

机械制图

主 编 王宗玲 安丰金 张世江
副主编 董义香 梁 峰 王金铃
主 审 焦新伟

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

前 言

本教材根据教育部“高等教育机械制图课程教学基本要求”，按照高等教育的培养目标和特点，结合作者多年教学经验编写而成。以培养高素质技能型专门人才为目标，降低理论要求，加强绘制和阅读机械图样的基本能力的训练。章节编排合理，层次分明，重点是加强了机械图样的表达、读图能力的训练。通过本课程的学习使学生达到中等以上绘图和读图能力。

与本书配套使用的《机械制图习题集》同时由北京理工大学出版社出版，可供制图教学选择使用。

本教材有以下特点：

1. 精简画法几何内容。以“必需、够用”为度，以建立点、线、面的空间概念和三者之间的基本关系为标准。
2. 注重对解决问题能力的培养。加强零件、装配体的测绘方法及常用测量工具的运用。
3. 本书内容较全面，既加强了绘图、看图基础，又增进了课程之间的横向联系，还可作为相关课程的参考资料。
4. 章节编排合理，思路清晰，层次分明，重点突出，内容精心安排，符合学生的认识规律，便于教学。
5. 采用最新的国家标准。

本书由王宗玲、安丰金、张世江担任主编，由董义香、梁峰、王金铃担任副主编，焦新伟任本书主审。其中，王宗玲编写绪论、第1章、第3章、第4章，安丰金编写第2章、第5章、第10章，张世江编写第6章、附录1~3，董义香编写第7章、第8章，梁峰编写附录4、附录5，王金铃编写第9章。

由于编者水平有限，书中难免存在不足和错误，恳请读者批评指正。

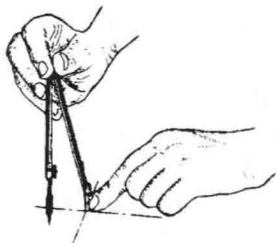
编 者

目 录

第 1 章 制图基本知识和技能	1
1.1 基本制图标准	1
1.2 尺寸注法	8
1.3 绘图工具及其使用方法	12
1.4 几何作图	15
1.5 平面图形的画法	21
1.6 徒手绘图	23
第 2 章 投影基础知识	25
2.1 投影法	25
2.2 三视图的形成及投影规律	27
2.3 点的投影	30
2.4 直线的投影	33
2.5 平面的投影	38
第 3 章 基本立体的投影	44
3.1 平面立体的投影	44
3.2 回转体的投影	48
第 4 章 截交线与相贯线	53
4.1 截交线	53
4.2 相贯线	63
第 5 章 组合体	69
5.1 组合体的形体分析	69
5.2 组合体三视图的画法	72
5.3 组合体的读图方法	75
5.4 尺寸标注	81
第 6 章 轴测图	86
6.1 轴测图的基本知识	86
6.2 正等轴测图	88
6.3 斜二轴测图	92
第 7 章 机件的图样画法	94
7.1 视图	94
7.2 剖视图	97
7.3 断面图	105

7.4 其他图样画法	108
7.5 第三角投影简介	111
第8章 标准件与常用件	114
8.1 螺纹	114
8.2 螺纹紧固件	122
8.3 键、销连接	126
8.4 滚动轴承	129
8.5 齿轮	131
8.6 弹簧	137
第9章 零件图	140
9.1 零件图的内容	141
9.2 零件图的表达方案	142
9.3 零件图的尺寸标注	144
9.4 零件图的技术要求	149
9.5 零件的工艺结构	171
9.6 读零件图	175
第10章 装配图	185
10.1 装配图的内容	185
10.2 装配图的图样画法	187
10.3 装配图的尺寸标注和技术要求	190
10.4 装配图的零件序号及明细栏	191
10.5 绘制装配图	193
10.6 常见的装配工艺结构	199
10.7 读装配图和拆画零件图	203
附录1 螺纹	209
1.1 普通螺纹的直径与螺距 (摘自 GB/T 193—2003 GB/T 196—2003)	209
1.2 螺纹旋合长度 (摘自 GB/T 197—2003)	210
附录2 螺纹紧固件	212
2.1 六角头螺栓	212
2.2 六角螺母	213
2.3 垫圈	214
2.4 弹簧垫圈	215
2.5 双头螺柱 (摘自 GB/T 897~900—1988)	216
2.6 开槽盘头螺钉 (摘自 GB/T 67—2000)	217
2.7 开槽沉头螺钉 (摘自 GB/T 68—2000)	218
2.8 开槽圆柱头螺钉 (摘自 GB/T 65—2000)	219
附录3 键、销	220
3.1 平键和键槽的尺寸与公差 (摘自 GB/T 1095—2003 和 GB/T 1096—2003)	220

3.2 销	222
附录4 滚动轴承	223
4.1 深沟球轴承 (摘自 GB/T 276—1994)	223
4.2 圆锥滚子轴承 (摘自 GB/T 297—1994)	224
4.3 推力球轴承 (摘自 GB/T 301—1995)	226
附录5 极限与配合	229
5.1 标准公差数值 (摘自 GB/T 1800.4—1999)	229
5.2 轴、孔的基本偏差数值 (摘自 GB/T 1800.3—1999)	231



第 1 章

制图基本知识和技能

机械图样是用来表达和交流设计思想的语言，也是设计、制造机械产品的技术资料，要正确绘制机械图样，必须遵守国家标准的各项规定，正确使用绘图工具，掌握合理的绘图方法。本章将重点介绍国家标准《技术制图》和《机械制图》的一般规定，绘图工具及仪器的使用，几何作图，平面图形的绘制等。

1.1 基本制图标准

标准是指在一定范围内获得最佳秩序，对活动或其结果规定共同和重复使用的规则、导则或特殊性的文件。标准按级别可分为国家标准、行业标准、地方标准、企业标准等，目前我国通用的制图标准是国家标准《技术制图》、《机械制图》。

国家标准《技术制图》（如 GB/T 14692—2008 技术制图 投影法）是基础技术标准，是工程界各种技术图样的通则；国家标准《机械制图》（如 GB/T 4458.6—2002 机械制图 图样画法 剖视图和断面图）是机械专业制图标准，它们都是绘制、识读和使用图样的准绳。因此，每个技术人员必须认真学习、掌握和遵守标准规定。

现以“GB/T 14692—2008 技术制图 投影法”为例，说明标准的构成。

国家标准（简称国标）由标准编号（GB/T 14692—2008）和标准名称（技术制图 投影法）两部分构成。标准编号中“GB”是国标的拼音缩写，“T”表示推荐性标准，“14692”表示标准的顺序号，“2008”表示标准的批准年份；标准名称“技术制图 投影法”表示这是《技术制图》标准中的投影法部分。

本节主要介绍制图标准中的图纸幅面、比例、字体、图线、尺寸注法等。

1.1.1 图纸的幅面与格式（GB/T 14689—2008）

1. 图纸幅面尺寸

“GB/T 14689—2008 技术制图 图纸幅面与格式”中，规定了图纸的基本幅面和加长幅

面。绘制技术图样时，应优先采用基本幅面。图纸的基本幅面有五种，其尺寸见表 1-1。

必要时，允许选用加长幅面，其尺寸在“GB/T 14689—2008 技术制图 图纸幅面与格式”中另有规定。

2. 图框格式

绘图前，在图纸上必须先用粗实线画出图框。图框格式分为不留装订边和留装订边两种，但同一产品的图样只能采用一种形式。

表 1-1 基本幅面（第一选择）

单位：mm

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

(1) 不留装订边的图纸，其图框格式如图 1-1 所示，宽度 e 可依幅面代号从表 1-1 中查出。

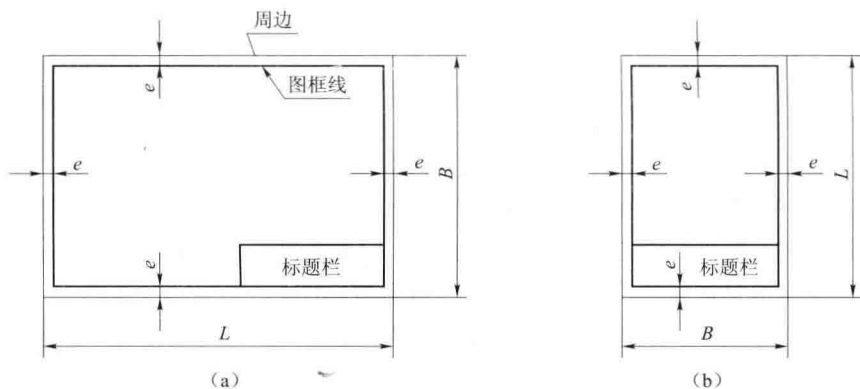


图 1-1 不留装订边图纸的图框格式

(a) 图纸横放；(b) 图纸竖放

(2) 留有装订边的图纸，其图框格式如图 1-2 所示，装订边宽度 a 和 c 可依幅面代号从表 1-1 中查出，一般采用 A4 幅面竖装或 A3 幅面横装。

3. 标题栏

每张图纸必须画出标题栏。标题栏的格式和尺寸应按 GB/T 10609.1—2008 的规定绘制，如图 1-3 所示。教学及制图作业中建议采用简化的标题栏，如图 1-4 所示。标题栏的位置一般应在图纸的右下角，外框线及竖线为粗实线，横线为细实线。标题栏的文字方向应为读图方向。

为了利用预先印制好的图纸，允许将标题栏按如图 1-5 (a) 所示的位置配置，此时，需附加符号。附加符号有对中符号和方向符号。

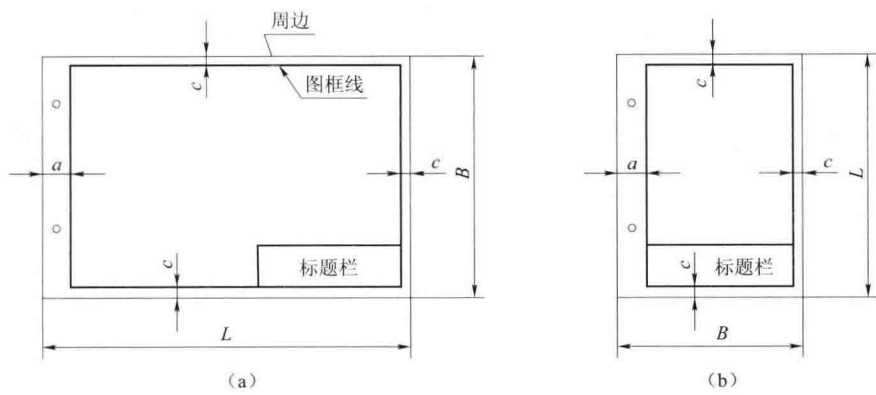


图 1-2 留装订边图纸的图框格式
(a) 图纸横放；(b) 图纸竖放

180													
10		10		16		16		12		16			
8×7(=56)	7							(材料标记)			(单位名称)		
								4×6.5(=26)			12	12	
	标记	处数	分区	更改文件号	签名	年、月、日					(图样名称)		
	设计	(签名)	(年月日)	标准化	(签名)	(年月日)		阶段标记			重量	比例	
											10		
	审核							6.5			9	(图样代号)	
	工艺			批准				共 张 第 张			(9)	(投影符号)	
											21		
12		12		16		12		12		16		50	

图 1-3 标题栏的格式

				30		
				12		
32	(图名)			比例		(图号)
				材料		
	制图	(姓名)	(日期)	(校名)		
	审核	(姓名)	(日期)	(班级)		
12						
40			65			
130						

图 1-4 简化的标题栏格式

对中符号用粗实线绘制，线宽不小于 0.5 mm，伸入图框内约 5 mm，位置误差不大于 0.5 mm，在标题栏范围内时，伸入标题栏部分省略。为了明确绘图和看图时图纸方向，应在图纸的下边对中符号处画出方向符号。方向符号是用细实线绘制的等边三角形，如图 1-5 (b) 所示。

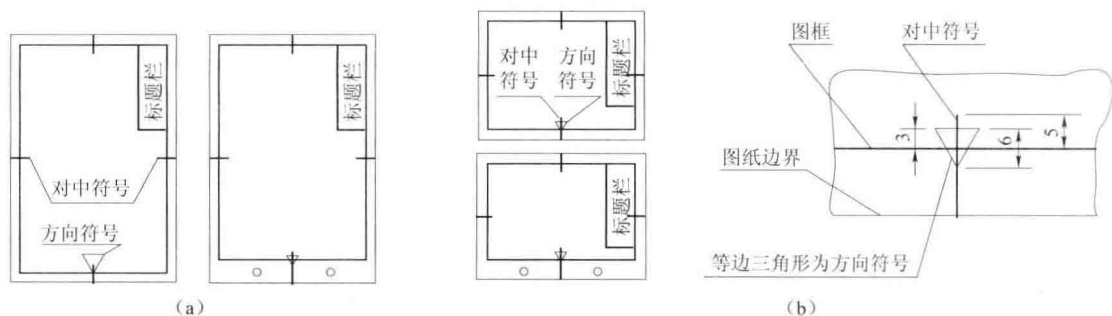


图 1-5 标题栏方位
(a) 有对中符号和方向符号的图纸；(b) 方向符号的画法

1.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)

图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例。比值为 1 的比例称为原值比例，便于从图样中看出机件的实际大小；比值大于 1 的比例称为放大比例，对于小而复杂的机件宜采用放大比例；比值小于 1 的比例称为缩小比例，对于大而简单的机件可采用缩小比例。同一机件的各个视图一般采用相同的比例，并需在标题栏中的比例栏写明采用的比例，如 1 : 1。不论采用何种比例，图形中所标注的尺寸数值必须是实物的实际尺寸，与图形的大小无关。标准比例系列见表 1-2。

表 1-2 标准比例系列

种类	优先选用比例			允许选用比例				
原值比例	1 : 1							
放大比例	2 : 1	5 : 1		2.5 : 1	4 : 1			
	$1 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$5 \times 10^n : 1$	$2.5 \times 10^n : 1$	$4 \times 10^n : 1$			
缩小比例	1 : 2	1 : 5		1 : 1.5	1 : 2.5	1 : 3	1 : 4	1 : 6
	$1 : 1 \times 10^n$	$1 : 2 \times 10^n$	$1 : 5 \times 10^n$	$1 : 1.5 \times 10^n$	$1 : 2.5 \times 10^n$	$1 : 3 \times 10^n$		

注：表中 n 为整数

当同一机件的某个视图采用不同比例绘制时，必须另行标明所用比例。

1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)

图样中除了用图形表达机件的结构形状外，还需要用文字、数字说明机件的名称、大小、材料及机件在设计、制造、装配时的各项要求等。为使字体美观、易写、整齐，要求在图样中书写的汉字、数字、字母必须做到“字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐”。各种字体的大小要选择适当。字体大小分为 20、14、10、7、5、3.5、2.5、1.8 八种号数。字体的号数即字体的高度 h (单位：mm)。

1. 汉字

图样上的汉字应写成长仿宋体，并应采用国家正式公布推行的《汉字简化方案》中规

定的简化字。汉字的高度不应小于3.5 mm，字宽约等于字高的2/3。长仿宋字的要领是：横平竖直、注意起落、结构匀称、填满方格。如需要书写更大的字，其字高应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。

2. 阿拉伯数字、罗马数字、拉丁字母和希腊字母

数字和字母有正体和斜体之分。斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成 75° 。字母和数字按笔画宽度情况分为A型和B型两类，A型字体的笔画宽度(d)为字高(h)的1/14，B型字的笔画宽度为字高的1/10，即B型字体比A型字体的笔画要粗一点。在一张图样上只能采用同一种字体。

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 汽车航空船舶 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 驾驶航位 挖填施工 引水通风 闸阀坝 棉麻化纤

字母和数字示例：

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

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

3. 综合应用规定

用作指数、分数、极限偏差、注脚等数字和字母，一般应采用小一号的字体。图样中的数字符号、物理量符号、计量单位符号以及其他符号、代号，分别要符合国家的有关规定和标准规定。

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

图线是起点和终点间可以任意方式连接的一种几何图形,形状可以是直线、曲线、连续线或不连续线。不连续线的独立部分,如点、长度不同的画和间隔为线素。一个或一个以上不同线素组成一段连续的或不连续的图线,如实线的线段、双点画线的线段等。

1. 线型及图线尺寸

国家标准 GB/T 17450—1998《技术制图 图线》中规定了十五种基本线型,GB/T 4457.4—2002《机械制图 图样画法 图线》中规定了在机械制图中使用的九种图线,其代码、线型、名称、宽度等,见表1-3。

图线宽度应从下列数系中选择: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。粗线、中粗线、细线的宽度比例为4:2:1。在机械图样中采用粗细两种线宽,其比例为2:1。在同一图样中,同类图线宽度应一致。

表 1-3 机械制图中的图线 (摘自 GB/T 4457.4—2002)

No	线型		名称	图线宽度	在图样上的一般应用
01	实线		粗实线	b	(1) 可见轮廓线 (2) 螺纹牙顶圆 (牙顶线), 螺纹长度终止线 (3) 齿顶圆 (齿顶线)
			细实线	约 $b/2$	(1) 尺寸线及尺寸界线 (2) 剖面线 (3) 重合断面的轮廓线 (4) 螺纹的牙底线及齿轮的齿根线 (5) 指引线和基准线 (6) 分界线及范围线 (7) 过渡线 (8) 辅助线及投影线
			波浪线	约 $b/2$	(1) 断裂处的边界线 (2) 视图与剖视图的分界线
			双折线	约 $b/2$	(1) 断裂处的边界线 (2) 视图与剖视图的分界线
02	虚线		细虚线	约 $b/2$	不可见的轮廓线
			粗虚线	b	允许表面处理的表示线
03	点画线		细点画线	约 $b/2$	(1) 轴线 (2) 对称中心线 (3) 分度圆 (分度线) (4) 孔系分布的中心线 (5) 剖切线
			粗点画线	b	限定范围表示线

续表

No	线型	名称	图线宽度	在图样上的一般应用
04		细双点画线	约 $b/2$	(1) 相邻辅助零件的轮廓线 (2) 可动零件极限位置的轮廓线 (3) 轨迹线 (4) 成形前轮廓线 (5) 中断线

2. 图线的应用

常用图线的应用示例如图 1-6 所示。

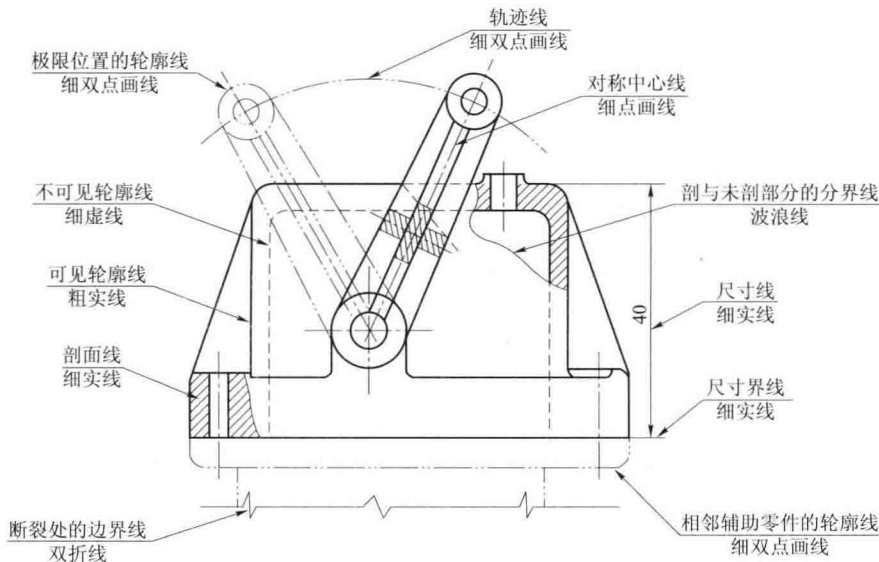
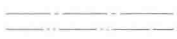
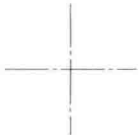


图 1-6 图线应用示例

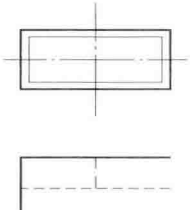
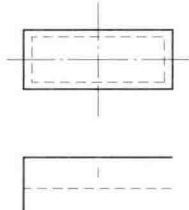
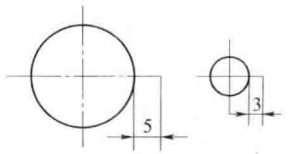
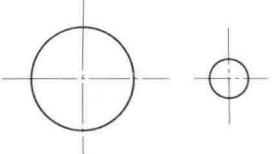
3. 图线的画法

图线画法及注意事项见表 1-4。

表 1-4 图线画法注意事项

要 求	图 例	
	正 确	错 误
细点画线、细双点画线的首末两端应是画，而不应是点		
虚线、点画线、双点画线，应恰当地相交于画线处		

续表

要 求	图 例	
	正 确	错 误
虚线、点画线、双点画线，应恰当地相交于画线处		
		
中心线应超出圆周约 5mm，较小的圆形其中心线可用细实线代替，并超出轮廓约 3mm		

1.2 尺寸注法

图样中的图形可表达机件的结构形状，而机件大小及相对位置是由图样上所标的尺寸（包括线性尺寸和角度尺寸）确定的，所以尺寸是图样中的重要内容之一，是制造机件的直接依据。GB/T 4458.4—2003《机械制图 尺寸注法》和 GB/T 16675.2—1996《技术制图 简化表示法第2部分：尺寸注法》中对尺寸注法作了专门规定。

1.2.1 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（包括技术要求和其他说明）的尺寸以 mm 为单位时，不需标注计量单位的符号或名称，如采用其他单位，则必须注明相应的计量单位符号或名称。

(3) 对机件的每一种结构尺寸，一般只标注一次，并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

(4) 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。

1.2.2 尺寸组成

图样上标注的尺寸，一般由尺寸界线、尺寸线及尺寸线的终端符号、尺寸数字组成，标注示例如图 1-7 所示。

1. 尺寸界线表示所注尺寸的范围

(1) 尺寸界线用细实线绘制，应自图形的轮廓线、轴线、对称中心线引出，也可直接利用轮廓线、轴线、对称中心线作为尺寸界线。

(2) 尺寸界线一般与尺寸线垂直，且超出尺寸线 2~3 mm。必要时允许倾斜，如图 1-8 所示。

(3) 在光滑过渡处标注尺寸时，应用细实线将轮廓线延长，从它们的交点处引出尺寸界线，如图 1-8 所示。

(4) 角度的尺寸界线应沿径向引出，标注弦长或弧长尺寸时，其尺寸界线应平行于该弦的垂直平分线，如图 1-9 所示。但当弧度较大时，可沿径向引出，如图 1-10 所示。

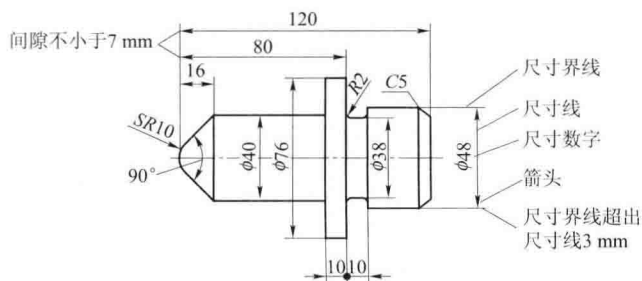


图 1-7 尺寸组成

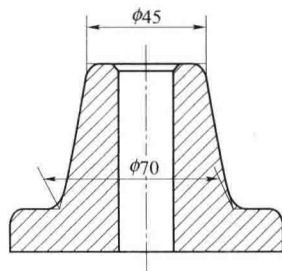


图 1-8 倾斜尺寸界线

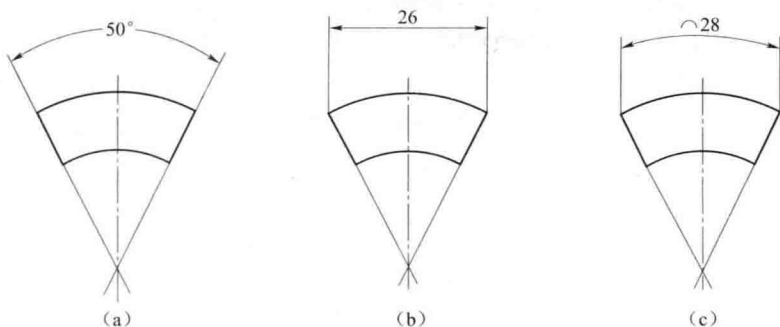


图 1-9 角度、弦长、弧长尺寸界线

(a) 角度尺寸界线；(b) 弦长尺寸界线；(c) 弧长尺寸界线

2. 尺寸线表示所注尺寸的方向

(1) 尺寸线用细实线绘制。一般情况下，尺寸线不能用其他图线代替，也不得与其他图线重合或画在其他图线的延长线上。

(2) 线性尺寸的尺寸线应与所注的线段平行，其间隔或平行的尺寸线之间的间隔尽量保持一致，一般为 5~10 mm，尺寸线与尺寸线之间、尺寸线与尺寸界线之间避免相交。标注尺寸时，小尺寸在里边，大尺寸在外边，如图 1-7 所示。

(3) 角度尺寸线应画成圆弧，其圆心是该角的顶点，

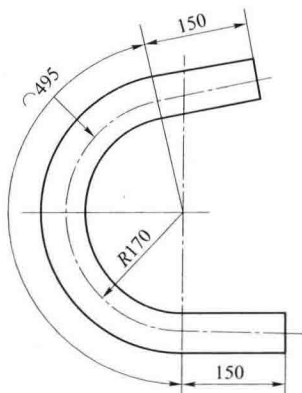


图 1-10 弧度较大时的弧长注法

如图 1-9 (a) 所示。

(4) 圆的直径（整圆或大于半圆的圆弧标直径）和圆弧半径（半圆或小于半圆的圆弧标半径）的尺寸线的终端应画成箭头，并按图 1-11 所示的方法标注。

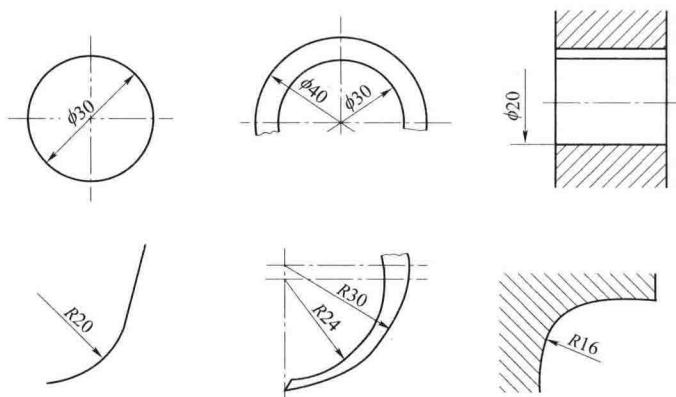


图 1-11 圆的直径和圆弧半径的标注

当圆弧的半径过大或在图纸范围内无法标出其圆心位置时，可按图 1-12 (a) 的形式标注，若不需要标注其圆心位置时，可按图 1-12 (b) 的形式标注。

(5) 尺寸线的终端有两种形式：箭头和斜线，在同一张图中箭头和斜线只能采用一种，机械图样中一般采用箭头作为尺寸线的终端符号。箭头的形式如图 1-13 (a) 所示，适用于各种类型的图样。箭头尖端应与尺寸界线接触。斜线用细实线绘制，其方向和画法如图 1-13 (b) 所示。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。

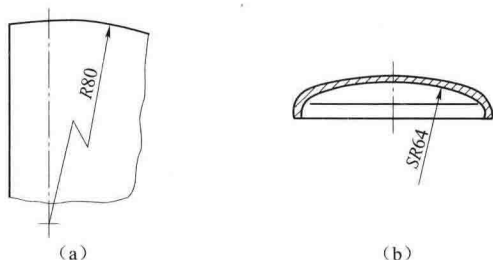


图 1-12 圆弧半径较大时的注法

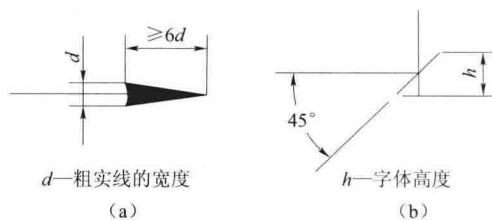


图 1-13 箭头和斜线的画法

(a) 箭头的画法；(b) 斜线画法

(6) 对于较小的尺寸，在没有足够的位置画箭头或注写数字时，可按图 1-14 的形式标注，此时可以用圆点或斜线代替箭头。

3. 尺寸数字表示所注尺寸的大小

(1) 线性尺寸数字的位置，应注写在尺寸线的中间部位的上方（水平和倾斜方向尺寸）、左方（竖直方向尺寸）或中断处。

(2) 线性尺寸数字方向，有以下两种注写方法，但在一张图样中，应尽可能采用同一种方法。

① 尺寸线是水平方向时字头朝上，尺寸线是竖直方向时字头朝左，其他倾斜方向字头要有朝上的趋势，如图 1-15 (a) 所示，并尽可能避免在图示 30° 范围内标注尺寸，当无法

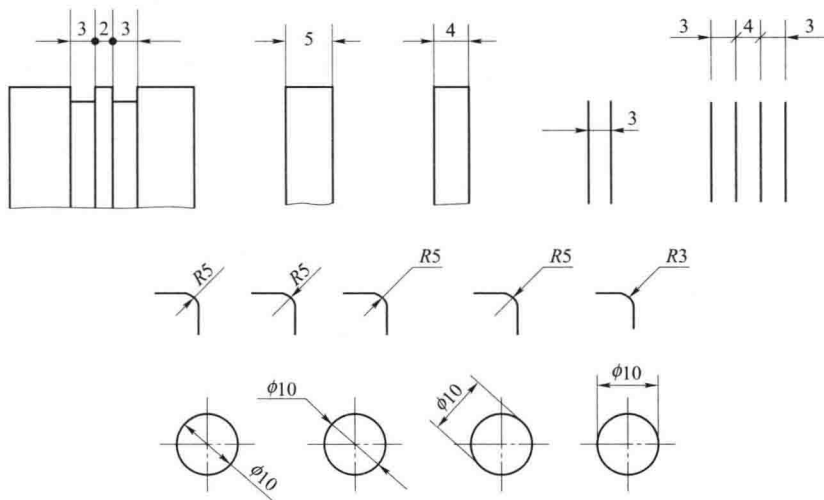


图 1-14 小尺寸的注法

避免时,可按图 1-15 (b) 所示标注。

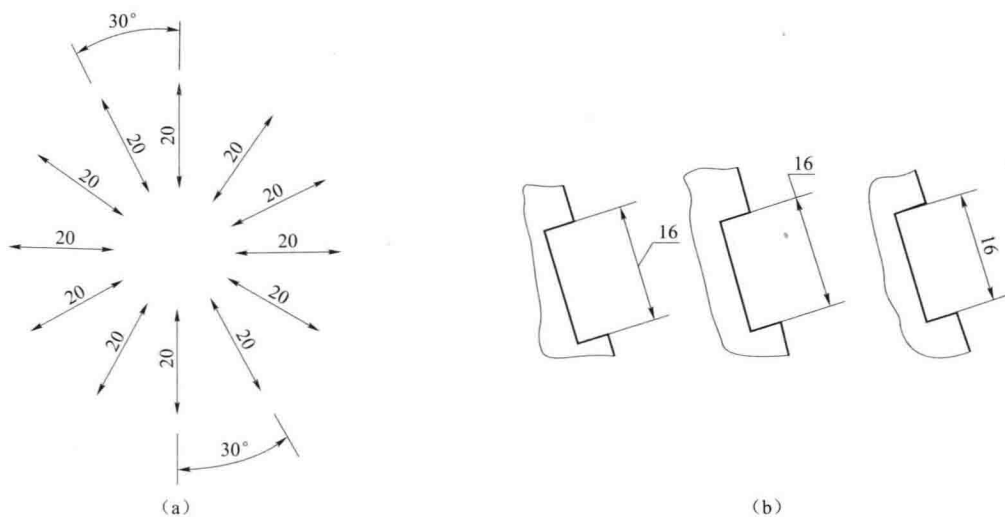


图 1-15 尺寸数字的注写方向

② 对于非水平方向的尺寸, 数字可水平地注写在尺寸线的中断处, 如图 1-16 所示。

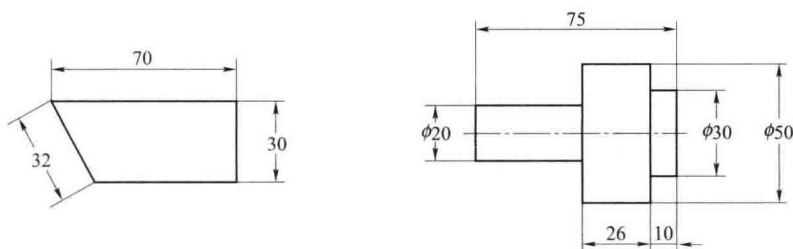


图 1-16 非水平方向的尺寸注法

(3) 尺寸数字不可被任何图线所通过，否则应将该图线断开，如图 1-17 所示。

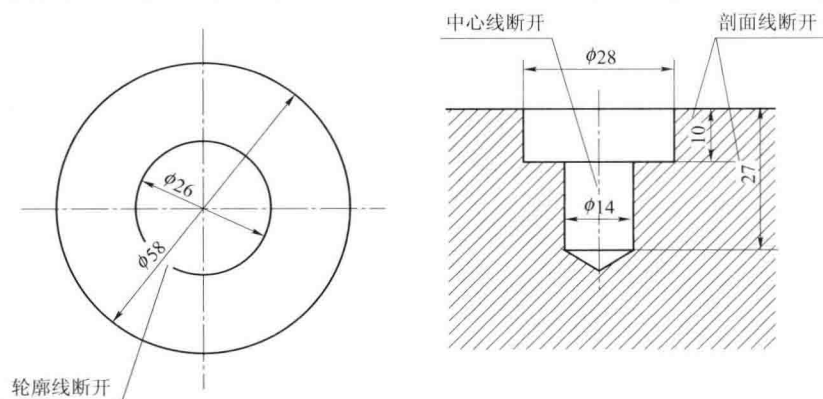


图 1-17 尺寸数字不可被任何图线穿过

(4) 角度的尺寸数字一律写成水平方向，一般注写在尺寸线的中断处，必要时也可以用指引线引出注写，如图 1-18 所示。

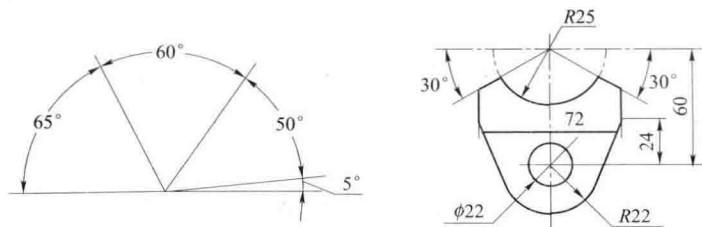


图 1-18 角度尺寸数字

4. 标注尺寸的符号和缩写词

常用的符号和缩写词见表 1-5。

表 1-5 常见符号和缩写词

名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
直径	ϕ	球半径	SR	45°倒角	C	沉孔或锪平孔	┐
半径	R	厚度	t	弧度	^	斜度	∠
球直径	S ϕ	正方形	□	均布	EQS	锥度	◁

1.3 绘图工具及其使用方法

随着科技的发展，计算机绘图已取代了原来的手工绘图。但学生在学习机械制图课程时，以及技术人员现场绘制草图时，仍然会用到绘图工具。因此必须正确地、熟练地使用绘图工具，既能保证绘图的质量，又能提高绘图速度和延长绘图工具使用寿命。本节对常用绘图工具及使用方法作一些简单介绍。