

策划编辑 高小红 彭 敏
责任编辑 周武波
封面设计 
上架编码 Jxzt-000233

机械制图



定价: 49.80元

机械制图

主 编 李海林 傅洁琼 尹国凯

电子科技大学出版社

 电子科技大学出版社
University of Electronic Science and Technology of China Press



新时代高等职业教育创新型教材
“互联网+”教育改革立体化教材

机械制图

主 编 李海林 傅洁琼 尹国凯



图书在版编目(CIP)数据

机械制图 / 李海林,傅洁琼,尹国凯主编. -- 成都 :
成都电子科大出版社, 2026. 5. -- ISBN 978 - 7 - 5770
- 2424 - 0

I. TH126

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2026AC1586 号

机械制图

JIXIE ZHITU

李海林 傅洁琼 尹国凯 主编

策划编辑 高小红 彭 敏
责任编辑 周武波
责任校对 饶定飞
责任印制 梁 硕

出版发行 电子科技大学出版社
成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051
主 页 www.uestcp.com.cn
服务电话 028 - 83203399
邮购电话 028 - 83201495

印 刷 崇阳文昌印务股份有限公司
成品尺寸 210 mm×285 mm
印 张 20
字 数 380 千字
版 次 2026 年 5 月第 1 版
印 次 2026 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978 - 7 - 5770 - 2424 - 0
定 价 49.80 元

版权所有，侵权必究

目 录

项目 1 制图的基本知识	1
任务 1.1 机械制图国家标准的基本规定	2
1.1.1 图纸幅面和格式 (GB/T 14689—2008)	2
1.1.2 比例 (GB/T14690—2008)	7
1.1.3 字体 (GB/T14691—1993)	8
1.1.4 图线 (GB/T4457.4—2002)	10
任务 1.2 尺寸标注	13
1.2.1 基本规则和组成要素	14
1.2.2 常见尺寸的标注方法	16
任务 1.3 绘图工具和仪器的使用方法	24
1.3.1 铅笔	24
1.3.2 图板、丁字尺和三角板	25
1.3.3 圆规和分规	27
1.3.4 其他绘图工具	28
任务 1.4 几何作图	28
1.4.1 等分线段	29
1.4.2 正多边形	29
1.4.3 斜度与锥度	30
1.4.4 圆弧连接	32
1.4.5 绘制椭圆	33
任务 1.5 绘制平面图形	34
1.5.1 平面图形的尺寸分析	35
1.5.2 平面图形的线段分析	35
1.5.3 平面图形的绘图步骤	36
1.5.4 平面图形的尺寸注法	41
1.5.5 徒手画平面图形	42

项目 2 正投影基础	45
任务 2.1 投影法的基本知识	46
2.1.1 投影的形成	46
2.1.2 投影法的种类	47
2.1.3 正投影法的基本特征	48
任务 2.2 点的投影	49
2.2.1 三投影面体系	49
2.2.2 点的投影	51
任务 2.3 直线的投影	57
2.3.1 直线及直线上点的投影特征	58
2.3.2 各种位置直线的投影	60
2.3.3 两直线的相对位置	66
任务 2.4 平面的投影	68
2.4.1 平面的表示法	68
2.4.2 各种位置平面的投影	69
2.4.3 平面上的点和直线	72
任务 2.5 三视图的形成及其特征	72
2.5.1 三视图的形成	73
2.5.2 三视图的特征	74
项目 3 立体的投影	76
任务 3.1 棱柱及其切口的投影	77
3.1.1 棱柱的投影	77
3.1.2 平面与棱柱表面相交	79
任务 3.2 棱锥及其切口的画法	81
3.2.1 棱锥的投影	82
3.2.2 平面与棱锥表面相交	84
3.2.3 棱锥的切割与穿孔	85
任务 3.3 圆柱及其切口的画法	87
3.3.1 圆柱的投影	88
3.3.2 圆柱表面上点的投影	89
3.3.3 圆柱体的截交线投影	90

任务 3.4 圆锥及其切口的画法	99
3.4.1 圆锥的投影	99
3.4.2 圆锥表面上点的投影	100
3.4.3 圆锥体的截交线投影	102
任务 3.5 圆球及其切口的画法	109
3.5.1 圆球的投影	110
3.5.2 圆球球面上点的投影	110
3.5.3 圆球体的截交线投影	112
任务 3.6 两回转体表面相贯线的绘制	116
3.6.1 相贯线的投影特征	117
3.6.2 相贯线的投影画法	118
3.6.3 相贯线的简化画法	123
3.6.4 相贯线的变化趋势	124
3.6.5 相贯线的特殊情况	124
3.6.6 绘制组合相贯线的投影	126
项目 4 组合体	128
任务 4.1 组合体的形体分析	129
4.1.1 组合体的组合形式	129
4.1.2 组合体的连接方式	129
4.1.3 组合体的分析方法	131
任务 4.2 组合体的画法	132
4.2.1 叠加式组合体三视图的绘制	133
4.2.2 切割式组合体三视图的绘制	136
任务 4.3 组合体的尺寸标注	138
4.3.1 标注尺寸的种类	139
4.3.2 标注尺寸的基准	144
4.3.3 组合体尺寸的标注	145
任务 4.4 读组合体的视图	151
4.4.1 读图的基本原则	152
4.4.2 读图的基本方法	153
项目 5 轴测图	159
任务 5.1 正等轴测图	160

5.1.1	轴测图的基本知识	160
5.1.2	正等轴测图	162
任务 5.2	斜二等轴测图	167
5.2.1	轴间角和轴向伸缩系数	168
5.2.2	组合体斜二轴测图的画法	168
项目 6	机件的常用表达方法	170
任务 6.1	视图	171
6.1.1	基本视图及其配置	171
6.1.2	向视图	172
6.1.3	局部视图	173
6.1.4	斜视图	174
任务 6.2	剖视图	175
6.2.1	剖视图的形成和基本画法	176
6.2.2	剖视图的种类	179
6.2.3	剖切面的分类及其应用	182
任务 6.3	断面图	186
6.3.1	移出断面图的画法	187
6.3.2	重合断面图的画法	190
任务 6.4	其他表示方法	192
6.4.1	局部放大图	192
6.4.2	简化画法	194
6.4.3	表达方案的综合应用	197
6.4.4	第三角画法简介	199
项目 7	标准件和常用件	201
任务 7.1	螺纹	202
7.1.1	螺纹的形式和要素	202
7.1.2	螺纹的规定画法	205
7.1.3	螺纹的规定画法	209
任务 7.2	常用螺纹紧固件的规定画法和标记	212
7.2.1	螺纹紧固件的规定标记	213
7.2.2	螺纹紧固件连接的画法	214

任务 7.3 齿轮	218
7.3.1 圆柱齿轮	219
7.3.2 直齿圆锥齿轮	223
7.3.3 蜗杆和蜗轮	225
任务 7.4 键和销	227
7.4.1 键连接	227
7.4.2 销连接	229
任务 7.5 滚动轴承	230
7.5.1 滚动轴承的组成和分类	231
7.5.2 滚动轴承的代号	232
7.5.3 滚动轴承的画法	233
任务 7.6 弹簧	235
7.6.1 圆柱螺旋压缩弹簧参数和尺寸关系	236
7.6.2 圆柱螺旋压缩弹簧的规定画法	237
7.6.3 圆柱螺旋压缩弹簧的作图步骤	239
项目 8 零件图	241
任务 8.1 认识零件图	242
8.1.1 零件图的内容	243
8.1.2 典型零件的最佳表达方案	243
8.1.3 零件图的尺寸标注	247
8.1.4 零件的工艺结构	250
任务 8.2 机械图样中的技术要求	253
8.2.1 表面结构的表示方法	253
8.2.2 极限与配合	256
8.2.3 几何公差	262
任务 8.3 识读零件图	264
8.3.1 读零件图的方法和步骤	264
8.3.2 读零件图举例	265
8.3.3 测绘零部件	267
项目 9 装配图	271
任务 9.1 认识装配图	272

9.1.1	一组视图	273
9.1.2	装配图的尺寸标注	276
9.1.3	装配图中的零、部件序号和明细表	277
9.1.4	装配结构的合理性简介	279
任务 9.2	装配图的识读	280
9.2.1	部件的装配关系和工作原理	280
9.2.2	确定表达方案	281
9.2.3	绘制装配图	282
任务 9.3	读装配图和拆画零件图	285
9.3.1	读装配图的方法和步骤	285
9.3.2	由装配图拆画零件图	286
9.3.3	读装配图及拆画零件图举例	287
附 录		291
参考文献		306

项目 1

制图的基本知识

【项目导读】

机械图样是表达工程技术人员的设计意图和制造方案的重要技术文件。图样作为技术交流的共同语言必须有统一的规范——必须严格按照国家标准《技术制图》和《机械制图》的统一规定绘制，否则会给技术交流和加工生产带来混乱和障碍。

【知识目标】

- (1) 掌握国标中制图的有关规定。
- (2) 掌握尺寸标注的基本原则。
- (3) 掌握常用几何图形的画法。
- (4) 掌握平面图形的分析方法。

【技能目标】

- (1) 能够判别图线画法和尺寸标注中的错误。
- (2) 能够正确使用绘图工具、仪器，熟练地绘制几何图形。

【思政目标】

- (1) 树立自主学习的意识。
- (2) 提升科学地、辩证统一地发现问题、分析问题和解决问题的能力。

任务 1.1 机械制图国家标准的基本规定

任务引入

小张同学想绘制某机件的图样，便向王老师请教绘图经验。王老师告诉他，绘图时，除了机件的大小和相对位置关系外，还要重点掌握如何才能准确地表达机件的形状和可见性。

小张有些疑惑，问道：“那要完成这个机件的绘制，是徒手画还是借助一些工具来画？还是用计算机软件直接完成呢？”王老师解释道：“对于初学者，首先要掌握手动画图，只有熟练掌握了国标《机械制图》中的相关规定后，再借助计算机来完成相应机件的绘制。”

小张听了恍然大悟，看来关于制图，自己还有很多的知识要了解并掌握。

本任务要求学生从图幅、图框、标题栏、比例、字体、图线及其画法等方面来认识国标中的基本规定。

相关知识

机械图样是设计和制造机械过程中的重要资料，是交流技术思想的语言。因此，对图画法、尺寸注法等都必须作出统一的规定。国家标准《技术制图》和《机械制图》是我国发布的一项重要技术标准，国家标准（简称“国标”）的代号是“GB”。例如，在 GB/T 14689—2008 中，“T”为推荐性标准，“14689”是标准序号，“2008”是标准发布的年份。本任务主要介绍国标中的有关规定。

1.1.1 图纸幅面和格式（GB/T 14689—2008）

1. 图纸幅面

图纸幅面简称“图幅”，是指图纸尺寸规格的大小。如图 1-1 所示的常见 A3 和 A1 图纸。

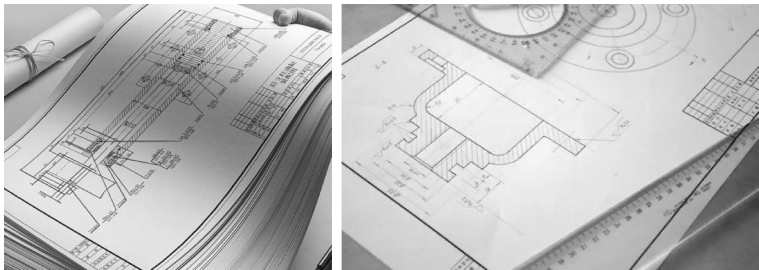


图 1-1 图纸

图纸幅面的表示方法为 $B \times L$ 。其中， B 代表图纸的短边， L 代表图纸的长边。

为了便于图纸的装订和保管，绘制技术图样时，应优先采用表 1-1 规定的五种基本幅面。必要时也允许加长幅面。加长幅面时，基本幅面的长边尺寸保持不变，短边尺寸乘以整数倍即可。

表 1-1 图纸幅面尺寸

单位：mm

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

观察表 1-1 这五种基本幅面的尺寸可知，将大号的图纸沿幅面长边对折可得小一号幅面的图纸。其对折方式如图 1-2 所示。

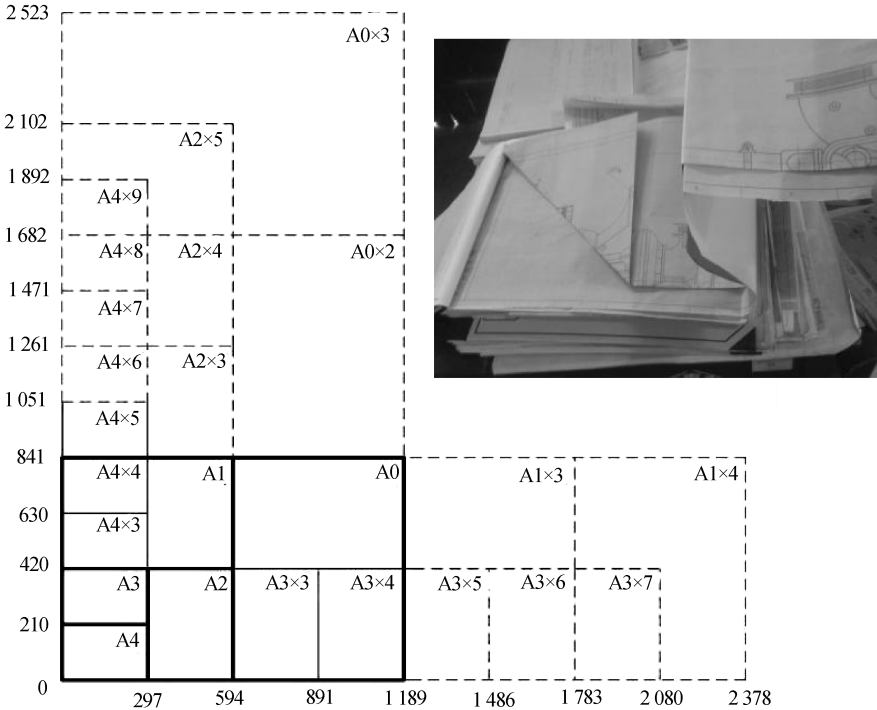


图 1-2 加长幅面和基本图幅间的关系

2. 图框格式

限定绘图区域的线框称为图框，图框在图纸上必须用粗实线画出。图框格式分为留装订边和不留装订边两种。留装订边的图框格式如图 1-3 所示。一般采用 A4 图幅竖装或 A3 图幅横装。

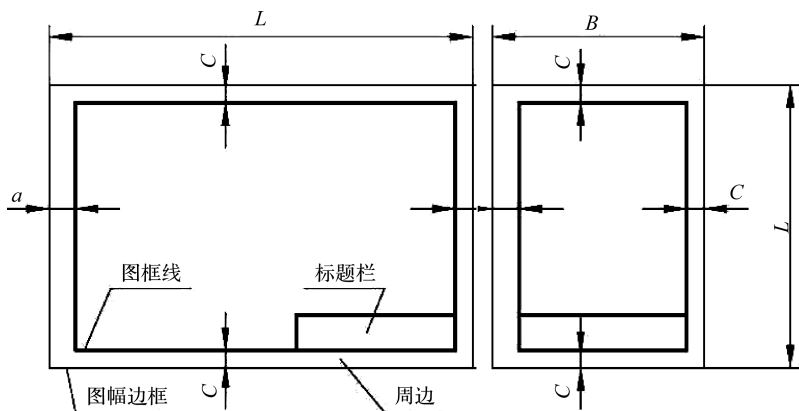


图 1-3 留装订边的图框格式

不留装订边的图框格式如图 1-4 所示。

图 1-3 和图 1-4 中 a 、 c 、 e 均代表周边尺寸，即图框线到图纸边界的距离，其尺寸数值可参见表 1-1 所列。

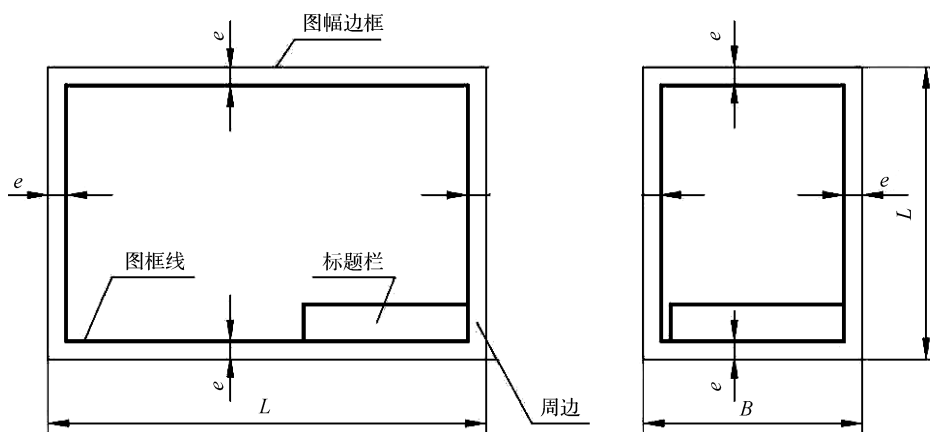


图 1-4 不留装订边的图框格式

3. 标题栏

为使绘制的图样便于管理及查阅，每张图样都必须有标题栏。常见的标题栏有两种形式：一种是国家标准规定的标题栏，如图 1-5 所示；另一种是学校制图作业中使用的简化标题栏，如图 1-6 所示。

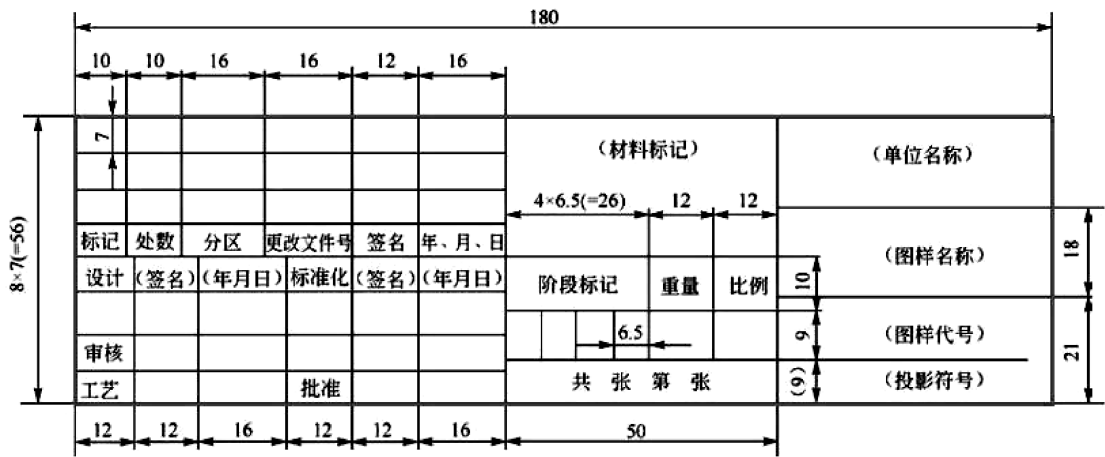


图 1-5 国家标准规定的标题栏

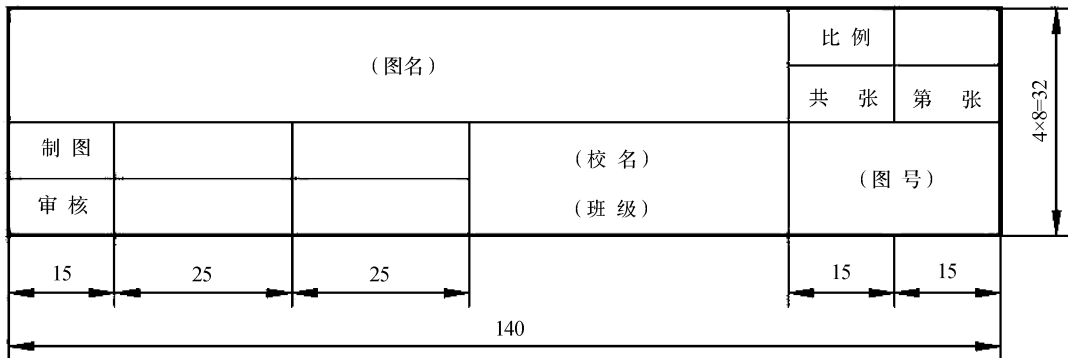
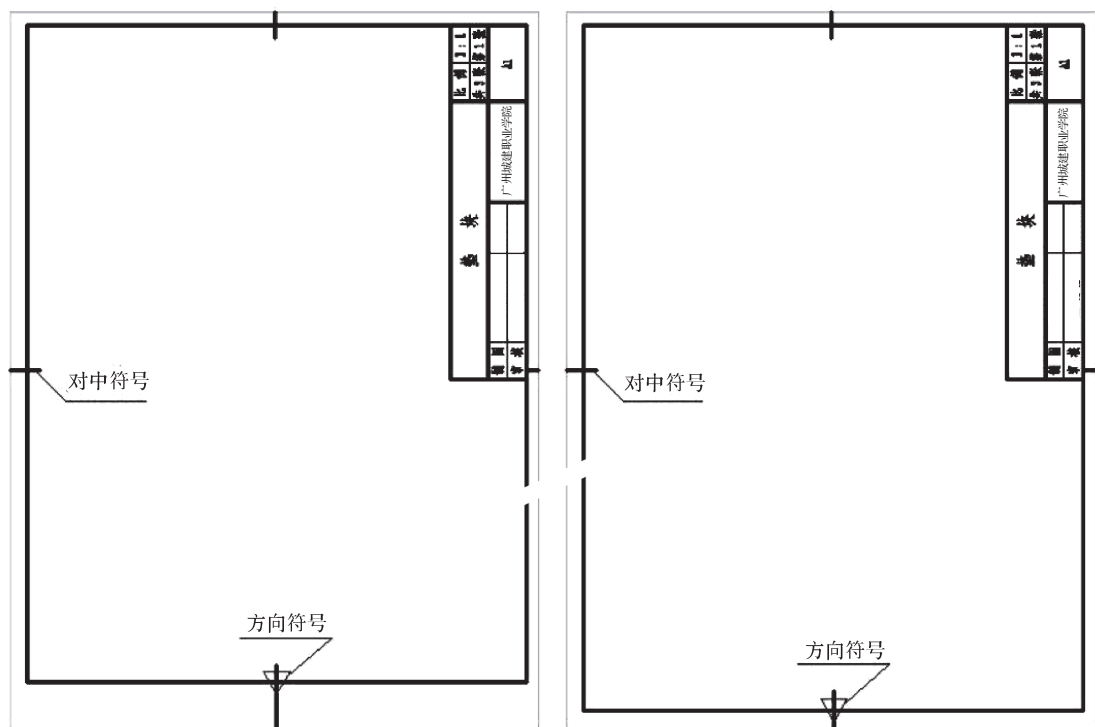


图 1-6 学校制图作业中使用的简化标题栏

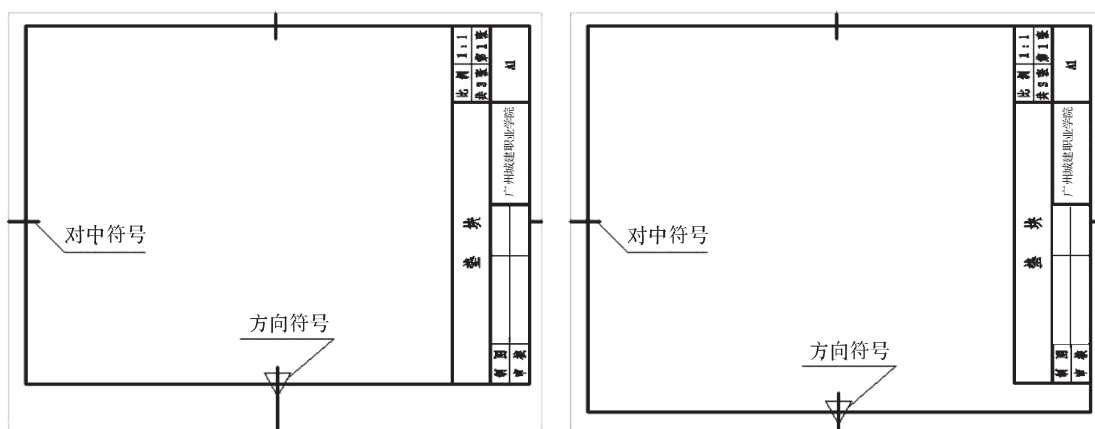
通常情况下，标题栏位于图纸的右下角。其中，当标题栏的长边与图纸长边平行时，则构成 X 型图纸；当标题栏的长边与图纸长边垂直时，则构成 Y 型图纸。

4. 对中符号和方向符号

为了使图样在复制和缩微摄影时定位方便，应在图纸各边的中点处分别画出对中符号。此外，为了使用预先印制好的图纸，允许将 X 型图纸的短边置于水平位置使用，或将 Y 型图纸的长边置于水平位置使用。此时，标题栏中的文字方向与看图方向不一致。为了能正确地表达看图方向，应在图纸下边对中符号处绘制一个方向符号，如图 1-7 所示。



(a) X型图纸竖放



(b) Y型图纸横放

图 1-7 对中符号和方向符号

对中符号和方向符号的画法如图 1-8 所示。对中符号用粗实线绘制，线宽不小于 0.5 mm，长度从纸边开始伸入图框内约 5 mm。当对中符号处于标题栏内时，则伸入标题栏内的部分省略不画。

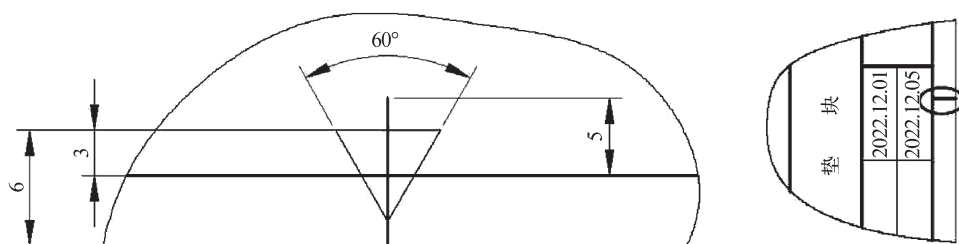


图 1-8 对中符号和方向符号的画法

1.1.2 比例（GB/T 14690—1993）

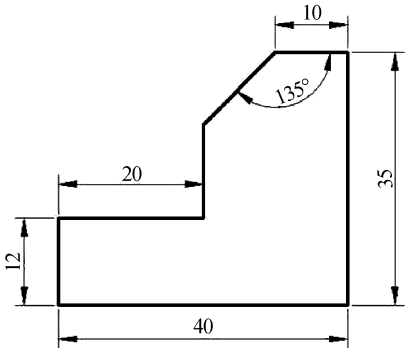
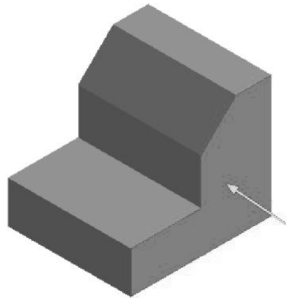
比例是指图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。比例规范化，不可随意确定。绘制图样时，工程上应优先选取表 1-2 中的第一系列比例，必要时也可以采用第二系列比例。

表 1-2 绘图的比例

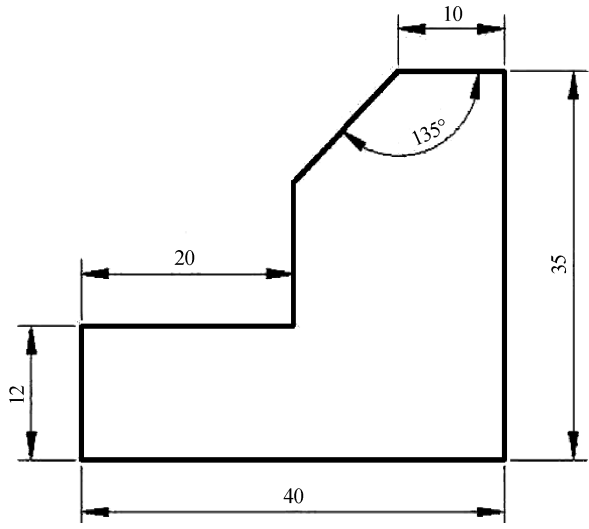
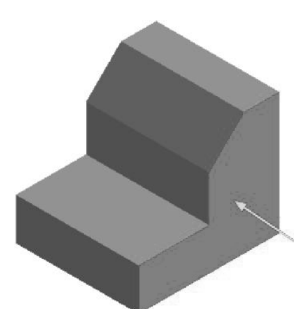
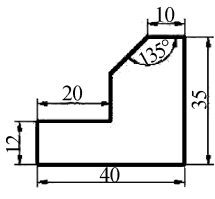
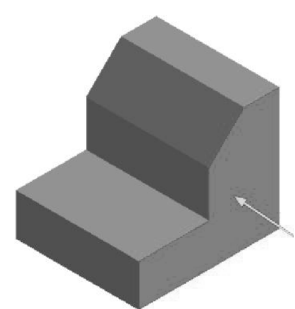
种类	第一系列	第二系列
原值比例	1 : 1	—
缩小比例	1 : 2 1 : 5 1 : 10 1 : 1×10 ⁿ 1 : 2×10 ⁿ 1 : 5×10 ⁿ	1 : 1.5 1 : 2.5 1 : 3 1 : 4 1 : 6 1 : 1.5×10 ⁿ 1 : 2.5×10 ⁿ 1 : 3×10 ⁿ 1 : 4×10 ⁿ 1 : 6×10 ⁿ
放大比例	2 : 1 5 : 1 1×10 ⁿ : 1 2×10 ⁿ : 1 5×10 ⁿ : 1	2.5 : 1 4 : 1 2.5×10 ⁿ : 1 4×10 ⁿ : 1

绘制图样时，应尽可能按机件的实际大小画出，以方便看图。绘制同一机件的各个视图时，应尽量采用相同的比例，并标注在标题栏中的比例栏内。当某个视图需要采用不同比例时，可在视图名称的下方或右侧标注比例。注意，不论采用何种比例绘图，标注尺寸时，均按机件的实际尺寸大小注出，见表 1-3 所列。

表 1-3 同一机件不同比例的图形的标注

比例	图形	机件
原值 比例 1 : 1		

续表

比例	图形	机件
放大 比例 2 : 1		
缩小 比例 1 : 2		

1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)

在图样上除了表示机件形状的图形外,还要用文字和数字来说明机件的大小、技术要求和其他内容。如果在图样上的文字和数字写得很潦草,不仅会影响图样的清晰和美观,还会造成差错,给生产带来麻烦和损失。

1. 字体

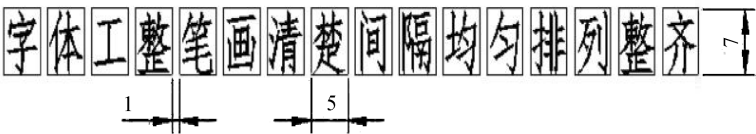
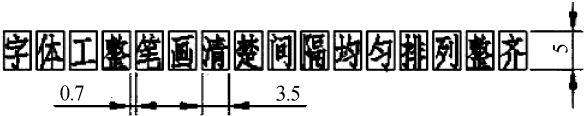
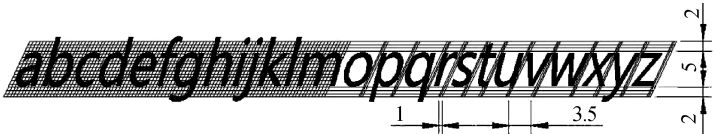
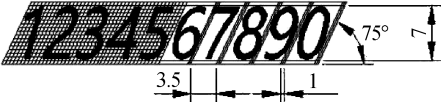
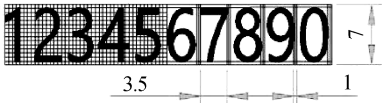
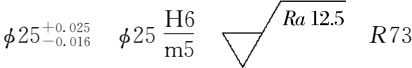
图样上的汉字应采用长仿宋体字。字体的号数,即字体高度 h ,其公称尺寸系列为1.8 mm、2.5 mm、3.5 mm、5 mm、7 mm、10 mm、14 mm、20 mm。汉字应采用国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字,汉字的高度 h 不应小于3.5 mm,其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

2. 数字和字母

数字和字母分为A型和B型。其中,A型的笔画宽度(d)为字高(h)的十四分之一($d=1/14h$),B型的笔画宽度(d)为字高(h)的十分之一($d=1/10h$)。数字和字

母可写成斜体或直体。斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成 75°。字体示例见表 1-4 所列。

表 1-4 字体示例

字体		示例
长仿宋	7 号	
长仿宋	5 号	
拉丁字母	A 型字体 大写斜体 (7 号)	
	A 型字体 小写斜体 (7 号)	
阿拉伯 数字	A 型字体 斜体 (7 号)	
	A 型字体 直体 (7 号)	
综合应用		

3. 字体应用注意事项

- (1) 在同一图样上只允许选用一种类型的字体。
- (2) 字体书写要做到字体工整、笔画清楚、间隔匀称、排列整齐。
- (3) 用作指数、分数、极限偏差、注脚的数字及字母，一般采用小一号字体。
- (4) 图样中的数学符号、物理量符号、计量单位符号，以及其他符号和代号应分别

符合国家有关法令和标准的规定。

1.1.4 图线（GB/T 4457.4—2002）

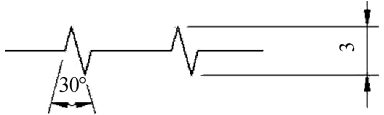
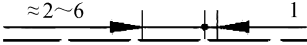
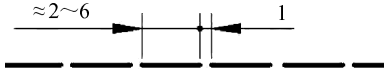
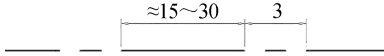
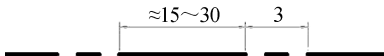
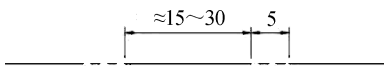
1. 线型及其应用

工程制图中，为了能够准确地表达物体的形状及可见性，通常需要使用不同线型和线宽来表达不同对象。线型示例见表 1-5 所列。

表 1-5 线型示例

图线名称	线型及其尺寸	线宽	一般应用
粗实线		d	(1) 可见轮廓线
			(2) 相贯线
			(3) 螺纹牙顶线
			(4) 螺纹终止线
			(5) 齿顶圆（线）
			(6) 模具分型线
			(7) 剖切符号用线
细实线		$d/2$	(1) 尺寸线和尺寸界线
			(2) 过渡线
			(3) 指引线和基准线
			(4) 剖面线
			(5) 重合断面的轮廓线
			(6) 短中心线
			(7) 螺纹牙底线
			(8) 表示平面的对角线
			(9) 零件成形前的弯折线
			(10) 范围线及分界线
			(11) 重复要素表示线，如齿轮的齿根线
			(12) 锥形结构的基面位置线
			(13) 叠片结构位置线，如变压器叠钢片
			(14) 辅助线
			(15) 不连续同一表面连线
			(16) 成规律分布的相同要素连线
			(17) 网格线
			(18) 投影线

续表

图线名称	线型及其尺寸	线宽	一般应用
波浪线		$d/2$	断裂处边界线；视图与剖视图的分界线
双折线		$d/2$	断裂处边界线；视图与剖视图的分界线
细虚线		$d/2$	不可见轮廓线；不可见棱边线
粗虚线		d	允许表面处理的表示线
细点画线		$d/2$	(1) 轴线 (2) 对称中心线 (3) 分度圆（线） (4) 孔系分布的中心线 (5) 剖切线
粗点画线		d	限定范围表示线
细双点画线		$d/2$	(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) 成形前轮廓线 (4) 剖切面前的结构轮廓线 (5) 轨迹线 (6) 毛坯图中制成品的轮廓线 (7) 特定区域线 (8) 工艺用结构的轮廓线 (9) 中断线

机械制图中经常采用两种线宽，即粗线和细线。粗、细线的线宽之比为 2 : 1。线宽 d 共分 8 种：0.18 mm、0.25 mm、0.35 mm、0.5 mm、0.7 mm、1 mm、1.4 mm、2 mm。图线的应用实例如图 1-9 所示。

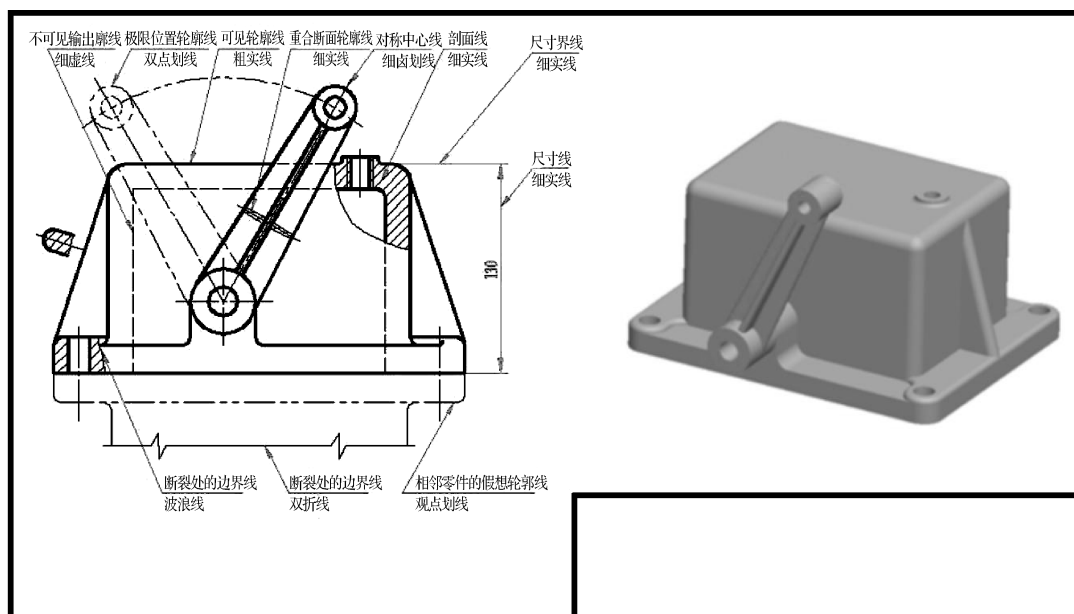


图 1-9 图线的应用实例

2. 图线的画法及其注意事项

(1) 在同一图样中，同类图线的宽度基本一致。虚线、点画线及双点画线的线段长度和间隔应大致相同。

(2) 两条平行线（包括剖面线）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) 绘制圆的对称中心线（简称“中心线”）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。

(4) 在较小的图形上绘制点画线、双点画线有困难时，可用细实线代替。

(5) 点画线和双点画线的中间是短画，而不是圆点。

(6) 当各种线画重合时，应按粗实线、虚线、点画线的优先顺序画出。

(7) 轴线、对称中心线、双折线和作为中断线的双点画线，应超出轮廓线 3~5 mm。圆对称中心线的画法如图 1-10 所示。

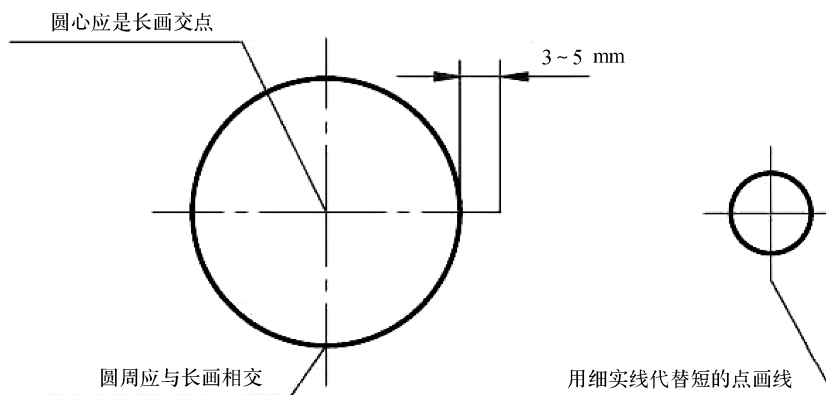


图 1-10 圆对称中心线的画法

(8) 点画线、虚线和其他图线相交时，都应在线段处相交，不应在空隙或短画处相交。

(9) 当虚线在粗实线的延长线上时，在分界得延长处应留有空隙。当虚线和圆相切时，在相切的延长处应留有空隙。点画线和虚线的画法如图 1-11 所示。

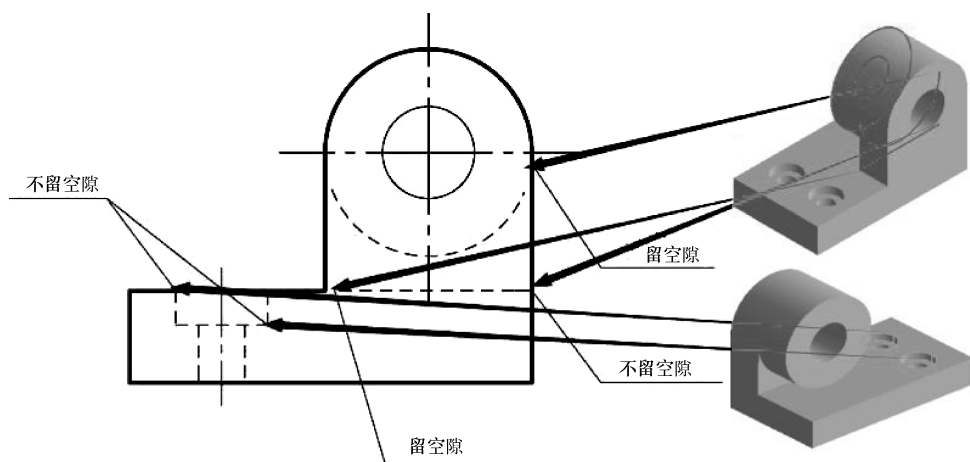


图 1-11 点画线和虚线的画法

任务 1.2 尺寸标注

任务引入

王老师从事机械制图课程教学二十余年。在长期的教学实践中，王老师感受到一些学生在学习机械制图这门课程中，重视“图形”的学习，而轻视“尺寸标注”的学习；在作业和考试中，难度较大的“图形”题作得很正确，而难度不大的“尺寸标注”题却难以标对。近几年，王老师在“尺寸标注”的教学中下了一些功夫。一是注重对学生进行思想教育，使他们认识到尺寸标注的重要性；二是教给他们尺寸标注的正确方法和步骤，并对他们进行了严格的要求和训练，收到了较好的效果。

本任务要求学生从尺寸标注的基本原则、尺寸要素的组成及尺寸标注的注意事项等方面来学习尺寸标注的正确方法和步骤。

相关知识

图形只能表达机件的形状，而机件的大小和相对位置由所标注的尺寸确定，即“以图形定形状”，“以尺寸定大小”。由此可见，尺寸是图样的重要内容之一，是加工、制造

零件的主要依据，不能有任何差错。标注尺寸时，应严格遵守国家标准中标注的相关规定，且所注尺寸必须正确、清晰、完整、合理。

1.2.1 基本规则和组成要素

1. 尺寸标注的基本规则

(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 mm（毫米）为单位时，不需要标注单位符号或名称。若采用其他单位，则必须标明相应的单位符号，如 m、cm 等。

(3) 图样中所标注的尺寸应为该图样所示机件的最后完工尺寸，否则应另加说明。

(4) 机件的每一尺寸，在图样上一般只标注一次，并标注在反映该结构最清晰的图形上。

2. 尺寸标注的组成要素

一个完整的尺寸包括尺寸界线、尺寸线（包括箭头）和尺寸数字（包括符号），如图 1-12 所示。

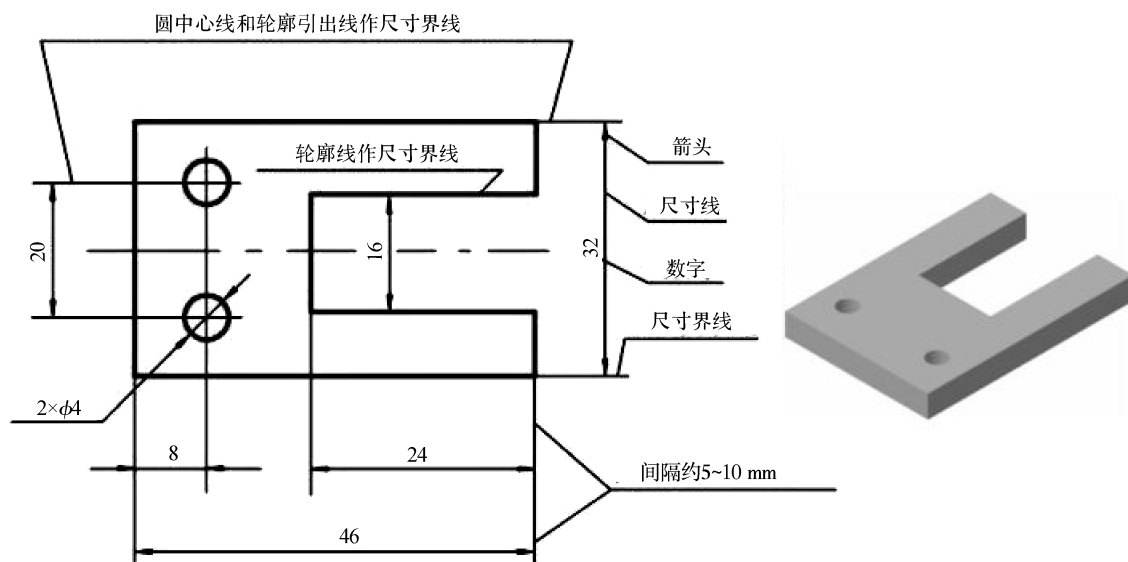


图 1-12 尺寸的组成要素

(1) 尺寸界线

尺寸界线表示所注尺寸的起始和终止位置，即所注尺寸的度量范围。尺寸界线用细实线绘制，并自图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出。也可将轮廓线、轴线或对称中心线本身作尺寸界线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直，尺寸界线超出尺寸线 2~3 mm，必要时允许尺寸界线与尺寸线倾斜，如图 1-13 所示。

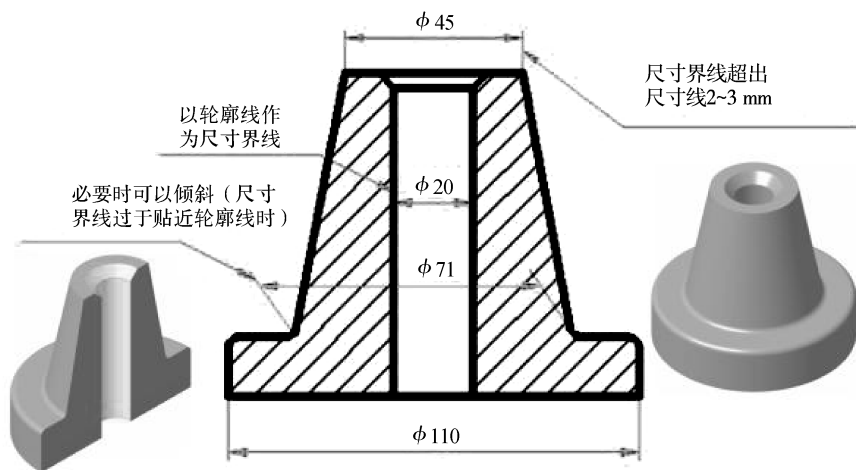


图 1-13 尺寸界线标注注意事项

(2) 尺寸线

尺寸线表示所注尺寸度量的方向，用细实线绘制在两尺寸界线之间。图样上的尺寸线既不能用其他图线代替，也不能与其他图线重合或画在其延长线上。

当标注线性尺寸时，尺寸线必须与所标注的线段平行；当有几条相互平行的尺寸线时，大尺寸要注在小尺寸外面，以免尺寸线和尺寸界线相交，依次排列整齐，并且各尺寸线的间距要均匀，间隔应大于 5 mm，以便注写尺寸数字和有关符号。在圆或者圆弧上标注直径或半径尺寸时，尺寸线一般应通过圆心或延长线通过圆心。正确与错误的尺寸线如图 1-14 所示。

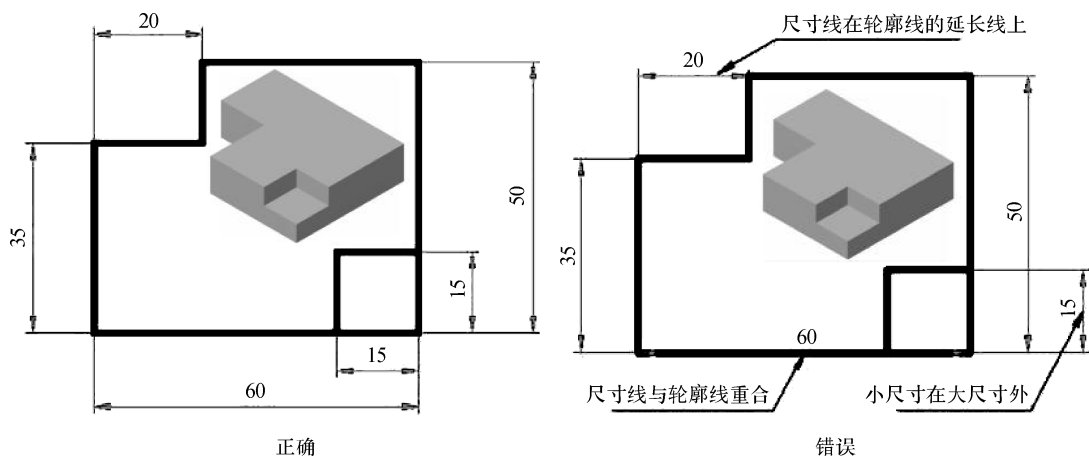


图 1-14 尺寸线

(3) 尺寸线终端

尺寸线终端有箭头和细斜线两种形式，如图 1-15 所示。

机械图样一般用箭头形式，箭头尖端与尺寸界线接触，不得超出也不得离开。当尺寸线太短，没有足够的位置画箭头时，允许将箭头画在尺寸线外边。当标注连续的小尺寸时，可用圆点代替箭头。同一张图纸上箭头大小要一致。

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

尺寸界线不必相互垂直。同一图样中只能采用一种尺寸线终端形式。

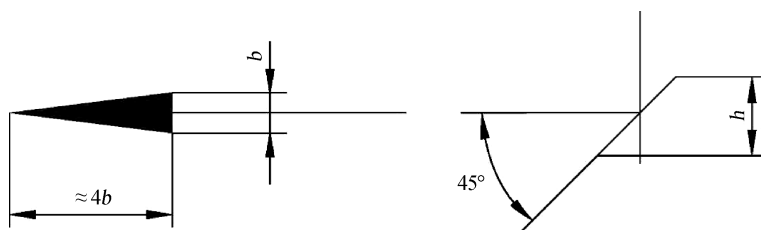


图 1-15 尺寸线终端的两种形式

(4) 尺寸数字

尺寸数字用来确定所标注结构的尺寸大小。水平方向的尺寸数字一般注写在尺寸线的上方；铅垂方向的尺寸数字一般注写在尺寸线的左方且字头朝左；倾斜方向的尺寸数字一般注写在尺寸线靠上的一方。也允许将尺寸数字注写在尺寸线的中断处，如图 1-16 所示。注写尺寸数字时一定要认真仔细、字迹清楚。何图线都不得穿过尺寸数字，当不可避免时，应将图线断开。



图 1-16 尺寸数字的书写方法

1.2.2 常见尺寸的标注方法

1. 线性尺寸的数字方向

线性尺寸的尺寸数字一般注写在尺寸线的上方或中断处，且按如图 1-17 (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。当无法避免时应引出标注，如图 1-17 (b) 所示。对于非水平方向上的尺寸，其数字也可水平地注写在尺寸线的中断处，且同一张图纸上的标注要统一。

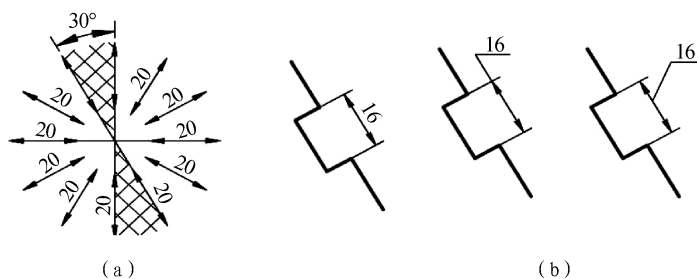


图 1-17 线性尺寸的数字方向

2. 圆和圆弧相关尺寸的标注

(1) 圆或大于半圆弧的标注

标注整圆或大于半圆的圆弧时，应标注直径尺寸，并在数字前加符号“ ϕ ”。圆的直径尺寸以圆的轮廓为尺寸界线，一般应倾斜注出，如图 1-18 所示。

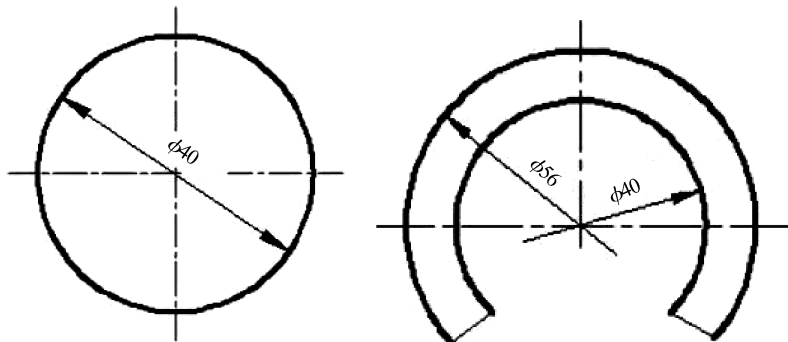


图 1-18 圆及大于半圆弧的标注

(2) 半圆或小于半圆弧的标注

标注小于或等于半圆圆弧时，应标注半径尺寸，尺寸线由圆心出发指向圆弧，并在数字前加符号“ R ”。半径尺寸一般标在圆弧上且倾斜，如图 1-19 所示。

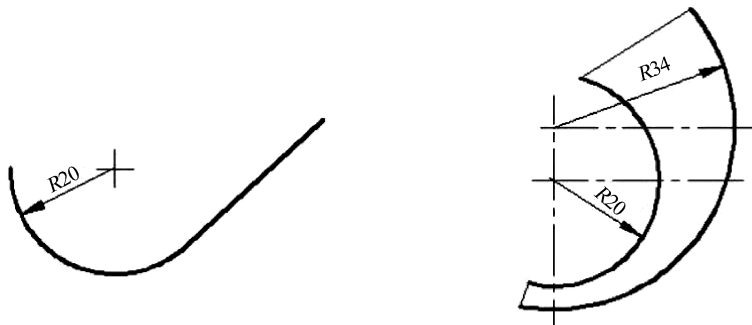


图 1-19 半圆或小于半圆弧的标注

(3) 较大半径圆弧的标注

标注较大半径圆弧时，若需要指明圆弧圆心处于点画线上的位置，则可按图 1-20 (a) 标注；若不需要指明圆心位置，则可按图 1-20 (b) 标注。



图 1-20 较大半径圆弧的标注

(4) 圆弧过渡处的尺寸标注

标注圆弧过渡处的尺寸时，用细实线将轮廓线延长，从它们的交点处引出尺寸界线标注。允许尺寸界线倾斜，如图 1-21 所示。

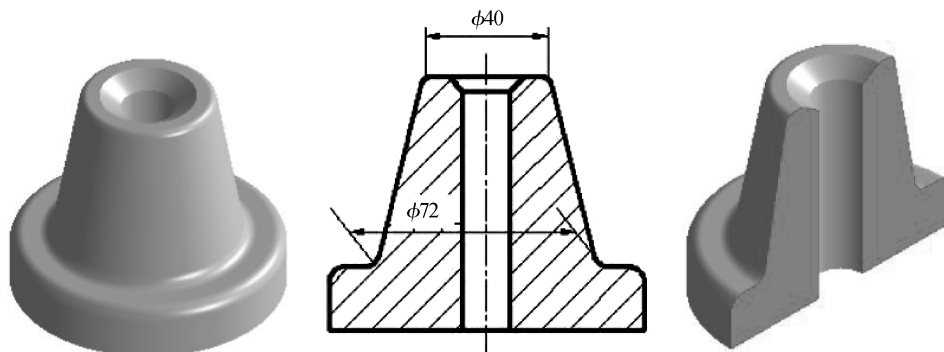


图 1-21 圆弧过渡处的尺寸标注

3. 角度的尺寸标注

标注角度的尺寸时，尺寸界线沿径向引出，尺寸线画成圆弧，其圆心为该角的顶点，半径取适当大小。角度的数字一律写成水平方向，一般注写在尺寸线的中断处，也可注写在尺寸线的上方，或引出标注，如图 1-22 所示。

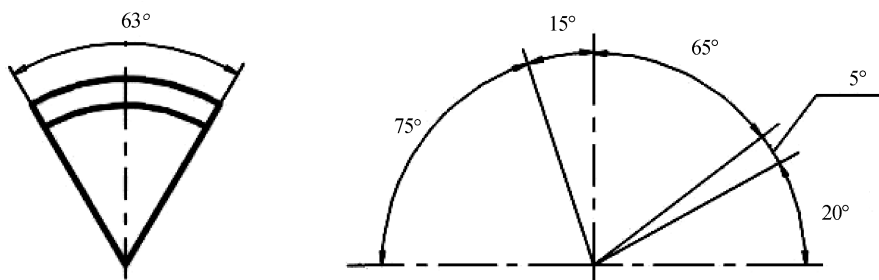


图 1-22 角度的尺寸标注

4. 弦长的弧长的尺寸标注

标注弦长时，尺寸界线应平行于弦的垂直平分线。标注弧长时，尺寸线用圆弧，且是该弧长的同心弧；尺寸界线平行于对应弦的垂直平分线，并应在尺寸数字上方加注符号“ $\widehat{\quad}$ ”，如图 1-23 所示。

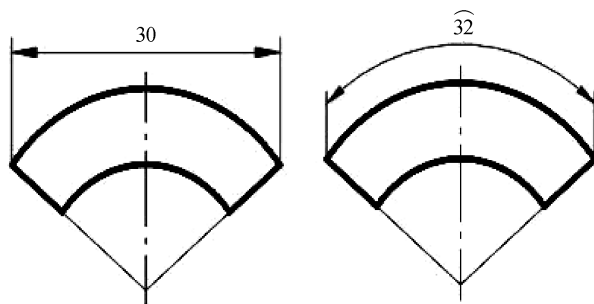


图 1-23 弦长和弧长的尺寸标注

5. 狭小部位的尺寸标注

对于一些狭小部位, 当没有足够的地方标注尺寸时, 箭头可画在外面, 还可用小圆点或斜线代替, 尺寸数字可写在外面或引出标注, 如图 1-24 (a) 所示。圆和圆弧的小尺寸, 可按图 1-24 (b) 所示标注。

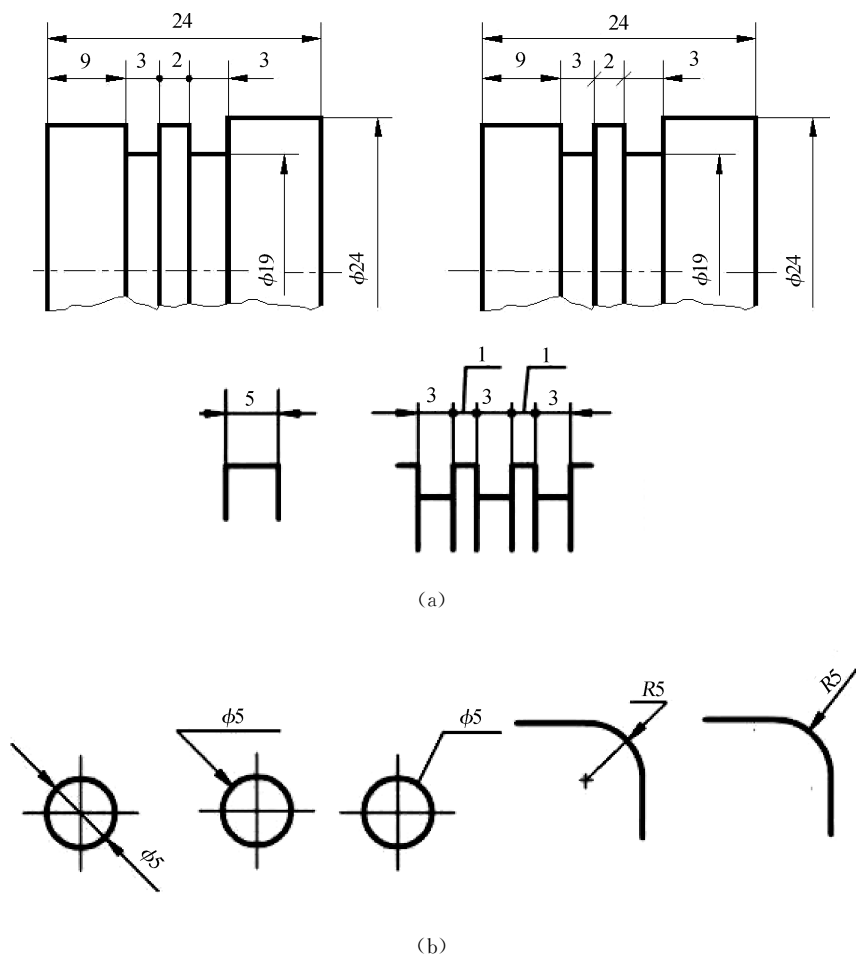


图 1-24 狭小部位的尺寸标注

6. 其他特殊情况的尺寸标注

(1) 球面结构的尺寸标注

标注球面的尺寸时, 应在 ϕ 或 R 前加注“S”, 如图 1-25 (a) 所示; 不致引起误解时, 也可省略“S”, 如图 1-25 (b) 所示的右端球面。

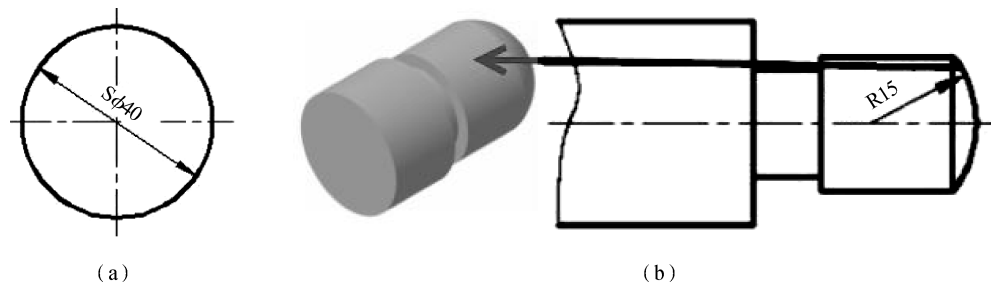


图 1-25 球面结构的尺寸标注

(2) 正方形结构的尺寸标注

当机件的表面为正方形时, 可用两条相交的细实线表示平面, 标注方法如图 1-26 所示。

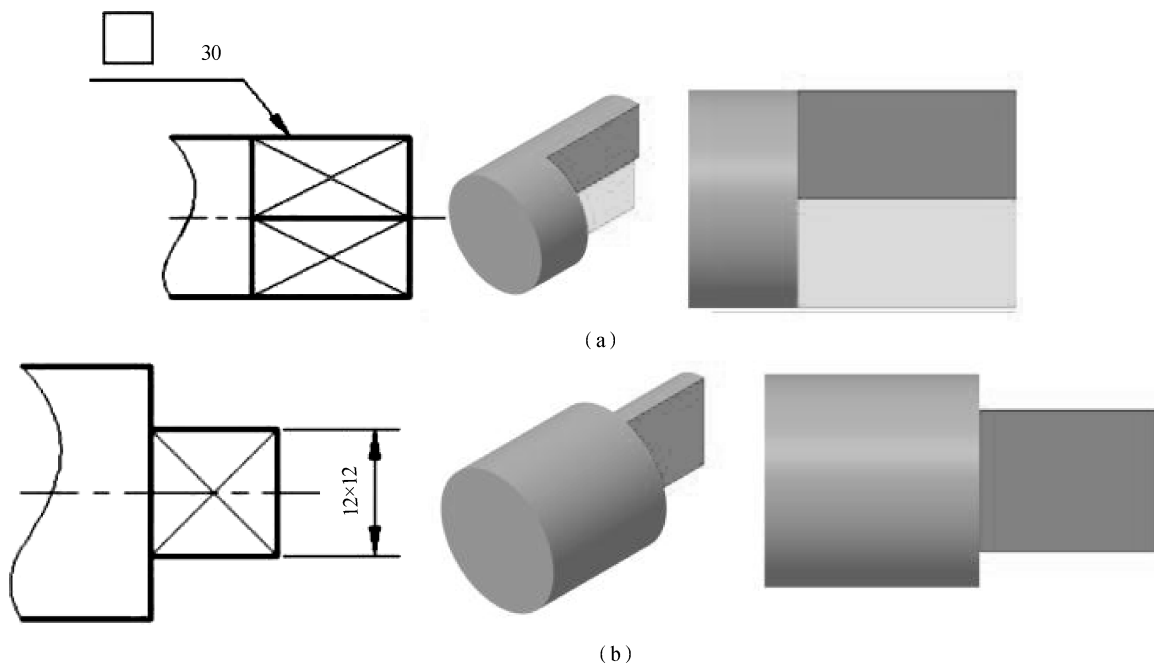


图 1-26 正方形结构的尺寸标注

(3) 对称结构的尺寸标注

分布在对称线两侧的结构, 可仅标注其中一侧的结构尺寸, 如图 1-27 (a) 所示。当对称尺寸线无法画全时, 此时的尺寸线要略超过对称线一段, 如图 1-27 (b) 所示的 80、92 两尺寸。

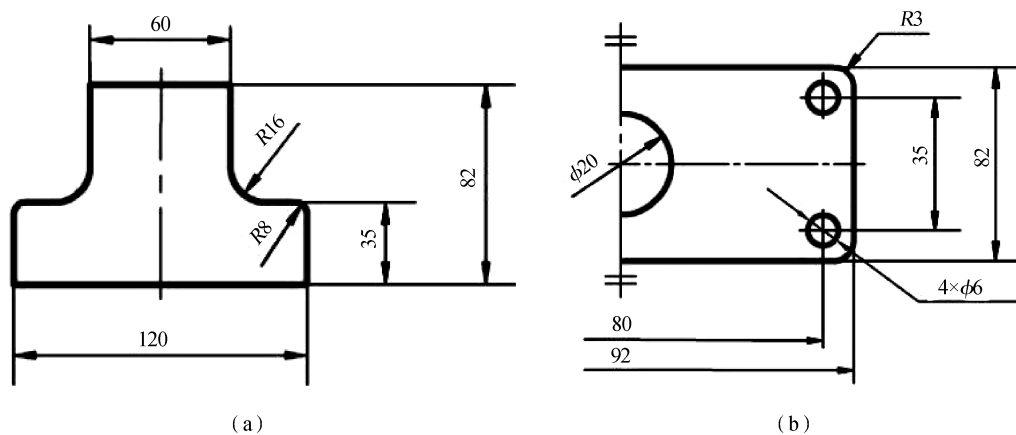


图 1-27 对称结构的尺寸标注

(4) 相同要素的尺寸标注

均匀分布的成组要素 (如孔等) 的尺寸, 按如图 1-28 (a) 所示的方法标注。当成组要素的定位和分布情况在图形中已明确时, 可不标注其角度, 并省略 “EQS”, 按如图 1-28

(b) 所示的方法标注。

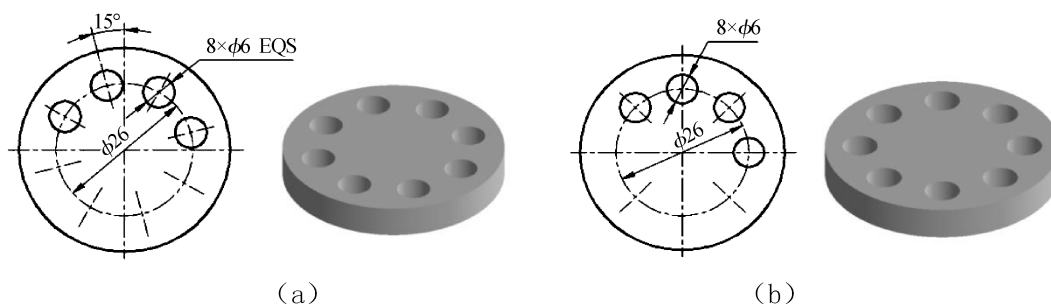


图 1-28 相同要素的尺寸标注

7. 图线通过尺寸数字

当尺寸数字无法避免被图线通过时，图线必须断开，如图 1-29 所示。

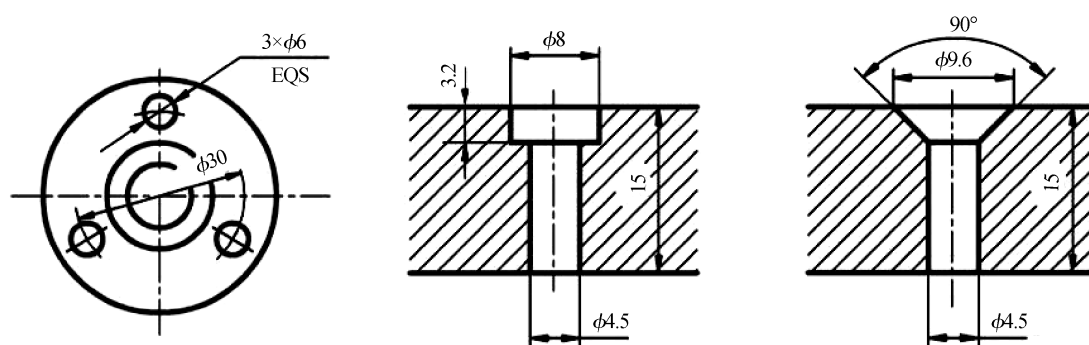
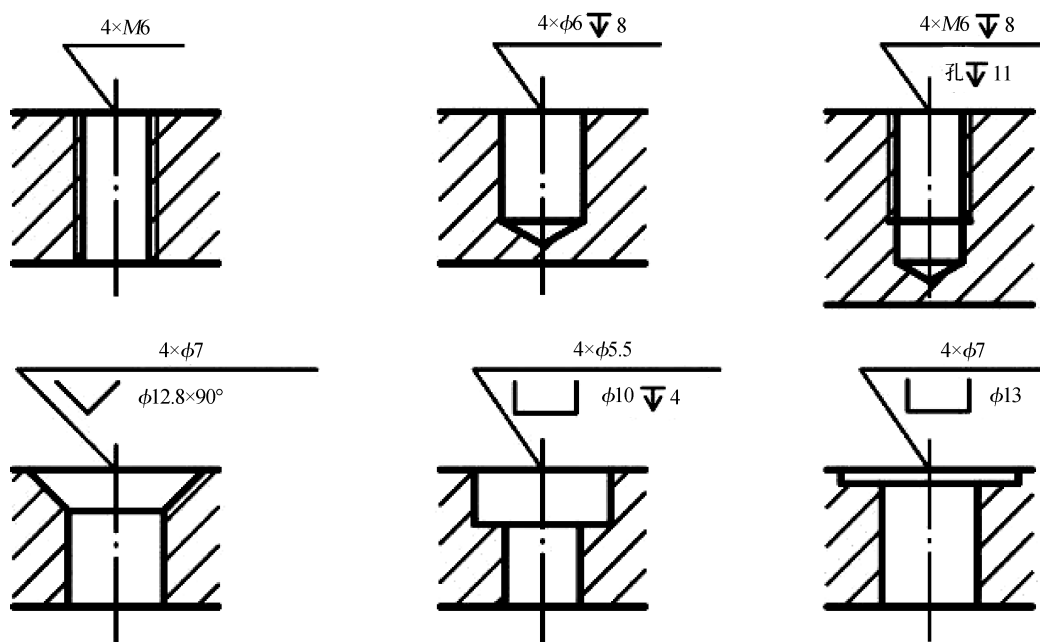


图 1-29 图线通过尺寸数字

8. 孔的尺寸标注

孔的尺寸标注如图 1-30 所示。



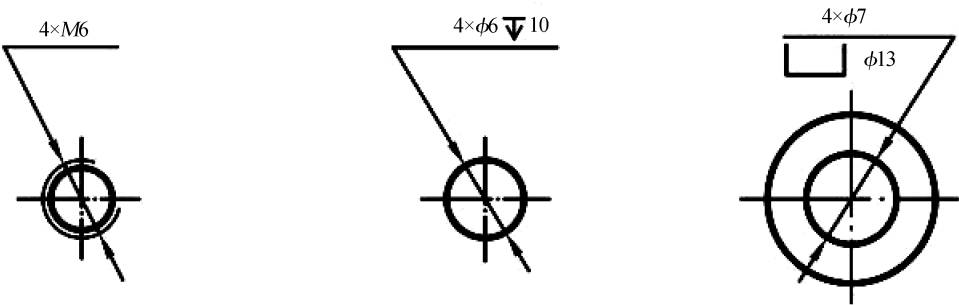


图 1-30 孔的尺寸标注

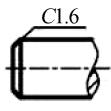
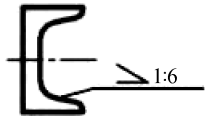
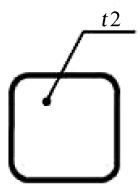
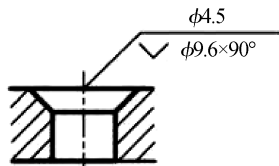
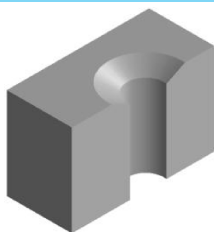
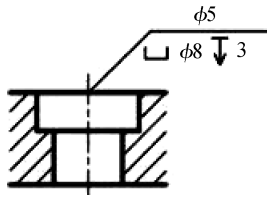
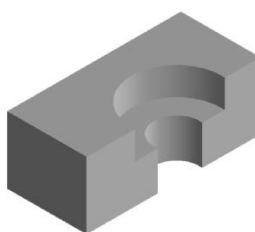
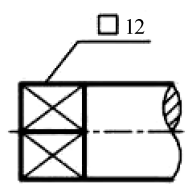
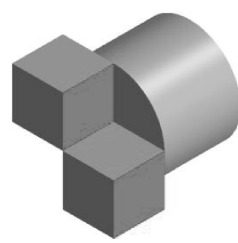
9. 常见尺寸的标注符号

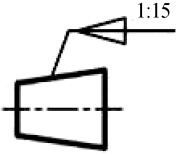
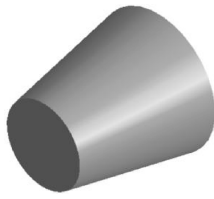
常见尺寸的标注符号见表 1—6 所列。

表 1-6 常见尺寸的标注符号

符号	含义	标注示范	对应实例
ϕ	直径		
		直径为 40 mm 的圆	
R	半径		
		半径为 20 mm 的圆	
S	球		
		直径为 20 mm 的球	
EQS	均布		
		沿圆周均布直径为 6 mm 的 8 个孔	

续表

符号	含义	标注示范	对应实例
C	45°倒角		
		倒角 1.6×45°	
∠	斜度		
		斜度 1:6	
t	厚度		
		板厚 2 mm	
∩	埋头孔		
		埋头孔 $\phi 9.6 \times 90^\circ$	
	沉孔或 铤平		
	深度		
□	正方形		
		正方形边长 12 mm	

符号	含义	标注示范	对应实例
▷	锥度		
		锥度 1 : 15	

任务 1.3 绘图工具和仪器的使用方法

任务引入

在长期的教学实践中,王老师感受到,动手实践、自主探索与合作交流是学生学好机械制图课程必须具备的重要能力。为此王老师提出“机械制图课程学习活动应当是一个生动活泼的、主动的、富有个性的过程”,教师在组织教学过程中“要有利于学生主动地进行观察、实验、猜测、验证、交流”。

本任务要求学生了解常用绘图仪器的结构、性能和使用方法,学会正确使用和维护绘图工具,有效地提高绘图质量和绘图速度,并能延长绘图工具的使用寿命。

相关知识

正确使用绘图工具和仪器,是保证绘图质量和加快绘图速度的一个重要方面。手工绘图分仪器绘图和徒手绘图两种。尽管随着科技的发展,计算机绘图已普遍应用于设计领域,但手工绘图仍是工程技术人员所必须掌握的技能。必须养成正确使用、维护绘图工具和仪器的良好习惯。

常用的绘图工具有铅笔、图板、丁字尺、三角板、圆规和分规等。

1.3.1 铅笔

制图常用的是 2H、H、HB、B 等型号的铅笔,铅笔铅芯可削成圆锥形或矩形,圆锥形铅芯用于画细线及书写文字,矩形铅芯用于描深粗实线,如图 1-31 (a) 所示。H 表示

硬铅，前面数字越大，其铅芯越硬。硬铅用于打底稿和写字，铅芯削成圆锥形和分规等如图 1-31 (b) 所示。B 表示软铅，前面数字越大，其铅芯越软。软铅用于加深图线，铅芯削成扁平状，如图 1-31 (c) 所示。加深圆弧时，应采用比加深直线软一号的铅芯。

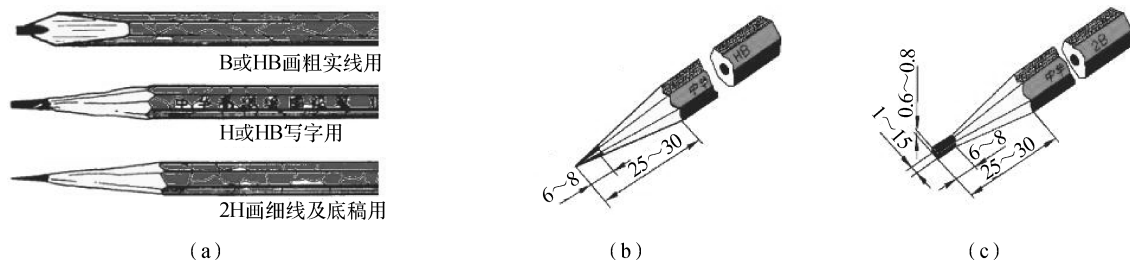


图 1-31 铅笔削法

1.3.2 图板、丁字尺和三角板

1. 图板

图板是用来支承图纸的木板。板面应平坦光洁、木质纹理细密、软硬适中。工作边应平直，以防止图板变形。图板左侧边是丁字尺的导边，如图 1-32 所示。



图 1-32 图板

2. 丁字尺

丁字尺是画水平线的长尺。丁字尺由尺头和尺身组成，画图时，应使尺头靠着图板左侧的导边。画水平线必须自左向右画。丁字尺也可与三角板配合绘制一些特殊角度的斜线，不能沿尺身下侧画线。作图时应使尺头靠紧图板左边，然后上下移动丁字尺，直至对准画线的位置，再自左向右画水平线。画较长水平线时，用左手按住尺身，以防止尺尾翘起和尺身摆动，如图 1-33 所示。丁字尺不用时，应垂直悬挂，以免尺身弯曲或折断。

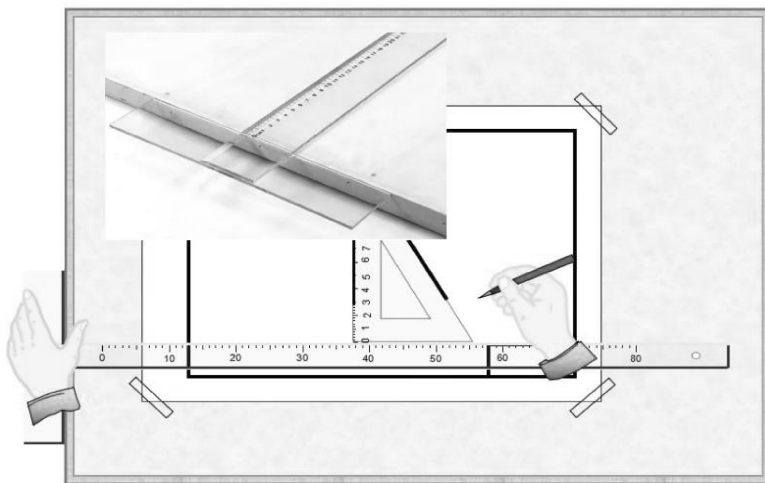


图 1-33 图板和丁字尺

3. 三角板

一副三角板有两块，一块是 45° 三角板，另一块是 30° 和 60° 三角板。除了直接用它们来画直线外，也可配合丁字尺画铅垂线和其他倾斜线。用一块三角板能画与水平线成 30° 、 45° 、 60° 的倾斜线。用两块三角板不仅能画与水平线成 15° 、 75° 、 105° 和 165° 的倾斜线，如图 1-34 所示；还可以绘制水平线和垂直线，如图 1-35 所示。

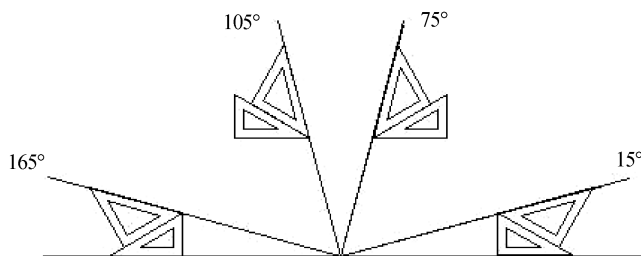


图 1-34 用三角板画倾斜线

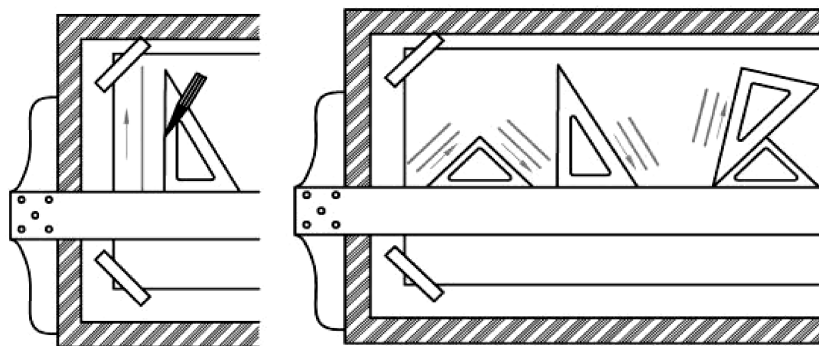


图 1-35 用三角板画垂直线及平行线

1.3.3 圆规和分规

1. 圆规

圆规用来画圆和圆弧。圆规的一个脚上装有钢针，称为针脚，用来定圆心；另一个脚上可装铅芯，称为笔脚。笔脚可替换使用铅笔芯、鸭嘴笔尖（上墨用）、延长杆（画大圆用）和钢针（当分规用）。圆规的构造较多，常用的有大圆规、弹簧规和点圆规等。

在使用前，应先调整针脚，使针尖略长于铅芯，笔脚上的铅芯应削成楔形，以便画出粗细均匀的圆弧，如图 1-36（a）所示。

在画圆时，应先确定圆心位置，并用细点画线画出正交（垂直相交）的中心线，再测量圆弧的半径，然后转动圆规手柄，均匀地沿顺时针方向画圆，如图 1-36（b）所示。

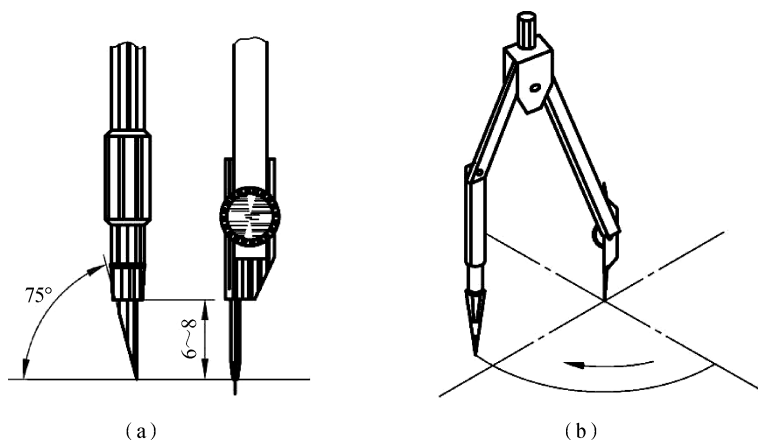


图 1-36 圆规用法

2. 分规

分规用来等分线段和量取尺寸。使用前，应检查分规两脚的针尖并拢后是否对齐。分规使用方法如图 1-37 所示。

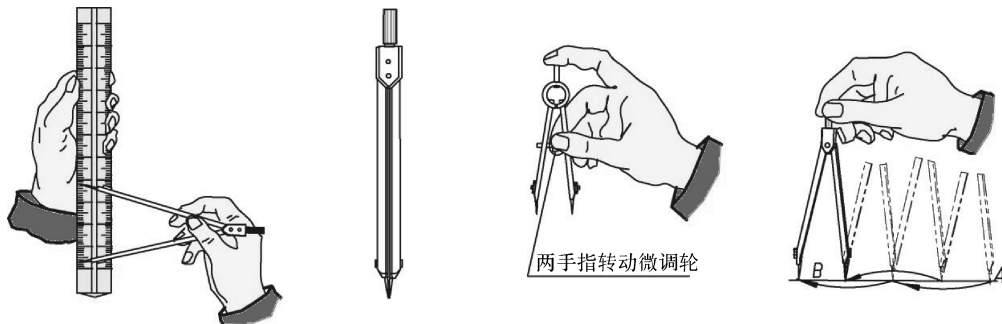


图 1-37 分规用法

1.3.4 其他绘图工具

除了以上介绍的绘图仪器、工具外，手工绘图时还要用到比例尺、曲线板、擦图片、橡皮、小刀等，如图 1-38 所示。



图 1-38 其他工具

任务 1.4 几何作图

任务引入

在学校组织学习机械制图课程标准的一次沙龙活动中，有教师提出几何绘图就是我们教学的直观画图策略，几何绘图要随着时代的进步而更新。许多教师纷纷附和，也有教师提出了自己的不同看法：几何绘图不仅包括画图，还包括演示和操作。笔者不禁思考，无论是直观画图策略还是几何绘图都跟图有着千丝万缕的关系，可画图策略和几何绘图真的是一回事吗？那么，本任务就来揭示其中的奥秘。

本任务要求学生熟练地绘制常见的几何图形。

相关知识

虽然机件的轮廓形状是多种多样的，但它们的图样基本上都是由直线、圆弧和其他

一些曲线所组成的几何图形。熟练掌握和运用几何作图方法，将会提高绘制图样的速度和质量。

本任务重点介绍使用尺规绘图工具绘制图形的作图原理和作图方法。

1.4.1 等分线段

等分线段一般采用试分法，即先凭目测估计出每一等份的长度，然后用分规自线段的一端进行试分，若不能恰好将线段分尽，可按“剩余”或“不足”部分的长度调整分规的张角，再次进行试分，直到分尽为止。

除了试分法外，还可以使用辅助平行线法等分线段。例如，要将已知线段 AB 进行五等分，作图步骤如下。

(1) 过线段 AB 的端点 A 作任意一条不与原线段及其延长线重合的射线 AC 。

(2) 利用直尺或圆规在射线 AC 上从 A 点起，以适当长度截取 5 个等分点。

(3) 用直线连接点 5 与点 B ，然后过其他各等分点作线段 $B5$ 的平行线并与线段 AB 相交，交点即为线段 AB 的等分点，结果如图 1-39 所示。

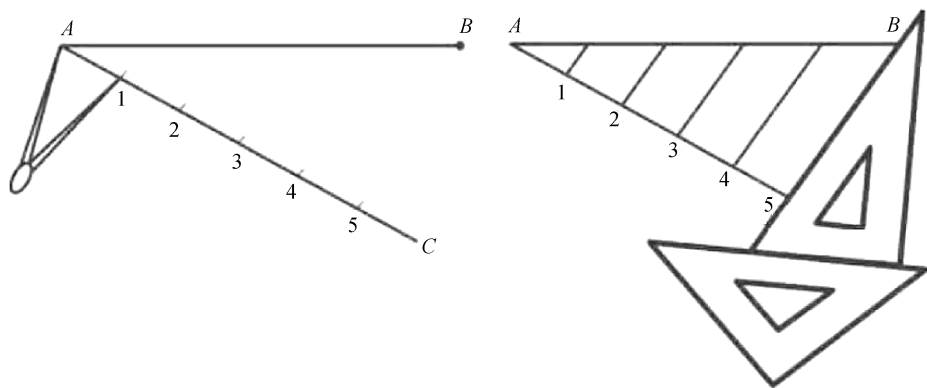


图 1-39 等分线段 AB

1.4.2 正多边形

1. 正三角形、正方形和正六边形

利用三角板配合使用丁字尺，先分别将圆周三、四、六等分，再将各等分点依次连接起来，即可分别得到圆的内接正三角形、正四边形和正六边形，如图 1-40 所示。

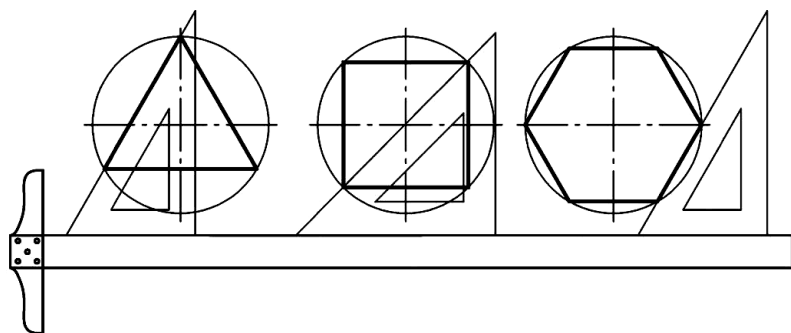


图 1-40 正三角形、正方形和正六边形

2. 正五边形

已知圆的半径，可用圆规将圆周五等分，然后利用直线连接各等分点，即可绘制出圆的内接正五边形。具体作图步骤如下。

(1) 以已知圆 O 的象限点 A 为圆心， OA 为半径画弧，交已知圆 O 于点 B 和 C ，连接 BC 交直线 OA 于点 D ，如图 1-41 (a) 所示。

(2) 以点 D 为圆心， DE 长为半径画弧，与直线 OA 相交于点 F ，如图 1-41 (b) 所示。

(3) 以点 E 为圆心， EF 长为半径画弧，与已知圆 O 交于 2、5 两点，然后再分别以 2、5 两点为圆心， $E2$ 和 $E5$ 长为半径画弧，分别交已知圆 O 于 3、4 两点，依次连接各等分点即可得到正五边形，如图 1-41 (c) 所示。

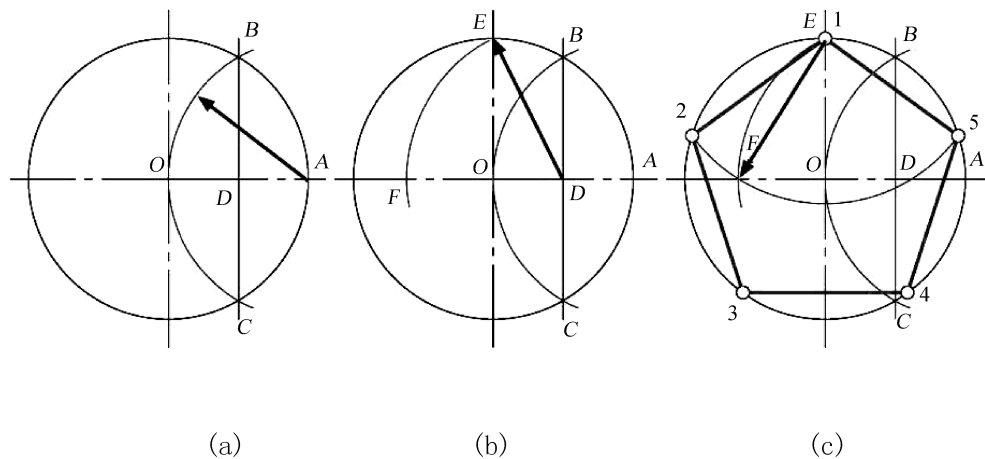


图 1-41 正五边形

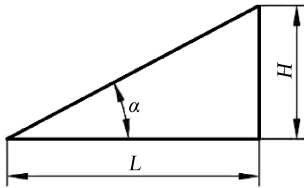
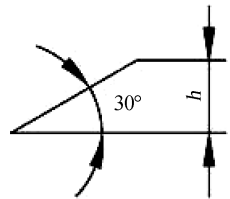
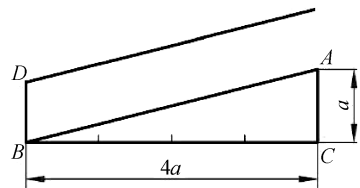
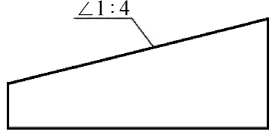
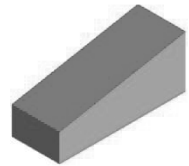
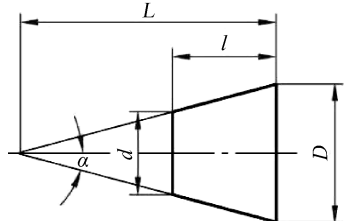
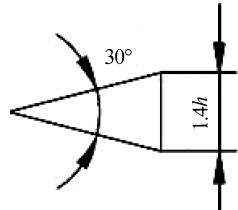
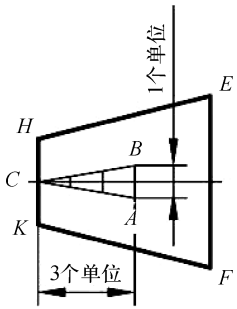
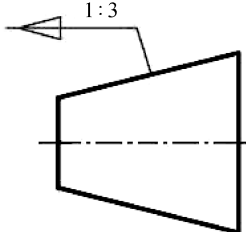
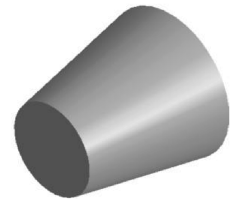
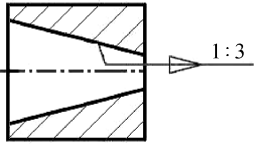
1.4.3 斜度与锥度

斜度是指一直线对另一直线或一平面对另一平面的倾斜程度，在图样中以 $1:n$ 的形式标注。

锥度是指正圆锥的底面圆直径与圆锥高度之比，在图样中以 $1:n$ 的形式标注。

斜度和锥度的画法及标注见表 1-7 所列。

表 1-7 斜度和锥度的画法及标注

类别	定义	作图	标注
斜度	 斜度 $=\tan \alpha$ $=H/L=1:L/H$ $=1:n$  斜度符号线宽为 $h/10$ h 为字体高度	 斜度 1:4 的作图步骤： (1) 作基础线 CB，由 C 在水平线 CB 上取 4 个单位长度得 B； (2) 由 C 作 CB 的垂线 CA，取 CA 为 1 个单位长度； (3) 连接 A 和 B 得斜线 AB； (4) 过 D 作 AB 的平行线，即得斜度为 1:4 的斜线	   斜度符号要与标注的斜度方向一致
锥度	 锥度 $=2\tan \alpha=D/L$ $=(D-d)/l$ $=1:n$  锥度符号线宽为 $h/10$ h 为字体高度	 锥度 1:3 的作图步骤： (1) 作轴线，过点 C 在水平轴线上取 3 个单位长度； (2) 过最末端作 AB 垂直于轴线，并分别向上和向下量取半个单位长度，得 AB； (3) 过 A 和 B 分别与 C 相连，即斜线 AC 和 BC； (4) 过点 H 作 $HE\parallel CB$，过点 K 作 $KF\parallel CA$，即得 1:3 的锥度	   锥度符号要与标注的锥度方向一致

1.4.4 圆弧连接

绘图时，经常要作圆弧与直线或圆弧与圆弧的光滑连接。光滑连接也就是相切连接。为了保证相切，必须准确地作出连接圆弧的圆心和切点。作图方法见表 1-8 所列。

表 1-8 圆弧连接

类别	图例	作图步骤
连接两相交直线		(1) 作两条辅助线分别与两已知直线平行且相距 R； (2) 交点 O 即为连接圆弧的圆心； (3) 由点 O 分别向两已知直线作垂线，垂足 K_1、K_2 即为切点； (4) 以点 O 为圆心，R 为半径，从 K_1 到 K_2 画连接圆弧
连接直线与圆弧		(1) 作直线 AB 的平行线，距离为 R； (2) 以 O_1 为圆心，以 R_1+R 为半径画弧，交点 O 即为圆心； (3) 连接 OO_1，过 O 作直线 AB 的垂线，确定切点 K_1、K_2； (4) 以点 O 为圆心，R 为半径，从 K_1 到 K_2 画连接圆弧
连接两圆弧		(1) 分别以 O_1 为圆心、R_1+R 为半径，O_2 为圆心、R_2+R 为半径画弧，交点 O 即为圆心； (2) 连接 OO_1、OO_2，确定切点 K_1、K_2； (3) 以点 O 为圆心，R 为半径，从 K_1 到 K_2 画连接圆弧
		(1) 分别以 O_1 为圆心、$R-R_1$ 为半径，O_2 为圆心、$R-R_2$ 为半径画弧，交点 O 即为圆心； (2) 连接 OO_1、OO_2，确定切点 K_1、K_2； (3) 以点 O 为圆心，R 为半径，从 K_1 到 K_2 画连接圆弧

1. 连接圆弧圆心的确定方法

- (1) 与直线相切时，半径为 R 的连接圆弧的圆心的轨迹，是与直线距离为 R 的平行线。
- (2) 与圆心为 O_1 、半径为 R_1 的圆弧外切时，半径为 R 的连接圆弧的圆心的轨迹，是以 O_1 为圆心、 $R+R_1$ 为半径的圆弧。
- (3) 与圆心为 O_1 、半径为 R_1 的圆弧内切时，半径为 R 的连接圆弧的圆心的轨迹，是以 O_1 为圆心、 $R-R_1$ 为半径的圆弧。

2. 切点（连接点）的确定方法

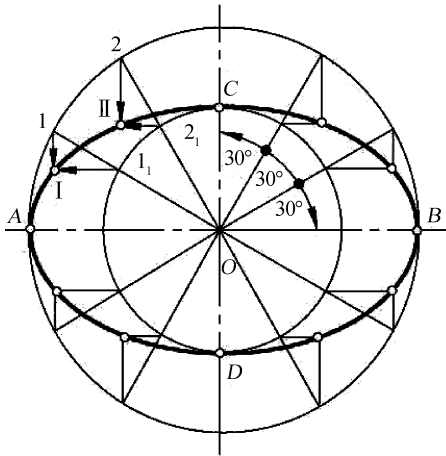
- (1) 与直线相切时，切点就是由连接圆弧的圆心向被连接直线所作垂线的垂足。
 - (2) 与圆弧外切或内切时，切点是连接圆弧和被连接圆弧的圆心连线（或其延长线）与被连接圆弧的交点。
- 作出了圆心和切点后，就可画出这段连接圆弧，与已知的相邻线段光滑连接。绘图时，还常会遇到作已知圆弧的切线，这时，要准确地找出直线与圆弧的切点。

1.4.5 绘制椭圆

绘图时，除了直线和圆弧外，还会遇到一些非圆曲线，比如椭圆。椭圆有两条互相垂直对称的轴，即长轴和短轴。椭圆的画法一般有两种，即“四心圆法”和“同心圆法”。通常采用“四心圆法”近似地绘制椭圆。作图方法见表 1-9 所列。

表 1-9 椭圆的画法

类别	图例	作图步骤
四心圆法		已知长轴 AB 和短轴 CD 作椭圆的步骤： (1) 用直线连接长和短轴的端点，得线段 AC ； (2) 以 O 为圆心， OA 为半径画弧，与短轴相交于 E 点，以 C 为圆心， CE 为半径画弧，交 AC 于 F ，点； (3) 作 AF 的中垂线，与两轴分别交于点 O_1 、 O_2 ，接着分别作 O_1 、 O_2 两点在长轴和短轴上的对称点 O_3 、 O_4 ； (4) 分别以 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 为圆心，以 O_1A 、 O_2C 、 O_3B 、 O_4D 为半径画弧，即得近似椭圆，切点为 K 、 H 、 N 、 M

类别	图例	作图步骤
同心圆法		已知长轴 AB 和短轴 CD 作椭圆的步骤： (1) 以 O 为圆心，以长半轴 OA 和短半轴 OC 为半径分别画同心圆； (2) 过圆心 O 作一系列中心角相同的直径与两圆分别相交； (3) 在同一直径上过大圆交点作长轴 AB 的垂线，过小圆交点作短轴 CD 的垂线，得到的交点就是椭圆上的点； (4) 用曲线板将这些交点依次光滑地连接起来，即得所求椭圆

任务 1.5 绘制平面图形

任务引入

在绘制平面图形时，图形中有些线段可以根据所给定的尺寸直接画出，而有些线段则需利用线段连接关系，找出潜在的补充条件才能画出。要处理好这方面的问题，就必须首先对平面图形中各尺寸的作用、各线段的性质，以及它们间的相互关系进行分析，在此基础上才能确定正确的画图步骤及正确、完整地标注尺寸。本任务以“手柄”轮廓图为例，介绍平面图形的分析与画法。

本任务要求学生熟练地绘制常见的平面图形。

相关知识

一个平面图形通常由一个或多个封闭图形组成，而每一个封闭图形一般又由若干线段（直线、圆弧）组成。要正确绘制平面图形，必须先对其尺寸和线段进行分析，从而准确确定各线段的相对位置和关系。

1.5.1 平面图形的尺寸分析

平面图形上的尺寸按其所起作用可分为定形尺寸和定位尺寸。定位尺寸需确定尺寸基准，就是标注尺寸的起点。

1. 尺寸基准

确定尺寸位置的几何元素称为确定尺寸基准。平面图形中常用对称中心线、圆或圆弧的圆心线、重要的轮廓线以及图形的主要边线作尺寸基准。平面图形是二维图形，故需要两个方向的尺寸基准，如图 1-42 所示的手柄中，上下方向是以对称中心线、左右方向是以左端面为基准的。

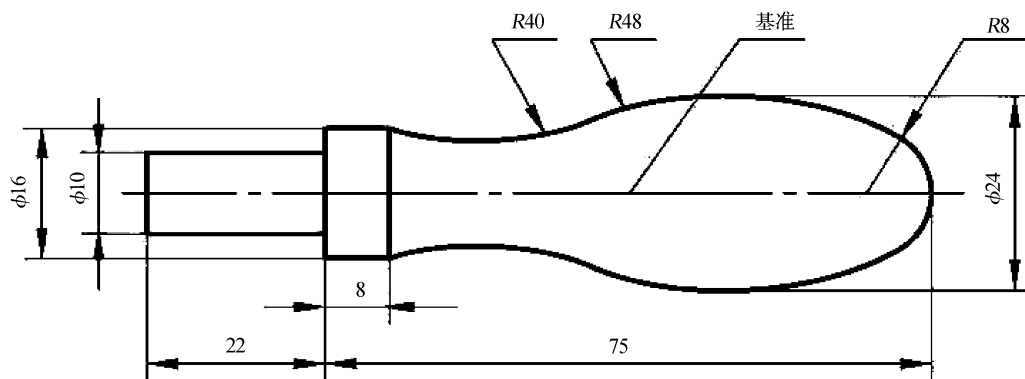


图 1-42 平面图形的尺寸和线段分析

2. 定形尺寸

定形尺寸是指确定平面图形上几何元素形状大小的尺寸。一般情况下，确定几何图形所需定形尺寸的个数是一定的，如直线的定形尺寸是长度、圆的定形尺寸是直径、圆弧的定形尺寸是半径、正多边形的定形尺寸是边长、矩形的定形尺寸是长和宽两个尺寸等。如图 1-42 中， $\phi 16$ 、 $\phi 10$ 、 $R40$ 、 $R48$ 、 $R8$ 、22、8 等都是定形尺寸。

3. 定位尺寸

定位尺寸是用于确定线段在平面图形中所处位置的尺寸。如图 1-42 所示，尺寸 75 间接地确定了 $R8$ 的圆心位置， $\phi 24$ 确定了 $R48$ 圆心的一个坐标值。

定位尺寸通常以图形的对称中心线、回转体的轴线或某一轮廓线（较大的底面、端面、侧面等的投影）作为标注尺寸的起点，这个起点称为尺寸基准。

1.5.2 平面图形的线段分析

平面图形中的线段（直线或圆弧），其定形尺寸均为给定的，即为已知的。通常根据其定位尺寸完整与否，可将平面图形中的线段分为三类：已知线段，中间线段和连接线

段。两个定位尺寸齐全的线段称为已知线段，只有一个定位尺寸的线段称为中间线段、两个定位尺寸都没有的线段称为连接线段。因为直线连接的作图比较简单，所以这里只讲圆弧连接的作图问题。

(1) 已知圆弧：具有两个定位尺寸的圆弧，图 1-42 的 $R8$ 。

(2) 中间圆弧：具有一个定位尺寸的圆弧，图 1-42 的 $R48$ 。

(3) 连接圆弧：没有定位尺寸的圆弧，图 1-42 的 $R40$ 。

在作图时，由于已知圆弧有两个定位尺寸，故可直接根据给定尺寸画出。而中间圆弧虽然缺少一个定位尺寸，但它总是和一个已知线段相连接，因此，需利用连接圆弧与一端相邻已画出已知线段的连接关系（相切的条件），并应用圆弧连接的作图方法方可画出。连接圆弧缺少两个定位尺寸，唯有借助中间圆弧（相切条件）和相邻已经画出线段的位置关系（连接圆弧通过线段的端点），并应用圆弧连接的作图方法才能画出来。

综上所述，画平面图形时，应在尺寸分析的基础上，确定其图线的画线顺序：先画已知线段（圆弧），再画中间线段（圆弧），最后画连接线段（圆弧）。

注意：在一个平面图形中，两条已知线段之间可有多条中间线段，但只能有一条连接线段。

1.5.3 平面图形的绘图步骤

根据以上分析可知，以如图 1-42 所示的手柄为例，画平面图形的步骤如下。

1. 准备工作

- 分析图形的尺寸及其线段连接方式；
- 确定比例，选用图幅，固定图纸；
- 拟定具体的作图顺序。

2. 绘制底稿

画底稿的步骤如图 1-43 至图 1-50 所示。画底稿时，应注意以下几点。

- 画底稿用 2H 或 3H 铅笔，铅芯应经常修磨以保持尖锐；
- 底稿上，各种线型均暂不分粗细，均要画得很轻很细；
- 作图一定要准确；
- 画错的地方，在不影响画图的情况下，可以暂时不擦。

3. 描深底稿

(1) 先细后粗

一般应先描深全部虚线、点画线及细实线等，再描深全部粗实线。这样既可保证图面干净、提高绘图效率，又可保证同一线型在一幅图中粗细一致，不同线型之间的粗细也符合比例关系。

(2) 先曲后直

在描深同一种线型（特别是粗实线）时，应先描深圆弧和圆，然后描深直线，以保证连接处圆光滑且有利于控制圆线和直线的黑亮程度一致。

(3) 先水平后垂斜

先用丁字尺自上而下画出全部相同线型的水平线，再用三角板自左向右画出全部相同线型的垂直线，最后画出倾斜的直线。

(4) 标注尺寸

标注定形尺寸和定位尺寸。

(5) 全面检查、校对图纸、清洁图面、填写标题栏。

4. 描深底稿的注意事项

(1) 在用铅笔描深以前，必须全面检查底稿，清洁图面，修正错误，把画错的线条及作图辅助线用软橡皮轻轻擦净。

(2) 用 H、HB、B、2B 铅笔描深各种图线，用力要均匀一致，以免线条浓淡不均。

(3) 为避免弄脏图面，要保持双手和三角板及丁字尺的清洁。描深过程中应经常用毛刷将图纸上的铅芯浮末扫净，并应尽量减少三角板在已描深的图线上反复推摩。

(4) 描深后的图线很难擦净，故要尽量避免画错。需要擦掉时，可用软橡皮顺着图线的方向擦拭。

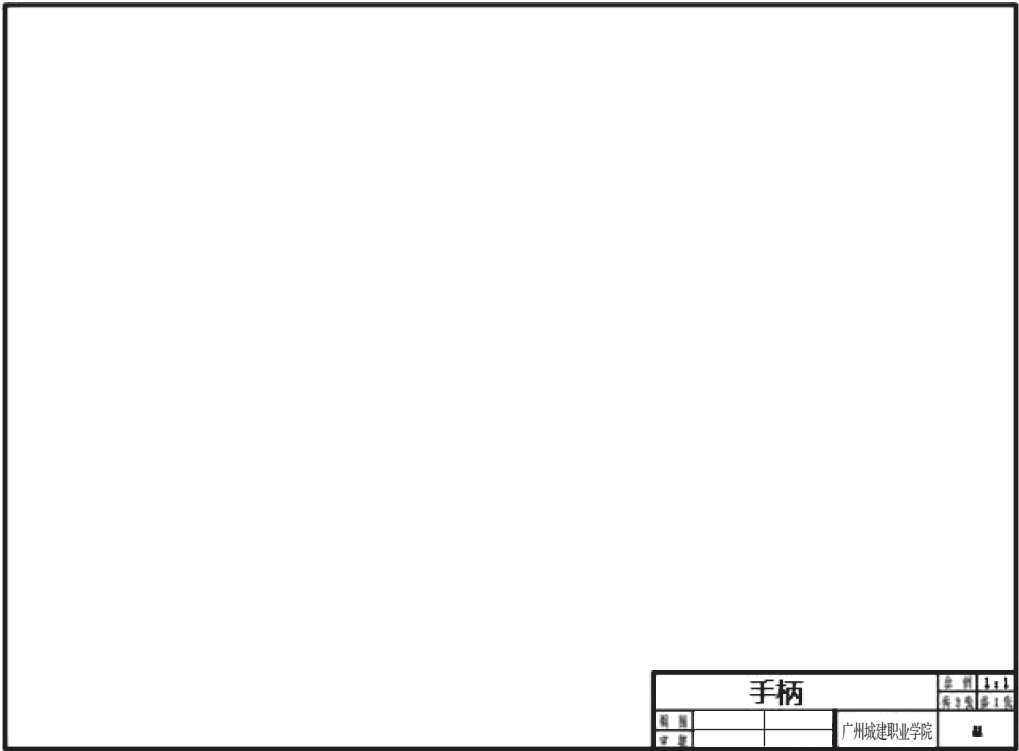


图 1-43 绘制图框和标题栏

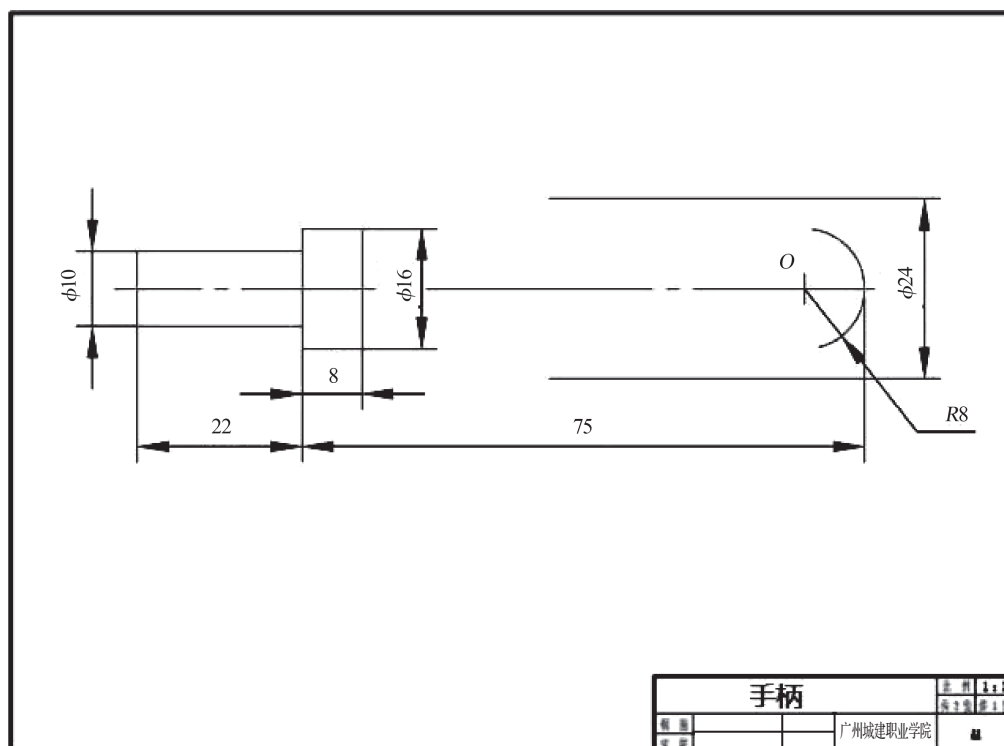


图 1-44 绘制已知线段和圆弧

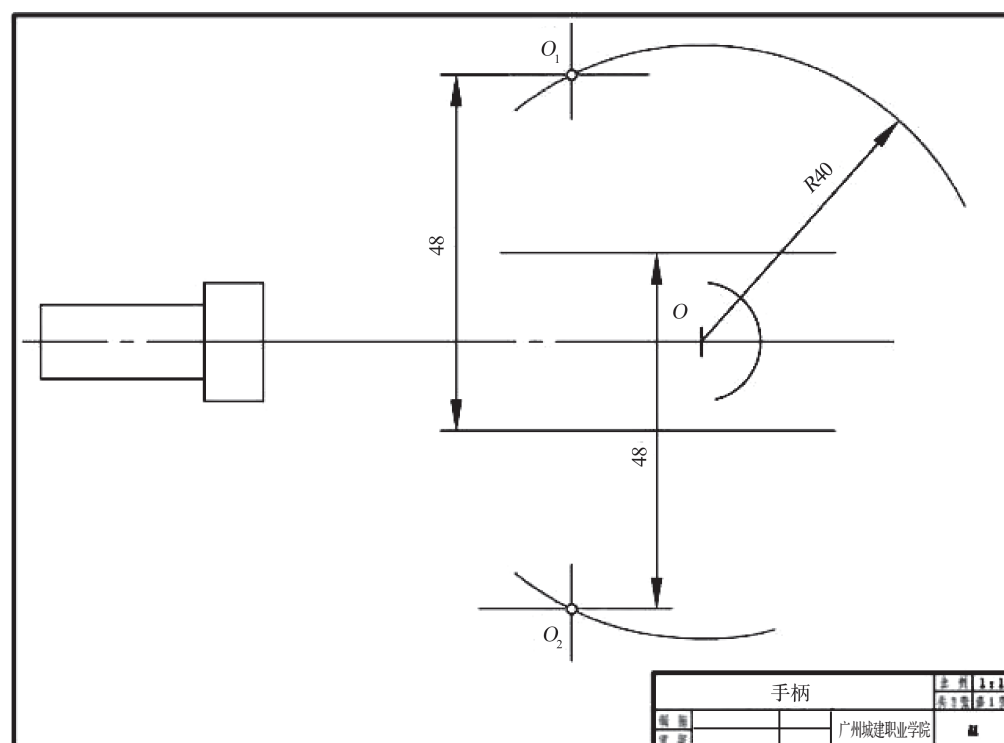


图 1-45 绘制中间圆弧的圆心

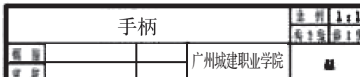


图 1-46 绘制中间圆弧

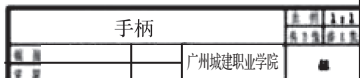


图 1-47 绘制连接圆弧的圆心

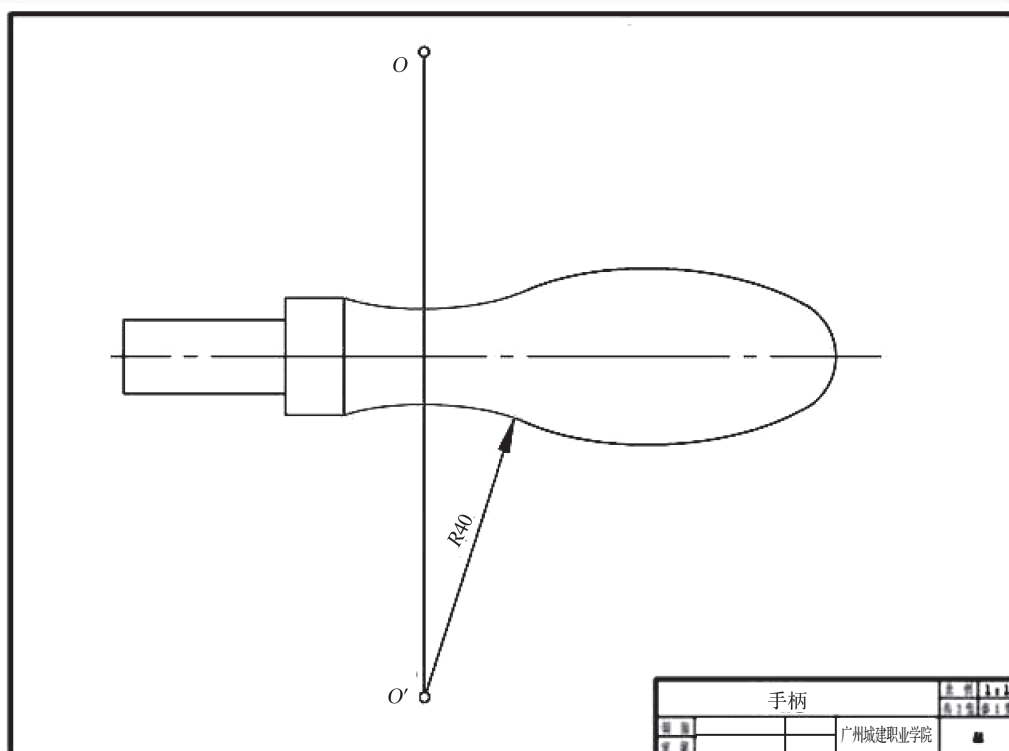


图 1-48 绘制连接圆弧

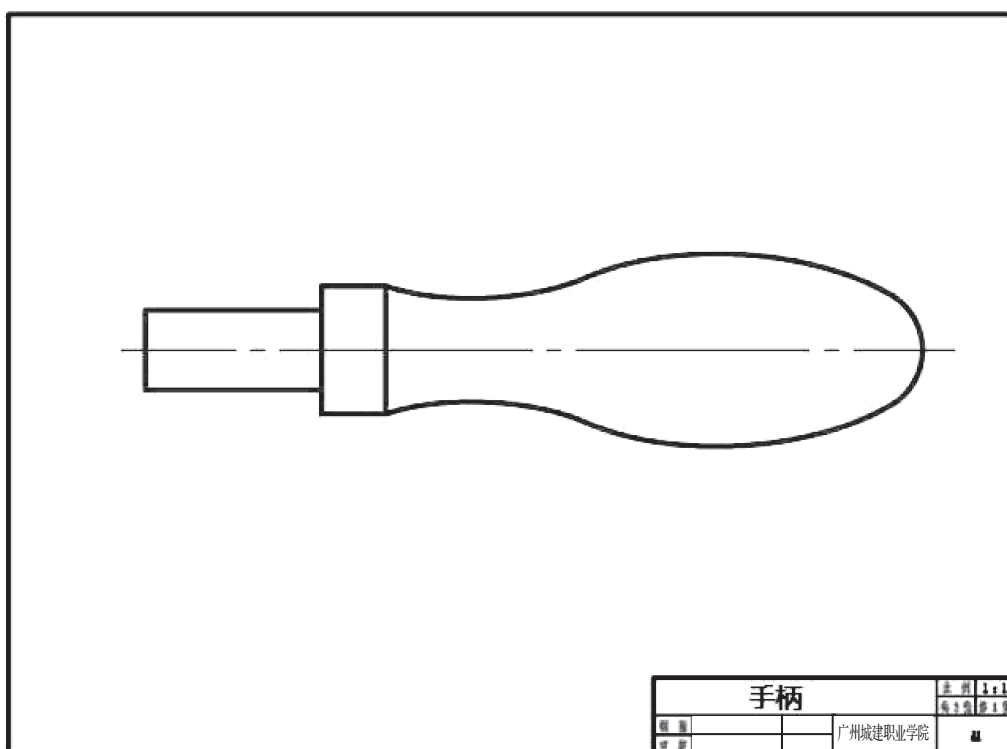


图 1-49 检查图形，描深加粗

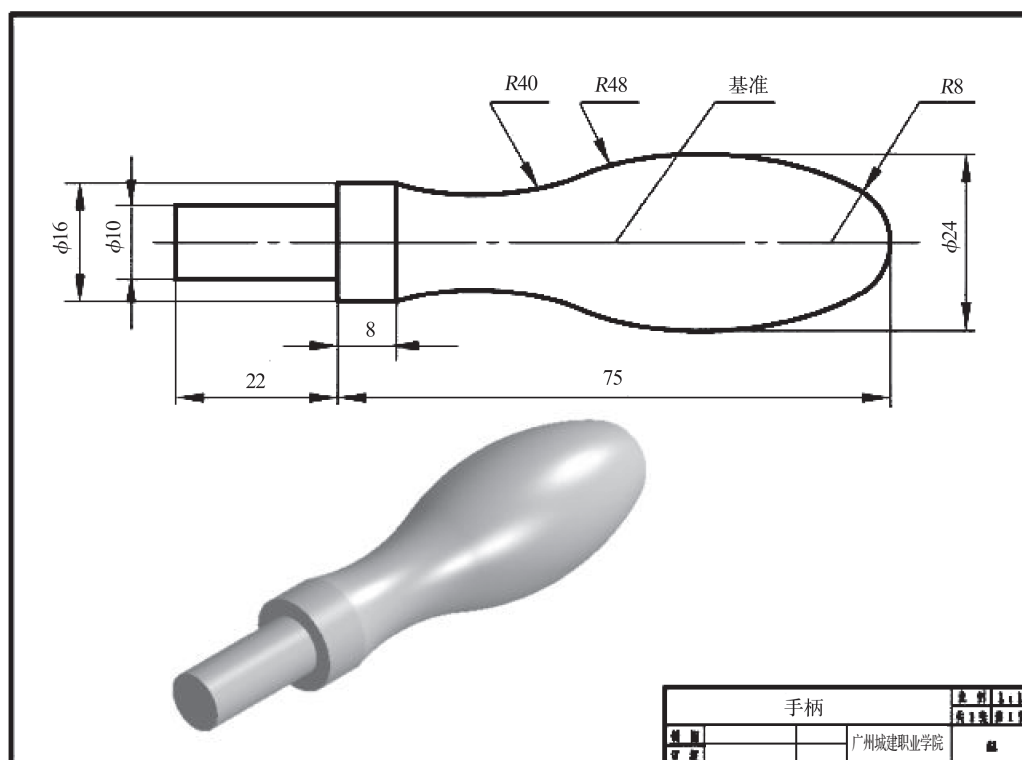


图 1-50 标注尺寸，打印出图

1.5.4 平面图形的尺寸注法

平面图形中标注的尺寸，必须能唯一地确定图形的形状和大小。

1. 尺寸标注的基本要求

- (1) 尺寸标注要符合《机械制图 尺寸注法》(GB/T 4458.4—2003) 和《技术制图 简化表示法 第 2 部分：尺寸注法》(GB/T 16675.2—2012) 的规定。
- (2) 尺寸标注要完整，不遗漏、不重复。
- (3) 尺寸标注要清晰，便于阅读。

2. 标注尺寸的方法和步骤

- (1) 分析平面图形的形状，确定长度方向和高度方向的尺寸基准。一般选用图形中的主要中心线和轮廓线作为尺寸基准。
- (2) 分析并确定图形的线段性质，找出已知线段、中间线段和连接线段。
- (3) 标注出确定各部分形状大小的定形尺寸。
- (4) 标注出各部分所需的定位尺寸。

1.5.5 徒手画平面图形

徒手草图是一种不用绘图仪器和工具而按目测比例徒手画出的图样。当绘制设计草图以及在现场测绘时,都采用徒手画图。徒手草图应做到图形正确、线型清晰、比例匀称、字体工整及图面整洁等。一般选用 HB 或 B、2B 的铅笔徒手画图,也常在印有浅色方格的纸上徒手画图。

1. 目测的方法

画中、小物体时,可用铅笔当尺直接放在实物上测各部分的大小,然后按测量的大体尺寸画出草图,如图 1-51 所示。也可用此方法估计出各部分的相对比例,画出缩小的草图。

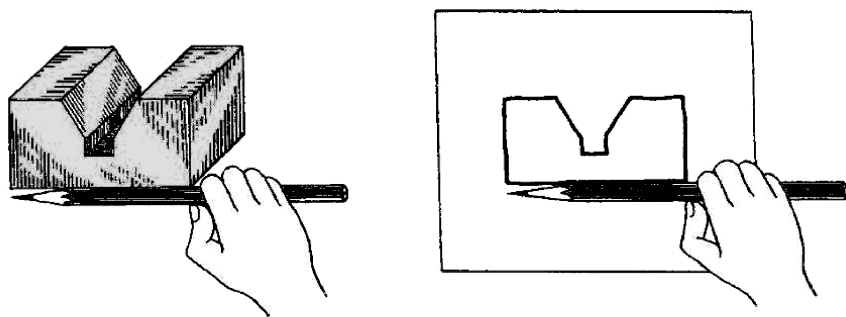


图 1-51 中、小物体目测方法

画较大的物体时,用手握一铅笔进行目测度量。目测时,人的位置保持不动。人和物体的距离大小,应根据所需图形的大小来确定。在绘制及确定各部分的相对比例时,建议先画大体轮廓,如图 1-52 所示。

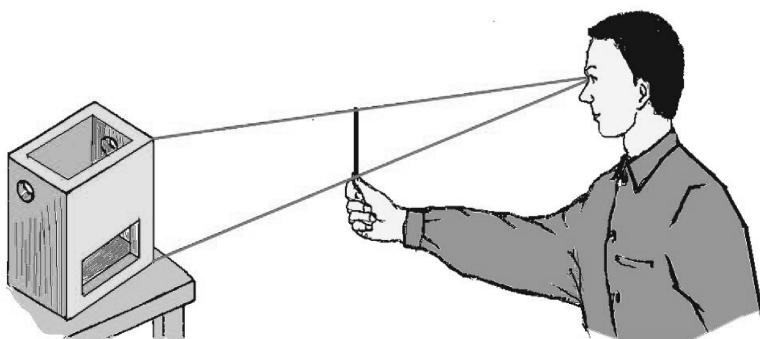


图 1-52 较大物体目测方法

2. 直线的徒手画法

画直线时,眼睛看着图线的终点,手的姿势可参阅图 1-53 所示。

由左向右画水平线,由上向下画铅垂线。当直线较长时,也可用目测的方法在直线中间定出几个点,然后分几段画出。画短线时常用手腕运笔,画长线时则以手臂动作。

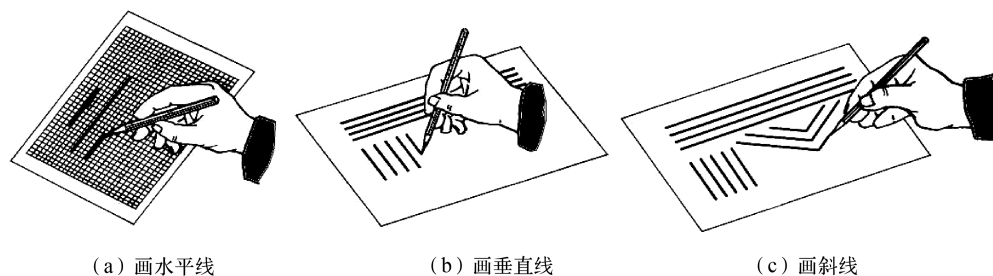
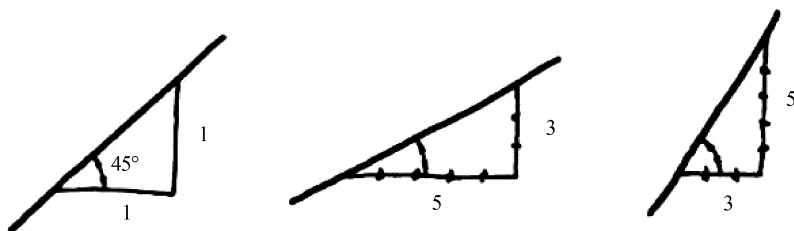


图 1-53 徒手画直线的姿势

3. 特殊角度线的徒手画法

画 45° 、 30° 、 60° 等常见角度的斜线，如图 1-54 所示。

可根据直角边的比例关系，在两直角边上定出几点，然后连接这些点画出直线。

图 1-54 45° 、 30° 、 60° 斜线的徒手画法

4. 圆的徒手画法

徒手画圆时，应先确定圆的位置并画出两条互相垂直的中心线，然后在中心线上根据半径大小目测半径并标记出四个点，最后过这四个点依次画圆，如图 1-55 (a) 所示。当圆的半径较大时，则可过圆心在 45° 方向上加画两条斜线，同样在这两条斜线上按照半径大小目测半径并标记出四个点，然后过这八个点依次连接绘制大圆，如图 1-55 (b) 所示。

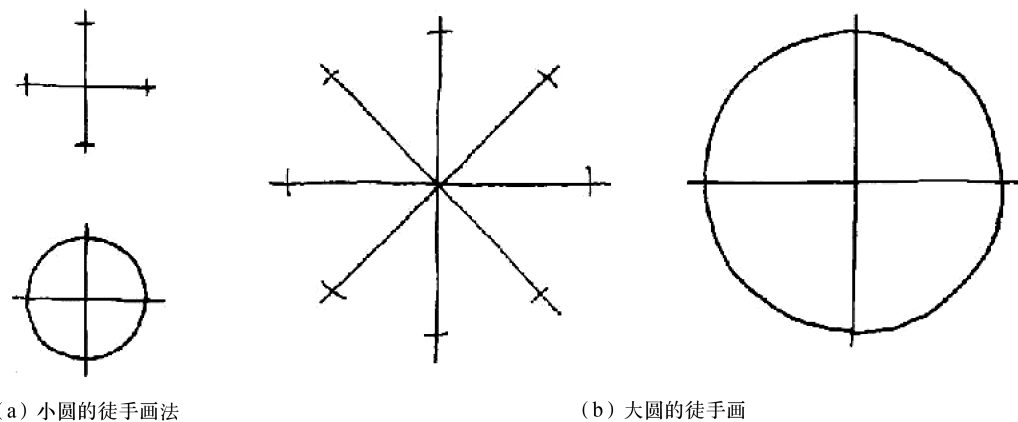


图 1-55 圆的徒手画法

5. 圆角的徒手画法

画圆角时，先用目测的方法在分角线上选取圆心位置，过圆心向两边引垂直线定出

圆弧的起点和终点，并在分角线上也画出一圆周点，然后徒手作圆弧把这三点连接起来，如图 1-56 所示。

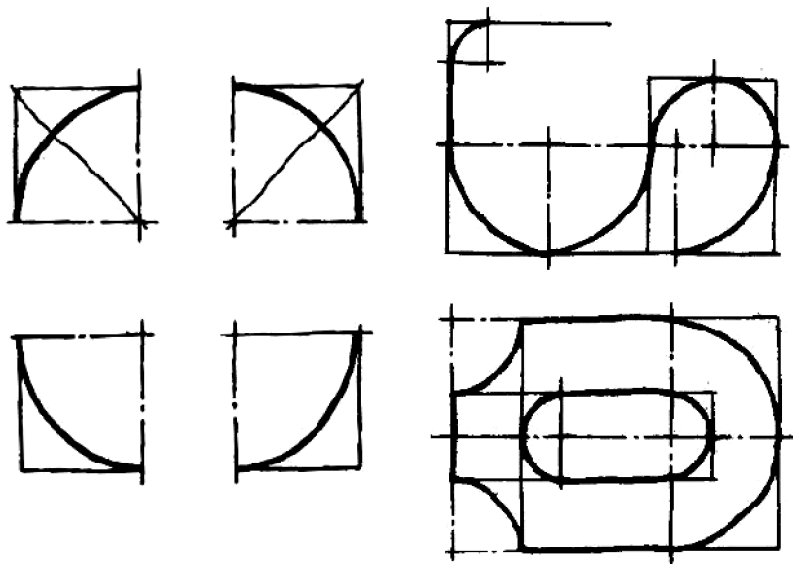


图 1-56 圆角的徒手画法

6. 椭圆的徒手画法

画椭圆时，应先画出椭圆的两条相互垂直的长轴和短轴，在两条轴线上分别截取椭圆的四个端点，过这四个端点画椭圆的外切矩形，并将矩形的对角线六等分，依次过长、短轴的端点和对角线上靠外侧的等分点画椭圆，结果如图 1-57 所示。

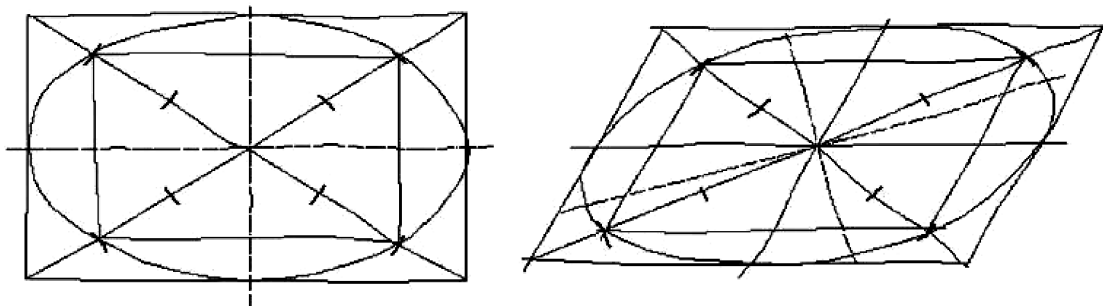


图 1-57 椭圆的徒手画法