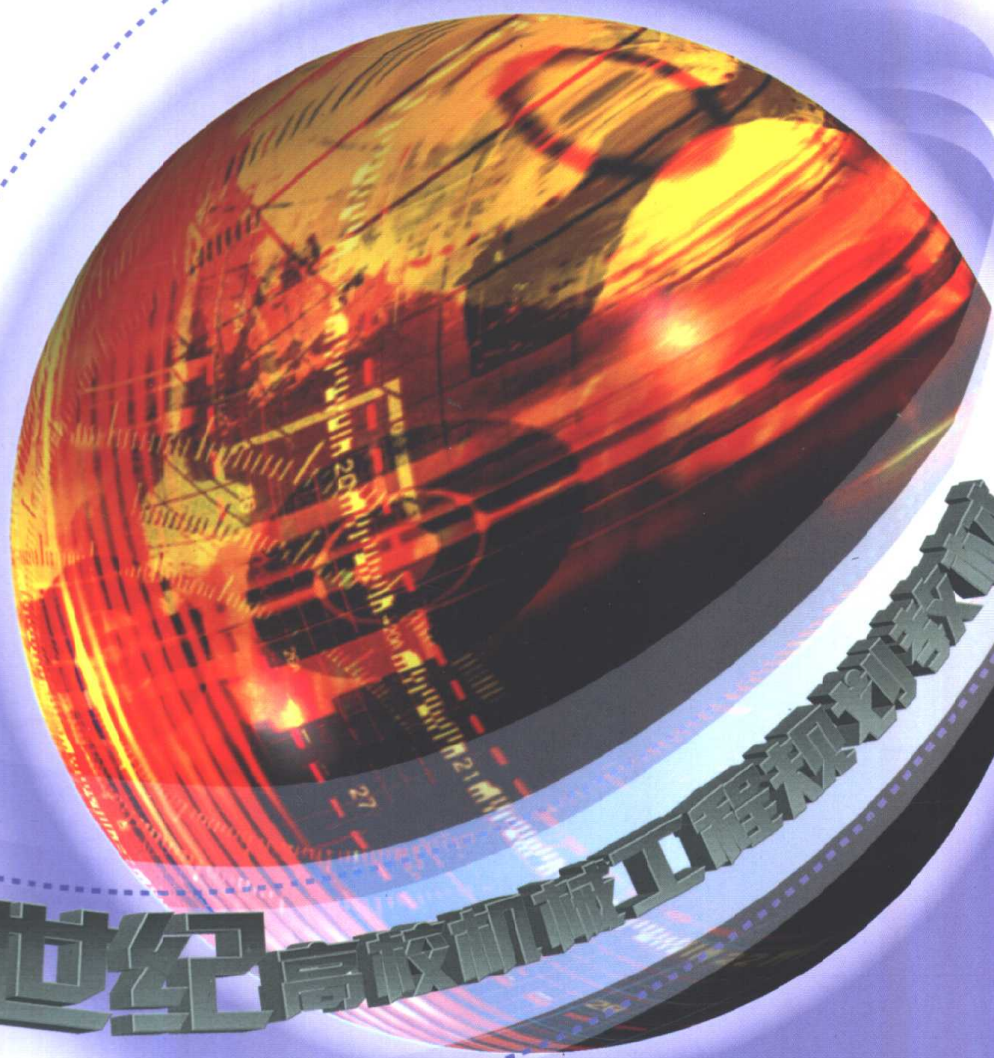


新世纪 GAOXIAO GUIHUA JIAOCAO
新世纪高校机械工程规划教材



计算机绘图与三维造型

主编 廖希亮 陈清奎



新世纪高校机械工程规划教材

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



新世纪高校机械工程规划教材

计算机绘图与三维造型

主 编	廖希亮	陈清奎	
副主编	张 轩	刘鲁宁	江景涛
参 编	张 敏	周咏辉	管殿柱
主 审	张 慧		



机械工业出版社

本书介绍了计算机辅助绘制二维工程图样及三维实体造型技术。全书共分三篇，第一篇介绍了用 AutoCAD 绘图软件进行机械工程图样的设计方法，主要内容包括：AutoCAD 软件绘图基础、基本绘图命令、精确绘图工具、图形编辑、文字和尺寸标注及二维工程图样的绘制；第二篇介绍了三维设计软件 Solid Edge 的实体造型技术，主要内容包括：基本特征造型、复杂特征造型、钣金设计、二维工程图样的自动生成、装配体设计及机构运动模拟；第三篇介绍了运用 Visual C++ 语言的二维图形程序设计方法，图形变换的基本原理，并简要介绍了利用 Visual Lisp 语言对 AutoCAD 进行二次开发的基本方法。

本书为高等工科院校计算机绘图课程的教材，也可作为电大、函授等相应课程的教材及工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机绘图与三维造型/廖希亮, 陈清奎主编. —北京: 机械工业出版社, 2003.1

新世纪高校机械工程规划教材

ISBN 7-111-11448-5

I. 计… II. ①廖…②陈… III. ①自动绘图-高等学校-教材②三维-造型设计: 计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 109057 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: 倪少秋 版式设计: 张世琴 责任校对: 刘志文

封面设计: 姚毅 责任印制: 付方敏

北京忠信诚胶印厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5·11.125 印张·431 千字

0 001—5 000 册

定价: 28.00 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) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

新世纪高校机械工程规划教材 编审委员会

顾 问	艾兴 (院士)			
领导小组	张 慧	高振东	梁景凯	高文龙
	赵永瑞	赵玉刚		
委 员	张 慧	张进生	宋世军	沈敏德
	赵永瑞	程居山	赵玉刚	齐明侠
	高振东	王守城	姜培刚	梅 宁
	昃向博	梁景凯	方世杰	高文龙
	王世刚	尚书旗	姜军生	刘镇昌

前 言

近年来，计算机辅助技术的发展极为迅速，在各行各业中都得到了广泛的应用，其研究也不断向纵深方向发展。目前，企业的产品设计过程已经从传统的二维图形设计发展到三维创新设计。在三维创新设计过程中设计者借助计算机创建的三维设计环境进行产品的概念设计、装配设计和人机工程设计，从而进行产品定型设计、工艺设计。因此培养具有三维创造性形体构形能力的新型设计人才显得尤为迫切。

国家“十五”规划明确提出以制造业的信息化带动工业化，其中计算机辅助设计（CAD）技术是制造业信息化的重要攻关技术之一，而计算机辅助绘图与造型技术作为计算机辅助设计技术的核心内容，在企业迈向信息化的道路上将发挥至关重要的作用。

高等学校肩负着培养具有先进科学技术的创新型人才的重任，必须走在时代的前列，与时俱进不断转变教学思想与调整教学内容，培养适应时代发展要求的新型人才。在这一思想指导下，结合各校计算机绘图课程的教学实践与改革的具体情况编写了本书。

本书具有如下特点：

- 1) 介绍计算机辅助绘图技术的最新知识，与科技发展的前沿同步。
- 2) 知识结构系统，内容丰富，重点突出。
- 3) 图例丰富，以图说文，易学易懂。
- 4) 将计算机辅助绘图技术与工程制图实例有机地结合在一起，针对性、实践性强。
- 5) 有利于培养学生的空间思维能力和创造性形体构形能力，对培养创新型人才具有重要意义。

本书由廖希亮、陈清奎任主编，张轩、刘鲁宁、江景涛任副主编。全书由廖希亮统稿并定稿。参加本书编写的有廖希亮（第一、九、十、十六、二十章）、刘鲁宁（第二、七章）、管殿柱（第三、十三章）、张轩（第四、十一、十五章）、张敏（第五、十九章）、周咏辉（第六、二十一章）、江景涛（第八、十八章）、陈清奎（第十二、十四、十七章）。

本书由山东大学张慧教授主审。

在编写过程中，得到各参编单位的有关领导及同行的大力支持和帮助，山东大学薛强老师，硕士研究生赵晓峰、周海涛、翟鲁超同学帮助做了大量的工作，

在此一并表示感谢。

限于编者的水平，书中难免出现不当之处甚至错误，恳请各位专家、同仁及读者批评指正。

编 者

2002年10月

目 录

前言

第一篇 二维交互式绘图技术

第一章 绪论	1
第一节 计算机绘图的发展和应用	1
第二节 计算机绘图系统	2
习题	5
第二章 AutoCAD 2000 入门	6
第一节 AutoCAD 概述	6
第二节 启动 AutoCAD 2000	7
第三节 AutoCAD 2000 用户界面	7
第四节 AutoCAD 2000 实用命令	10
习题	13
第三章 AutoCAD 软件绘图基础	14
第一节 绘图环境	14
第二节 坐标系统和数据输入方法	19
第三节 命令的输入方法	22
习题	23
第四章 基本绘图命令	24
第一节 基本绘图	24
第二节 图案填充	35
习题	40
第五章 精确绘图工具	42
第一节 栅格与捕捉	42
第二节 目标捕捉	45
第三节 自动追踪	51
第四节 显示控制	56
习题	60
第六章 图形编辑	61
第一节 构造选择集	62
第二节 常用的图形编辑命令	63
第三节 用夹点进行快速编辑	74

第四节	编辑对象特征	75
习题		78
第七章	文字和尺寸标注	80
第一节	文字标注	80
第二节	尺寸标注	83
习题		97
第八章	二维工程图样的绘制	98
第一节	建立样板图	98
第二节	图块	101
第三节	AutoCAD 2000 设计中心	110
第四节	绘制物体三视图	114
第五节	绘制零件图	118
第六节	绘制部件装配图	119
习题		123

第二篇 三维造型技术

第九章	Solid Edge 软件基础	124
第一节	Solid Edge 软件概述	124
第二节	Solid Edge 入门	125
第三节	草图绘制	127
习题		147
第十章	基本特征造型	148
第一节	拉伸填料特征	149
第二节	旋转填料特征	155
第三节	扫掠填料特征	157
第四节	放样特征	160
第五节	除料特征	163
第六节	孔特征	165
第七节	肋板特征	168
第八节	在 Solid Edge 中调用 AutoCAD 图形	174
习题		181
第十一章	复杂特征造型	182
第一节	抽壳与螺旋特征	182
第二节	倾斜与倒角特征	184
第三节	网格肋板、凸凹缘与雕刻文字特征	188
习题		191
第十二章	钣金设计	193
第一节	基本特征	194

第二节	钣金加工特征	199
第三节	钣金的展开	206
习题	.....	209
第十三章	二维工程图样的自动生成	210
第一节	设定绘图规范	211
第二节	基本视图与辅助视图的生成	216
第三节	剖视图和断面图的生成	221
第四节	标注	225
习题	.....	229
第十四章	装配体设计	231
第一节	装配体设计	231
第二节	装配体设计检验	241
第三节	装配体的三维剖视图	244
第四节	装配体的三维分解图	246
第五节	装配实例	250
习题	.....	261
第十五章	机构运动模拟	262
第一节	加入运动关系	262
第二节	运动模拟	263
习题	.....	268

第三篇 图形程序设计技术

第十六章	程序绘图基础	269
第一节	Visual C++ 6.0 用户界面	269
第二节	用 MFC AppWizard 生成应用程序	270
第三节	图形设备接口 (GDI)	279
习题	.....	281
第十七章	二维图形的程序设计	282
第一节	二维图形程序设计概述	282
第二节	正多边形及规则曲线的程序设计	283
第三节	二维图形两种常用的程序设计方法	298
习题	.....	304
第十八章	图形变换	305
第一节	图形变换的概念	305
第二节	二维图形变换	305
第三节	三维图形变换	310
第四节	正投影变换	316
第五节	轴测投影变换	317

习题	318
第十九章 Visual LISP 的开发环境	320
第一节 Visual LISP 简介	320
第二节 启动 Visual LISP	320
第三节 浏览 Visual LISP 用户界面	321
第四节 Visual LISP 程序的加载和运行	323
第五节 退出 Visual LISP	324
习题	324
第二十章 Visual LISP 的基础知识	325
第一节 Visual LISP 的数据类型	325
第二节 Visual LISP 基本函数	327
第三节 Visual LISP 语言的程序结构	336
习题	337
第二十一章 Visual LISP 编程实例	338
第一节 图纸初始化设置	338
第二节 实例编程	341
习题	344
参考文献	345

第一篇 二维交互式绘图技术

第一章 绪 论

第一节 计算机绘图的发展和应用

一、计算机绘图的发展概述

计算机绘图 (Computer Graphics, 简称 CG) 是近 30 多年来发展起来的一门新兴的边缘学科。计算机绘图就是应用计算机, 通过程序和算法或图形交互软件, 在图形显示设备上实现图形的显示及绘图输出。计算机绘图是建立在工程图学、应用数学和计算机科学基础之上的一门学科, 是计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD) 和计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing, 简称 CAM) 的重要组成部分。

计算机绘图是随着计算机硬件技术和软件技术的发展而逐步发展并完善起来的。1950 年, 第一台图形显示器作为美国麻省理工学院 (MIT) 旋风 I 号 (Whirlwind) 计算机的附件诞生了, 酝酿了计算机绘图的产生。到 20 世纪 50 年代末期, 随着阴极射线管及滚筒式绘图仪的发明, 计算机绘图发展到了一个新的阶段。

1963 年美国麻省理工学院林肯实验室的 I. E Sutherland 在博士论文《Sketchpad——一个人机通信的图形系统》中首先提出了计算机绘图这一明确的概念, 确定了计算机绘图作为一个崭新的科学分支的学科地位。

20 世纪 60 年代是计算机绘图确立并得到蓬勃发展的时期, 而 20 世纪 70 年代则是这方面技术进入实用化的阶段。直到 20 世纪 80 年代计算机绘图学还是一个很小的学科领域, 而到了 20 世纪 90 年代, 计算机绘图的功能除了随着计算机图形设备的发展而提高外, 其自身还向着标准化、集成化和智能化的方向发展。

我国开展计算机绘图技术的研究始于 20 世纪 60 年代中后期, 从 20 世纪 80 年代以来, 我国的计算机绘图无论在理论研究, 还是在生产应用中都取得了巨大成就。在图形设备方面, 我国现在已能批量生产多种型号和系列的绘图机、坐标

数字化仪和图形显示器等。在绘图软件方面,已研制开发出许多专业图形软件,特别是有了自主知识产权的二维交互绘图系统和三维图形系统,显示出我国计算机绘图技术已达到了较高水平。

二、计算机绘图技术的应用

计算机绘图技术通过近几十年的发展,已经在电子、机械、航空、建筑、轻工、影视等各行各业得到了广泛的应用,取得了巨大的经济效益和社会效益。其主要的应用领域有:计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、动画制作与系统模拟、地质、气象的勘探与测量、科学技术及事务管理的交互绘图、化工及冶炼等行业过程控制及系统模拟、电子印刷及办公室自动化、艺术模拟、科学计算的可视化、工业模拟、计算机辅助教学。

在这些领域中,计算机绘图最重要、最广泛的应用领域在于计算机辅助设计,这是因为计算机绘图是计算机辅助设计的重要组成部分和核心内容。许多设计工作首先必须构造立体模型,然后进行各种分析、计算及修改,最终定型并输出图样。所以,要掌握计算机辅助设计技术,必须掌握计算机绘图技术。

第二节 计算机绘图系统

计算机绘图系统是计算机硬件、图形输入输出设备、计算机系统软件和图形软件的集合,一般分为个人计算机(即通用微型机)图形系统和图形工作站两类。

一、计算机绘图系统的功能

计算机绘图系统一般应具有计算、存储、对话、输入、输出等五方面的基本功能。

(1) 计算功能 具有形体设计、分析的算法程序库和描述形体的数据库。其中最基本的功能应有点线面的表示及其交并差运算、几何变换、光色模型的建立和计算、干涉检测等内容。

(2) 存储功能 在计算机的存储器中应能存放图形的几何信息及拓扑信息,并能够对图形信息进行实时检索、增加、删除、修改等操作。

(3) 对话功能 直接进行人一机对话。实现在显示屏幕上对图形进行修改、跟踪检索、错误提示等实时操作。

(4) 输入功能 把图形设计和绘制过程中所需的有关定位、定形尺寸及必要的参数和命令输入到计算机中去。

(5) 输出功能 及时地输出所需的文字、图形、图像等信息。

二、微型计算机绘图系统

通用微型计算机绘图系统体积小,价格较便宜,用户界面友好,应用广泛,是一种普及型的绘图系统。其绘图系统的硬件组成如图1-1所示,基本组成主

要包括主机、显示器、外存储器和软盘、光盘等；图形的输入设备主要包括键盘、鼠标、数字化仪、图形输入板和图形扫描仪等；图形的输出设备主要包括打印机、绘图仪等。绘图系统的基本软件有 DOS、Windows 操作系统、程序设计语言及图形软件。

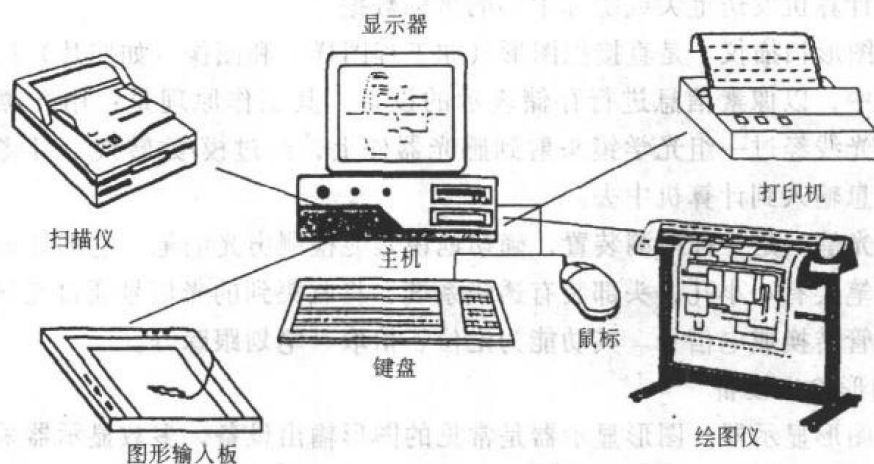


图 1-1 微型计算机绘图硬件系统

三、图形工作站系统

图形工作站是具有完整人机交互界面，集高性能的计算和图形于一身，配置大容量的内存和硬盘，I/O 和网络功能完善，使用多任务多用户操作系统的交互式计算机系统。图形工作站诞生于 20 世纪 80 年代，其中央处理器（CPU）一般为 32 位或 64 位字长，采用精简指令（RISC 处理器芯片，传统微机采用复杂指令集 CISC）、超标量、超流水线及超长指令技术，工作站采用的主要是 UNIX 操作系统。它不仅具有字符处理功能，而且有较强的图形处理功能，图形显示器的分辨率在 1024×900 以上，可配置功能齐全的 CAD/CAM 集成化软件（如 Pro/E、UG 等），主要用于工程和产品的设计与绘图、工业模拟和艺术模拟。

目前常见的工作站主要有：美国 Sun 微系统公司 20 世纪 90 年代的 Sun Sparc 工作站，美国 DEC 公司 1993 年推出的 DEC Alpha 工作站，美国 IBM 公司的 IBM RS/6000 及 SGI 公司的 SGI IRIS 工作站。

四、图形设备

图形设备分为图形输入设备和图形输出设备两种。

1. 图形输入设备

(1) 键盘 键盘可实现输入字符、数字、命令、程序等操作。

(2) 鼠标 是一种移动光标和作选择操作的计算机输入设备。可分为光电式、光机式、机械式三种。一般多用机械式，其上部有 2~3 个键，底部装有与电位器相联的小球。操作时鼠标沿桌面移动，靠摩擦力使小球转动，带动电位器

控制屏幕上的光标移动，从而完成坐标的拾取和操作菜单等功能。

(3) 坐标数字化仪 是一种将图形转换成计算机能接受的数字信息的设备，其基本工作原理是采用电磁感应技术。它由一块布满金属栅格阵列的板和一个能够在板上移动、跟踪的电子定位器（如光笔或游标）组成。当定位器在板上移动时，它向计算机发送笔尖或游标中心的坐标数据。

(4) 图形扫描仪 是直接吧图形（如工程图样）和图像（如照片）扫描输入到计算机中，以像素信息进行存储表示的设备。其工作原理是：用光源照射原稿，反射光线经过一组光学镜头射到感光器件上，经过模/数转换，可将数字化的图像信息输入到计算机中去。

(5) 光笔 是一种检测装置，确切地说是能检测出光的笔。它的外形似一支圆珠笔，笔尖有一小孔，头部装有透镜系统，将收集到的光信号通过光导纤维及光电倍增管转换成电信号。其功能为定位、拾取、笔划跟踪等。

2. 图形输出设备

(1) 图形显示器 图形显示器是常见的图形输出设备，多数显示器采用的是标准的阴极射线管（CRT）。阴极射线管的工作指标主要有两条，一是分辨率，二是显示速度。一个阴极射线管在水平和垂直方向能识别出的最大光点（亦称之为“像素” pixel）数称之为分辨率。显然，分辨率越高，显示的图形就会越精细。衡量阴极射线管显示速度的指标一般用每秒显示矢量线段的条数来表示。

它可以显示字符、程序和图形。图形显示器有阴极射线管式（CRT）、随机扫描式、存储管式、光栅扫描式和液晶显示式等多种。目前，应用最广泛的是光栅扫描式显示器，多用于台式计算机，而液晶显示器多用于便携式计算机。

(2) 绘图机 绘图机是计算机绘图的硬拷贝设备。按绘图的原理分，绘图机可分为笔式绘图机和静电绘图机，笔式绘图机有滚筒式和平板式两种。绘图机的作用是把显示器上显示的各种图形绘制在绘图纸上，从而形成工程图样。

(3) 打印机 打印机是一种常见的图形、文字输出设备，依据工作原理可分为撞击式和非撞击式。前者又称为针式打印机，特点是打印成本低，但噪声大。非撞击式打印机有喷墨打印机、激光打印机等，打印速度快、噪声低、效果好，但打印成本较高。

五、图形软件

计算机绘图系统必须有功能齐全和方便用户使用的图形软件的支持，才能完成图形的生成、处理及输入输出等过程，达到理想的目的。近十年来，发展了多种图形软件系统，概括起来主要有以下三种：

(1) 图形子程序包 图形子程序包是一些用计算机程序设计语言编写的图形子程序集，这些子程序经过编译和调试组成一个程序库（或称图形库）。这类程序包很多，使用较为广泛的有图形标准化程序包，其主要功能是提高计算机图形

软件、图形的应用软件以及相关软件的编程人员在不同的计算机和图形设备之间的可移植性。广泛使用的图形标准化程序包有 GKS (Graphics Kernal System, 计算机图形核心系统)、PHIGS (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System, 程序员层次交互式图形系统)、GL (Graphics Library, 图形程序库)。

(2) 扩充某一种计算机语言, 使其具有图形生成和处理功能 目前具有图形生成和处理功能的计算机语言很多, 如 C, Visual C, Turbo C, AutoLisp 等, 即在相应的计算机语言中扩充了图形生成及控制的语句和函数。

(3) 交互式绘图软件 交互式绘图软件是在图形程序包的基础上, 配置了一个友好的用户界面, 为用户提供实时交互绘图能力的图形软件系统。其用户界面通常是以各类菜单的形式和对话框为用户提供实时交互命令, 以实现对图形的输入、输出、编辑、标注、设备控制等多种操作, 使用直观方便。国内外成功地研制了许多功能强大的二维和三维绘图软件, 其中有美国 Autodesk 公司研制的 AutoCAD 软件系统, 它是一个通用的交互式绘图软件。从 1982 年推出第 1 版, 到 2000 年推出了 AutoCAD 2002 版本, 历经 10 多个版本的更新, 功能日趋完善。美国 EDS (Electronic Data Systems) 公司的三维 CAD 软件 Solid Edge、UG 等, 其参数化特征造型技术定义清晰, 操作直观, 具有强大的辅助设计功能。近年来, 国内也不断研制出具有自主知识产权的绘图软件。目前, 应用较为普遍的有 CAXA 电子图板及 ZDDS 参数化绘图软件。CAXA 电子图板已历经三个版本, CAXA 电子图板 98、CAXA 电子图板 2000 及 CAXA V2, 它们具有友好的、全中文的用户界面, 强大的智能化图形绘制和编辑功能。ZDDS 软件不仅具有友好的交互界面, 而且实现了尺寸驱动图形的功能, 因而可有效地提高系列化产品的设计效率。

习 题

- 1-1 简述计算机绘图系统的组成。
- 1-2 简述常用图形设备的原理和功能。

第二章 AutoCAD 2000 入门

第一节 AutoCAD 概述

在众多的计算机绘图软件中，AutoCAD 由于具有功能强、适用面广、实用易学和便于二次开发等特点在国内外被广泛采用，成为最具有代表性的设计与绘图软件。它提供了丰富的作图功能，操作简便，绘图精确；具有强大的图形编辑功能，用户可对图形进行缩放、移动、拷贝、镜像、旋转等操作；同时还提供了设计中心、图层工具、属性工具等辅助设计工具；真正实现了关联尺寸标注；能够通过多重布局功能实现多样化输出；拥有方便的协作设计环境；具备强大的三维显示和实体编辑功能等，AutoCAD 使设计和绘图工作轻松自如。

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司开发研制的一种通用计算机辅助设计与绘图软件。1982 年推出第一个版本 V1.0，随后经由 V2.6、R9、R10、R11、R12、R13、R14、AutoCAD 2000 等典型版本，发展到目前的 AutoCAD 2002 版。在这 20 年间，AutoCAD 软件不断被修改，功能日益增强并趋于完善。早期的版本只是基于 DOS 操作系统的绘制二维图形的简单工具。1994 年推出的 AutoCAD R13 是第一代以 Windows 为平台的版本，但它也兼顾了 DOS 操作系统。1997 年推出的 AutoCAD R14 完全抛弃了 DOS 平台，开始全面支持 Windows 95/NT 操作系统。AutoCAD 2000 版实现了向 Windows/Objects/Web 的战略性转移，体现了 CAD 技术的发展趋势。

Autodesk 公司是世界领先的设计和数字内部创建资源提供商，公司提供软件和 Internet 用户服务。为了拓宽 AutoCAD 的应用领域，从 1993 年夏季起，Autodesk 公司以设计自动化为主题，先后推出了极具应用价值的软件群体，包括 3DS MAX、AutoCAD Designer、AutoSurf、AutoCAD Data Extension、Auto Vision、Animator Studio、AutoCAD MAP、Mechanical Desktop (MDT)。因此，Autodesk 产品在世界范围内拥有广泛的市场，到目前为止，其全球用户数量已超过四百万。有百余种 AutoCAD 和其他 Autodesk 产品的书籍在流行，又有十余种有关杂志在发行。从某种意义上说，AutoCAD 代表了一种新的设计文化。

在我国，AutoCAD 已经被广泛应用于机械、建筑、电子、运输、城市规划等有关的工程设计中。应用于机械设计，可设计和绘制产品图样，开发某些产品的 CAD；应用于土木建筑，可设计房屋，绘制各种单元设计图、施工图，开发建筑

方面的 CAD 软件；应用于电子技术，可设计集成电路、印刷电路板等；应用于文化艺术，可制作艺术造型等；应用于商业，可进行服装设计、商标设计等。

第二节 启动 AutoCAD 2000

AutoCAD 2000 安装好之后，便可启动使用。在 Windows 或 Windows NT 下，先单击“开始”按钮，然后选择“程序”下的 AutoCAD 2000 程序组，选择该程序组中 AutoCAD 2000 程序，单击即可，如图 2-1 所示。或者双击桌面上的 AutoCAD 2000 图标启动它。

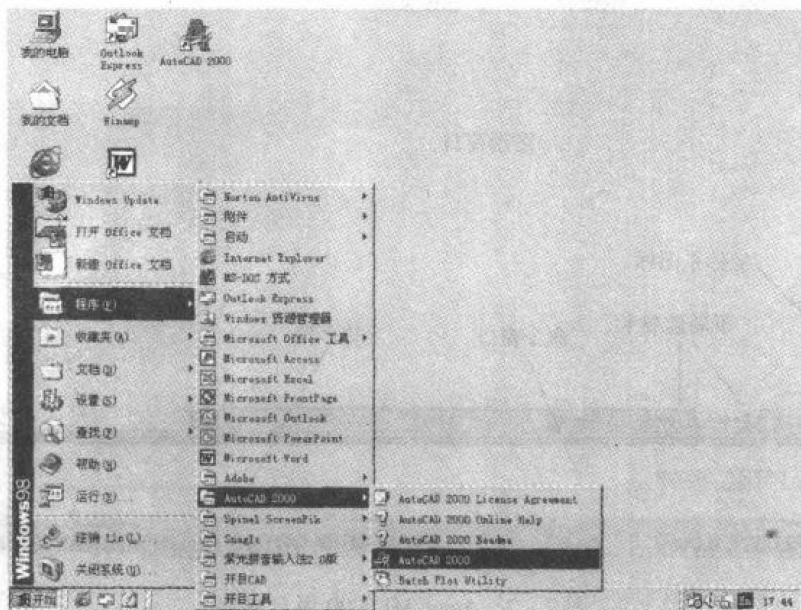


图 2-1 启动 AutoCAD 2000

第三节 AutoCAD 2000 用户界面

启动 AutoCAD 2000 后，就进入 AutoCAD 2000 用户界面，如图 2-2 所示。AutoCAD 2000 用户界面主要包括以下几个部分：标题条、下拉菜单、图形窗口、工具栏、命令窗口、状态栏和布局选项卡等。

一、标题条

标题条位于窗口的上部，显示当前正在运行的应用程序的名称。图形窗口最大化后，在标题条中还将显示当前图形文件的名称。

二、下拉菜单

AutoCAD 2000 的标准菜单条有十个主菜单项，包含了控制程序运行的大部分