

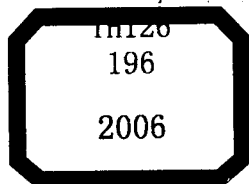
普通高等教育规划教材

现代机械制图

谢 军 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育规划教材

现代机械制图

主 编 谢 军

副主编 王国顺



机械工业出版社

本教材以三维建模为主线,本着空间想象可视化的基本思路,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,强化草图训练,淡化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。

本教材选用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,本教材在附录中介绍了 AutoCAD 的应用。

本教材配有习题集及光盘,光盘含有教材使用说明、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/谢军主编. —北京:机械工业出版社,2006.9

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-19920-0

I. 现... II. 谢... III. 机械制图—高等学校—教材

IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 111653 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:张祖凤

封面设计:鞠 杨

责任印制:杨 曦

北京蓝海印刷有限公司印刷

2006 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15.75 印张 · 388 千字

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线(010)88379711

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着 CAD 技术的快速发展与应用,工程制图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,而是培养目标的改变。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。问题是在 CAD 三维设计全面进入企业之前,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,如何能培养学生三维设计能力与二维表达能力并举,这就给我们的制图课教学提出新的要求。

为迎接信息时代对制图课程的挑战,我们于 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。在 2001 级作了三维建模的试点教学,并在 2003 级进行了全面教改实践。在此基础上,编写了本教材及与之配套的习题集。

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,同时注重培养二维图形表达能力。

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,学生在不知不觉中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) 基于特征的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) 通过画二维草图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(Pro/E、I-DEAS 等)进行数据交换。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 1 章、第 3 章、第 4 章、第 6 章)、王国顺(第 2 章、第 8 章、第 9 章装配体建模部分)、朱静(第 5 章、第 10 章)、宋淑娥(第

IV

7 章)、程静(第 9 章装配图部分)、张凤莲(附录),成都理工大学曾兵(附录 AutoCAD 部分),大连大学丁子佳(第 4 章的部分)。由谢军任主编,王国顺任副主编,高中保任主审。

本教材从编写到出版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,宋景凯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,在此一并表示衷心的感谢。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),在此谨向有关作者表示谢意。

本次编写工作是在自编校内教材《新编计算机机械制图》基础之上修订完成的,限于我们水平和教改实践的局限,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
2006 年 5 月

目 录

前言

第1章 机械制图的基本知识1	第7章 零件图138
1.1 常用的机械制图国家标准.....1	7.1 零件图的内容.....138
1.2 平面图形.....8	7.2 零件的表达.....139
1.3 仪器绘图方法.....12	7.3 零件图的尺寸标注.....147
1.4 徒手绘图方法.....13	7.4 零件图的技术要求.....151
1.5 用计算机绘制平面图形.....15	7.5 读零件图.....159
第2章 三维建模21	第8章 标准件与常用件164
2.1 概述.....21	8.1 螺纹紧固件.....164
2.2 基本立体.....24	8.2 键与键联结.....168
2.3 组合体.....28	8.3 销和销连接.....170
第3章 工程图的投影基础37	8.4 齿轮和齿轮啮合.....172
3.1 投影法的基本知识.....37	8.5 弹簧.....177
3.2 基本几何元素的投影.....42	8.6 滚动轴承.....181
3.3 基本几何元素的相对位置关系.....55	第9章 装配体建模与装配图185
3.4 平面与立体相交.....60	9.1 装配体建模.....185
3.5 两立体表面相交.....67	9.2 爆炸视图的生成.....190
3.6 辅助投影.....73	9.3 装配图的内容.....192
第4章 组合体投影图77	9.4 装配图的画法.....197
4.1 组合体投影图的画图步骤.....77	9.5 读装配图及拆画零件图.....203
4.2 组合体的尺寸标注.....79	第10章 轴测投影图208
4.3 组合体投影图的识读.....82	10.1 轴测投影的基本知识.....208
4.4 组合体构形设计.....87	10.2 正等轴测图的画法.....210
4.5 用计算机生成投影图.....91	10.3 斜二轴测图的画法.....215
第5章 图样的基本表示方法95	10.4 轴测剖视图.....216
5.1 视图.....95	附录219
5.2 剖视图.....98	附录A 标准结构.....219
5.3 断面图.....105	附录B 标准件.....222
5.4 其他表达方法.....108	附录C 轴、孔的极限偏差.....230
5.5 用计算机生成各种表达图.....112	附录D 推荐选用的配合.....234
第6章 零件建模118	附录E 滚动轴承.....236
6.1 零件的结构分析.....118	附录F 常用材料名称及牌号.....238
6.2 典型零件建模.....122	附录G Solidworks 常用命令.....239
6.3 零件的设计技巧.....132	附录H AutoCAD 2004 基础.....243
	参考文献246

第 1 章 机械制图的基本知识

本章主要介绍常见的《机械制图》国家标准，平面图形的构成及画法，在平面图形画法中重点介绍用 SolidWorks 绘图软件绘制平面图形的方法。

1.1 常用的机械制图国家标准

工程图样是信息的载体，是表达设计思想、进行技术交流的工具，是工程界共同的技术语言。《机械制图》国家标准是绘制工程图样的根本依据。本节根据最新的《机械制图》、《技术制图》及《CAD 工程制图》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

1. 图纸幅面 (GB/T 14689—1993)

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。

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。其格式分为留装订边与不留装订边两种，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 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。

3. 标题栏

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—1989 规定其格式和尺寸如图 1-3a 所示。教学中练习用标题栏可采用图 1-3b 所示的简化形式。

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。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。

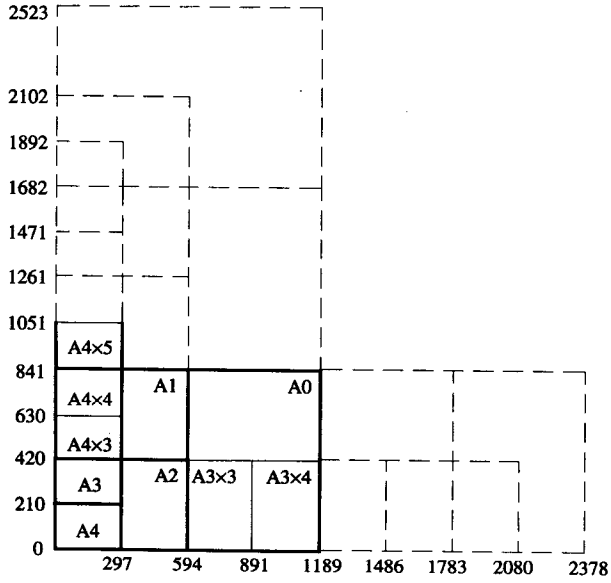


图 1-1 图幅尺寸及加长

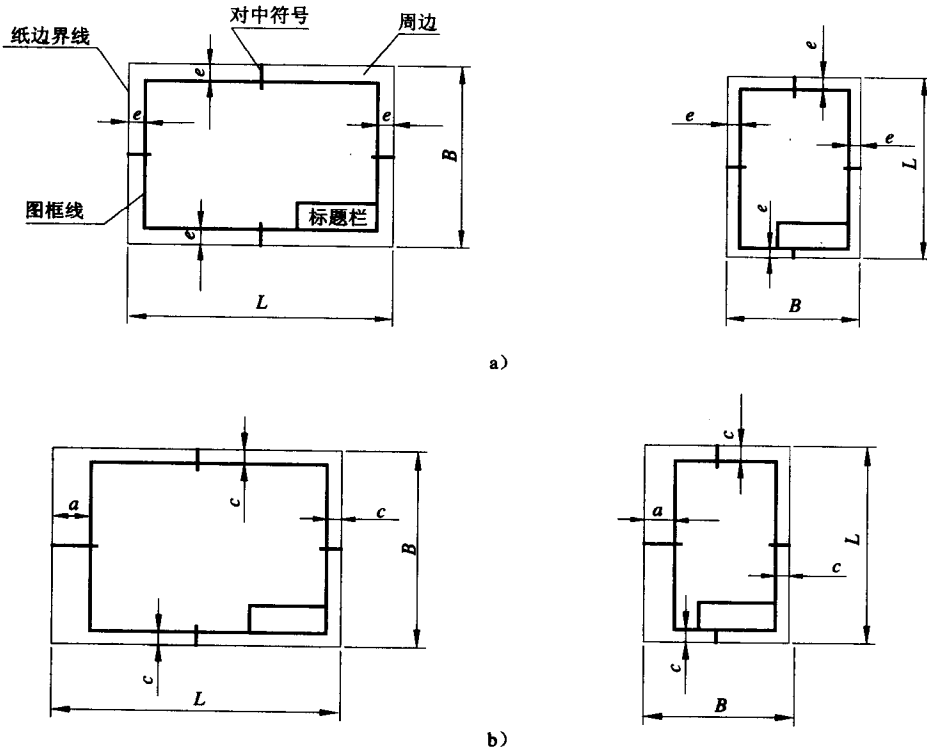


图 1-2 图框格式

a) 不留装订边的图框格式 b) 留有装订边的图框格式

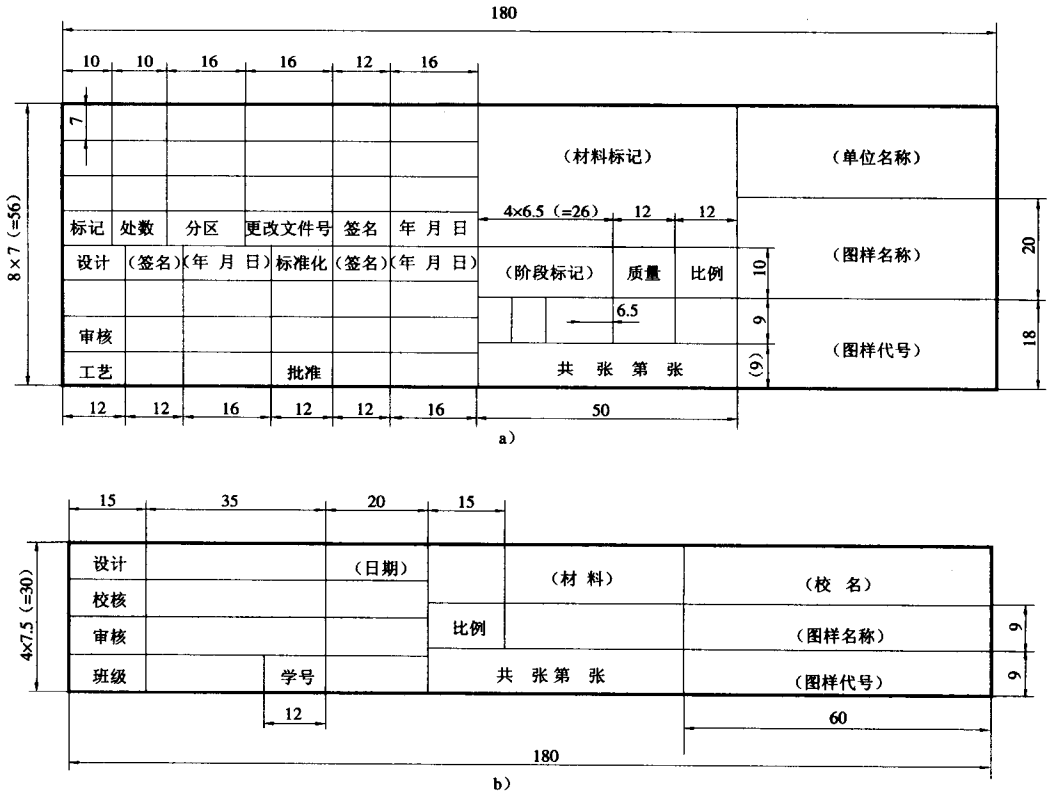


图 1-3 标题栏的尺寸与格式

a) 国家标准规定的标题栏格式 b) 简化的标题栏格式

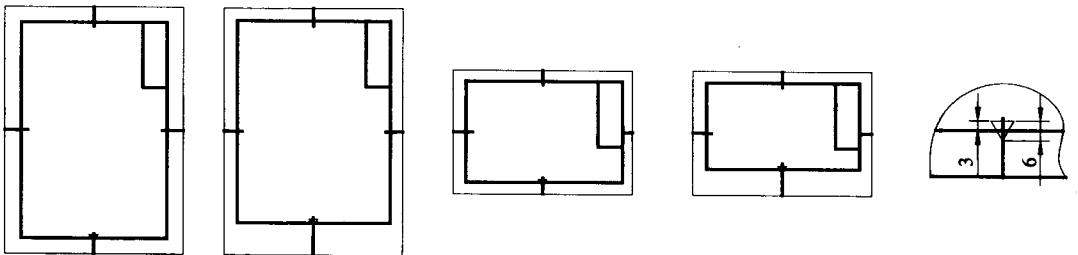


图 1-4 对中符号的画法及应用

1.1.2 比例

比例 (GB/T 14690—1993) 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。

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 ⁿ 1:5×10 ⁿ 1:1×10 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	5:1 2:1 5×10 ⁿ :1 2×10 ⁿ :1 1×10 ⁿ :1 (4:1 2.5:1 4×10 ⁿ :1 2.5×10 ⁿ :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目中，必要时可注写在视图名称的下方或右侧，如 I/2:1、A/1:100、平面图 1:100。

1.1.3 字体

国家标准（GB/T 14691—1993）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：1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20mm。字体的高度代表字体的号数。

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，与水平成 75°。

GB/T 13362.4—1992 中规定，CAD 工程图中长仿宋体字体文件名为 HZCF*。

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





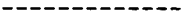


1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

1.1.4 图线

绘制机械图样常用的图线（GB/T 4457.4—2002，GB/T 18229—2000）及其在 CAD 工程图中的颜色规定见表 1-3。

表 1-3 常用线型名称、宽度及主要用途

名称	型式	代码	主要用途	颜色
粗实线		01.2	可见轮廓线、可见棱边线、剖切符号用线、螺纹长度终止线	白色
细实线		01.1	尺寸线、尺寸界线、剖面线、重合断面轮廓线、指引线	绿色
波浪线		01.1	断裂处边界线、视图与剖视图的分界线	
双折线		01.1	断裂处边界线、视图与剖视图的分界线	
细虚线		02.1	不可见轮廓线、不可见棱边线	黄色
细点画线		04.1	对称中心线、轴线、分度圆（线）、孔系分布的中心线	红色
细双点画线		05.1	相邻辅助零件的轮廓线、轨迹线、可动零件极限位置的轮廓线、成形前轮廓线	粉红色

注：1. 机械图样中采用粗细两种线宽，它们之间的比例为 2:1。线宽尺寸系列 0.13、0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、1、1.4、2mm，使用时根据图形的大小和复杂程度选定。在同一图样中，同类图线的宽度应一致。

2. 细点画线的首末两端为长画，并超出所示轮廓线 3~5mm，当其较短时，可用细实线代替。

3. 画圆的对称中心线时，两条细点画线在圆心处应是长画相交。用计算机绘图时，应画圆心符号“+”。

图线用途示例如图 1-5 所示。

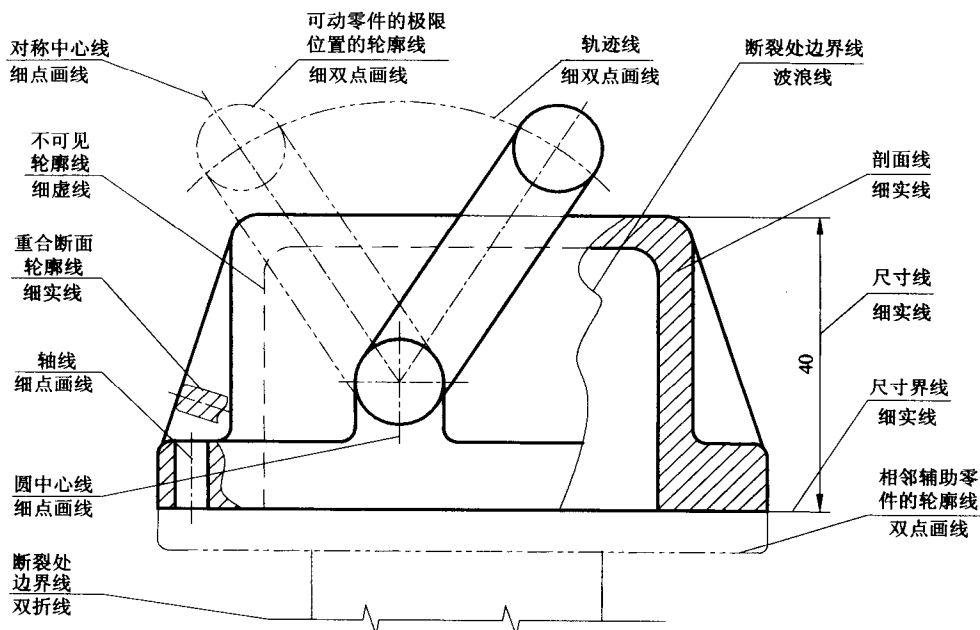


图 1-5 图线的用途

1.1.5 尺寸标注

1. 尺寸标注 (GB/T 4458.4—2003) 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。

(1) 尺寸界线 尺寸界线用细实线绘制, 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。

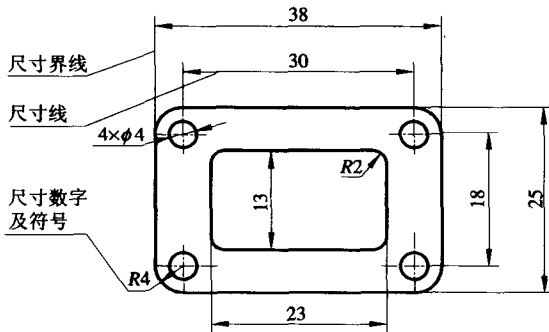


图 1-6 尺寸组成

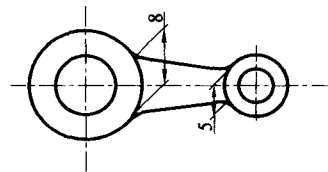


图 1-7 尺寸界线与尺寸线斜交情况

(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。在同一张图纸中, 只能采用同一种尺寸终端形式。

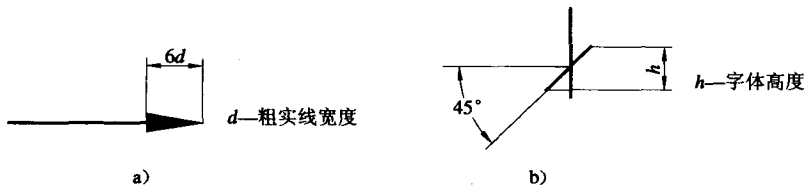


图 1-8 尺寸线终端

(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 1-9 所示, 应尽量避免在图示 30° 范围标注尺寸。

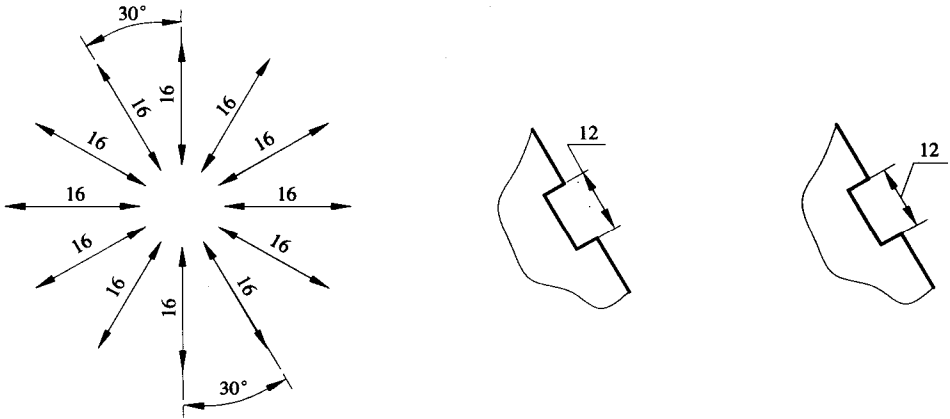


图 1-9 尺寸数字方向

尺寸标注时常用的符号有 ϕ (直径)、 R (半径)、 $S\phi$ (球直径)、 SR (球半径)、 EQS (均布)、 \square (正方形)、 t (厚度)、 ∇ (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	整圆和大于半圆的圆弧标注直径; 小于或等于半圆的圆弧标注半径	
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	

项目	规定	示例
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、锥度符号的方向应与图形一致	
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;在此基础上加入尺寸,就惟一确定了该图形,如图 1-10d 所示。

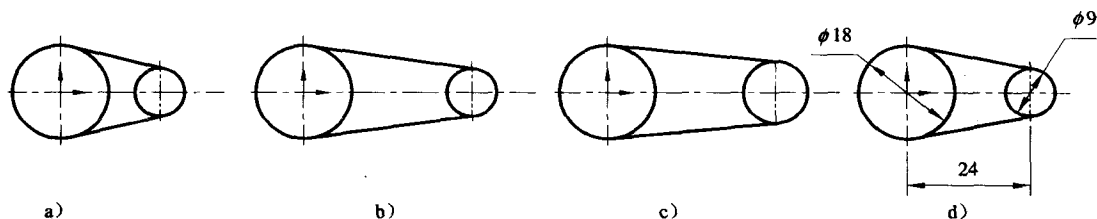


图 1-10 平面图形构形过程

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，平面图形惟一确定的状态。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。

确定图形形状大小的尺寸称为定形尺寸，如图 1-11 中的 $\phi 5$ 、 $\phi 20$ 、 $R15$ 、 $R12$ 、 $R50$ 、 $R10$ 、18 等。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。

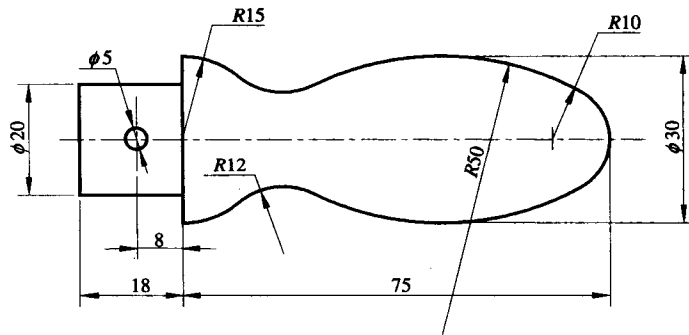


图 1-11 平面图形尺寸分析

图 1-12、图 1-13 所示为平面图形尺寸标注实例。

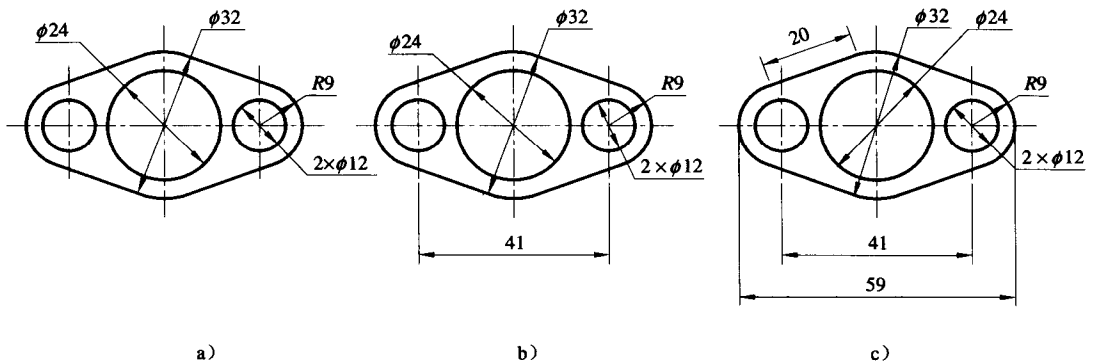


图 1-12 平面图形尺寸标注实例（一）

a) 欠定义 b) 完全定义 c) 过定义

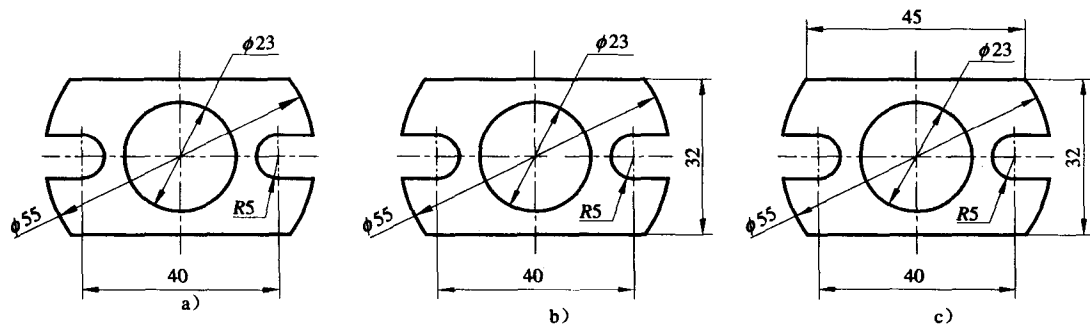


图 1-13 平面图形尺寸标注实例(二)

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， $\phi 5$ 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。

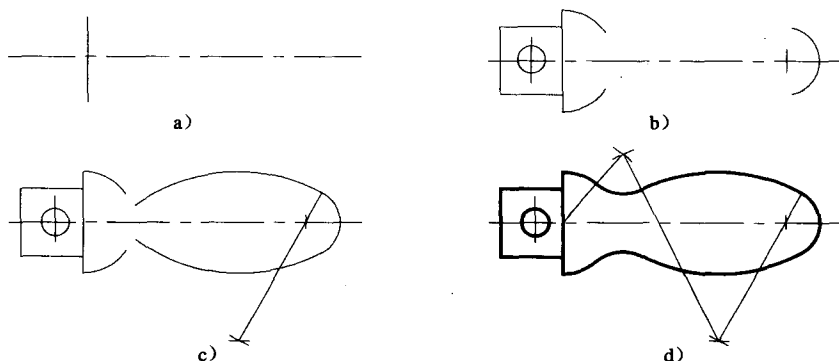


图 1-14 平面图形画图步骤

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。

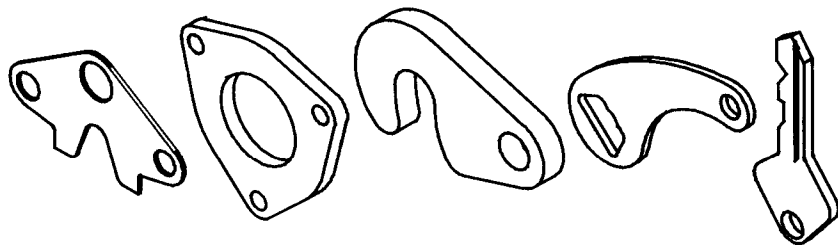


图 1-15 构形设计参考实例

(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全部尺寸，即做到完全定义。

对于非圆曲线（如椭圆）要简化成圆弧连接作图，也必须标注需要的全部特征尺寸。有些工程曲线，如车体、船体、飞行器外形、凸轮外轮廓等需按计算结果绘制，它们往往需要标注若干个离散点的坐标，然后用曲线板逐点光滑连接成轮廓线，这样的过程，对于作图和尺寸标注显然是相当复杂的。本节的构形设计不是真正的工程设计，一般应避免采用自由曲线。

总之，构形设计出来的平面图形应便于绘制，且容易完整地标注尺寸。构形设计不是一般的美术画，切不可随心所欲地勾画图形，从而使需要标注的尺寸繁多，甚至难以注全。一般地说，便于绘制和标注尺寸的图形也便于加工制造，具有良好的工艺性。

(3) 注意整体效果 构形设计不仅仅是仿形，更重要的是通过实用、美观、新颖的几何形状设计，培养美学意识、创新能力。因此，在平面图形设计过程中，还应考虑美学、力学、视觉等方面的整体效果。

总之，在构形设计中应积极思维、广泛联想、大胆创造，设计出新颖、富有联想和寓意的平面图形来。

2. 平面图形的设计实例

图 1-16 所示为以平面零件外形为参考而设计的完全定义的平面图形。

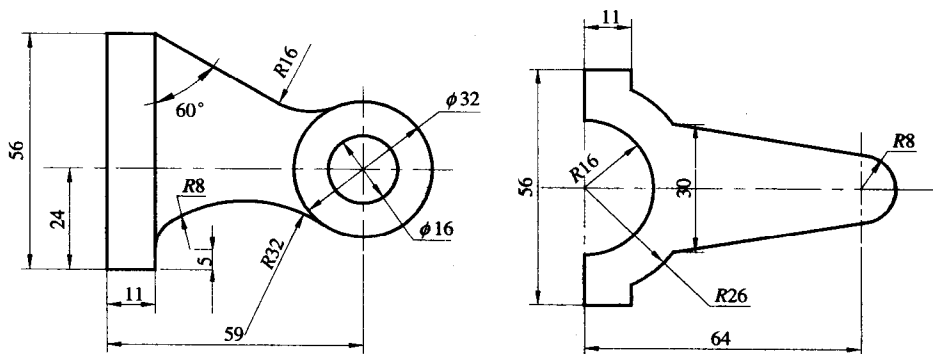


图 1-16 平面图形的设计实例