

面向21世纪高等院校
规划教材



工程制图

徐建成 宗士增 吴欣 李桂红 编著

国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

面向 21 世纪高等院校规划教材

工 程 制 图

徐建成 宗士增
吴 欣 李桂红 编著

國防工業出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是根据原国家教委 1995 年批准印发的高等学校工科本科《工程制图基础课程教学基本要求》(电子与信息、管理工程等类专业适用),为适应 21 世纪培养具有创新能力的高等技术应用性人才的需要,在认真总结高等学校教学改革成功经验的基础上编写的。

本书分为十一章,外加附录,主要内容有:绪论,制图基本知识,点、线、面的投影,基本几何体,截交线和相贯线,组合体,轴测图,机件表达方法,零件图,装配图,计算机辅助绘图简介(介绍 AutoCAD2002 的基本应用)等。为了面向教学现代化,体现教学改革成果,本书还介绍了南京理工大学自主开发的“基于 Web 的《工程制图》协同学习系统”。全书采用了最新的《技术制图》、《机械制图》国家标准。

本书可作为高等院校本科非机械类各专业教材,也可供有关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程制图/徐建成等编著. —北京:国防工业出版社,
2003.9

面向 21 世纪高等院校规划教材

ISBN 7-118-03186-0

I. 工 ... II. 徐... 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(2003)第 052451 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13¼ 305 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月北京第 1 次印刷

印数:1-6000 册 定价:19.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

从象形文字的产生到埃及人丈量尼罗河两岸的土地,从航天飞机的问世到火星探测器对火星形貌的探测,无不与图形有着密切关系,图形的重要性可以说是别的任何表达方法所不能替代的。现代图学教育可以为新世纪各类专门人才的图学素质培养及创新思维训练提供方法。

《工程制图》是一本面向工科类各专业的工程素质教育的基础性教材,也可作为理科类、经管类等学科相关专业的必修课与选修课的教材。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“必讲层、选讲层、不必讲层”三个层次来划分教材内容。分层原则:凡属教学目标的重点或难点的内容均在必讲之列;凡按照“新”、“深”原则应当补充的内容则在选讲之列;凡属学生看得懂,能够自己把握的内容均无讲授的必要。教师可根据实际情况实施不同的教学计划和策略,力求讲得“精”而“透”。

(2) 实行仪器绘图、计算机绘图、手工绘制草图三种绘图能力的综合培养。如果条件允许,教师和学生还可以利用开放性实验环境将计算机绘图训练贯穿于教学全过程。

(3) 面向教学现代化,我们在第十一章介绍了自主开发的“基于 Web 的《工程制图》协同学习系统”。在教学方面,由于 Web 汇集了各种各样的信息资源和交互式多媒体信息,它的多平台交互和多媒体功能为教师和学生提供了新的教学环境和手段。人们的工作方式具有群体性、协同性、交互性和分布性等特征,学习亦是如此,我们认为在教学过程中不能仅仅强调教学的个别化,还应注重学习的协同性。基于 Web 的协同学习系统以提高教学效果和质量为目标,教师和学生可以在网络上学习和讨论,充分体现以人为本、团结协作的思想,最终实现教学质量的整体水平的提高。

(4) 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。

本教材由徐建成、宗士增、吴欣、李桂红合作编写。李桂红编写了第一章、第三章;吴欣编写了第五章、第七章、第九章及附录;宗士增编写了第二章、第六章、第十章;徐建成编写了绪论、第四章、第八章、第十一章。最后由徐建成对全书进行统稿。

IV

本教材由南京理工大学工程图学教研中心丛肇助教授审阅,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

2003.08

目 录

绪论	1
0.1 《工程制图》课程的研究对象	1
0.2 《工程制图》课程的任务和要求	1
0.3 《工程制图》课程的学习方法	1
第一章 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	10
1.3 几何作图	11
1.4 平面图形的分析与作图步骤	14
第二章 投影基础	16
2.1 投影法基本知识	16
2.2 几何元素的投影	17
第三章 立体的投影	26
3.1 立体的三视图及投影规律	26
3.2 基本几何体的三视图	28
第四章 平面与立体和立体与立体相交	30
4.1 平面与立体表面的交线	30
4.2 两回转体的表面相交	37
4.3 多个立体相交相贯线的画法	43
第五章 组合体的视图及尺寸注法	45
5.1 组合体的视图	45
5.2 组合体的尺寸注法	48
5.3 看组合体视图的方法	51
第六章 轴测投影图	55
6.1 轴测投影的基本知识	55
6.2 正等轴测图的画法	56
6.3 斜二测图的画法	60
第七章 机件的常用表达方法	62
7.1 表达机件外形的方法——视图	62
7.2 剖视图	64
7.3 断面图	71
7.4 习惯画法和简化画法	74
第八章 零件图	78

8.1 零件图的内容	78
8.2 典型零件的视图与尺寸	78
8.3 零件上的常见结构	83
8.4 零件的加工精度及其注法	92
8.5 零件的测绘	103
8.6 看零件图的方法	106
第九章 装配图	108
9.1 装配图的作用和内容	108
9.2 装配图的规定画法和特殊画法	110
9.3 装配图的尺寸标注	112
9.4 装配图中的零件序号、明细栏和标题栏	113
9.5 常见的装配工艺结构	114
9.6 画装配图的方法和步骤	122
9.7 读装配图	128
第十章 计算机绘图基础	135
10.1 计算机绘图概述	135
10.2 AutoCAD 简介	136
10.3 AutoCAD 二维绘图命令	141
10.4 AutoCAD 辅助绘图功能	148
10.5 AutoCAD 二维编辑修改命令	152
10.6 AutoCAD 尺寸标注与块操作	158
10.7 AutoCAD 三维造型	166
10.8 AutoCAD 绘图举例	172
第十一章 工程制图协同学习系统	182
11.1 工程制图协同学习系统模型	182
11.2 工程制图协同学习系统的实现方法	183
11.3 工程制图协同学习系统的评估子系统	185
附录	187
一、常用零件结构要素	187
二、螺纹	188
三、常用的标准件	192
四、极限与配合	199

绪 论

0.1 《工程制图》课程的研究对象

《工程制图》是一门研究绘制和阅读机械图样图示、图解空间几何问题的理论和方法的技术基础课程。主要内容是正投影理论和国家标准《技术制图》、《机械制图》的有关规定。

0.2 《工程制图》课程的任务和要求

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主要依据。在机械制造业中,机器设备是根据图样加工制造的。如果要生产一部机器,首先必须画出表达该机器的装配图和所有零件的零件图,然后根据零件图制造出全部零件,再按装配图装配成机器。在工程技术中,人们通过图样来表达设计对象和设计思想。图样不单是指导生产的重要技术文件,而且也是进行技术交流的重要工具。因此,图样是每一个工程技术人员必须掌握的“工程技术语言”。

《工程制图》课程的学习要求:

- (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,并研究如何在图样上标注尺寸;
- (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的能力;
- (5) 培养分析问题和解决问题的能力;
- (6) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

0.3 《工程制图》课程的学习方法

《工程制图》课程是一门既有系统理论,又比较注重实践的技术基础课。本课程的各部分内容既紧密联系,又各有特点。根据《工程制图》课程的学习要求及各部分内容的特点,这里简要介绍一下学习方法:

- (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图,认真完成作业;
- (2) 认真听课,及时复习,要掌握形体分析法、线面分析法和结构分析方法,提高独立分析和解决看图、画图等问题的能力;
- (3) 注意画图与看图相结合,物体与图样相结合,要多画多看,逐步培养空间逻辑思维与形象思维的能力;
- (4) 严格遵守机械制图的国家标准,并具备查阅有关标准和资料的能力。

第一章 制图的基本知识

图样是现代机器制造过程中重要的技术文件之一,是工程界的技术语言。设计师通过图样设计新产品,工艺师依据图样制造新产品。此外,图样还广泛应用于技术交流。

在各个工业部门,为了科学地进行生产和管理,对图样的各个方面,如图幅的安排、尺寸注法、图纸大小、图线粗细等,都需要有统一的规定,这些规定称为制图标准。

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/T14689—93^①)

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。

表 1-1 图纸幅面代号和尺寸

mm

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。

要装订的图样,应留装订边,其图框格式如图 1-1 所示。不需要装订的图样其图框格式如图 1-2 所示。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。

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 GB10609.1—89 的规定。本教材将标题栏作了简化,如图 1-3 所示,建议在作业中采用。

标题栏一般应位于图纸的右下角,如图 1-1 和图 1-2 所示。当标题栏的长边置于水平

^① “GB/T14689—93”是国家标准《技术制图 图纸幅面和格式》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,“93”表示该标准是 1993 年发布的。“国家标准”简称“国标”。

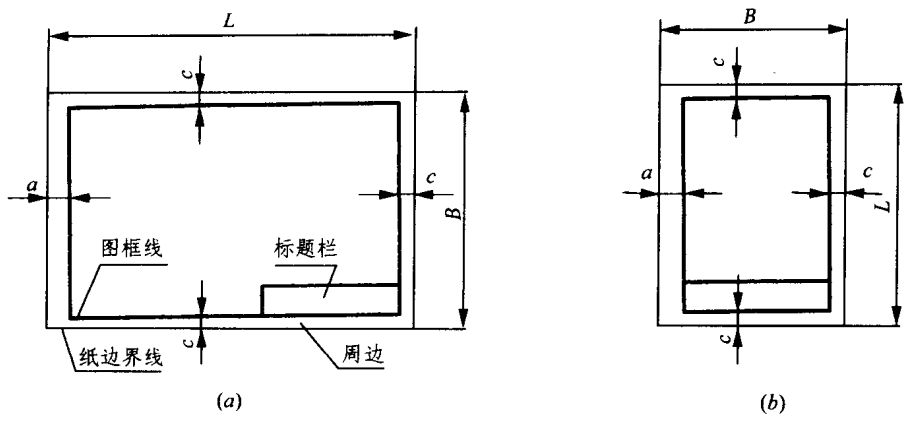


图 1-1 需要装订图样的图框格式

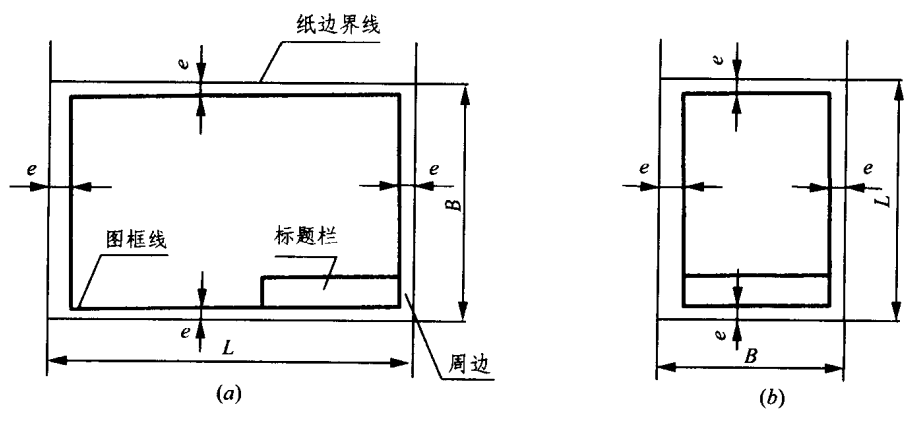


图 1-2 不需要装订图样的图框格式

方向并与图纸的长边平行时,则构成 X 型图纸,如图 1-1(a)和图 1-2(a)所示。当标题栏的长边与图纸的长边垂直时,则构成 Y 型图纸,如图 1-1(b)和图 1-2(b)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、日的填写格式应符合相应国家标准的规定。

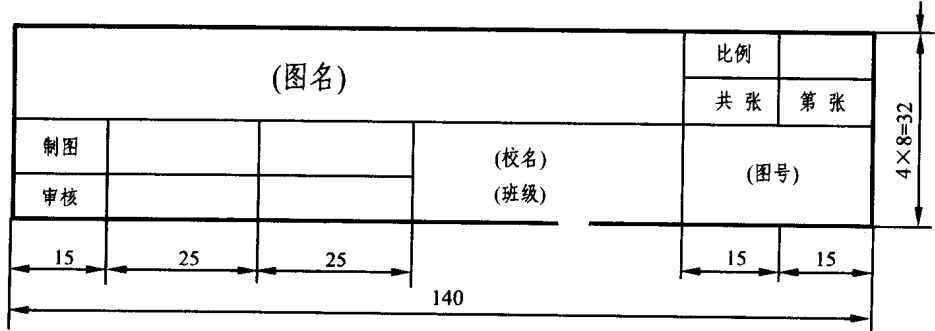


图 1-3 图样的标题栏

1.1.2 比例(GB/T14690—93)

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,则可用表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第二系列的比例。

表 1-2 比例

种类	比 例
原值比例	1:1
放大比例	2:1, 5:1, 1×10^n :1, 2×10^n :1, 5×10^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, 2.5×10^n :1, 4×10^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/T14691—93)

国家标准《技术制图》字体 GB/T14691—93 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是:

(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、20mm。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 3.5mm,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 $d = h/10$ 。字母和数字可写成斜体和直体。

(5) 斜体字字头向右倾斜,与水平基准线成 75° 。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。

图 1-4、图 1-5 所示的是图样上常见字体的书写示例。

字体端正笔画清楚
排列整齐间隔均匀

图 1-4 长仿宋字

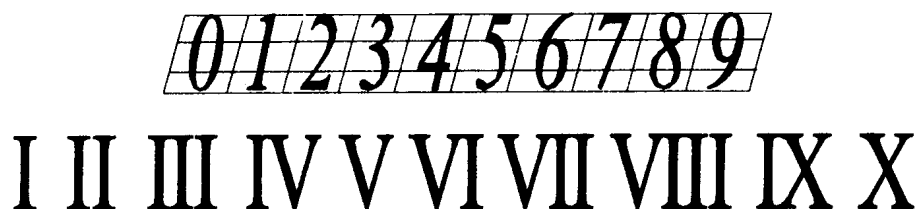


图 1-5 数字书写示例

1.1.4 图线(GB4457.4—84)

绘制技术图样时,应遵循国标《技术制图 图线》的规定。

所有图线的宽度 b 应按图样的类型和尺寸大小在下列系数中选择:

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

粗线、中粗线和细线的宽度比率为 4:2:1。

基本图线适用于各种技术图样。表 1-4 列出的是机械制图的图线型式及应用说明。图 1-6 所示为常用图线应用举例。

表 1-4 图线的名称、型式、宽度及其用途

图线名称	图线型式	图线宽度	图线应用举例(见图 1-8)
粗实线		b	可见轮廓线;可见过渡线
虚线		约 $b/3$	不可见轮廓线;不可见过渡线
细实线		约 $b/3$	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 $b/3$	断裂处的边界线等
双折线		约 $b/3$	断裂处的边界线
细点划线		约 $b/3$	轴线、对称中心线等
粗点划线		b	有特殊要求的线或表面的表示线
双点划线		约 $b/3$	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、细点划线、双点划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 0.7mm。

绘制图样时,应注意:

(1) 同一图样中,同类图线的宽度应基本一致。虚线、点划线及双点划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 0.7mm。

(3) 虚线及点划线与其它图线相交时,都应以线段相交,不应在空隙或短划处相交;当虚

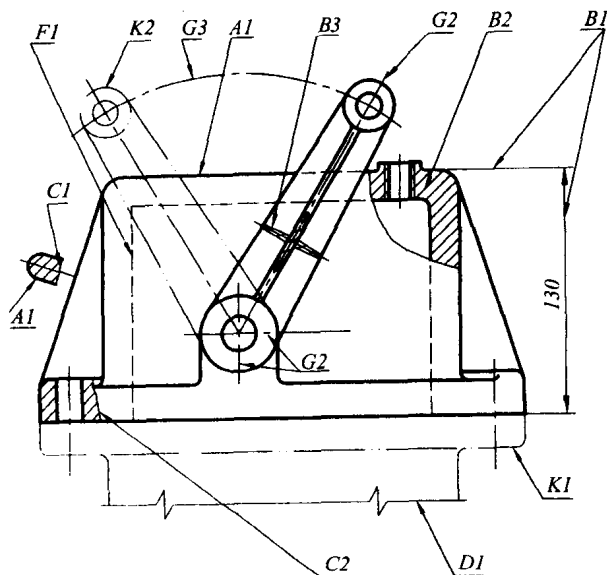


图 1-6 图线应用举例

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,如图 1-7(a)所示。

(4) 绘制圆的对称中心线(细点划线)时,圆心应为线段的交点。点划线和双点划线的首末两端应是线段而不是短划,同时其两端应超出图形的轮廓线 3mm~5mm。在较小的图形上绘制点划线或双点划线有困难时,可用细实线代替,如图 1-7(b)所示。

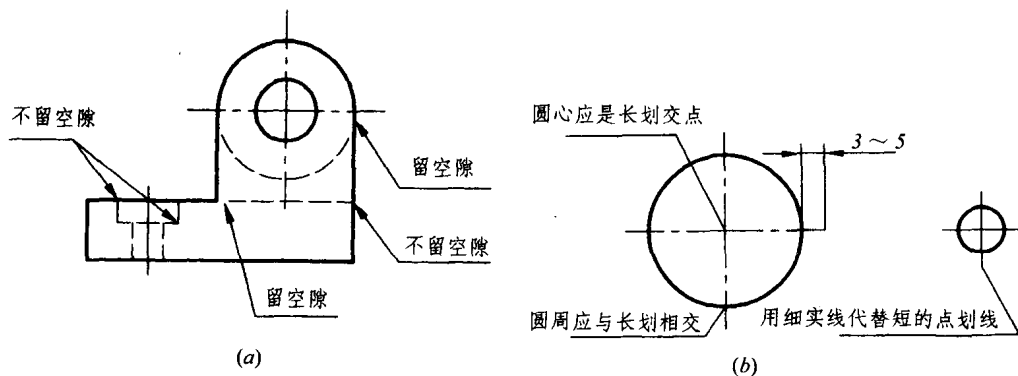


图 1-7 虚线连接处的画法

1.1.5 尺寸注法(GB4458.4—84)

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,如采用其它单位,则必须注明。

(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。

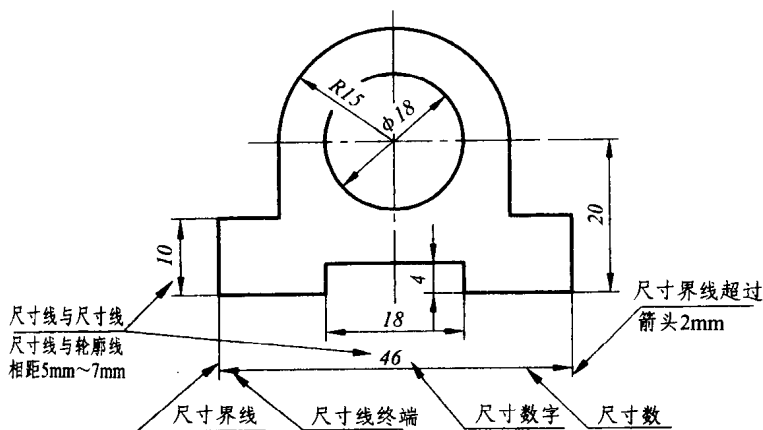


图 1-8 尺寸要素

(1) 尺寸界线 尺寸界线用细实线绘制,并应由图形的轮廓线、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 2mm 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。

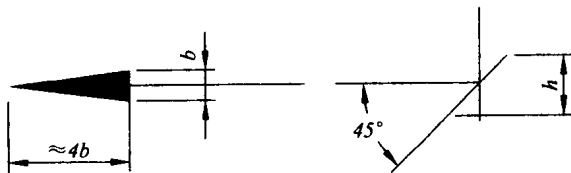


图 1-9 尺寸线终端

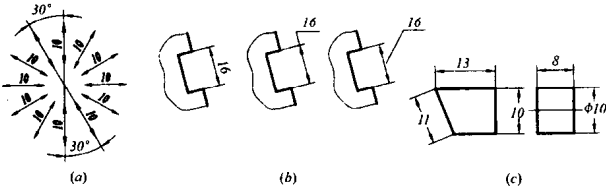
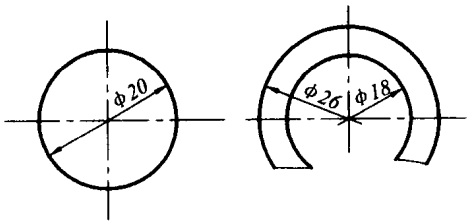
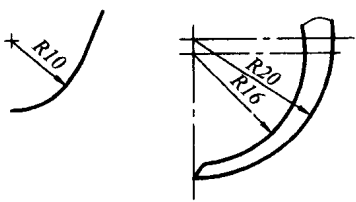
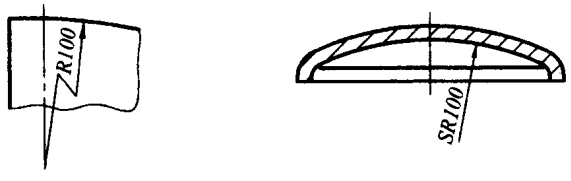
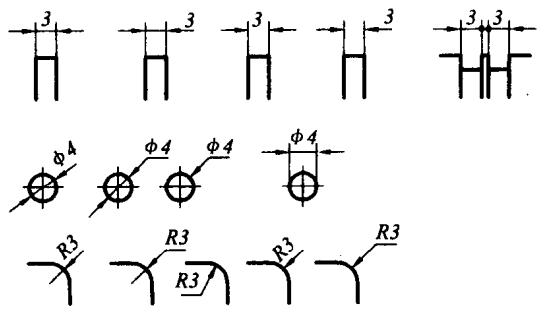
(3) 尺寸数字 线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方,也允许注写在尺寸线的中断处,同一图样内大小一致,位置不够可引出标注。尺寸数字不可被任何图线所通过,否则必须把图线断开,见图 1-8 中的尺寸 $R15$ 和 $\phi 18$ 。国标还规定了一些注写在尺寸数字周围的标注尺寸的符号,用以区分不同类型的尺寸:

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; $(\triangleleft$ 或 $\triangleright)$ 表示锥度; $\sphericalangle$ (或 $\sphericalangle$) 表示斜度; $\pm$ 表示正负偏差; $\times$ 表示参数分隔符;如 $M10 \times 1$ 等;—表示连字符,如 $4-\phi 10$, $M10 \times 1-6H$ 等。

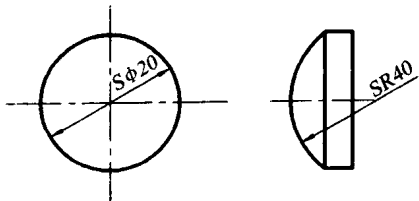
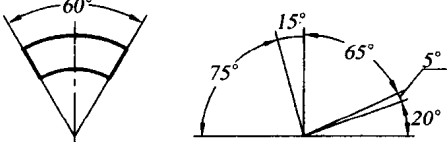
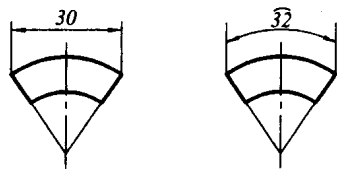
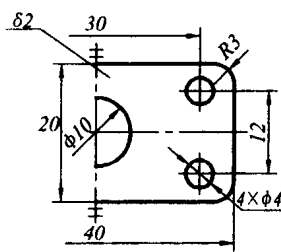
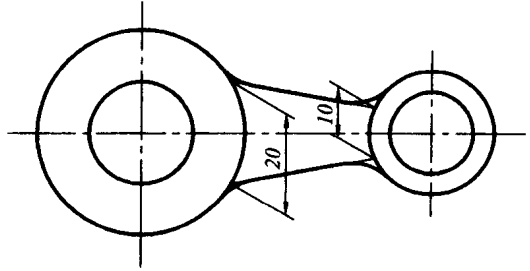
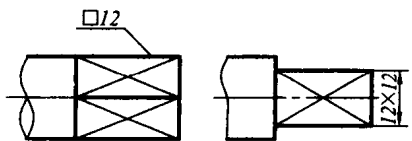
3. 尺寸注法

尺寸注法的基本规则,参见表 1-5。

表 1-5

标注内容	示 例	说 明
线性尺寸		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)
圆弧	直径尺寸 	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”
半径尺寸		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”
大圆弧		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
小尺寸		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

(续)

标注内容	示 例	说 明
球面		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”
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,一般写在尺寸线的中断处,必要时也可按右图的形式标注
弦长和弧长		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,并应在尺寸数字上方加注符号“^”
只画一半或大于一半时的对称机件		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
板状零件		标注板状零件的尺寸时,在厚度的尺寸数字前加注符号“δ”
光滑过渡处的尺寸		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
允许尺寸界线倾斜		尺寸界线一般应与尺寸线垂直,必要时允许倾斜
正方形结构		标注机件的剖面为正方形结构的尺寸时,可在边长尺寸数字前加注符号“□”,或用“12×12”代替“□12”。图中相交的两条细实线是平面符号(当图形不能充分表达平面时,可用这个符号表达平面)

1.2 常用手工绘图工具及使用方法简介

正确使用绘图工具和仪器,是保证绘图质量和提高绘图效率的一个重要方面。为此将手工绘图工具及其使用方法介绍如下。

1.2.1 图板、丁字尺和三角板

图板是铺贴图纸用的,要求板面平滑光洁;又因它的左侧边为丁字尺的导边,所以必须平直光滑。图纸用胶带纸固定在图板上。当图纸较小时,应将图纸铺贴在图板靠近左上方的位置,如图 1-10 所示。

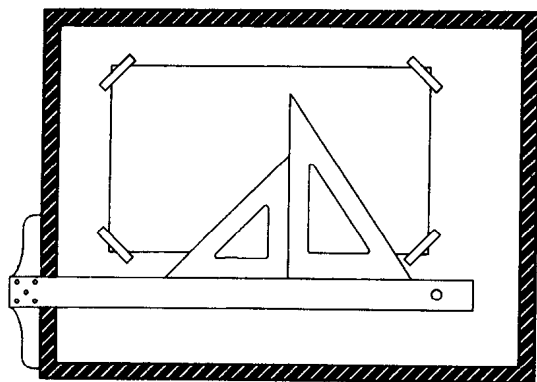


图 1-10 图纸与图板

丁字尺由尺头和尺身两部分组成。它主要用来画水平线,其头部必须紧靠绘图板左边,然后用丁字尺的上边画线。移动丁字尺时,用左手推动丁字尺头沿图板上下移动,把丁字尺调整到准确的位置,然后压住丁字尺进行画线。画水平线是从左到右画,铅笔前后方向应与纸面垂直,而在画线前进方向倾斜约 30° 。

三角板分 45° 和 30° 、 60° 两块,可配合丁字尺画铅垂线及 15° 倍角的斜线;或用两块三角板配合画任意角度的平行线或垂直线,如图 1-11。

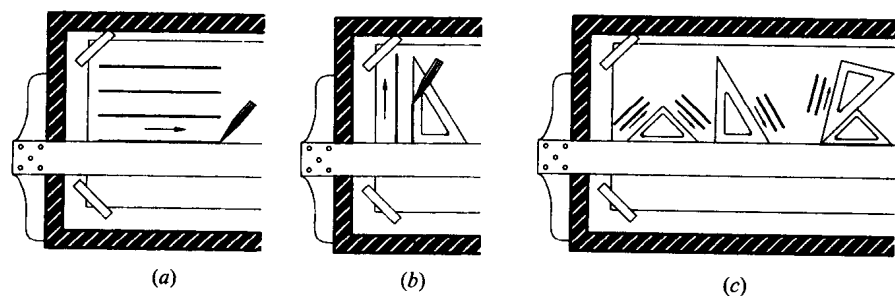


图 1-11 丁字尺和三角板的使用方法

(a)画水平线;(b)画垂直线;(c)画各种角度的平行线或垂直线。

1.2.2 绘图铅笔

绘图用铅笔的铅芯分别用 B 和 H 表示其软、硬程度,绘图时根据不同使用要求,应准备以