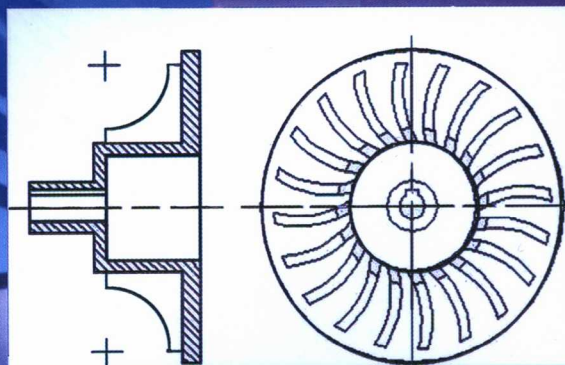
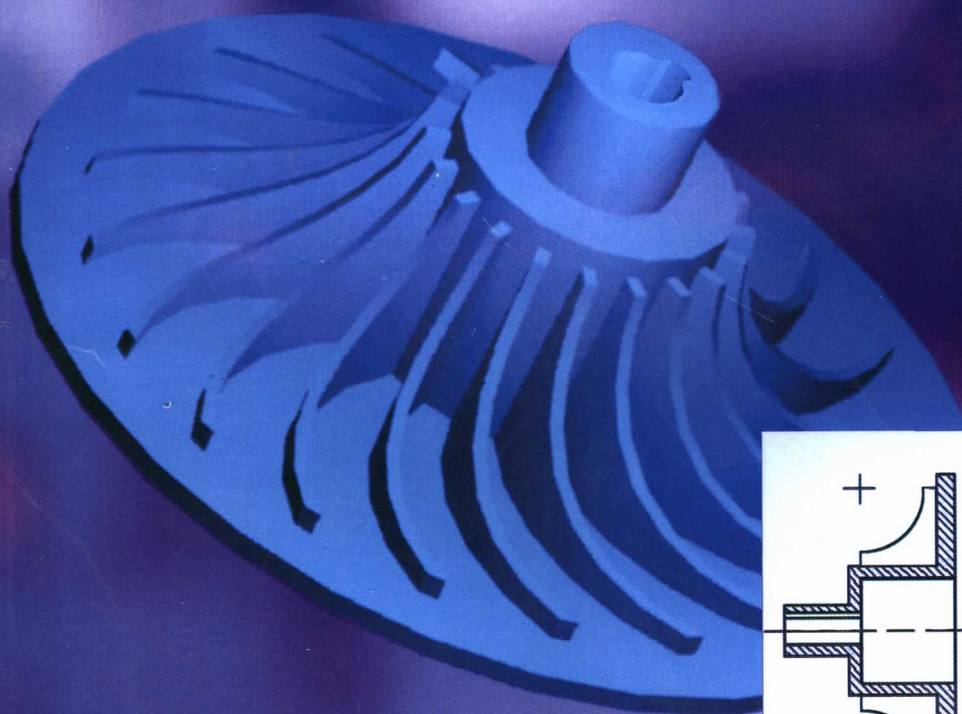


高等教育教材

# 机械制图与计算机绘图

齐宏 编著



高等教育教材

# 机械制图与计算机绘图

齐宏 编著

中国标准出版社

北京

## 内 容 简 介

按照国家培养数控专业紧缺人才计划,识图和计算机绘图是学生完成后续课程学习不可或缺的最基本能力。本书整合了计算机绘图和机械制图课程教学内容,对图层、纵冠矢坐标系统、右手定则等概念进行了界定,对图形逻辑运算的数学基础进行了必要的补充,并结合计算机绘图发展现状,增加了 AutoCAD 二次开发内容简介。

按照教学计划培养识图和计算机绘图技能要求的规定,结合数控技术发展现状,本书选用了 AutoCAD2007 版本,并着重介绍 AutoCAD 成型版本的基本操作功能。

本书分 9 章,分别是计算机绘图的基本知识、基本线条绘制、基本图形编辑与投影图、组合体的基本绘图、组合体的图形编辑(包括块与外部参照)、绘制零件图及标注、绘制装配图与图形输出、计算机绘图发展及其二次开发,以及常用件、标准件绘制及 AutoLISP 绘图程序。

本书适合高等教育(本科)和高等职业教育(高专)机械设计及自动化、数控技术专业使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制图与计算机绘图/齐宏编著. —北京:中国标准出版社,2007

ISBN 978-7-5066-4727-4

I. 机… II. 齐… III. ①机械制图-高等学校-教材②自动绘图-高等学校-教材 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 171880 号

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

开本 787×1092 1/16 印张 14.5 字数 338 千字

2007 年 11 月第一版 2007 年 11 月第一次印刷

\*

定价 22.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

# 前 言

本书是参照中央广播电视大学数控专业教学计划和《机械制图》课程教学大纲编写的。

按照国家培养数控专业紧缺人才的需求,作为传统基础课程的《机械制图》教学定位应该转变为培养学生的识图和计算机绘图两项基本能力,这也是后续课程学习中不可或缺的最基本能力要求。

为了方便开展计算机绘图的教学,解决当前计算机绘图和机械制图课程缺少知识整合的现状,作为传统机械制图课程的补充内容,特撰写本教材。本教材对以前计算机绘图教材中不明确的内容进行了必要的补充界定,例如明确“图层”概念、引进人体坐标系统的定义、补充图形逻辑运算的数学依据等。

本书采用了一种全新的体例,对计算机绘图的知识体系按照二维绘图与编辑、三维绘图与编辑和零件图与装配图重新组合为3个部分,这样能够和《画法几何与机械制图》课程的教学设计相对应。对于传统制图教学没有的内容,本书将其归类,穿插在相应的章节中,例如图层的概念归于传统制图教学的图纸线条标准介绍类,将其放在了基本绘图方法部分;图块和外部参照概念归于图形编辑类,将其放在三维图形编辑部分;标注属于图纸规范,将其放在零件图部分。从内容上,本书弱化了装配图教学,故将图纸输出放在装配图部分。

本书的最后是计算机绘图发展史和 AutoCAD 二次开

发技术,这种编排避免了传统教材开始的空洞概述,更能引起学生重视,便于学生在有了计算机绘图技术基础后真正培养软件开发能力。这也体现出本课程作为一门伴随新技术发展而不断发展的基础科学的特点。

考虑到软件技术的发展和教学实际,本书选用了 AutoCAD2007 版本,它对于培养教学计划规定的技能是完全够用的。为了适应具有 AutoCAD 较旧版本知识基础的学生的学习,本书还在附录中增加了 2007 版与 2000 版命令及其调用的对照表。对于采用新版本的教学,例如 AutoCAD2008 将会成为部分教学班使用的更高版本,其新开发的功能不在本教学要求之内。

本书分 9 章,分别是计算机绘图的基本知识、基本线条绘制、基本图形编辑与投影图、组合体的基本绘图、组合体的图形编辑(含块与外部参照)、绘制零件图及标注、绘制装配图与图形输出、计算机绘图发展及其二次开发,以及常用件、标准件绘制及 AutoLISP 绘图程序。其中,\* 部分作为选修部分。

本书由北方工业大学张超英教授审稿并得到他的真诚帮助,在此表示深深的感谢。

由于时间仓促,本教材内容呈现比较简单,学生可以采用上机实习的方式体会和掌握教学内容。至于错误和不妥之处,欢迎批评指正。

齐 宏

2007 年 10 月

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第 1 章 计算机绘图的基本知识 .....    | 1  |
| 1.1 画法几何基本知识 .....        | 1  |
| 1.1.1 工程图样 .....          | 1  |
| 1.1.2 投影法 .....           | 1  |
| 1.2 计算机绘图系统与课程的学习方法 ..... | 4  |
| 1.2.1 计算机绘图系统 .....       | 4  |
| 1.2.2 本课程的学习方法 .....      | 5  |
| 1.3 AutoCAD 系统 .....      | 7  |
| 1.3.1 AutoCAD 软件系统 .....  | 7  |
| 1.3.2 AutoCAD 系统的文件 ..... | 8  |
| 1.4 用户界面 .....            | 9  |
| 1.4.1 用户界面 .....          | 9  |
| 1.4.2 设置绘图范围和绘图单位 .....   | 10 |
| 1.5 绘图辅助工具的使用 .....       | 10 |
| 1.6 图层和图层管理 .....         | 11 |
| 1.6.1 图层(Layer)的概念 .....  | 11 |
| 1.6.2 对图层的基本操作 .....      | 11 |
| 1.6.3 图层的属性 .....         | 11 |
| 1.7 图形缩放、平移、保存及退出 .....   | 12 |
| 1.7.1 缩放 .....            | 12 |
| 1.7.2 平移 .....            | 12 |
| 1.7.3 文件保存 .....          | 12 |
| 1.7.4 退出 AutoCAD 系统 ..... | 13 |
| 1.7.5 键盘快捷方式 .....        | 13 |
| 本章小结 .....                | 14 |
| 思考与练习 .....               | 14 |
| 第 2 章 基本线条绘制 .....        | 16 |
| 2.1 坐标系统和坐标数据输入 .....     | 16 |
| 2.1.1 坐标系统 .....          | 16 |
| 2.1.2 坐标数据输入 .....        | 16 |
| 2.2 基本线条画法 .....          | 17 |

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| 2.2.1 工程图样的线条·····           | 17        |
| 2.2.2 AutoCAD 线条功能及其操作·····  | 18        |
| 本章小结·····                    | 30        |
| 思考与练习·····                   | 30        |
| <b>第3章 基本图形编辑与投影图</b> ·····  | <b>33</b> |
| 3.1 图形编辑的基本功能·····           | 33        |
| 3.1.1 创建选择集·····             | 34        |
| 3.1.2 复制对象·····              | 34        |
| 3.1.3 阵列·····                | 35        |
| 3.1.4 对象本身的编辑·····           | 36        |
| 3.1.5 对象尺寸的编辑·····           | 38        |
| 3.1.6 其它编辑命令·····            | 42        |
| 3.1.7 修改对象特性·····            | 42        |
| 3.2 域与域运算·····               | 42        |
| 3.2.1 布尔运算的概念·····           | 42        |
| 3.2.2 创建面域(定义域)·····         | 43        |
| 3.2.3 并运算·····               | 44        |
| 3.2.4 差运算·····               | 44        |
| 3.2.5 交运算·····               | 44        |
| 3.3 综合例题·····                | 45        |
| 3.4 投影图绘制·····               | 48        |
| 3.4.1 计算机绘图技术与传统绘图课程的差别····· | 48        |
| 3.4.2 求点、线、面的空间位置·····       | 48        |
| 3.4.3 空间实体的投影·····           | 48        |
| 3.4.4 求截交线·····              | 50        |
| 本章小结·····                    | 51        |
| 思考与练习·····                   | 51        |
| <b>第4章 组合体的基本绘图</b> ·····    | <b>53</b> |
| 4.1 机械制图与机械 AutoCAD·····     | 53        |
| 4.2 正等轴测图·····               | 54        |
| 4.2.1 计算机绘图中的轴测图·····        | 54        |
| 4.2.2 轴测图作图实例·····           | 55        |
| 4.3 三维立体·····                | 57        |
| 4.3.1 计算机绘图的坐标系统·····        | 57        |
| 4.3.2 用户坐标系与右手定则·····        | 57        |

|            |                   |           |
|------------|-------------------|-----------|
| 4.3.3      | 罗盘法设置观察视点         | 60        |
| 4.3.4      | 绘制三维曲线、曲面         | 60        |
| 4.4        | 创建基本三维实体          | 63        |
| 4.4.1      | 创建立方体             | 63        |
| 4.4.2      | 创建楔形实体            | 63        |
| 4.4.3      | 创建圆柱实体(包括椭圆柱)     | 64        |
| 4.4.4      | 其它创建实体命令          | 64        |
| 4.4.5      | 拉伸对象创建实体          | 65        |
| 4.5        | 利用基本三维实体工具的实例     | 66        |
|            | 本章小结              | 68        |
|            | 思考与练习             | 69        |
| <b>第5章</b> | <b>组合体的图形编辑</b>   | <b>71</b> |
| 5.1        | 三维图形编辑            | 71        |
| 5.1.1      | 三维旋转              | 71        |
| 5.1.2      | 三维镜像              | 72        |
| 5.1.3      | 三维阵列              | 73        |
| 5.1.4      | 对齐与倒角             | 75        |
| 5.2        | 三维实体的布尔运算         | 77        |
| 5.2.1      | 并运算               | 77        |
| 5.2.2      | 差运算               | 77        |
| 5.2.3      | 交运算               | 78        |
| 5.3        | 实体显示控制变量及实体三维显示   | 78        |
| 5.3.1      | 控制变量              | 78        |
| 5.3.2      | 着色、消隐与渲染          | 79        |
| 5.3.3      | 3D Orbit(三维动态观察器) | 80        |
| 5.4        | 三维实体作图基本步骤        | 81        |
| 5.5        | 综合例题              | 83        |
| 5.6        | 块                 | 88        |
| 5.6.1      | 块的概念              | 88        |
| 5.6.2      | 定义图块(创建内部块)       | 88        |
| 5.6.3      | 生成外部块(写块)         | 90        |
| 5.6.4      | 块的属性              | 91        |
| 5.6.5      | 块操作               | 92        |
| 5.6.6      | 属性块的重定义           | 95        |
| 5.6.7      | 块应用实例             | 95        |
| 5.7        | 外部参照              | 99        |
| 5.7.1      | 外部参照及关联的概念        | 99        |



|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 5.7.2 外部参照的引用 .....               | 99         |
| 5.7.3 外部参照的管理 .....               | 101        |
| 本章小结 .....                        | 102        |
| 思考与练习 .....                       | 102        |
| <b>第6章 绘制零件图及标注 .....</b>         | <b>105</b> |
| 6.1 剖视、剖面 .....                   | 105        |
| 6.1.1 零件剖切 .....                  | 105        |
| 6.1.2 生成剖面 .....                  | 106        |
| 6.2 零件图画法 .....                   | 106        |
| 6.2.1 设置图纸 .....                  | 106        |
| 6.2.2 零件布局 .....                  | 109        |
| 6.2.3 轴类零件的基本画法 .....             | 109        |
| 6.2.4 盘类零件的基本画法 .....             | 110        |
| 6.3 工程标注 .....                    | 111        |
| 6.3.1 工程标注的基本概念 .....             | 111        |
| 6.3.2 标注样式设置 .....                | 111        |
| 6.4 符号标注方法 .....                  | 118        |
| 6.4.1 线性尺寸标注 .....                | 118        |
| 6.4.2 对齐尺寸标注 .....                | 118        |
| 6.4.3 坐标尺寸标注 .....                | 119        |
| 6.4.4 半径尺寸标注 .....                | 119        |
| 6.4.5 直径尺寸标注 .....                | 119        |
| 6.4.6 角度尺寸标注 .....                | 119        |
| 6.4.7 基线尺寸标注 .....                | 120        |
| 6.4.8 连续尺寸标注 .....                | 120        |
| 6.4.9 标注圆心标记 .....                | 120        |
| 6.4.10 引线标注 .....                 | 120        |
| 6.4.11 快速引线标注* .....              | 121        |
| 6.4.12 快速标注* .....                | 121        |
| 6.5 标注编辑 .....                    | 121        |
| 6.6 形位公差与表面粗糙度标注 .....            | 122        |
| 6.6.1 形位公差标注 .....                | 122        |
| 6.6.2 表面粗糙度标注 .....               | 124        |
| 6.7 文字标注 .....                    | 124        |
| 6.7.1 AutoCAD 系统使用的字体和字样的概念 ..... | 124        |
| 6.7.2 文字样式管理器 .....               | 124        |
| 6.7.3 单行文字 .....                  | 125        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 6.7.4 多行文字 .....               | 127        |
| 6.7.5 编辑文字 .....               | 128        |
| 本章小结 .....                     | 129        |
| 思考与练习 .....                    | 129        |
| <b>第7章 绘制装配图与图形输出 .....</b>    | <b>132</b> |
| 7.1 信息查询 .....                 | 132        |
| 7.1.1 查询状态 .....               | 132        |
| 7.1.2 对象的数据列表 .....            | 133        |
| 7.1.3 计算距离 .....               | 133        |
| 7.1.4 计算面积和周长 .....            | 134        |
| 7.1.5 计算质量特性 .....             | 135        |
| 7.1.6 设置、查询或修改系统变量 .....       | 136        |
| 7.2 工程图样的投影系统 .....            | 136        |
| 7.2.1 空间的4个分角投影系统 .....        | 136        |
| 7.2.2 不同分角三视图的特点 .....         | 136        |
| 7.3 输出图形 .....                 | 138        |
| 7.3.1 图纸打印预览 .....             | 138        |
| 7.3.2 设置图纸空间布局 .....           | 140        |
| 7.3.3 布局实例 .....               | 144        |
| 7.3.4 打印设置 .....               | 145        |
| 7.3.5 打印新图形 .....              | 145        |
| 7.3.6 电子打印 .....               | 146        |
| 7.3.7 批处理打印 .....              | 147        |
| 7.4 装配图画法 .....                | 147        |
| 7.4.1 外部参照文件的绑定与剪裁 .....       | 147        |
| 7.4.2 使用样板建立新图 .....           | 150        |
| 7.4.3 确定绘图策略 .....             | 150        |
| 7.4.4 准备绘图资料 .....             | 151        |
| 7.4.5 绘制装配图 .....              | 151        |
| 7.5 润饰 .....                   | 154        |
| 本章小结 .....                     | 158        |
| 思考与练习 .....                    | 158        |
| <b>第8章 计算机绘图发展及其二次开发 .....</b> | <b>160</b> |
| 8.1 计算机绘图技术的发展 .....           | 160        |
| 8.1.1 AutoCAD的发展历程 .....       | 160        |
| 8.1.2 21世纪的AutoCAD系列软件平台 ..... | 161        |
| 8.1.3 确定软件版本的基本依据 .....        | 162        |

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| 8.2 数控技术发展对制图教学提出的新要求 .....                         | 162 |
| 8.2.1 计算机辅助设计 CAD 技术与 AutoCAD 的开发 .....             | 163 |
| 8.2.2 CAD 要解决的核心问题 .....                            | 163 |
| 8.2.3 CAD 的开发基本过程 .....                             | 164 |
| 8.2.4 数据与数据类型 .....                                 | 164 |
| 8.2.5 数据结构 .....                                    | 165 |
| 8.2.6 数据库技术 .....                                   | 166 |
| 8.2.7 关系数据库的基本概念 .....                              | 166 |
| 8.2.8 FoxPro 关系数据库 .....                            | 168 |
| 8.2.9 FoxPro 的数据类型与变量数据运算 .....                     | 169 |
| 8.2.10 FoxPro 关系数据库的主要命令 .....                      | 169 |
| 8.2.11 菜单技术 .....                                   | 172 |
| 8.2.12 菜单种类 .....                                   | 172 |
| 8.2.13 对话框技术 .....                                  | 174 |
| 8.2.14 二次开发 .....                                   | 178 |
| 本章小结 .....                                          | 180 |
| 思考与练习 .....                                         | 180 |
| <b>第9章 常用件、标准件绘制及 AutoLISP 绘图程序</b> .....           | 181 |
| 9.1 机械制图中的常用件、标准件画法 .....                           | 181 |
| 9.1.1 常用件画法 .....                                   | 181 |
| 9.1.2 标准件画法 .....                                   | 186 |
| 9.1.3 滚动轴承的简单画法 .....                               | 186 |
| 9.2 AutoLISP 语言简介 .....                             | 187 |
| 9.2.1 AutoLISP 程序结构特点 .....                         | 187 |
| 9.2.2 程序结构组成 .....                                  | 187 |
| 9.2.3 AutoLISP 内部函数 .....                           | 188 |
| 9.2.4 函数的定义及加载 .....                                | 188 |
| 9.3 AutoLISP 编程实例 .....                             | 189 |
| 9.4 CAD 的开发流程 .....                                 | 191 |
| 9.4.1 绘制标准件程序分析 .....                               | 191 |
| 9.4.2 确定技术路线 .....                                  | 192 |
| 9.4.3 详细设计与编程 .....                                 | 193 |
| 9.4.4 调试与推广 .....                                   | 193 |
| 本章小结 .....                                          | 193 |
| 附录 AutoCAD2007 工具条与 2000 版工具条对照,及 2000 版主要命令表 ..... | 194 |
| 参考文献 .....                                          | 220 |
| 后记 .....                                            | 221 |

# 计算机绘图的基本知识

## 本章导读

本章介绍了机械制图基础:画法几何的基本知识(这是学习绘制工程图样的基础)、软件课程的学习方法、计算机绘图系统的基本构成、一般计算机绘图软件和 AutoCAD 的基本功能、安装 AutoCAD2007 的基本步骤及其操作。

本章重点包括启动对话框、向导绘图、模板绘图、默认设置和打开现有图形绘图,要求掌握基本内容的操作过程。机械制图基础内容是基本教学要求,需要在掌握基本概念的基础上进行一定数量的机械制图训练。

本章概要地描述了 AutoCAD 不同版本在计算机绘图发展过程中的地位,界定了图层的基本概念。

## 1.1 画法几何基本知识

### 1.1.1 工程图样

在工程技术中,准确地表达工程对象的形状、大小和技术要求的图样称为工程图,同样,用于表达各种机械及设备的设计和加工的图样为机械工程图。

机械制图就是工业生产领域中的工程语言,是各类工程学科教育中的重要基础课程。学习和掌握机械制图的过程中,首先要学好画法几何知识,并逐步培养起空间想象能力和空间分析能力。

### 1.1.2 投影法

#### 1. 投影的概念

物体在光线投射下产生影像是自然界中的一个基本现象。要研究物、像关系,就需要一定的基本要素:实物、投射方向、投影面。画法几何在研究实物的工程图样上正确表达的过程中,利用“投射线”的概念对实物在投影面上的确切形状和位置求解起到了重要作用。所谓投射线,是在平行投影法中,那些通过特定点的有方向直线。

在传统的画法几何教学中,投影可能代表多个概念,在本书中投影被界定为:在投影面

上的实物的点的位置(或平面图像)。

工程中研究的投影方法一般分为中心投影法和平行投影法。投射射线汇集到一点  $S$  的投影方法为中心投影法,如图 1-1a)所示。

投射射线  $K$  相互平行的投影方法为平行投影法。我们称投射射线倾斜于投影面的投影为斜投影法,如图 1-1b)所示;称投射射线和投影面相垂直的投影为正投影法,如图 1-1c)所示。机械制图中使用的方法是用正投影方法研究机械零件的工程图样表达。

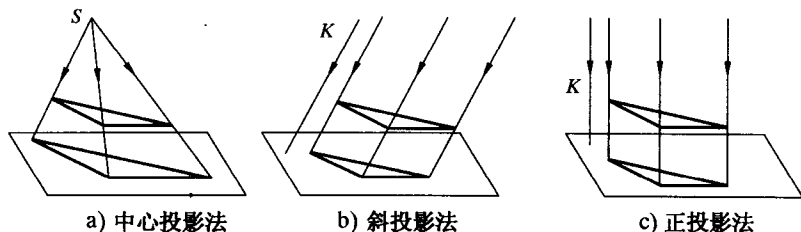


图 1-1 投影方法

## 2. 正投影法的基本性质

所谓正投影法的基本性质是指实物与其投影之间的三种重要的基本关系。

(1) 真实性。当平面图形平行于投影面的时候,其投影保持平面图形完全相同的真实形状和大小,我们称之为正投影的真实性。

(2) 积聚性。当平面图形垂直于投影面的时候,其投影为一直线,我们称之为正投影的积聚性。

(3) 相似性。当平面图形倾斜于投影面的时候,其投影保持平面图形相似形状(多边形边数相同),我们称之为正投影的相似性。

## 3. 正交投影系下点、线、面的基本性质(投影定理)

所谓正交投影系是指由三个相互垂直的投影面组成的三投影面体系,包括正立投影面(或称正面,用  $V$  表示);水平投影面(或称水平面,用  $H$  表示);侧立投影面(或称侧面,用  $W$  表示);正面  $V$  与水平面  $H$  的交线为  $X$  轴;侧面  $W$  与水平面  $H$  的交线为  $Y$  轴;正面  $V$  与侧面  $W$  的交线为  $Z$  轴;三个坐标轴的交点为原点。如图 1-2。

我们选取三投影系中的一个象限(我国的机械制图规定选用第 1 分角投影系,参考图 1-2 中  $XYZO$  坐标系),如图 1-3a);将正面平行于图纸平面,侧面沿  $OZ$  轴线旋转到与图纸平面平行,水平面沿  $OX$  轴线旋转到与图纸平面平行,从而得到展开图,如图 1-3b),即我们所说的投影图;而图 1-3c)就是在三投影展开图上进行的作图。

空间位置点在投影面上的正投影随同侧面和水平面展开而保持相对投影面位置不变。可以证明:

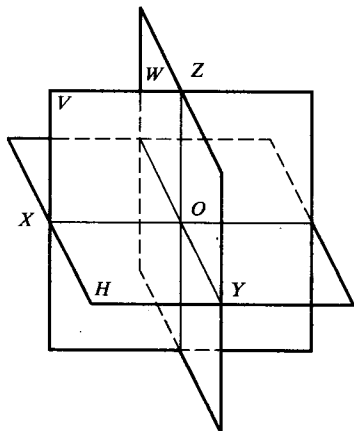


图 1-2 三投影体系

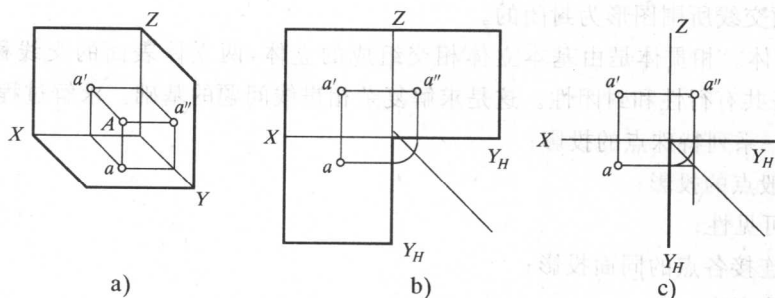


图 1-3 点的三面投影

- (1) 点的正面、水平面投影连线垂直于  $OX$  轴(俗称高平齐);
  - (2) 点的正面、侧面投影连线垂直于  $OZ$  轴(俗称长对正);
  - (3) 点的水平面投影到  $OX$  轴的距离等于侧面投影到  $OZ$  轴的距离(俗称宽相等)。
- 这就是画法几何的投影定理,称为普遍性投影规律。

#### 4. 直线的正投影基本特点

关于直线。画法几何讨论了4个问题:

- (1) 一般位置直线。所谓一般位置直线是指相对3个投影面都是倾斜的直线,它的投影都倾斜于投影轴,且长度都小于实长。由立体几何知道,投影与投影轴的夹角不反映直线与投影面中间的夹角。
- (2) 投影面的平行线。当直线平行于某个投影面时,直线在该投影面反映实长。
- (3) 投影面的垂直线。当直线垂直于某个投影面时,直线在该投影面聚集为点,且在其余两个投影面反映实长。
- (4) 直线上的点的投影。直线上点的投影必然在直线的投影上(称为直线上点的从属性),且点将直线分为两段与投影面上投影分割的投影线段成定比(称为定比性)。

#### 5. 空间立体的正投影基本特点

画法几何研究空间立体的投影规律是为了更好地表达零件的形状,不同版本的教材有不同的分类方法,大致分为简单形状的平面立体和回转体,复杂形状的切割体和相贯体等。

(1) 平面立体。包括棱柱体和棱锥体。通常是将平面立体的表面看作一个平面,按照投影定理确定其投影位置求解。

(2) 回转体。回转体通常由回转面或回转面与平面组成,例如球体为回转面组成,圆柱体为圆柱回转面和上下底平面组成。回转面是一条母线绕某一轴线旋转而成,母线在回转面上任意位置称为素线。在工程图样表达时,回转轴用点划线表示,回转面的投影用转向轮廓线表示(实线)。

(3) 切割体。切割体是对复杂零件进行分解的方法。例如截头棱锥体,被看做一个平面(截平面)对一个基本立体(棱锥)的切割(如图1-4),切割后截平面与基本立体交线称为截交线。画法几何可以证明:截交线既属于截平面,又属于立体表面(即

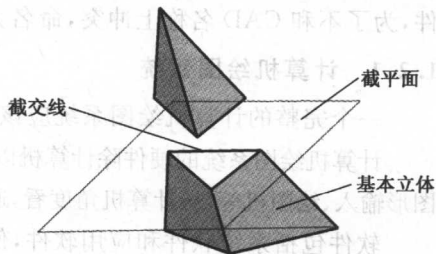


图 1-4 截头棱锥体

共有性),且两交线所围图形为封闭的。

(4) 相贯体。相贯体是由基本立体相交组成的立体,两立体表面的交线称为相贯线。相贯线也具备共有行性和封闭性。这是求解复杂相贯线问题的基础。求解过程一般为:

- a) 找出一系列特殊点的投影;
- b) 求一般点的投影;
- c) 判断可见性;
- d) 圆滑连接各点的同面投影;
- e) 整理轮廓线。

其中,第 b)步“求一般点的投影”是比较复杂的过程,有时必需使用“辅助平面法”才能求解。“辅助平面法”,顾名思义,是建立一个辅助平面(截平面)对实体进行“切割”,如图1-5所示。根据封闭性,所得截平面为封闭的。根据共有性,截交线为实体所共有,那么,就能够根据截交线在三视图上的投影确定一般点的投影。

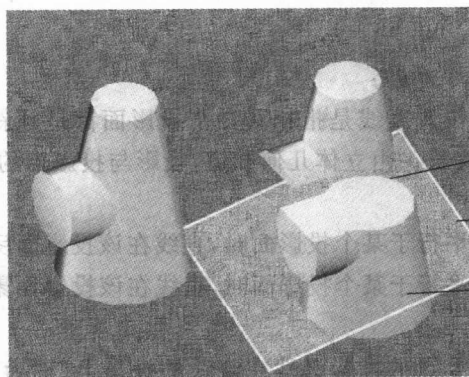


图 1-5 换面法求相贯体特殊点的投影

## 1.2 计算机绘图系统与课程的学习方法

在计算机的发展中,人们试图让计算机代替人们的手工劳动,为此出现了大量的“计算机辅助……”,即 CAX(Computer Aided……),例如计算机辅助教学(CAI)。在工程方面,人们首先试图用计算机辅助工程设计(Computer Aided Designing, CAD)完成工程图样的自动绘制,之后更期望开发出完善的计算机辅助绘图(Computer Aided Drafting)软件系统。计算机绘图技术领域的优秀代表 Autodesk 公司在 1982 年 11 月首次推出了计算机绘图软件,为了不和 CAD 名称上冲突,命名为 AutoCAD。

### 1.2.1 计算机绘图系统

一个完整的计算机绘图系统应该包括硬件和软件。

计算机绘图系统的硬件除计算机以外,一般包括一些特殊的输入/输出设备,例如图纸扫描、图形输入、绘图机等,从计算机角度看,通常也将数控机床当作计算机绘图系统的外部设备。

软件包括系统软件和应用软件,例如当前支持 AutoCAD 的操作系统是 Windows,而一般的 AutoCAD 系统又提供一些功能,为用户二次开发提供环境。商业化的应用软件的特

点是不断地开发新的功能、推出新的版本,而我们选择版本的时候,首先是考虑性能价格比。应当说一些新版本提供的功能不一定是我们所需要的,因此,我们可以考虑选用较早的版本,这样不仅经济,而且老版本的功能一般相对比较稳定可靠。

另一种分类方法是按照系统规模分类,当前的计算机绘图系统主要分为基于图形工作站和基于微型计算机配置两种系统。在数控机床系统中,两种系统的应用同时存在。工作站系统一般采用较大的计算机系统,在强大的硬件系统支持下具备较强的计算能力、更优秀的用户界面、丰富的图形功能和网络支持,在数控机床中,加工中心会配备计算机绘图工作站。

微型计算机绘图系统需要通常的计算机硬件配置,需要专门的绘图软件系统,而 AutoCAD 系统也支持一些专门的外部设备,包括绘图仪。在一些系统中,数控机床和计算机绘图系统连接在一起,数控机床就成为计算机绘图系统的外部设备。有些绘图系统本身是和数控机床安装在一起的。

作为教学,我们主要讲解 AutoCAD 软件系统的基本功能。

### 1.2.2 本课程的学习方法

既然计算机绘图教学是以计算机软件内容为主的教学,那么其知识体系就具备计算机软件教学的基本特点。任何计算机软件的学习都需要 3 个基本过程。

首先是需要上机实验,并学会观察计算机的响应。上机实验的一个很重要的基本内容是看计算机如何工作的过程。一般地,计算机软件都提供很多人机对话的信息,这是软件本身开发过程中,软件设计人员了解软件执行过程的基本要求。在很多软件中将这信息留给用户,会给用户带来很多方便。掌握人机对话信息的显示的位置,了解信息的含意对于学习和掌握计算机软件是非常有用的。

在 AutoCAD 系统的用户窗口,包括了两个交互的窗口:图形窗口和命令提示区,参考图 1-6。

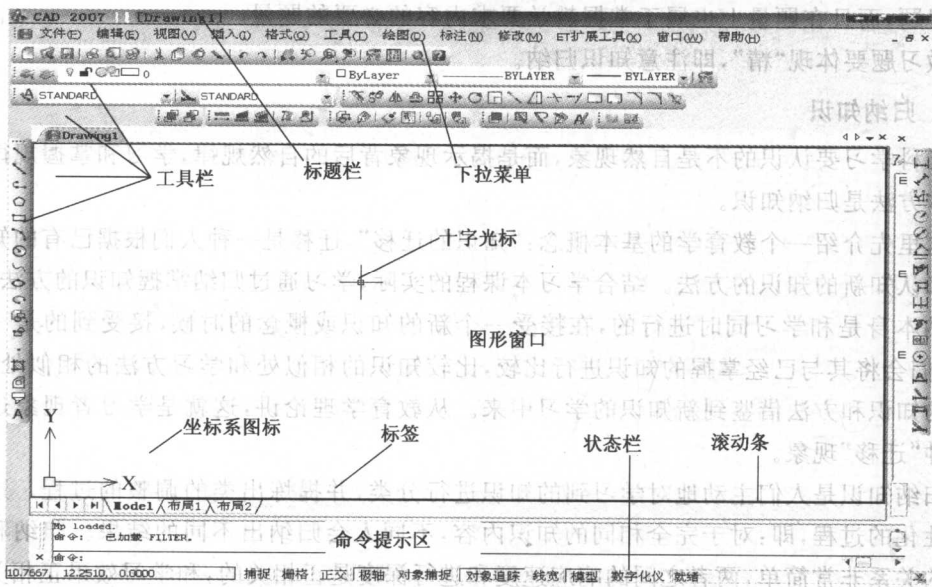


图 1-6 AutoCAD 绘图窗口



在命令提示区显示的是用户输入的命令和具体参数,在图形窗口显示的是软件执行命令的结果。在开始学习的时候应该对照命令和参数观察图形窗口的执行结果,这样才能获得好的学习效果。

其次是熟悉基本命令及其格式,这是学习计算机软件的“通用要求”。其实,人们规定命令的基本格式是为了建立一种共同的规范,使得人机对话的活动信息既符合多数人的习惯,又适合计算机操作的基本特点。例如,人们规定了 AutoCAD 的坐标位置数据输入的 4 种格式,这样的规定是实现软件系统功能所必需的,也是学习者必须从开始就掌握和遵循的,否则在后续知识的学习中将会不断地受到“掣肘”。

最后是了解命令实现的功能和命令组合。计算机软件的命令设计通常是单一功能的,要完成一个简单的具体任务,多数情况下也需要先后执行一组命令。同时,对于某些命令来说存在相似关系,要完成同样的工作任务能够用不同的命令或命令组合实现。这都是在学习中需要经常总结、提升为学习方法的问题。

计算机绘图教学是软件类课程,但同时又是针对机械专业学生的,所以也需要有学习机械学科知识的基本学习方法,这就是:

### 1. 习题训练

工科教学一般是介绍自然科学知识的,人们对此已经有了一种共识,那就是认识自然规律需要一个过程,需要结合实际的实验过程。但是工科知识的学习是依靠训练达到掌握知识的教学要求的,没有必要的训练就不可能真正掌握知识,在这点上人们的认识存在差异,表现在当学习时间不充裕的时候,用种种客观借口压缩做习题的训练过程,掩盖主观上对习题训练的忽视。

我们主张有时间就多做一点练习,在练习时间不充裕的条件下,好的习题训练是把练习做“精”,确切地说就是“选题”,选择典型题目精当习题。一般的教材随章习题都是具有代表性的习题,而且在题量上也属于掌握教学要求内容的必要的题量。

做习题要体现“精”,即注意知识归纳。

### 2. 归纳知识

工科学习要认识的不是自然现象,而是揭示现象背后的自然规律,学习和掌握规律的一项基本方法是归纳知识。

这里先介绍一个教育学的基本概念:“知识的迁移”,迁移是一种人们根据已有的知识或经验来认知新的知识的方法。结合学习本课程的实际,学习通过归纳掌握知识的方法,我们说归纳本身是和学习同时进行的,在接受一个新的知识或概念的时候,接受到的是一种信息,人们会将其与已经掌握的知识进行比较,比较知识的相似处和学习方法的相似处,并将已有的知识和方法借鉴到新知识的学习中来。从教育学理论讲,这就是学习者现象过程中的一种“迁移”现象。

归纳知识是人们主动地对学习到的知识进行分类,并提炼出类的调整的过程。这是非常个性化的过程,即:对于完全相同的知识内容,不同的人会归纳出不同的结果。归纳和迁移之间的关系非常简单,两者之间的响应速度和进行深度是正相关的,和学习效果正相关。也就是说,一个人对问题的归纳速度越快、归类得越清晰,那么他的知识迁移也越快、学习效率