧长尺寸时，尺寸线用圆弧，尺寸数字上方应标注符号“ $\frown$ ”
对称机件只画出一半或大于一半时		尺寸线应略超过对称中心线或断裂线，且只在尺寸界线一端画出箭头，如尺寸 90、70
当零件为薄板时		相同直径的圆孔可用如左图所示的方法标注，如 $4 \times \phi 8$ ，表示 4 个孔的直径均为 8mm 当零件为薄板时，可在表示厚度的尺寸数字前加符号“ t ”，如板厚 12

续表

标注内容	图例	说明
光滑过渡处		在光滑过渡处, 必须用细实线将轮廓线延长, 并从它们的交点处引出尺寸界线, 尺寸界线一般应垂直于尺寸线, 必要时允许倾斜
正方形断面的结构		对断面为正方形的结构, 可在正方形边长尺寸数字前加注符号“ $\square$ ”, 或用 14×14 表示。 图中, 相交两条细实线是平面符号

1.2 制图方法与技能 (Drawing Skills)

绘制图样有 3 种方法, 即尺规绘图、徒手绘图和计算机绘图 (计算机绘图见第 14 章)。

1.2.1 尺规绘图 (Instrumental Drawing)

尺规绘图是借助丁字尺、三角板、圆规和分规等绘图工具和仪器进行手工操作的一种绘图方法。正确使用绘图工具和仪器, 不仅是保证绘图质量和效率的一个重要方面, 还能为各类图样画法奠定基础。为此, 必须养成正确使用绘图工具和仪器的良好习惯。

1. 常用的绘图工具及仪器的使用方法 (Common Drafting Equipment and Operation)

(1) 铅笔 (Pencil)。铅笔根据铅芯的软硬程度可分为多种, 分别用 B 和 H 表示其软、硬程度, 绘图时具体使用哪种, 建议如下。

- ① 用 B 或 2B 型铅笔画粗实线。
- ② 用 HB 或 H 型铅笔画虚线、写字和画箭头。
- ③ 用 H 型铅笔画细线、底稿线。

铅笔的铅芯削法有锥形和楔形两种, 如图 1-9 所示。楔形适用于加深粗实线。

(2) 图板、丁字尺和三角板 (Drawing-board, T-square and Triangles)。

- ① 图板用来固定图纸。图纸一般用胶带纸固定在图板的左下部, 如图 1-10 所示。
- ② 丁字尺由相互垂直的尺头和尺身组成, 主要用来与图板配合画水平线, 与三角板配合画垂直线及倾斜线。

③ 一副三角板由 45° 和 30° (60°) 各一块板组成。三角板与丁字尺配合使用, 可画垂直线和 $n \times 15^\circ$ 的各种倾斜线, 如图 1-11 所示。

(3) 圆规和分规 (Compass and Dividers)。

① 圆规是画圆的基本仪器, 使用前应削磨好铅芯, 并调整针脚比铅芯稍长, 如图 1-12 所示, 画圆时应使圆规顺时针旋转并稍向前倾斜。

② 分规是用来量取线段或分割线段的, 分规的两针尖调整平齐, 其用法如图 1-13 所示。

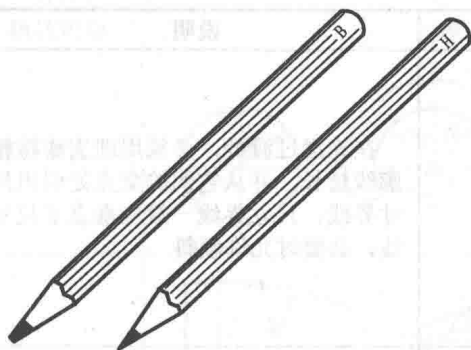


图 1-9 绘图铅笔

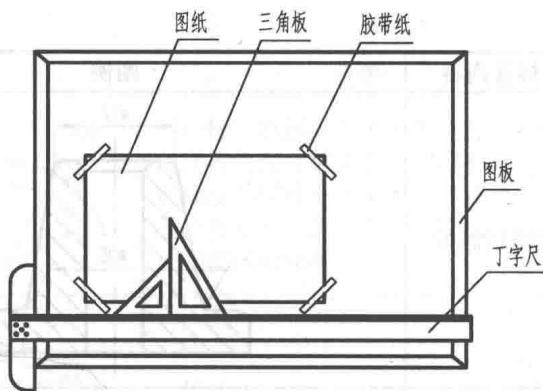
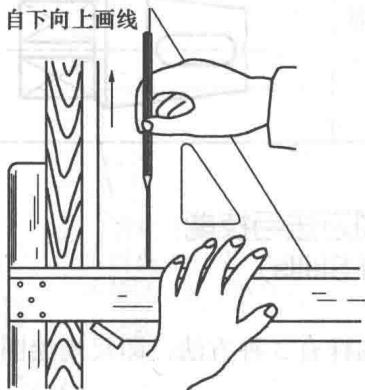


图 1-10 图板、丁字尺和三角板

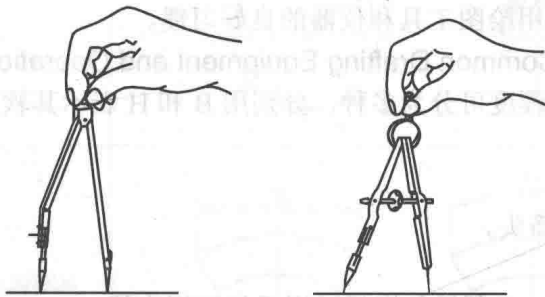


(a) 画水平线



(b) 画垂直线

图 1-11 三角板与丁字尺的配合使用



(a) 画大圆

(b) 用弹簧圆规画小圆

图 1-12 圆规的用法

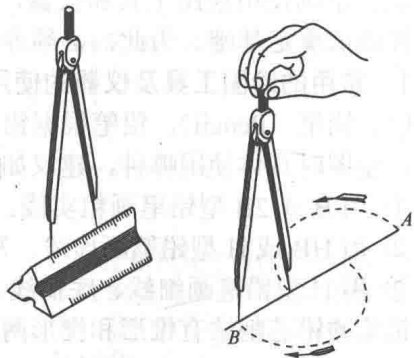


图 1-13 分规的用法

2. 尺规绘图步骤及方法 (Procedures and Methods of Instrumental Drawing)

(1) 绘图前的准备工作。

① 准备工具。准备好所用的绘图工具和仪器，削好铅笔和圆规上的笔芯。

② 固定图纸。将选好的图纸用胶带纸固定在图板偏左下方的位置，使图纸下边与丁字尺的边平齐，固定好的图纸要平整。

(2) 画图框及标题栏。按国家标准规定的幅面尺寸和标题栏位置，用细实线绘制图框和标题栏，待图纸完工后再对图框线加深、加粗。

(3) 布置图形。根据机件预先选好的表达方案，按照国家标准规定的各视图的投影关系