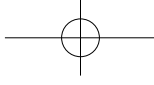


机械制图

(第四版)

洪友伦 段利君 主 编
付 饶 唐丽君 张 黎 陈晓雲 副主编

清华大学出版社
北 京



内 容 简 介

本书根据教育部制定的高职高专工程制图课程教学基本要求,并依据最新的技术制图和机械制图国家标准编写而成。

全书共分12章,内容包括:制图的基本知识与技能,点、直线和平面的投影,基本体,轴测图,组合体,机件的表达方法,常用机件的规定画法与标记,零件图,装配图,表面展开图,焊接图和房屋建筑图。

本书既可作为高等院校机械类和近机类各专业的制图课程教材,也可供工程技术人员参考使用。

与本书配套的《机械制图习题集(第四版)》同时出版,读者可以通过访问<http://www.tupwk.com.cn/downpage>网站下载电子教案和课件,也可通过扫前言中的二维码下载。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械制图 / 洪友伦, 段利君 主编. —4 版. —北京: 清华大学出版社, 2020.7
ISBN 978-7-302-56013-5

I . 机… II . ①洪… ②段… III . ①机械制图—高等职业教育—教材 IV . ① TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 121740 号

责任编辑: 胡辰浩

装帧设计: 孔祥峰

责任校对: 马遥遥

责任印制: 沈 露

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦A座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

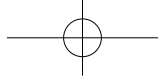
质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 三河市铭诚印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm	印 张: 20	字 数: 438千字
版 次: 2010年10月第1版	2020年7月第4版	印 次: 2020年7月第1次印刷
印 数: 1~2000		
定 价: 68.00元		

产品编号: 088619-01



前言

本书本着“基础理论以够用为度，着重职业技术技能训练”原则编写而成，在编写过程中，力求贯彻“少而精”“理论与实践相结合”的指导思想，使用现代绘图技术绘制精美二维、三维图形，使读者在接受制图知识教育的同时得到美的享受。

书中内容集编者几十年的教学经验与当前我国工程制图课程教学改革的实践于一体，并采用了最新公布的机械制图和技术制图国家标准。2019年，以本书为主讲教材的“识图与制图”在线开放课程在中国大学慕课网上开课。

本书具有以下特点。

(1) 为突出画图、读图等实践能力的培养，书中融入较多的立体图形，通过空间与平面的相互比较，使读者掌握其中内在的关系和规律，顺利实现空间与平面的转换，降低学习的难度。

(2) 本书按照循序渐进的教学规律设置教学内容，培养读者的空间想象力，从投影方法和投影体系开始，到基本几何元素点、直线、平面以及基本体的投影。

(3) 为使读者在学习感受到工程技术中的美，书中的所有插图，均采用计算机软件绘制并加以润饰。这些图形亦可作为读者学习计算机绘图的示例。

(4) 本书是在使用十一年后的第四次改版。在改版过程中，保留了前三版的特色，总结经验、精炼文字，并对前版的遗漏做了增补。

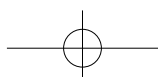
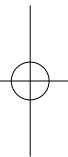
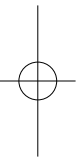
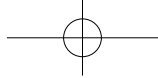
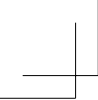
(5) 本书是数字化教材，读者使用手机扫书中的二维码即可观看相应慕课视频或三维动画视频。

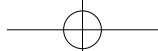
本书由洪友伦、段利君任主编，付饶、唐丽君、张黎、陈晓雲任副主编，刘英蝶参编。本书对应的电子教案和课件可以到<http://www.tupwk.com.cn/downpage>网站下载，也可以通过扫下方的二维码下载。本教材配套的电子教案、课件、视频、动画等数字资源均为作者原创，用户下载后可用于学习或教学交流，但不能用于商业行为，否则将追究侵权者的相应法律责任。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。我们的电话是010-62796045，邮箱是huchenhao@263.net。



编者
2020年4月





目 录

第 1 章 制图的基本知识与技能 1

1.1 制图的基本规格 1

1.1.1 图纸幅面和格式
(GB/T 14689—2008) 1

1.1.2 字体 (GB/T 14691—1993) 4

1.1.3 比例 (GB/T 14690—1993) 6

1.1.4 图线 (GB/T 4457.4—2002) 8

1.1.5 尺寸注法尺寸
(GB/T 4458.4—2003) 9

1.2 几何作图 13

1.2.1 等分线段 13

1.2.2 等分圆周及作正多边形 14

1.2.3 斜度和锥度 15

1.2.4 圆弧连接 17

1.2.5 椭圆画法 21

1.2.6 圆的切线 22

1.3 平面图形的尺寸分析及画法 23

1.3.1 平面图形的尺寸分析 23

1.3.2 平面图形的线段分析 24

1.3.3 平面图形的作图步骤 24

1.3.4 绘制工程图样的步骤与方法 24

第 2 章 点、直线、平面的投影 26

2.1 投影法及三视图 26

2.1.1 投影法的分类 26

2.1.2 正投影的特性 28

2.1.3 三视图的形成 29

2.2 点的投影 32

2.3 直线的投影 36

2.3.1 直线投影概述 36

2.3.2 各种位置直线的投影 36

2.3.3 点与直线 39

2.3.4 两直线的相对位置 40

2.4 平面的投影 41

2.4.1 平面的表示法 41

2.4.2 各种位置平面的投影 43

2.4.3 平面内的点和直线 45

第 3 章 基本体 48

3.1 基本体的投影 48

3.1.1 平面立体 48

3.1.2 曲面立体 50

3.2 截断体 53

3.2.1 平面立体的截交线 53

3.2.2 曲面立体的截交线 55

3.3 相贯体 63

3.3.1 表面取点法 64

3.3.2 辅助平面法 65

3.3.3 相贯线的特殊情况 67

第 4 章 轴测图 70

4.1 轴测图的基本知识

(GB/T 14692—2008) 70

4.1.1 轴测图的形成 70

4.1.2 轴测图的基本概念 71

4.1.3 轴测图的种类 72

4.1.4 轴测图的性质 72

4.2 正等测轴测图 72

4.2.1 轴间角和轴向伸缩系数 72

4.2.2 平面立体的正等测画法 73

4.2.3 曲面立体的正等测画法 74

4.3 斜二测轴测图 78

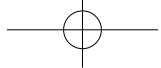
4.3.1 轴间角和轴向伸缩系数 78

4.3.2 斜二测图的画法 78

第 5 章 组合体 81

5.1 组合体的形体分析 81

5.1.1 组合体的组合方式 81



机械制图(第四版)

5.1.2	组合体的表面连接关系	82
5.1.3	形体分析法	84
5.2	组合体视图的画法	84
5.2.1	形体分析	84
5.2.2	选择主视图	85
5.2.3	确定绘图比例和图幅	85
5.2.4	绘制底图	85
5.2.5	检查、描深	87
5.3	组合体视图的尺寸标注	87
5.3.1	基本体的尺寸标注	87
5.3.2	截断体和相贯体的尺寸标注	87
5.3.3	组合体的尺寸标注	89
5.4	读组合体的视图	91
5.4.1	读图的基本知识	92
5.4.2	读图的基本方法	93

第6章 机件的表达方法 98

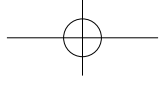
6.1	视图	98
6.1.1	基本视图	98
6.1.2	向视图	100
6.1.3	局部视图	100
6.1.4	斜视图	101
6.2	剖视图	103
6.2.1	剖视图的概念	103
6.2.2	剖视图的种类	106
6.2.3	剖切面	109
6.2.4	剖视图的规定画法和简化画法	114
6.3	断面图	115
6.3.1	断面图的概念	115
6.3.2	断面图的种类及画法	116
6.4	其他表达方法	119
6.4.1	局部放大图	119
6.4.2	简化画法	120
6.5	综合应用举例	122
6.6	第三角画法简介	125

第7章 常用机件的规定画法与标记 127

7.1	螺纹与螺纹紧固件	127
7.1.1	螺纹	127
7.1.2	螺纹紧固件	136
7.2	齿轮	141
7.2.1	圆柱齿轮	142
7.2.2	直齿锥齿轮	146
7.2.3	蜗杆与蜗轮	150
7.3	键与销	155
7.3.1	键	155
7.3.2	销	159
7.4	滚动轴承	160
7.4.1	滚动轴承的结构与分类	160
7.4.2	滚动轴承的画法	161
7.4.3	滚动轴承的代号	162
7.5	弹簧	164
7.5.1	圆柱螺旋压缩弹簧	
	各部分的名称及尺寸计算	164
7.5.2	圆柱螺旋压缩弹簧的	
	规定画法	165

第8章 零件图 168

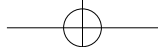
8.1	零件图概述	168
8.1.1	零件图的作用	169
8.1.2	零件图的内容	169
8.2	零件图的视图选择	170
8.2.1	主视图的选择	170
8.2.2	其他视图的选择	171
8.3	零件图的尺寸标注	171
8.3.1	尺寸基准的分类	172
8.3.2	标注尺寸的基本原则	172
8.3.3	零件上常见孔的尺寸注法	175
8.4	零件图的技术要求	176
8.4.1	技术要求的内容	176
8.4.2	表面结构要求	
	(GB/T 131—2006)	177
8.4.3	表面处理及热处理	185



目 录

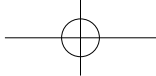


8.4.4 极限与配合 (GB/T 1800.1—2009)	185	9.6.1 部件测绘	226
8.4.5 几何公差 (GB/T 1182—2008)	192	9.6.2 装配图的画法	228
8.5 零件上常见的工艺结构	196	9.7 读装配图和由装配图 拆画零件图	231
8.5.1 铸造工艺结构	196	9.7.1 读装配图的方法与步骤	231
8.5.2 机械加工工艺结构	198	9.7.2 由装配图拆画零件图	235
8.6 典型零件图例分析	200	第 10 章 表面展开图	239
8.6.1 轴套类零件	200	10.1 表面展开图的基本知识	239
8.6.2 轮盘类零件	202	10.2 求一般位置直线的实长	241
8.6.3 叉架类零件	204	10.2.1 直角三角形法	241
8.6.4 箱体类零件	206	10.2.2 旋转法	242
8.7 零件测绘	208	10.3 平面体制件的表面展开	243
8.7.1 零件测绘的方法和步骤	208	10.4 圆柱管制件的表面展开	244
8.7.2 零件尺寸的测量	210	10.5 圆锥管制件的表面展开	245
8.8 读零件图	211	10.6 异形管接头的表面展开	249
8.8.1 阅读零件图的目的	211	10.7 绘制展开图应注意的事项	250
8.8.2 读图的方法与步骤	212	10.7.1 接缝位置的确定	250
第 9 章 装配图	214	10.7.2 板材厚度对制件加工的 影响	250
9.1 装配图概述	214	10.7.3 咬口形式及余量	251
9.1.1 装配图的作用	216	第 11 章 焊接图	252
9.1.2 装配图的内容	216	11.1 焊缝的表达方法	252
9.2 装配图的表达方法	216	11.1.1 焊缝的规定画法 (GB/T 324—2008)	252
9.2.1 规定画法	216	11.1.2 焊缝符号及焊缝尺寸	253
9.2.2 特殊画法	217	11.1.3 焊缝的标注方法	258
9.3 装配图中的尺寸和技术要求	219	11.2 焊接图示例	260
9.3.1 装配图中的尺寸	219	11.2.1 常见焊缝的标注示例	260
9.3.2 装配图中的技术要求	219	11.2.2 焊接件图示例	261
9.4 装配图的零、部件序号 及明细栏	220	第 12 章 房屋建筑图	263
9.4.1 零、部件序号	220	12.1 概述	263
9.4.2 零件明细栏(表)	221	12.1.1 房屋的组成	263
9.5 常见的装配结构	222	12.1.2 房屋建筑图的分类	265
9.5.1 装配工艺结构	222	12.2 房屋建筑图的有关规定	265
9.5.2 常见装置	224		
9.6 部件测绘和装配图画法	226		



机械制图(第四版)

12.2.1	建筑制图的基本标准	265	12.6	建筑剖面图	280
12.2.2	建筑制图的有关规定	266	12.6.1	剖面图的基本要求 及表达方法	281
12.3	首页图和总平面图	271	12.6.2	剖面图的阅读	281
12.3.1	首页图	271	12.7	建筑详图	282
12.3.2	总平面图	271	12.7.1	概述	282
12.4	建筑平面图	274	12.7.2	详图的阅读方法	283
12.4.1	平面图的基本要求 及表达方法	274	参考文献	287	
12.4.2	平面图的阅读	276	附录	288	
12.5	建筑立面图	278			
12.5.1	立面图的基本要求 及表达方法	278			
12.5.2	立面图的阅读方法	280			



第1章

制图的基本知识与技能



学习目标

本章将重点介绍有关技术制图的国家标准，以及几何作图方法、绘制平面图形的步骤和方法。



学习要求

了解：技术制图的国家标准。

掌握：几何作图的方法和绘制平面图形的步骤与方法。

1.1 制图的基本规格



为了规范各项技术工作，我国颁布了一系列的国家标准，制图方面也是如此。国家标准是绘制图样的依据和准则。国家标准简称“国标”，代号为GB，推荐性标准代号加/T，例如GB/T 14689—2008中T为推荐性标准，14689是标准的序号，2008为标准颁布的年号。

1.1.1 图纸幅面和格式 (GB/T 14689—2008)

1. 图纸幅面

绘制图样时推荐选用表1-1所规定的基本幅面。

幅面尺寸中， B 表示短边， L 表示长边，各种幅面的长边是短边的 $\sqrt{2}$ 倍。标准规定A0幅面的面积为 1m^2 ，相邻幅面的面积均相差一倍，即A1幅面的面积为A0的一半，以此类推，如图1-1所示。

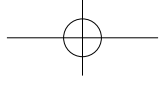


表1-1 基本幅面的代号及尺寸(第一选择)

(单位: mm)

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

当基本幅面不能满足绘图要求时,允许选用表1-2和表1-3中规定的加长幅面,加长的图纸幅面效果如图1-2所示。

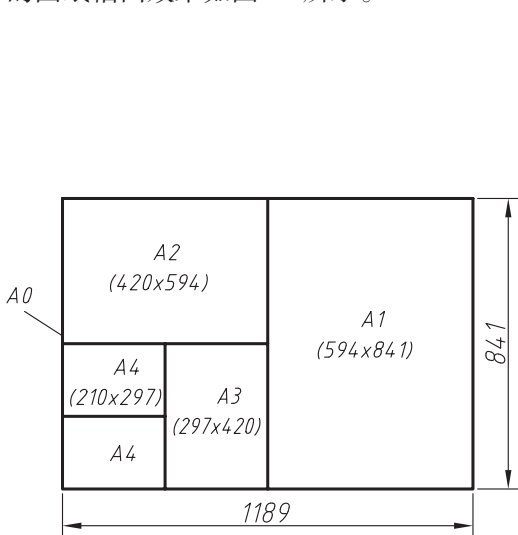


图 1-1 基本幅面

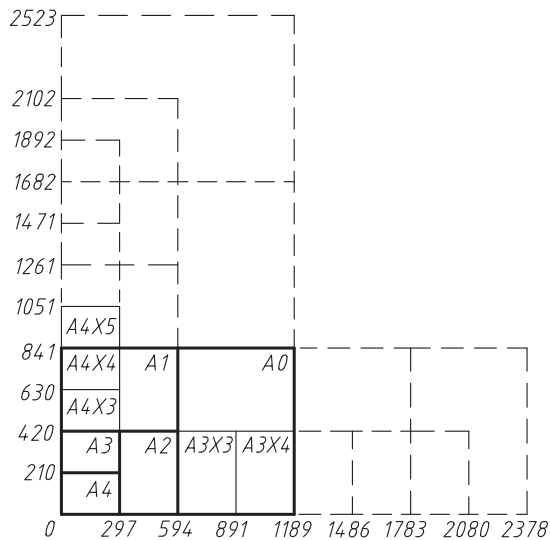


图 1-2 图纸的加长幅面

表1-2 加长幅面的代号及尺寸(第二选择)

(单位: mm)

幅面代号	A3×3	A3×4	A4×3	A4×4	A4×5
尺寸 $B \times L$	420 × 891	420 × 1189	297 × 630	297 × 841	297 × 1051

注:图 1-2 所示的细实线部分即为第二选择加长幅面。

表1-3 加长幅面的代号及尺寸(第三选择)

(单位: mm)

幅面代号	A0×2	A0×3	A1×3	A1×4	A2×3	A2×4	A2×5
尺寸 $B \times L$	1189 × 1682	1189 × 2523	841 × 1783	841 × 2378	594 × 1261	594 × 1682	594 × 2102
幅面代号	A3×5	A3×6	A3×7	A4×6	A4×7	A4×8	A4×9
尺寸 $B \times L$	420 × 1486	420 × 1783	420 × 2080	297 × 1261	297 × 1471	297 × 1682	297 × 1892

注:图 1-2 所示的虚线部分即为第三选择加长幅面。

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线绘出图框,其格式分为留装订边和不留装订边两种,如图1-3所示。同一产品的图样应采用同一种格式,图框的尺寸如表1-1所示。



图 1-3 图框格式

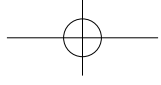
当图样需要装订时,一般采用A3幅面横装或A4幅面竖装。

3. 标题栏

为了注明相关内容以及便于图样的管理和查阅,每张图样都应画出标题栏。国家标准GB/T 10609.1—2008所列举的标题栏格式和尺寸如图1-4所示。

Figure 1: Standard drawing frame layout. The diagram shows a rectangular frame with dimensions 180 (width) and 8x7 (=56) (height). The width is divided into segments of 10, 10, 16, 16, 12, and 16. The height is divided into segments of 7, 10, 18, and 21. The layout includes a title block on the right with fields for '单位名称' (Unit Name), '图样名称' (Drawing Name), '图样代号' (Drawing Code), and '投影符号' (Projection Symbol). The main drawing area is divided into sections for '材料标记' (Material Marking), '阶段标记' (Stage Marking), '重量' (Weight), and '比例' (Scale). The bottom section contains '共 张 第 张' (Total sheets, Sheet number). The bottom edge is divided into segments of 12, 12, 16, 12, 12, and 16, with a total width of 50 for the bottom section.

图 1-4 国家标准列举的标题栏



在学习时可以采用图1-5所示的简化标题栏。



图 1-5 简化的标题栏

标题栏位于图纸的右下角,如图1-3所示。图纸中标题栏处在图纸长边上时被称为X型图纸,处在短边上时被称为Y型图纸,看图的方向一般与标题栏的方向一致。



- ◆ 如果看图方向与标题栏方向不一致(如图1-6所示),则应在图纸下方的对中符号处画出看图的方向符号。看图方向符号为细实线绘制的等边三角形,其尺寸及效果如图1-7所示。

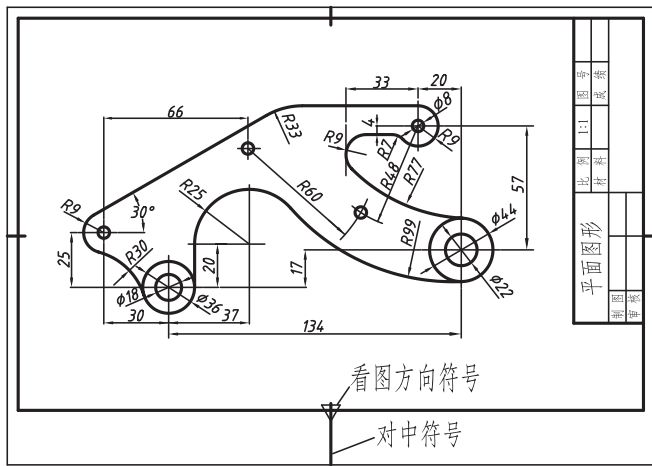


图 1-6 看图方向与标题栏方向不一致

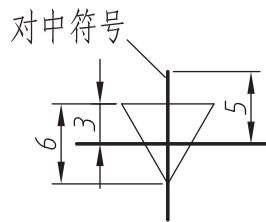
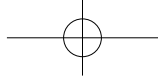


图 1-7 看图方向符号

1.1.2 字体 (GB/T 14691—1993)

图样中书写的文字必须做到字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。字体的号数即是字的高度,字高(h)的尺寸系列为1.8mm、2.5mm、3.5mm、5mm、7mm、10mm、14mm和20mm。



1. 汉字

标准规定，图样上的汉字应写成长仿宋体并应采用国家正式公布的简化字。汉字的高度不能小于3.5mm，字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

长仿宋体的书写要领是横平竖直、起落有锋、结构匀称、填满方格。写字时应注意把握字的笔画和结构。汉字字体、笔画和排列示例如图1-8所示。

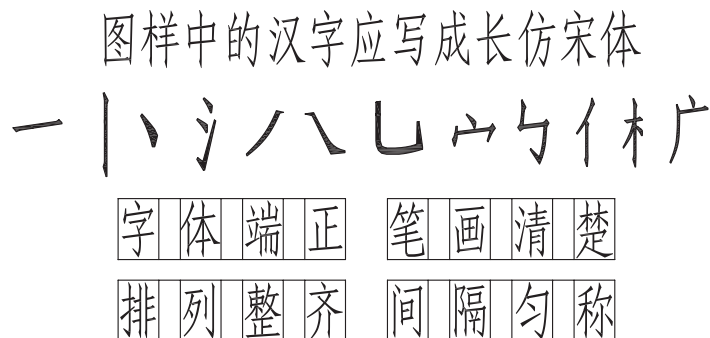


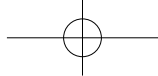
图 1-8 汉字字体、笔画和排列示例

2. 字母和数字

图样中的字母和数字可写成斜体或直体。斜体字的字头向右倾斜，与水平基准线成75°角。字母和数字分A型和B型，A型字体的笔画宽度为字高的1/14，B型字体为1/10。在同一图样上只能使用一种形式的字体，字母和数字的写法如图1-9所示。



图 1-9 字母和数字



abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

(c) 小写直体

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

(d) 小写斜体

0123456789

0123456789

(e) 直体与斜体数字

图 1-9 字母和数字 (续)

用作极限偏差、指数、分数、注脚等的数字和字母的字号一般采用小一号的，数字的注写如图1-10所示。

$\phi 50$ 0 7° $+1^\circ$ -2° 10^3 $\frac{3}{5}$

图 1-10 数字的注写

1.1.3 比例 (GB/T 14690—1993)

比例是指图样中图形与实物相应要素的线性尺寸之比。比例分为原值、缩小和放大3种。绘制技术图样时，应首先选用表1-4列出的各种比例，必要时也可选取表1-5所列的



比例。在实际工作中,应尽量采用1:1的原值比例。

表1-4 比例(第一系列)

种类	比例		
原值比例	1:1		
放大比例	5:1	2:1	
	$5 \times 10^n:1$	$2 \times 10^n:1$	$1 \times 10^n:1$
缩小比例	1:2	1:5	1:10
	$1:2 \times 10^n$	$1:5 \times 10^n$	$1:1 \times 10^n$

表1-5 比例(第二系列)

种类	比例				
放大比例	4:1	2.5:1			
	$4 \times 10^n:1$	$2.5 \times 10^n:1$			
缩小比例	1:1.5	1:2.5	1:3	1:4	1:6
	$1:1.5 \times 10^n$	$1:2.5 \times 10^n$	$1:3 \times 10^n$	$1:4 \times 10^n$	$1:6 \times 10^n$

比例一般注写在标题栏中的比例一栏内,必要时可在视图名称的下方或右侧标注出该图形所采用的比例,如图1-11所示。

$\frac{I}{2:1}$ $\frac{A}{5:1}$ $\frac{B-B}{2.5:1}$ 平面图 1:100

图 1-11 比例的标注

注意

- ◆ 图形不论是被放大还是缩小,在标注尺寸时均应标注其实际尺寸,如图1-12所示。

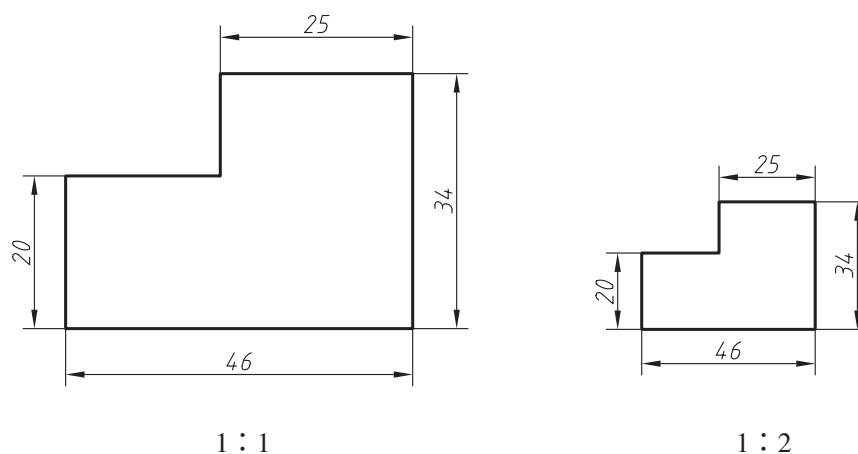
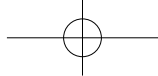


图 1-12 图形的比例与尺寸



1.1.4 图线 (GB/T 4457.4—2002)

国家标准规定了15种基本线型,表1-6列出了其中较为常用的9种。所有线型的图线宽度(d)应在下列数字中选择:

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

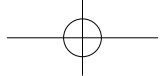
粗实线的宽度为0.5~2mm,默认为0.7mm。

表1-6 常用线型及其应用

图线名称	图线型式	图线宽度	主要应用
粗实线		d	(1) 可见轮廓线 (2) 剖切符号线
细实线		$d/2$	(1) 尺寸线 (2) 尺寸界线 (3) 过渡线 (4) 剖面线 (5) 指引线 (6) 重合断面图的轮廓线 (7) 基准线 (8) 表示平面的对角线 (9) 范围线及分界线
波浪线		$d/2$	(1) 断裂边界线 (2) 视图与剖视图的分界线
双折线		$d/2$	(1) 断裂边界线 (2) 视图与剖视图的分界线
细虚线		$d/2$	不可见轮廓线
粗虚线		d	允许表面处理的表示线
细点画线		$d/2$	(1) 轴线 (2) 对称线 (3) 中心线 (4) 剖切线
粗点画线		d	限定范围线
细双点画线		$d/2$	(1) 相邻辅助零件的轮廓线 (2) 轨迹线 (3) 可动零件的极限位置轮廓线 (4) 中断线 (5) 毛坯图中制成品的轮廓线 (6) 特定区域线

绘制图样时应注意以下几点。

- 同一图样中同类线型的宽度应一致,虚线、点画线及双点画线的线段长度和间隔应各自大致相同。



- 点画线、双点画线首尾两端不能为点，且点画线应超出轮廓线3~5mm。
- 当不方便在较小图形中绘制点画线、双点画线时，可用细实线代替。
- 两条平行线之间的最小间隙不得小于0.7mm。
- 当图线相交时，均应以画线相交，而不得以间隙相交，如图1-13所示。
- 虚线作为实线的延长线时，应留有间隙，如图1-13所示。
- 当各种图线重合时，应按粗实线、虚线、点画线的先后顺序作图。

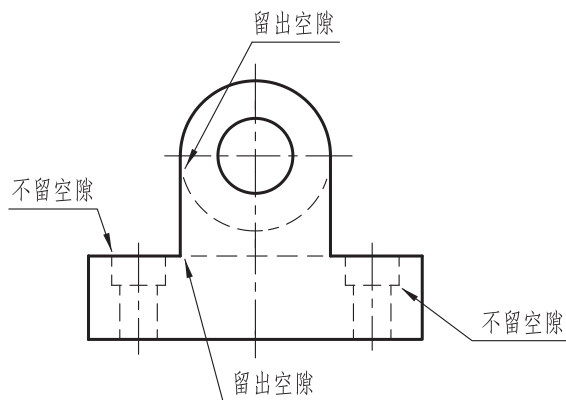


图 1-13 图线的画法

图1-14所示为常用图线的应用示例。

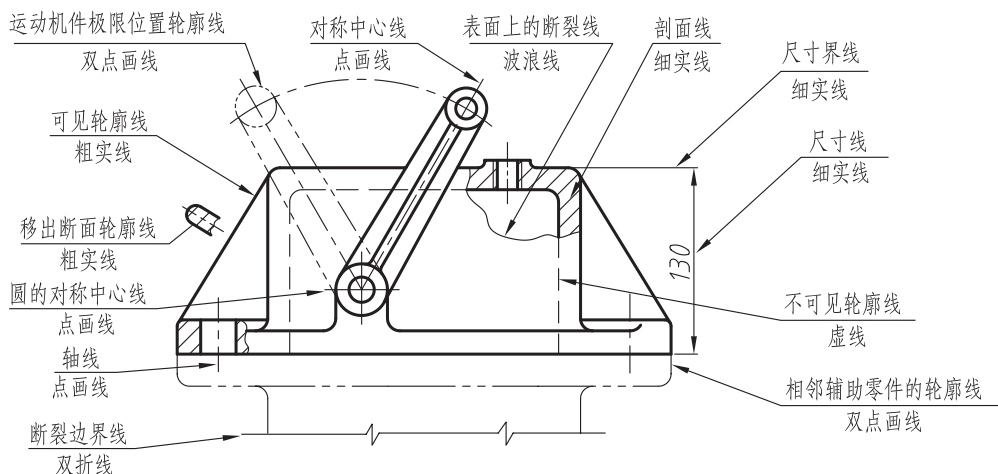


图 1-14 图线应用示例

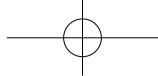
1.1.5 尺寸注法 (GB/T 4458.4—2003)

图样上的尺寸是加工和检测零件的依据。因此，国家标准对尺寸标注的形式作了详细的规定。



1. 基本规则

- ① 机件的真实大小应以图样上所标注的尺寸数值为依据，与图形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）的尺寸以毫米为单位时，不需标注单位符号



机械制图(第四版)

(或名称), 如果采用其他单位, 则应注明相应的单位符号。

③ 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。

④ 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。

2. 尺寸的组成

一个完整的尺寸标注形式, 一般由尺寸界线、尺寸线、尺寸线终端和尺寸数字组成, 如图1-15所示。

(1) 尺寸界线

尺寸界线用细实线绘制, 应从图形中的轮廓线、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为尺寸界线。尺寸界线一般与尺寸线垂直并超过尺寸线约2mm, 必要时尺寸界线也可倾斜于尺寸线, 如图1-16所示。

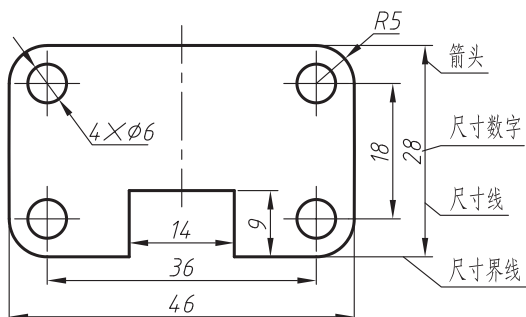


图 1-15 尺寸的组成

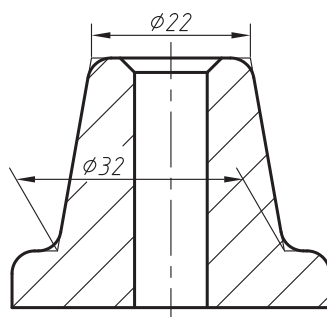


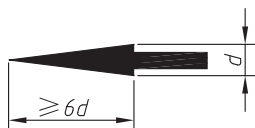
图 1-16 尺寸界线与尺寸线倾斜

(2) 尺寸线

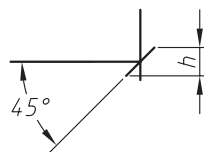
尺寸线用细实线绘制。尺寸线不能用其他图线代替, 一般也不能与其他图线重合或画在其他图线的延长线上。尺寸线应与所标注的线段平行, 如图1-15所示。

(3) 尺寸线终端

尺寸线终端有箭头和斜线两种形式, 画法如图1-17所示(图中尺寸 d 为粗实线的线宽, h 为字高)。机械图样一般使用箭头作为尺寸线的终端。



(a) 箭头的画法



(b) 45° 斜线的画法

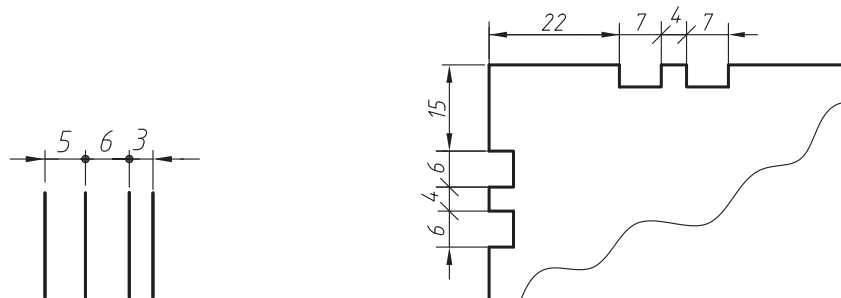
图1-17 尺寸线的终端形式

注意

- ◆ ① 只有当尺寸线与尺寸界线互相垂直时, 才可使用45°斜线;
- ② 斜线用细实线绘制, 其方向为将尺寸界线顺时针旋转45°后的方向。



若图中的尺寸较小而不便于画箭头时，可用圆点或 45° 斜线代替箭头，画法如图 1-18 所示。



(a) 用圆点代替箭头

(b) 用 45° 斜线代替箭头

图 1-18 小尺寸的标注方法

(4) 尺寸数字

水平方向的尺寸数字一般注写在尺寸线上方，垂直方向的尺寸数字则注写在尺寸线左方，如图1-18所示，也可将尺寸数字水平注写在尺寸线的中断处，如图1-19所示，但在一张图样中，应尽可能采用同一种标注方法。

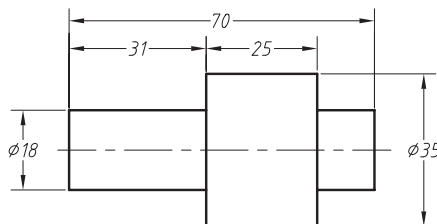
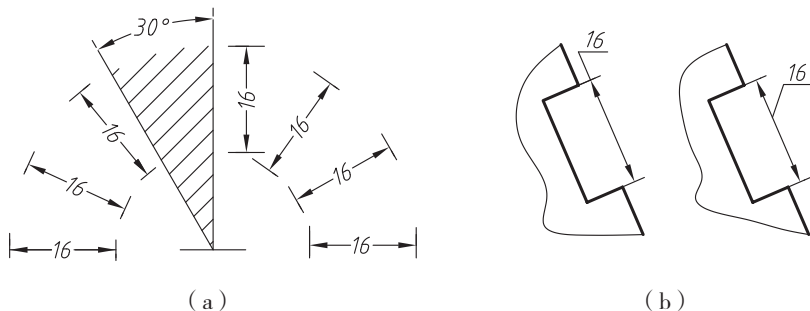


图 1-19 尺寸数字注写在尺寸线中断处

尺寸数字不得被任何图线穿过。当不可避免时,应将图线断开。

为避免引起看图的误会，尽量不要在图1-20（a）所示的 30° 范围内标注尺寸。若无法避免，则应按图1-20（b）所示的形式标注。

图 1-20 避免在 30° 范围内标注尺寸

GB/T 4458.4—2003规定了标注尺寸的符号和缩写词，如表1-7所示。

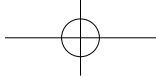


表1-7 标注尺寸的符号和缩写词

含义	符号或缩写词	含义	符号或缩写词
直径	ϕ	45°倒角	C
半径	R	正方形	$\square$
球直径	$S\phi$	深度	$\Downarrow$
球半径	SR	沉孔或铰平	$\sqcup$
厚度	t	埋头孔	∇
均布	EQS	弧长	$\frown$

注：符号的线宽为字高的 1/10。

各种符号的画法如图1-21所示（图中 h 为字高）。

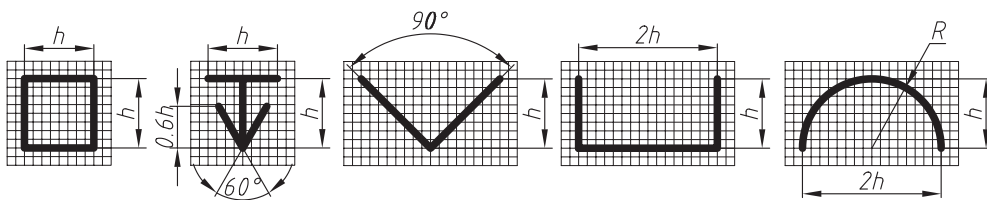
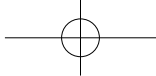


图 1-21 符号的画法

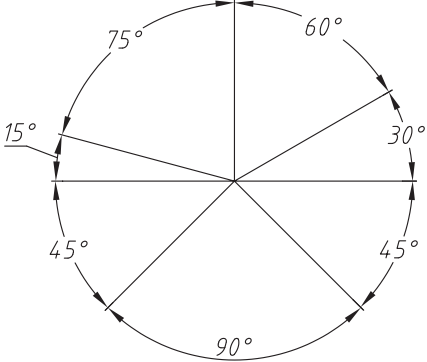
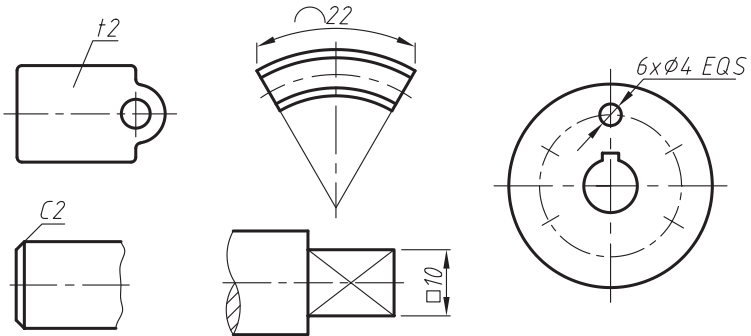
表1-8列出了常用尺寸的标注示例。

表1-8 常用尺寸的标注示例

直径的标注	
半径的标注	



(续表)

角度的标注		① 角度的数字应水平注写，一般写在尺寸线中断处，也可写在尺寸线的上方，必要时可以引出标注 ② 标注角度的尺寸界线应沿径向引出 ③ 尺寸线是以角度顶点为圆心的圆弧
常用符号及字母的缩写		

3. 标注尺寸应注意的事项

- 在同一张图样上，尺寸数字的高度、箭头的大小应一致。
- 将尺寸排列整齐，尺寸线的间距应相同。
- 为避免尺寸线与尺寸界线相交，应使小尺寸靠内，大尺寸靠外。

1.2 几何作图

本节将重点介绍绘制平面图形的各种操作方法，包括等分线段、等分圆周及正多边形、斜度和锥度、圆弧连接和椭圆的作图。



1.2.1 等分线段

五等分已知线段 AB ，如图1-22(a)所示，作图步骤如下。

- ① 过线段端点 A 作辅助线 AC ，并确定适当的单位长度，在 AC 线上截得各等分点。
- ② 连接 $5B$ ，且过各等分点作 $5B$ 连线的平行线并与 AB 相交，即得等分点，如图1-22(b)所示。

本例作图方法称为辅助线法。

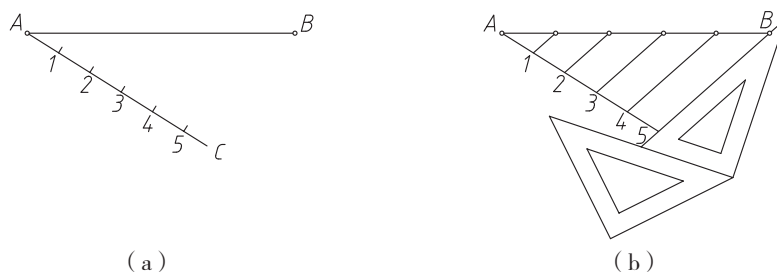
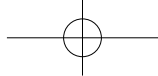


图 1-22 等分线段

1.2.2 等分圆周及作正多边形

等分圆周和作正多边形属于同一类作图问题。作图时，可以将三角板与丁字尺配合作图，也可用圆规作等分。

1. 三等分、六等分、十二等分圆周

图1-23所示为用三角板和丁字尺等分圆周的方法。利用三角板的特殊角便可确定圆周上的等分点，若依次连接各等分点便可得正多边形。

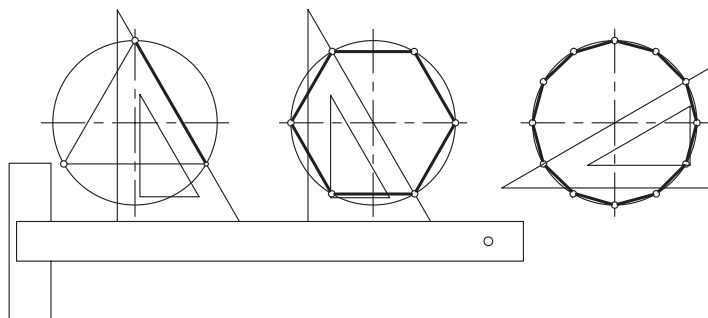


图 1-23 用三角板和丁字尺等分圆周

图1-24所示为用圆规等分的方法。以已知圆半径 R 为半径画弧并与圆周相交，即可得等分点。

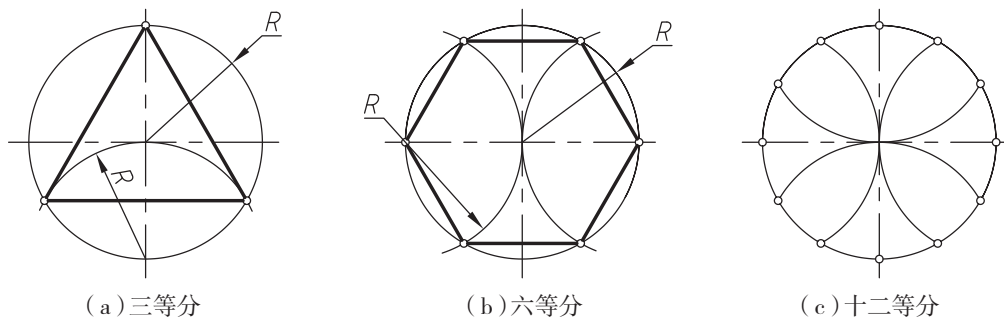
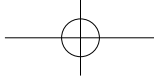


图 1-24 用圆规等分圆周



2. 五等分圆周

五等分圆周的作图方法如下。

- ① 通过画弧求得半径 oa 的中点 p ，如图1-25 (a) 所示。
- ② 以 p 为圆心， pd 长为半径画弧交于中心线上点 e ，如图1-25 (b) 所示。
- ③ 以 de 为弦长在圆周上依次截取即得等分点，如图1-25 (c) 所示。

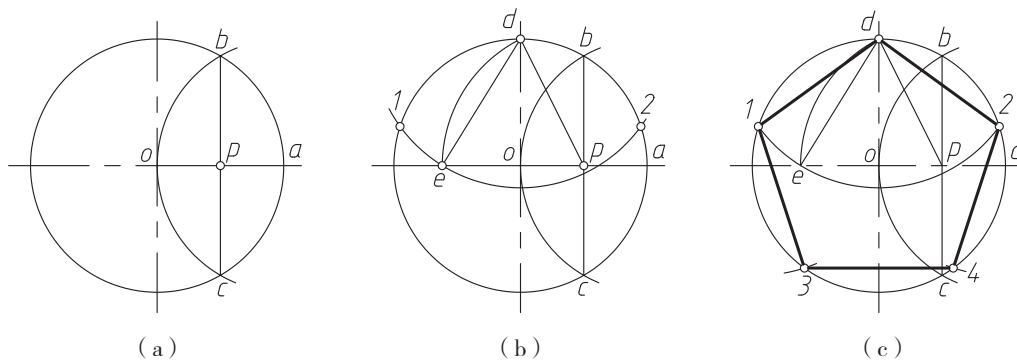


图 1-25 五等分圆周

1.2.3 斜度和锥度

1. 斜度

斜度是指一条直线（或平面）相对另一条直线（或平面）的倾斜程度。斜度的大小为直角三角形两条直角边的比值，如图1-26所示，即

$$\text{斜度} = \tan \alpha = BC/AB$$

通常将比例前项化为1，即1:n的形式。斜度符号的画法如图1-27所示，图中 h 为字高。标注时应使用与图形斜线方向一致的符号。

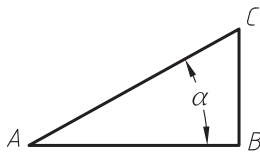


图 1-26 斜度

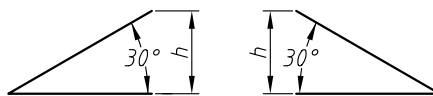
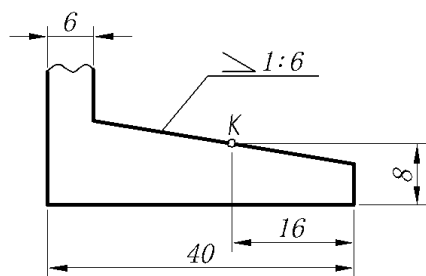
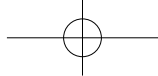


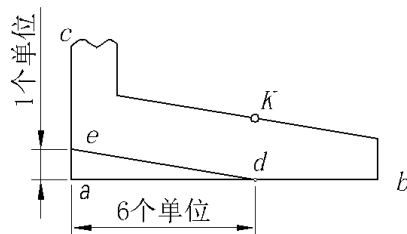
图 1-27 斜度符号

(1) 斜度的作图方法

图1-28 (a) 所示为已知图形，其作图步骤如图1-28 (b) 所示。在底边上以 a 为起始点取6个单位长度得到 d 点，并在左侧 ac 上取1个单位长度得到 e 点，连接 de 得到1:6斜度线，然后按照图中尺寸16和8得到 K 点位置，再过 K 点作 de 连线的平行线。



(a)



(b)

图 1-28 斜度的作图

(2) 斜度的应用

图1-29所示为一槽钢,在其右侧的端面图形中即有1:10的斜度线。

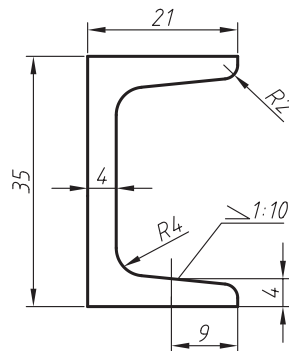
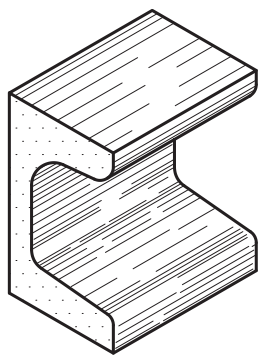


图 1-29 槽钢

2. 锥度

锥度是指正圆锥的底圆直径与其高度之比。对于圆台,锥度则为两个底圆的直径之差与其高度之比,如图1-30所示,即

$$\text{锥度} = D/L = (D - d) / L_1$$

通常将锥度的比例前项化为1,即1:n的形式。锥度符号的画法如图1-31所示,图中h为字高。标注时,应使用与图形倾斜方向一致的符号。

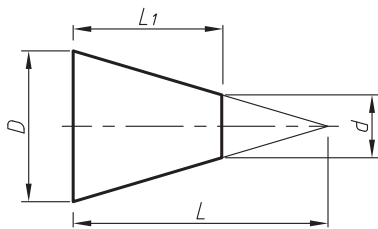


图 1-30 锥度

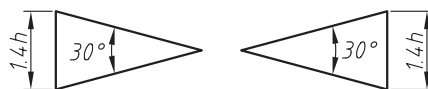
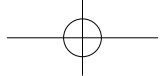


图 1-31 锥度符号



(1) 锥度的作图方法

图1-32(a)为已知图形,其作图步骤如图1-32(b)所示。取适当单位长度,在中心线上量取3个单位长度得 s 点,并在左侧的 cd 线上,以中心线为基准分别量取0.5个单位长度,得 a 、 b 两点。连接 as 、 bs 点,便得1:3的锥度线,再分别过 c 、 d 点作锥度线的平行线。

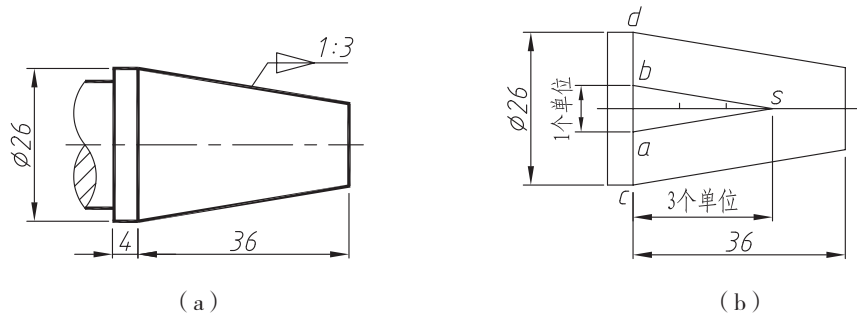


图 1-32 锥度的作图

(2) 锥度的应用

图1-33所示为用于检测加工零件的塞规,在其右侧的图形中即有1:3的锥度线。

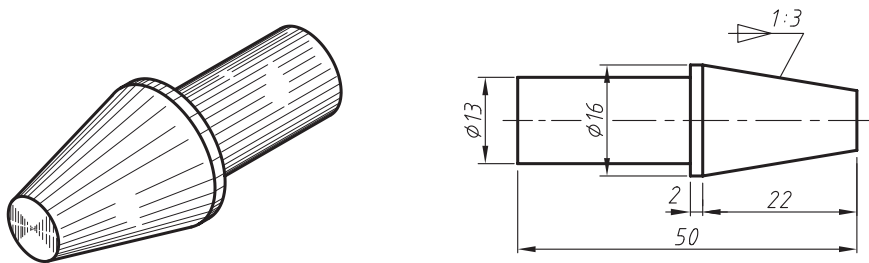


图 1-33 塞规

1.2.4 圆弧连接

用圆弧光滑地连接已知直线或圆弧的作图方法,称为圆弧连接。机件轮廓图中的圆弧连接极为普遍,图1-34所示即为扳手的轮廓图。

圆弧连接的实质是图线间相切的几何关系。连接的形式有以下3种。

- 连接两条线段。
- 连接两条圆弧。
- 连接一条线段和一条圆弧。

通过作图,需要解决的两个问题如下。

- 确定连接圆弧圆心的位置。
- 确定连接点(切点)的位置。

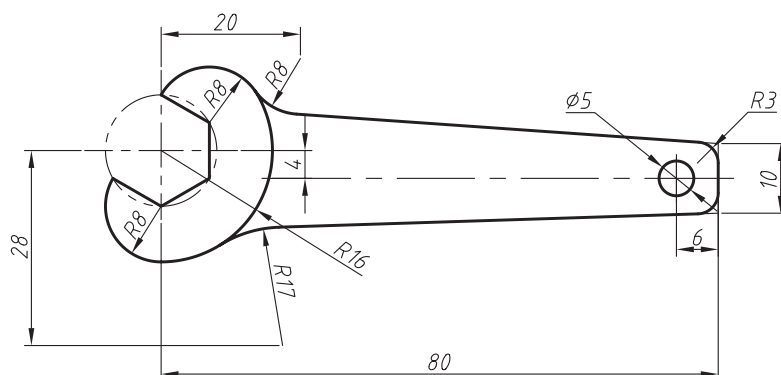
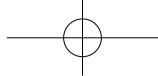


图1-34 扳手的轮廓图

1. 用圆弧连接两已知线段

图 1-35 (a) 所示为待连接的两条线段, 线段 L_1 和 L_2 的位置确定且连接圆弧半径为 R 。图 1-35 (b) 所示为过点 a 、 b 作的已知圆的切线, 而图 1-35 (c) 所示则为完成连接的图形。

比较图 1-35 (a) 和图 1-35 (b) 所示, 可分析出连接作图的原理。图 1-35 (a) 中的两条线段可被视为圆的切线, 需要画出的是与两条线段相切的圆中起连接作用的圆弧。

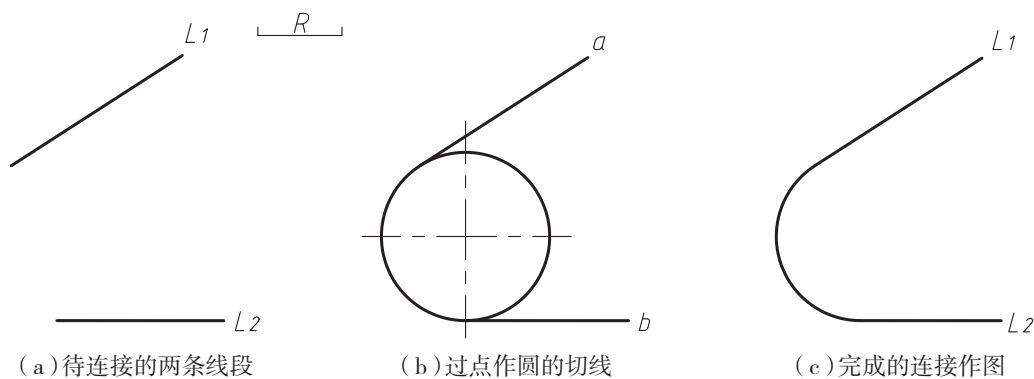


图 1-35 连接的作图分析

因此, 根据以下两种几何关系便可作出连接。

- 圆心到两条切线的距离相等, 即等于圆的半径。
- 过圆心作切线的垂线, 垂足即为切点 (连接点)。

作图步骤如下。

- ① 过线段 L_1 、 L_2 上任意点分别作两条线段的垂线, 在垂线上截取连接圆弧半径 R 后, 作两条线段的平行线 (其交点即为连接圆弧的圆心)。
- ② 过两条平行线的交点作 L_1 、 L_2 线段的垂线, 垂足即为切点 (连接点)。
- ③ 以两条平行线的交点为圆心, R 为半径画弧连接两个切点, 如图 1-36 (a)、(b) 所示。

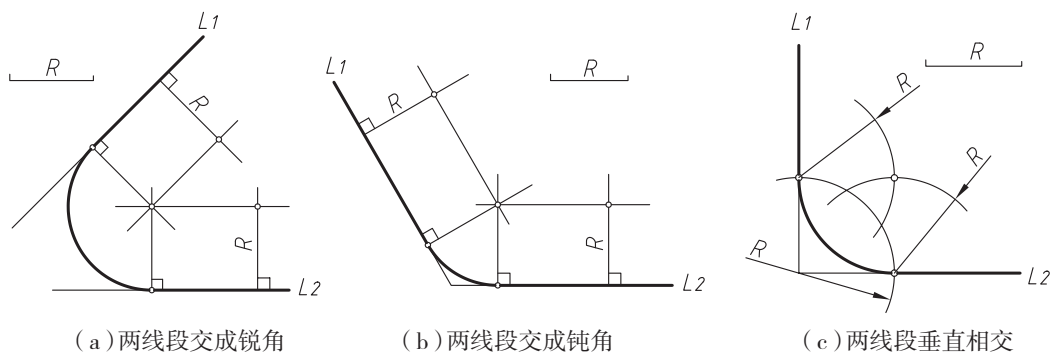
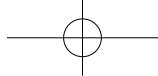


图 1-36 用圆弧连接两直线

图1-36 (c) 所示为两条线段垂直相交的连接作图方法。

2. 用圆弧连接两已知圆弧

图 1-37 所示为圆与圆相切的两种情况。从图中可知，当两个圆外切时，两个圆的中心距等于半径之和。当两个圆内切时，两个圆的中心距等于半径之差。依此几何关系便可作出连接。

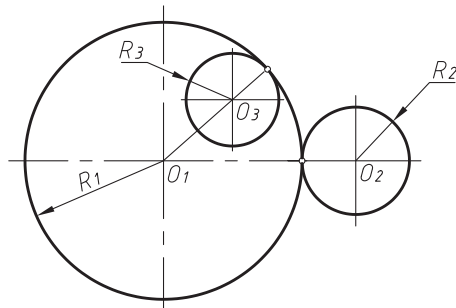


图 1-37 圆的外切与内切

作图方法如下。

图1-38为作图的已知条件，即已知两个圆的位置及大小。分别以 R 为半径作圆弧与两个已知圆外切，以 R' 为半径作圆弧与两个已知圆内切。

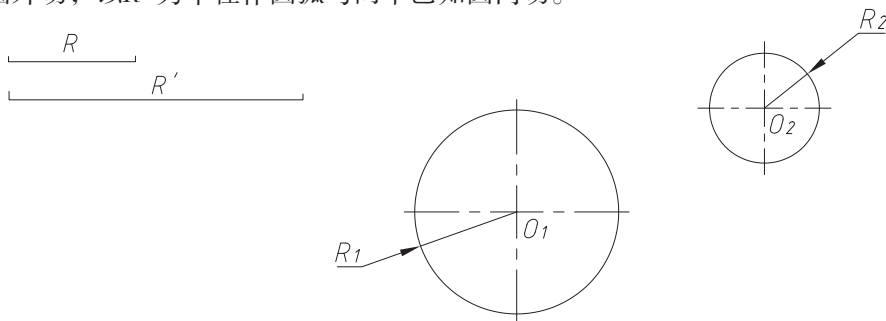
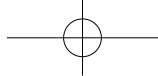


图 1-38 连接两圆弧



作图步骤(外切)如下。

① 如图1-39(a)所示,分别以 O_1 、 O_2 为圆心, $R+R_1$ 、 $R+R_2$ 为半径画弧,两条圆弧交于一点 O_3 , O_3 为连接圆弧圆心。

② 将 O_1O_3 、 O_2O_3 的连线与圆相交,交点即为切点。

③ 以 O_3 为圆心画弧连接两个切点,完成外切连接。

作图步骤(内切)如下。

① 如图1-39(b)所示,分别以 O_1 、 O_2 为圆心, $R'-R_1$ 、 $R'-R_2$ 为半径画弧,两个圆弧交于一点 O_4 , O_4 为连接圆弧圆心。

② 将 O_1O_4 、 O_2O_4 的连线延长与圆相交,交点即为切点。

③ 以 O_4 为圆心画弧连接两个切点,完成内切连接。

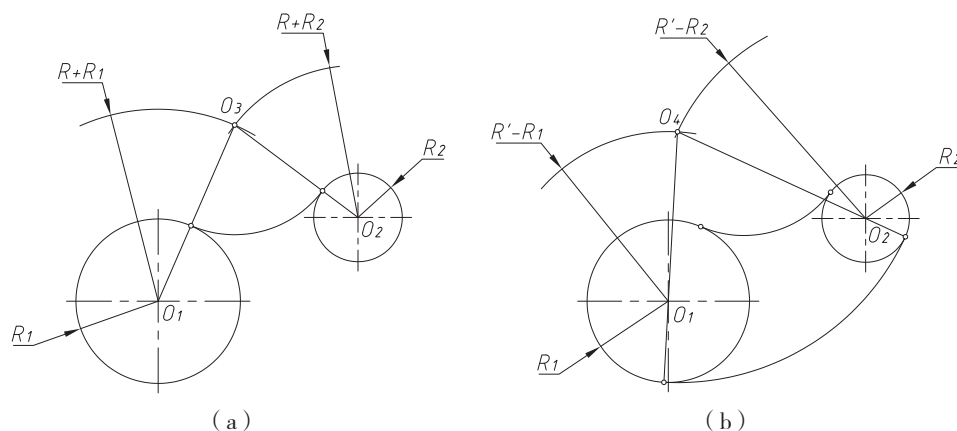


图 1-39 连接作图

3. 用圆弧连接一条线段和一条圆弧

图1-40(a)为连接的已知条件。按前面介绍的两种连接作图方法,即可求得连接圆弧的圆心及切点的位置。

作图步骤如下。

① 以 O 点为圆心, $R+R_1$ 为半径画弧;另作距 L 为 R_1 的平行线与所画圆弧交于 O_1 点, O_1 即为连接圆弧的圆心。

② 连接 O 、 O_1 点,此连线与圆的交点即为切点;另过 O_1 作直线 L 的垂线,垂足为一切点。

③ 以 O_1 为圆心, R_1 为半径画弧连接两个切点,如图1-40(b)所示。

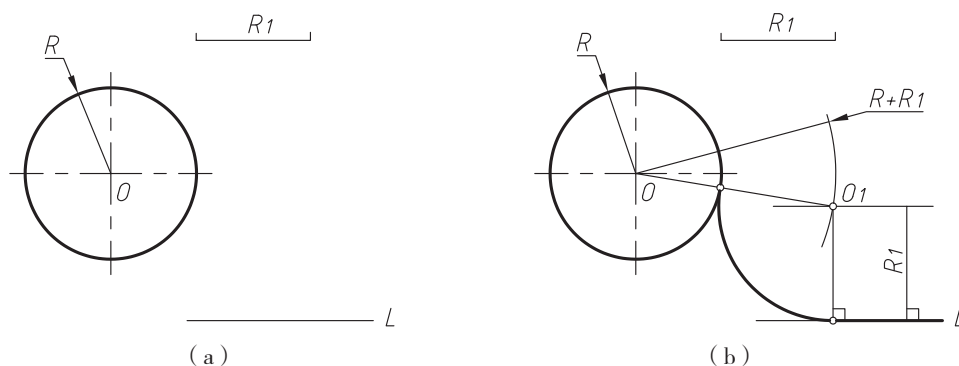
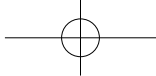


图 1-40 用圆弧连接一条线段和一条圆弧

1.2.5 椭圆画法

绘制椭圆的方法有多种，常用的有同心圆法和四心近似法。

1. 同心圆法

同心圆法是通过作图求得椭圆上的一系列点后再光滑连接各点的作图方法。

已知椭圆长、短轴，用同心圆法绘制椭圆的作图步骤如下。

- ① 以椭圆中心为圆心，分别以椭圆长半轴长和短半轴长为半径画圆。
- ② 为使求得的椭圆上的点分布均匀，通常将两个圆作12等分，如图1-41 (a) 所示。
- ③ 过小圆上的各等分点作水平线，过相应的大圆上的等分点作垂线，其交点即为椭圆上的点，如图1-41 (b) 所示。
- ④ 光滑连接各点得到椭圆曲线，如图1-41 (c) 所示。

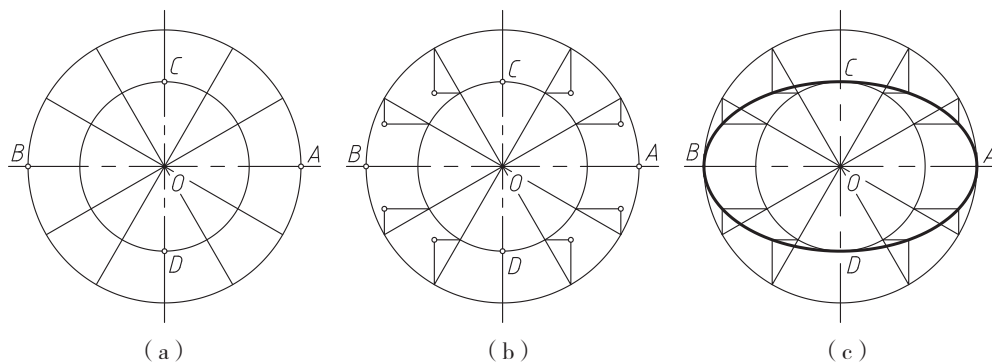


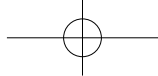
图 1-41 同心圆法

2. 四心近似法

四心近似法是采用四条圆弧来代替椭圆曲线的作图方法。

已知椭圆长轴 (AB)、短轴 (CD) 长，四心近似法的作图步骤如下。

- ① 以椭圆中心点O为圆心，长半轴OB长为半径画弧交纵轴于点E。以短轴顶点C为圆心，CE长为半径画弧交BC连线于F点，如图1-42 (a) 所示。
- ② 作BF的中垂线并延长与横轴、纵轴交于1、2点，再按对称关系求得3、4点。此四



点即为四条圆弧的圆心。为确定各圆弧的作图范围，应按图1-42 (b) 所示连接各圆心并作适当延长。

③ 分别以1、2、3、4点为圆心，以 $1B$ 、 $2C$ 、 $3A$ 、 $4D$ 长为半径画弧，如图1-42 (c) 所示。

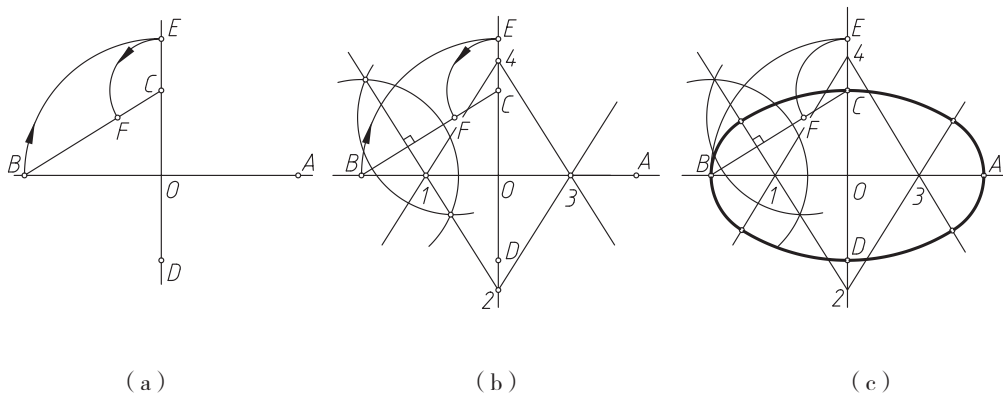


图 1-42 四心近似法

1.2.6 圆的切线

根据直线与圆相切的几何关系，可直接利用三角板的两条直角边作圆的切线。

1. 过点作圆的切线

过点作圆的切线的作图方法如图1-43 (a) ~ (c) 所示。

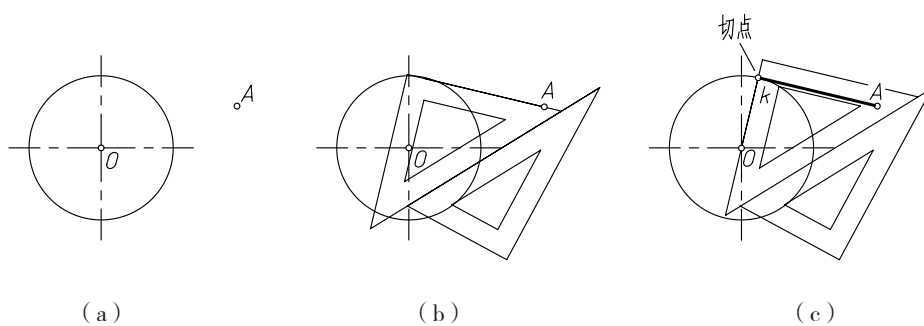


图 1-43 过点作圆的切线

2. 作两个已知圆的切线

作两个已知圆的切线的作图方法如图1-44 (a) ~ (c) 所示。

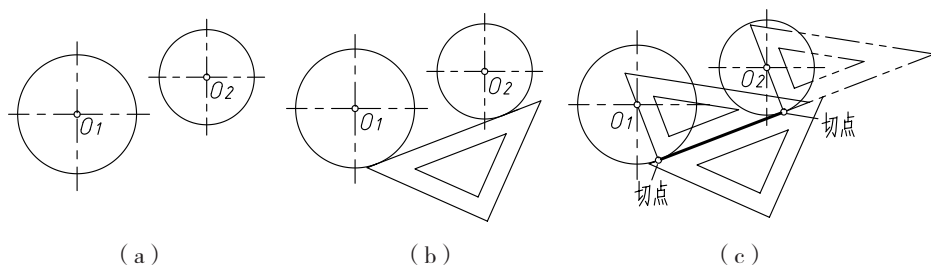


图 1-44 作两个已知圆的切线

1.3 平面图形的尺寸分析及画法

平面图形是由若干线段组成，图中的尺寸确定了各条线段之间的相对位置和连接关系。绘制平面图形时，需要对图形中的尺寸和线段进行分析，以明确绘图步骤。

1.3.1 平面图形的尺寸分析

平面图形中的尺寸按作用不同分为定形尺寸和定位尺寸两类。

1. 定形尺寸

定形尺寸是指图形中确定几何元素形状大小的尺寸，如图1-45中所示的 $\phi 5$ 、 $\phi 18$ 、 $R14$ 、 $R54$ 、 $R45$ 、 $R7$ 、13等即为定形尺寸。

2. 定位尺寸

定位尺寸是用于确定几何元素相对位置的尺寸,如图 1-45 中所示的 6、103 和 $\phi 27$ 等。确定平面图形中几何元素的位置,通常需要两个方向的定位尺寸,即长方向和宽方向。

有的尺寸可以兼有定形尺寸和定位尺寸两种作用。如图1-45中所示的13既是直径 $\phi 18$ 圆柱的定形尺寸, 又是 $R14$ 圆弧的圆心在长方向的定位尺寸。

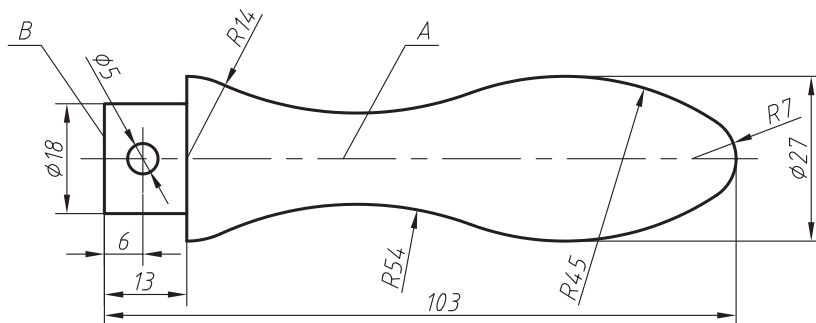
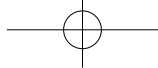


图 1-45 手柄



3. 尺寸基准

定位尺寸的起点称为尺寸基准。通常以平面图形中的中心线、对称线、底线或端线作为尺寸基准。图1-45所示的轴线*A*及端线*B*即为尺寸基准。

1.3.2 平面图形的线段分析

根据线段的定位尺寸完整与否,可将平面图形中的线段分为已知线段、中间线段和连接线段三类。

- 已知线段: 此类线段具有确定的位置,即有两个方向的定位尺寸,或为当图形位置确定后可以直接画出的线段,如图1-45中所示的*R14*、*R7*。
- 中间线段: 中间线段只有一个方向的定位尺寸,如图1-45中所示的*R45*。作图时应根据中间线段与相邻线段相切的几何关系确定其位置。
- 连接线段: 连接线段没有定位尺寸,作图时完全依据相切的几何关系确定其位置,如图1-45中所示的*R54*。

1.3.3 平面图形的作图步骤

根据对平面图形的尺寸和线段分析,平面图形的作图步骤如下所示。

- ① 按图形(以图1-45所示手柄为例)尺寸作出基准线和已知线段,如图1-46(a)所示。
- ② 作中间线段,如图1-46(b)所示。
- ③ 作连接线段,如图1-46(c)所示。
- ④ 整理图形,如图1-46(d)所示。

1.3.4 绘制工程图样的步骤与方法

1. 画图前的准备工作

画图前的准备工作如下。

- ① 削好各种铅笔。
- ② 擦净手和绘图工具。
- ③ 用胶带纸将绘图纸固定在图板的适当位置。

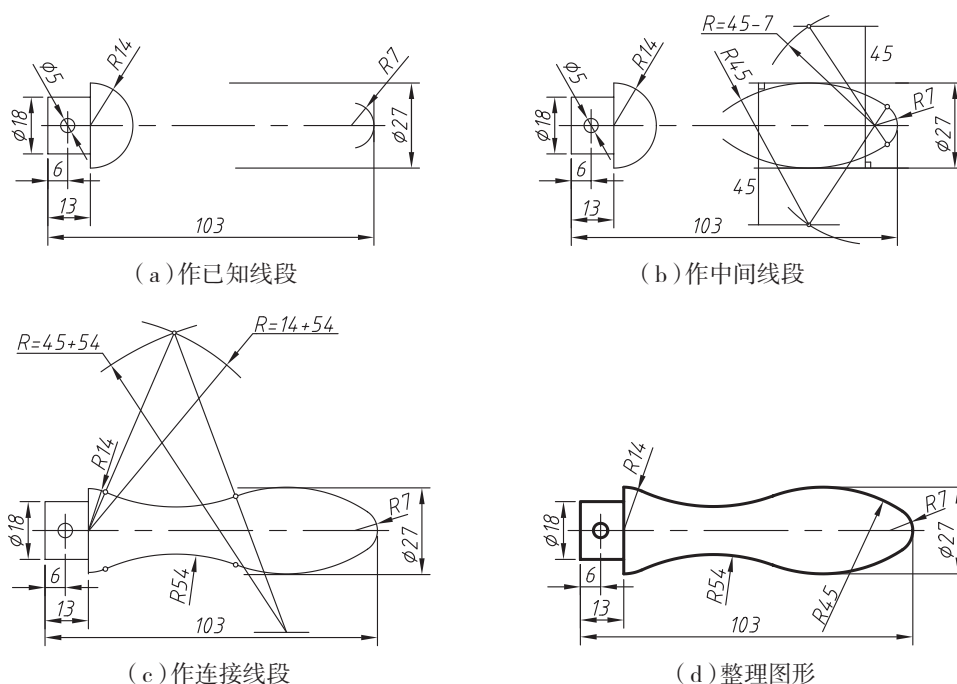
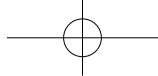


图 1-46 平面图形的作图步骤

2. 画底图

用 H 或 2H 铅笔画底图（作图时应注意，图线要细且用力要尽量轻），具体步骤如下。

- ① 按标准规定画出图框和标题栏。
- ② 布置图形。
- ③ 画底图（包括尺寸界线、尺寸线）。
- ④ 检查图样。

3. 描深图线

描深图线的具体作图步骤如下。

- ① 按先粗后细，先圆弧后直线的顺序描深图中的粗实线和其他细线。
- ② 画箭头、注写尺寸数字。
- ③ 填写标题栏。
- ④ 修饰图样。