



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工程图形学

主编 宗士增 副主编 黄玲

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工程图形学

主 编 宗士增
副主编 黄 玲

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2005 年制定的《高等学校工程制图课程教学基本要求》及近年发布的《机械制图》、《技术制图》等国家标准编写而成,是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书分为十二章,后有附录,主要内容有:绪论,制图基本知识,点、直线、平面的投影,基本几何体,截交线和相贯线,组合体,轴测图,机件常用的表达方法,零件图,装配图,计算机辅助绘图简介(介绍 AutoCAD2005 的基本应用),SolidWorks 三维造型基础。全书采用了最新的《技术制图》、《机械制图》国家标准。

本书可作为高等学校工科机械类、近机械类专业机械制图课程的教材,也适用于武器系统与工程及相近机械专业,还可供有关的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

工程图形学/宗土增主编. —北京:北京理工大学出版社, 2008. 12
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978 - 7 - 5640 - 1795 - 8

I. 工… II. 宗… III. 工程制图 - 高等学校 - 教材 IV. TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 174000 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京圣瑞伦印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 24

插 页 / 2

字 数 / 530 千字

版 次 / 2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 2000 册

定 价 / 39.00 元

责任校对 / 申玉琴

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2005 年制定的“高等学校工程制图课程教学基本要求”及近年发布的《机械制图》、《技术制图》等国家标准编写而成，是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书是一本面向高等学校工科机械类、近机械类专业机械制图课程的教材，尤其适用于武器系统与工程及相近机械专业。在教材编写过程中，编者认真总结长期的课程教学实践经验，广泛吸取兄弟院校同类教材的优点，力求做到以下几点。

(1) 在注重学科知识的系统性、表达的规范性和准确性的同时，充分考虑学生对知识的接受性。我们按三个层次“必讲层、选讲层、自主学习层”来划分教材内容，分层原则：凡属教学目标的重点或难点均在必讲之列；按照“新”、“深”原则应当补充的内容则在选讲之列；通过设计自主学习层，则既为学生提供了开展自主学习的机会，又有效地提高了课程教学的效益。教师可根据实际情况实施不同的教学计划和策略，力求讲的“精”而“透”。

(2) 考虑到教材的完整和参考的方便，在内容上有着适当的裕量，教师可根据教学时数和教学条件按一定的深度、广度进行取舍。

(3) 根据武器系统与工程专业的设计需求，以充实的内容、深入浅出的概念阐述、规范与全面的形态表现为撰写的指导思想，使学生能够充分把握专业设计所需要的工程设计手段与图学理论。

(4) 以造就专业人才高综合素质为出发点，将计算机图形学基础知识溶入图学教学，使现代设计技术与传统工程图学有机结合。以明确计算机辅助设计概念、初步掌握基于三维设计软件生成零件实体造型、装配结构方法为目的，设计相应的教学与训练程式，从而为后继的武器装备设计打下技术基础。

本教材由宗士增主编，黄玲副主编。徐建成编写了绪论；邱明编写了第 1 章、第 12 章；吴欣编写了第 7 章、第 8 章、第 9 章；黄玲编写了第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 10 章；宗士增编写了第 2 章、第 11 章；李桂红编写了附录。宗士增和黄玲对全书进行统稿。

本教材由南京理工大学机械工程学院李亚军教授审阅，提出了许多宝贵意见，在此谨表感谢。

由于时间仓促，水平有限，疏漏错误之处难以尽免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
第1章 制图的基本知识	2
1.1 机械制图国家标准简介	2
1.2 常用手工绘图工具及使用方法简介	11
1.3 几何作图	13
1.4 平面图形的分析与作图步骤	16
第2章 点、直线、平面的投影	19
2.1 投影法基本知识	19
2.2 点的投影	22
2.3 直线的投影	25
2.4 平面的投影	32
2.5 直线与平面、平面与平面的相对位置	38
2.6 换面法	42
第3章 立体的投影	50
3.1 立体的三视图及投影规律	50
3.2 基本平面体的三视图	53
3.3 基本回转体的三视图	55
第4章 平面与立体和立体与立体相交	61
4.1 平面与立体表面的交线	61
4.2 两立体表面相交	71
4.3 多个立体相交相贯线的画法	82
第5章 组合体的视图及尺寸注法	84
5.1 组合体的视图	84
5.2 组合体的尺寸注法	90
5.3 看组合体视图的方法	95
第6章 轴测投影图	108
6.1 轴测投影的基本知识	108
6.2 正等轴测图的画法	109
6.3 斜二测图的画法	113
第7章 机件的常用表达方法	116
7.1 表达机件外形的方法——视图	116
7.2 剖视图	119
7.3 断面图	128

7.4	习惯画法和简化画法	131
7.5	表达方法综合应用举例	135
第8章	标准件及常用件	140
8.1	螺纹的画法及标注	140
8.2	螺纹连接件	148
8.3	键、销连接	154
8.4	齿轮	156
8.5	滚动轴承	159
8.6	弹簧	162
第9章	零件图	167
9.1	零件图的内容	167
9.2	零件上的常见工艺结构	168
9.3	零件表达方案的选择	172
9.4	零件图中尺寸的合理标注	179
9.5	典型零件的视图与尺寸	186
9.6	零件的加工精度及其注法	195
9.7	零件的测绘	210
9.8	看零件图的方法	213
第10章	装配图	216
10.1	装配图概述	216
10.2	装配图的规定画法和特殊画法	217
10.3	装配图的尺寸标注和技术要求的注写	220
10.4	装配图中的零件序号、明细栏和标题栏	221
10.5	常见的装配工艺结构	223
10.6	装配图的视图选择	225
10.7	画装配图的方法和步骤	228
10.8	读装配图	233
第11章	计算机绘图基础	241
11.1	计算机绘图概述	241
11.2	AutoCAD 简介	242
11.3	AutoCAD 二维绘图命令	247
11.4	AutoCAD 辅助绘图功能	255
11.5	AutoCAD 二维编辑修改命令	258
11.6	AutoCAD 尺寸标注与块操作	265
11.7	AutoCAD 三维造型	274
11.8	AutoCAD 绘图举例	280
第12章	SolidWorks 三维造型基础	291
12.1	SolidWorks2006 软件基础知识	291

12.2 草图绘制.....	297
12.3 特征建模.....	308
12.4 装配体设计.....	327
12.5 工程图设计.....	338
附录.....	348
参考文献.....	375

绪 论

准确表达物体的形状、尺寸及其技术要求的图纸称为图样。图样是制造机器、仪器和进行工程施工的依据。在机械制造业中, 机器设备是根据图样加工制造的。要生产一部机器, 设计师首先画出表达该机器的装配图和所有零件的零件图, 工艺师根据零件图制造出全部零件, 进而按装配图装配成机器。图样不仅是指导生产的重要技术文件, 而且是工程技术人员进行技术交流的重要工具。因此, 图样是工程界的“技术语言”。

《工程图形学》是一门学习绘制和阅读工程图样, 研究图解空间几何问题的理论和方法的技术基础课程。

1. 工程图形学课程主要内容、要求

《工程图形学》课程的主要内容如下。

(1) 制图基础: 国家标准的有关规定, 使用仪器绘图的基本方法和技能; 图样的表达和尺寸标注的基本方法。

(2) 画法几何: 用正投影法研究图示空间几何元素和形体以及图解空间几何问题的基本原理和方法。

(3) 工程图形学: 绘制和阅读机械零件图和部件装配图的理论、方法。

(4) 计算机绘图: 使用 AutoCAD、Solidworks 绘图的基本方法和技能。

《工程图形学》课程的学习要求如下。

(1) 掌握正投影法的基本理论, 并能利用投影法在平面上表示空间几何形体, 图解空间几何问题。

(2) 培养绘制和阅读机械图样的能力。

(3) 培养用仪器绘图、计算机绘图和手工绘制草图的能力。

(4) 培养空间逻辑思维与形象思维能力。

(5) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

2. 工程图形学课程的学习方法

《工程图形学》课程是一门既有系统理论, 又注重实践的技术基础课。课程的各部分内容既紧密联系, 又具有相对的独立性。学习《工程图形学》课程应注意如下几点。

(1) 准备一套合乎要求的制图工具, 按照正确的制图方法和步骤来画。

(2) 仔细听讲, 认真完成作业, 通过练习掌握形体分析法、线面分析法和结构分析方法等基本方法, 提高看图、画图和独立分析的能力。

(3) 注意画图与看图相结合, 实体与图样相结合, 多画多看, 逐步培养空间逻辑思维与形象思维的能力。

(4) 严格遵守《技术制图》、《机械制图》的国家标准, 具备查阅有关标准和资料的能力。

第1章

制图的基本知识

☑ 学习提示

本章主要介绍国家标准《技术制图》与《机械制图》中部分标准的有关规定，以及仪器绘图的相关内容。

通过本章的学习应达到以下要求。

- (1) 建立严格遵守国家标准的概念，逐步熟悉制图中常用的国家标准，并在今后的作图实践中加以认真贯彻执行。
- (2) 能正确地使用一般的绘图工具和仪器。
- (3) 掌握常用的几何作图方法。

技术图样是信息的载体。它传递设计的意图，集合加工制造的指令，是工程界共同的“技术语言”。技术图样的这一职能是以技术标准的制定和实施来实现的。

《机械制图》国家标准既是绘制机械图样的基本规定，也是课程的教学内容的根本依据。采用与国际接轨的最新标准设计和组织制图教学，是我国加入 WTO 后消除非关税壁垒，促进国际贸易和技术交流的需要。

本章先介绍由国家标准局颁布的机械制图国家标准（简称国标），然后介绍绘图工具的使用、几何作图和平面图形尺寸分析等有关的制图基本知识。

1.1 机械制图国家标准简介

1.1.1 图纸幅面和格式（GB/T 14689—1993^①）

1. 图纸幅面

绘制图样时，应优先采用表 1-1 所规定的基本幅面，必要时，也允许选用国家标准所规定的加长幅面。这些幅面的尺寸由基本幅面的短边成整数倍增加后得出。

^① “GB/T 14689—1993” 是国家标准《技术制图 图纸幅面及格式》的代号，“GB/T” 表示推荐性国家标准，是 GUOJIA BIAOZHUN（国家标准）和 TUIJIAN（推荐）的缩写，如果“GB” 后没有“/T” 表示强制性国家标准，“14689” 是该标准的编号，“1993” 表示该标准是 1993 年发布的。“国家标准” 简称“国标”。

表 1-1 图纸幅面代号和尺寸

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

每张图样均需有粗实线绘制的图框，其格式分为留装订边和不留装订边两种，但同一产品的图样只能采用同一种格式，图样必须画在图框之内。

留装订边的图样其图框格式如图 1-1 所示。不留装订边的图样其图框格式如图 1-2 所示。

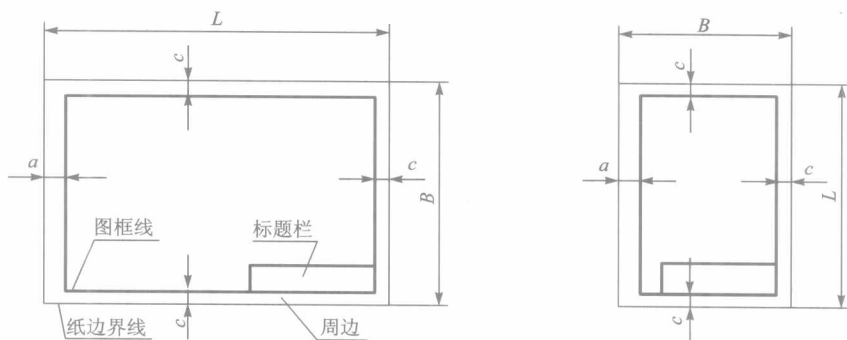


图 1-1 留装订边图样的图框格式

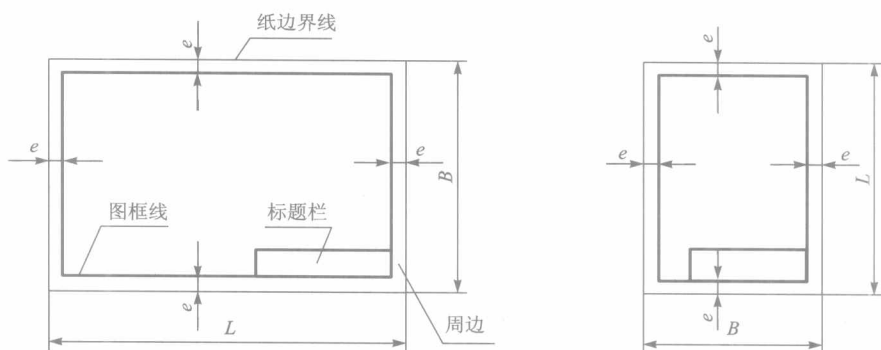


图 1-2 不留装订边图样的图框格式

3. 标题栏及其方位

每张技术图样中均应画出标题栏。标题栏的格式和尺寸按 GB 10609.1—1989 的规定如图 1-3 (a) 所示。本教材建议在作业中采用如图 1-3 (b) 所示练习用标题栏。

标题栏一般应位于图纸的右下角，如图 1-1 和图 1-2 所示。在此情况下，看图的方向与看标题栏的方向一致，即标题栏中的文字方向为看图方向。

此外,标题栏的线型、字体(签字除外)和年、月、日的填写格式均应符合相应国家标准的规定。

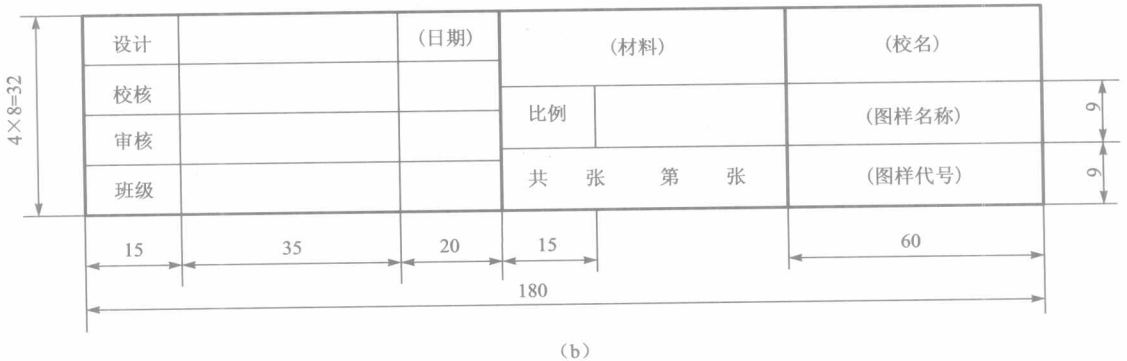
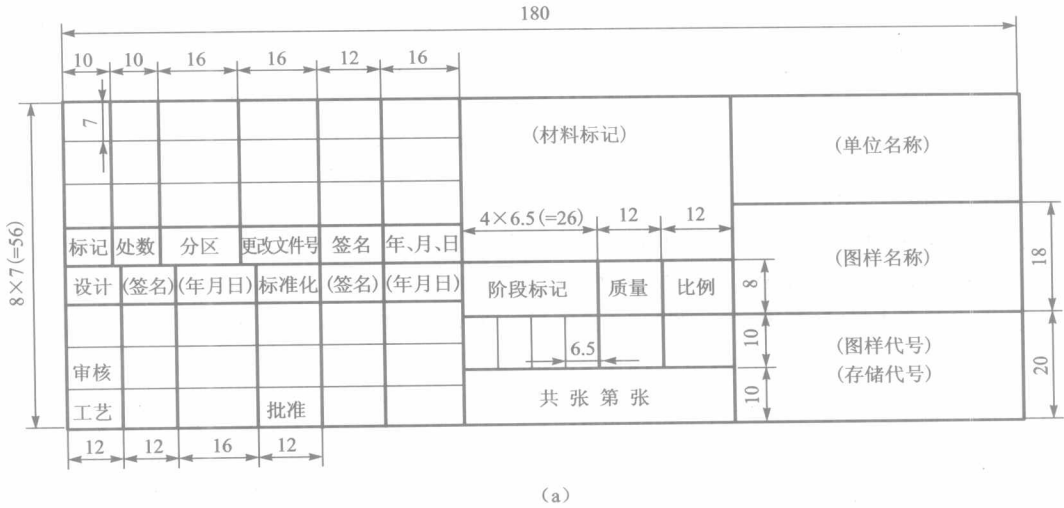


图 1-3 标题栏

(a) 国标规定的标题栏格式; (b) 练习用标题栏格式

1.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)

绘制图样时所采用的比例,是图样中机件要素的线性尺寸与实际机件相应要素的线性尺寸之比。简单地说,图样上所画图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称作比例。比值为1的比例,即1:1,称为原值比例;比值大于1的比例,如2:1等,称为放大比例;比值小于1的比例,如1:2等,称为缩小比例。

绘制图样时,应尽可能按机件的实际大小画出,以方便看图,如果机件太大或太小,则可在表1-2中所规定的第一系列中选取适当的比例,必要时也允许选取表1-3中第二系列的比。

表 1-2 比 例

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

表 1-3 比 例

种 类	比 例
放大比例	2.5:1, 4:1, $2.5 \times 10^n:1$, $4 \times 10^n:1$
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,必须另行标注。

比例一般应标注在标题栏中的比例栏内。必要时,可在视图名称的下方或右侧标注比例。

1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)

国家标准《技术制图》字体 GB/T 14691—1993 中,规定了汉字、字母和数字的结构形式。书写字体的基本要求如下。

(1) 图样中书写的汉字、数字、字母必须做到:字体端正、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。

(2) 字体的大小以号数表示,字体的号数就是字体的高度(单位为 mm),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。如需要书写更大的字,其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。用作指数、分数、注脚和尺寸偏差数值,一般采用小一号字体。

(3) 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推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。长仿宋体字的书写要领是:横平竖直、注意起落、结构均匀、填满方格。汉字的高度 h 不应小于 3.5 mm,其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

(4) 字母和数字分为 A 型和 B 型。字体的笔画宽度用 d 表示。A 型字体的笔画宽度 $d = h/14$, B 型字体的笔画宽度 $d = h/10$ 。绘图时,一般用 B 型斜体字。在同一图样上,只允许选用一种字体。

(5) 字母和数字可写成斜体和直体,斜体字字头向右倾斜,与水平基准线成 75° 。

图 1-4、图 1-5 所示的是图样上常见字体的书写示例。

1.1.4 图线 (GB 4457.4—2002)

绘制技术图样时,应遵循国标《技术制图 图线》的规定画法。

字体端正毛划清楚 排列整齐间隔均匀

图 1-4 长仿宋字



图 1-5 数字书写示例

所有图线的图线宽度 d 应按图样的类型和尺寸大小在下列系数中选择。

0.13 mm; 0.18 mm; 0.25 mm; 0.35 mm; 0.5 mm; 0.7 mm; 1 mm; 1.4 mm; 2 mm。

在机械图样中采用粗细两种线宽，它们之间的比例为 2:1。

基本图线适用于各种技术图样。表 1-4 列出的是常用机械制图的图线线型及应用说明。

图 1-6 所示为常用图线应用举例。

表 1-4 常用图线的线型及其用途

图线名称	线型	图线宽度	图线应用举例（见图 1-8）
粗实线		d	可见轮廓线；可见过渡线
细虚线		约 $d/2$	不可见轮廓线；不可见过渡线
细实线		约 $d/2$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、重合断面的轮廓线及指引线等
波浪线		约 $d/2$	断裂处的边界线等
双折线		约 $d/2$	断裂处的边界线
细点画线		约 $d/2$	轴线、对称中心线等
双点画线		约 $d/2$	极限位置的轮廓线、相邻辅助零件的轮廓线等

注：1. 表中虚线、细点画线、双点画线的线段长度和间隔的数值可供参考。

2. 粗实线的宽度应根据图形的大小和复杂程度选取，一般取 0.7 mm。

绘制图样时，应注意如下。

(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短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) 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，而虚线应留有间隙，如图1-7(a)所示。

(4) 绘制圆的对称中心线（细点画线）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，同时其两端应超出图形的轮廓线3~5 mm。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，如图1-7(b)所示。

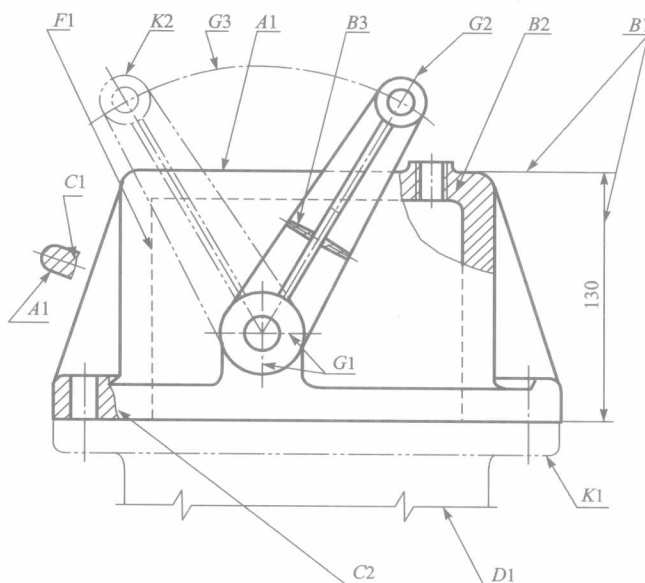


图1-6 图线应用举例

A1—粗实线；B1、B2、B3—细实线；C1、C2—波浪线；D1—双折线；F1—细虚线；
G1、G2、G3—细点画线；K1、K2—双点画线

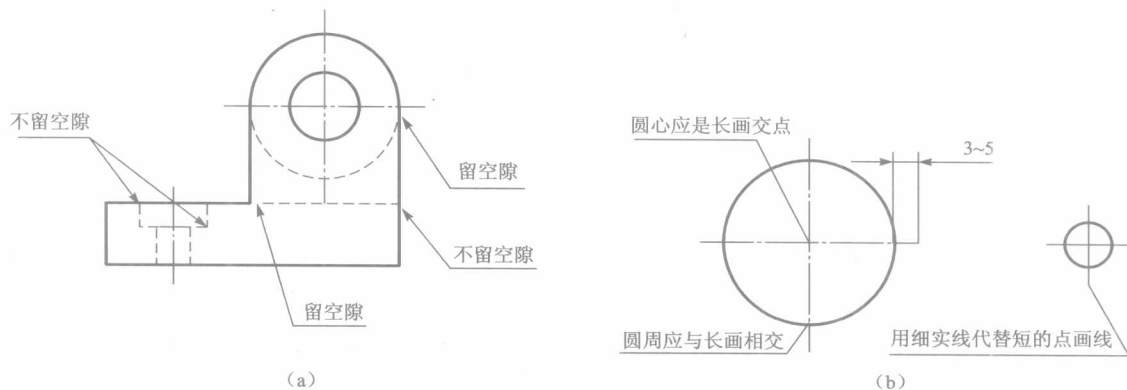


图1-7 虚线及点画线的画法
(a) 虚线的画法；(b) 点画线的画法

1.1.5 尺寸注法 (GB 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。国标中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,与图形的大小及绘图的准确度无关。

(2) 图样中的尺寸,以毫米为单位时,不需标注计量单位的代号或名称,如采用其他单位,则应注明相应的单位符号。

(3) 图样中所注尺寸是该图样所示机件最后完工时的尺寸,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. 尺寸的组成

一个完整的尺寸应由尺寸界线、尺寸线、尺寸线终端和尺寸数字四个要素组成,如图 1-8 所示。

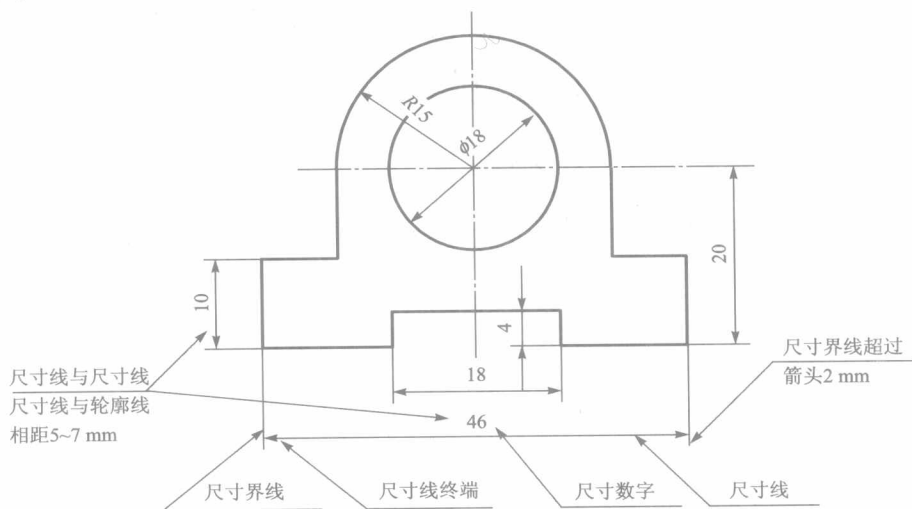


图 1-8 尺寸要素

(1) 尺寸界线。尺寸界线用细实线绘制,并由图形的轮廓线、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。尺寸界线一般应与尺寸线垂直,并超出尺寸线终端 2 mm 左右。

(2) 尺寸线。尺寸线用细实线绘制。尺寸线必须单独画出,不能与图线重合或在其延长线上。

尺寸线终端有两种形式,如图 1-9 所示,箭头适用于各种类型的图样,箭头尖端与尺寸界线接触,不得超出也不得离开。

斜线用细实线绘制,图中 h 为字体高度。当尺寸线终端采用斜线形式时,尺寸线与尺寸界线必须相互垂直,并且同一图样中只能采用一种尺寸线终端形式。

(3) 尺寸数字。线性尺寸的数字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,同一图样内大小一致,位置不够可引出标注。尺寸数字不可被任何图线所通过,否则

必须把图线断开, 见图 1-8 中的尺寸 $R15$ 和 $\phi 18$ 。国标还规定了一些注写在尺寸数字周围的标注尺寸的符号, 用以区分不同类型的尺寸:

ϕ 表示直径; R 表示半径; S 表示球面; δ 表示板状零件厚度; \square 表示正方形; \sphericalangle (或 \triangleright) 表示锥度; \sphericalangle (或 \sphericalangle) 表示斜度; \pm 表示正负偏差; \times 参数分隔符, 如 $M10 \times 1$ 等; $-$ 为连字符, 如 $M10 \times 1-6H$ 等。

3. 尺寸注法

尺寸注法的基本规则, 参见表 1-5。

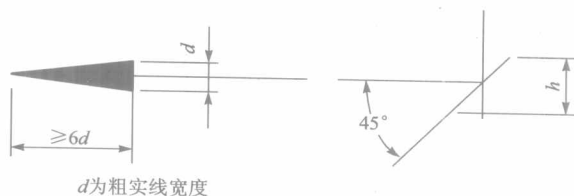
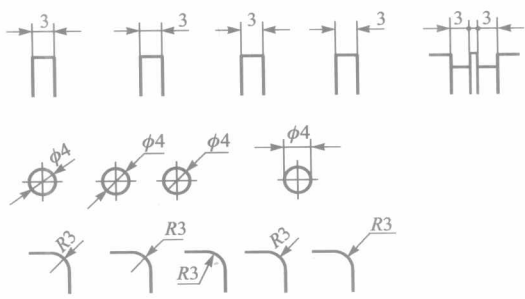
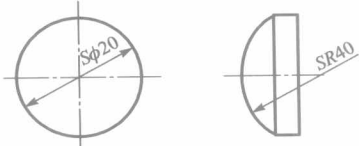
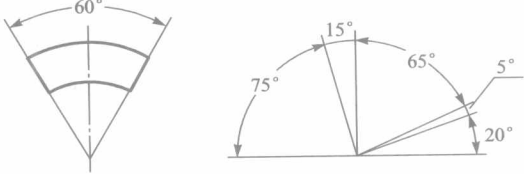
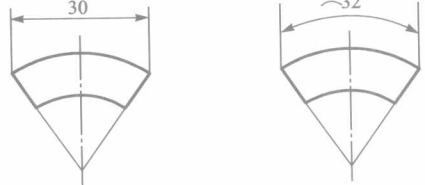
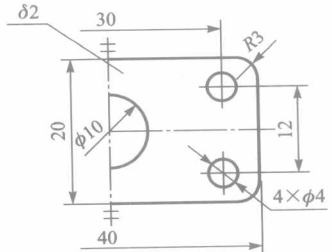


图 1-9 尺寸线终端

表 1-5 尺寸注法的基本规则

标注内容		示 例	说 明
线性尺寸			<p>尺寸线必须与所标注的线段平行, 大尺寸要注在小尺寸外面, 尺寸数字应按图 (a) 中所示的方向注写, 图示 30° 范围内, 应按图 (b) 形式标注。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)</p>
圆弧	直径尺寸		<p>标注圆或大于半圆的圆弧时, 尺寸线通过圆心, 以圆周为尺寸界线, 尺寸数字前加注直径符号“ϕ”</p>
	半径尺寸		<p>标注小于或等于半圆的圆弧时, 尺寸线自圆心引向圆弧, 只画一个箭头, 尺寸数字前加注半径符号“R”</p>
大圆弧			<p>当圆弧的半径过大或在图纸范围内无法标注其圆心位置时, 可采用折线形式, 若圆心位置不需注明, 则尺寸线可只画靠近箭头的一段</p>

续表

标注内容	示 例	说 明
小尺寸		<p>对于小尺寸在没有足够的位置画箭头或注写数字时，箭头可画在外面，或用小圆点代替两个箭头；尺寸数字也可采用旁注或引出标注</p>
球面		<p>标注球面的直径或半径时，应在尺寸数字前分别加注符号“Sφ”或“SR”</p>
角度		<p>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，一般注写在尺寸线的中断处，必要时也可按右图的形式标注</p>
弦长和弧长		<p>标注弦长和弧长时，尺寸界线应平行于弦的垂直平分线。弧长的尺寸线为同心弧，并应在尺寸数字左侧加注符号“~”</p>
只画一半或大于一半时的对称机件		<p>尺寸线应略超过对称中心线或断裂处的边界线，仅在尺寸线的一端画出箭头</p>
板状零件		<p>标注板状零件的尺寸时，在厚度的尺寸数字前加注符号“δ”</p>