

工程制图与 计算机辅助设计

GONGCHENG ZHITU YU JISUANJI
FUZHU SHEJI

胡正飞 窦军 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等学校教材

工程制图与计算机辅助设计

胡正飞 窦 军 主编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程制图与计算机辅助设计/胡正飞, 窦军主编. —北京: 人民邮电出版社, 2006.8
高等学校教材

ISBN 7-115-14910-0

I. 工... II. ①胡...②窦... III. 工程制图: 计算机制图—高等学校—教材

IV. TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 067831 号

内 容 提 要

本书是根据电子信息科学与工程类专业特点, 结合最新颁布的国家标准编写而成的, 内容精练实用。

全书共分 9 章。内容包括: 制图的基本知识, 投影的基本原理及三视图, 组合体视图及尺寸标注, 机件常用的表达方法, 轴测图, 标准件和常用件, 零件图, 装配图以及计算机辅助设计等。

本书使用较大篇幅讲述计算机辅助设计软件 Mechanical Desktop 2004 的操作和使用方法, 包括: 二维图形实体的绘制与编辑, 三维参数化设计的概念, 定义特征截面轮廓, 草图特征、放置特征、工作特征的创建与编辑, 以及工程图的创建。

与本书配套的《工程制图与计算机辅助设计练习册》(胡正飞、窦军主编) 同时由人民邮电出版社出版。

本书可作为高等院校电子类专业的工程制图教材, 也可供其他专业师生和工程技术人员参考使用。

高等学校教材

工程制图与计算机辅助设计

◆ 主 编 胡正飞 窦 军

责任编辑 滑 玉

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

河北三河市海波印务有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 14.75

字数: 353 千字

印数: 1—3 000 册

2006 年 8 月第 1 版

2006 年 8 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-115-14910-0/TP · 5491

定价: 20.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

编 者 的 话

本书是根据我校近几年教学改革成果,并广泛吸纳电子信息科学与工程类专业工程制图教学改革实践经验的基础上编写而成的,适用于电子信息类各专业的制图教学,也可供其他专业师生或工程技术人员使用和参考。

本书的主要特点:

1. 突出画图、读图能力的培养。这是编写本书的核心所在,为此坚持以掌握概念、注重应用、培养能力为主线。在课程体系和编排次序上,遵循“必需、够用”原则,做到重点突出,循序渐进,符合认知规律,方便教学。

2. 按照国家颁布的制图标准制图,凡在定稿前颁布的最新国家标准,均在本书中予以贯彻。

3. 重点突出,内容明确,适应专业要求。编写过程中,注重电子信息类专业学时少的特点,保证重点及基础内容,删除延伸性的内容,使本书精练实用。如标准件、常用件等部分突出了画法与标注的要求,降低了理论要求,以适应电子类专业特点。

4. 突出现代计算机辅助设计手段的应用。本书采用较大的篇幅讲述基于特征的三维参数化设计软件 Mechanical Desktop 2004。Mechanical Desktop 2004 的优点在于,它既具有强大的二维制图功能,也具有很强的三维参数化设计能力,适应画图、读图能力并重的培养目标,非常适合电子信息类各专业工程技术人员使用。在内容上编排了大量的实例,通过上机操作,读者可以很快掌握计算机辅助设计(CAD)应用的基本技能和知识。

本书还有配套的练习册,编排了较多的题目,以便于选用。

全书共分九章,由胡正飞和窦军主编。参加本书编写工作的有胡正飞、窦军、张爱琳和赵文法。其中,胡正飞编写了第1、2、3、9章,窦军编写了第4、5、6章,张爱琳编写了第7章,赵文法编写了第8章。全书绘图工作由胡正飞承担,窦军协助并校对。东南大学顾玉坚教授审阅了全书,并提出了许多宝贵建议。在本书编写过程中,参考借鉴了其他院校的一些教材和经验,在此表示诚挚谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在缺点和错误,欢迎读者和同行批评指正。

编 者

2006年2月

绪 论

一、图样及其在生产中的用途

根据投影原理、标准或有关规定,表示工程对象,并有必要的技术说明的图,称为图样。

在现代生产活动中,无论是机器、仪器、电子设备等的设计、制造与维修,还是船舶、桥梁、房屋等工程的设计和建造,都必须通过图样才能进行。设计人员通过图样来表达设计意图;制造和施工人员依照图样进行制造与建造;使用者通过图样了解其构造和性能,掌握正确的使用和维护方法。因此,图样是生产中的重要技术文件,是传递技术信息和设计思想的媒介与工具,是工程界的技术语言。凡是从事工程技术工作的人员,都必须具备绘制和阅读图样的能力。

不同专业或行业使用不同的图样,如机械图样、建筑图样、水利图样、电气图样等。用来表示机器、仪器、电子设备的图样,称为机械图样。机械制图就是研究绘制与识读机械图样的基本原理和方法的一门学科。

二、本课程的主要任务和要求

本课程是以图样为主,专门研究用正投影法绘制工程图样,以及解决空间几何问题的理论和方法,并且对手工绘图和计算机辅助设计进行初步训练,是一门理论与实践并重的技术基础课。

本课程的主要任务及要求是:

- (1) 掌握正投影的基本理论及其应用。
- (2) 培养初步的空间形象思维能力。
- (3) 培养手工绘制、计算机绘制工程图样和阅读工程图样的初步能力。
- (4) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

三、本课程的学习方法

本课程是一门实践性很强的课程,学习时应注意下列各点:

(1) 掌握理论,融会贯通。必须掌握正投影的原理及作图方法,做到理解透彻,触类旁通,在此基础上灵活运用这些概念和方法进行解题。

(2) 认真听课,及时复习。听课要抓住基本概念、基本理论,要特别注意老师的分析和作图,并在听课中积极思考,课后及时复习。

(3) 做好作业,多画多看。只有通过画图和看图实践才能掌握本课程的主要内容。因此,在学习本课程时,必须完成一系列的制图作业,丝毫马虎不得。要多画多看,多思多想,画图和看图相结合,逐步提高空间思维能力。

(4) 与计算机辅助设计手段相结合。随着科学技术的发展,各种图示表达的形式和手段发生了许多变化,计算机辅助设计技术在各工程领域中得到了应用。但计算机辅助设计技术的应用并不意味着不必学习投影理论,恰恰相反,作为一名设计者必须十分娴熟地掌握投影基本原理、有关技术制图和机械制图的国家标准,才能使用计算机正确地绘制工程图样。应积极将计算机辅助设计方法应用于工程图学习过程中。

目 录

第 1 章 制图的基本知识	1
1.1 国家标准有关制图的一般规定	1
1.1.1 GB/T 14689—1993 技术制图的图纸幅面尺寸和图框格式	1
1.1.2 GB/T 14690—1993 技术制图比例	2
1.1.3 GB/T 14691—1993 技术制图字体	3
1.1.4 GB/T 17450—1998、GB/T 4457.4—2002 技术制图图线	4
1.1.5 GB/T 16675.2—1996、GB/T 4458.4—2003 机械制图尺寸注法	5
1.1.6 GB/T 14665—1998 机械工程 CAD 制图规则	7
1.2 基本绘图工具的使用	11
第 2 章 投影的基本原理及三视图	13
2.1 投影的基本知识	13
2.1.1 投影法	13
2.1.2 平行投影的一般特性	14
2.2 三视图	15
2.2.1 三视图的形成	15
2.2.2 三视图的投影规律	17
2.3 点的投影	17
2.3.1 点在三投影面体系中的投影	17
2.3.2 根据点的两个投影求第三投影	18
2.3.3 点的投影和直角坐标	19
2.3.4 两点的相对位置及重影点判别	21
2.3.5 点的无轴投影图	22
2.4 直线的投影	23
2.4.1 各种位置直线的投影特性	24
2.4.2 直线上的点	28
2.4.3 两直线的相对位置	30
2.5 平面的投影	32
2.5.1 各种位置平面的投影特性	33
2.5.2 平面上的直线和点	36
2.6 立体的投影	39
2.6.1 平面立体	39
2.6.2 曲面立体	41
2.7 平面与立体相交	45

2.7.1 平面与平面立体相交	46
2.7.2 平面与曲面立体相交	47
2.8 两曲面立体相交	53
2.8.1 相贯线的性质和作图方法	53
2.8.2 两个曲面立体相贯的几种情况	56
2.8.3 相贯线的简化画法	56
第3章 组合体视图及尺寸标注	58
3.1 组合体的组合形式及分析	58
3.1.1 组合体的组合形式	58
3.1.2 组合体的形体分析	59
3.2 组合体三视图的画法	60
3.2.1 形体分析	61
3.2.2 选择主视图	61
3.2.3 选择比例, 确定图幅	62
3.2.4 画图步骤	62
3.3 组合体的尺寸标注	63
3.3.1 基本形体的尺寸标注	64
3.3.2 组合体的尺寸标注	66
3.4 看组合体视图的方法	68
3.4.1 看图时的注意事项	68
3.4.2 形体分析法	69
3.4.3 线面分析法	71
第4章 机件常用的表达方法	73
4.1 视图	73
4.1.1 基本视图	73
4.1.2 辅助视图	74
4.2 剖视图	75
4.2.1 剖视图的概念	76
4.2.2 剖视图的画法	76
4.2.3 常用的几种剖视图	78
4.2.4 剖视图的尺寸标注	82
4.3 剖面图	82
4.3.1 移出剖面	83
4.3.2 重合剖面	83
4.4 局部放大图和简化画法	83
4.4.1 局部放大图	83
4.4.2 简化画法	84

第5章 轴测图	86
5.1 轴测图的基本知识	86
5.1.1 轴测图的形成	86
5.1.2 轴向变化率	87
5.1.3 轴测图的投影特性	87
5.2 正等轴测图的画法	87
5.2.1 常用的正等测图画法	88
5.2.2 圆的正等测图画法	90
5.2.3 组合体正等测图画法	92
5.3 斜二测图的画法	93
第6章 标准件和常用件	96
6.1 螺纹及螺纹紧固件	96
6.1.1 螺纹	96
6.1.2 螺纹紧固件及其装配画法	100
6.2 键	103
6.3 销	105
6.4 齿轮	105
6.4.1 直齿圆柱齿轮的几何要素	105
6.4.2 直齿圆柱齿轮的尺寸计算	107
6.4.3 直齿圆柱齿轮的规定画法	107
第7章 零件图	110
7.1 零件图的视图选择	110
7.1.1 主视图的选择原则	110
7.1.2 其他视图的选择原则	112
7.2 零件图的尺寸标注	112
7.2.1 尺寸标注的要求	112
7.2.2 尺寸基准	112
7.2.3 尺寸标注	113
7.3 零件的技术要求	115
7.3.1 公差与配合	115
7.3.2 表面粗糙度	119
7.3.3 热处理知识简介	122
7.4 零件的分类与分析	122
7.4.1 轴套类零件	123
7.4.2 薄板类零件	123
7.4.3 箱座类零件	123

7.4.4 接合类零件	124
7.4.5 型材类零件	125
7.5 看零件图的方法	127
第8章 装配图	128
8.1 装配图的基本内容	128
8.2 装配图的规定画法与特殊画法	129
8.2.1 规定画法	130
8.2.2 特殊画法	130
8.3 看装配图的方法	131
8.3.1 看装配图的一般步骤	131
8.3.2 看装配图示例	132
第9章 计算机辅助设计	134
9.1 Mechanical Desktop 2004 基本概念	134
9.1.1 操作界面简介	134
9.1.2 模型空间与图纸空间	136
9.1.3 AutoCAD 图形实体的基本特性	137
9.1.4 命令输入方法	140
9.1.5 点输入方法	141
9.1.6 目标捕捉模式	142
9.1.7 AutoCAD 辅助绘图功能	144
9.1.8 校正错误	145
9.1.9 用户坐标系与观察视角	146
9.2 AutoCAD 基本图形实体的绘制与编辑	149
9.2.1 绘制直线 (Line)	149
9.2.2 绘制圆和圆弧 (Circle、Arc)	150
9.2.3 修剪二维图形 (Trim)	152
9.2.4 圆角命令 (Fillet)	153
9.2.5 偏移命令 (Offset)	154
9.2.6 修改图形特性 (Properties)	155
9.3 MDT 三维参数化造型基础	163
9.3.1 参数化造型概念	163
9.3.2 参数化造型基本步骤	164
9.3.3 参数化造型简单实例	165
9.4 定义截面轮廓	166
9.4.1 定义截面轮廓	167
9.4.2 约束截面轮廓	168
9.5 草图特征	174

9.5.1 拉伸特征.....	174
9.5.2 旋转特征.....	176
9.5.3 扫掠特征.....	177
9.5.4 放样特征.....	178
9.6 工作特征.....	179
9.6.1 工作点.....	180
9.6.2 工作轴.....	180
9.6.3 工作平面.....	181
9.7 编辑特征.....	191
9.8 放置特征.....	193
9.8.1 打孔.....	194
9.8.2 倒角.....	196
9.8.3 圆角.....	197
9.8.4 抽壳.....	198
9.9 工程图.....	199
9.9.1 绘图设定.....	199
9.9.2 创建视图.....	200
9.9.3 编辑视图.....	205
9.9.4 在工程图中修改零件模型.....	208
9.9.5 控制工程图中驱动尺寸显示.....	209
9.9.6 整理工程图.....	210
9.9.7 创建参考尺寸.....	211
附录 A 螺纹.....	214
A.1 普通螺纹.....	214
A.2 普通螺纹的基本尺寸.....	215
A.3 非螺纹密封的管螺纹.....	215
附录 B 螺纹联接件.....	217
B.1 六角头螺栓.....	217
B.2 螺钉.....	218
B.3 垫圈.....	219
附录 C 公差与配合.....	220
附录 D 表面粗糙度.....	225
参考文献.....	226

第 1 章 制图的基本知识

1.1 国家标准有关制图的一般规定

图样是工程界指导生产和进行技术交流的语言。为了统一图样的画法,提高生产效率,便于技术管理和国内外技术交流,国家标准对图样的内容、格式和表达方法等都做了统一的规定。

本节仅介绍国家标准《技术制图》和《机械制图》中的部分内容。

1.1.1 GB/T 14689—1993 技术制图的图纸幅面尺寸和图框格式

1. 图纸幅面尺寸

为了便于图纸的装订和保存,绘制图样时应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面尺寸。

表 1-1 图纸基本幅面尺寸和图框尺寸					单位: mm
幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
尺寸(B×L)	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
<i>a</i>	25				
<i>c</i>	10		5		
<i>e</i>	20		10		

2. 图框格式

(1) 需要装订的图样,其图框格式如图 1-1 所示。不需要装订时四周边界与图框线之间距离都用 *e*。

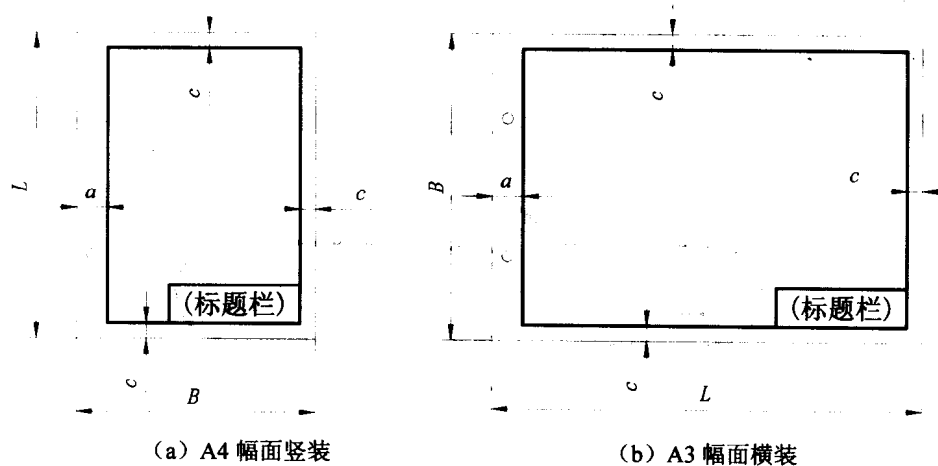


图 1-1 需装订图样的图框格式

(2) 图框线一律用粗实线绘制。

(3) 每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏的格式和尺寸按 GB 10609.1—1989 的规定，学校的制图作业简化采用图 1-2 所示的格式。

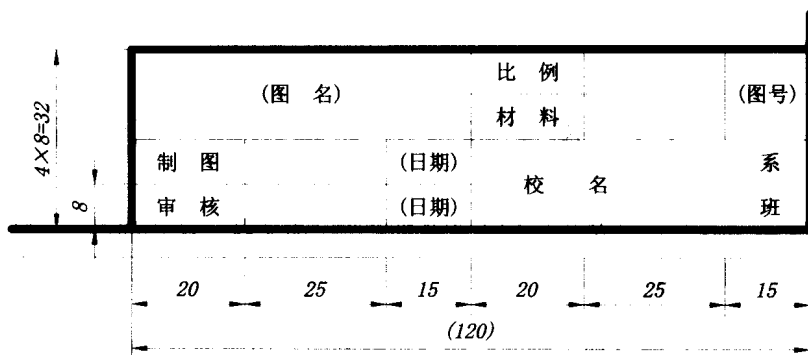


图 1-2 标题栏格式

1.1.2 GB/T 14690—1993 技术制图比例

图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例。

需要按比例绘制图样时，应优先考虑在表 1-2 规定的系列中选取适当的比例。

表 1-2 比 例

种 类	比 例				
原值比例	1 : 1				
放大比例	2 : 1	5 : 1	$2 \times 10^n : 1$	$5 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$
缩小比例	1 : 2	1 : 5	$1 : 2 \times 10^n$	$1 : 5 \times 10^n$	$1 : 1 \times 10^n$

注：n 为正整数

标注方法：比例符号应以“：”表示。例如，1 : 1、1 : 5、2 : 1 等。

比例一般应标注在标题栏中的比例栏内。必要时，可在视图名称的下方或右侧标注比例，例如， $\frac{I}{2:1}$ 、 $\frac{A向}{1:5}$ 、 $\frac{B-B}{5:1}$ 等。

不论采用放大还是缩小绘制，在标注尺寸时必须标注机件的实际尺寸，如图 1-3 所示。

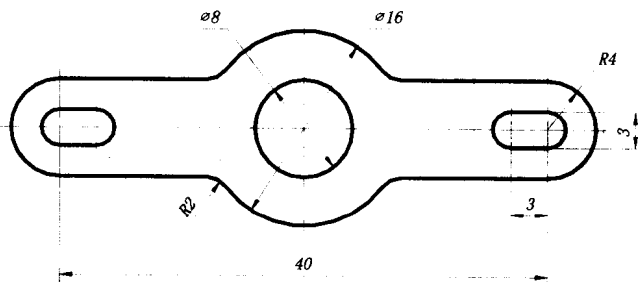


图 1-3 不同比例绘制的同一图形的尺寸标注

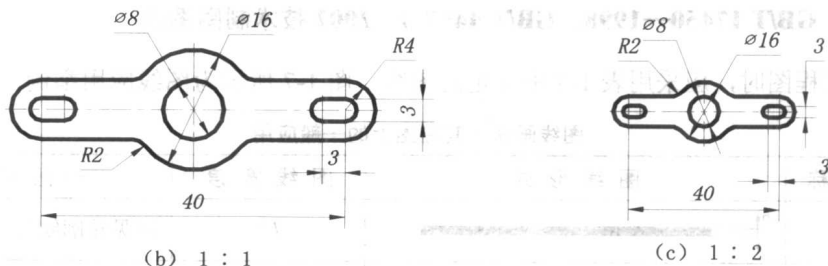


图 1-3 不同比例绘制的同一图形的尺寸标注 (续)

1.1.3 GB/T 14691—1993 技术制图字体

图样和技术文件中书写的汉字、数字和字母都必须做到：字体工整，笔画清楚，间隔均匀，排列整齐。

汉字应写成长仿宋体，并采用国家正式公布的简化字。

字体的号数，就是字体的高度(用 h 表示)，其公称尺寸系列为：20mm、14mm、10mm、7mm、5mm、3.5mm，共 6 种（字母、数字增加 2.5mm、1.8mm 两种号数），字体的宽度为 $\frac{h}{\sqrt{2}}$ 。

书写长仿宋字的要领是：横平竖直，注意起落，结构均匀，填满方格，如图 1-4 所示。

字体工整 笔画清楚
间隔均匀 排列整齐

(a) 10号字

横平竖直注意起落结构均匀填满方格

(b) 7号字

图 1-4 长仿宋字体字例

字母、数字可写成斜体和直体。斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成 75° ，如图 1-5 所示。直体字如图 1-6 所示。

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
 $\alpha \beta \gamma \delta$ 0123456789

图 1-5 斜体字母、数字写法示例

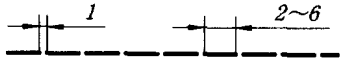
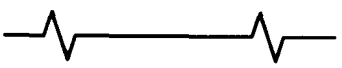
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
 $\alpha \beta \gamma \delta$ 0123456789

图 1-6 直体字母、数字写法示例

1.1.4 GB/T 17450—1998、GB/T 4457.4—2002 技术制图图线

绘制工程图时,应采用表 1-3 中规定的图线。图 1-7 所示为图线应用举例。

表 1-3 图线画法及其在图上的一般应用

图线名称	图线形式	图线宽度	一般应用
粗实线		b^*	可见轮廓线等
细实线		约 $\frac{b}{3}$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、引出线等
虚线		约 $\frac{b}{3}$	不可见轮廓线等
细点划线		约 $\frac{b}{3}$	轴线、对称中心线等
双点划线		约 $\frac{b}{3}$	假想投影轮廓线、极限位置的轮廓线等
波浪线		约 $\frac{b}{3}$	断裂处边界线
双折线		约 $\frac{b}{3}$	较长断裂处边界线等
粗点划线		b	有特殊要求的线或表面的表示线

*: b 的宽度应按图形的大小和复杂程度在 0.5~2.0mm 内选取

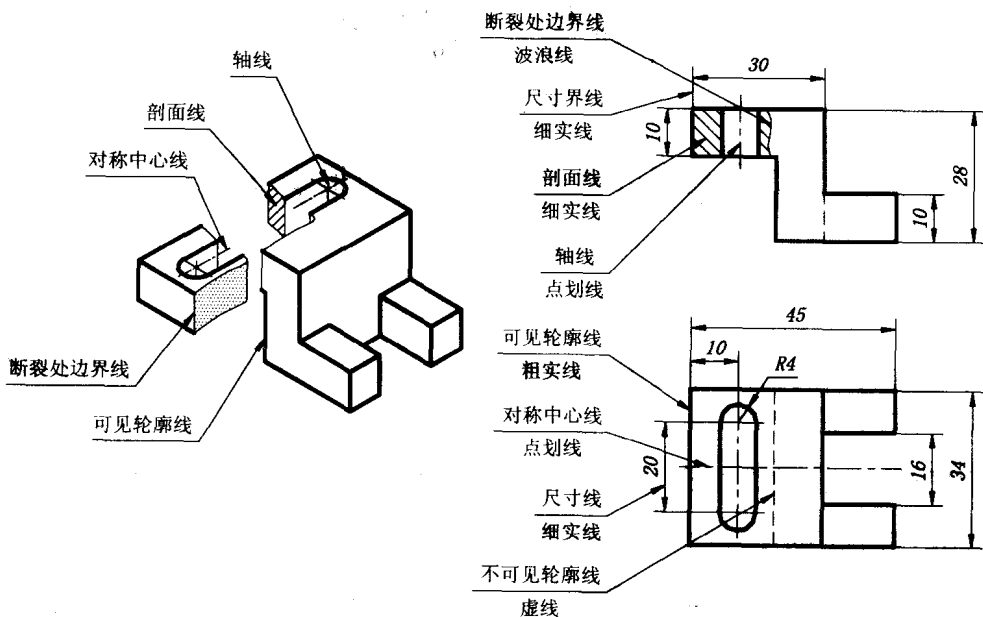


图 1-7 图线应用举例

图线的正确画法如图 1-8 所示。

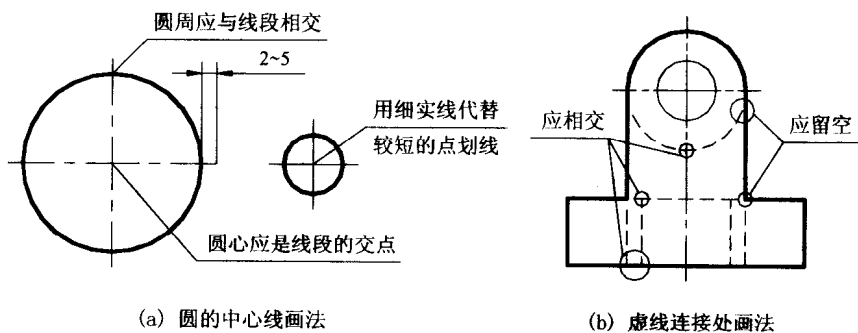


图 1-8 图线的正确画法

绘制图线时应注意下列事项。

- (1) 在一张图样中，同一种图线的宽度（粗细）应基本一致。
- (2) 虚线、点划线及双点划线的线段长短和间隔应各自大致相等，且点划线和双点划线的首末两端应是线段，而不是点。
- (3) 绘制图的中心线时，相交处应为线段的交点。
- (4) 当虚线与虚线（或其他图线）相交时，必须是线段相交；当虚线成为粗实线的延长线时，则虚线在连接处应当留空隙。

还必须注意，当图中的粗实线、虚线、点划线相重合时，应按粗实线、虚线、点划线的次序优先画出。

1.1.5 GB/T 16675.2—1996、GB/T 4458.4—2003 机械制图尺寸注法

图形（投影图）只表示机件的形状，而其大小需用尺寸表示。因此，尺寸是工程图样不可缺少的重要部分。

1. 基本规则

机件的真实大小应以图样上所注尺寸数值为依据，与图形大小及绘图的准确度无关。

图样中的尺寸均以 mm 为单位，且不需标注单位名称，如采用其他单位时，则必须注明。

机件的每一尺寸，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. 常用的尺寸注法

图样上所注的每一个尺寸，一般由以下 4 个部分组成：尺寸界线，尺寸线，箭头，尺寸数字。其相互间的关系如表 1-4 中的图例所示。

表 1-4 除列出了尺寸界线、尺寸线、尺寸数字的含义及用法外，还列举了一些常用尺寸注法。

表 1-4

尺寸标注的一般规则

项目	说 明	图 例
尺寸界线	(1) 尺寸界线用来指明所标注的尺寸范围 (2) 用细实线绘制 (3) 自图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出, 也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线 (4) 尺寸界线一般应与尺寸线垂直 (5) 尺寸界线一般应超出箭头 2~3mm	
尺寸线	(1) 尺寸线用细实线, 两端用箭头指向尺寸界线 (2) 尺寸线不能用其他线条代替, 也不能与其他图线重合或在其延长线上, 尽量避免与其他图线相交 (3) 线性尺寸的尺寸线必须与所标注的线段平行	注: b 为粗实线宽度
尺寸数字	(1) 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。当位置不够时也可引出标注。在同一份图样中, 应采用同一种注写方式	
尺寸数字	(2) 线性尺寸数字一般应以标题栏为准, 水平尺寸的数字应在尺寸线的上方, 且字头向上; 铅垂尺寸的数字应在尺寸线的左方, 且字头向左; 其他倾斜方向的尺寸数字字头应有向上的趋势。应尽量避免在图示 30° 范围内标注尺寸, 无法避免时应按图 (b) 引出标注	
	(3) 尺寸数字不允许有任何图线通过。如有通过数字的图线必须断开	

续表

项目	说 明	图 例
角 度	(1) 角度的尺寸界线沿径向引出 (2) 尺寸线是以角顶为圆心的圆弧 (3) 尺寸数字一律水平标注。一般写在尺寸线的中断处,必要时可以写在尺寸线的上方或外面,也可以引出标注	
圆 弧 与 球 面	(1) 圆或大于半圆的圆弧,标注直径尺寸,并在数字前加注符号“ ϕ ”。等于半圆或小于半圆的圆弧应标注半径尺寸,并在数字前加注符号“ R ”。尺寸线应通过圆心并在指向圆弧的一端画出箭头	
	(2) 标注球面的直径或半径时应在“ ϕ ”或“ R ”前再加写字母“ S ”。在不致引起误解时,“ S ”可省略	
小 尺 寸 与 小 圆 弧	在没有足够位置画箭头和标注数字时,箭头可画在外面或用圆点代替,尺寸数字可写在外面或引出标注	

1.1.6 GB/T 14665—1998 机械工程 CAD 制图规则

GB/T14665 规定了机械工程中用计算机辅助设计 (CAD) 时的制图规则。适用于在计算机及其外围设备中进行显示、绘制、打印的机械工程图样及有关技术文件。在使用计算机辅助设计时,有关图线、字体等方面,除了应符合有关前述标准规定外,还应尽量遵守《GB/T14665 机械工程 CAD 制图规则》的规定。

1. 图线

在使用 CAD 技术绘制工程图样时,所有图线不仅应符合 GB/T 17450 标准规定,还应遵循下述规定。

(1) 图线组别

为了便于机械工程的 CAD 制图需要,将 GB/T17450 中所规定的 8 种线型的线宽分为以下几组,见表 1-5。一般优先采用第 4 组。