

21 世纪 高等学校本科系列教材

总主编 吴中福

计算机图形学

(29)

杜世培 主编



重庆大学出版社

计算机图形学

杜世培 主编

重庆大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学/杜世培主编. —重庆:
重庆大学出版社, 2001. 7
ISBN 7-5624-2343-1

I. 计... II. 杜... III. 计算机
图形学 IV. TP391. 41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 041653 号

计算机图形学

杜世培 主编
责任编辑 曾令维

*

重庆大学出版社出版发行
新华书店经销
重庆大学建大印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 14.5 字数: 362 千
2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 6 000

ISBN 7-5624-2343-1/TP · 299 定价: 22.00 元

前言

计算机图形学在我国的发展历史可以回溯到 20 世纪 80 年代初,从那时到现在,已过去了 20 余年。在这 20 余年中,由于计算机硬件和软件的飞速发展,由于实际应用的有力推动,计算机图形技术的发展十分迅速。虽然,国内外关于计算机图形学和图形技术的教材和书籍可谓汗牛充栋,但是,这些书籍又会由于计算机科学与技术的发展而很快落后,难以满足教学的需要。

为此,我们在多年教学和研究工作的基础上,参考了国内外最新版本的教材和书籍,并从 Internet 网上查找、收集、整理了大量的资料,编写了这本教材。教材的定位,主要考虑如下几方面:

①计算机科学与技术专业或相关的信息技术类专业(本科)的专业课程学习教材。

②考虑自学计算机专业的学生的需要。

③适当考虑报考研究生的读者需要。

教材的编写目标及主要特色是:

①根据教学大纲的要求,讨论清楚计算机图形学中最基本、最广泛应用的理论和算法,为学生进一步学习打下基础。

②尽量反映 20 世纪 90 年代以来,国内外计算机图形学的最新发展所需的基本知识,为掌握这些最新成果准备条件。

③贯彻理论和实践相结合的原则,为学生上机实践提供指导。

根据以上原则,本书第 1 章介绍了计算机图形学的概况及应用领域,第 2 章讨论了计算机图形系统的基本组成,第 3 章对直线、曲线、区域填充、窗口及裁剪等基本图形生成算法进行了讨论,第 4 章对交互技术及用户接口这一图形学的重要应用领域进行了讨论,第 5 章对曲面表示、实体的表示、分形几何表示、特征表示等三维形体表示方法进行了讨论,第 6 章考虑了为图形的输出而进行的图形变换,第 7 章主要讨论了其实图形的显示问题。经过实践的检验,原先制定的上述计算机图形国际标准,并未真正得到推广,而近年来在工作站上及 PC 机的 WINDOWS 操作系统中的三维图形软件库 OpenGL,则成为当前公认的工业标准,为工业部门广泛应用。本书为适

应这种形势,专门编写了第8章,对 OpenGL 图形库的应用作了一些介绍,使用本书的读者可以用 OpenGL 图形库对更深的题目进行编程。在本书中,除了在每章之后附有思考题和习题以外,在本书最后,还编写了上机实习指导,特别就如何使用 VC 或 C++ BUILDER 编写 OpenGL 程序提供了详细的指导内容。

本书的第1章、第2章、第4章、第5章、第7章、第8章和附录由杜世培编写,第3章由沈敏编写,第6章由吕晓丹编写。全书由杜世培统编。

在本书的编写过程中,得到了贵州工业大学计算机科学与技术学院的傅家祥老师的许多鼓励和帮助,张建敏用 AUTO CAD 为本书绘制了许多幅图样,还引用了 Internet 网上的许多朋友的文章和程序,这对本书的定稿帮助很大。在此,谨向为本书提供帮助的所有同志表示衷心的感谢。

欢迎读者在阅读本书的过程中,对本书存在的缺点和问题提出宝贵意见。

编 者

email:shpdu. @ 126. com

2001 年 5 月

目录

第1章 计算机图形学概述及应用领域	1
1.1 计算机图形学概述	1
1.2 计算机图形学的发展简史	2
1.3 计算机图形学的应用领域	4
1.4 计算机图形学今后的发展动向	6
习 题	9
第2章 计算机图形系统概述	10
2.1 计算机图形系统的组成	10
2.2 计算机图形硬件设备	12
2.3 计算机图形软件系统	20
2.4 图形软件标准	22
习 题	25
第3章 基本图形生成算法	26
3.1 生成直线的常用算法及直线属性	26
3.2 生成二次曲线的常用算法	32
3.3 生成自由曲线的常用算法	38
3.4 区域填充	51
3.5 窗口与裁剪	64
习 题	73
第4章 交互技术及用户接口	75
4.1 用户接口的常用形式	75
4.2 基本交互任务及其技术	78
4.3 输入控制	84
4.4 用户接口的设计	86
习 题	94
第5章 三维形体的表示	96
5.1 曲面的表示	96
5.2 实体的表示	104
5.3 分形几何表示	115
5.4 特征表示法	119
5.5 基于物理的建模法	120
习 题	122
第6章 图形变换	123
6.1 向量空间与齐次坐标系	123

6.2 窗口视图变换	125
6.3 图形的几何变换	127
6.4 投影变换	135
6.5 观察坐标系与空间裁剪	139
习 题	141
 第7章 消隐及真实感图形生成技术	142
7.1 消隐技术	142
7.2 明暗效应	152
7.3 颜色模型	159
7.4 模拟物体表面细节	173
7.5 整体光照明模型与光线跟踪算法	176
7.6 物体间的漫反射和辐射度方法	183
7.7 阴影生成技术	188
7.8 科学计算可视化简介	189
习 题	192
 第8章 OpenGL 图形库应用简介	194
8.1 概述	194
8.2 OpenGL 程序设计入门	196
8.3 基本几何元素	199
8.4 坐标变换	206
8.5 光照明模型处理	213
 附录 上机实习指导	218
 参考文献	224

第 1 章

计算机图形学概述及应用领域

1.1 计算机图形学概述

计算机图形学是利用计算机研究图形的表示、生成、处理、显示的学科。经过 30 多年的发展,计算机图形学已成为计算机科学中最为活跃的分支之一,并得到广泛的应用。本章将介绍计算机图形学的研究内容、发展历史、应用和图形学的发展方向,使读者对图形学的有关内容有个概括性的了解。

1.1.1 计算机图形学的研究内容

计算机图形学(Computer Graphics)是研究对真实或虚构的物体的模型进行生成、存取和管理的一门学科。用计算机所设计和构造的图形可以是现实世界中已经存在的物体的图形,也可以是完全虚构的物体。如何在计算机中表示图形以及利用计算机进行图形的计算、处理和显示的相关原理与算法,构成了计算机图形学的主要研究内容。图形通常由点、线、面、体等几何元素和灰度、色彩、线型、线宽等非几何属性组成。从处理技术上来看,图形主要分为两类,一类是基于线条信息表示的,如工程图、等高线地图、曲面的线框图等;另一类是明暗图(Shading),也就是通常所说的真实感图形。

可以说,计算机图形学一个主要的目的就是要利用计算机产生令人赏心悦目的真实感图形。为此,必须建立图形所描述的场景的几何表示,再用某种光照模型,计算在假想的光源、纹理、材质属性下的光照明效果。因此计算机图形学与另一门学科计算机辅助几何设计有着密切的关系。事实上,图形学也把可以表示几何场景的曲线曲面造型技术和实体造型技术作为其主要的研究内容。同时,真实感图形计算的结果是以数字图像的方式提供的,计算机图形学也就和图像处理有着密切的关系。图形与图像两个概念间的区别越来越模糊,但我们认为还是有区别的:图像纯指计算机内以位图(Bitmap)形式存在的灰度信息,而图形含有几何属性,或者说更强调场景的几何表示,是由场景的几何模型和景物的物理属性共同组成的。

计算机图形学的研究内容非常广泛,如图形硬件、图形标准、图形交互技术、光栅图形生成算法、曲线曲面造型、实体造型、真实感图形计算与显示算法,以及科学计算可视化、计算机动画、自然景物仿真、虚拟现实等。作为一本面向计算机专业本科生的图形学教材,本书着重讨论与光栅图形生成、曲线曲面造型和真实感图形生成相关的原理与算法。

计算机图形学所涉及的算法是非常丰富的,围绕着生成、表示物体的图形图像的准确性、

真实性和实时性,其算法的研究范围可以分为以下几类:

- ①基于图形设备的基本图形元素的生成算法,如用光栅图形显示器生成直线、圆弧、二次曲线、封闭边界内的填色、填图案、反走样等。
- ②基本图形元素的几何变换、投影变换、窗口裁剪等。
- ③自由曲线和曲面的插值、拟合、拼接、分解、过渡、光顺、整体修改、局部修改等。
- ④图形元素(点、线、环、面、体)的求交与分类以及集合运算。
- ⑤隐藏线、面消除以及具有光照颜色效果的真实图形显示。
- ⑥不同字体的点阵表示,矢量中、西文字符的生成及变换。
- ⑦山、水、花、草、烟云等模糊事物的生成。
- ⑧三维或高维数据场的可视化。
- ⑨三维形体的实时显示和图形并行处理。
- ⑩虚拟现实环境的生成及其控制算法等。
- ⑪图像处理。

1.1.2 计算机图形学与图像处理

计算机图形学最初的含义是使用计算机通过算法和程序在显示设备或打印设备上构造出图形来,而不是通过摄像机或扫描仪等设备输入的。所设计和构造的图形可以是现实世界已存在的物体的图形,也可以是完全虚构物体的图形。而图像处理是景物或图像的分析技术,所研究的是计算机图形学的逆过程,它包括图像增强、图像变换和编码、模式识别、计算机视觉等,它还研究如何从图像中提取二维或三维物体的模型。虽然计算机图形学和图像处理目前仍然是两个相对独立的学科分支,但它们的重叠之处越来越多。如,它们都是用计算机进行点、面处理,都使用光栅显示器等。在图像处理中,需要用计算机图形学中的交互技术和手段输入图形、图像和控制相应的过程。在计算机图形学中,也经常采用图像处理操作来帮助合成模型的图像。图形和图像处理算法的结合是促进计算机图形学和图像处理技术发展的重要趋势之一。

1.2 计算机图形学的发展简史

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 I)计算机的附件诞生了。该显示器用一个类似于示波器的阴极射线管(CRT)来显示一些简单的图形。1958年美国Calcomp公司由联机的数字记录仪发展成滚筒式绘图仪,GerBer公司把数控机床发展成为平板式绘图仪。在整个50年代,只有电子管计算机,用机器语言编程,主要应用于科学计算,为这些计算机配置的图形设备仅具有输出功能。计算机图形学处于准备和酝酿时期,并称之为:“被动式”图形学。到50年代末期,MIT的林肯实验室在“旋风”计算机上开发SAGE空中防御体系,第一次使用了具有指挥和控制功能的CRT显示器,操作者可以用笔在屏幕上指出被确定的目标。与此同时,类似的技术在设计 and 生产过程中也陆续得到了应用,它预示着交互式计算机图形学的诞生。

1962年,MIT林肯实验室的Ivan E. Sutherland发表了一篇题为“Sketchpad:一个人机交互

通信的图形系统”的博士论文,他在论文中首次使用了计算机图形学“Computer Graphics”这个术语,证明了交互计算机图形学是一个可行的、有用的研究领域,从而确定了计算机图形学作为一个崭新的科学分支的独立地位。他在论文中所提出的一些基本概念和技术,如交互技术、分层存储符号的数据结构等至今还在广为应用。1964年MIT的教授Steven A. Coons提出了被后人称为超限插值的新思想,通过插值4条任意的边界曲线来构造曲面。同在60年代早期,法国雷诺汽车公司的工程师Pierre Bézier发展了一套被后人称为Bézier曲线、曲面的理论,成功地用于几何外形设计,并开发了用于汽车外形设计的UNISURF系统。Coons方法和Bézier方法是CAGD最早的开创性工作。值得一提的是,计算机图形学的最高奖是以Coons的名字命名的,而获得第一届(1983)和第二届(1985)Steven A. Coons奖的,恰好是Ivan E. Sutherland和Pierre Bézier,这也算是计算机图形学的一段佳话。

70年代是计算机图形学发展过程中一个重要的历史时期。由于光栅显示器的产生,在60年代就已萌芽的光栅图形学算法迅速发展起来,区域填充、裁剪、消隐等基本图形概念及其相应算法纷纷诞生,图形学进入了第一个兴盛的时期,并开始出现实用的CAD图形系统。又因为通用、与设备无关的图形软件的发展,图形软件功能的标准化问题被提了出来。1974年,美国国家标准化局(ANSI)在ACM SIGGRAPH的一个与“与机器无关的图形技术”的工作会议上,提出了制定有关标准的基本规则。此后ACM专门成立了一个图形标准化委员会,开始制定有关标准。该委员会于1977年、1979年先后制定和修改了“核心图形系统”(Core Graphics System)。ISO随后又发布了计算机图形接口CGI(Computer Graphics Interface)、计算机图形元文件标准CGM(Computer Graphics Metafile)、计算机图形核心系统GKS(Graphics Kernel System)、面向程序员的层次交互图形标准PHIGS(Programmer's Hierarchical Interactive Graphics Standard)等。这些标准的制定,为计算机图形学的推广、应用、资源信息共享,起了重要作用。

70年代,计算机图形学另外两个重要进展是真实感图形学和实体造型技术的产生。1970年Bouknight提出了第一个光反射模型,1971年Gourand提出“漫反射模型+插值”的思想,被称为Gourand明暗处理。1975年Phong提出了著名的简单光照模型——Phong模型。这些可以算是真实感图形学最早的开创性工作。另外,从1973年开始,相继出现了英国剑桥大学CAD小组的Build系统、美国罗彻斯特大学的PADL-1系统等实体造型系统。

1980年Whitted提出了一个光透视模型——Whitted模型,并第一次给出光线跟踪算法的范例,实现Whitted模型。1984年,美国Cornell大学和日本广岛大学的学者分别将热辐射工程中的辐射度方法引入到计算机图形学中,用辐射度方法成功地模拟了理想漫反射表面间的多重漫反射效果。光线跟踪算法和辐射度算法的提出,标志着真实感图形的显示算法已逐渐成熟。从80年代中期以来,超大规模集成电路的发展,为图形学的飞速发展奠定了物质基础。计算机的运算能力的提高,图形处理速度的加快,使得图形学的各个研究方向得到充分发展,图形学已广泛应用于动画、科学计算可视化、CAD/CAM、影视娱乐等各个领域。

目前,已发展了多种计算机图形软件系统,概括起来主要有如下3类:

(1) 用现有的计算机语言(如C、PASCAL)写成的子程序包

用户使用时按相应计算机语言的规定调用所需要的子程序生成各种图形。这类子程序包很多,使用较为广泛的有图形标准化程序包,如GKS、PHIGS、GL等,用其中的子程序可实现各种基本绘图及显示功能,各种图形设备及交互过程中各种事件的控制和处理。这种类型的图形软件基本上是一些用计算机语言写成的子程序集。在这类程序包的基础上开发的图形程序

有便于移植和推广的优点,但执行速度相对较慢,效率较低。

(2) 扩充某种计算机语言,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、PASCAL、AutoLisp 等,它们是在相应的计算机语言中扩充了图形生成及控制的语句或函数。对解释型的语言,这类功能的扩充还方便一些,对编译型的语言,扩充图形功能的工作量较大,且不具备可移植性。用这类语言编写的图形软件比较简练、紧凑,执行速度较快。

(3) 专用的计算机图形系统

对于某一种类型的设备,可以配置专用的图形生成语言。如果要求简单,可以采用在多功能子程序包的基础上加上命令语言的方式。如果需要配置一个具有综合功能的较为复杂的图形生成语言,又要求有较快的执行速度,则应开发或配置一个完整的编译系统。比起简单的命令语言,它具有更强的功能;比起子程序包,它的执行速度较快,效率更高。但系统开发工作量大,且移植性较差。

1.3 计算机图形学的应用领域

计算机图形系统的硬、软件性能日益提高,价格逐步降低,这必然促使计算机图形技术的应用日益广泛。目前,计算机图形学在国内外已经应用于工业、科技、教育、管理、商业、艺术、娱乐等多个领域。其代表性应用有:

(1) 计算机辅助技术 CAX (CAD、CAM、CAI 等)

在计算机辅助设计(CAD)中,交互式图形生成技术用来设计机械、电子设备等产品的元部件、系统以及工程建筑。如汽车车体、飞机和船舶的外壳、模具、大规模集成电路、光学系统、民用建筑、服装、玩具等。有时候,用户仅仅需要绘制出设计对象的精确图形,更常见的是,在计算机中构造出设计对象的模型,然后对它的机械性能、电性能或热性能进行分析计算并用图形显示。

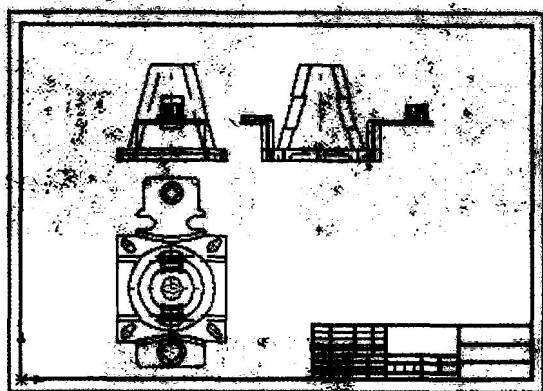
CAD 领域一个非常重要的研究领域是基于工程图纸的三维形体重建。三维形体重建就是从二维信息中提取三维信息,通过对这些信息进行分类、综合等一系列处理,在三维空间中重新构造出二维信息所对应的三维形体,恢复形体的点、线、面及其拓扑关系,从而实现形体的重建,如图 1-3-1 所示。

(2) 地形地貌和自然资源的图形显示

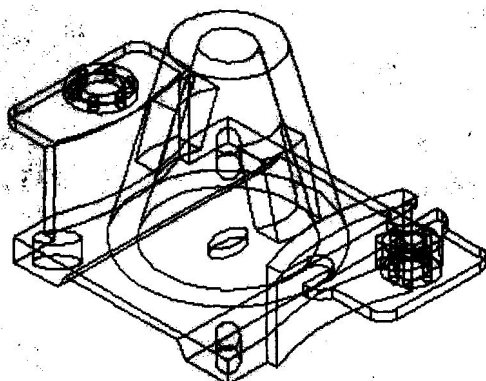
应用计算机图形生成技术产生高精度的地理图形或其他自然资源的图形是另一个重要的应用领域,包括地理图、地形图、矿藏分布图、海洋地理图、气象图、植被分布图等,目前,地理信息系统 GIS (Geography Information System) 已经在国内外获得广泛的应用,它就是建立在地理图形基础上的信息管理系统。

(3) 过程控制

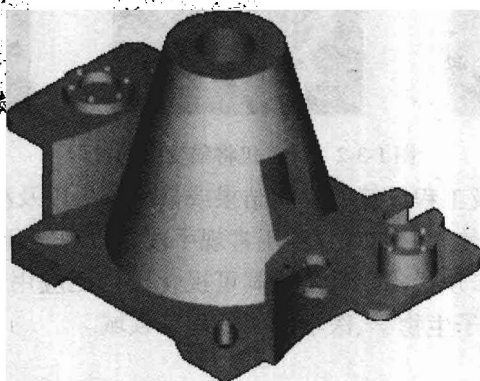
在过程控制中,常常将计算机与现实世界中的其他设备连成一个系统。计算机图形显示设备常用来显示系统中关键部位的状态。如炼油厂、发电厂和电力系统的状态显示器可显示出由传感器送来的压力、温度、电压、电流等数据,从而使操作人员可及时对异常情况作出反应。机场的飞行控制人员从雷达显示器上观察到计算机产生的标志及状态信息,可以更快、更



(a) 工程图



(b) 线框图



(c) 实体图

图 1-3-1 基于工程图纸的三维形体重建的例子

准确地管理空中交通。

(4) 广告、动画、电子游戏

由于计算机图形系统的硬件速度提高,软件功能增强,用来制作计算机动画已经是相当普遍了。放映1s的动画,需制作24幅画面,因此,要制作放映较长时间的动画,其工作量是相当大的。利用计算机制作动画,可以在两幅关键画面之间插入中间画面,从而大大节约了制作时间和工作量,提高了动画制作的效率。目前,利用计算机图形技术制作的动画作为电视节目的片头或广告,甚至制作整个动画片,或制作电子游戏的逼真画面,已是很常见的情形,图1-3-2表示计算机怎样将一只猫变成一只虎的过程。

(5) 模拟和训练、虚拟现实

虚拟现实系统是指由计算机生成的一个实时三维空间,用户在其中可以“自由地”运动,随意地观察周围的景物,并可通过一些特殊的设备与虚拟的物体进行交互操作。近些年来,由于计算机硬件设备及显示设备的飞速发展,虚拟现实技术及系统的研究工作进展很快,已在航空、航天、建筑、医疗、教育、艺术、体育等需要进行模拟和训练的领域内获得广泛的应用。

(6) 科学计算可视化

随着科学技术的进步,人类面临着越来越多的数据需要进行处理。这些数据来自高速计算机、人造卫星、地震勘探、计算机层析成像和核磁共振等途径。科学计算可视化就是应用计

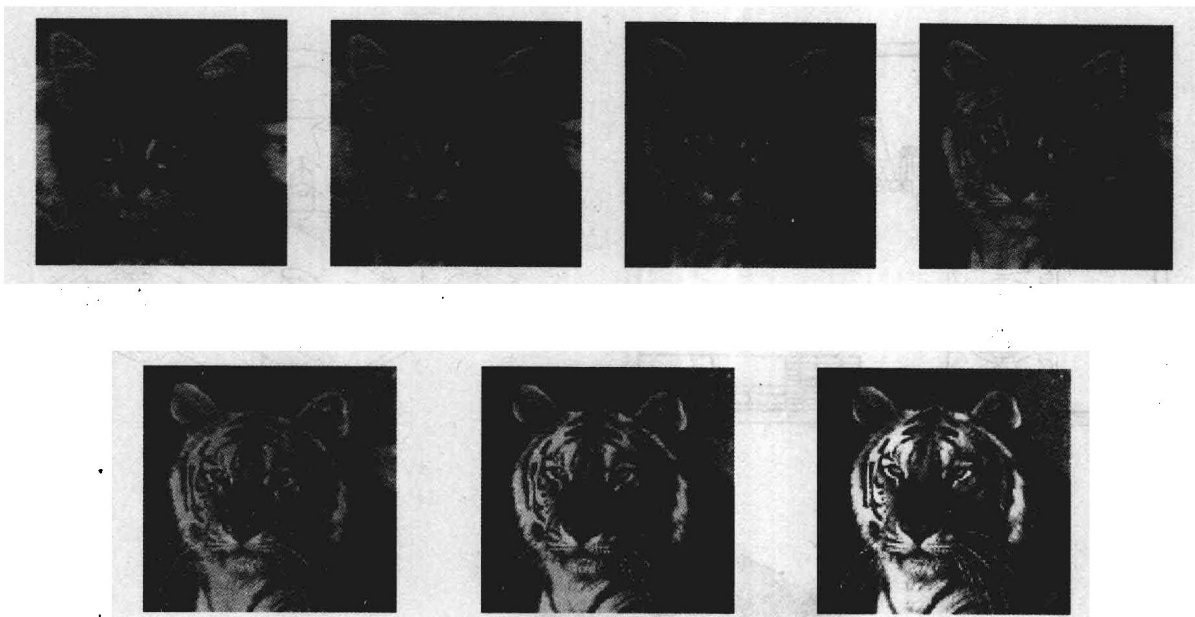


图 1-3-2 计算机将猫变虎的过程

计算机图形生成技术将科学及工程计算的中间结果或最后结果以及测量数据等在计算机屏幕上以图形图像形式显示出来,使人们能观察到用常规手段难以观察到的自然现象和规律,实现科学计算环境和工具的进一步现代化。科学计算可视化可广泛应用于计算流体力学、有限元分析、气象科学、天体物理、分子生物学、医学图像处理等领域。

(7) 艺术、影视

将计算机图形学与人工智能技术结合起来,可构造出丰富多彩的艺术图像,这是计算机图形学的又一个重要应用领域。利用专家系统中设定的规则,可以构造出形状各异的多种图案并实现合理的颜色配置。这种技术在艺术和影视领域已获得广泛的应用。

(8) 办公自动化及电子出版系统

随着微型计算机及桌上印刷设备的发展,计算机图形学及人机交互技术在办公自动化及电子出版系统中得到广泛的应用。昔日需要提交给专门的印刷机构出版的资料,现在可以在办公室内印刷了,办公自动化及电子出版系统可以产生传统的硬拷贝文本,也可以产生电子文本,包括正文、表格、图形及图像等内容。

1.4 计算机图形学今后的发展动向

计算机图形学是通过算法和程序在显示设备上构造出图形的一种技术。要在计算机显示设备上构造出三维物体的一幅图像,首先必须在计算机中构造出该物体的模型,它是由一批几何数据及数据之间的拓扑关系来表示的,这就是造型技术。有了这种模型,在给定了观察点和观察方向以后,就可以通过一系列的几何变换和投影变换在显示设备上显示出该三维物体的二维图像。为了使二维图像具有立体感,或者尽可能准确地模拟物体在现实世界中受到各种光源照射时的效果,就需要采用适当的光照模型,尽可能准确地模拟物体在现实世界中受到各

种光源照射时的效果,这就是计算机图形学中的绘制技术。三维物体的造型过程、绘制过程等都需要在一个操作方便、易学易用的用户界面下工作,这就是人机交互技术。多年来,造型技术、绘制技术及人机交互技术构成了计算机图形学的主要研究内容,当前仍然在这三方面不断地向前发展。

(1) 造型技术的发展

计算机辅助造型技术以所构造的对象来划分,可以分为规则形体造型和不规则形体造型。规则形体指的是可以用欧氏几何进行描述的形体,例如,平面多面体、二次曲面体、自由曲面体等,统称为几何模型。构造几何模型的理论、方法和技术称为几何造型技术,它是计算机辅助设计的核心技术之一,因而早在20世纪的70年代国际上就进行了广泛而深入的研究,已有商品化的几何造型系统提供给用户使用。到20世纪90年代,由于非均匀有理B样条技术(NURBS; Non Uniform Rational B Spline)具有可精确表示圆锥曲线的功能,以及对控制点进行旋转、缩放、平移及透视变换后曲线形状不变的特点,因而为越来越多的曲面造型系统所采用。同时,将线框造型、曲面造型及实体造型结合在一起,并不断提高造型软件的可靠性也是造型技术的重要研究方向。

几何造型只反映了对对象的几何模型,而不能全面反映产品的信息,如产品的形状、公差、材料等,从而使得计算机辅助设计/制造的一体化难于实现,在这样的背景下,就出现了特征造型技术,它将特征作为产品描述的基本单元,并将产品描述成特征的集合。如,它将一个机械产品用形状特征、公差特征、技术特征三部分来表示,而形状特征的实现往往建立在几何造型的基础之上。

主要是由于发展动画技术的需要,提出了基于物理的造型技术。在几何造型中,模型是由物体的几何数据和拓扑结构来表示的。但是,在复杂的动画技术中,模型及模型间的关系相当复杂,不仅是静态的,而且是动态的。这时,靠人来定义物体的几何数据和拓扑关系是非常繁杂的,有时甚至是不可能的。在这种情况下,模型就可以由物体的运动规律自动产生,这就是基于物理的造型技术的基本概念。显然,它是比几何造型层次更高的造型技术。目前,这种基于物理的造型技术不仅可在刚体运动中实现,而且已经用于柔性物体。

与规则形体相反,不规则形体是不能用欧氏几何加以定义的,例如,山、水、树、草、云、烟、火以及自然界中丰富多彩的其他物体。如何在计算机中构造出表示他们的模型,是近年来研究工作的另一个特点(图1-4-1是由计算机画的真实感云)。

不规则形体的造型大多采用过程式模拟,即用一个简单的模型及少量的易于调节的参数来表示一大类物体,不断改变参数,递归调用这一模型就能一步一步地产生数据量很大的物体,因而,这一技术也称为数据放大技术。目前,所提出的基于分形理论的随机插值模型、基于文法的模型及粒子系统模型等都是应用这一技术的不规则形体造型方法,并已取得了良好的效果。

(2) 真实图形生成技术的发展

真实图形生成技术是根据计算机中构造好的模型生成与现实世界一样的逼真图像。在现实世界中,往往有多个不同的光源,在光源照射下,根据物体表现的不同性质产生反射和折射、阴影和高光,并相互影响,构造出丰富多彩的世界。早期的真实图形生成技术用简单的局部光照模型模拟漫反射和镜面反射,而将许多没有考虑到的因素用一个环境光来表示。20世纪80年代以后,陆续出现了以光线跟踪方法和辐射度方法为代表的全局光照模型,使得图像的逼真

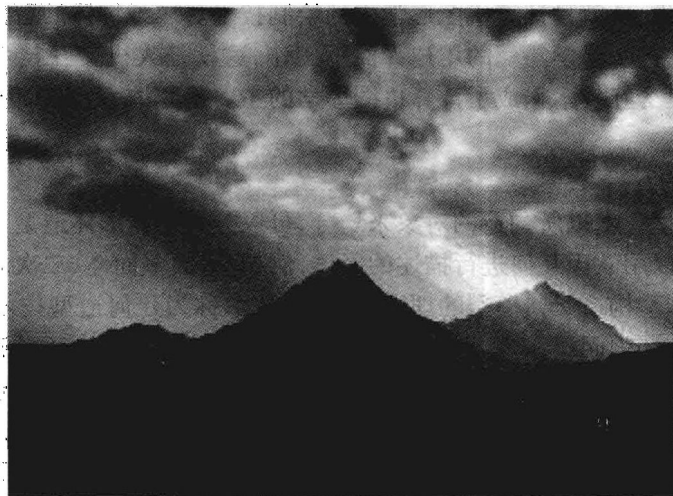


图 1-4-1 由计算机画的真实感云

程度大为提高,但是又带来了另一个问题,这就是计算时间很长。目前,在许多高档次的工作站上,已配置了由硬件实现的光线跟踪及辐射度方法的功能,从而大大提高了逼真图形的生成速度。图 1-4-2 是真实感电脑图形。

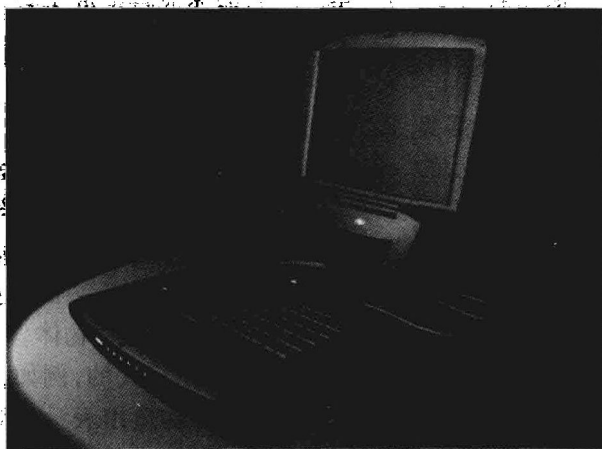


图 1-4-2 计算机绘制的真实感图形

(3) 人机交互技术的发展

直至 20 世纪 80 年代初期,在设计计算机图形生成软件时,一直将如何节约硬件资源(计算时间和存储空间)作为重点,以提高程序本身的效率作为首要目标。随着计算机硬件价格的降低和软件功能的增强,提高用户的使用效率逐渐被认为是首要目标。为此,如何设计一个高质量的用户接口成为计算机图形软件的关键问题。

一个高质量的用户接口的设计目标应该是:易于学习、易于使用、出错率低、易于回忆起如何重新使用这一系统并对用户有较强的吸引力。20 世纪 80 年代中期以来,国际上出现了不少符合这一目标的人机交互技术。例如,屏幕上不仅可以开一个窗口而且可以开多个窗口;从以键盘实现交互发展到以鼠标器实现交互;将菜单放在屏幕上而不是放在台板上;不仅有静态菜单而且有动态菜单;不仅用字符串作为菜单而且用图标作为菜单;图标可以表示一个对象,

也可以表示一个动作,从而使菜单的含义一目了然。

如何在三维空间实现人机交互一直是计算机图形技术的一个研究热点。虚拟环境技术的出现使三维人机交互技术有了重要进展。所谓虚拟环境是指完全由计算机产生的环境,可是却具有与真实物体同样的外表、行为和交互方式。目前,典型的方法是用户头戴立体显示眼镜,头盔上装有一个敏感元件,反映头部的位置及方向,并相应改变所观察到的图像,手带数据手套实现三维交互,并有一个麦克风用来发出声音命令。

习 题

1. 试比较计算机图形学与图像处理技术的相同点和不同点。
2. 试列举计算机图形学的3个应用实例。
3. 试列举你所了解的计算机图形学的最新发展动态。

第 2 章

计算机图形系统概述

2.1 计算机图形系统的组成

计算机图形系统应由硬件设备及相应的软件系统两部分组成。

硬件设备由以下部分组成:①基本的交互设备,包括主计算机、图形显示器、鼠标和键盘等。②图形输入/输出设备,包括图形输入板、绘图仪、图形打印机等。③存储设备,包括磁盘、光盘、磁带等。

软件系统包括操作系统、高级语言、图形软件和应用软件。

硬件设备是计算机图形学存在和发展的物质基础,它本身又是计算机科学与技术发展和应用的结果。

第一台图形设备是 20 世纪 50 年代初,美国麻省理工学院(MIT)的“旋风 I 号”(Whirlwind I)计算机的一个外围设备——图形显示器,只能显示简单的图形,实际上只是一台示波器。在这个基础上,经过几十年的发展,形成了如今的计算机图形系统。它与一般计算机系统最主要的差别就是具有图形的输入、输出设备以及必要的交互工具,在运算速度和内外存储容量上均有较高的要求。到目前,21 世纪初叶,运算速度要达若干 GHz,内存容量达到若干 GB,外存容量要达到若干 TB 以上。具有这样性能的计算机设备可以实现的图形功能是很强的,目前个人计算机的性能虽然还不能达到这种水平,但也达到了较高的水平,可以作为普及型的图形工作站的主机。

严格说来,使用系统的人也是这个图形系统的组成部分。在整个系统运行时,人始终处于主导地位。可以说,一个非交互式计算机图形系统只是通常的计算机系统外加图形设备,而一个交互式计算机图形系统则是人与计算机及图形设备协调运行的系统。

2.1.1 图形系统的基本功能

作为一个图形系统,至少应具有计算、存储、输入、输出、人机对话 5 个方面的基本功能(图 2-1-1)。

(1) 计算功能

图形系统应能实现设计过程中所需要的计算、变换、分析等功能。如直线、曲线、曲面等几何要素的生成,坐标的几何变换,线段、形体间的求交、裁剪计算以及点的包含性检查等。