

机械工程学

徐祖茂 杨裕根 主编

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书共分 11 章，主要内容有制图的基本知识与技能，计算机绘图基础，点、直线、平面的投影，立体的投影，轴测图，组合体的视图及尺寸标注，机件的表达方法，标准件和常用件，零件图，装配图和展开图。与本书配套的《机械工程图学习题集》同时出版。

本书另配有教学光盘。

本书可作为高等院校机械工程图学课程的教材，也可供电视大学、其他业余大学师生以及工程技术人员参考。

21 世纪高等学校教材

编审委员会

编审委员会顾问

韩正之

编审委员会执行主任

百文

编审委员会副主任

冯颖 曹天守 靳全勤 张华隆 蒋凤瑛

普杰信 闫洪亮 程全洲 杨裕根 徐祖茂

胡敬群 宓一鸣 姜献峰 李敏 李湘梅

张红梅 白丽媛 陈树平 包奇金宝 刘克成

潘群娜 戴兵 杨国林 张占山

序

本书是根据国家教育委员会 1995 年修订的“高等工业学校画法几何与工程制图课程教学基本要求”的精神，并为适应 21 世纪教学内容与课程体系改革的需求编写而成的。

本书全部采用国家最新《机械制图》与《技术制图》标准，注重理论联系实际，内容由浅入深。既有传统尺规制图，又融合计算机绘图的内容。

为了适应新形势下课时安排的变化，提高讲课效率，本书另外配有多媒体教学软件。该教学软件是作者多年一线教学经验的总结，也吸取了国内外同行的宝贵经验。该教学软件涵盖了教材中的所有题例与插图，并结合教学需要引入适当的动画，以加强学生理解，提高教学效果。

本书可作为高等院校机械工程图学课程的教材，也可供电视大学、其他业余大学师生及工程人员参考。与本书配套的《机械工程图学习题集》同时出版。

本书由徐祖茂、杨裕根任主编；姜献峰、巩琦任副主编。参加编写的有：徐祖茂、杨裕根、姜献峰、巩琦、白聿钦、李俊源、陈晓蕾、安秀凤等。

本书在编写过程中得到同济大学制图教研室和浙江工业大学现代设计技术研究所的大力支持，在此表示感谢。

由于编者水平有限，本书难免存在缺点与不足，恳请读者批评指正。

编者

2005 年 4 月

前 言

一、本课程的性质和任务

在现代工业生产中所使用的各种机械设备、仪表等的设计都离不开图样。它们的制造、装配和调试也是根据图样来进行的。图样已成为交流思想和指导设备制造的一种工具，是工程技术界的“语言”。所以，每个从事工程技术的人员都必须掌握有关的基础知识和技能。

计算机绘图技术的普及和发展、设计制图工作的根本性转变，使得图样信息的产生、加工、存储和传递进入了新的阶段。随着科学技术的高速发展和国际交流的日益频繁，作为国际新技术语言的工程图样显得越来越重要。

本课程是一门研究如何绘制和看懂工程图样的技术基础课程。它的任务是：

1. 研究用正投影法并遵照国家标准的规定画出图样，以表达机器、部件和零件。
2. 培养学生具有工程图学思维方式、提高学生的工程图学素质，使学生具有看图能力、空间想象能力和空间构思能力。
3. 培养学生计算机绘图、徒手绘图和尺规绘图的能力。
4. 培养学生认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

二、本课程的学习方法

本课程是一门实践性很强的课程，要想把图样画得又快又好，必须做到：

1. 正确使用制图工具和仪器（包括计算机），按照正确的工作方法和步骤来画图，使所绘制的图样正确、图面整洁。
2. 认真听课，及时按时完成作业，弄清基本原理和基本方法。
3. 始终注意理论联系实际，多想、多看、多画，不断地“由物画图，由图想物”，将投影分析与空间分析相结合，逐步提高空间想象能力和投影分析能力。
4. 严格遵守国家标准的有关规定，学会查阅和使用标准和有关资料。

编 者

2005年4月

目 录

第 1 章 制图的基本知识与技能	1
1.1 制图的基本规定	1
1.2 绘图工具及其使用	10
1.3 几何作图	14
1.4 绘图的基本方法和步骤	21
1.5 徒手绘图的方法	22
第 2 章 计算机绘图基础	25
2.1 AutoCAD 基础知识	25
2.2 基本绘图命令	30
2.3 精确绘图命令(目标捕捉)	33
2.4 常用的编辑命令	36
2.5 图层和对象属性	47
2.6 平面图形的画法	49
第 3 章 点、直线、平面的投影	53
3.1 投影法的基本知识	53
3.2 点的投影	54
3.3 直线的投影	58
3.4 平面的投影	67
3.5 直线与平面以及两平面间的相对位置	73
第 4 章 立体的投影	78
4.1 平面立体的投影及其表面取点	78
4.2 回转体的投影及其表面取点	81
4.3 平面与立体相交	86
4.4 两回转体表面相交	97
第 5 章 轴测图	106
5.1 轴测图的基本知识	106
5.2 正等轴测图	108
5.3 斜二测轴测图	114

第 6 章 组合体的视图及尺寸标注	119
6.1 三视图的形成及其投影规律.....	119
6.2 组合体的形体分析.....	120
6.3 组合体的三视图的画法.....	122
6.4 读组合体的视图.....	126
6.5 组合体的尺寸标注.....	136
6.6 AutoCAD 绘制三视图	141
第 7 章 机件的表达方法	149
7.1 视图.....	149
7.2 剖视.....	152
7.3 断面图.....	164
7.4 局部放大图、简化画法及其他规定画法.....	166
7.5 表达方法综合举例.....	169
7.6 第三角投影简介.....	170
7.7 用 AutoCAD 绘制剖视图.....	172
第 8 章 标准件和常用件	176
8.1 螺纹.....	176
8.2 螺纹紧固件.....	182
8.3 键及其连接.....	189
8.4 销及其连接.....	192
8.5 滚动轴承.....	193
8.6 弹簧.....	196
8.7 齿轮.....	199
8.8 块的定义和调用	203
第 9 章 零件图	207
9.1 零件图的基本知识.....	207
9.2 零件的视图表达.....	213
9.3 零件图上的尺寸标注.....	219
9.4 零件图上的技术要求.....	224
9.5 读零件图.....	237
9.6 AutoCAD 绘制零件图.....	240
第 10 章 装配图	244
10.1 装配图的内容	244
10.2 装配图的表达方法	246

10.3	装配图的尺寸标注及技术要求	249
10.4	装配图中的零、部件序号和明细栏	250
10.5	装配结构合理性	251
10.6	装配图的画法	253
10.7	读装配图和拆画零件图	256
第 11 章	展开图	262
11.1	平面立体的表面展开	262
11.2	可展曲面的表面展开	263
11.3	不可展曲面表面的近似展开	269
附录	271
附录 1	常用螺纹及螺纹紧固件	271
附录 2	常用键与销	282
附录 3	常用滚动轴承	287
附录 4	弹簧	290
附录 5	常用材料及热处理	291
附录 6	极限与配合	296
参考文献	303

第 1 章 制图的基本知识与技能

机械图样是机械产品设计、加工、装配和检验的主要依据，是进行技术交流的一种语言工具。为完整、清晰、准确地绘制机械图样，必须有耐心细致和认真负责的工作态度，必须掌握正确的作图方法，同时必须遵守国家标准《机械制图》与《技术制图》中的各项规定。本章着重讲解国标中有关机械制图部分的规定，同时对绘图工具使用、绘图方法与步骤、基本几何作图和徒手绘图技能等作基本的介绍。

1.1 制图的基本规定

机械图样的绘制，必须遵守国家标准《机械制图》与《技术制图》中的有关规定。本节着重介绍其中关于“图纸幅面和格式”、“比例”、“图线”、“字体”、“尺寸注法”的基本规定。

1.1.1 图纸幅面（GB/T 14689—1993）和格式

1. 图纸幅面

图样的绘制应优先采用表 1-1 所规定的基本幅面。必要时，允许以基本幅面的短边的整数倍加长幅面。

表 1-1 图纸幅面及图框格式尺寸

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

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，但同一产品的图样只能采用一种格式。

3. 标题栏及明细栏

每张图纸上都必须有标题栏，标题栏中文字的方向是看图方向。标题栏应位于图纸右下角，如图1-1和图1-2所示，标题栏的底边与下图框线重合，标题栏的右边与右图框线重合。标题栏的基本要求、内容、尺寸和格式在国家标准 GB/T 10609.1—1989《技术制图 标题栏》中有详细规定。明细栏是装配图中要求的，其基本要求、内容和格式在国家标准 GB/T 10609.2—1989《技术制图 明细栏》中有具体的规定。标题栏及明细栏样式如图1-3所示。

在学校的制图作业中，标题栏可以采用图1-4所示的简化形式。标题栏内校名、图样名称、图样代号、材料用7号字书写，其余都5号字书写。

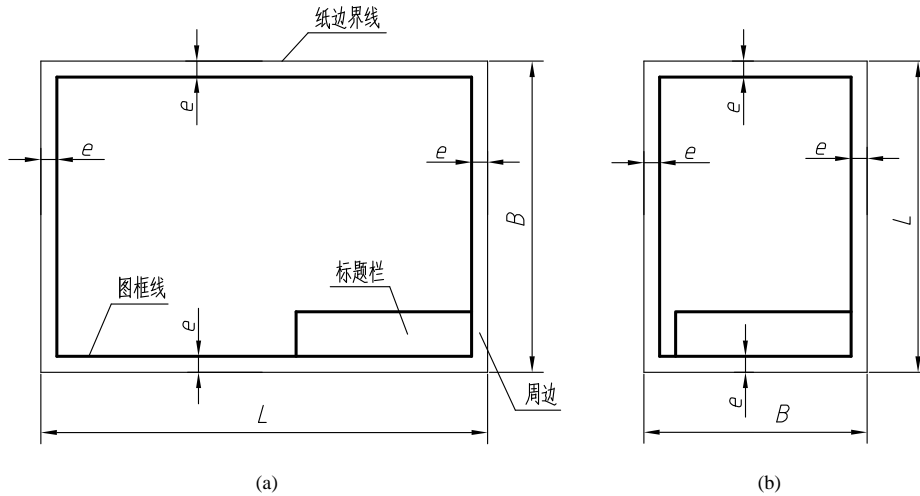


图 1-1 无装订边的图纸格式

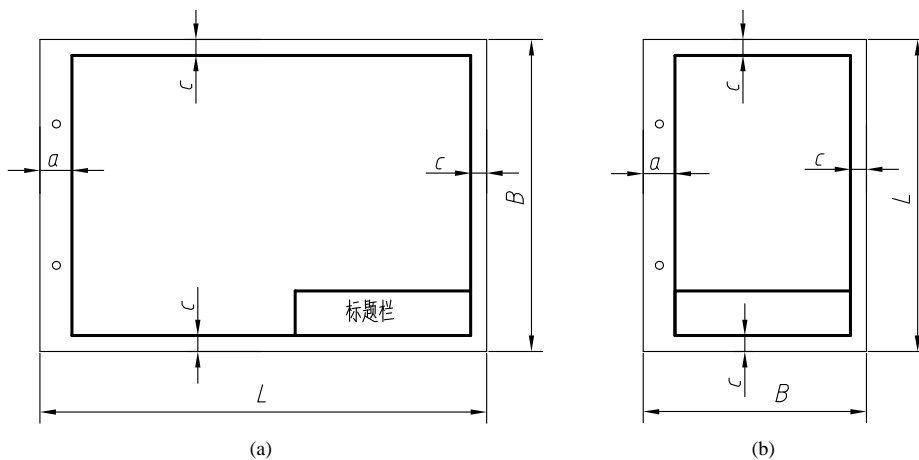


图 1-2 有装订边的图纸格式

1.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)

比例指的是图中图形与实际机件相应要素的线性尺寸之比。

不管绘制机件时所采用的比例是多少，在标注尺寸时，仍应按机件的实际尺寸标注，与绘图的比例无关(图 1-5)。

绘图时，首先应从表 1-2 规定的系列中选取适当的比例，优先选用不带括号的比例。

绘制同一机件的各个视图时，应尽可能采用相同的比例，并在标题栏的比例栏中填写。当某个视图必须采用不同比例时，可在该视图的上方另行标注。

1.1.3 字体 (GB / T 14691—1993)

字体包括有汉字、数字与字母。字体的书写必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。字体的号数，即字体高度 h ，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、20mm。其中汉字的高度 h 不应小于 3.5mm。

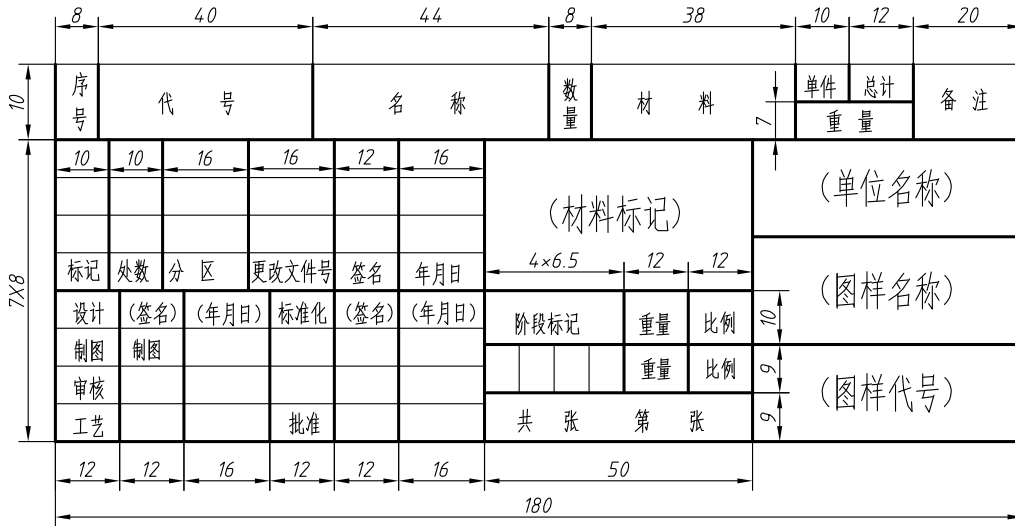


图 1-3 标准标题栏及明细栏

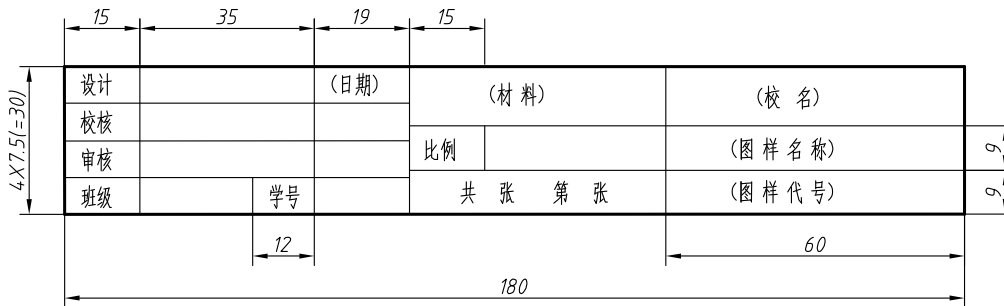


图 1-4 简化标题栏

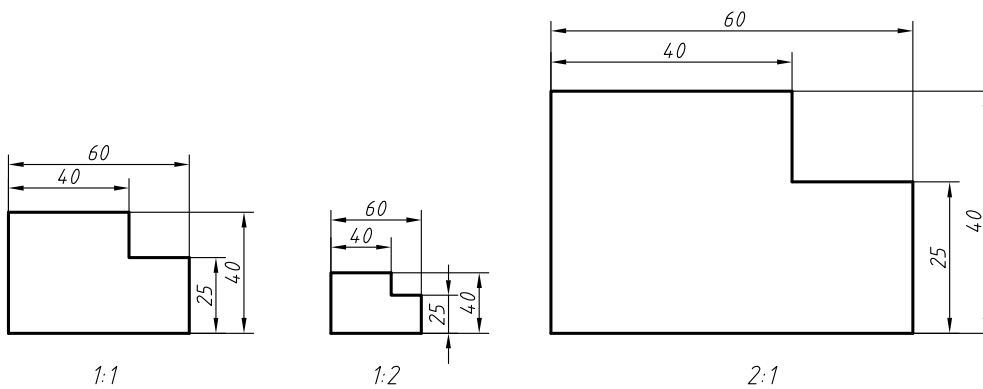


图 1-5 用不同比例绘制的图

表 1-2 图样的比例

原值比例	1:1								
缩小比例	(1:1.5)	1:2	(1:2.5)	(1:3)	(1:4)	1:5	(1:6)	$1:1 \times 10^n$	$(1:1.5 \times 10^n)$
		$1:2 \times 10^n$	$(1:2.5 \times 10^n)$	$(1:3 \times 10^n)$	$(1:4 \times 10^n)$	$1:5 \times 10^n$	$(1:6 \times 10^n)$		
放大比例	2:1		(2.5:1)		(4:1)		5:1		
	$1 \times 10^n:1$	$2 \times 10^n:1$	$(2.5 \times 10^n:1)$	$(4 \times 10^n:1)$	$5 \times 10^n:1$				

注： n 为正整数。

汉字应写成长仿宋体字，并采用国家正式公布推行的简化字，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ (约 $0.7h$)。汉字示例见图 1-6 所示。

字母和数字分为 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度为字高的 $1/14$ ，B 型字体笔画宽度为字高的 $1/10$ 。在同一图样上只允许选用一种型式的字体。字母和数字可写成斜体或直体，但全图要统一。斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成 75° 。图 1-7 所示为 B 型斜体字母、数字和字体在图纸上的应用示例。

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

横平竖直 结构均匀 注意起落 填满方格

技术制图机械电子汽车航空船舶

土木建筑矿山井坑港口纺织服装

图 1-6 长仿宋汉字示例



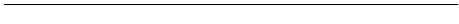


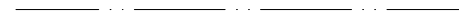


ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
 12345678910 I II III IV V VI VII VIII IX X
 R3 2×45° M24-6H Φ60H7 Φ30g6
 Φ20^{+0.021}₀ Φ25^{-0.007}_{-0.020} Q235 HT200

图 1-7 为 B 型斜体字母、数字及字体示例

1.1.4 图线 (GB/T 17450—1998)

在机械制图中常用的线型有实线、虚线、点画线、双点画线、波浪线、双折线等(见表 1-3)。

表 1-3 基本线型及应用

图线名称	图线型式	线宽	一般应用
粗实线		d	可见轮廓线 可见过渡线
虚线		$d/2$	不可见轮廓线 不可见过渡线
细实线			尺寸线及尺寸界线 剖面线 重合剖面的轮廓线 螺纹的牙底线及齿轮的齿根线 引出线 局部放大部位的范围线
波浪线			断裂处的边界线 视图和剖视的分界线
细点画线			轴线 对称中心线 轨迹线
双点画线			相邻辅助零件的轮廓线 运动机件在极限位置轮廓线
双折线			断裂处的边界线
粗点画线		d	有特殊要求的线或表面的表示线

图线的线宽 d 应根据图形的大小和复杂程度, 在下列系列中选择: 0.18 mm、0.25 mm、0.35 mm、0.5 mm、0.7 mm、1 mm、1.4 mm、2mm。

在机械图样上, 图线一般只有两种宽度, 分别称为粗线和细线, 其宽度之比为 2:1。在通常情况下, 粗线的宽度采用 0.7mm, 细线的宽度采用 0.35mm。在平时完成作业时, 也可采用粗线 0.5mm, 细线 0.25mm。

图 1-8 为上述几种图线的应用举例。在图示零件的视图上, 粗实线表达该零件的可见轮廓线; 虚线表达不可见轮廓线; 细实线表达尺寸线、尺寸界线及剖面线; 波浪线表达断裂处的边界线及视图和剖视的分界线; 细点画线表达对称中心线及轴线; 双点画线表达相邻辅助零件的轮廓线及极限位置轮廓线。

在图线的绘制及应用中, 应注意(图 1-9):

(1) 同一图样中, 同类图线的宽度应一致, 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, 其长度可根据图形的大小决定。

(2) 绘制圆的对称中心线时, 圆心应为线段的交点。点画线的首末两端应是线段而不是点, 且应超出图形外约 2~5mm。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。

(3) 当虚线与虚线、或虚线与粗实线相交时, 应该是线段相交。当虚线是粗实线的延长线时, 在连接处应断开。

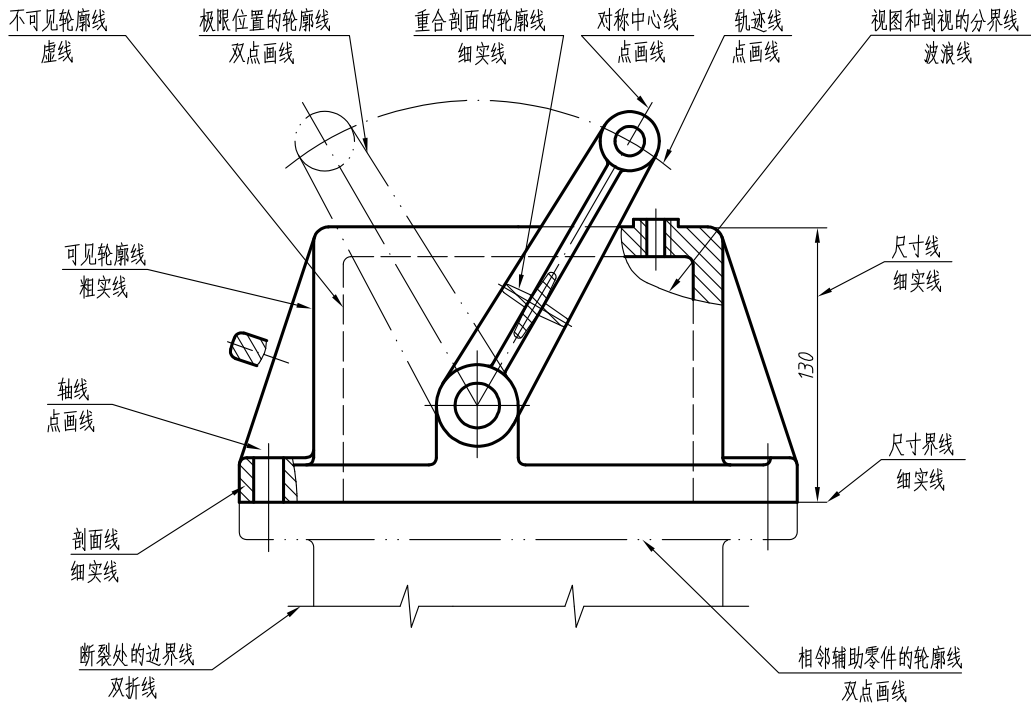


图 1-8 图线及其应用

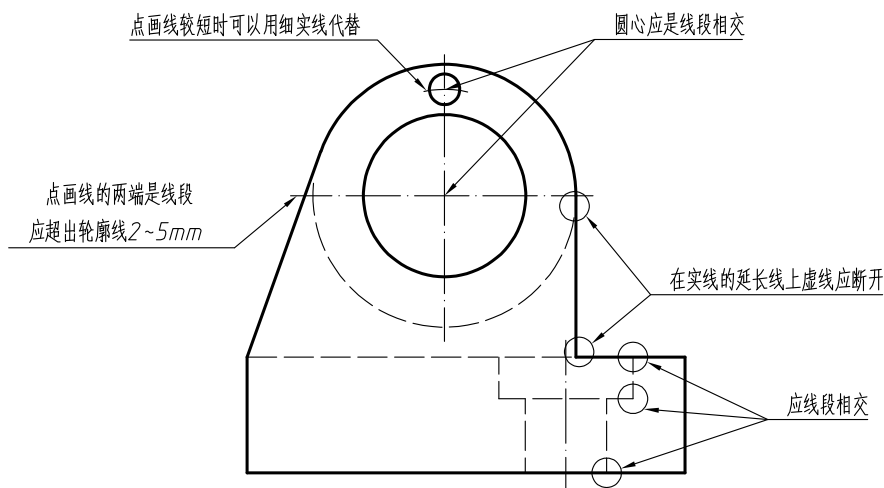


图 1-9 点画线与虚线的画法

1.1.5 尺寸注法

图样中所标注的尺寸，应为机件的实际尺寸，并为该图样所示工件的最后完工尺寸。图样中(包括技术要求和其他说明)的尺寸，以 mm(毫米)为单位时，不需标注单位的代号或名称，如采用其他单位时，则必须注明，如°(度)、cm(厘米)、m(米)等。机件的每一个尺寸，一般只标注一次，并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

一个完整的尺寸，由尺寸数字、尺寸线、尺寸界线和尺寸的终端(箭头或斜线)组成。

(1) 图样中的尺寸数字一般为 3.5 号字，并按标准字体书写。尺寸数字要保证清晰，不可被任何图线通过，否则必须将图线断开。

(2) 尺寸线和尺寸界线均用细实线绘制。尺寸界线应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出，也可利用轮廓线、轴线和对称中心线作尺寸界线，并超出尺寸线终端 2~3mm。

尺寸线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。同一图样中，尺寸线与轮廓线以及尺寸线与尺寸线之间的距离应大致相当，一般约为字高的 2 倍为宜。

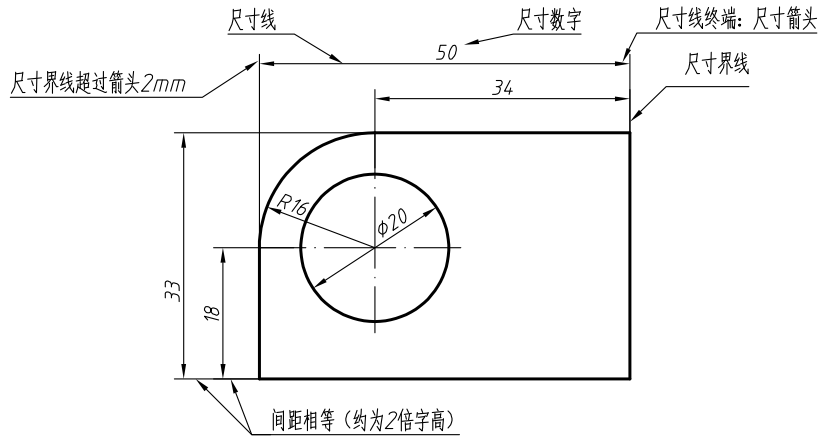
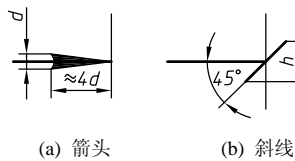


图 1-10 尺寸要素及标注

(3) 尺寸线的终端可以有二种型式(图 1-11)，但绘制机械图须用箭头，其尖端应与尺寸界线接触，箭头长度约为粗实线宽度的 4 倍。特殊情形下也可用 45°斜线，斜线的高度应与尺寸数字的高度相等。



(a) 箭头 (b) 斜线

图 1-11 尺寸线的终端

箭头应尽量画在尺寸界线的内侧。对于较小的尺寸，在没有足够的位置画箭头或注写数字时，也可将箭头或数字放在尺寸界线的外面。当遇到连续几个较小的尺寸时，允许用圆点或细斜线代替箭头，如图 1-12 所示。

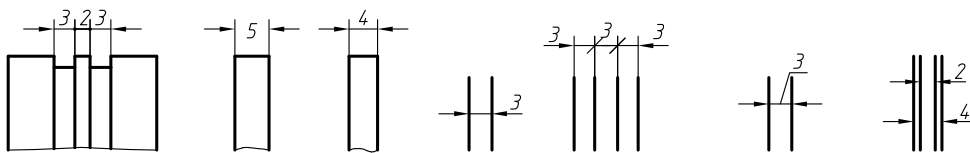


图 1-12 箭头与数字的调整

1. 线性尺寸的注法(图1-13)

线性尺寸的尺寸数字一般应注写在尺寸线的上方，但也允许注写在尺寸线的中断处。尺寸数字的方向，一般应按图1-13(a)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，可按图1-13(b)的形式标注。

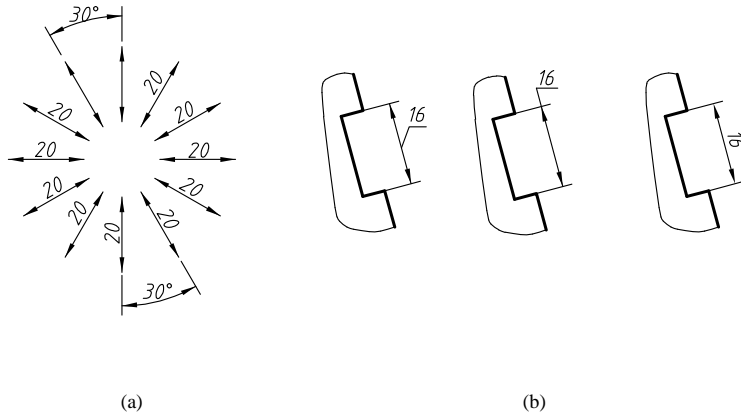


图1-13 尺寸数字的方向

标注线性尺寸时，尺寸线必须与所标注的线段平行。尺寸界线一般应与尺寸线垂直，必要时允许倾斜(图1-14)。

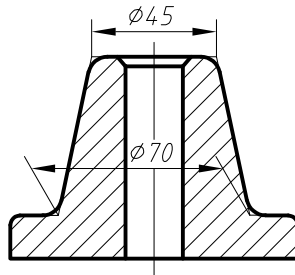


图1-14 必要时尺寸界线允许倾斜

2. 圆的直径和圆弧半径的注法(图1-15)

(1) 对于整圆或大于半圆的圆弧，应标注直径。标注圆的直径时，尺寸线应通过圆心，尺寸线的两个终端应画成箭头，并在数字前加注符号“ \varnothing ”(图1-15(a))。当图形中的圆只画出一半或略大于一半时，尺寸线应略超过圆心，此时仅在尺寸线一端画出箭头(图1-15(b))。

(2) 标注圆弧的半径时，尺寸线一端一般应画到圆心，另一端画成箭头，并在尺寸数字前加注符号“ R ”(图1-15(c))。

(3) 大圆弧的半径过大，或在图纸范围内无法标出其圆心位置时，可将尺寸线折断(图1-15(d))。

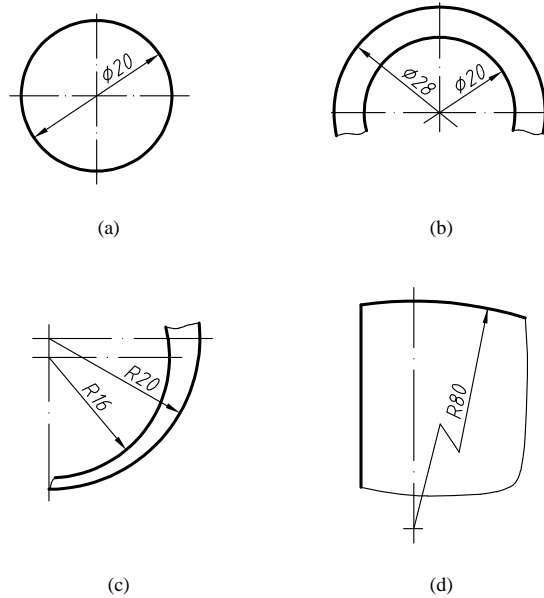


图1-15 圆的直径和圆弧半径的注法

(4) 标注球面的直径和半径时, 应在符号“ ϕ ”和“ R ”前加辅助符号“ S ”(图1-16)。但对于有些轴及手柄的端部等, 在不致引起误解情况下, 可省略符号“ S ”。

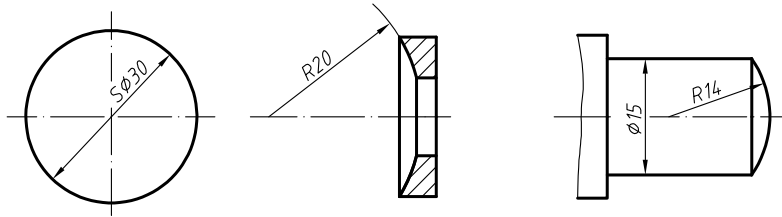


图1-16 球面直径和半径的标注

(5) 在图形上直径较小的圆或圆弧, 在没有足够的位置画箭头和注写尺寸数字时, 可按图1-17的形式标注。标注小圆弧半径的尺寸线, 不论是否画到圆心, 但其方向必须通过圆心。

3. 角度及其他尺寸的注法

角度尺寸的标注如图1-18(a)所示。标注角度尺寸时要注意:

- ① 尺寸线应画成圆弧, 其圆心是该角的顶点, 尺寸界线应沿径向引出。
- ② 角度的数字应一律写成水平方向, 一般注写在尺寸线的中断处, 必要时也可以注写在尺寸线的上方和外面, 也可引出标注。

其他尺寸, 比如弦长和弧长尺寸的注法、对称尺寸的注法、板状机件的厚度的注法分别如图1-18(b)、1-18(c)、1-18(d)所示。