

机械工程基础

JI XIE GONG CHENG JI CHU

□ 张树仁 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等教育系列教材

机械工 程 基 础

主 编 张树仁

副主编 陈 玲 李玉菊 王淑坤

参 编 李启海 杨立峰 高 伟



机械工业出版社

本书是根据高等学校面向 21 世纪课程体系、教学内容改革的需要,将机械制图、工程力学及机械设计基础三门课程进行优化整合,以满足学生掌握必要的工程学基础知识。主要内容包括:工程制图的基本知识、机械图、物体的受力分析及平衡规律、变形及失效分析、常用机构、机械传动、轴系等三篇 20 章,并另有配套习题集出版发行。

本书具有体系新颖、内容精炼等特点,适合普通高等学校本科机械类少学时和非机类专业师生使用,也可供广大高职高专、成人高校、电大、函大、夜大相关专业师生使用,还可供广大从事机械设计制造的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程基础/张树仁主编. —北京:机械工业出版社,2004.12

ISBN 7-111-15959-4

I. 机 II. 张… III. 机械工程 IV. TH112

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 142189 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王海峰

责任印制:石 冉

三河市宏达印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm1/16·24 印张·637 千字

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面防伪标均为盗版

前 言

当今,科学技术发展突出特点是各学科之间的相互交叉、相互渗透及有机结合,这就要求非机类专业学生具备一定的机械工程基础知识,以满足工程实际对宽口径科技要才的需求。进入新世纪以来、科技发展迅猛,知识更新加快,迫使教、学双方需用更少的学时教、学更更多的知识,省时、高效的课程体系改革是当前教育改革的方向。为满足 21 世纪科技发展对高等教育的这一新的要求,我们组织长春理工大学部分专家、教授将工程制图工程力学,机械设计基础课程进行优化整合,改善课程体系结构,编写了这本综合性的机械工程基础课程教材。

本书力求使内容与课程定位相统一,可拓宽学生的基础平面,增强学生的工程意识,提高学生的综合素质,扩大学生的知识面。

本书的主要特点如下:

1. 将工科非机类专业学生所需的机械工程基础知识有机结合、融为一体,可达到省时、高效的教学效果。

2. 本书结构体系新颖,将工程力学基础、机械设计基础及工程制图一线贯穿,内容取舍恰当,去粗取精,优化整合,重点突出,介绍详细。

3. 本书贯彻执行法定计量单位和最新国家标准。

4. 本书有配套出版的习题教材与之密切配合,给出解题指导、典型题解、习题及习题参考答案。

本教材内容包括:制图的基本知识和技能,物体的三视图,轴测图,机械图样的表示法及零件图,标准件与常用的表示法,装配图;刚体静力学基础,平面力系,弹性静学基础,拉伸、压缩与剪切,扭转,弯曲,压杆稳定;常用机械,零件设计,联接,机械传动,轴系等三篇 20 章。

本教材由张树仁、陈玲、李玉菊、王淑坤、李启海、杨立峰、高伟编写。张树仁担任主编,并负责全书的统稿,陈玲、李玉菊、王淑坤担任副主编。

编 者

编审说明

当今,科学技术发展的突出特点是各学科之间的相互交叉、相互渗透及有机结合,这就要求高校非机械类专业学生必须具备一定的机械工程基础知识,以满足工程实际对宽口径科技人才的需求。进入新世纪以来,科技发展迅猛,知识更新加快,迫使师生双方均需用更少的学时教、学更多的知识,省时、高效的课程体系改革是当前高等教育改革的方向。

随着高等教育课程体系改革与教学内容改革的不断深入,要求工科学生必须加强工程学基础知识学习,以满足实际需要。为解决工程类专业基础课内容多、学时少的矛盾,我们组织长春理工大学部分专家教授将工程制图、工程力学、机械设计基础课程进行优化整合,改善课程体系结构,编写了这门综合性的机械工程基础课教材。

本书力求使内容与课程定位相统一,以加强学生基础教育,增强学生的工程意识,培养学生创新思维能力,提高教学质量为目的。主要具有如下特点:

1. 将工科近机类少学时、非机类专业学生所需的机械工程知识有机结合、融为一体。满足注重基础、符合少学时、达到高质量的培养要求,达到省时、高效的教学效果。

2. 内容取舍合理,优化安排,避免重复,突出重点。

3. 结构体系新颖。以工程力学基础知识、机械设计基础以及工程图表达为主线,对要求学生必须掌握的基本内容作一详细介绍。

4. 全书均采用法定计量单位和最新国家标准。

5. 与本书配套出版机械工程基础习题集,给出了解题指导、典型题解、习题及问题参考答案,以利于学生消化理解课程基本内容,提高学生分析问题和解决问题的能力。

全书主要内容包括:制图的基本知识和技能、物体的三视图、轴测图、机械图样的表示法及零件图、标准件与常用件的表示法、装配图、刚体静力学基础、平面力系、弹性静力学基础、拉伸、压缩、剪切、扭转、弯曲、压杆稳定、常用机构、零件设计、联接、机械传动、轴系等三篇 20 章。

本书由张树仁、陈玲、李玉菊、王淑坤、李启梅、杨立峰、高伟编写。由张树仁主编,并负责全书统稿工作,陈玲、李玉菊、王淑坤担任副主编。

对于书中疏漏、错误之处,欢迎有关专家学者和广大读者不吝批评指正,以便不断修订完善。

21 世纪高等教育系列教材编审指导委员会

2005 年 4 月

目 录

编审说明

前 言

第一篇 工程制图

第一章 制图的基本知识和技能	1
第一节 制图基础标准.....	1
第二节 常用绘图工具及仪器使用方法	10
第三节 几何作图	13
第四节 平面图形的分析及画图方法	17
第五节 徒手绘图	19
第二章 物体的三视图	21
第一节 投影原理	21
第二节 基本立体	35
第三节 组合体的三视图	49
第三章 轴测图	64
第一节 轴测图的基本知识	64
第二节 画轴测图方法步骤	65
第四章 机械图样的表示法及零件图	71
第一节 机械图样的表示法	71
第二节 零件图	86
第五章 标准件及常用件的表示法	114
第一节 螺纹及螺纹紧固件.....	114
第二节 键与销.....	125
第三节 齿轮与弹簧.....	127
第六章 装配图	135
第一节 装配图的视图表达方法及合理结构.....	137
第二节 装配图的尺寸标注.....	141
第三节 装配图的零(部)件序号、明细栏和技术要求	142
第四节 由零件图画装配图.....	143
附 录 I	145

第二篇 工程力学

第七章 刚体静力学基础	159
第一节 刚体.....	159
第二节 力.....	159
第三节 静力学公理.....	160
第四节 约束与约束力.....	162
第五节 物体的受力和受力图.....	165
第八章 平面力系	167
第一节 平面汇交力系.....	167
第二节 平面力偶系.....	171
第三节 平面任意力系的简化.....	177
第四节 平面任意力系的平衡.....	180
第五节 物体系统的平衡.....	185
第六节 考虑摩擦时物体的平衡.....	188
第九章 弹性静力学基础	192
第一节 弹性静力学的任务.....	192
第二节 变形固体的基本假设.....	192
第三节 内力、截面法和应力.....	193
第四节 变形与应变.....	195
第五节 杆件变形的基本形式.....	196
第十章 拉伸、压缩与剪切	198
第一节 轴向拉伸或压缩时横截面上的内力和应力.....	198
第二节 直杆轴向拉伸或压缩时斜截面上的应力.....	201
第三节 材料在拉伸时的力学性能.....	202
第四节 材料在压缩时的力学性能.....	205
第五节 轴向拉(压)构件的强度计算.....	207
第六节 轴向拉伸或压缩时的变形.....	209
第十一章 扭转	213
第一节 工程中的受扭构件.....	213
第二节 外力偶矩 扭矩 扭矩图.....	213
第三节 纯剪切.....	215
第四节 圆轴扭转时的应力.....	217
第五节 圆轴扭转时的变形.....	220
第十二章 弯曲	223
第一节 平面图形的几何性质.....	223
第二节 弯曲内力.....	229
第三节 弯曲应力.....	239
第四节 弯曲变形.....	245

第十三章	压杆稳定	253
第一节	概 述.....	253
第二节	两端铰支细长压杆的临界压力.....	254
第三节	其他支座条件下细长压杆的临界压力.....	256
第四节	欧拉公式的适用范围 经验公式.....	257
第五节	压杆的稳定校核.....	259
附 录 II		262

第三篇 机械设计基础

第十四章	机械设计基础概述	272
第一节	机械设计基础研究的对象和内容.....	272
第二节	机械设计的基本要求和一般过程.....	273
第三节	机械设计基础在相关专业教学中的地位.....	274
第十五章	常用机构	275
第一节	平面机构的结构分析.....	275
第二节	平面四杆机构.....	280
第三节	凸轮机构.....	284
第四节	齿轮机构.....	292
第五节	轮 系.....	301
第十六章	机械的调速与平衡	306
第一节	机械速度波动及调节.....	306
第二节	机械的平衡.....	308
第十七章	机械零件设计概论	311
第一节	机械零件的设计准则.....	311
第二节	机械制造中常用材料及其选择.....	313
第三节	许用应力和安全系数.....	314
第四节	机械零件的工艺性和标准化.....	316
第十八章	联 接	317
第一节	螺纹联接.....	317
第二节	键联接和花键联接.....	328
第三节	焊 接.....	332
第十九章	机械传动	334
第一节	带传动.....	334
第二节	链传动.....	344
第三节	齿轮传动.....	351
第二十章	轴 系	365
第一节	轴.....	365
第二节	轴 承.....	367
参考文献		375

第一篇

工程制图

本篇主要研究用投影法绘制和阅读机械工程图样。

在工程技术中为了正确地表示出机器、部件、零件的形状、大小、规格和材料等内容,通常将这些物体按一定的投影方法和技术规定表达在图纸上,称之为机械工程图样。在设计和改造机器设备时,要通过图样来表达设计思想和要求,在制造机器过程中,无论是制作毛坯还是加工、检验、装配等各个环节,都要以图样作为依据。在使用时,也要通过图样来帮助了解机器的结构与性能。因此,图样与语言、文字一样,是人类表达设计思想、交流技术经验必不可少的重要工具,是制造、使用机器过程中的一种主要的技术资料,被称之为“工程的语言”。

第一章 制图的基本知识和技能

本章介绍绘制工程图样时必须遵守的一些国家标准以及常见几何图形的作图方法和徒手作图的基本技能。

第一节 制图基础标准

工程图样是工程技术人员表达设计思想,进行技术交流的工具,是指导生产的重要技术文件。为了便于生产和进行技术交流,必须对图样的表达方式、尺寸注法以及所采用的符号等建立一个统一的标准。制图国家标准起到了统一工程语言的作用,对每一个工程技术人员,都必须树立标准化的概念,严格遵守,认真执行这些标准。

一、图纸幅面和格式(GB/T14689—1993)

(一) 图纸幅面

绘制图样时,应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面。必要时,可按规定加长幅面,其尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增加后形成,如图 1-1 所示。图中粗实线所示为基本幅面,细实线和虚线所示为加长幅面。

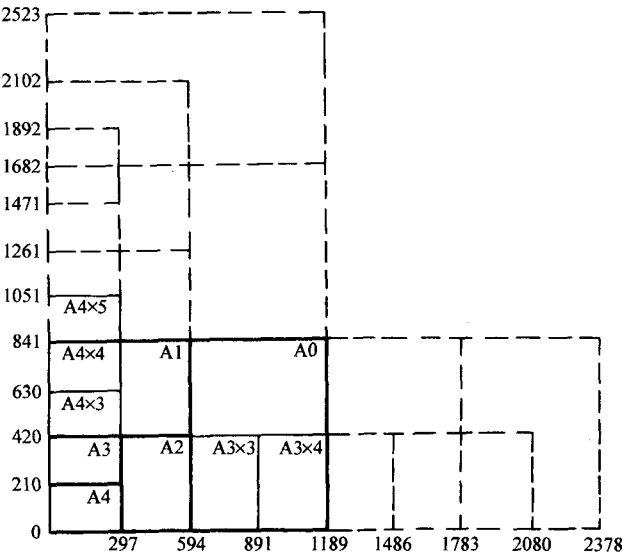


图 1-1 图纸幅面

表 1-1 幅面及边框尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
B×L	841×1189	594×841	420×594	279×420	210×297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

(二) 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(如图 1-2 所示)和留装订边(如图 1-3 所示)两种。同一产品图样只能采用一种格式。装订时可采用 A4 幅面竖装或 A3 幅面横装。

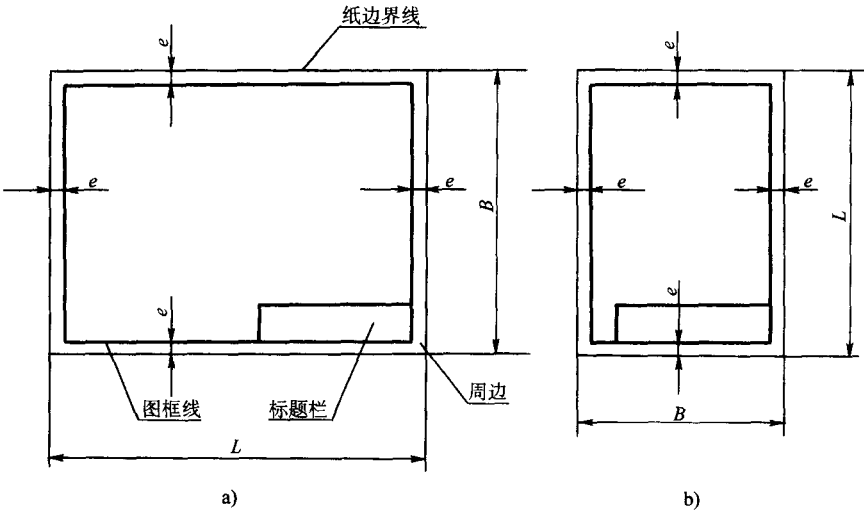


图 1-2 不留装订边的图框格式
a)横放 b)竖放

二、比例(GB/T14690—1993)

比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。
绘制图样时,应按表 1-2 规定的系列中(常用的部分)选取适当的比例。

表 1-2 绘图的比例

种 类	比 例					
原值比例	1 : 1					
放大比例	2 : 1	2.5 : 1	4 : 1	5 : 1	10 : 1	
缩小比例	1 : 1.5	1 : 2	1 : 2.5	1 : 3	1 : 4	1 : 5

不管采用哪种比例,图中的尺寸均应按照实物的实际大小进行标注,与图形大小无关,图1-5为不同比例绘图的效果。

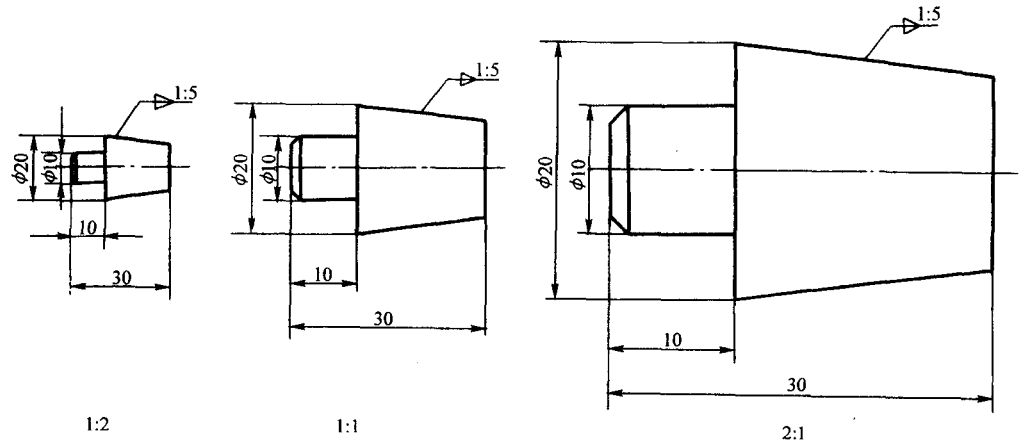


图 1-5 不同比例绘制的图形

三、字体(GB/T14691—1993)

字体是技术制图中的一个重要组成部分。国家标准规定了图样上汉字、字母、数字的书写规范。书写字体的基本要求与原则是:字体工整,笔画清楚,间隔均匀,排列整齐。

1. 字高

字体的号数代表了字体的高度(h),其公称尺寸系列有:1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20mm。当还需更大时,其字体高度按 $\sqrt{2}$ 递增。

2. 汉字

应写成长仿宋体,并采用国家正式公布的简化字。汉字高度 h 不应小于 3.5,其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

3. 字母和数字

字母和数字可写成直体与斜体两种。斜体字头向右倾斜,与水平线成 75° ,分 A 型(笔画宽为 $h/14$)和 B 型(笔画宽为 $h/10$)。A 型字体用于机器书写,B 型字体用于手工书写。

其书写字体的范例如下:

(1) 汉字示例:

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航船土木建筑矿山井坑港口纺织服装

3.5 号字

螺纹齿轮端子接线飞行指导驾驶舱位挖填施工引水通风闸阀坝棉麻化纤

(2) 拉丁字母和希腊字母示例:

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

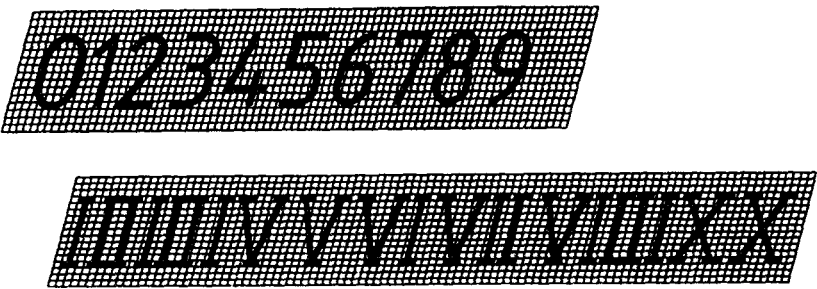
a b c d e f g h i j k l m n o p q

r s t u v w x y z

$\alpha \beta \gamma \delta \epsilon \zeta \eta \theta \vartheta \iota \kappa \lambda \mu \nu$

$\xi \omicron \pi \rho \sigma \tau \upsilon \phi \psi \omega$

(3)阿拉伯数字和罗马数字示例：



四、图线(GB/T17450—1998 和 GB/T4457.4—2002)

绘制机械工程图样所使用的图线及其应用见表 1-3 和如图 1-6 所示。

表 1-3 图线及其应用

图线名称	图线形式	图线宽度	一般应用举例
粗实线		d	可见轮廓线
细实线		约 $d/2$	尺寸线及尺寸界限、剖面线 重合断面的轮廓线
细虚线		约 $d/2$	不可见轮廓线
细点画线		约 $d/2$	轴线、对称中心线
粗点画线		d	限定范围表示线
细双点画线		约 $d/2$	相邻辅助零件的轮廓线 极限位置的轮廓线
波浪线		约 $d/2$	断裂处的边界线 视图和剖视图的分界线
双折线		约 $d/2$	断裂处的边界线

机械工程图样中采用两种图线宽度，称为粗线与细线。粗线的宽度为 d ，细线的宽度为 $d/2$ ，线宽 d 的尺寸系列为 0.13、0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、1、1.4、2mm。在同一图样中，同类图线的宽度应一致。虚线、点画线、双点画线的线段长度和间隔各自大致相同。点画线首末两端是长画，并超出轮廓线 3~5mm，当该图线较短时，可用细实线代替，画圆的中心线时，圆心应为线段与线段相交。虚线、点画线与其他图线相交时，都应交到线段处，当虚线为粗实线延长线时，虚线与粗实线应留间隙。

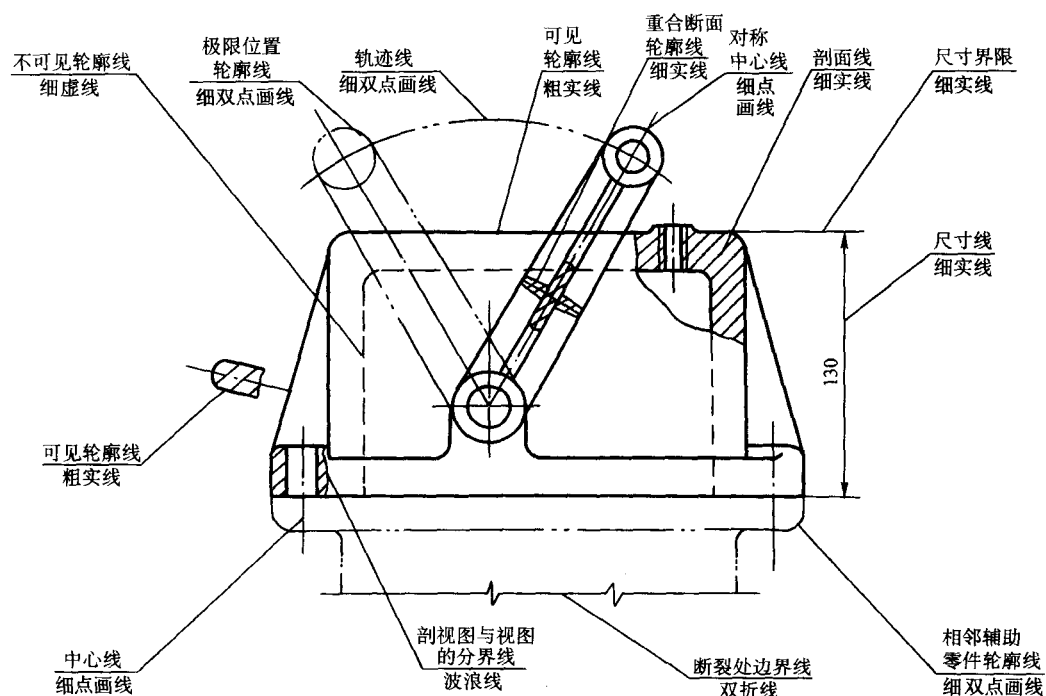


图 1-6 图线应用示例

五、尺寸注法(GB/T4458.4—2003 和 GB/T16675.2—1996)

(一) 尺寸要素

组成尺寸的要素有尺寸界线、尺寸线、尺寸终端、尺寸数字,如图 1-7 所示。

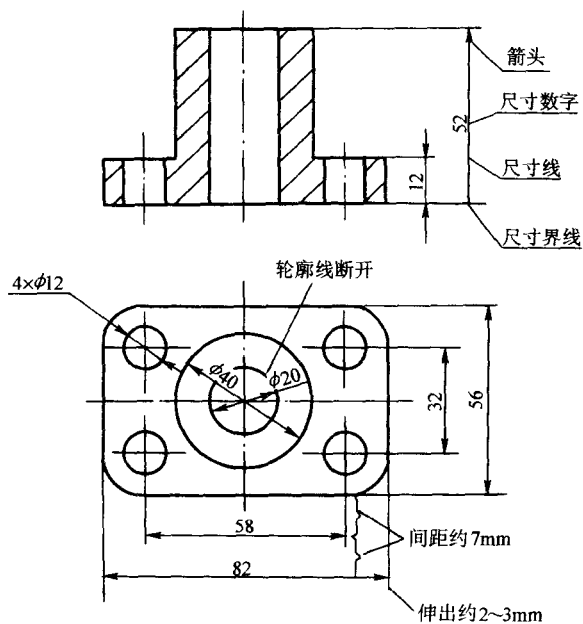


图 1-7 尺寸的组成

(二)基本规则

- 1)机件的真实大小应以图样上所注尺寸为依据,与绘图比例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。若采用其他单位,则必须注明相应的计量单位的代码或名称。
- 3)图样中所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)机件的每一个尺寸一般只标注一次,应标注在反应该结构最清晰的图形上。

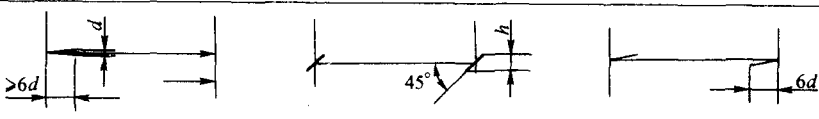
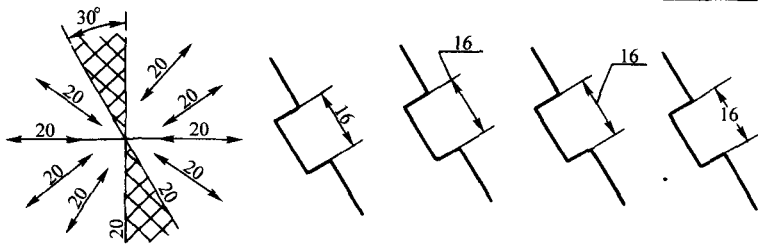
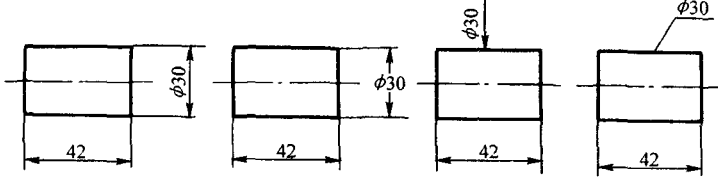
(三)尺寸标注示例

尺寸符号及尺寸标注示例见表 1-4 与表 1-5。

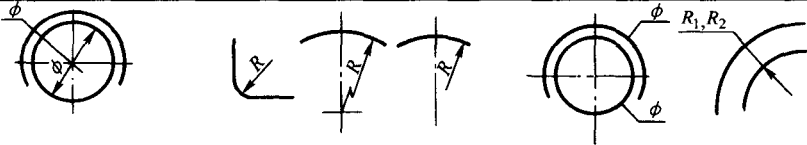
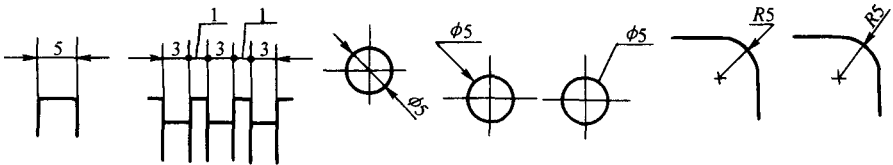
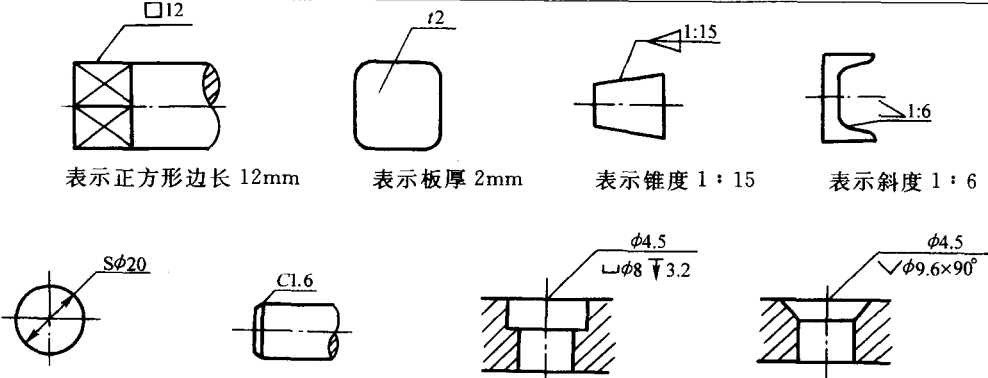
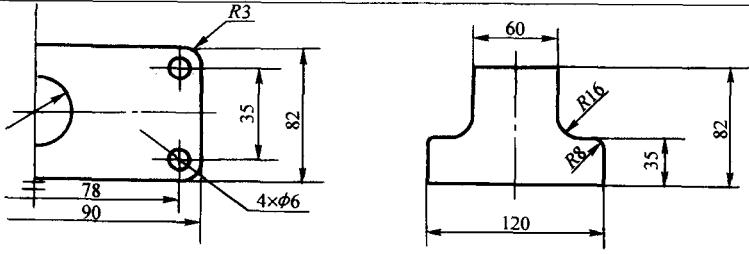
表 1-4 尺寸符号

符 号	含 义	符 号	含 义
ϕ	直径	t	厚度
R	半径	$\sphericalangle$	埋头孔
S	球	$\sqcup$	沉孔或铤平
EQS	均布	$\downarrow$	深度
C	45°倒角	$\square$	正方形
$\sphericalangle$	斜度	$\triangle$	锥度

表 1-5 尺寸注法示例

内容	图例及说明
尺寸线终端形式	 箭头 细斜线 单边箭头 d 为粗实线宽度, h 为尺寸数字高度
线性尺寸数字方向	 当尺寸线在图示打网线的 30°范围内时,可采用右边几种形式标注,同一张图样中标注形式要统一
线性尺寸注法	 第一种方法 第二种方法 第三种方法 第四种方法 必要时尺寸界线与尺寸线允许倾斜 非水平方向的尺寸一般采用第一种方法注写

(续)

内容	图例及说明
圆及圆弧尺寸注法	 圆的直径数字前面加注“ϕ”。当尺寸线的一端无法画出箭头时,尺寸线要超过圆心一段 圆弧半径数字前面加注“R”。半径尺寸线一般应通过圆心 圆及圆弧尺寸的简化注法
小尺寸的注法	 小图形,没地方标注尺寸时,箭头可外移或用小圆点代替两个箭头;尺寸数字也可写在尺寸界线外或引出标注
尺寸数字前面的符号	 表示正方形边长 12mm 表示板厚 2mm 表示锥度 1 : 15 表示斜度 1 : 6 表示圆球直径 $\phi 20\text{mm}$ 表示 45°倒角, 倒角宽度为 1.6mm 表示沉孔 $\phi 8\text{mm}$, 深 3.2mm 表示埋头孔 $\phi 9.6\text{mm} \times 90^\circ$
对称机件的尺寸注法	 78、90 两尺寸线的一端无法注全时,它们的尺寸线要超过对称线一段。图中 4×$\phi 6$ 表示有 4 个 $\phi 6\text{mm}$ 孔 分布在对称线两侧的相同结构,可仅标注其中一侧的结构尺寸