

普通高等教育“十三五”规划教材

Engineering Drawing

工程制图

肖扬 周已 莫丽 © 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

工 程 制 图

主 编 肖 扬 周 已 莫 丽
副主编 刘洪斌 邓茂云 郑 严
参 编 林 敏 何 进 金凡尧



机械工业出版社

本书是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会制定的《普通高等学校工程图学课程教学基本要求》，为适应现代机械工业新技术的发展如 3D 打印技术等对学生在工程图学方面的能力和素质要求，结合工程图学教学改革研究成果而编写的工程制图教材。

本书内容以培养学生的工程设计与表达能力（徒手绘图、尺规绘图和计算机绘图能力）和技术交流能力（工程图的阅读能力）为重点，将工程制图的基本内容和现行的国家标准有机地融为一体，全书共十一章，另加附录。本书主要内容有制图的基本知识与技能，点、直线和平面的投影，立体的投影，轴测投影，组合体的投影，机件的表达方法，标准件与常用件，零件图，装配图，其他工程图简介，AutoCAD 计算机绘图基础。

与本书配套的《工程制图习题集》，由机械工业出版社同时出版，可供选用。为适应现代教学需求，本书还配有多媒体电子课件，读者可在机械工业出版社教育服务网下载，网址为 www.cmpedu.com。

本书主要作为普通高等学校本科非机械类和近机械类各专业 48~64 学时工程制图课程的教材，也可作为其他类型高校相关专业的教学用书，也可供有关技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

工程制图/肖扬，周已，莫丽主编. —北京：机械工业出版社，2017.8
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-111-56980-0

I. ①工… II. ①肖… ②周… ③莫… III. ①工程制图-高等学校-教材
IV. ①TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 212758 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：舒 恬 责任编辑：舒 恬 责任校对：张 征

封面设计：张 静 责任印制：张 博

三河市国英印务有限公司印刷

2017 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16.75 印张·410 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-56980-0

定价：37.50 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线：010-88379833

读者购书热线：010-88379649

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

金书网：www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

前言

本书是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会制定的《普通高等学校工程图学课程教学基本要求》，为适应现代机械工业新技术的发展如 3D 打印技术等对学生在工程图学方面的能力和素质要求，结合工程图学教学改革研究成果而编写的工程制图教材。

工程制图是高等工科院校学生的一门重要的专业基础课，它对培养学生的产品设计表达能力、技术和设计思想的交流以及学生的基本工程观念和素养起着很重要的作用。随着社会和科技的发展，工程制图课程无论是在课程体系、教学内容、教学方法和手段，以及对培养人才的要求方面都发生了深刻的变化，而且这种变化还会持续深刻地进行下去。因此，与这种发展变化相适应的教学体系和教材也会不断出现，本书就是根据这一出发点编写的。本书编写的指导思想是加强基础理论和基本技能，适应对创造型复合人才培养的要求，构建一个宽口径的设计表达和图形思维的平台，内容更突出实用性、先进性。

本书主要有以下特点：

1. 将最新的工程制图教研成果应用于教材的编写和组织中。
2. 以实际应用为目的组织教材内容。画法几何理论部分的内容选择和安排以及整个教材的体系结构都以应用型本科的教学要求和需要来定，力求体现应用型本科的教学特色。
3. 具有广泛的适用性。为适应非机类各专业的教学要求，在教学内容的选择上较宽广，建筑、化工、电气图都有涉及，以满足不同学时、不同专业的要求。
4. 计算机绘图部分采用最新的 AutoCAD 2016，并且精选了内容和例子，达到学生能够快速掌握和应用的目的。
5. 本书全部采用现行的《技术制图》和《机械制图》国家标准，在介绍其他相关的国标时，都采用现行版本。

本书内容以培养学生的工程设计与表达能力（徒手绘图、尺规绘图和计算机绘图能力）和技术交流能力（工程图的阅读能力）为重点，同时在整个教材和教学过程中注意培养学生的工程素养和能力，将工程制图的基本内容和最新的国家标准有机地融为一体。全书共十一章，另加附录。主要内容有制图的基本知识与技能，点、直线和平面的投影，立体的投影，轴测投影，组合体的投影，机件的表达方法，标准件与常用件，零件图，装配图，其他工程图简介，AutoCAD 计算机绘图基础。

与本书配套的有《工程制图习题集》由机械工业出版社同时出版，可供选用。为适应现代教学需求，本书还配有多媒体电子课件，读者可通过机械工业出版社教育服务网（www.cmpedu.com）下载。

本书由肖扬、周已、莫丽主编，刘洪斌、邓茂云、郑严副主编。参加编写的有林敏、何进、金凡尧。

本书主要作为普通高等学校本科非机械类和近机械类各专业 48~64 学时工程制图课程的教材,也可作为其他类型高校相关专业的教学用书,也可供有关技术人员参考。

本书在编写过程中参考了一些同类著作,在此向有关作者致敬和表示感谢,也感谢机械工业出版社和本书编辑的大力支持和帮助。

由于水平所限,书中缺点错误在所难免,敬请专家读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第一章 制图的基本知识与技能	3
1.1 《技术制图》与《机械制图》国家标准的有关规定	3
1.2 绘图工具及其使用方法	12
1.3 常用几何作图方法	15
1.4 平面图形的分析与绘图方法	19
第二章 点、直线和平面的投影	21
2.1 投影法概论	21
2.2 点的投影	24
2.3 直线的投影	27
2.4 平面的投影	34
第三章 立体的投影	40
3.1 平面立体的投影	40
3.2 回转体的投影	44
3.3 平面与立体表面的交线	51
3.4 两回转体表面相交	64
第四章 轴测投影	73
4.1 轴测投影的基本知识	73
4.2 正等轴测图的绘制	75
4.3 斜二轴测图的绘制	83
第五章 组合体的投影	87
5.1 组合体的构造与形体分析法	87
5.2 组合体的画法	89
5.3 组合体的尺寸标注	93
5.4 读组合体视图	96
5.5 组合体的构形设计	102
第六章 机件的表达方法	106
6.1 视图	106
6.2 剖视图	109
6.3 断面图	121
6.4 局部放大图和简化画法	125
6.5 第三角投影法简介	131
第七章 标准件与常用件	133
7.1 螺纹	133
7.2 螺纹紧固件	140
7.3 键连接和销连接	144
7.4 齿轮	146
7.5 滚动轴承	150
7.6 弹簧	152
第八章 零件图	155
8.1 零件图的作用与内容	155
8.2 零件表达方案的选择与尺寸标注	156
8.3 零件常见的工艺结构	164
8.4 零件的技术要求	166
8.5 读零件图	176
第九章 装配图	179
9.1 装配图的作用和内容	179
9.2 装配图的表达方法	181
9.3 装配图的画法	183
9.4 装配结构合理性介绍	185
9.5 读装配图	187
第十章 其他工程图简介	191
10.1 房屋建筑图	191
10.2 电气图	195
10.3 化工设备图	198
第十一章 AutoCAD 计算机绘图基础	206
11.1 AutoCAD 的基本操作	206
11.2 AutoCAD 绘制平面图形	212
11.3 AutoCAD 绘制视图与剖视图	220
11.4 AutoCAD 绘制零件图	225
附录	235
一、螺纹	235
二、常用的标准件	240
三、极限与配合	253
四、常用的金属材料与非金属材料	256
参考文献	259

绪 论

一、课程的研究对象

在人们的现实生活中,大量的工作都由机器来完成。同时人们也生活在三维的世界中,大量的对象都是人们生产建造出来的。要生产建造这些东西就必须先进行设计。无论是制造各种机械设备、电气设备、仪器仪表或者加工各种通信电子器材,还是建筑房屋、道路桥梁和水利工程施工,设计过程都是必需的。而设计过程的结果,都必须以工程图的形式加以表达。所以工程图是表达设计意图、进行技术交流和指导生产的重要文档,是生产中重要的技术文件,是工程界进行技术交流的重要工具,因此工程图也被称为工程师的语言。作为一名工程技术人员,不掌握这种语言,就无法进行技术交流,无法从事工程技术工作。

图形对于物体形状的表达有其独特的优点,是其他的表达方法所不能替代的,因此有“一图胜千言”一说。在现代工业生产中,工程图样作为表达构思、设计和传递制造工程与产品信息的主要媒介,在工业生产技术工作和管理中广泛应用。在科学研究中,图形也能直观地反映和表达实验数据,揭示数据后面的科学规律,对于人们探索事物的内在联系、规律,掌握问题的变化趋势具有重要的意义。图形的直观、形象和简洁,是人们认识事物规律、探索未知的重要工具。事实上数学学科,它所研究的最基本的两个问题就是图形和数字。而本课程的理论基础,就源于数学的几何学。因此,对于现代的大学生而言,工程图学的知识是必须掌握的,作为一种表达工具,掌握它可以提高素质,也是培养创新思维的基础。

工程制图是研究如何运用多面正投影的理论和方法,在平面上表示空间三维物体、图解空间几何问题的原理与方法,以及根据工程技术的规定和知识来绘制、阅读工程图样的学科。本课程是工科院校学生必修的一门重要的技术基础课。

本课程内容包括:

1. 工程图学基础

由投影法概论、多面正投影理论、构形方法基础构成。

2. 技术制图与设计基础

由物体表达方法基础、绘图能力基础和工程规范基础构成。

3. 计算机绘图基础

介绍利用 AutoCAD 绘图软件绘制工程图的方法和技巧。

4. 专业图样的绘制与阅读

介绍工程中常用的图样的绘制与阅读。

二、课程的主要任务

本课程的主要任务是：

- 1) 学习多面正投影法的基本原理与应用。
- 2) 学习利用绘图工具和仪器、计算机绘图软件及徒手绘制工程图样的方法和基本技能。
- 3) 培养初步的空间想象能力和三维物体的形体构形能力。能阅读常见的、比较简单的零件图和装配图。
- 4) 熟悉国家标准《技术制图》和《机械制图》以及相关的国家标准的内容，具有查阅有关标准手册的能力。
- 5) 培养学生认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

三、课程的学习方法

工程制图课程是一门既重理论，又重实践的技术基础课程，体现了知识与能力的交融。因此学习本课程应坚持理论联系实际学风。首先掌握理论基础，掌握多面正投影理论的原理和方法。实践性体现在学生必须在学习中通过大量的练习，培养徒手绘图能力、尺规绘图能力、计算机绘图能力以及构型创新能力。通过大量的作业练习和绘图、看图以及上机实践操作，加深对课程知识的理解与掌握。尤其要通过多画图、看图、多思考来培养扎实的工程素养，提高自己的画图、读图能力。

由于图样是生产和检验的依据，绘图和读图中的任何一点疏忽都会给生产造成严重的损失，有时还会发生事故。所以在学习中应该注意培养工程设计过程的严谨性和科学性，养成认真负责、耐心细致和一丝不苟的良好工作作风。

第一章

制图的基本知识与技能

图样是表达设计思想、交流技术、指导生产的重要工具，是工程界共同的技术语言。为了便于表达和交流，工程图样的表达必须具有规范性。

1.1 《技术制图》与《机械制图》国家标准的有关规定

一、图纸幅面和格式（GB/T 14689—2008）

1. 图纸幅面

图纸幅面尺寸应优先采用表 1-1 中规定的基本数值。必要时允许选用规定的加长幅面。加长幅面的尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增加得到，长边的尺寸保持不变。

表 1-1 图纸幅面

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

图框分为外框和内框。外框用细实线表示，内框用粗实线表示。图样应画在内框中。图框分为留装订边和不留装订边，横放和竖放形式。同一产品的图样只能采用同一种格式。如图 1-1、图1-2所示。

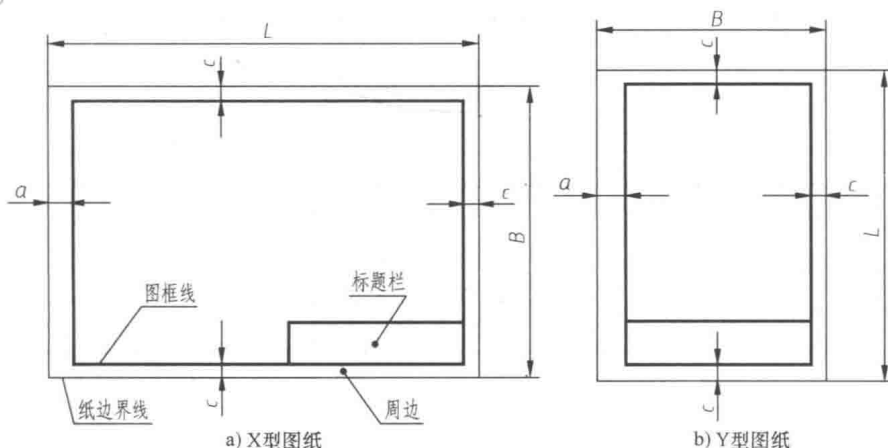


图 1-1 留装订边的图框格式

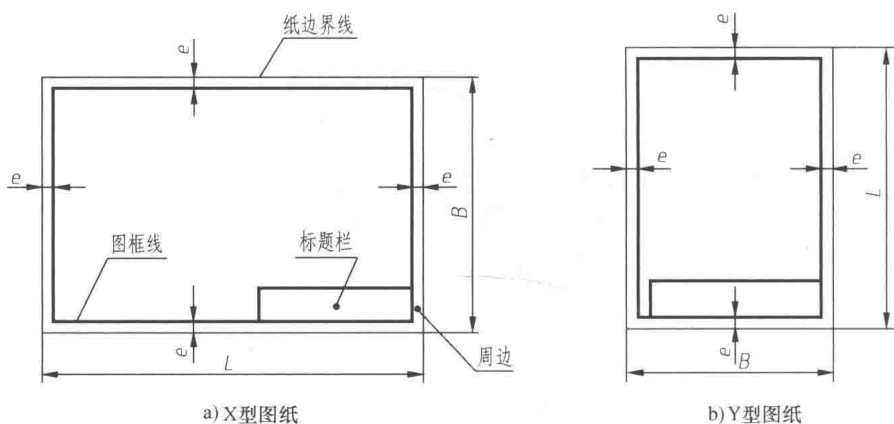


图 1-2 不留装订边的图框格式

3. 标题栏

标题栏是提供图样信息、图样所表达的产品信息以及图样的管理信息等内容的栏目。每张图样都必须有标题栏。标题栏的格式和尺寸按 GB/T 10609.1—2008 的规定。标题栏的位置应位于图纸的右下角，如图 1-1、图 1-2 所示。GB/T 10609.1—2008 对标题栏的内容、格式和尺寸做了统一规定，如图 1-3a 所示。制图作业中的标题栏建议采用如图 1-3b 所示的格式。

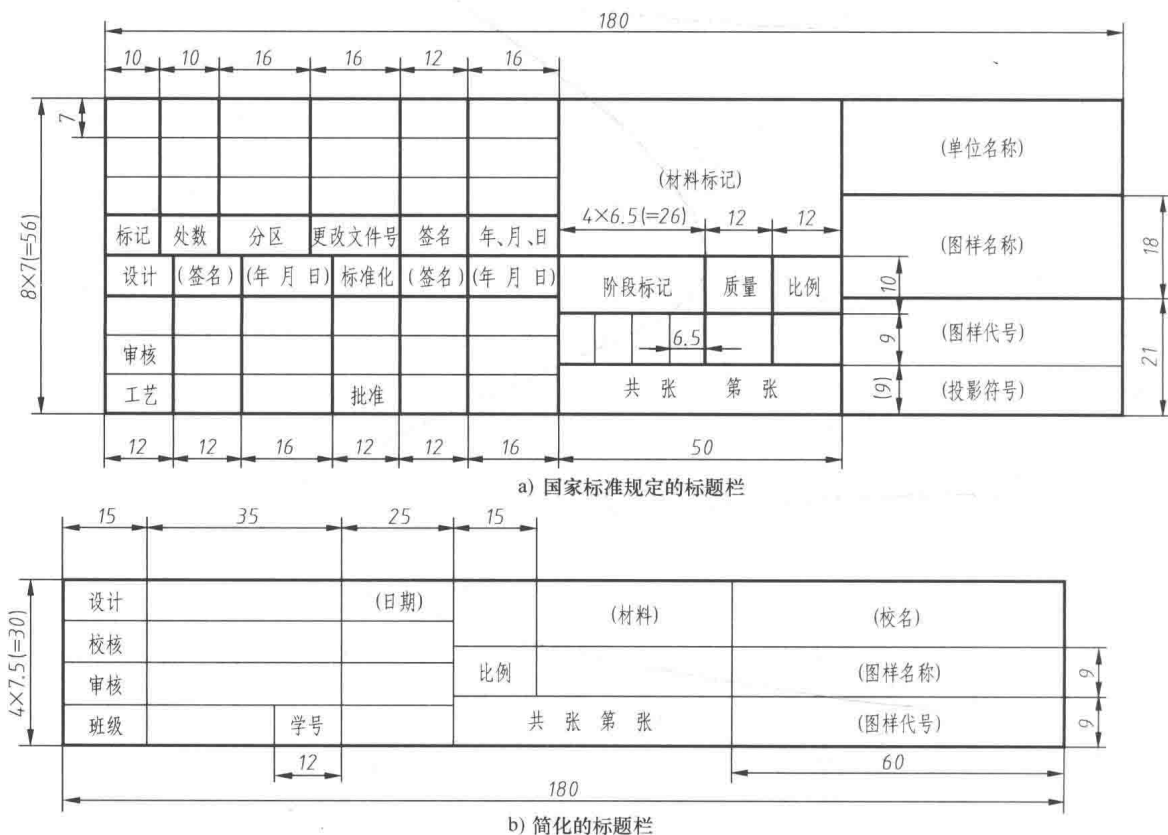


图 1-3 标题栏的格式与尺寸

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 1-1a、图 1-2a 所示。若标题栏的长边与图纸的长边垂直时,则构成 Y 型图纸,如图 1-1b、图 1-2b 所示。在此情况下,看图的方向与看标题栏的方向一致。

为了利用预先印制的图纸,允许将 X 型图纸的短边置于水平位置使用,如图 1-4 所示,或将 Y 型图纸的长边置于水平位置使用,如图 1-5 所示。为了使图样复制和缩微摄影时定位方便,可在图纸各边长的中点处分别画出对中符号,如图 1-4、图 1-5 所示。

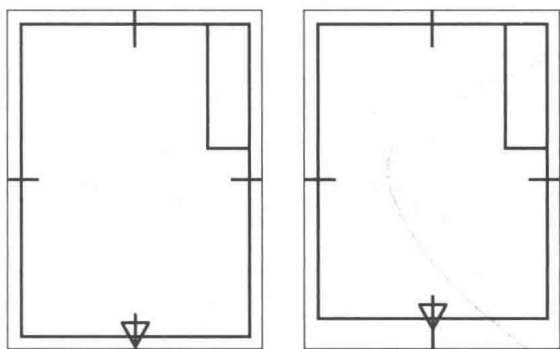


图 1-4 标题栏的方位 (X 型图纸竖放时)

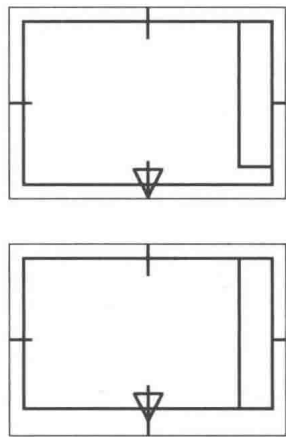


图 1-5 标题栏的方位 (Y 型图纸横放时)

二、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。绘制图样时,优先选用表 1-2 中的比例,尽量选用原值比例。必要时,也允许选用表 1-3 中的比例。无论采用何种比例,图样上标注的尺寸必须是实物的真实大小,与图形比例无关。

绘制同一机件的各个视图时,应尽可能采用相同的比例,并将其填入标题栏的“比例”项内。当某个视图采用不同比例时,可在该视图的上方另行标注比例。

表 1-2 优先选用的绘图比例

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	$5 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$	

表 1-3 绘图比例

缩小比例	1 : 1.5	1 : 2.5	1 : 3	1 : 4	1 : 6
	$1 : 1.5 \times 10^n$	$1 : 2.5 \times 10^n$	$1 : 3 \times 10^n$	$1 : 4 \times 10^n$	$1 : 6 \times 10^n$
放大比例	4 : 1	2.5 : 1	$4 \times 10^n : 1$	$2.5 \times 10^n : 1$	

三、字体 (GB/T 14691—1993)

1. 基本要求

国家标准规定图样中的字体书写必须做到:字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列

整齐。

字体高度（用 h 表示）的公称尺寸系列为：1.8mm、2.5mm、3.5mm、5mm、7mm、10mm、14mm、20mm。字体的高度代表字体的号数。

汉字应写成长仿宋体，字号不应小于 3.5mm，采用国家正式公布推行的简化汉字。长仿宋体的字宽与字高的比例一般为 $\sqrt{2}/2$ 。

字母和数字分为 A 型（笔画宽 $h/14$ ）和 B 型（笔画宽 $h/10$ ）两种，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° 。在同一张图样只允许采用同一形式的字体。

2. 字体示例

(1) 长仿宋体汉字示例 如图 1-6 所示。

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 1-6 汉字示例

(2) 字母、数字示例 如图 1-7 所示。

A B C D E F G H I J K L M N O P

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

a) A型字体斜体

a b c d e f g h i j k l m n o p q

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

b) B型字体直体

图 1-7 字母、数字示例

四、图线 (GB/T 4457.4—2002)

1. 线型及应用

国家标准中规定了绘制机械图样常用的 9 种图线及应用, 常用的用法见表 1-4。

表 1-4 图线的用法

名称	线 型	宽度	应 用	
粗实线		d	可见轮廓线、可见棱边线、螺纹长度终止线、螺纹牙顶线、剖切符号用线、相贯线、齿顶圆(线)、表格图、流程图中的主要表示线	
细实线		$d/2$	过渡线、尺寸线及尺寸界线、剖面线、重合断面的轮廓线、剖面线、指引线和基准线、短中心线、螺纹牙底线、辅助线、尺寸线的起止线、表示平面的对角线、范围线及分界线、重复要素表示线(如齿轮的齿根线)、不连续同一表面连线、成规律分布的相同要素连线、投射线	
细虚线		$d/2$	不可见轮廓线、不可见棱边线	
细点画线		$d/2$	对称中心线、轴线、分度圆(线)、剖切线、孔系分布的中心线	
波浪线		$d/2$	断裂处边界线、视图与剖视图的分界线	注: 在同一张图样上一般采用一种线型, 即采用波浪线或双折线
双折线		$d/2$	断裂处边界线、视图与剖视图的分界线	
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、成形前轮廓线、剖切面前的结构轮廓线、重心线、轨迹线、毛坯图中制成品的轮廓线、延伸公差带表示线、中断线、特定区域线、工艺用结构的轮廓线	
粗虚线		d	允许表面处理的表示线	
粗点画线		d	限定范围表示线	

机械图样中采用两种线宽。粗线的线宽尺寸系列为 0.13mm、0.18mm、0.25mm、0.35mm、0.5mm、0.7mm、1mm、1.4mm、2mm, 使用时根据图形的大小和复杂程度选定, 优先选择 0.5mm、0.7mm 的线宽。细线的线宽为 $d/2$ 。

2. 图线画法 (图 1-8)

1) 同一图样中, 同类图线的宽度应基本一致。两条平行线之间的最小距离不能小于图中的粗实线的宽度, 且不小于 0.7mm。

2) 虚线、点画线的线段长度和间隔应各自大致相等。绘制圆的中心线时, 圆心应为长画的交点。点画线的首末两端为长画, 并超出轮廓线 2~5mm, 当其较短时, 可用细实线代替。

3) 虚线、点画线与其他图线相交时, 应相交于长画, 而不应相交于短画或间隔; 虚线

与其他图线相接时应留有空隙，当虚线在粗实线延长线上时，粗实线应画到分界点，虚线端处留出空隙与之相连。

4) 当两种或两种以上图线重叠时，应按照粗实线、虚线、细点画线的顺序优先选取前面的一种。

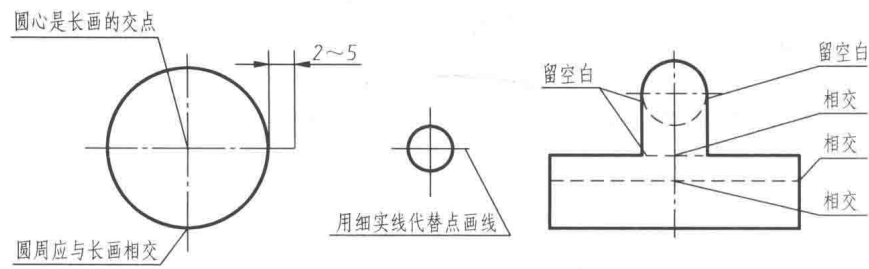


图 1-8 图线画法

图线应用示例如图 1-9 所示。

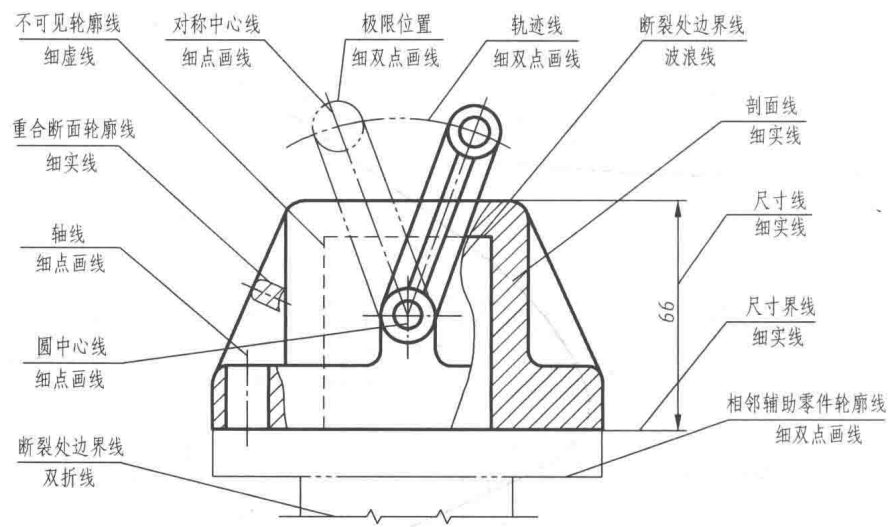


图 1-9 图线应用示例

五、尺寸标注 (GB/T 4458.4—2003)

1. 基本规则

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

2) 图样中的尺寸以毫米为单位时，不需标注单位的符号或名称。如采用其他单位时，则必须注明。

3) 图样中标注的尺寸，为工件最后完工尺寸，否则应加以说明。

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. 尺寸组成

一个完整的尺寸由尺寸界线、尺寸线、尺寸线终端和尺寸数字组成,如图 1-10 所示。

(1) 尺寸界线 表示尺寸的范围,用细实线绘制,并从图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出。也可以直接利用轮廓线、轴线和对称中心线作尺寸界线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直,必要时允许倾斜。如图 1-11 所示。

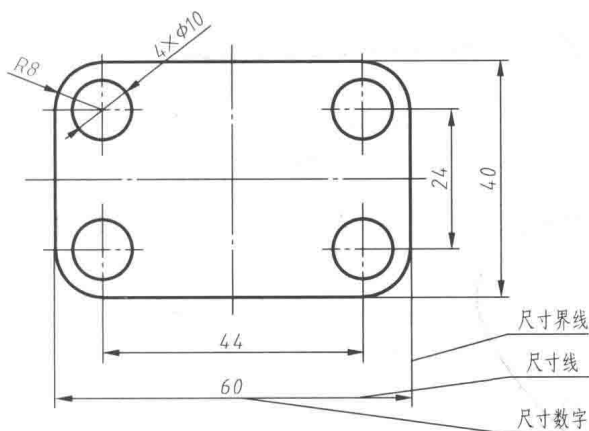


图 1-10 尺寸的组成

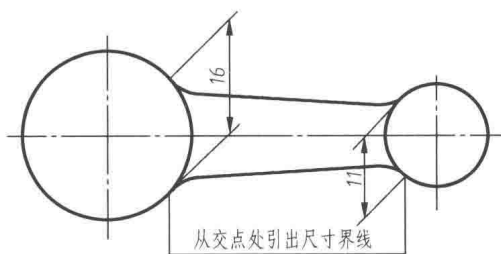


图 1-11 尺寸界线与尺寸线斜交

(2) 尺寸线 表明尺寸度量的方向,用细实线绘制,必须单独画出,不能用其他图线代替,也不能与其他图线重合或画在其延长线上。尺寸线间的间隔应均匀一致,一般 $>5\text{mm}$ 。

(3) 尺寸线终端 箭头或斜线,如图 1-12 所示,并画在尺寸线与尺寸界线的相交处。在机械图样中一般采用箭头的形式,在建筑图样中使用细斜线的形式。

(4) 尺寸数字 表示机件的实际大小,一般注写在尺寸线的上方,也允许注写在尺寸线的中断处。尺寸数字不可被任何图线通过,无法避免时,必须将图线断开。尺寸数字的方向如图 1-13a 所示,应避免在图示 30° 范围内标注尺寸。如无法避免时,应按图 1-13b 所示的形式引出标注。

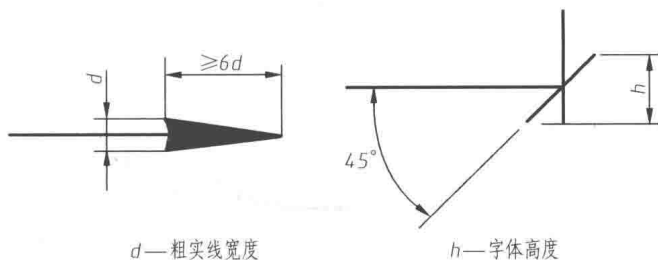


图 1-12 尺寸线终端

3. 尺寸标注示例

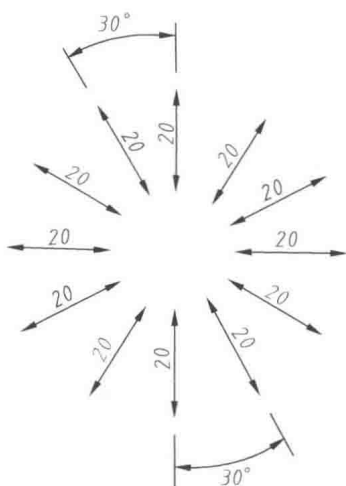
尺寸标注示例见表 1-5。

标注尺寸应做到:正确、清晰、完整。

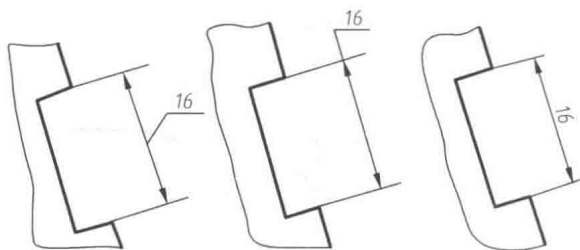
正确——尺寸标注符合国家标准。

清晰——尺寸标注的位置要安排在图形的明显处,布局要整齐、美观、便于阅读。

完整——尺寸必须要齐全。不遗漏尺寸,也不重复尺寸。



a) 尺寸数字的方向



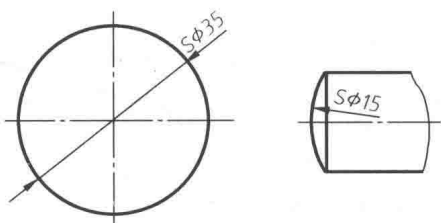
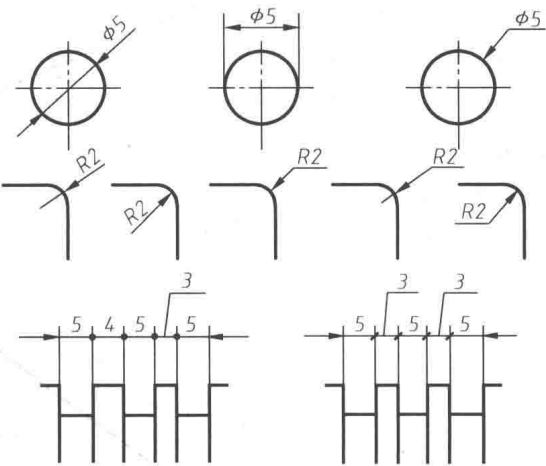
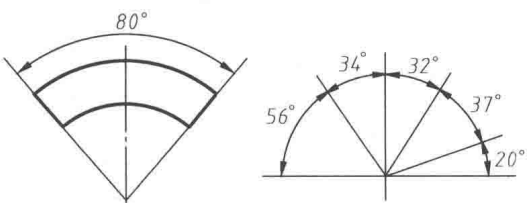
b) 在 30° 范围内允许标注的形式

图 1-13 尺寸数字的方向

表 1-5 尺寸标注示例

分类	规定	示例
线性尺寸	线性尺寸的尺寸线与所标注线段平行;连续尺寸的尺寸线应对齐;平行尺寸尺寸线间距相等,且“小尺寸在内,大尺寸在外”;水平方向的尺寸数字应注写在尺寸线的上方,垂直方向的尺寸数字应注写在尺寸线的左侧;尺寸数字也允许注写在尺寸线的中断处	
圆及圆弧	整圆或大于半圆的圆弧标注直径(符号ϕ),以圆周为尺寸界线,尺寸线应通过圆心。圆弧直径尺寸线应略超过圆心,此时仅在指向圆弧一端的尺寸线上画出箭头 小于或等于半圆的圆弧,应标注半径(符号R),其尺寸线应通过圆弧的中心;若不需标出圆心位置时,尺寸线可沿半径方向画出;当半径过大或在图纸范围内无法标注出其圆心位置时,尺寸线可画成折线,将折线终点画在圆心坐标线上	

(续)

分类	规定	示例
球面	标注球面的直径或半径时,应在符号“ ϕ ”或“ R ”前面加注符号“ S ”	
小尺寸	当遇到连续几个较小的尺寸时,允许用黑圆点或斜线代替箭头 图形上直径较小的圆或圆弧,在没有足够的位置画箭头或注写数字时,可将箭头、数字按示例中的图布置	
角度	标注角度时,尺寸线为圆弧,其圆心为该角的顶角。角度数字一律水平书写,一般注写在尺寸线中断处或如示例中的图所示	

标注尺寸要先确定尺寸基准,然后标注定形尺寸,再标注定位尺寸。如图 1-14 所示。

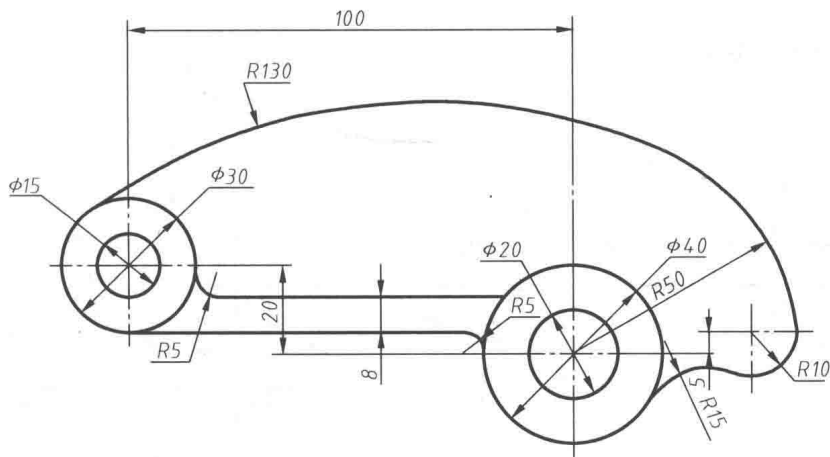


图 1-14 平面图形的尺寸标注