

普通高等教育“十二五”规划教材

机械制图

Mechanical Drawing

戚美◎主编

梁会珍 袁义坤◎副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

013071468

TH126-43
146

普通高等教育“十二五”规划教材

机械制图

主 编 戚 美
副主编 梁会珍 袁义坤
参 编 王 颖 王嫦娟 顾东明
杨德星 王 涛
主 审 王 农



北航

C1680450

机械工业出版社

TH126-43
146

前言

机械制图是高等工科院校的一门技术基础课。为了适应我国制造业的迅速发展,改革传统的教学内容和课程体系已成为必然。本书根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会最新制定的“高等学校工程图学课程教学基本要求”,吸取近年来教育改革和计算机应用技术的新成果,总结全体参编人员多年来的教学经验编写而成。

本书选用 AutoCAD 2013 作为计算机绘图的依托软件,引入计算机二维绘图和三维几何建模,将机械制图的基本内容与计算机绘图有机地融合在一起,较好地处理了经典内容与现代技术、继承与创新、理论教学与技能训练的关系。注重培养学生的空间思维能力、构形能力和创新能力。

本书的主要特点有:

1. 贯彻最新《机械制图》、《技术制图》国家标准。
2. 增加了组合体构形设计以及计算机三维实体造型的内容,二者的有机结合将学生的空间想象能力和创造性思维能力融合在一起,实现了学生用现代设计方法构思和表达设计意图的目标。
3. 精选传统内容。由于课时的减少和融入新知识的需要,对画法几何部分作了适当删减,降低了难度,以必须、够用为原则,重点突出画图、看图能力的培养。
4. 为适应计算机绘图软件迅速发展的需要,本书以 AutoCAD 2013 版本编撰计算机绘图内容,并单独成章,各专业可按需求合理、适度地选用。
5. 全部插图采用 AutoCAD 精确绘制,并提供了大量的立体图,有助于培养学生的空间思维能力、构形能力和创新能力。
6. 本书在文字叙述上力求简单通俗,在内容形式上图文并茂,插图清晰、精美,有助于学生自主学习。

与本书配套的由戚美主编的《机械制图习题集》同时出版,可供读者选用。

本书由山东科技大学戚美任主编,梁会珍、袁义坤任副主编,参加编写工作的有王颖、王嫦娥、顾东明、杨德星、王涛。全书由山东科技大学王农教授主审,她提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

本书在编写及出版过程中,得到了山东科技大学教务处、理学院及制图教学部和机械工业出版社的大力支持,在此表示感谢!

由于编者水平所限,书中难免出现欠妥之处,敬请广大读者及同仁批评指正。

编者

目 录

前言	1	第二节 正等轴测图	126
绪论	1	第三节 斜二等轴测图	132
第一章 工程图学的基本知识与基本技能	2	第七章 机件常用的表达方法	135
第一节 国家对制图标准的基本规定	2	第一节 视图	135
第二节 绘图的基本方法	10	第二节 剖视图	137
第三节 平面图形的绘制	14	第三节 断面图	150
第四节 绘图技能	17	第四节 其他表达方法	152
第二章 计算机绘图基础	20	第五节 表达方法综合应用举例	156
第一节 AutoCAD 2013 绘图基础	20	第六节 第三角画法简介	158
第二节 常用绘图命令	24	第八章 标准件和常用件	161
第三节 辅助绘图工具	27	第一节 螺纹	161
第四节 常用编辑命令	29	第二节 螺纹紧固件	167
第五节 设置文字样式及书写文字	35	第三节 键和销联接	171
第六节 设置层、颜色、线型、线宽	36	第四节 滚动轴承	175
第七节 设置尺寸样式及标注尺寸	38	第五节 弹簧	178
第三章 形体几何要素的投影	43	第六节 齿轮	180
第一节 投影法的基本概念	43	第九章 零件图	188
第二节 投影面体系的建立	45	第一节 零件图的作用和内容	188
第三节 点的投影	46	第二节 零件的构形分析与设计	189
第四节 直线的投影	49	第三节 零件图的视图选择	194
第五节 平面的投影	57	第四节 零件图的尺寸标注	197
第六节 几何要素之间的相对位置	62	第五节 典型零件分析	204
第四章 立体及表面交线的投影	73	第六节 零件的技术要求	208
第一节 三视图的形成及投影规律	73	第七节 读零件图	222
第二节 基本立体的投影	74	第八节 零件的测绘	225
第三节 平面与立体表面相交	80	第十章 装配图	229
第四节 两回转体表面相交	88	第一节 装配图的作用和内容	229
第五章 组合体	97	第二节 装配图的表达方法	231
第一节 组合体及形体分析法	97	第三节 装配图的尺寸标注和技术要求	233
第二节 组合体三视图的画法	100	第四节 装配图的零(部)件序号及明细栏	234
第三节 组合体的尺寸标注	104	第五节 装配结构的合理性简介	235
第四节 读组合体视图	112	第六节 部件测绘	238
第五节 组合体的构形设计	120	第七节 装配图的画法	242
第六章 轴测投影图	125	第八节 读装配图和拆画零件图	245
第一节 轴测投影的基本知识	125	第十一章 计算机绘图应用	250

第一节 AutoCAD 绘制工程图样	250	附录 A 螺纹	268
第二节 AutoCAD 绘制正等轴测图	255	附录 B 常用标准件	271
第三节 三维造型简介	256	附录 C 极限与配合	286
附录	268	参考文献	291

绪论

一、研究对象

在工程技术中,把表达机器及其零件的机械图和表达房屋建筑的土建图统称为工程图样。工程图样能准确而详细地表示工程对象的形状、大小和技术要求。在机械设计、制造和建筑施工时都离不开图样,设计者通过图样表达设计思想,制造者依据图样加工、检验、调试,使用者借助图样了解结构性能等。因此,图样是产品设计、生产、使用全过程信息的集合。同时,在国内和国际间进行工程技术交流以及在传递技术信息时,工程图样也是不可缺少的工具,是工程界的技术语言。

当今,信息时代对工程图学又赋予了新的任务,课程又有了新的概念。随着计算机科学和技术的发展,计算机绘图技术推进了工程设计方法(从人工设计到计算机辅助设计)和工程绘图工具(从尺规到计算机)的发展,改变着工程师和科学家的思维方式、工作程序。本课程主要研究绘制和阅读机械工程图样的基本原理和基本方法,是所有工科学生必须学习的实践性较强的一门技术基础课。课程内容包括制图基础知识、投影理论、机件的表达方法、机械制图(零件图和装配图)和计算机绘图等。

二、主要任务

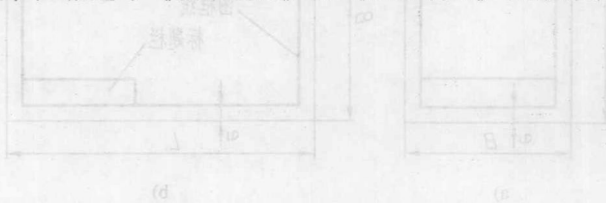
本课程是通过研究三维形体与二维图形之间的映射规律,进行画图、看图实践,训练图学思维方式,培养学生的工程图学素质,即运用工程图学的思维方式,构造、描述形体形状和表达、识别形体形状。因此,学习本课程的主要任务是:

- 1) 学习正投影法图示空间物体的基本原理及其应用。
- 2) 培养空间想象能力和空间构思能力。
- 3) 培养徒手绘制草图、仪器绘图、计算机绘图的能力。
- 4) 培养阅读和绘制机械工程图样的能力。
- 5) 培养自主学习能力、三维造型能力和创新能力。
- 6) 培养工程意识和贯彻、执行国家标准的意识以及认真负责、严谨、细致的工作态度。

三、学习方法

1) 树立理论联系实际学风。本课程是一门实践性较强的课程,只有通过一系列绘图和读图实践,正确运用正投影的规律,不断地由物画图、由图想物,分析和想象平面图样与空间形体之间的对应关系,才能不断提高空间想象能力和空间构思能力。

2) 培养认真负责、一丝不苟的工作作风。徒手绘制草图、仪器绘图和计算机绘图是本课程要求掌握的基本技能。手工作图时,应养成正确使用绘图工具和仪器的习惯,上机操作应掌握计算机绘图的技能 and 技巧,严格遵守《技术制图》及《机械制图》国家标准的有关规定。



(一) 长方体图 1-1图

第一章 工程图学的基本知识与基本技能

图样是高度浓缩的工程信息的载体，是生产过程的技术资料。要学会看懂和绘制工程图样，就必须掌握工程制图中有关图样的基本知识和基本技能。

第一节 国家对制图标准的基本规定

图样是工程界交流技术思想的共同语言，为了科学地进行生产和管理，必须对图样的内容、画法和格式作出统一的规定。我国于1959年首次发布了《机械制图》国家标准，对图样作了统一的技术规定。为适应国内生产技术和满足国际技术交流的要求，进行过多次修改和补充。我国还按科学技术日益进步和国民经济不断发展的需要，制定了对各类技术图样和有关技术文件共同适用的统一的国家标准——《技术制图》。每位工程技术人员在绘制图样时必须严格遵守和认真执行制图国家标准。

本节摘要介绍标准中有关图幅、比例、字体、图线、尺寸标注的基本规定，其余部分将在以后有关章节中分别叙述。

一、图纸幅面及格式（根据 GB/T 14689—2008）

1. 图纸幅面尺寸

绘制图样时，应优先采用表 1.1 中规定的图纸幅面尺寸。

表 1.1 图纸幅面尺寸 (单位: mm)

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

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（图 1.1）和留有装订边（图 1.2）两种，图框内为有效作图区域。

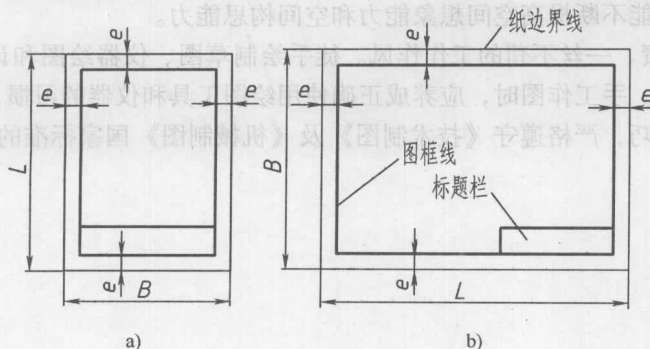


图 1.1 图框格式（一）

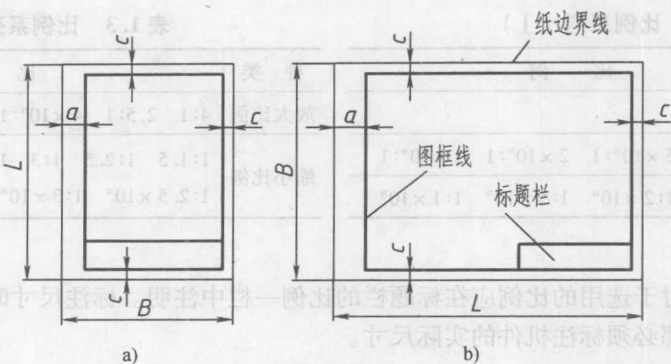


图 1.2 图框格式 (二)

3. 标题栏 (根据 GB/T 10609.1—2008)

每张图纸的右下角均应有标题栏, 标题栏的格式和尺寸应符合 GB/T 10609.1—2008 的规定。制图作业中建议采用图 1.3 所示的格式。

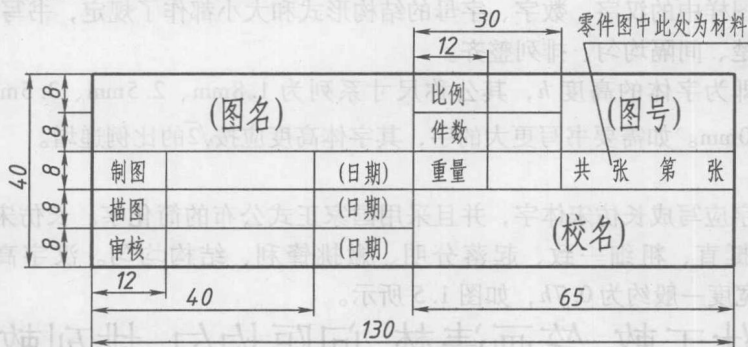


图 1.3 标题栏的格式和尺寸

一般情况下, 看图方向与标题栏中的文字方向一致。当两者不一致时, 可采用方向符号标明看图方向, 如图 1.4a 所示, 即方向符号的尖角对着读图者, 为看图方向。方向符号是用细实线画出的等边三角形, 如图 1.4b 所示。

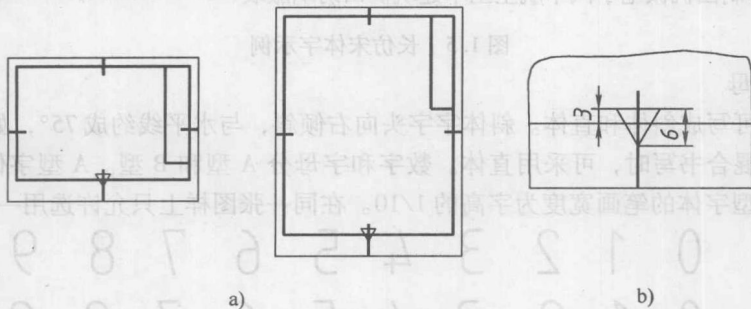


图 1.4 方向符号

二、比例 (根据 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。绘制图样时, 应尽可能按机件的实际大小采用 1:1 的比例画出, 以便从图样上看出机件的真实大小。由于机件的大小及结构的复杂程度不同, 对于大而简单的机件可采用缩小比例; 对于小而复杂的机件则可采用放大比例。按照比例绘制图样时, 应从表 1.2 规定的系列中选取适当的比例, 必要时也可选用表 1.3 所给出的比例。

表 1.2 比例系列 (I)

种 类	比 例
原值比例	1:1
放大比例	5:1 2:1 $5 \times 10^n:1$ $2 \times 10^n:1$ $1 \times 10^n:1$
缩小比例	1:2 1:5 $1:2 \times 10^n$ $1:5 \times 10^n$ $1:1 \times 10^n$

注: n 为正整数。

表 1.3 比例系列 (II)

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

绘制图样时, 对于选用的比例应在标题栏的比例一栏中注明。标注尺寸时, 不论选用放大比例还是缩小比例, 都必须标注机件的实际尺寸。

物体的各视图应尽量选取同一比例, 否则可在各视图名称的下方或右侧单独标注, 如 $\frac{I}{2:1}$ 、 $\frac{A}{1:100}$ 、 $\frac{B-B}{1:200}$ 或注释平面图 1:100。

三、字体 (根据 GB/T 14691—1993)

国家标准对图样中的汉字、数字、字母的结构形式和大小都作了规定, 书写时必须做到: 字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体的号数即为字体的高度 h , 其公称尺寸系列为 1.8mm、2.5mm、3.5mm、5mm、7mm、10mm、14mm、20mm。如需要书写更大的字, 其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比例递增。

1. 汉字

图样上的汉字应写成长仿宋体字, 并且采用国家正式公布的简化字。长仿宋体字的特点是: 字形长方、笔画挺直、粗细一致、起落分明、撇挑锋利、结构均匀。汉字高度 h 不应小于 3.5mm, 其字的宽度一般约为 $0.7h$, 如图 1.5 所示。

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

横平竖直注意起落结构均匀填满方格

技术制图机械电子汽车航空土木建筑矿山纺织服装

图 1.5 长仿宋体字示例

2. 数字和字母

数字和字母可写成斜体和直体。斜体字字头向右倾斜, 与水平线约成 75° , 如图 1.6、图 1.7 所示。当与汉字混合书写时, 可采用直体。数字和字母分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度为字高的 $1/14$, B 型字体的笔画宽度为字高的 $1/10$ 。在同一张图样上只允许选用一种形式的字体。

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
I II III IV V VI VII VIII IX X
I II III IV V VI VII VIII IX X

图 1.6 数字示例

A B C D E F G H I J K L M N O P Q
 R S T U V W X Y Z
 a b c d e f g h i j k l m n o p q
 r s t u v w x y z

图 1.7 拉丁字母示例

3. 字体应用示例

用作指数、分数、注脚、尺寸偏差的字母和数字，一般采用比公称尺寸数字小一号的字体，如图 1.8 所示。

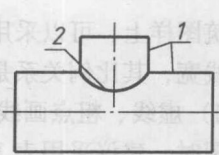
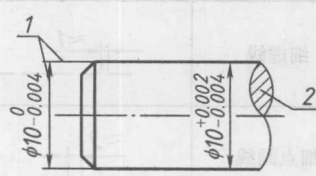
10^3 S^{-1} D_1 T_d $\phi 20_{-0.023}^{+0.010}$ $7^{\circ+1^{\circ}}_{-2^{\circ}}$
 $10Js5 (\pm 0.003)$ $M24-6h$ $\sqrt{Ra\ 12.5}$ $\frac{A}{5:1}$

图 1.8 字体应用示例

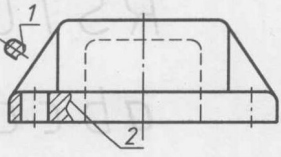
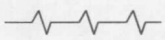
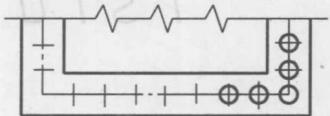
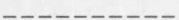
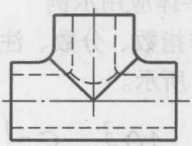
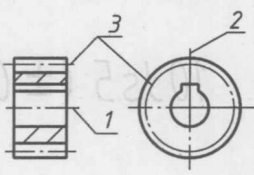
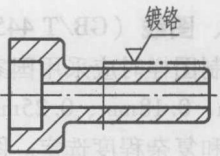
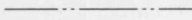
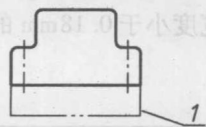
四、图线 (GB/T 4457.4—2002)

绘制图样时应采用国家标准所规定的图线，常用图线见表 1.4。图线宽度 (d) 尺寸系列为 0.13mm、0.18mm、0.25mm、0.35mm、0.5mm、0.7mm、1mm、1.4mm、2mm，使用时可按图形的大小和复杂程度选定。图线的宽度分粗线、中粗线、细线三种，其宽度比率为 4:2:1。在同一图样中，同类图线的宽度应一致。粗线和中粗线通常在 0.5~2mm 之间选取，并尽量保证图样中不出现宽度小于 0.18mm 的图线。

表 1.4 常用图线

No.	线 型	名 称	一 般 应 用	实 例
01	实	粗实线	1. 可见轮廓线 2. 相贯线 3. 螺纹牙顶线、终止线	
	线	细实线	1. 尺寸线及尺寸界线 2. 剖面线 3. 指引线、过渡线等	

(续)

No.	线 型	名 称	一 般 应 用	实 例
01	实 线		波浪线 1. 断裂处边界线 2. 视图和剖视图分界线	
			双折线 断裂处边界线	
02		细虚线	不可见轮廓线	
04	点 画 线		细点画线 1. 轴线 2. 对称中心线 3. 节圆和节线	
			粗点画线 限定范围的表示线	
05		细双点画线	1. 相邻辅助零件轮廓线 2. 极限轮廓线	

建筑图样上,可以采用三种线宽,其比例关系是4:2:1;机械图样上,一般采用中粗线和细线两种线宽,其比例关系是2:1。常用的线型有:粗实线、细实线、(细)波浪线、(细)双折线、(细)虚线、粗点画线、细点画线等。

绘图时,建议采用表1.5的图线规格。图线画法见表1.6。

表1.5 图线规格

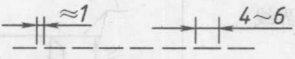
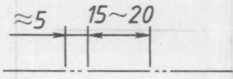
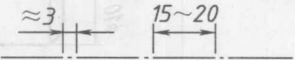
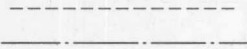
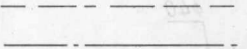
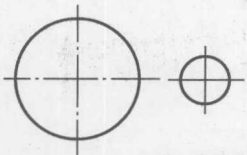
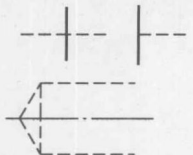
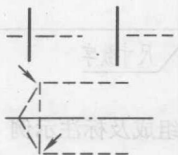
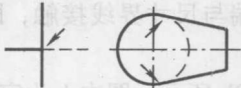
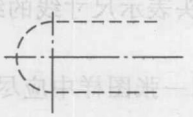
细虚线		细双点画线	
细点画线			

表 1.6 图线画法

正 确	不 正 确	说 明
		虚线、点画线、双点画线的长度和间隔应各自大致相等
		绘制圆的对称中心线时,圆心应为线的交点。首末两端应是线段而不是点,其长度应超过轮廓线 2~5mm;在较小的图形上绘制点画线或双点画线时,应用细实线代替
		点画线、虚线和其他图线相交或虚线与虚线相交时,应以线段相交,而不应在空隙处相交
		当虚线是粗实线的延长线时,粗实线应画到分界点,而虚线应留有空隙
		当虚线圆弧和虚线直线相切时,虚线圆弧的线段应画到切点,虚线直线应留有空隙

五、尺寸标注 (GB/T 4458.4—2003)

图形只能表达机件的形状,而机件的大小则由标注的尺寸确定。标注尺寸是一项极为重要的工作,必须认真细致、一丝不苟。如果尺寸有遗漏或错误,都会给生产带来困难和损失。

1. 基本规则

- 1) 图样上的尺寸数值要以机件的真实大小为依据,与绘图比例和绘图误差无关。
- 2) 图样中尺寸的默认单位为毫米 (mm),如果采用其他单位,则必须注明。
- 3) 机件的每一尺寸,一般只标注一次,并标注在反映机件结构特征最清晰的图形上。
- 4) 图样中所标注的尺寸应为该图样所示机件的最后完工尺寸,否则应另加说明。

2. 尺寸组成

一个完整的尺寸一般应由尺寸界线、尺寸线、尺寸线终端及尺寸数字组成,如图 1.9 所示。

(1) 尺寸界线 尺寸界线用细实线绘制,并应从图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出。也可直接用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线。尺寸界线一般与尺寸线垂直,必要时允许倾斜。尺寸界线应超出尺寸线的终端 2mm 左右。

(2) 尺寸线 尺寸线用细实线绘制,必须单独画出,不能与其他图线重合或画在其延长线上。标注线性尺寸时,尺寸线必须与所标注的线段平行,当有几条相互平行的尺寸线时,各尺寸

线的间距要均匀,间隔5~10mm,并使大尺寸在外,小尺寸在内,尽量避免尺寸线之间及尺寸线与尺寸界线之间相交。

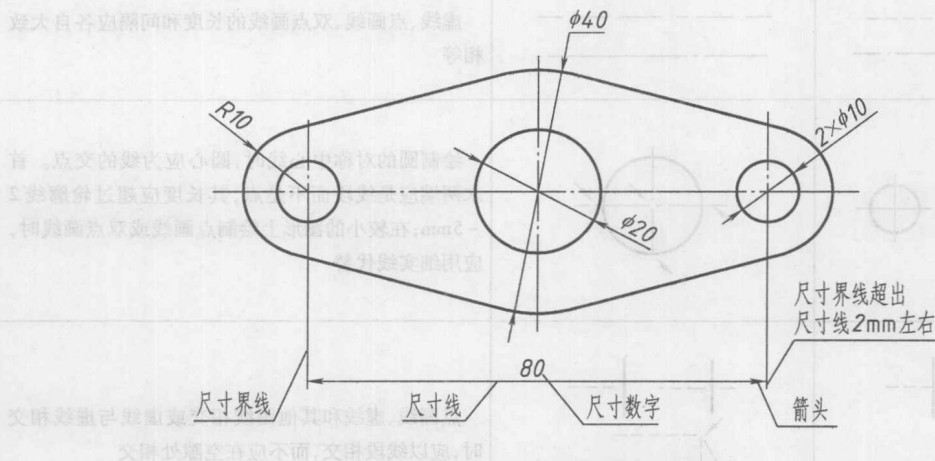


图 1.9 尺寸的组成及标注示例

(3) 尺寸线终端 尺寸线终端有箭头和斜线两种形式,如图 1.10 所示。

箭头适用于各种类型的图样。箭头的尖端与尺寸界线接触,既不得超出,也不得离开,图 1.10a 中的 d 为粗实线的宽度。

斜线用细实线绘制,方向和画法如图 1.10b 所示,图中 h 为字体高度。当采用该尺寸线终端形式时,尺寸线与尺寸界线必须相互垂直。

同一张图样中只能采用一种尺寸线终端形式。机械图样中一般采用箭头表示尺寸线的终端,当位置容不下箭头时,允许用圆点或斜线代替箭头。

(4) 尺寸数字 线性尺寸数字一般注在尺寸线的上方或中断处,在同一张图样中应尽可能采用一种数字注写形式,其字号大小应一致,地位不够时可引出标注。

尺寸数字的方向,应以看图方向为准。水平方向尺寸的数字字头朝上,竖直方向尺寸的数字字头朝左,倾斜方向数字的字头应保持朝上的趋势。

在图样上,不论尺寸线方向如何,允许尺寸数字一律水平书写,如图 1.11 所示。需要注意的是,上述两种标注样式不能在同一张图样中同时出现。

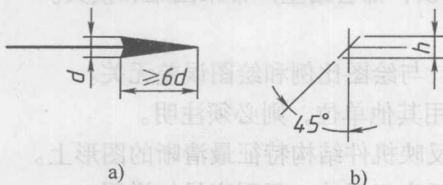


图 1.10 尺寸线终端形式

a) 箭头 b) 斜线

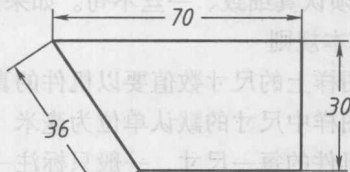


图 1.11 尺寸数字示例

尺寸数字不得被任何图线穿过,当无法避免时,应该将该图线断开。

3. 尺寸注法示例

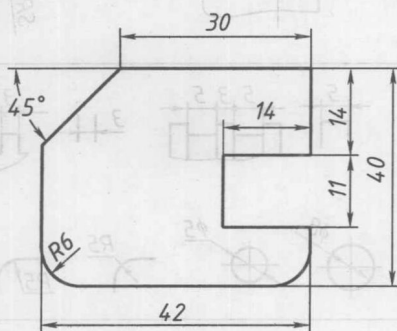
表 1.7 中列出了国家标准规定的一些尺寸注法。图 1.12 用正误对比的方法,指出了初学者在标注尺寸时常见的一些错误。

表 1.7 尺寸的标注形式

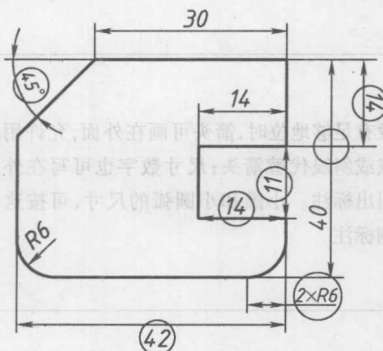
标注内容	说 明	示 例
线性尺寸的 数字方向	尺寸数字应按左图所示方向书写并尽可能避免在图示 30° 范围内标注尺寸, 当无法避免时, 可按右图的形式标注	
角度	尺寸数字应一律水平书写, 尺寸界线应沿径向引出, 尺寸线应画成圆弧, 圆心是角的顶点。一般注在尺寸线的中断处, 必要时允许写在外面或引出标注	
圆	标注圆的直径尺寸时, 应在尺寸数字前加注符号“ ϕ ”。尺寸线一般按这两个图例绘制	
圆弧	标注半径尺寸时, 在尺寸数字前加注“R”。半径尺寸一般按这两个图例所示的方法标注	
大圆弧	在图样范围内无法标出圆心位置时, 可按左图标注, 不需标出圆心位置时, 可按右图标注	
小尺寸	没有足够地位时, 箭头可画在外面, 允许用小圆点或斜线代替箭头; 尺寸数字也可写在外面或引出标注。小圆和小圆弧的尺寸, 可按这些图例标注	
球面	应在 ϕ 或 R 前加注“S”。在不致引起误解时, 则可省略, 如右图中的右端球面	
弧长和弦长	标注弦长时, 尺寸线应平行于该弦, 尺寸界线应平行于该弦的垂直平分线; 标注弧长时, 尺寸线用圆弧, 尺寸数字前方应加注符号“ $\wedge$ ”	

(续)

标注内容	说 明	示 例
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处的边界线,仅在尺寸界线一端画出箭头。图中在对称中心线两端画出的两条与其垂直的平行细实线是对称符号	
光滑过渡线处	在光滑过渡处,必须用细实线将轮廓线延长,并从它们的交点引出尺寸界线。尺寸界线如垂直于尺寸线,则图线很不清晰,所以允许倾斜	
正方形结构	剖面为正方形时,可在边长尺寸数字前加注符号“□”,或用 14×14 代替“□14”。图中相交的两条细实线是平面符号	
均布的孔	均匀分布的孔可按左图所示标注。当孔的定位和分布情况在图中已明确时,允许省略其定位尺寸和缩写词 EQS	



a)



b)

图 1.12 尺寸标注的正误对比

a) 正确 b) 错误

第二节 绘图的基本方法

工程图样的图形是由各种基本几何图形组合而成的。熟练地使用绘图仪器和工具,掌握和运用几何图形的作图方法,是手工绘图的基本技能。

一、绘图工具的使用

正确使用绘图工具,是保证图样质量、提高绘图速度的一个重要方面。下面仅介绍几种常用工具及其使用方法。

(1) 图板 图板是画图时的垫板,要求其表面必须平坦、光滑,左右两导边必须平直。

(2) 丁字尺 丁字尺是用来画水平线的,画图时,应使尺头紧靠图板左侧导边,由左向右画水平线,如图 1.13 所示。

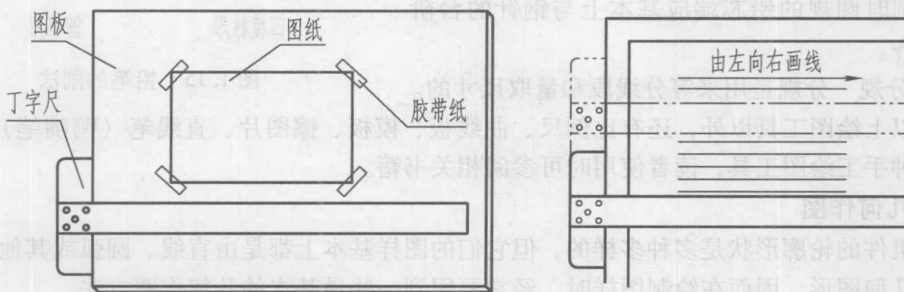


图 1.13 图板与丁字尺的用法

(3) 三角板 三角板与丁字尺配合使用,可画垂直线和 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 等倾斜线,如图 1.14 所示。

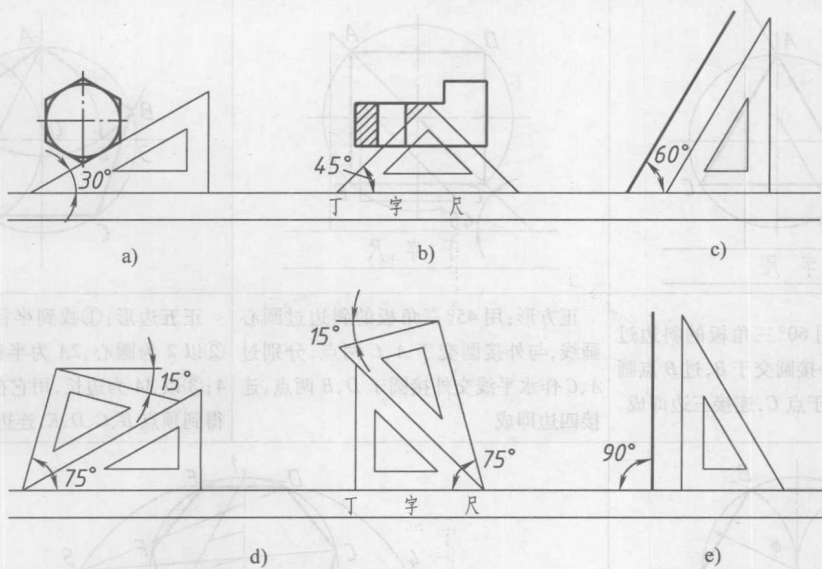


图 1.14 三角板的用法

a) 画 30° 斜线 b) 画 45° 斜线 c) 画 60° 斜线 d) 画 15° 、 75° 斜线 e) 画垂直线

(4) 铅笔 绘图时要求使用绘图铅笔。铅笔铅芯的软硬度分别用 B 和 H 表示, B 前的数值越大,表示铅芯越软(黑), H 前的数字越大,表示铅芯越硬。根据使用要求不同,有以下几种硬度不同的铅笔。

- 1) H 或 2H——画底稿;
- 2) HB 或 H——用来画虚线、细实线、细点画线及写字;
- 3) B 或 2B——用来加深粗实线。