

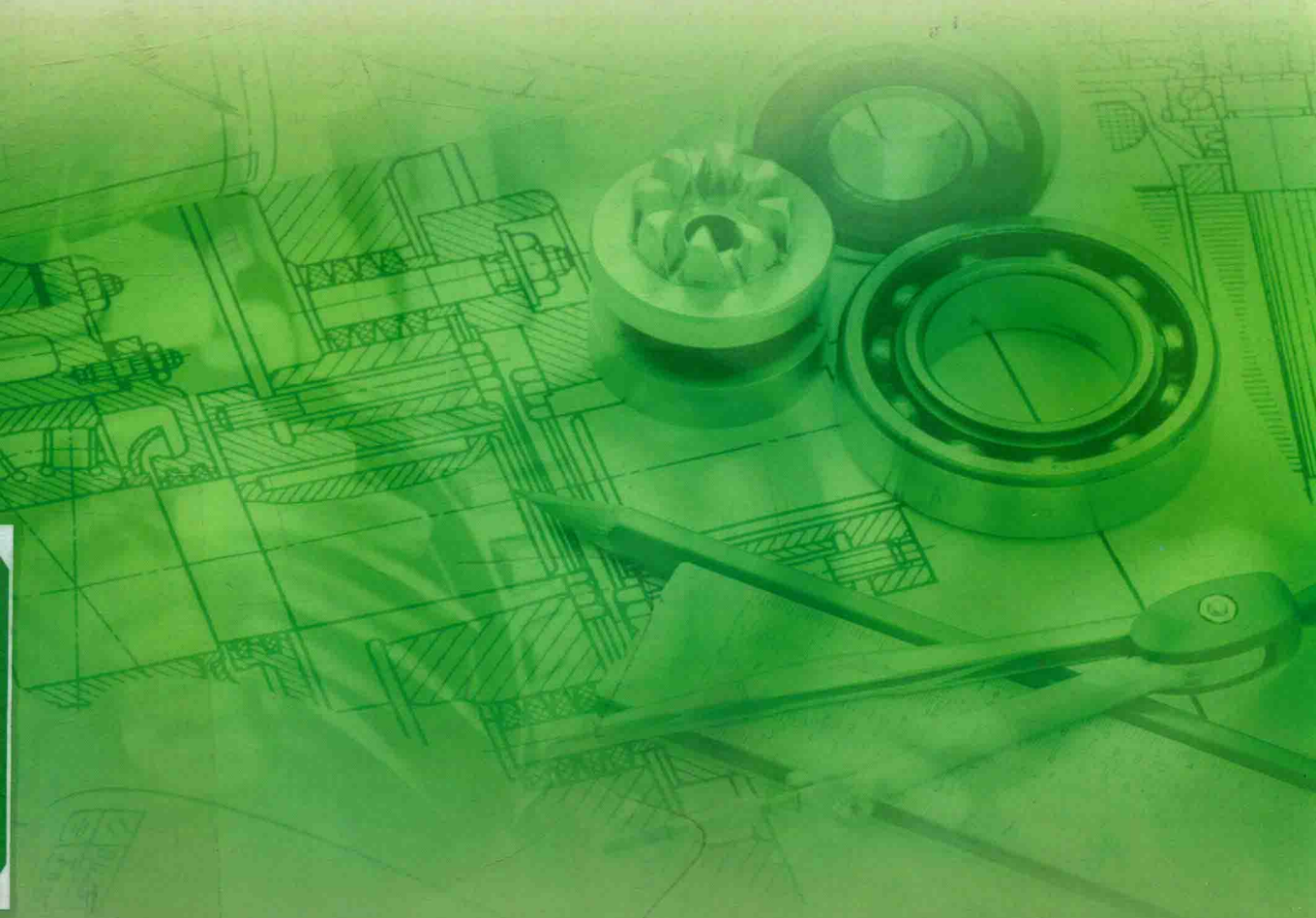
高等学校创新型人才培养规划教材

工程制图

燕山大学工程图学部 编

主 编 赵炳利 郭长虹

副主编 董永刚 李大龙 朱 虹



高等学校创  教材

工程制图

燕山大学工程图学部 编

主 编 赵炳利 郭长虹

副主编 董永刚 李大龙 朱虹

中国标准出版社

北 京

内 容 提 要

本书参照教育部工程图学教学指导委员会 2010 年 5 月在武汉会议修订的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》并结合河北省精品课程《工程制图》的建设成果编写而成,参考学时为 40 ~ 70 学时。

本书内容包括:制图的基本知识、投影的基本知识、立体的投影、组合体视图、工程图样的表达方法、工程标准件和常用件、零件图、装配图计算机绘图软件应用及计算机三维建模基础和附表。与本书配套的由董永刚、李大龙主编的《工程制图习题集》同时出版,可供选用。

本书可作为高等工业学校非机类和近机类各专业的教材,也可供其他类型学校相关专业选用。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程制图/赵炳利,郭长虹主编. —北京:中国
标准出版社, 2017. 2

高等学校创新型人才培养规划教材

ISBN 978-7-5066-8335-7

I. ①工… II. ①赵…②郭… 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 (2016) 第 198643 号

中国标准出版社出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 15.25 字数 362 千字

2017 年 2 月第一版 2017 年 2 月第一次印刷

*

定价 35.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

前 言

本教材根据教育部工程图学教学指导委员会 2010 年 5 月修订的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》并参阅国内外许多优秀教材的基础上编写而成。本教材应用了河北省精品课程《工程制图》的建设成果。

本次编写过程中,依据 OBE 教育理念,在培养创新型应用人才、调动学生的学习积极性、加强对读图绘图的综合表达能力等方面做了一些安排。

全书采用了最新《技术制图》及《机械制图》国家标准,截至 2016 年 6 月,本书所引用标准均为现行标准。在计算机绘图部分,编入了 CAXA2015 软件。

与本书配套使用的 CAI 课件,如果需要,可与作者联系。

本书与董永刚、李大龙主编的《工程制图习题集》一书配套使用,该书由中国标准出版社同时出版。

参加本书编写的有赵炳利、李大龙、董永刚、郭长虹、朱虹。在本书编写过程中,得到了燕山大学工程图学部全体教师的鼎力相助,在此一并致谢。

本书由燕山大学贾春玉教授主审。审稿人对本书的编写提出了许多宝贵意见和建议,再次表示感谢。

由于编者的水平有限,书中可能存在若干的缺点或错误,欢迎读者批评指正。

编 者

2016 年 6 月

目 录

绪论	1
第一章 制图的基本知识	2
第一节 国家标准《技术制图》与《机械制图》摘录	2
第二节 绘图工具的使用及几何作图	11
第三节 平面图形的绘图方法	14
第二章 投影的基本知识	17
第一节 投影法的概念	17
第二节 点的投影	18
第三节 直线的投影	22
第四节 平面的投影	29
第三章 立体的投影	33
第一节 平面立体及其与平面相交	33
第二节 回转体及其与平面相交	37
第三节 立体与立体相交	52
第四章 组合体视图	60
第一节 组合体的视图	60
第二节 画组合体视图的方法	63
第三节 读组合体视图的方法	66
第四节 组合体的尺寸标注	70
第五章 工程图样的表达方法	77
第一节 视图	77
第二节 剖视图	81
第三节 断面图	90
第四节 工程图样中的其他画法	92
第五节 图样画法的综合应用	95
第六章 工程中的标准件和常用件	97
第一节 螺纹及螺纹紧固件	97
第二节 销、键和滚动轴承	107
第三节 齿轮	111
第四节 弹簧	115
第七章 零件图	118
第一节 零件图的内容	118

第二节	零件的工艺结构	119
第三节	零件图的视图选择	121
第四节	零件图的尺寸标注	127
第五节	零件图中的技术要求	132
第六节	读零件图	141
第七节	零件的测绘	143
第八章	装配图	146
第一节	装配图的作用和内容	146
第二节	装配图的表达方法	147
第三节	装配图的尺寸注法	149
第四节	装配图的零件编号和技术要求	149
第五节	常见的合理装配结构	151
第六节	画装配图的方法步骤	152
第七节	读装配图并由装配图拆画零件图	155
第九章	计算机二维绘图软件的应用	160
第一节	概述	160
第二节	CAXA2015 电子图板简介	160
第三节	CAXA2015 电子图板基本绘图方法	164
第四节	CAXA2015 电子图板工程标注	171
第五节	CAXA2015 电子图板基本编辑操作	176
第六节	工程作图举例	185
第十章	计算机三维建模基础	190
第一节	概述	190
第二节	SolidWorks 的立体绘制方法	192
第三节	零件上常见结构建模	203
附录		211
参考文献		238

绪 论

一、本课程的研究对象和学习目的

本课程是一门研究图示、图解空间几何问题和绘制与阅读机械工程图样的学科基础课。

根据投影原理、标准或有关规定,表示工程对象,并有必要的技术说明的图,称为图样。在实际生产中,工程技术人员通过图样表达自己的设计思想,然后再根据图样进行加工制造。因此,图样是设计、制造各环节的重要技术资料,是工程界进行技术交流的“语言”。所以,要求每个工程技术人员必须熟练掌握这门课程所介绍的基本理论、基本知识和基本技能。

随着信息时代的到来,图样信息的载体由原来的图纸发展成为计算机,而且后者将逐渐取代前者。所以,每个工程技术应用型人才必须熟练地掌握计算机技术在图学中的应用。本课程可为掌握这类新技术打下一个重要的基础。

1. 本课程的研究对象

- (1) 用投影原理,在平面上图示、图解空间几何问题;
- (2) 绘制和阅读工程图样;
- (3) 计算机绘图技术。

2. 学习本课程的目的

学习本课程的主要目的是培养学生的绘图、读图能力;开发学生的空间想象能力、创新能力;训练学生的徒手绘图、仪器绘图和计算机绘图的基本技能。

二、本课程的学习方法

本课程是一门实践性很强的课程,学习时应注意下列各点:

(1) 掌握基本理论。在学习中,必须注意空间几何关系的分析,掌握空间形体与投影图之间的内在联系。只有通过“从空间到平面,再从平面到空间”这样反复研究和思考,才能扎实掌握本课程的基本理论和基本方法。

(2) 注重实践环节。在学习投影理论的同时,要多动手绘图、多读图、多想象,注意分析模型的结构特点,反复实践,积累感性认识。

(3) 按时完成作业。由于本课程的基础理论具有较强的系统性、逻辑性和一定的抽象性,如果不通过一定数量的画图、读图练习,则很难学好本课程。因此,要求学生在认真听课并及时复习的前提下,要独立、按时完成作业。

(4) 培养严谨作风。画图时要确立对产品负责的观念,严格遵守国家标准中的有关规定,培养耐心细致、严肃认真的工作作风。要重视绘图前的准备工作,预备一套能满足使用要求的绘图工具和仪器,并能正确、熟练地使用,以不断提高绘图质量和绘图速度。

第一章 制图的基本知识

机械工程图样是现代化工业生产中的主要技术文件之一,是表达设计思想、进行技术交流的技术语言。为了便于生产和技术交流,必须对图样的格式、表达方法、符号等作出统一的规定,供生产、设计部门使用。

在学习工程制图的过程中,必须重视制图基本技能的训练,正确使用制图工具和绘图仪器,掌握基本的绘图方法,培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。

第一节 国家标准《技术制图》与《机械制图》摘录

我国颁布了一些技术制图、机械制图、CAD 制图方面的基础性国家标准,它们统一规定了生产和设计部门必须共同遵守的制图规则。本节将简要介绍图纸幅面、标题栏、比例、字体、图线、尺寸注法等方面国家标准,例如 GB/T 17450—1998《技术制图 图线》,其中“GB”为“国标”的汉语拼音字头,“T”为推荐的“推”汉语拼音字头,“17450”为标准编号,“1998”为该标准发布年代号。

一、图纸幅面及格式(摘自 GB/T 14689—2008)

1. 标准图幅

绘制图样时,应优先选用表 1-1 中规定的基本幅面尺寸。必要时也可采用规定的加长幅面,这些幅面的尺寸是由相应基本幅面的短边成整数倍增加的,如图 1-1 所示。图中粗实线为基本幅面,细实线和虚线都为加长幅面。图纸幅面可横放或竖放。

表 1-1 基本幅面尺寸(优先选择)

单位:mm

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
尺寸 $B \times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框,其格式分为不留装订边和留有装订边两种,但同一产品的图样只能采用一种格式。

不留装订边的图纸,其图框格式如图 1-2 所示,尺寸符合表 1-1 中 e 值规定。留有装订边的图纸,其图框格式如图 1-3 所示,尺寸符合表 1-1 中 c 和 a 的规定。

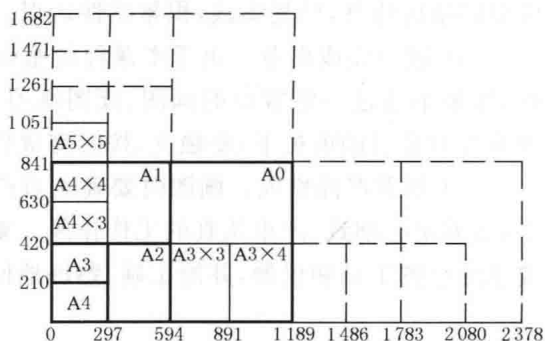


图 1-1 图纸幅面

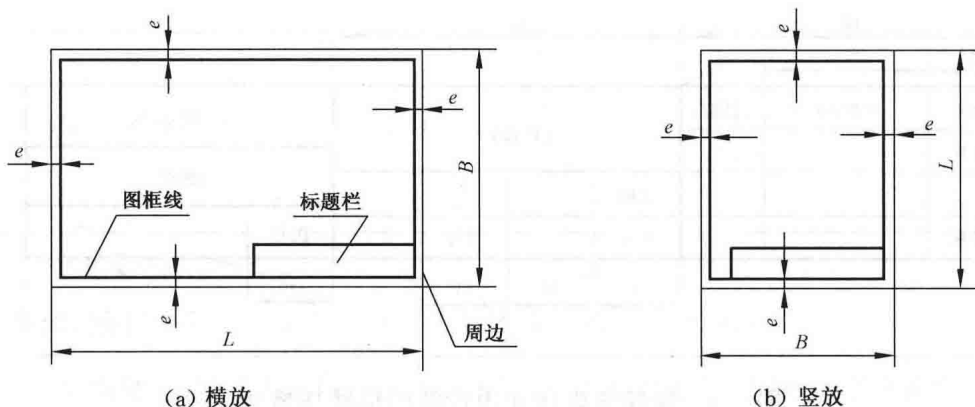


图 1-2 不留装订边图样的图框格式

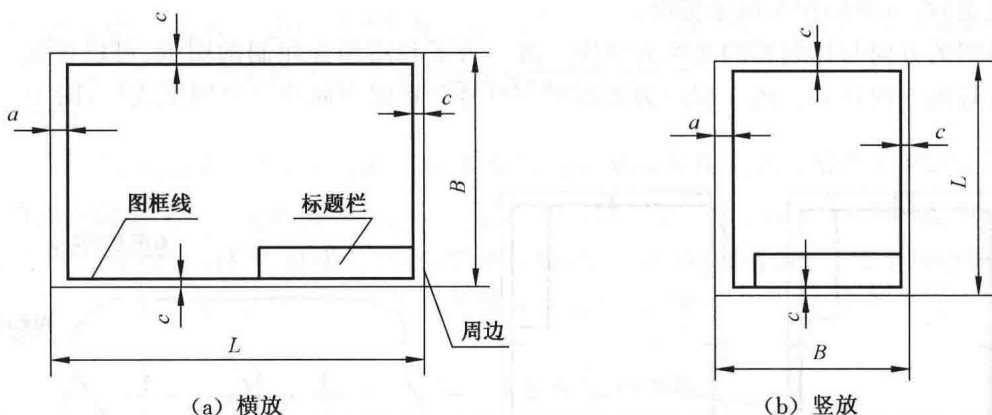


图 1-3 留装订边图样的图框格式

3. 标题栏(摘自 GB/T 10609.1—2008)

标题栏的位置应位于图纸的右下角,每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏一般有更改区、签字区、其他区、名称及代号区,在 GB/T 10609.1—2008 中推荐的标题栏格式如图 1-4 所示。标题栏的内容也可按实际需要增加或减少,如学校学生作业用的标题栏格式,如图 1-5 所示。如采用第一角画法时,可以省略投影符号,投影符号见附表 22。

180											
10 10 16 16 12 16						(材料标记)			(单位名称)		
7						4×6.5(=26)			12 12		
标记 处数 分区 更改文件号 签名 年、月、日						阶段标记			(图样名称)		
设计 (签名) (年月日) 标准化 (签名) (年月日)						重量 比例			(图样代号)		
审核						6.5			(9)		
工艺						共 张第 张			(投影符号)		
12 12 16 12 12 16						50			18		
8×7 (=56)									21		

图 1-4 国标中推荐的标题栏

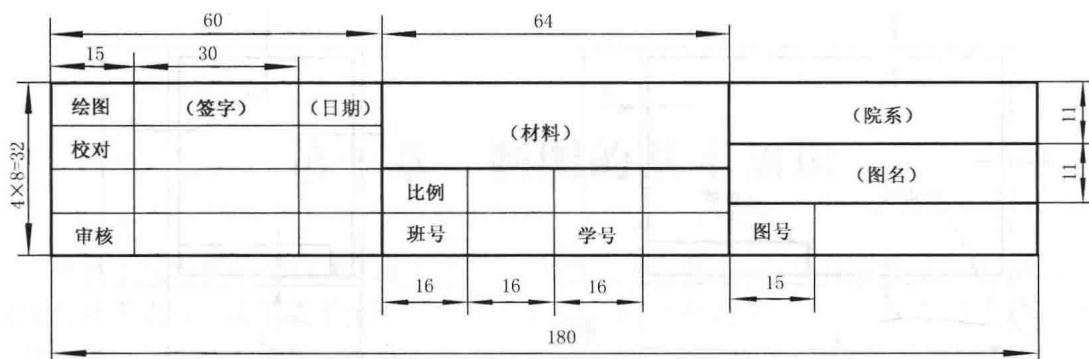
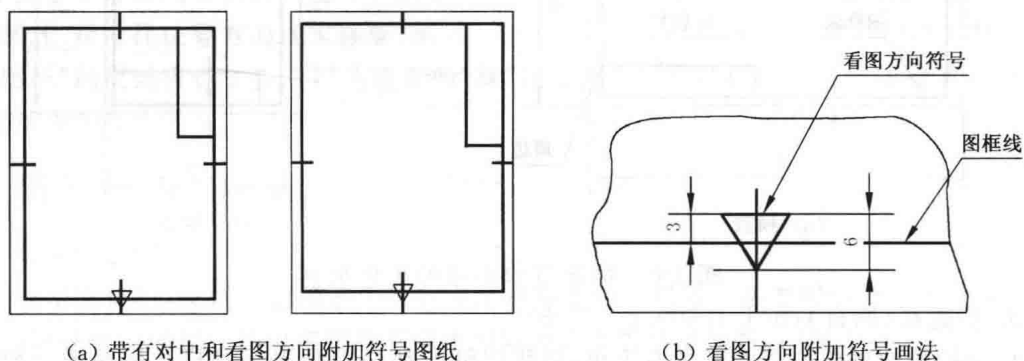


图 1-5 学校学生作业用推荐的标题栏格式

为了便于复制、缩放、折叠、裁剪等,国家标准还规定了对中符号、图幅分区等,在使用这些规定时,可参阅相关国家标准。

看图的方向与标题栏的文字方向应一致。为了利用预先印制的图纸,可以根据实际需要设置看图方向符号。图 1-6(a)为带有对中符号和看图方向符号的图纸式样,图 1-6(b)为其画法。



(a) 带有对中和看图方向附加符号图纸

(b) 看图方向附加符号画法

图 1-6 图纸的附加符号

二、比例(摘自 GB/T 14690—1993)

图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例。

同一机件的各个视图应采用相同的比例,并在标题栏内填写。当机件上的局部结构需用不同比例时,应单独标注出比例。

国家标准规定制图可采用的比例如表 1-2 所示。

表 1-2 比例

原值比例	优先使用	1 : 1			
放大比例	优先使用	5 : 1	2 : 1		
		$5 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$	
		4 : 1	2.5 : 1		
	可使用	$4 \times 10^n : 1$	$2.5 \times 10^n : 1$		

续表 1-2

缩小比例	优先使用	1 : 2	1 : 5	1 : 10	
		1 : 2 × 10 ⁿ	1 : 5 × 10 ⁿ	1 : 1 × 10 ⁿ	
	可使用	1 : 1.5	1 : 2.5	1 : 3	1 : 4
		1 : 1.5 × 10 ⁿ	1 : 2.5 × 10 ⁿ	1 : 3 × 10 ⁿ	1 : 4 × 10 ⁿ

注：n 为正整数。

三、字体(摘自 GB/T 14691—1993、GB/T 18594—2001)

在工程图样中,除了表示机件形状的图形外,还要用文字、字母、数字来说明机件的技术要求和大小等内容。

书写的汉字、字母和数字必须做到:字体工整、笔划清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体高度(用 h 表示)的公称尺寸系列为:1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20 mm。字体号数代表字体的高度。如需要书写更大的字,其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。

1. 汉字

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。工程图样中汉字的高度 h 不应小于 3.5 mm,其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

长仿宋体字的笔划特点是横平竖直,粗细一致,撇挑锋利,起落有钝,适于用硬笔尖(钢笔和铅笔)一笔写成。长仿宋体字的基本笔划及运笔方法如表 1-3 所示,字例见图 1-7。

表 1-3 长仿宋体字基本笔划及字例

基本笔画	点	横	竖	撇	捺	挑	勾	折
形状	ハ、ノ	一	丨	㇏	㇚	㇀	㇆	㇄
写法	ハ、ノ	一	丨	㇏	㇚	㇀	㇆	㇄
字例	点 溢	王	中	厂 千	分 建	均	才 戈	国 出

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 1-7 汉字长仿宋体字字例

2. 字母和数字

字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔划宽度为字高(h)的 $1/14$;B 型字体的笔划宽度为字高(h)的 $1/10$ 。在同一图样上,只允许选用一种型式的字体。

字母和数字可写成斜体或直体。斜体字字头向右倾斜,与水平基准线成 75° 。字母和数字字例见图 1-8。



图 1-8 A 型斜体字母、数字字例

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。

图样中的数学符号、物理量符号、计量单位符号以及其他符号、代号,应分别符合国家的有关法令和标准规定。物理量的符号是斜体,计量单位的符号是直体,如 m、kg。

在 CAD 工程图中,字体与图纸幅面之间的大小关系可参考表 1-4。

表 1-4 字体与图纸幅面之间的大小关系(推荐)

图 纸 幅 面	A0	A1	A2	A3	A4
字母与数字(字高)	5		3.5		
汉字	7		5		

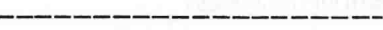
四、图线(摘自 GB/T 4457.4—2002、GB/T 17450—1998)

图线是起点和终点间以任意方式连接的一种几何图形,形状可以是直线或曲线、连续线或不连续线。在机械图样中,常用的图线见表 1-5。

表 1-5 图线的型式、宽度和主要用途

图线名称	线 型	图线宽度	主 要 用 途
粗实线		d	可见轮廓线
细实线		$d/2$	尺寸界线、尺寸线、剖面线、引出线、过渡线
波浪线		$d/2$	断裂处边界线、视图和剖视的分界线

续表 1-5

图线名称	线 型	图线宽度	主 要 用 途
双折线		$d/2$	断裂处分界线
虚线		$d/2$	不可见轮廓线
细点画线		$d/2$	轴线、对称中心线
粗点画线		d	有特殊要求的线或表面表示线
双点画线		$d/2$	相邻零件的轮廓线、极限位置的轮廓线

图线宽度(d)的推荐系列为:0.18,0.25,0.35,0.5,0.7,1,1.4,2(单位均为 mm)。由于图样复制中存在的困难,0.18 mm 应尽量避免采用。

在机械图样中,图线分为粗、细两种,粗线的宽度(d)应按图的大小和复杂程度,在 0.7 或 1.0 mm 之间选择,细线的宽度约为 $d/2$ 。同一图样中,同类图线的宽度应基本一致。

在机械工程的 CAD 图中,图样中的粗实线线宽应优先采用 0.7 mm。

如图 1-9 和图 1-10 所示,绘图时应遵守以下原则:

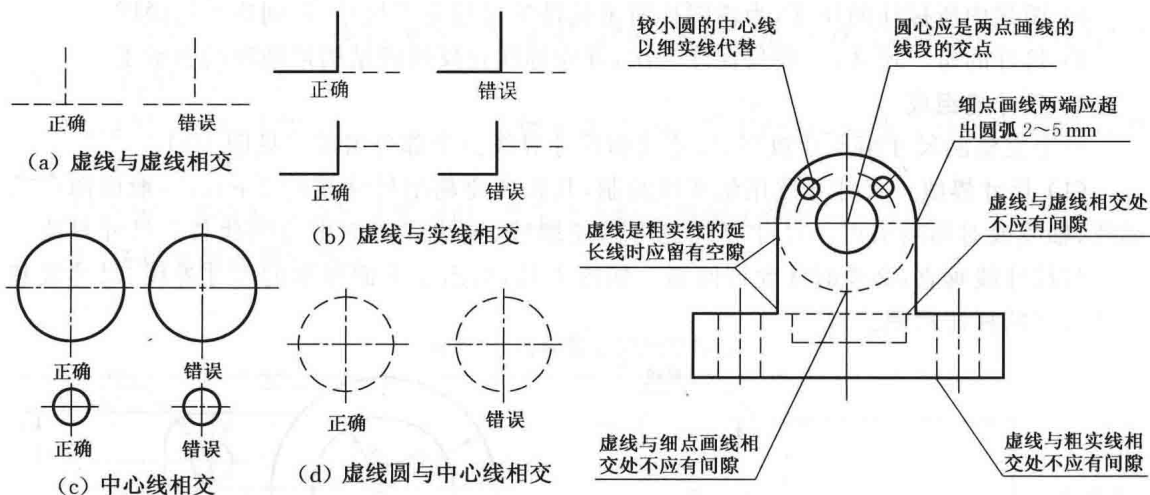


图 1-9 图线应用时线段相交的画法

图 1-10 图线画法示例

- 1) 虚线、点画线及双点画线的线段长短和间隔应各自大致相等。
- 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) 点画线和双点画线的首末两端,是长画而不是短画,点画线应超出相应图形 2~5 mm。
- 4) 当不同图线互相重叠时,应按粗实线、虚线、点画线的优先顺序只画前一种图线。
- 5) 手工绘制圆的对称中心线时,圆心应为线段的交点。在较小的图形上绘制点画线或

双点画线有困难时,可用细实线代替。

6) 当虚线与虚线或与其他图线相交时,应以线段相交;当虚线是粗实线的延长线时,其连接处应留空隙。

7) 根据 GB/T 14665—2012《机械工程 CAD 制图规则》,计算机屏幕上的图线通常应按表 1-6 提供的颜色显示,相同类型的图线应采用同样的颜色。

表 1-6 CAD 工程图中计算机屏幕上图线的颜色(推荐)

图线类型	粗实线	细实线	波浪线	双折线	细虚线	细点画线	粗点画线	细双点画线
屏幕上颜色	白色	绿色			黄色	红色	棕色	粉红色

五、尺寸注法(摘自 GB/T 4458.4—2003 和 GB/T 16675.2—2012)

图样上的图形只能表达物体的形状,而物体的大小则通过标注尺寸才能确定,国家标准规定了尺寸标注的规则和方法,要求工程技术人员在画图时必须严格遵守。

1. 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,与图样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,不需要标注计量单位的代号或名称;如采用其他单位,则必须注明相应的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,否则应另行说明。

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。

2. 尺寸的组成

一个完整的尺寸由尺寸数字、尺寸线和尺寸界线三个部分组成。见图 1-11。

(1) 尺寸界线 尺寸界线用细实线绘制,其长度要超出尺寸线约 2 mm,一般由图形轮廓线、轴线或对称线引出。尺寸界线也可由轮廓线、轴线或对称中心线代替。尺寸界线一般应与尺寸线垂直,必要时才允许倾斜。如图 1-12,给出了平面图形的尺寸界线、尺寸线和尺寸数字的标注示例。

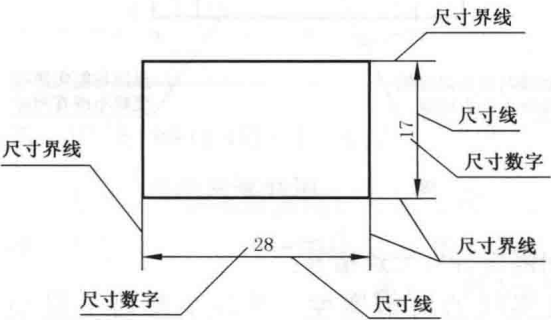


图 1-11 尺寸的组成

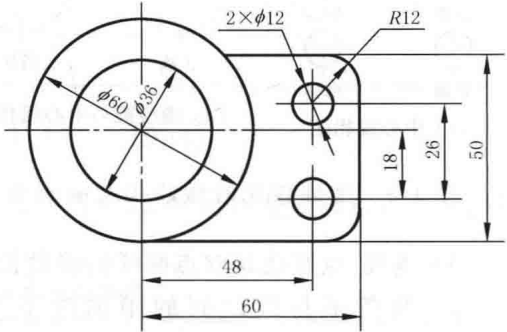


图 1-12 尺寸界线的引出

(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延长线上,尺寸线间应尽量避免相交;标注线性尺寸时,尺寸线必须与所标注的线段平行,尺寸线与轮廓线的距离以及相平行的尺寸线间的距离应全图一致。

尺寸线的终端可以有二种形式:箭头或斜线。在同一张图样中只能采用一种尺寸线终端形式。机械图样中较多地使用箭头这种形式,因此,建议读者采用箭头。尺寸箭头应画成如图 1-13(a)所示的一个以尺寸线为对称轴的狭长等腰三角形,长约 $4d$,宽约为 d ,箭头尖端应指到尺寸界线上,不应超出或不到尺寸界线。斜线的画法如图 1-13(b)所示。同一图样中的箭头大小应一致。当采用箭头位置不够时,可采用圆点或斜线代替箭头,见图 1-13(c)。

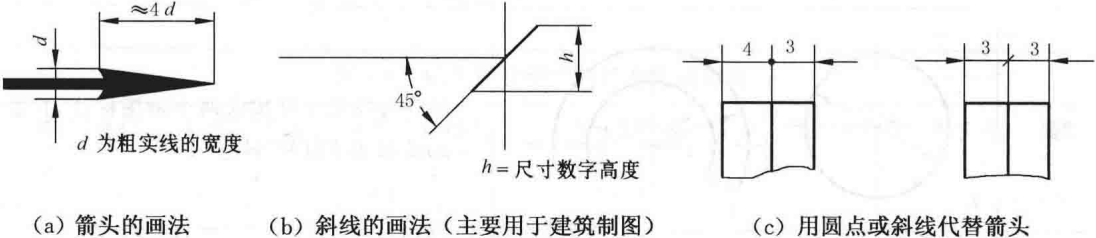


图 1-13 尺寸线的终端形式

(3) 尺寸数字 线性尺寸的尺寸数字一般应注写在尺寸线的上方(尺寸线为水平时),也允许注写在尺寸线的中断处,在同一张图样中尽量使用同一种注法。水平和倾斜方向尺寸数字字头朝上,垂直方向的尺寸数字字头朝左。任何图线都不能与数字相交,凡通过数字的图线必须断开。

直径或半径的尺寸数字应在数字前加“ ϕ ”或“ R ”,标注球面的直径或半径时,应在“ ϕ ”或“ R ”符号前加注符号 S 。

角度尺寸的尺寸数字一般应注写在尺寸线(圆弧)的中断处,也可引出标注,角度尺寸的数字必须水平书写。

标注板类零件厚度的尺寸数字时,可在尺寸数字前加注符号 t 。

3. 各种类型的尺寸标注

见表 1-7、表 1-8。

表 1-7 各种类型的尺寸标注

标注内容	示 例	说 明
线性尺寸的 数字方向		第一种方法:尺寸数字应按图(a)所示方向注写,并尽可能避免在图示 30° 范围内标注尺寸,当无法避免时可按图(b)的形式标注 第二种方法:在不致引起误解时,对于非水平方向的尺寸,其数字可水平地注写在尺寸线的中断处,如图(c)所示 在一张图样中,应尽可能采用同一种方法,一般应采用第一种方法注写,如图(d)所示

续表 1-7

标注内容	示 例	说 明
角度		尺寸界线应沿径向引出, 尺寸线画成圆弧, 圆心是角的顶点。尺寸数字一律水平书写, 一般注在尺寸线的中断处, 必要时也可按右图的形式标注
圆		圆的直径尺寸可按这两个例图标注, 在数字前必须加注符号“φ”
圆弧		圆弧的半径尺寸一般应按这两个例图标注, 在数字前必须加注符号“R”
大圆弧		在图纸范围内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		如上排例图所示, 没有足够地方时, 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。圆和圆弧的小尺寸, 可按下两排例图标注
球面		标注球面的直径或半径时, 应在符号“φ”或“R”前再加注“S” 对于螺钉、铆钉的头部, 轴(包括螺杆)的端部以及手柄的端部等, 在不致引起误解的情况下, 可省略符号“S”

续表 1-7

标注内容	示 例	说 明
其他		均匀分布的成组要素(如孔等)的尺寸,按左图所示的方法标注;当成组要素的定位和分布情况在图形中已明确时,可不标注其角度,并省略“EQS”两字,如右图所示

表 1-8 标注尺寸使用的符号和缩写词

名 称	直径	半径	球直径	球半径	厚度	正方形	45°倒角	深度	沉孔或铰平	埋头孔	均布
符号和缩写词	ϕ	R	$S\phi$	SR	t	$\square$	C	$\downarrow$	$\perp$	∇	EQS

标注尺寸时,必须符合上述的各项规定。图 1-14 为一个平面图形的尺寸标注中常见错误,正确的尺寸标注见图 1-12。

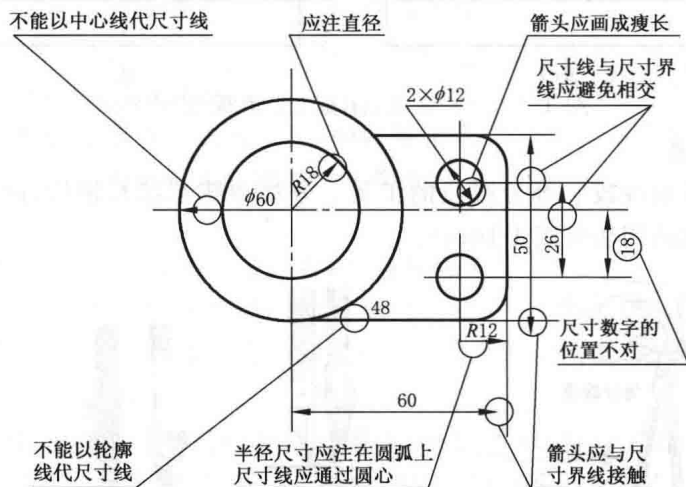


图 1-14 平面图形尺寸标注中的常见错误

第二节 绘图工具的使用及几何作图

正确使用绘图工具对提高绘图的准确性和效率起着重要的作用。因此,应对绘图工具的用途有所了解,并熟练掌握它们的使用方法。常用的绘图工具和仪器有图板、丁字尺、三角板、圆规、分规、铅笔、比例尺、模板、擦图片等。

一、基本绘图工具

1. 图板、丁字尺、三角板

图板用来铺放和固定图纸,左边作为导边,必须平直。画图时,将图纸用胶带固定在图板的适当位置。

丁字尺由尺身和尺头两部分组成。用丁字尺画水平线时,用左手将尺头紧靠图板导边