

普通高等教育“十三五”规划教材  
辽宁省普通高等学校省级精品教材

# 现代机械制图

第2版

Modern  
Mechanical Drawing

谢军 王国顺 ◎主编

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十三五”规划教材  
辽宁省普通高等学校省级精品教材

# 现代机械制图

第2版

Modern  
Mechanical Drawing

主 编 谢 军 王国顺  
副主编 朱 静 阎晓琳  
参 编 廖青梅 李 娇 张凤莲 宋淑娥  
主 审 高中保

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

本教材以三维建模为主线,以空间想象可视化为基础思路,将现代三维机械设计软件与工程制图内容有机结合,解决了传统教学方法中的凭空想象问题,更有利于培养学生的空间想象能力、空间构形能力及对空间形体的表达能力。在内容的编排上,强化了草图训练,淡化了尺规作图与定量图解,注重培养学生三维设计能力与二维表达能力。

本教材以简单易学的三维机械设计软件 SolidWorks 为平台,从实用的角度着重介绍了其实体建模与生成工程图的功能。为利用其具有多种输入输出格式,可以与其他 CAD 软件(如 AutoCAD)进行数据交流的特点,本教材专门在第 11 章介绍了 AutoCAD 的应用。

本教材配有习题集及丰富的教学辅助资源,包括教材使用说明、参考教学计划、模拟试题及答案、立体模型库(组合体、零件、装配体)以及部分习题答案等,适用于普通高等院校的本、专科机械类和近机械类的工程制图教学。

#### 图书在版编目(CIP)数据

现代机械制图/谢军,王国顺主编. —2 版. —北京:机械工业出版社,2015.8  
\* \* \* \* \*  
普通高等教育“十三五”规划教材 辽宁省普通高等学校省级精品教材

ISBN 978-7-111-50524-2

I. ①现… II. ①谢… ②王… III. ①机械制图-高等学校-教材 IV. ①TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 169191 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:舒恬 责任编辑:舒恬 杨璇 版式设计:霍永明

责任校对:佟瑞鑫 封面设计:张静 责任印制:李洋

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2015 年 10 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.25 印张·421 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-50524-2

定价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

# 前言

随着 CAD 技术的快速发展与应用,机械制图课程的教学改革已经从单纯“甩掉图板”的应用阶段,进入了从教学体系上的全面改造阶段。这不仅仅是课程内容的变化,更是培养目标的改变。将现代三维设计理念引入制图课,培养学生的空间想象能力、空间构形能力以及用计算机表达空间形体的能力,从而适应现代工业设计的要求,这在图学界已经达成了共识。目前,CAD 三维设计已全面进入企业,因此,我们培养的学生既要有先进的设计理念,又要能适应现阶段设计工作的需要,即要培养具有双重能力的人才。在学时不断减少的情况下,如何培养学生,使其同时兼备三维设计能力与二维表达能力,这给机械制图课程的教学提出了新的要求。

为迎接信息时代对制图课程的挑战,我们在对 2001 级学生开展的三维建模试点教学的基础上,于 2002 年进行了“用计算机技术全面改革制图课程”的教学改革立项,并在 2003 级进行了全面教改实践。在此基础上,于 2006 年编写了本教材(第 1 版)及与之配套的习题集。

2009 年,“深化工程制图教学改革,培养现代工程素质”教改项目获辽宁省教学成果三等奖,《现代机械制图》(第 1 版)获辽宁省精品教材奖。我们又进行了数年的探索与实践,并在此基础上对本教材进行了修订。

本教材在课程体系及教学内容上的基本思路是,以三维建模为主线,实现投影关系坐标化、空间想象可视化、布尔操作合理化,强化草图训练,淡化尺规作图与定量图解,同时注重培养学生二维图形表达的能力。

本教材的特点是:

1) 把传统制图与计算机绘图的基本原理统一起来,将几何图形的信息量化为坐标形式,引入完全定义、欠定义及过定义的概念,使几何图形的描述具有可检验性。

2) 以三维建模为主线,解决了传统教学中的凭空想象问题。以三维软件为手段,在教学过程中直接描述空间形体,使空间想象直观、形象地表现出来,对截交线、相贯线等较难想象的交线有了明确的感性认识。在建模过程中,反复应用视角转换,使学生逐渐认识了空间形体与正投影之间的对应关系。这个过程就是由三维空间到二维平面的思维转换过程。经过一定量的建模实践,学生自然而然地就掌握了三维立体与二维平面图形的对应关系,提高了空间想象力,为后续的画图读图打下良好基础。

3) 基于特征参数化实体造型过程,与传统教学中对形体的分析仅限于简单的叠加、挖切相比,更重视指导学生按符合实际的工艺设计思路进行建模。

4) 通过二维草图绘制与三维建模相结合来实现二维投影能力的提高。首先,在三维建模的基础上画二维投影图,培养学生的二维表达能力;其次,根据投影图进行三维建模练习,检验读图能力,而后再补画第三视图。

5) 选用目前国内外中小型企业广泛应用的三维机械设计软件 SolidWorks。它具有强大的基于特征的实体建模与工程图绘制功能,其造型过程与机械设计过程非常贴近,且具有多

种输入输出格式,可以很方便地与其他 CAD 软件 (Creo、I-DEAS 等) 进行数据交流。同时,该软件提供了完整的中文在线帮助功能,具有使用简单方便等优点。

6) 本教材采用最新颁布的机械制图、技术制图、CAD 制图及相关的国家标准。

参加本教材编写工作的有:大连交通大学谢军(第2章、第3章)、王国顺(第8章)、朱静(第4章、第5章)、阎晓琳(第7章、第9章)、廖青梅(第6章、第10章)、李娇(第1章、第11章)、张凤莲(附录),谢军、王国顺任主编,朱静、阎晓琳任副主编,高中保任主审。

本教材第1版和第2版的编写得到了学校教务处领导、机械工程学院领导、工程图学教研中心同事及家人的大力支持、关心和帮助,宋淑娥老师对本教材中的零件图及装配图进行了仔细的校对和修改,在此表示衷心的感谢。在编写过程中,参考了相关的教材、习题集与论文等(见书后的参考文献),在此向有关作者表示谢意。

本次修订工作是在《现代机械制图》第1版基础之上完成的,限于我们水平和工程背景的局限,加之时间紧迫,内容不当之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编者

# 目录

## 前言

第1章 机械制图的基本知识 .....	1	7.4 零件图的尺寸标注 .....	149
1.1 常用的机械制图国家标准 .....	1	7.5 零件图的技术要求 .....	154
1.2 平面图形 .....	9	7.6 读零件图 .....	166
1.3 仪器绘图方法 .....	12	第8章 标准件与常用件 .....	171
1.4 徒手绘图方法 .....	14	8.1 螺纹紧固件 .....	171
1.5 用计算机绘制草图 .....	15	8.2 键和键联结 .....	176
第2章 三维建模 .....	22	8.3 销和销连接 .....	177
2.1 概述 .....	22	8.4 齿轮和齿轮啮合 .....	178
2.2 基本立体 .....	26	8.5 弹簧 .....	183
2.3 组合体 .....	29	8.6 滚动轴承 .....	188
第3章 工程图的投影基础 .....	39	第9章 装配体建模与装配图 .....	192
3.1 投影法的基本知识 .....	39	9.1 装配体建模 .....	192
3.2 基本几何元素的投影 .....	44	9.2 爆炸视图的生成 .....	197
3.3 基本几何元素的相对位置关系 .....	56	9.3 装配图的内容 .....	198
3.4 平面与立体相交 .....	61	9.4 装配图的表达方法 .....	201
3.5 两立体表面相交 .....	68	9.5 装配图中的尺寸标注和技术要求 .....	203
3.6 辅助投影 .....	73	9.6 装配图的零部件序号及明细栏 .....	203
第4章 组合体投影图 .....	78	9.7 装配工艺结构 .....	205
4.1 组合体投影图的画图步骤 .....	78	9.8 装配图的视图选择和画图步骤 .....	207
4.2 组合体的尺寸标注 .....	80	9.9 读装配图及拆画零件图 .....	211
4.3 组合体投影图的识读 .....	83	第10章 轴测投影图 .....	217
4.4 组合体构形设计 .....	88	10.1 轴测投影的基本知识 .....	217
4.5 用计算机生成投影图 .....	91	10.2 正等轴测图的画法 .....	219
第5章 图样的基本表示方法 .....	96	10.3 斜二轴测图的画法 .....	224
5.1 视图 .....	96	10.4 轴测剖视图 .....	225
5.2 剖视图 .....	99	第11章 计算机绘图基础 .....	227
5.3 断面图 .....	107	11.1 AutoCAD2013 简介 .....	227
5.4 其他表达方法 .....	109	11.2 图形绘制 .....	231
5.5 用计算机生成各种表达图 .....	113	11.3 绘图实例 .....	239
第6章 零件建模 .....	119	附录 .....	246
6.1 零件的结构分析 .....	119	附录 A 标准结构 .....	246
6.2 典型零件建模 .....	123	附录 B 标准件 .....	251
第7章 零件图 .....	137	附录 C 轴、孔的极限偏差 .....	259
7.1 零件图的内容 .....	137	附录 D 推荐选用的配合 .....	261
7.2 零件的表达 .....	138	附录 E 滚动轴承 .....	262
7.3 零件图的视图表达 .....	146	附录 F 常用材料及表面处理 .....	264
		参考文献 .....	267

# 第 1 章

## 机械制图的基本知识

工程图样是表达设计思想和进行技术交流的工具，是设计和制造机械的重要技术文件，是产品或设计结果的表达形式。为了便于技术交流，工程图样的表达必须具有很高的规范性。为此，在绘制图样的过程中应共同遵守的绘图规则，均以国家标准的形式进行了规定，每个制图者都必须严格遵守。另外，为了提高绘图的质量和速度，本章也将对绘图工具的使用、基本几何作图、平面图形的构成和画法以及徒手绘图等做简要介绍。在平面图形画法中重点介绍用 SolidWorks 绘图软件绘制平面草图的方法。

### 1.1 常用的机械制图国家标准

国家标准简称国标，代号 GB。本节根据最新的《机械制图》、《技术制图》国家标准，摘要介绍有关图纸幅面、比例、图线、尺寸标注等基本规定。

#### 1.1.1 图纸幅面和格式 (GB/T 14689—2008)

##### 1. 图纸幅面

图纸幅面尺寸应优先采用表 1-1 中规定的基本数值。必要时允许选用规定的加长幅面。加长幅面的尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增加而得，如图 1-1 所示。图 1-1 中粗实线为基本幅面（第一选择），细实线（第二选择）和虚线（第三选择）所表示的为加长幅面。

表 1-1 图纸幅面 (单位: mm)

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

##### 2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框，图样应绘制在图框内部。图框格式分为留装订边与不留装订边两种。同一产品的图样只能采用同一种格式，如图 1-2 所示。为方便复制，在图纸边长的中点处还应绘制对中符号。对中符号用粗实线绘制，画入图框内约 5mm。当对中符号处于标题栏范围内时，深入标题栏内的部分省略不画。

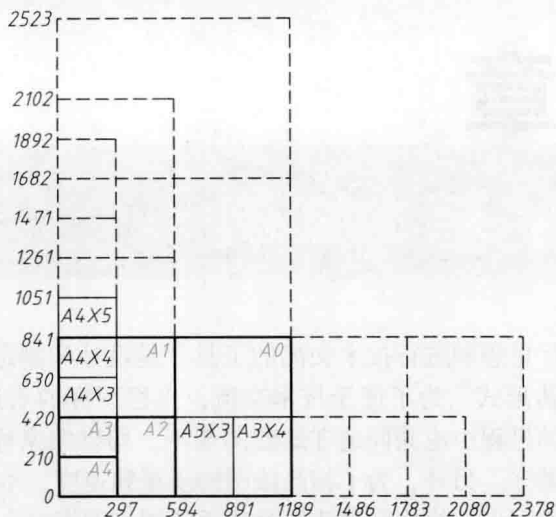


图 1-1 图幅尺寸及加长

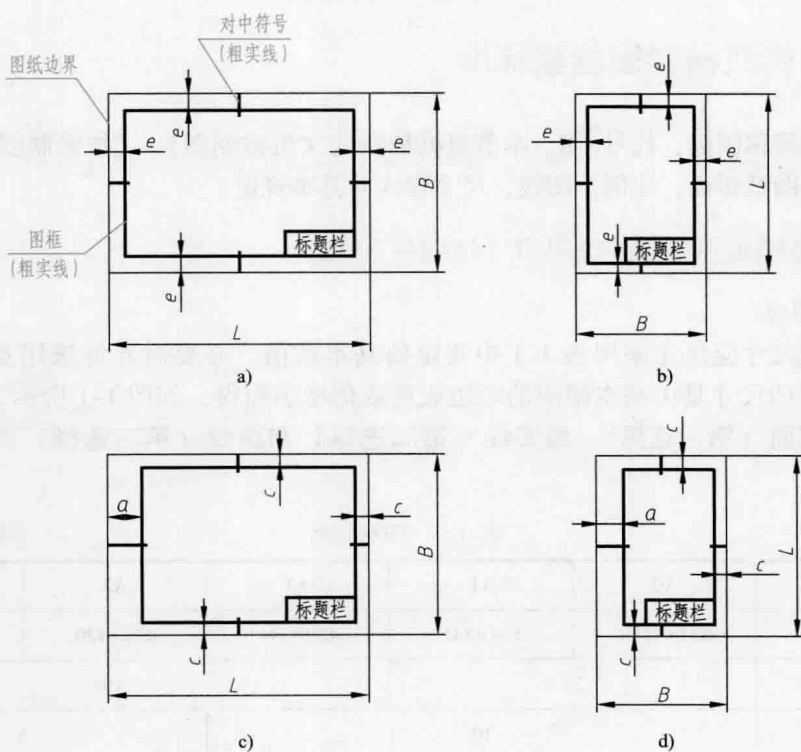


图 1-2 图框格式

- a) 不留装订边图纸 (X 型) 的图框格式    b) 不留装订边图纸 (Y 型) 的图框格式  
c) 留装订边图纸 (X 型) 的图框格式    d) 留装订边图纸 (Y 型) 的图框格式

### 3. 标题栏

标题栏是提供图样信息、图样所表达的产品信息以及图样的管理信息等内容的栏目。每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏一般由更改区、签字区、其他区、名称及



代号区组成。GB/T 10609.1—2008 中规定的标题栏格式与尺寸如图 1-3a 所示。各设计单位也可根据各自需求作相应变化。教学中练习用标题栏可采用图 1-3b 所示的简化形式。

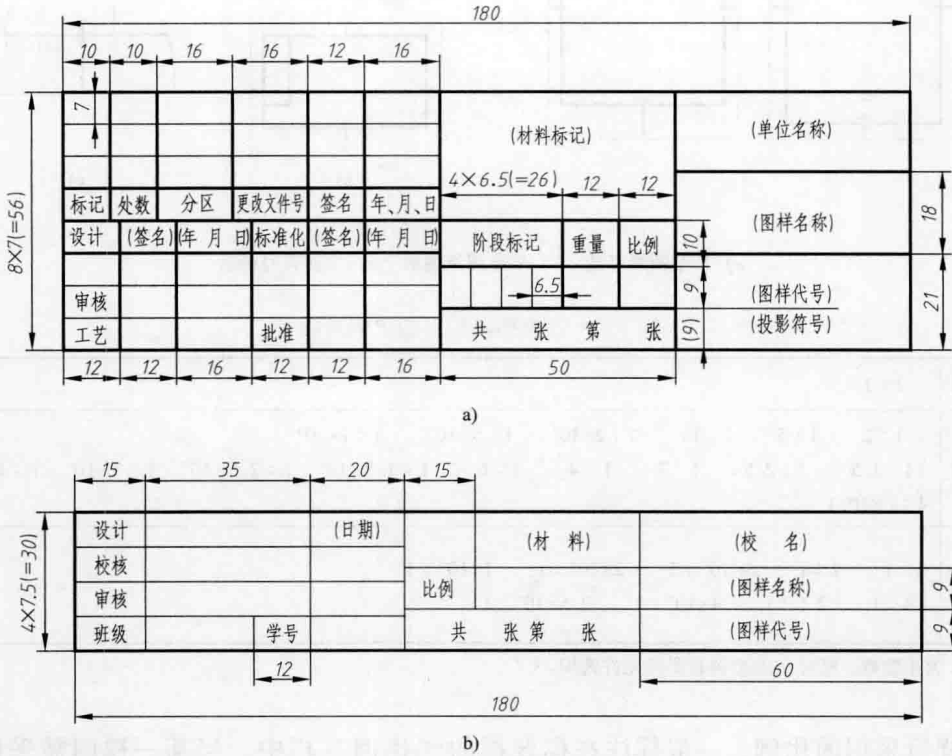


图 1-3 标题栏的格式与尺寸

a) 国家标准规定的标题栏 b) 简化的标题栏

一般情况下标题栏位于图纸右下角，看图方向与标题栏方向一致，即以标题栏中文字方向为看图方向。当标题栏的长边与图纸的长边平行时构成 X 型图纸，当标题栏的长边与图纸的长边垂直时构成 Y 型图纸，如图 1-2 所示。但有时为了利用预先印制好的图纸，允许将标题栏置于图纸右上角。此时，看图方向与标题栏方向不一致，需使用方向符号，如图 1-4 所示。方向符号为画在对中符号上的等边三角形，用细实线绘制，看图时应使其位于图纸下方。

### 1.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)

比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。绘制图样时，应按表 1-2 中选取适当的比例。且尽量选用原值比例。选用比例的原则是有利于图形的最佳表达和图纸的有效利用。不论采用何种比例，图样中所标注的尺寸数值都必须是实物的真实大小，与图形比例无关。

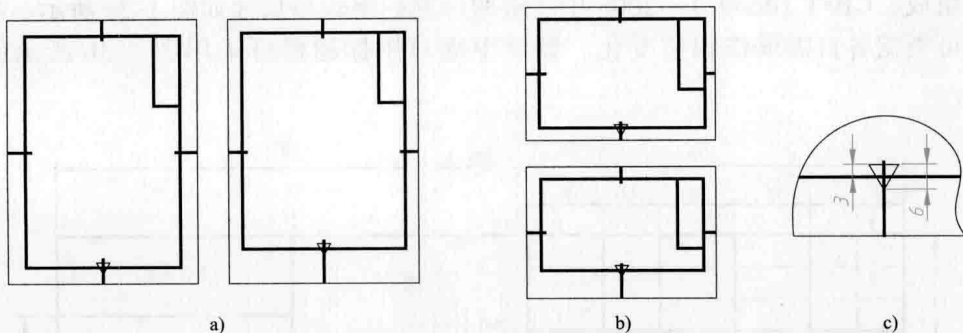


图 1-4 方向符号的画法及应用

a) X 型图纸竖放 b) Y 型图纸横放 c) 方向符号画法

表 1-2 国家标准规定的比例系列

原值比例	1 : 1									
缩小比例	1 : 2	1 : 5	1 : 10	1 : 2 × 10 <sup>n</sup>	1 : 5 × 10 <sup>n</sup>	1 : 1 × 10 <sup>n</sup>				
	(1 : 1.5)	1 : 2.5	1 : 3	1 : 4	1 : 6	1 : 1.5 × 10 <sup>n</sup>	1 : 2.5 × 10 <sup>n</sup>	1 : 3 × 10 <sup>n</sup>	1 : 4 × 10 <sup>n</sup>	1 : 6 × 10 <sup>n</sup>
放大比例	5 : 1	2 : 1	5 × 10 <sup>n</sup> : 1	2 × 10 <sup>n</sup> : 1	1 × 10 <sup>n</sup> : 1					
	(4 : 1)	2.5 : 1	4 × 10 <sup>n</sup> : 1	2.5 × 10 <sup>n</sup> : 1						

注:  $n$  为正整数, 括号中的比例必要时允许选用。

图样所采用的比例, 一般标注在标题栏的“比例”栏中。当某一视图需采用不同比例时, 必须另外注写在视图名称的下方或右侧, 如  $\frac{I}{2:1}$ 、 $\frac{A \text{ 向}}{1:100}$ 、 $\frac{B-B}{2.5:1}$ 、平面图 1 : 100。

### 1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)

#### 1. 基本要求

国家标准规定图样中的字体书写必须做到: 字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体高度 (用  $h$  表示) 的公称尺寸系列为: 1.8mm、2.5mm、3.5mm、5mm、7mm、10mm、14mm、20mm。字体的高度代表字体的号数。若需要书写更大的字体, 其字体高度应按照  $\sqrt{2}$  的比率递增。

汉字应写成长仿宋体, 并采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字高度  $h$  不应小于 3.5mm, 字宽一般为  $h/\sqrt{2}$ 。

字母和数字分为 A 型 (笔画宽  $h/14$ ) 和 B 型 (笔画宽  $h/10$ ) 两种, 可写成直体或斜体。斜体字字头向右倾斜, 与水平基准线成  $75^\circ$ 。在同一张图样里只允许采用同一型式的字体。

## 2. 字体示例

汉字

字体工整 笔画清楚 间隔均匀  
横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格

直体大写字母

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

斜体大写字母

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

斜体小写字母

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

直体、斜体阿拉伯数字

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0      1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

直体、斜体罗马数字


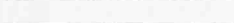

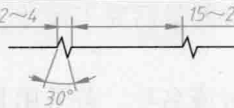
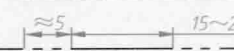


I II III IV V VI VII VIII IX X  
I II III IV V VI VII VIII IX X

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

## 1. 线型及应用

国家标准中规定了绘制机械图样常用的9种图线及应用,见表1-3。

表1-3 绘制机械图样常用的9种图线及应用

名称	线型	宽度	应用
粗实线		$d$	可见轮廓线、可见棱边线、剖切符号用线、螺纹长度终止线等
细实线		$d/2$	过渡线尺寸线和尺寸界线、剖面线、重合断面的轮廓线、指引线等
细虚线		$d/2$	不可见轮廓线、不可见棱边线
细点画线		$d/2$	对称中心线、轴线、分度圆(线)、孔系分布的中心线等
波浪线		$d/2$	断裂处边界线、视图与剖视图的分界线 <sup>①</sup>
双折线		$d/2$	断裂处边界线、视图与剖视图的分界线 <sup>①</sup>
细双点画线		$d/2$	相临辅助零件的轮廓线、轨迹线、可动零件的极限位置的轮廓线、成形前轮廓线等
粗虚线		$d$	允许表面处理的表示线
粗点画线		$d$	限定范围表示线

① 在一张图样上一般采用一种线型,即采用波浪线或双折线。

机械图样中采用粗细两种线宽。粗线的线宽  $d$  尺寸系列为 0.13mm、0.18mm、0.25mm、0.35mm、0.5mm、0.7mm、1mm、1.4mm、2mm，使用时根据图形的大小和复杂程度选定，优先选择 0.5mm 和 0.7mm 的线宽。细线的线宽为  $d/2$ 。

## 2. 图线画法

在同一图样中，同类图线的宽度应基本一致。两条平行线之间的最小距离不能小于图中的粗实线的宽度，且不小于 0.7mm。

虚线、点画线的线段长度和间隔应各自大致相等，其中的“点”应画成约 1mm 的短画。点画线的首末两端为长画，并超出所示轮廓线 2~5mm，当其较短时，可用细实线代替。

图样中，虚线、点画线与其他图线相交（或同种图线相交）时，应相交于长画，而不应相交于短画或间隔；虚线与其他图线相接时应留有空隙，当虚线在粗实线延长线上时，粗实线应画到分界点，虚线端处留出空隙与之相连。

当两种或两种以上图线重叠时，应按照粗实线、虚线、细点画线的顺序优先选取前面的一种。

图线用途示例如图 1-5 所示。

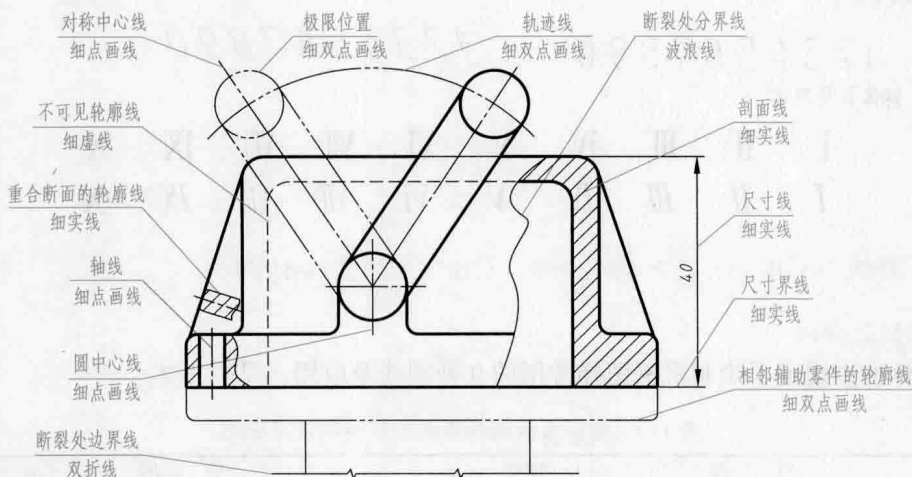


图 1-5 图线用途示例

## 1.1.5 尺寸标注 (GB/T 4458.4—2003)

### 1. 基本规则

1) 图样上所标注的尺寸应是机件的真实尺寸，且是机件的最后完工尺寸，与绘图比例和绘图精度无关。

2) 图样中的尺寸以毫米为单位时，不需要标注单位符号或名称，若采用其他单位，则应注明相应的单位符号。

3) 机件的每一个尺寸，一般只标注一次，且应标注在反映该结构最清晰的图形上。

### 2. 尺寸的组成

组成尺寸的要素有尺寸界线、尺寸线、尺寸数字及符号，如图 1-6 所示。

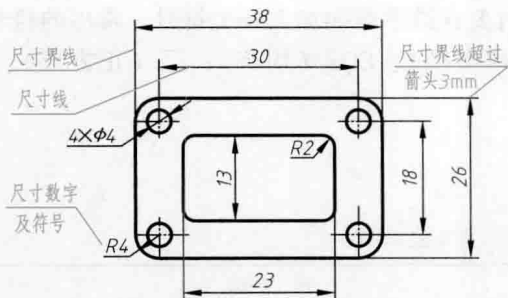


图 1-6 尺寸组成

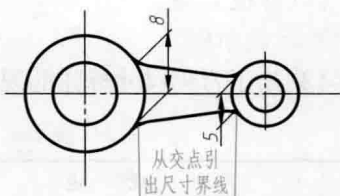


图 1-7 尺寸界线与尺寸线斜交情况

(1) 尺寸界线 尺寸界线表示尺寸的范围，用细实线绘制，并从图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出。也可以直接利用轮廓线、轴线或对称中心线作为尺寸界线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直，必要时才允许倾斜。在光滑过渡处标注尺寸时，应用细实线将轮廓线延长，从交点处引出尺寸界线，如图 1-7 所示。尺寸界线应超出尺寸线 3mm 左右。

(2) 尺寸线 尺寸线用细实线绘制，必须单独画出，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。尺寸线之间的间隔应均匀一致，一般大于 5mm。其终端有箭头和斜线两种形式，如图 1-8 所示。一般机械图样中采用箭头形式，土建图样中采用斜线形式。在同一张图样中，只能采用同一种尺寸终端形式。

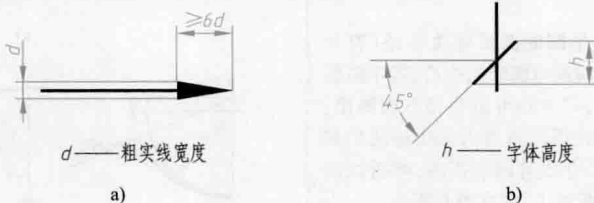


图 1-8 尺寸线终端

(3) 尺寸数字及符号 尺寸数字一般注写在尺寸线的上方，也允许注写在尺寸线的中断处。尺寸数字不可被任何图线所通过，无法避免时，必须将图线断开。尺寸数字的方向如图 1-9a 所示，应尽量避免在图示 30° 范围标注尺寸。如无法避免时，应按图 1-9b 所示的形式引出标注。

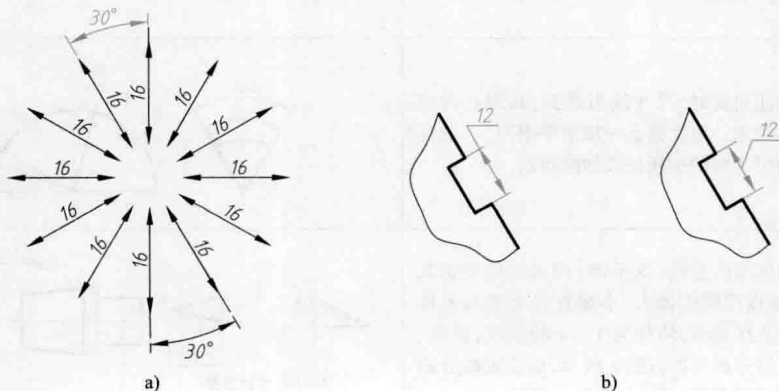


图 1-9 尺寸数字的方向

尺寸标注时根据所标注尺寸数字的含义,有时要在数字前面加上一个符号,常用的符号有 $\phi$ (直径)、 $R$ (半径)、 $S\phi$ (球直径)、 $SR$ (球半径)、 $EQS$ (均布)、 $\square$ (正方形)、 $t$ (厚度)、 $\downarrow$ (深度)等。

### 3. 尺寸标注示例

表 1-4 列出了常见尺寸标注的规定及示例。

表 1-4 常见尺寸标注的规定及示例

项目	规定	示例
线性尺寸	线性尺寸的尺寸线与所标注线段平行;连续尺寸的尺寸线应对齐;平行尺寸尺寸线间距相等,且遵循“小尺寸在里,大尺寸在外”的原则	
圆弧尺寸	<p>整圆和大于半圆的圆弧标注直径(符号<math>\phi</math>);不完整圆的直径尺寸线允许只画一个箭头,无箭头一端要通过中心并延伸少许,如右图 a 所示</p> <p>小于或等于半圆的圆弧标注半径(符号<math>R</math>),其尺寸线应通过圆弧的中心;若不需标出圆心位置时,尺寸线可沿半径方向画出;当半径过大或在图纸范围内无法标注出其圆心位置时,尺寸线可画成折线,将折线终点画在圆心坐标线上,如右图 b 所示</p>	
球面尺寸	标注球面的直径或半径,应在符号“ $\phi$ ”或“ $R$ ”前加注符号“ $S$ ”,如右图 a 所示;对于螺钉、铆钉的头部、轴(包括螺杆)及手柄的端部等,在不致引起误解时,可省略符号“ $S$ ”,如右图 b 所示	
角度尺寸	标注角度时,尺寸线为圆弧,其圆心为该角的顶角。角度数字一律水平书写,一般注写在尺寸线的中断处或如图所示	
斜度和锥度	斜度用两直线(或平面)间夹角的正切表示;锥度用圆锥体大、小端直径之差与锥体高度之比表示,均化为 $1:n$ 的形式;斜度、锥度符号画法如右图 a 所示,标注时符号的方向应与图形一致,如右图 b 所示	

(续)

项目	规定	示例
小尺寸	在没有足够的位置画箭头或注写数字时,可将箭头、数字如图布置。连续的小尺寸标注时,中间箭头可用斜线或圆点代替	

## 1.2 平面图形

### 1.2.1 平面图形的构形分析

平面图形的构成要素为直线段、圆弧和圆。每个要素之间相互关联,要确定平面图形,就要确定各要素的形状大小和它们的位置,即平面图形应有几何关系、尺寸及基准。

(1) 基准 确定平面图形及其要素位置的点和线,如同几何中的坐标系。一般选择较大圆的圆心、较长的水平线、垂直线或对称线交点作为坐标原点。

(2) 几何关系 各要素及相互之间的关系,如直线的水平或垂直状态、线段(直线或圆弧)的相切、两直线间的平行或垂直等。

(3) 尺寸 要素自身的形状、大小和要素间的相对距离(或角度),如圆弧的半径、线段的长度、圆心的位置、距离等。

图 1-10 所示的构形过程为:将大圆圆心作为基准与坐标原点重合,要素间的几何关系有两圆心在同一水平线上、两直线均为公切线,如图 1-10a 所示;有了几何关系限制,无论如何改变要素的大小和相对位置,均保持约束关系不变,如图 1-10b、c 所示;在此基础上加入尺寸,就唯一确定了该图形,如图 1-10d 所示。

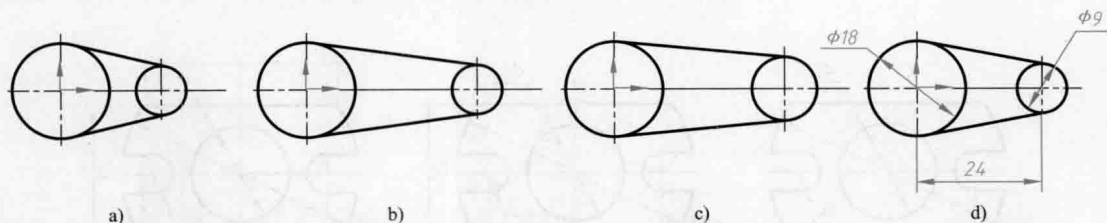


图 1-10 平面图形构形过程

### 1.2.2 平面图形的尺寸

平面图形由于几何关系约束、尺寸数量的不同呈现完全定义、欠定义和过定义等状态。完全定义是指有完整的约束条件和尺寸定义平面图形,平面图形唯一确定的状态。欠定义是指没有足够的约束条件和尺寸对平面图形进行全面定义,是平面图形的不确定状态。而过定义是指平面图形中存在重复或相互冲突的约束条件或尺寸,是不合理状态,必须去掉多余的约束和尺寸。平面图形设计完成时,图形应该是完全定义的,尺寸标注是关键所在。

确定平面图形的任何一个要素都需要一定数量的尺寸或几何关系,如圆需要圆心坐标  $x$ 、 $y$  及半径  $R$ ,直线则需要其上一点的坐标  $x$ 、 $y$  及直线方向或两点的坐标。各尺寸按其作用可分为定形尺寸和定位尺寸两种,而在标注和分析尺寸时,首先必须确定尺寸基准。

### 1. 尺寸基准

标注尺寸的起点称为尺寸基准。平面图形的尺寸基准有水平和竖直两个方向的基准,通常情况下与图形基准一致,如图 1-11 所示。同方向有一个主要基准,还可以有辅助基准。

### 2. 定形尺寸

确定图形形状大小的尺寸称为定形尺寸,如图 1-11 中的  $\phi 8$ 、 $\phi 20$ 、 $R15$ 、 $R12$ 、 $R50$ 、 $R10$ 、18 等。

### 3. 定位尺寸

确定平面图形各要素位置的尺寸,称为定位尺寸,如图 1-11 中的 8、75、 $\phi 30$  等,其中,尺寸 75 确定圆弧  $R10$  的位置, $\phi 30$  用来确定圆弧  $R50$  的圆心在垂直方向的位置。

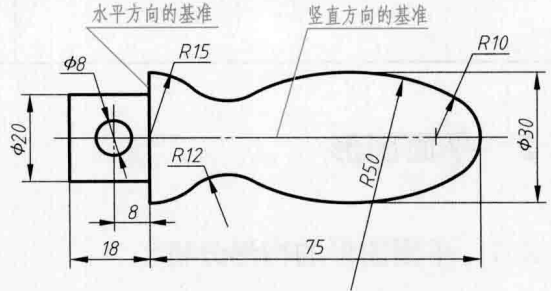


图 1-11 平面图形尺寸分析

图 1-12、图 1-13 所示为平面图形尺寸标注实例。

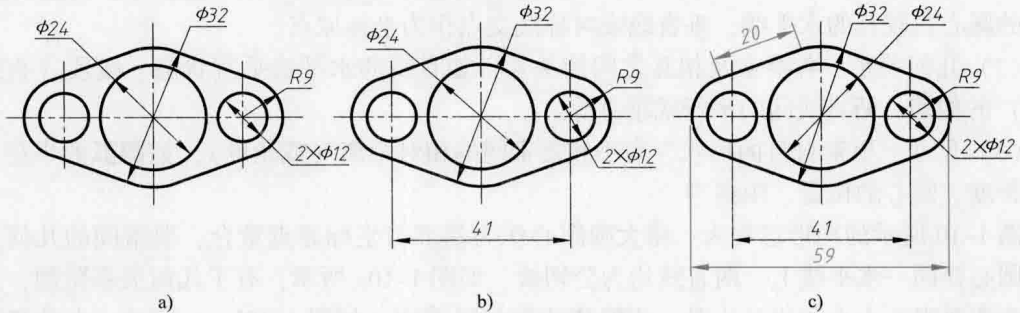


图 1-12 平面图形尺寸标注实例 (一)

a) 欠定义 b) 完全定义 c) 过定义

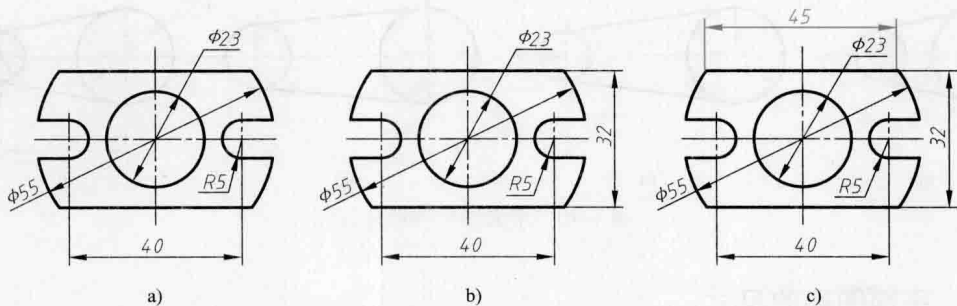


图 1-13 平面图形尺寸标注实例 (二)

a) 欠定义 b) 完全定义 c) 过定义

## 1.2.3 平面图形的画图步骤

组成平面图形的各线段根据其尺寸数量的不同可分为:已知线段(全部尺寸均已知)、



中间线段（少一个尺寸，但有一个几何关系）和连接线段（少两个尺寸，但有两个几何关系）。在两个已知线段之间，必须有且只能有一条连接线段，否则会产生欠定义或过定义情况。画图时，应首先确定基准，然后按已知线段、中间线段、连接线段的顺序作图。

图 1-11 所示的平面图形的画图步骤如下：

- 1) 基准线为水平轴线和较长的直线，如图 1-14a 所示。
- 2) 画已知线段左端矩形， $\phi 8$  的圆及  $R15$ 、 $R10$  的圆弧，如图 1-14b 所示。
- 3) 画中间线段  $R50$ 。利用其与  $\phi 30$  直线及  $R10$  圆弧相切的几何关系确定其圆心， $R10$  与  $R50$  圆弧的分界点（连接点）在两圆心连线的延长线上，如图 1-14c 所示。
- 4) 最后画连接线段  $R12$ 。利用两个几何关系即与  $R50$  和  $R15$  同时相切，如图 1-14d 所示。

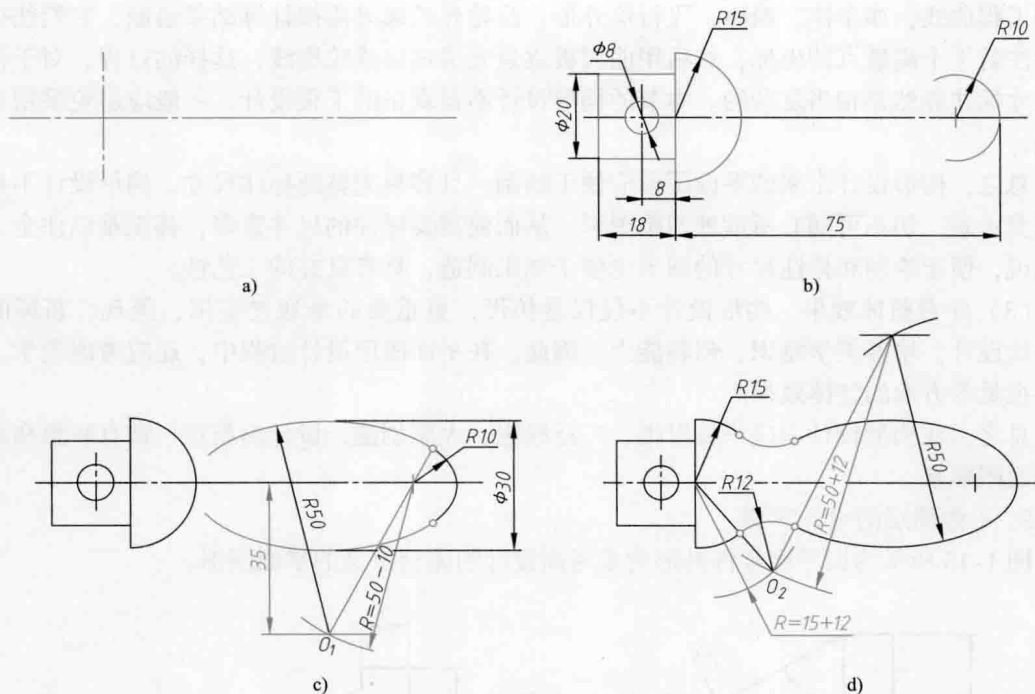


图 1-14 平面图形画图步骤

a) 确定基准 b) 绘制已知线段 c) 绘制中间线段 d) 绘制连接线段、完成图形

#### 1.2.4 平面图形构形设计

##### 1. 平面图形构形设计的常用原则

(1) 构形应表达功能特征 平面图形构形主要是进行轮廓特征设计，其表达的对象往往是工业产品、设备、工具，如运输设备（车、船或飞行器类）、生产设备、仪器仪表、电器、机器人等。几何图形形状组合的依据，来源于对丰富的现有产品的观察、分析与综合，整个图形的构成应能充分地表达功能特征。在日常生活中，经常使用的自行车、汽车、家具、家用电器、绘图工具等，都可作为平面图形设计的素材，如图 1-15 所示的实例。

(2) 便于绘图与标注尺寸 在平面图形构形设计中，应尽可能考虑用常用的平面图形来构成，便于图形的绘制和标注尺寸。因图形是制造的依据，所以设计的平面图形必须标注