

高等学校
电子信息类 规划教材

DIANZIKEJIDAXUECHUBANSHE
XILIEJIAOCAI

大专计算机

计算机 绘图技术基础

谢培均 李逊林 编著



电子科技大学出版社

UESTC PUBLISHING HOUSE

内 容 提 要

本书主要介绍计算机绘图技术的基本原理、处理方法和算法程序设计。

内容包括：绘图系统硬件配置、支撑软件 Turbo C 图形函数的功能与应用，基本图形元素生成算法，窗口变换与裁剪技术、二维、三维图形几何变换，工程上三视图、正斜轴侧投影图和透视线架图的生成及消隐。交互技术中网格、橡皮筋技术、徒手画、拖动物体等变换处理、菜单设计。自动拟合生成贝齐和 B 样条曲线、绘制各种饼图、直方图和统计曲线图，动画技术。微型机通用绘图软件 AutoCAD R12.0 的功能与应用，Windows 图形程序设计，C 语言程序编辑、编译、连接、运行和调试技术。

本书提供大量的 IBM PC 微型机上调试通过的 C 程序及打印的图形，书末实习题附有程序解答。

本书可供高等院校计算机应用专业、软件专业以及工科类其他专业作教材，可作为成人高校工科专业及中专计算机应用专业教学参考书；也可供从事计算机图形处理和软件设计的科技人员，工矿企业办公室自动化管理人员参考使用。

声 明

本书无四川省版权防盗标识，不得销售，违者必究，举报有奖，举报电话：(028) 6636481 6241146 3201496

高等学校 规划教材
电子信息类
计算机绘图技术基础
谢培均 李逸林 编著

版：电子科技大学出版社（成都建设北路二段四号）邮编：610054

责任编辑：王仕德

发 行：新华书店

印 刷：四川建筑印刷厂

开 本：787×1092 1/16

印张 27.625 插页 2 字数 668 千字

版 次：1999 年 1 月第一版

印 次：2000 年 1 月第二次

书 号：ISBN 7-81065-032-7/TP·21

印 数：3001—5000 册

定 价：29.50 元

出版说明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作，根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理办法》，我们组织各有关高等学校、中等专业学校、出版社、各专业教学指导委员会，在总结前四轮规划教材编审、出版工作的基础上，根据当代电子信息科学技术的发展和面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的要求，编制了《1996~2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报，经各学校、出版社推荐，由各专业教学指导委员会评选，并由我部教材办协商各专指委、出版社后，审核确定的。本轮规划教材的编制，注意了将教学改革力度较大、有创新精神、特色风格的教材和质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需，尚无正式教材的选题优先列入规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时，选择了一批对学科发展具有重要意义，反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划，以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验，这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足，希望使用教材的学校、教师、同学和广大读者积极提出批评和建议，以不断提高教材的编写、出版质量，共同为电子信息类专业教材建设服务。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系按电子工业部的电子信息类专业教材 1996~2000 年编审出版规划,由大专计算机专业教学指导委员会推荐出版。责编委顾藏知。

本教材由南京机械高等专科学校谢培均担任主编,西安电子科技大学姚传治担任主审。

本课程的参考学时为 70 学时,其主要内容介绍计算机绘图中一些基础技术,较详细阐明开发图形应用程序所需的各种基本处理技术的理论方法和算法设计。书中提供大量 C 语言程序是作者长期教学实践和科研工作中开发的,都已在 IBM PC 微型机上调试通过。书中全部图形实例就是执行这些程序后打印输出的。

全书共分十章,第一章叙述了图形信息的特点,计算机绘图系统的概念,计算机绘图的主要应用领域及其发展简史和趋势;第二章介绍交互式微型计算机绘图系统的输入输出设备;第三章较详细叙述 Turbo C 图形函数的功能和应用以及基本图形元素的生成算法;第四章介绍国际图形标准 GKS 的坐标系统,窗口与视区的变换,直线段和多边形的裁剪技术及算法程序;第五章介绍二维、三维物体图形的基本几何变换、复合变换,正投影三视图的变换,正斜轴侧投影以及透视投影生成透视线架图和消隐处理;第六章叙述交互技术的各种处理方式和手段,产生网格、橡皮筋技术生成直线、矩形、圆,实现徒手画、物体拖动等变换处理及存储,菜单设计;并阐明用户接口设计原则;第七章介绍工程上曲线拟合的应用:贝齐曲线的生成算法程序,B 样条曲线的生成算法程序,叙述办公室自动化广泛使用的饼图、直方图和统计曲线图的生成以及动画技术;第八章介绍微型计算机通用绘图软件 AutoCAD R12.0 的功能及应用,阐明 AutoCAD 与 C 语言接口 .DXF 文件的生成以及 AutoCAD 与 C、dBASE 之间的接口;并提供程序及其执行结果的图形实例;第九章叙述 Windows 编程基础,图形设备接口以及如何设计一个简单的 Windows 应用程序实例;第十章较详细阐明 Turbo C2.0 的安装,主菜单的内容和源程序文件的编辑、编译、连接、运行和调试技术。

各章后附有大量的习题,其中一部分题为复习巩固理论概念,更多的题是上机作业,少量难度较大的实习题附有程序解答。

本教材是一门实践性强的课程,使用时要安排 10~20 学时上机实习,读者依据习题参照书中程序或实习题,自己动手编程调试,将进一步提高与锻炼编写图形程序的方法与技巧。

本教材的第一、四、九章由李逊林编写,还负责书中部分 C 程序调试整理工作。

本教材编写过程中得到上海工程技术大学葛贤康教授,合肥工业大学孙家启教授,东南大学王志庆、罗军舟等教授的鼓励与指导;又蒙南京机械高等专科学校校长康乃真教授、计算机及管理工程系高秦生、郭永贞、李力等副教授的大力支持,这里表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1998 年 2 月

目 录

第一章 绪 论	(1)
§ 1-1 计算机绘图技术	(1)
一、图形信息的特点	(1)
二、图像处理、模式识别与图形显示的区别	(1)
三、计算机绘图系统的概念	(2)
§ 1-2 计算机绘图的主要应用领域	(3)
一、计算机辅助设计 (CAD)	(3)
二、计算机模拟与仿真 (CS)	(3)
三、计算机绘图 (CD)	(3)
四、过程控制 (PC)	(4)
五、办公室自动化 (OA)	(4)
六、计算机辅助教学 (CAI)	(5)
§ 1-3 计算机绘图技术的简史和发展趋势	(5)
一、计算机绘图技术的简史	(5)
二、计算机绘图技术的发展趋势	(6)
第二章 计算机绘图系统的硬件配置	(9)
§ 2-1 概述	(9)
§ 2-2 图形显示器	(11)
一、单色 CRT	(11)
二、彩色 CRT	(12)
§ 2-3 光栅扫描刷新式图形显示器	(13)
一、组成与工作原理	(13)
二、IBM PC 微型机的 EGA/VGA 图形显示器	(16)
§ 2-4 图形输入设备	(20)
一、键盘	(20)
二、光笔	(21)
三、鼠标器	(22)
四、图形输入板	(22)
§ 2-5 硬拷贝设备	(23)
一、图形打印机	(24)
二、绘图机	(25)
第三章 图形函数和基本图形元素生成算法	(29)
§ 3-1 图形函数	(29)
一、图形系统控制函数	(29)

二、视区和屏幕操作函数	(35)
三、直线类绘图函数	(39)
四、填充函数	(44)
五、圆弧类绘图函数	(49)
六、颜色控制函数	(55)
七、像素和位映像操作函数	(58)
八、图形文本函数	(60)
§ 3-2 基本图形元素的生成算法	(67)
一、点与直线的生成算法	(67)
二、圆弧的生成算法	(75)
三、填充域填充	(78)
四、字符的生成	(81)
§ 3-3 绘图程序实例	(84)
一、简单图形的绘制	(84)
二、图形函数的演示程序	(87)
第四章 窗口变换与图形裁剪	(102)
§ 4-1 坐标系	(102)
§ 4-2 窗口-视区变换	(104)
一、窗口、视区的概念	(104)
二、窗口-视区的变换	(105)
三、窗口-规格化设备坐标-视区变换	(107)
四、窗口到视区变换过程	(109)
§ 4-3 图形裁剪	(109)
一、直线段的裁剪	(109)
二、多边形的裁剪	(119)
第五章 图形变换与立体真实感显示	(131)
§ 5-1 二维图形的变换	(131)
一、点的变换	(131)
二、直线和平面图形的变换	(134)
三、齐次坐标和平移变换	(138)
四、二维图形变换矩阵小结	(140)
五、复合变换(级联变换)	(141)
六、二维图形变换程序实例	(144)
§ 5-2 三维图形的变换	(147)
一、三维平移变换	(147)
二、三维比例变换	(148)
三、三维反射变换	(150)
四、三维错切变换	(151)
五、三维旋转变换	(152)

六、三维复合变换	(155)
七、三维图形变换程序实例	(156)
§ 5-3 正投影三面视图变换	(163)
一、三面视图的变换矩阵	(163)
二、C 程序实例	(165)
§ 5-4 轴侧投影变换	(166)
一、正轴侧投影	(166)
二、斜轴侧投影	(176)
§ 5-5 透视投影和视图变换	(177)
一、视图变换	(178)
二、小结与举例	(185)
三、生成不同视点观察房屋透视线架图 C 程序	(188)
§ 5-6 立体真实感显示 (消隐处理)	(193)
一、单个凸形物体的消隐处理	(194)
二、生成不同视点观察房屋消隐后的透视图 C 程序	(195)
第六章 交互技术	(202)
§ 6-1 交互处理的概念及交互式图形系统组成	(202)
一、交互处理的概念	(202)
二、交互式图形系统的组成	(203)
§ 6-2 图形信息的交互技术	(204)
一、构造技术	(204)
二、选取技术	(237)
§ 6-3 用户接口设计原则	(248)
一、用户模型	(248)
二、命令语言	(248)
三、反馈	(250)
四、信息显示	(250)
五、用户接口设计原则	(252)
第七章 计算机绘图技术应用举例	(253)
§ 7-1 工程上曲线拟合方法	(253)
一、贝齐 (Bzier) 曲线	(253)
二、B 样条 (Bspline) 曲线	(258)
§ 7-2 饼图、直方图和统计曲线图——OA 上的应用	(265)
一、饼图 (扇形图)	(265)
二、复合直方图	(271)
三、直方图	(275)
四、统计曲线图	(284)
§ 7-3 动画技术	(292)
一、清屏重画法	(293)

二、底色重画法	(294)
三、存储块重显法	(297)
四、动态页翻转法	(301)
第八章 微型机通用绘图软件 AutoCAD 简介	(305)
§ 8-1 概述	(305)
一、特点	(305)
二、AutoCAD 的软硬件环境	(305)
三、AutoCAD 的安装与系统配置	(306)
四、图形屏幕	(307)
五、屏幕菜单	(309)
§ 8-2 AutoCAD 命令简介	(310)
一、命令摘要	(310)
二、AutoCAD 高版本 R12.0 常用命令	(312)
三、AutoCAD 状态下的功能键说明	(315)
四、命令输入	(316)
五、数据输入	(316)
六、绘图命令	(317)
七、绘图实例——圆柱齿轮图	(326)
§ 8-3 AutoCAD 与 C 语言的接口 . DXF 文件	(330)
一、文件总体结构	(331)
二、标题段	(335)
三、表段	(336)
四、图块段	(337)
五、实体段	(338)
六、生成一个零件三视图和轴侧图的 . DXF 文件实例	(338)
§ 8-4 AutoCAD 与 C, dBASE 之间的连接	(345)
一、C 与 dBASE, AutoCAD 的接口文件	(345)
二、C 与 dBASE, AutoCAD 的接口文件实例	(345)
第九章 Windows 图形程序设计	(353)
§ 9-1 Windows 编程基础	(353)
一、Windows 概述	(353)
二、Windows 应用程序的基本结构	(353)
三、Windows 程序设计的几个概念	(356)
§ 9-2 设计一个简单的 Windows 应用程序	(357)
一、C 源代码文件 EXAMPLE1.C	(357)
二、模块定义文件 EXAMPLE1.DEF	(362)
三、使用项目来开发 Windows 应用程序	(363)
§ 9-3 图形设备接口 (GDI)	(364)
一、设备描述表 (DC)	(364)

二、画点	(365)
三、画线	(365)
四、画笔	(365)
五、画刷	(366)
六、显示文本	(366)
§ 9-4 Windows 图形程序的两个例子	(366)
一、画直线、椭圆和输出文本的例子	(366)
二、动画图形的例子	(371)
第十章 C 语言程序运行环境	(389)
§ 10-1 源程序的编辑、编译、连接及运行概述	(389)
一、程序的编辑	(389)
二、程序的编译	(389)
三、程序的连接	(390)
四、程序的运行	(390)
§ 10-2 Turbo C 2.0 的安装	(390)
一、基本配置要求	(390)
二、安装与建立子目录	(392)
§ 10-3 Turbo C 2.0 主菜单的内容	(393)
一、File 文件菜单	(394)
二、Edit 编辑器菜单	(394)
三、Run 运行操作菜单	(395)
四、Compile 编译、连接菜单	(395)
五、Project 工程菜单	(395)
六、Options 设置环境菜单	(396)
七、Debug 调试查错菜单	(398)
八、Break/Watch 断点、观察菜单	(398)
§ 10-4 源程序文件的建立、编辑和存储	(399)
一、源程序文件的建立和编辑	(399)
二、编辑命令与功能键	(400)
三、源程序文件的存储	(402)
§ 10-5 源程序文件的编译、连接、运行和调试	(403)
一、程序的编译与连接	(403)
二、程序的运行	(405)
三、程序的调试	(405)
实习题	(407)
附录 I 键盘输入码	(417)
附录 II 常用 C 库函数	(420)

第一章 绪 论

§ 1-1 计算机绘图技术

计算机图形显示和绘图是利用计算机处理图形信息的一门应用技术学科,它的主要任务是通过描述某一对象的一组抽象数据,或计算机产生的中间结果进行处理之后,变换成能直接观察到的图形,在输出设备上实现图形信息的表达,当使用显示器将对象的视觉表示形式展现在显示屏幕上时,称为计算机图形显示。当使用绘图机将显示图形永久保存硬拷贝在图纸上时,称为计算机绘图。两者在图形的生成、存储、变换处理等方面的原理是相同的,实际上常常把两者结合起来使用,称为计算机绘图技术。

一、图形信息的特点

图形信息是一种重要的信息类型,它直接明瞭,含义丰富,具有以下特点:

1. 图形信息表达直观、易于理解。

在科学技术高度发达的今天,图形信息显示出任何语言无法比拟的优越性,它能直接反映出客观世界变幻无穷的图像,供全人类所共享,不受语言限制。图形信息中包含大量空间的、各种层次的、变化的结构形状、色彩、纹理以及心理信息等,通过观察,给人以直观的感觉,且“一目了然”,易于理解。

2. 图形信息表示准确、精练。

图形给人一瞬间把握整体的感觉,它比文字显得更加简明精练,而文字则要逐字逐句逐段联系起来才能理解,真是“一幅图胜似千言万语”。例如旅游指南中配合说明就不可缺少一幅交通图。

“图”是科学技术领域里一种应用非常广泛的表现形式,人类在生产活动和科学实验中,离不开图像表达,如机械方面的零件图、装配图,建筑中的施工图以及气象图、统计图、心电图等都能准确无误地表示各构成部分的几何尺寸和相对位置,而语言文字是难以表达清楚的。

3. 图形信息能“实时”地反应过程的变化规律。

连续变化的图形信息能更“实时”地反映生产和科学实验过程,并从中发现起决定作用的因素和关系。近代物理等学科就是利用这种形象的视觉表示,反映真实模型及抽象概念模型的变化规律。

二、图像处理、模式识别与图形显示的区别

计算机处理图形信息采用不同的方式,使得计算机这一应用领域发展有三个分支学科,即图像处理、模式识别与图形显示,它们之间既有一定联系,又有不同的研究目标,图 1-1 表示这三者之间的关系。

图像处理：它将客观世界中原来存在的物体映像处理成新的数字化图像。如对照片图像扫描采样、量化、模/数转换后送入计算机，由计算机按应用的需要，对数字图像信息进行加工：复原（使模糊图像清晰）、增强（突出某些特征）和图像赋值（定义图像某部分的尺寸形状和位置）。其中关心的问题是怎样滤去噪声，压缩图像数据以便于存储传输等不同的处理。需要时可把加工处理后的图像重新输出，这个过程统称为图像处理。如工业中射线探伤、人体的CT扫描、卫星遥感中资源勘测等都是图像处理的应用实例。

模式识别：它研究怎样分析和识别输入的图形和图像，找出其中蕴含的内在联系。图形信息输入计算机后进行特征抽取等处理，然后用统计判定方法，对图形作出识别。最后由计算机按使用要求绘出图形的分类和描述，从图像中提取数据模型。如邮件分检设备，扫描信件上手写的邮政编码，将数码图像复原成数字，是模式识别的应用实例。

图形显示：它的主要任务是先将各种具体实在对象或抽象假想对象进行描述（建立模型），然后对描述对象的数据或过程进行处理，产生能正确反映对象某些性质的图形，它是将数据和几何模型生成图形。这里所说的模型是对图形对象的抽象描述，它能够被计算机理解接受并转换为图像显示，可以通俗地说：模型是图像的说明，图像是模型的可见形象。具体由计算机产生的字符、符号、点、线、弧、圆、曲面、立体等组成的图形模型都是图形对象，它们还具有明暗、色彩等属性，以及静止和活动的不同状况。

图像处理、模式识别和图形显示这三门与图形信息处理有关的学科，都已有了二三十年的历史，但长期以来它们以各自独立的形式发展。到了80年代，由于光栅扫描图形显示器的广泛使用，以及各门学科之间相互渗透与沟通，相互关系越来越密切，但以计算机软硬件系统角度来看，其中图形显示和绘图技术仍起着基础和核心的作用。

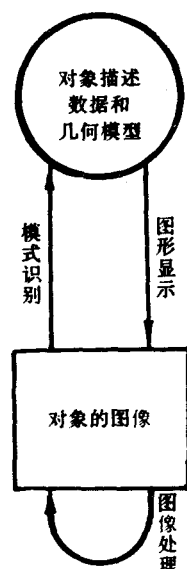


图 1-1 图像处理、模式识别、图形显示之间的关系

三、计算机绘图系统的概念

1. 绘图系统工作方式

计算机绘图系统的工作方式有被动式和交互式两种。被动式主要以绘图机或打印机作为输出设备，通过编制一个绘图程序，让计算机控制绘图机或打印机绘制图形，若要修改图形必须修改程序或数据。这种绘图系统在生成图形过程中，无法进行操纵和控制。

交互式则由设计人员（用户）利用键盘、鼠标器、数字化仪、图形显示器等交互设备的有关功能，控制和操纵模型的建立和图形的生成过程。模型和图形可以边生成边显示边修改，进行人机对话；并提供了与绘图系统形象直观和高效率的交互手段，以菜单形式为用户提供输入、修改、变换等各种图形功能，直到产生符合使用要求的模型和图形为止，最后由绘图机或打印机输出图形。目前，计算机绘图系统工作方式都以交互式绘图为主。

2. 绘图系统组成

计算机绘图系统由硬件和软件两部分组成。计算机绘图系统的基本物理设备统称为硬件,它包括主机、大容量外存储器、图形输出和图形输入设备。其中图形显示器、打印机、绘图机、键盘、鼠标器、数字化仪、扫描仪等供系统配置时用户选用。

为了运行、管理和维护计算机而编制的各种程序统称为软件,软件分系统软件、支撑软件和应用软件三类。

系统软件是使用和管理计算机的全部软件。它为所有的计算机用户服务。

应用软件是用户利用计算机,以及它所提供的各种系统软件编制解决用户各种实际问题的程序,称为应用程序,它为部分用户服务。图形应用程序是开发绘图系统的核心部分,它是图形技术在各种应用中的抽象描述。

图形支撑软件由一组公用的图形函数(子程序)所组成,它扩展了原有高级语言的图形处理功能。给用户描述、控制、分析和计算图形的语句,适用于用户设计有关图形方面的应用程序。

综上所述,计算机绘图系统是为了支持应用程序便于实现图形的输入输出而设计的硬件和软件的组合体,没有绘图系统的支撑,就会使应用程序的编写极为困难,计算机绘图的潜在用途也难于开发。

§ 1-2 计算机绘图的主要应用领域

计算机绘图在工业、商业、科学技术、教育、军事、管理等方面得到广泛应用。下面列举一些有代表性的重要应用领域。

一、计算机辅助设计(CAD)

计算机绘图技术的产生和发展与计算机辅助设计密切相关,可以说计算机辅助设计是最早最重要的一个应用领域。计算机辅助设计已使传统的工程设计发生了巨大变化,特别是人机交互式绘图系统,可以将人的直观感觉和判断能力与绘图系统十分有效地结合起来,再加上使用高效的方法库(包括优化设计等)、数据库技术得以更好地发挥人的才能、智慧和计算机的特长,显著地提高设计质量,减少差错,缩短设计周期,降低成本,从而有效地提高设计工作效率。目前,计算机辅助设计在我国机械(彩图 1-2)、电子(彩图 1-3)、铁道、建筑(彩图 1-4)等各种工程设计领域都有着广泛的应用,并取得明显的经济效益。

二、计算机模拟与仿真(CS)

利用计算机模拟某个系统、某种效应和过程。把某个物理现象经数值模拟而数字模型化,再将该模型以图像的形式显示出来。这是进行系统分析和仿真的有效手段。图形显示在计算机模拟中有着重要作用,图 1-5 利用电路模拟程序对反向器电路分析显示输入电路图、输入输出波形、幅频特性等实验过程的形象模拟,除此之外,还有刀具切削轨迹模拟和风洞效应等。

三、计算机绘图(CD)

在商业、企事业、金融等事务管理中,大量经济、生产管理信息都普遍使用既简便又

明确的各种直方图、折线图、扇形图(彩图 1-6)来表达生产进度、产品数量和质量变化趋势、库存量、销售量等,使用户能直观迅速理解各种数字之间复杂的联系及内在的意义,深受欢迎。

在测量数据的图形处理中,利用计算机制图精度高、速度快,用来绘制地形图、矿藏图、海洋图、天气预报图、人口密度分布图等。

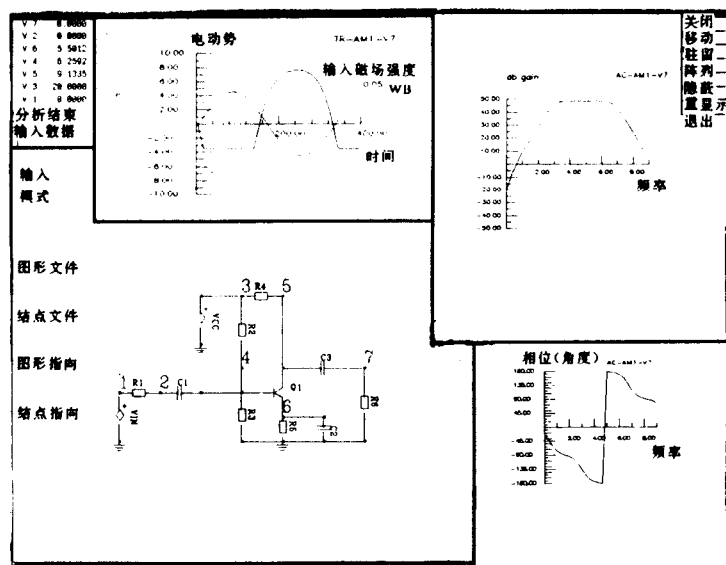


图 1-5 计算机模拟电路图

在工程设计中离不开图纸。“图纸是工程师的语言”。据统计,在机械设计中制图占整个设计工作量的 50%~70%。因此,计算机绘图代替人工制图已是发展趋势。

四、过程控制 (PC)

计算机通过把与它通连的实时测试体、传感器等采集到的非图形信号,加工处理成图像,在显示屏幕上显示。图形显示清晰明了,操作人员观察审视在操作过程中的各个环节状态情况,控制对象(如发电厂、化工厂等生产过程)操作既安全又方便,且可提高工作效率。

五、办公室自动化 (OA)

随着科学技术迅速发展,办公室繁琐的日常工作中,大量杂乱无章的数据分类、汇总、加工成符合不同要求的文字和图形报告,以及“电子邮件”通讯等,都可以由价廉物美、易于操作,具有高质量的显示设备的微型计算机系统来完成。可以实现编辑和传达文件的自动化,还能以图形方式显示交换文件报表、图形及其他信息。图形显示系统在办公室自动化中,有助于决策信息表达与传输,是一种新的通讯手段,目前办公室自动化是计算机绘图技术应用中一个重要的领域。

六、计算机辅助教学 (CAI)

计算机辅助教学系统利用图形显示设备或电视终端,可以有声有色生动地演示物理、化学、生物、外语等教学内容,让学生(用户)使用人机交互手段,进行学习和研究,绘图或仿真操作,使整个教学过程直观形象,有利于加深理解所学的知识,并可自我考核打分,随着微型计算机在家庭内的普及使用,计算机辅助教学将会迅猛地发展。

近年来随着图形设备价格的下降和图形显示技术的发展,特别是微型计算机图形功能的增强和高性能图形工作站的出现,计算机绘图技术正得到更为广泛的应用,因此它的应用领域远不止上述六个方面,它在动画、游戏、广告、艺术、军事训练、医疗、软件工程等许多方面都有着广泛的应用。

§ 1-3 计算机绘图技术的简史和发展趋势

一、计算机绘图技术的简史

对计算机绘图历史作一简短的回顾,使我们从历史知识中对这项技术的发展和现状有更好的理解。计算机绘图技术的崛起要追溯到 50 年代。50 年代初到 60 年代,美国麻省理工学院的 S. A. Coons 教授等人在计算机辅助设计和制造方面进行了开拓性研究,第一台应用旋风(Whirlwind)型计算机自动控制铣床,就是在麻省理工学院的伺服机构实验室研制成功的。在 Coons 教授影响下, Ivan SutherLand 在学院的林肯实验室组装的配有交互式显示器的 TX-2 计算机上进行研究创新,终于在 1963 年研制出一种命名为 Sketchpad 的交互图形系统。这是一种生成处理和显示二维几何图形的交互式设计工具,该系统可以使用光笔在显示器上进行修改图形的功能,并能对图形进行定位、缩放等变换,可以说他是 CAD 的开拓者。与此同时,参加这工作的 L. Roberts 首先实现了坐标变换等方法,写出了第一个从透视图上消隐线算法。60 年代初,IBM 7090 型计算机用绘图仪绘制了航空母舰上飞机降落图,这说明在此期间计算机绘图技术已有较大发展。1964 年美国通用汽车公司研制出汽车车身和外形设计用的计算机辅助系统,该系统的硬件部分是由 IBM 公司合作开发的。这个系统主要产生图形的硬拷贝,而并非是交互式绘图系统。因此,IBM 公司年底推出了自己的设计方案,它经改进成为第一代刷新式随机扫描图形显示器,它使用光笔作为交互输入手段,1966 年 IBM 公司研制出混合集成电路模块的辅助设计系统,并应用于具有代表性的第三代计算机 IBM360 上。1968 年我国研制出第一台数控绘图机(LZ-5 型)。70 年代前期是计算机辅助设计研究者相当活跃的时期,他们进行了大量的理论探讨和设计工作。完成土木工程集成系统(ICES),在 CAD 方法库、有限元理论及隐藏线及隐藏面的消隐算法等方面作出了很多贡献,使得 CAD 技术领域蓬勃发展起来。1973 年 Lockheed 发表了论证计算机绘图在设计过程中的现实性和经济性报告。1975 年洛克希德飞机公司的 Chasen 发表在 CAD 系统中计算机绘图的经济效益的分析论文,在此期间 Eastmen 发表了关于 CAD 中数据库问题的论文,1977 年我国又研制出第一台用小型计算机直接控制的平面电机型绘图机,从此计算机辅助绘图作为 CAD 的一个专门领域开始形成,对推动 CAD 技术的发展起了巨大作用。70 年代是计算机绘图的成熟时期。因此 1973 年在美国召开了计算机图形学

首次会议, 这种会议每年召开一次, 延续至今, 它是国际性学术会议, 推动着计算机图形学的科学研究和发展, 在此期间, 图形显示终端和绘图仪自 1963 年开始实用以来得到迅速发展。光栅扫描显示器和刷新随机扫描型显示器都进入商品化阶段, 1970 年我国研制成功 (75-1 型) 黑白光笔图形显示器, 1976 年又研制成 (75-2 型) 彩色光笔图形显示器, 到了 80 年代, 随着微处理器及其外围芯片的出现和发展, 大量微型计算机及其外围设备涌现市场, 由于价格低廉, 操作方便深受欢迎。1982 年, 以 16 位及准 16 位微型计算机的问世, 内存不断扩大, 外围设备不断完善, 绘图功能不断增强, 在二维图形绘制方面微型机系统已能取代小型计算机系统。微型计算机主机和图形显示器融为一体, 都用光栅扫描型显示器, 它可以生成高质量的透视线架图和逼真的彩色明暗图。近几年来大规模集成电路的发展和专用图形处理芯片的出现, 使得光栅扫描型显示器的质量越来越好、价格越来越低, 现已成为图形显示器的主要形式。在工程设计中已大量使用 32 位超级微型计算机, 如 APOLLO, SUN 等联网的分布式工作站, 它的应用也正逐渐取代分时形式的大型主机连接几十个图形终端的结构, 80 年代中期我国在 LSI/CAD 系统开发方面捷报频传。1984 年上海交通大学完成国内第一套中、大规模集成电路计算机辅助剖析设计双向系统, 继而在原北京航空学院、复旦大学、清华大学合作完成了大规模集成电路 CAD 系统。目前我国在飞机、汽车、汽轮机、组合机床、铁路建设、服装设计等方面都开发并使用了计算机辅助设计系统, 尤其以微型计算机为基础的商品化的图形工作站和 CAD 工作站推向市场后, 各行各业利用现有的设备开发了多种多样的 CAD 应用软件, CAD 技术的开发和应用在我国呈现出一片繁荣的景象。展望未来, 仍需要继续贯彻“引进、消化、开发、创新”的方针, 不断引进适合我国的 CAD 技术, 在消化和应用上下功夫, 努力创新, 使之转化为生产力。

二、计算机绘图技术的发展趋势

计算机绘图技术的发展已经过 30 多年的历史, 随着微电子学、计算几何、软件工程、人工智能和通讯技术等学科的发展, 正沿着与它们进一步结合发展新应用领域。

计算机绘图技术与大型科学计算相结合, 建立可视性计算技术 (computer visualisation)。它将大量的数值结果数据用可视性图形来表示, 且能直观反映参数间的关系, 比较清楚地揭示研究对象的本质和规律。

计算机绘图技术与人工智能相结合, 引入知识工程, 建立专家 CAD 系统, 由于现代工程设计问题复杂, 仅仅依靠传统的设计工具是远远不够的。专家系统把许多事实和有关专业范围内的启发规则 (专家经验规则), 结合在一起, 通过系统不断缩小搜索范围, 寻求最佳解决方案。专家系统的发展有助于创造更高级的 CAD 系统。

计算机绘图技术与网络技术相结合, 建立分布处理的多级式结构图形工作站网络, 工作站之间利用网络相互联系, 并和大型计算机图形系统共享资源。

计算机绘图技术与微电子学结合, 从超大规模集成电路方面得到发展。超大规模集成电路已用在 CPU、存储器以及超高速数据处理和传输硬设备中。32 位 CPU 已投入使用, 64 位的 CPU 正在开发中, 发展超大容量存储装置, 100 兆位的芯片正在研制中。图形显示技术的发展方向是: 采用高密度大容量存储器, 具有多微处理器的显示硬件结构, 采用超大规模集成电路构成彩色显示控制器, 国外正在新型高分辨率彩色显示器、智能显示终端和分布式并行处理结构等方面投入大量研制工作。采用超大规模集成电路设计的图形显示器,

大大减少集成片数量,并且结构上彻底改变,采用平板显示,使得图形显示朝着高性能、小型化和低成本方向发展。

计算机绘图与计算机语言处理技术相结合,将研究成语言识别系统和图形系统之间新型人机交互输入设备。激光技术的发展,使激光打印机将成为重要而普遍使用的图形输出设备。最近几年已开始对激光全息三维造型系统进行研究,它在显示屏幕上生成的三维形体和全息照像一样,从各个不同的角度观察,具有鲜明的立体感。

在计算机绘图软件的发展方面,已由二维图形软件向三维实体造型方向发展,并建立通用性强与设备无关的标准图形软件。国际上从70年代中期就开始图形软件标准化工作,原西德的图形核心系统(Graphics Kernal System),简称GKS,已被国际标准化组织正式采纳为二维图形的国际标准,现在又增加了三维功能,实现GKS的三维图形国际标准。国际市场上还出现CORE系统,它是美国标准化软件。以上两个标准图形软件和C. Pascal等高级语言都有接口,可以选择一种高级语言来实现标准软件中一系列图形功能的函数调用。目前美国Borland公司推出的Turbo C,它的图形函数基本实现GKS的图形国际标准。因此,使用Turbo C作为图形支撑软件,编写图形应用软件、进行图形设计工作已不会太困难。对用户来说更关心的图形应用软件,近年来广泛流行的微型计算机通用绘图软件AutoCAD使用户与图形系统之间形成良好的接口。尤为广大用户欢迎的Windows,使IBM PC微型计算机的图形界面发生了革命。它提供了统一的图形设备接口(GUI),大大方便了应用程序的编制。随着计算机应用范围的扩大,图形用户界面的发展,计算机软件开发公司又推出了图形加速卡,将提供丰富的色彩和超凡的运算速度,能使AutoCAD的工作环境,非常容易具有很多Windows的特点,而在Windows环境下简单地使用热键,即能迅速地切换屏幕显示分辨率,使用户实现应用要求的图形设计十分方便。毫无疑问,这种图形应用软件作为商品大量出现,不仅将推动计算机绘图技术的发展,而且将取得明显的经济效益和社会效益。

微型计算机的普及加速了计算机绘图技术的应用和发展,随着微型计算机存储容量增大,性能提高,价格下降和日益普及使用,作为它的核心绘图系统的需要也将会迅速增长。微型计算机的绘图系统多数硬件是大规模集成电路芯片,不易发生故障,性能可靠,对环境无特殊要求,它可与多种外部设备联接,维护方便,操作灵活,这些优点促使微型计算机绘图系统的生产增长很快。此外,目前开发的微型计算机绘图系统,以16位或32位微处理器为CPU,1~4兆位的半导体存储器,640×480,800×600,1024×768或更高分辨率的光栅扫描彩色图形显示器,配置有键盘,数字化仪或鼠标器组成输入设备,由图形打印机、绘图机组成输出设备。这些硬件在操作方便、简单的系统软件支持下,配有基本图形软件,就可向用户提供相当于以前小型计算机图形系统的功能,而微型计算机绘图系统的价格日趋低廉。这样的系统是一般中小型企业、公司、商店和部分家庭负担得起的。这种系统可以进行计算机绘图、辅助设计和辅助管理,它具有联网功能,可以向分布式微型机工作站方向发展。据统计,80年代中期以来,我国微型计算机绘图系统的装机台数急剧增加。近年来,由于计算机知识迅速普及,各行各业的生产、管理、科研等部门都迫切要求计算机辅助工作。对大多数使用图形信息技术的用户来说,微型计算机绘图系统可以基本满足要求,在此基础上可以进行大量的开发工作。这些都是微型计算机绘图系统的迅速推广、普及并发展的基础。当然微型计算机绘图系统有不同的档次,用户可根据经济条件

和工作需要,从诸多因素权衡后,选型配置。

本教材主要介绍在国内使用比较普及的 IBM PC 微型计算机绘图系统。它较早地进入我国市场,并在大、中专学校广泛装备的微型机。IBM PC 微型计算机以 16 位 Intel 8088、8086 微处理器为 CPU,发展到现在广为流行的 Intel 80386、80486 和 80586 (Pentium),并有多钟类型的扩充插件,可以选用连接各种外部设备。它是微型计算机图形显示的典型机种,图形显示技术先进,配置有彩色图形显示器及适配器,它提供的 DOS、Windows 等系统软件是用户使用高级语言进行图形程序设计的良好工具。它配有各种图形应用软件,如 Auto CAD 为应用开发创造优越的条件。随着 PC 技术的发展和图形技术的日益成熟,特别是 Windows 下三维图形 API 的出现,也为三维图形的普及提供了一定的技术条件。目前较为流行的三维图形 API 有: Apple 公司的 Quick Draw 3D (QD 3D) 和 Microsoft 公司的 Direct 3D, 用户可使用 C/C++ 语言来调用,适合于工程应用领域、多媒体方面的应用和游戏设计。虽然 IBM PC 微型计算机一般绘图系统,在图形应用方面还限于一些二维应用领域,但据统计与经验测算,实际图形应用属于二维问题的,大约占 70%~80%,因此,IBM PC 作为普及微型计算机绘图系统的应用仍有着美好的前景。

本教材编写中结合 IBM PC 的图形功能及其应用实例,着重阐明微型计算机绘图技术的基础问题并介绍开发图形应用程序的各种算法及 C 程序设计。