

机械制图

邓启超 汤精明 主编



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书是根据教育部《关于全面提高高等工程教育质量若干意见》（教高〔2003〕1号）和《教育部关于全面提高高等工程教育质量若干意见》（教高〔2003〕1号）文件精神，由教育部工程教育专业认证专家委员会组织编写，并经教育部工程教育专业认证专家委员会审定。本书可作为高等院校工程教育专业认证教材，也可供从事工程教育工作的工程技术人员参考。

机 械 制 图

主 编 邓启超 汤精明

副主编 桂 珍 石 平

参 编(按姓氏笔画排序)

王银凤 邓启超

石 平 汤精明

孙丽丽 肖亚平

桂 珍

中国科学技术大学出版社

出版 中国科学技术大学

安徽省合肥市金寨路

http://press.ustc.edu.cn

编辑 合肥工业大学出版社

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 18.5

字数 480千字

版次 2013年8月第1版

印次 2013年8月第1次印刷

定价 32.00元

内 容 简 介

本书是根据非机械类应用型工科专业的培养目标和教学大纲要求以及教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2005 年制定的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》,并结合当前机械制图最新国家标准以及工程图学课程教学改革的发展趋势编写而成的。本书共分 13 章,其内容包括:制图的基本知识和技能,点、直线和平面的投影,换面法,立体的投影,轴测投影,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,表面展开图,AutoCAD 基础,建筑制图简介等;与本书配套的《机械制图习题集》也同时出版。

本书可作为高等院校机械图学课程的教材,也可作为有关工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制图/邓启超,汤精明主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2013. 8

ISBN 978-7-312-03248-6

I. 机… II. ①邓… ②汤… III. 机械制图—高等学校—教材 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 170109 号

出版 中国科学技术大学出版社

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

印刷 合肥学苑印务有限公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 787 mm×1092 mm 1/16

印张 18.75

字数 480 千

版次 2013 年 8 月第 1 版

印次 2013 年 8 月第 1 次印刷

定价 35.00 元

前 言

本书是为应用型非机械类工科学生编写的一本应用技术基础课教材,适用于普通高等学校非机械类工科各专业,其内容主要包括:画法几何、制图基础、机械制图和计算机绘图四个部分。本书是针对非机械类工科专业的特点,根据非机械类应用型工科专业的培养目标和教学大纲要求,结合作者多年的教学经验编写而成的,能满足非机械类工科专业学生在机械制图方面教学的需要。本书在编写过程中强调应用性,重点强调对学生绘制和阅读机械图样能力的培养与提高,在内容组织上力求少而精。其主要特点如下:

(1) 本书对基本理论不贪求多全,以够用为度,会用为本,内容取材恰当,举例力求结合实际。

(2) 由实践到理论,再由理论到实践。本书在内容体系安排上力求反映认知规律。

(3) 合理把握理论上的“度”。本书对“画法几何中的投影原理及应用”进行了较详细的阐述,对制图基础和专业制图的内容则以应用为主,针对不同的教学内容采用不同的教学策略,在理论教学上做到适度。

(4) 加强针对性,突出实用性,体现先进性。本书内容编排符合高等教育特点,以讲清概念、强化应用为教学重点,并考虑培养学生具有一定的可持续发展能力,特别注重机械制图在实际生产中的应用,注重吸收新技术,尤其是计算机绘图和三维造型技术在工程中的应用。

另外,本书中带*号的章节为选学内容,教师在教学过程中可根据学时的多少来进行选择,也可安排学生自学这些章节。

本书由邓启超、汤精明老师担任主编。其中绪论、第2章和第3章由邓启超老师编写,第4章和第5章由肖亚平老师编写,第1章、第6章和第8章由石平老师编写,第7章由桂珍老师编写,第9章和第11章由汤精明老师编写,第10章和第12章由孙丽丽老师编写,第13章由王银凤老师编写。全书由邓启超老师统稿。

本书在编写过程中得到了安徽工程大学部分教师的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢!本书在编写过程中参考了国内一些同类教材,已在参考文献中列出,在此特向有关作者表示感谢!

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2013年4月

目 录

前言	(8)
绪论	(1)
第1章 制图的基本知识和技能	(3)
1.1 国家标准对制图的基本规定	(3)
1.2 绘图的基本技能	(15)
1.3 几何作图	(21)
1.4 平面图形的分析及绘图步骤	(25)
第2章 点、直线和平面的投影	(28)
2.1 投影法的基本知识	(28)
2.2 点的投影	(29)
2.3 直线的投影	(34)
2.4 平面的投影	(44)
2.5 直线与平面及两平面的相对位置*	(51)
第3章 换面法*	(58)
3.1 换面法的原理	(58)
3.2 换面法应用举例	(66)
第4章 立体的投影	(69)
4.1 立体及表面的点和线	(69)
4.2 平面与立体相交	(78)
4.3 两回转体表面相交	(89)
第5章 轴测投影	(99)
5.1 轴测图的基本知识	(99)
5.2 正等轴测图	(100)
5.3 斜二轴测图	(105)
5.4 徒手绘轴测草图	(107)
第6章 组合体	(109)
6.1 三视图的形成与投影规律	(109)
6.2 组合体的形体分析	(110)
6.3 画组合体的视图	(112)
6.4 读组合体的视图	(116)
6.5 组合体的尺寸标注	(120)
第7章 机件常用的表达方法	(125)
7.1 视图	(125)

7.2	剖视图	(128)
7.3	断面图	(136)
7.4	其他表达方法	(139)
7.5	表达方法综合应用举例	(143)
7.6	第三角投影简介*	(145)
第8章	标准件和常用件	(147)
8.1	螺纹及螺纹紧固件	(147)
8.2	齿轮以及圆柱齿轮的规定画法	(157)
8.3	键和销	(161)
8.4	滚动轴承	(163)
8.5	弹簧	(165)
第9章	零件图	(168)
9.1	零件图的作用和内容	(169)
9.2	零件图的表达及尺寸标注	(170)
9.3	零件图的技术要求简介	(185)
9.4	零件的常见工艺结构	(200)
9.5	画零件图	(204)
9.6	读零件图	(204)
第10章	装配图	(211)
10.1	装配图的作用和内容	(211)
10.2	装配图的表达方法	(212)
10.3	装配图的尺寸标注和技术要求	(214)
10.4	装配图的零、部件序号和明细栏	(214)
10.5	装配结构的合理性简介	(216)
10.6	装配图的画法	(217)
10.7	看装配图及由装配图拆画零件图	(221)
第11章	表面展开图	(226)
11.1	平面立体表面的展开	(226)
11.2	可展曲面的展开	(230)
11.3	不可展曲面的近似展开	(235)
11.4	变形接头表面的展开	(238)
第12章	AutoCAD 基础	(241)
12.1	认识 AutoCAD	(241)
12.2	AutoCAD 二维图形的绘制	(243)
12.3	AutoCAD 绘图辅助	(247)
12.4	尺寸标注与编辑	(251)
第13章	建筑制图简介	(256)
附录		(263)
参考文献		(292)

绪论

1. 本课程的性质和任务

工程图样是工程与产品信息的载体,它能按规定的方法表达出机械、土建和水利等工程与产品的形状、大小、材料和技术要求。工程图学是研究工程与产品信息表达、交流与传递的学科,机械制图是工程图学的一个分支。在现代工业中,设计、制造、安装各种机械、电机、电器、仪表,以及采矿、冶金、化工等各方面的设备,都离不开机械图样,在使用这些机器设备时,也常常需要通过阅读这些设备的机械图样来了解它们的结构和性能。因此,每个与机械有关的工程技术人员都必须能够绘制和阅读机械图样。

本课程学习绘制和阅读工程图样的原理和方法,培养学生的形象思维能力,是一门既有系统理论又有较强实践性的技术基础课。主要内容包括以下4个方面:

(1) 画法几何

该部分内容包括:正投影法的原理和应用,点、线、面和基本立体的投影。

(2) 制图基础

该部分内容包括:与机械制图有关的国家标准的一些规定及绘制机械图样的三种方法(仪器绘图、徒手绘图、计算机绘图)、组合体三视图的绘制、阅读及其构型方法、轴测图、机件常用的表达方法。

(3) 机械制图

该部分内容包括:标准件和常用件的结构、规定画法及其标记、零件图的绘制与阅读、装配图的绘制与阅读、展开图和建筑制图的绘制与阅读。

(4) 计算机绘图

该部分主要内容介绍了 AutoCAD 绘图软件的基本功能以及如何运用该软件来绘制机械图样。

学习本课程的主要目的是:培养学生绘制和阅读机械图样的基本能力,为他们在后续的专业课学习、课程设计、毕业设计以及今后的工作中进一步巩固和提高绘制与阅读机械图样的能力打好基础。

本课程的主要任务是:

- ① 培养使用正投影法以二维平面图形表达三维空间物体形状的能力;
- ② 培养对空间物体的形象思维能力;
- ③ 培养创造性构型设计能力;
- ④ 培养使用计算机绘图软件绘制机械图样的基本能力;
- ⑤ 培养绘制和阅读机械图样的基本能力;
- ⑥ 培养工程意识和贯彻执行国家标准意识。

此外,在教学过程中还必须有意地培养学生的自学能力、创新能力、分析问题和解决问题的能力,从而提高学生各方面的素质。

2. 本课程的学习要求

首先,应坚持理论联系实际的学风。应在认真学习、理解投影原理的基础上,认真做习题和作业,由浅入深地通过一系列的绘图和读图实践,不断地由物画图,由图构物,分析和想象空间物体与图纸上图形之间的对应关系,逐步提高形象思维能力;应按正确的方法和顺序绘图,养成正确使用绘图仪器和工具的习惯,学会徒手绘图和计算机绘图的基本方法;熟悉机械制图的基本规定和基本知识,执行有关国家标准的规定,学会查阅和使用有关的国家标准手册。

其次,制图作业应该做到:投影关系正确、图样表达完整、视图的选择与配置恰当,图线分明、尺寸齐全、字体工整、图面整洁,符合国家标准的规定。

由于图样在生产和建设中起着很重要的作用,绘图和读图的差错都会带来严重的损失,因此在做习题和作业时,就应该培养认真负责的态度和严谨细致的工作作风。

3. 我国工程图学的发展概况

我国是世界文明古国之一,在工程图学方面也积累了很多经验,留下了丰富的历史遗产。如春秋时代的《周礼·考工记》、宋代李诫的《营造法式》和苏颂的《新仪象法要》、元代王祯的《农书》、明代宋应星的《天工开物》和徐光启的《农政全书》、清代程大位的《算法统筹》等。

虽然我国历代在工程图学学科领域里曾有过很多成就,但由于长期处于封建制度下,工农业生产发展迟缓,工程图学的发展也受到了严重阻碍。中华人民共和国成立后,工农业生产的快速发展,使我国在工程图学学科领域里的理论图学、应用图学、计算机图形学、制图技术、制图标准、图学教育等方面都得到了相应的发展和进步。尤其在制图标准方面,结束了旧中国遗留下来的混乱局面,于1956年由原第一机械工业部发布了第一个部颁标准《机械制图》,1959年由国家科学技术委员会发布了第一个国家标准《机械制图》,在其他工程领域里也都分别制定了有关制图方面的国家标准和部颁标准,还按需制定了各类技术图样共同适用的国家标准《技术制图》,同时在设计和制图中还会用到一些其他的相关标准。随着科学技术的不断进步和工农业生产的快速发展,这些标准每隔几年都要进行一些修订和增颁。我国在实行改革开放后,尤其是21世纪以来,科学技术和工农业生产快速发展,标准的修订和增颁频繁,作为一名工程技术人员应该时刻关注、了解和严格执行现行的国家标准《机械制图》、《技术制图》及其他相关的标准。

第 1 章 制图的基本知识和技能

工程图样是工程界用以表达设计意图、交流技术思想的重要工具,必须遵循统一的规范。由国家技术监督局发布的中华人民共和国国家标准《机械制图》和《技术制图》,就是统一我国制图标准的最具权威性的文件,每一位工程技术人员都应熟悉并严格遵守国家标准的有关规定。

本章根据最新国家标准《机械制图》和《技术制图》,介绍图纸幅面和格式、比例、字体、图线、尺寸标注、图样画法等基本规定。同时,还将介绍常用绘图工具的使用方法、绘图的基本方法和步骤以及手工绘图的基本技能与技巧。

1.1 国家标准对制图的基本规定

1.1 国家标准对制图的基本规定

1.1.1 图纸幅面和格式、标题栏

1. 图纸幅面和格式(GB/T 14689—2008)

为了合理利用图纸和便于图样管理,国家标准规定了 5 种标准图纸幅面,其代号和尺寸见表 1.1 所示。绘制图样时,优先采用表中规定的基本幅面尺寸。如基本幅面不能满足绘图需要,可采用加长幅面,具体尺寸可参考国家标准的规定。

表 1.1 图纸幅面

(单位:mm)

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

图纸可横放(X 型)或竖放(Y 型),每张图纸上必须用粗实线画出图框线,其格式分为:需要装订和不需要装订两种,尺寸见表 1.1 所示。具体画法如图 1.1 和图 1.2 所示。

2. 标题栏(GB/T 10609.1—2008)

标题栏是由名称、代号区、签字区、更改区和其他区域组成的栏目,反映了一张图纸的综合信息。标题栏通常放在图框的右下角,其中的文字方向为绘图和看图的方向。标题栏的各部分尺寸、格式和内容可参照图 1.3,而一般学校的制图作业可采用如图 1.4 所示的简化标题栏样式。

图 1.1

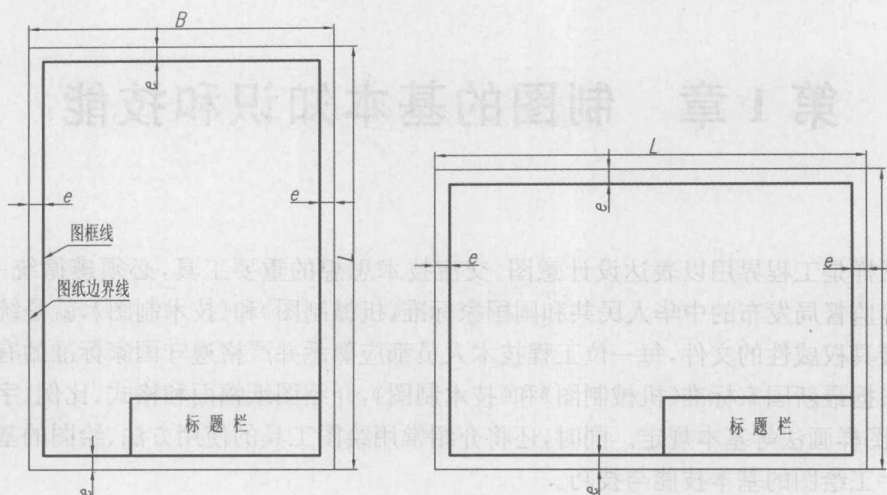


图 1.1 不需要装订的图框格式

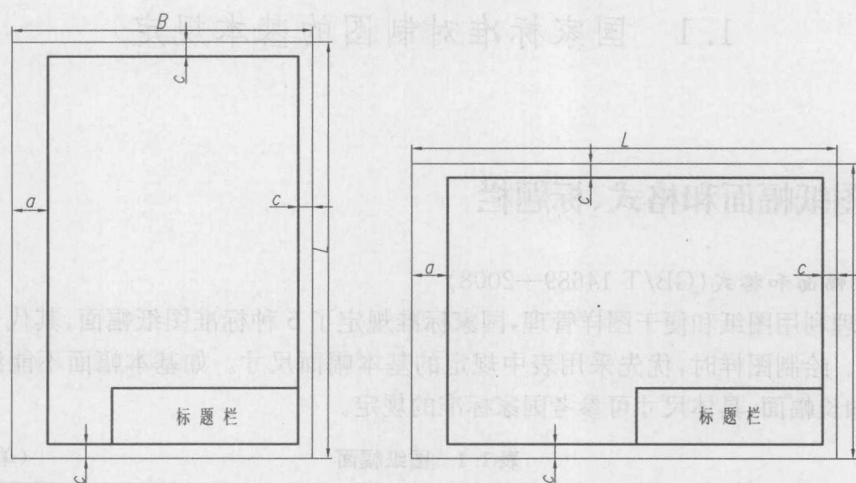


图 1.2 需要装订的图框格式

Figure 1 shows a technical drawing of a drawing frame layout. The frame is 180 units wide and 56 units high. The layout includes a title block on the right and a main area for drawing content. The dimensions for each section are as follows:

- Top Section:** 10, 10, 16, 16, 12, 16 (Total: 180)
- Left Section:** 7 (Total: 56)
- Right Section (Title Block):**
 - (材料标记) (Material Marking)
 - (单位名称) (Unit Name)
 - (图样名称) (Drawing Name)
 - (图样代号) (Drawing Code)
- Main Area:**
 - 标记 (Marking): 4x6.5=26 (Total: 6.5)
 - 处数 (Number of Locations): 12
 - 分区 (Division): 12
 - 更改文件号 (Revision File Number)
 - 签名 (Signature)
 - 年月日 (Date)
 - 设计 (Design)
 - 审核 (Review)
 - 工艺 (Technology)
 - 批准 (Approval)
 - 共张第张 (Total Pages and Current Page)
- Bottom Section:** 12, 12, 16, 12, 12, 16 (Total: 50)
- Right Section (Title Block) Dimensions:** 20, 18, 9, 10

图 1.3 标准标题栏

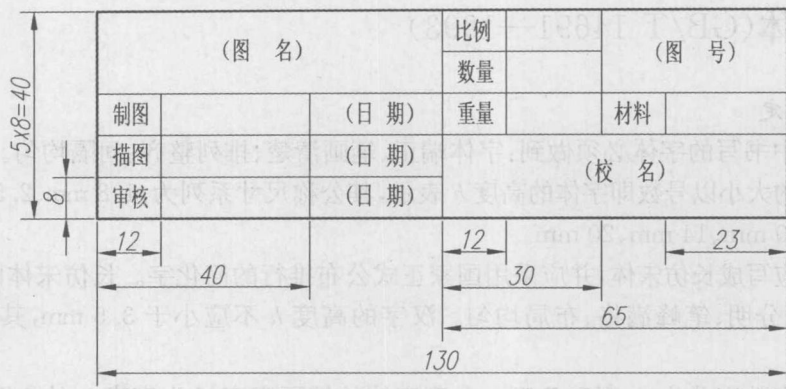


图 1.4 简化标题栏

1.1.2 比例(GB/T 14690—1993)

比例是指图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比,分:原值比例、放大比例和缩小比例 3 种。绘制图形时,应按表 1.2 中所列的比例系列选取适当的比例。

表 1.2 比例

种类	比例	
原值比例	1 : 1	
放大比例	优先使用	5 : 1, 2 : 1, 5 × 10 ⁿ : 1, 2 × 10 ⁿ : 1, 1 × 10 ⁿ : 1
	允许使用	4 : 1, 2.5 : 1, 4 × 10 ⁿ : 1, 2.5 × 10 ⁿ : 1
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
	允许使用	1 : 1.5 × 10 ⁿ , 1 : 2.5 × 10 ⁿ , 1 : 3 × 10 ⁿ , 1 : 4 × 10 ⁿ , 1 : 6 × 10 ⁿ

注: n 为正整数。

绘制同一个机件的各个视图应选用相同的比例,一般标注在标题栏中,必要时可在视图名称的下方或右侧标出。不论采用哪种比例绘制图样,所注尺寸数值必须按机件的实际尺寸注出,与绘图比例无关,如图 1.5 所示。

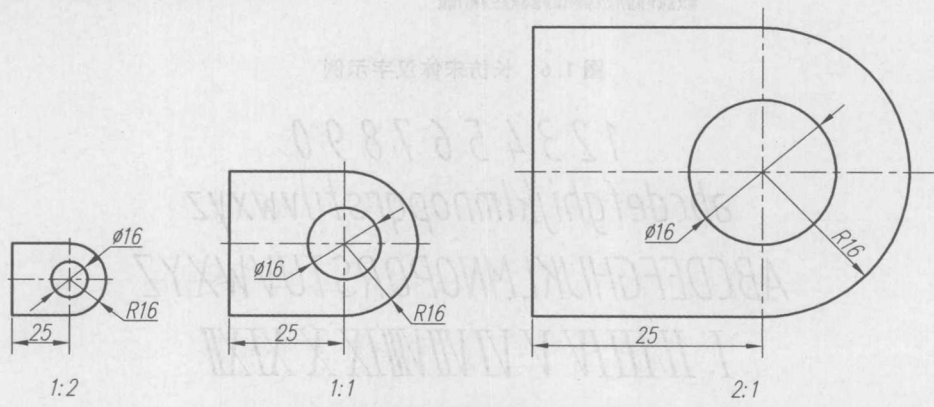


图 1.5 选用不同比例绘制同一图形的尺寸标注

1.1.3 字体(GB/T 14691—1993)

1. 一般规定

(1) 图样中书写的字体必须做到:字体端正、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。

(2) 字体的大小以号数即字体的高度 h 表示,其公称尺寸系列为:1.8 mm、2.5 mm、3.5 mm、5 mm、7 mm、10 mm、14 mm、20 mm。

(3) 汉字应写成长仿宋体,并应采用国家正式公布推行的简化字。长仿宋体的书写要领是:横平竖直、起落分明、笔峰满格、布局均匀。汉字的高度 h 不应小于 3.5 mm,其字宽一般约为 $0.7h$ 。

(4) 字母和数字分为 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度 d 为字高 h 的 $1/14$,B 型字体的笔画宽度为字高的 $1/10$ 。字母和数字可写成斜体或直体,通常用斜体,其字头向右倾斜,与水平基准线约成 75° 。用作指数、分数、极限偏差、注脚的数字及字母,一般采用小一号字体。在同一图样上,只允许选用一种字体。

(5) 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应分别符合国家的有关标准规定。

2. 字体示例

图 1.6 和图 1.7 所示是图样中常见字体(汉字、数字、字母)的书写示例。

10号字:	类种
字体工整笔画清楚间隔均匀排列整齐	图样标题
7号字:	图样文字
横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格	图样大数
5号字:	图样小数
3.5号字:	
技术制图机械电子汽车航空土木建筑纺织服装	
螺纹齿轮弹簧垫片支架箱体汽缸活塞滑块真空阀门铸钢	

图 1.6 长仿宋体汉字示例

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

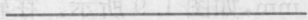
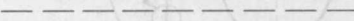
图 1.7 A 型斜体阿拉伯数字、拉丁字母、罗马数字示例

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

1. 线型

我国国家标准规定机械制图用基本线型共9种,每种图线的名称、线型、线宽以及在图上的应用见表1.3和图1.8。

表 1.3 图线的名称、线型、线宽及一般应用

名称	线型	线宽	一般应用
粗实线		d	可见棱边线、可见轮廓线、相贯线、螺纹牙顶线、螺纹长度终止线、齿顶圆(线)、剖切符号用线
细实线		$d/2$	尺寸线、尺寸界线、指引线、短中心线、剖面线、重合断面的轮廓线、过渡线、表示平面的对角线、螺纹牙底线、齿根线、不连续同一表面连线、成规律分布的相同要素连线
波浪线		$d/2$	断裂边界线、视图和剖视的分界线
双折线		$d/2$	
细虚线		$d/2$	不可见棱线、不可见轮廓线
粗虚线		d	允许表面处理的表示线
细点画线		$d/2$	轴线、对称中心线、分度圆(线)、孔系分布的中心线、剖切线
细双点画线		$d/2$	相邻辅助零件的轮廓线、可动零件的极限位置的轮廓线、轨迹线、中断线
粗点画线		d	限定范围表示线

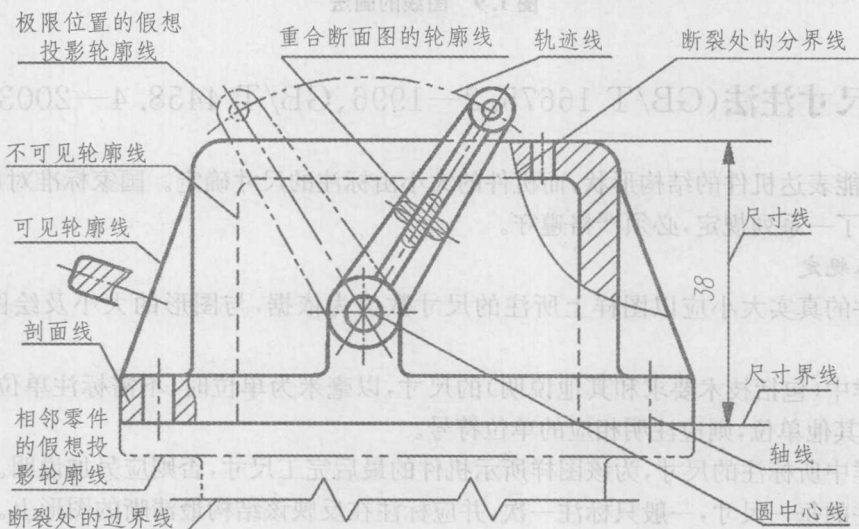


图 1.8 图线的应用举例

2. 线宽

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选用,细线宽度为粗线宽度的 $1/2$ 。标准规定图线宽度系列为:0.25 mm、0.35 mm、0.5 mm、0.7 mm、1 mm、1.4 mm、2 mm,优先采用 0.5 mm 或 0.7 mm。

3. 图线的画法

(1) 同一图样中,同类图线的宽度应基本一致。虚线、点画线及双点画线的线段长度和间隔应各自大致相等。

(2) 两条平行线(包括剖面线)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) 绘制圆的对称中心线时,圆心应为线段的交点。点画线和双点画线的首末两端应是线段而不是短画线,同时其两端应超出轮廓线 2~3 mm,如图 1.9 所示。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。

(4) 虚线及点画线与其他图线相交时,都应以线段相交,不应在空隙或短画线处相交;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,而虚线和直线间须留有空隙,如图 1.9 所示。

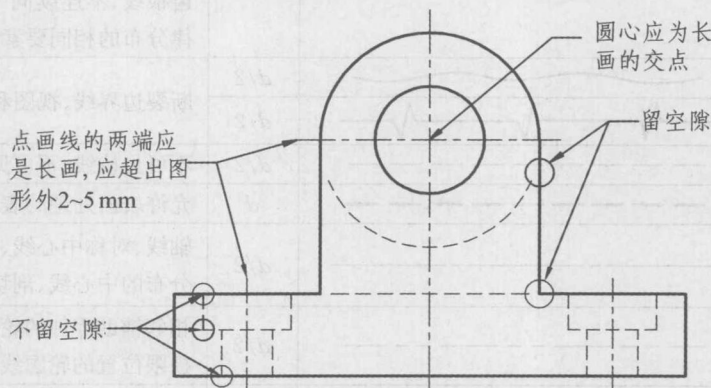


图 1.9 图线的画法

1.1.5 尺寸注法(GB/T 16675.2—1996、GB/T 4458.4—2003)

图形只能表达机件的结构形状,而机件的大小由标注的尺寸确定。国家标准对尺寸标注的基本方法作了一系列规定,必须严格遵守。

1. 基本规定

① 机件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据,与图形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,以毫米为单位时,不需标注单位符号(或名称),如采用其他单位,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. 尺寸要素

一个完整的尺寸应包含:尺寸界线、尺寸线和尺寸线终端、尺寸数字 3 组要素,如图 1.10 所示。

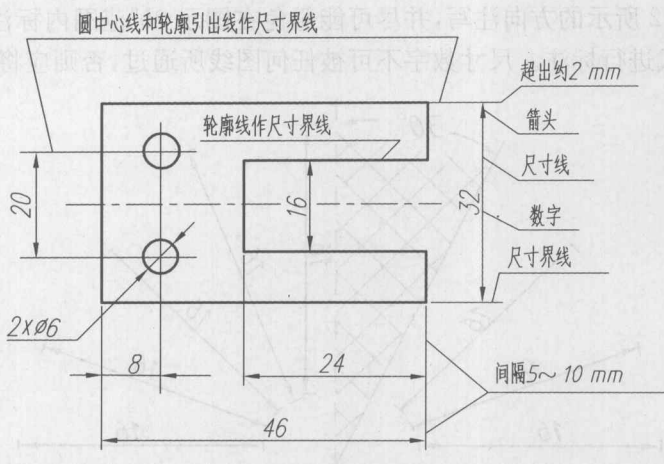


图 1.10 尺寸组成及标注示例

(1) 尺寸界线

尺寸界线用细实线绘制,并应从图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出,也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线。尺寸界线应超出尺寸线 2~3 mm,一般应与尺寸线垂直,必要时才允许倾斜。

(2) 尺寸线

尺寸线用细实线绘制,不能用其他图线代替,一般也不得与其他图线重合或画在其延长线上,应尽量避免与其他尺寸线或尺寸界线相交。标注线性尺寸时,尺寸线应与所标注的线段平行,尺寸线与尺寸线或尺寸线与轮廓线的间距要均匀,间隔 5~10 mm。

尺寸线的终端可以有两种形式,如图 1.11 所示。箭头适用于各种类型的图样;斜线用细实线绘制。当尺寸线的终端采用斜线形式时,尺寸线与尺寸界线应相互垂直。在没有足够的位置画箭头或注写数字时,允许用圆点或斜线代替箭头。

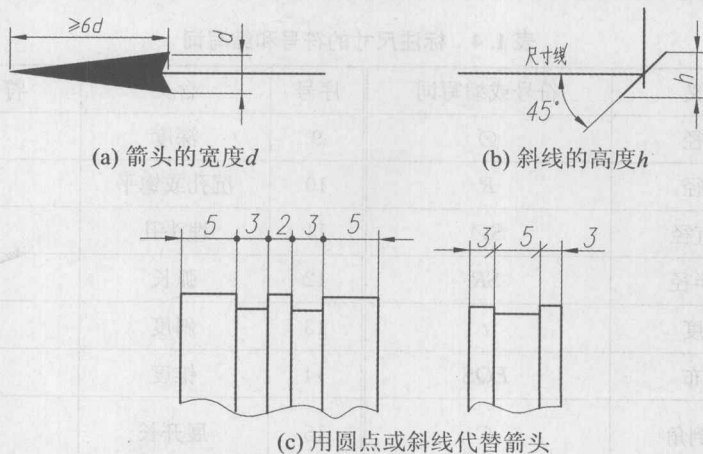


图 1.11 尺寸箭头

机械图样中一般采用箭头作为尺寸线的终端。

(3) 尺寸数字

线性尺寸的数值一般应注写在尺寸线的上方,也允许注写在尺寸线的中断处。线性尺寸数字的方向应按图 1.12 所示的方向注写,并尽可能避免在图示 30° 范围内标注尺寸,当无法避免时,按图 1.13 的形式进行标注。尺寸数字不可被任何图线所通过,否则应将该图线断开。

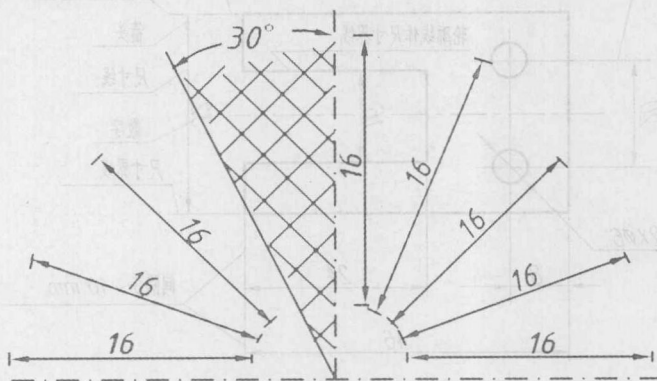


图 1.12 尺寸数字的注写方向

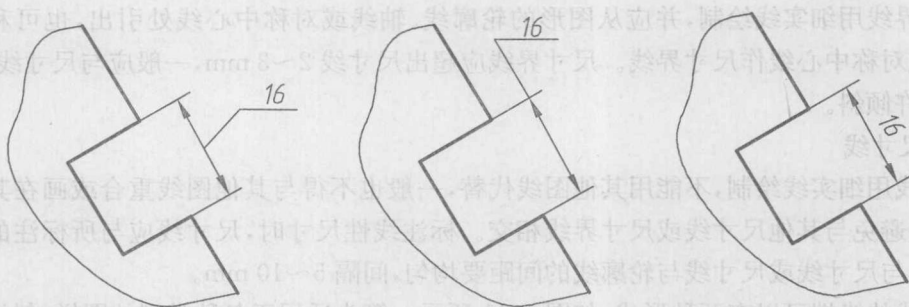


图 1.13 30° 范围内尺寸数字的注写方向

国家标准还规定了注写在尺寸数字周围的标注尺寸的符号及缩写词,见表 1.4 的规定。

表 1.4 标注尺寸的符号和缩写词

序号	含义	符号或缩写词	序号	含义	符号或缩写词
1	直径	$\varnothing$	9	深度	$\Downarrow$
2	半径	R	10	沉孔或铰平	$\sqcup$
3	球直径	$S\varnothing$	11	埋头孔	∇
4	球半径	SR	12	弧长	$\frown$
5	厚度	t	13	斜度	$\angle$
6	均布	EQS	14	锥度	∇
7	45° 倒角	C	15	展开长	$\curvearrowright$
8	正方形	$\square$	16	型材截面形状	按 GB/T 4656.1—2000

3. 直径、半径的注法

(1) 直径

标注直径时,应在尺寸数字前加注符号 $\varnothing$,尺寸线应通过圆心,尺寸线的终端画成箭头,整圆或大于 180° 的圆弧标注直径,如图1.14所示。

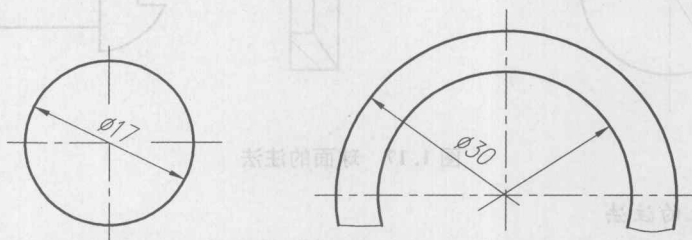


图 1.14 直径的注法

(2) 半径

标注半径时,应在尺寸数字前加注符号 R 。半径尺寸必须标注在投影为圆弧的图形上,且尺寸线应自圆心引向圆弧、半圆或小于 180° 的圆弧标注半径尺寸,如图1.15所示。

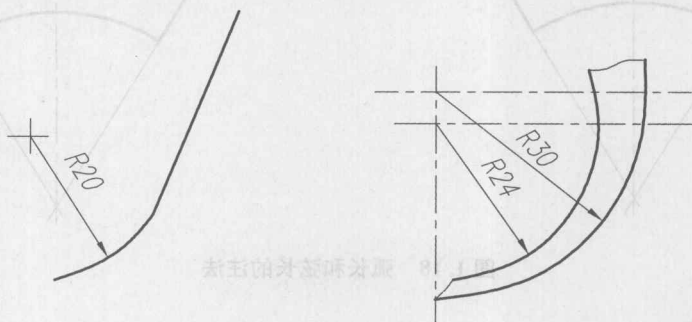


图 1.15 半径的注法

当圆弧半径过大或在图纸内无法标注其圆心位置时,可按图1.16所示的样式标注。

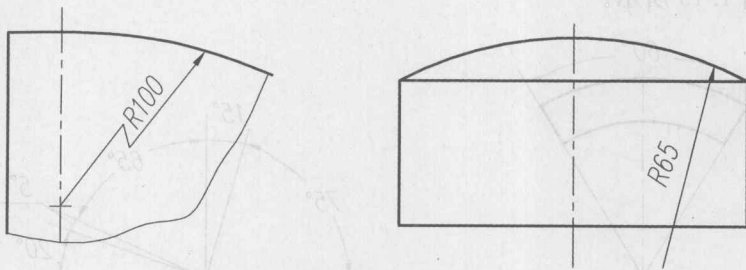


图 1.16 大圆弧的半径注法

(3) 球面

标注球面的直径或半径时,应在符号 $\varnothing$ 或 R 前再加注符号 S ,对标准件、轴及手柄的前端,在不引起误解的情况下,可省略 S ,如图1.17所示。