



计算机图形学实用技术

主 编 李艳娟 陈 冬
副主编 任洪娥 曹 琳

JISUANJI TUXINGXUE SHIYONGJISHU



东北林业大学出版社

计算机图形学实用技术

主 编 李艳娟 陈 冬
副主编 任洪娥 曹 琳

东北林业大学出版社
• 哈尔滨 •

版权专有 侵权必究
举报电话:0451-82113295

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学实用技术 / 李艳娟, 陈冬主编. — 哈尔滨 :
东北林业大学出版社, 2013. 7
ISBN 978-7-5674-0264-5

I. ①计… II. ①李…②陈… III. ①计算机
图形学-高等学校-教材 IV. ①TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 169897 号

责任编辑:王忠诚 董 美

封面设计:刘长友

出版发行:东北林业大学出版社

(哈尔滨市香坊区哈平六道街6号 邮编:150040)

经 销:全国新华书店

印 装:哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本:787mm×960mm 1/16

印 张:17.75

字 数:320千字

版 次:2013年7月第1版

印 次:2013年7月第1次印刷

定 价:35.00元

如发现印装质量问题,请与出版社联系调换。(电话:0451-82113296 82191620)

前 言

计算机图形学是一门发展迅速的新兴学科,是计算机应用学科的一个重要分支。随着计算机系统软件、硬件及其外部设备的发展,特别是光栅图形显示器的问世,计算机图形学的应用已渗透到各个工程技术领域。

计算机图形学主要研究计算机及其图形设备输入、表示、交换、运算和输出图形的原理、算法及系统。随着计算机系统的软、硬件性能的迅速发展和图形功能的迅速提高,计算机图形学得到了广泛应用。由于图形是最直观的人们最易接受的形式,并且具有一定的引导力,所以计算机图形学成为用户界面、数据可视化、电视广告、动画和其他许多应用中的重要内容。

本书主要介绍计算机图形学的原理、算法及实现。并参考和总结计算机图形学近年来的新成果,力图全面、准确地介绍这些内容。本书从计算机图形学的基本图形生成讲起,采取循序渐进的内容安排,由简单到复杂,由二维到三维,理论与实践相结合,对书中的算法都尽可能给出 C 程序,读者只需按照书中的讲解就能容易地在计算机上得到验证,从而能深入理解图形学原理,并增加了编程积累,为今后的计算机图形学应用打下坚实的实践基础。全书共 9 章,分别为绪论、C 语言图形程序设计基础、基本图形生成算法、区域填充、图形裁剪、图形变换、曲线和曲面、几何造型、真实感图形绘制。

本书可以作为计算机专业及相关专业本专科生的教材,也可以作为研究生的参考书或作为学生的上机指导书,还适用于计算机图形学的初学者。

本书由东北林业大学李艳娟,哈尔滨工业大学陈冬,东北林业大学任洪娥,中国化工经济技术发展中心曹琳共同编写完成。其中李艳娟编写了前言,第 1,3,5,7 章;陈冬编写了第 2,4,6 章;任洪娥编写了第 8 章,第 9 章的 9.1、9.2、9.3、9.4、9.5 节;曹琳编写了第 9 章的 9.6、9.7、9.8 和第 9 章习题。

作 者

2012 年 10 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 计算机图形学及其研究内容	(1)
1.2 计算机图形学的相关领域和学科	(2)
1.3 计算机图形学的发展	(3)
1.4 计算机图形学的应用	(5)
习题	(10)
2 C语言图形程序设计基础	(11)
2.1 屏幕设置	(11)
2.2 基本图形函数	(16)
2.3 图形颜色设置	(23)
2.4 设置线型和线宽	(26)
2.5 填充图形	(28)
2.6 图形存取处理	(30)
2.7 图形模式下的文本输出	(33)
习题	(35)
3 基本图形生成算法	(36)
3.1 引言	(36)
3.2 直线	(36)
3.3 圆	(45)
3.4 椭圆	(48)
3.5 输出图元的属性	(53)
3.6 字符的生成	(56)
习题	(59)
4 区域填充	(61)
4.1 引言	(61)
4.2 种子填充算法	(62)
4.3 多边形填充算法	(73)
4.4 矩形填充	(81)
4.5 圆和椭圆的填充	(82)

4.6	图案填充	(83)
	习题	(86)
5	图形裁剪	(87)
5.1	点的裁剪	(87)
5.2	直线段裁剪	(87)
5.3	多边形裁剪	(96)
5.4	文本裁剪算法	(101)
	习题	(102)
6	图形变换	(103)
6.1	数学基础	(103)
6.2	二维图形的几何变换	(107)
6.3	三维图形的几何变换	(115)
6.4	三维图形的投影变换	(123)
	习题	(145)
7	曲线和曲面	(146)
7.1	曲线和曲面参数表示的基础知识	(146)
7.2	参数三次曲线	(149)
7.3	Bezier 曲线	(156)
7.4	B 样条曲线	(164)
7.5	双线性孔斯曲面	(170)
7.6	双三次孔斯曲面	(173)
7.7	双线性与双三次曲面	(179)
7.8	Bezier 曲面	(181)
7.9	B 样条曲面	(183)
	习题	(185)
8	几何造型	(186)
8.1	概述	(186)
8.2	形体的定义和存储模型	(187)
8.3	实体表示方法	(191)
8.4	求交分类	(197)
8.5	分形几何造型	(204)
	习题	(211)
9	真实感图形绘制	(212)
9.1	隐藏线的消除	(212)

9.2 隐藏面的消除	(221)
9.3 颜色和视觉	(229)
9.4 简单光照模型	(237)
9.5 局部光照模型	(245)
9.6 光透射模型	(247)
9.7 纹理及纹理映射	(251)
9.8 整体光照模型	(256)
习题	(275)
参考文献	(276)

1 绪 论

图形图像是现代社会信息化的重要支柱。计算机图形学是与图形图像紧密联系的一门综合性学科。所有现代科学和工程领域几乎都可以采用计算机图形以加强信息的传递与表达,因此无论科学家还是工程师都需要具备计算机图形学的基础知识。从应用领域来看,计算机图形学在造船、航空航天、汽车、电子、机械、建筑、影视、轻纺化工等众多领域有着广泛的应用,而这些应用又在不断地推动着计算机图形学的发展,进一步充实和丰富了它的内容。

本章将从计算机图形学的概念、研究内容、与相关学科的关系、发展简史和应用领域等方面概括性地介绍计算机图形学的有关内容,使读者对计算机图形学有一个较为全面的了解。

1.1 计算机图形学及其研究内容

计算机图形学是一门发展迅速的新兴学科、是计算机应用学科的一个重要分支。国际标准化组织(ISO)的定义为:计算机图形学是研究通过计算机将数据转换为图形,并在专门显示设备上显示的原理、方法和技术的学科。它是建立在传统的图形学理论、应用数学及计算机科学基础上的一门边缘学科。

计算机图形学的研究内容涉及用计算机对图形数据进行处理硬件和软件两个方面的技术,主要是围绕着计算机图形信息的输入、表达、存储、显示、变换以及表示物体的图形的准确性、真实性和实时性的基础算法进行研究,大致可分为以下几类:

- 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、椭圆、二次曲线、封闭区域内的填充等。
- ②二维和三维图形元素的几何变换,主要包括平移、比例、旋转、对称等操作。
- ③自由曲线和曲面的绘制。
- ④三维几何造型技术,对基本体素的定义、输入及它们之间的布尔运算。
- ⑤三维形体的实时显示,包括投影变换、坐标变换等。
- ⑥真实感图形的生成算法,包括三维图形的消隐、光照、色彩、阴影等。
- ⑦山、水、花、草、树等自然景物的模拟生成算法等。

⑧科学计算可视化和三维或高维数据场的可视化,将科学计算中大量难以理解的数据通过计算机图形显示处理,从而加深人们对科学过程的理解。

计算机图形学具有广阔的发展前景,是一个多学科交叉的新兴学科,它不仅涉及与计算机相关的各个学科,而且涉及计算几何、工程制图、机械设计、光学、线性代数、工业造型等多门学科。

1.2 计算机图形学的相关领域和学科

计算机处理图形信息采用不同的方式和过程,使得图形图像处理技术的应用领域发展为五个联系密切的分支学科,分别是计算机图形学、数字图像处理、模式识别、计算机视觉和计算机辅助几何设计。它们之间既有一定联系,又有不同的研究目标、方法与技术,图 1.1 表示了它们之间的关系。

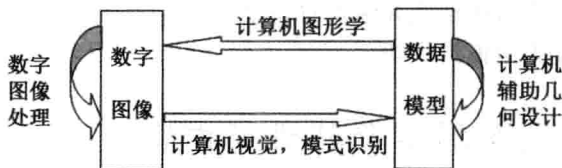


图 1.1 图形图像处理相关学科间的关系

数字图像处理是指用计算机来改善图像质量的数字技术。可见或不可见的图像经过量化(数字化)后输入到计算机中(如扫描仪扫描输入,数码相机拍照),按照不同的应用要求,计算机对图像进行增强(突出某些特征)、复原(使模糊图像变得清晰)、重建、分割、编码、存储、传输等种种不同的处理,再把加工后的图像进行输出。工业中射线探伤、在太空探索中分析宇宙飞船发回的各种照片、在生物医学工程中发展起来的计算机的 X 射线断层摄影技术(Computer Tomography,简称 CT)、卫星遥感以及资源勘测等都是数字图像处理的典型实例。早期图像处理基本上是二维处理,而且早已遍及各个领域,并朝着三维图像生成、立体成像、多种存储传输媒体等方向发展。

模式识别研究的是计算机图形学的逆过程,是指用计算机对输入图形进行识别的技术。图形信息输入到计算机后,先对其进行特征抽取等预处理,然后用统计判定方法或句法识别方法对图形进行识别,按照不同应用要求,由计算机给出图形的分类或描述,从图形或图像中提取数据结构/几何模型。模式识别越来越多地应用于现代生活的各个领域。例如,生物特征识别,手写汉字的识别,邮件分类系统等。

计算机视觉是研究用计算机来模拟生物外显或宏观视觉功能的科学和技

术,它模拟人对客观事物模式的识别过程,是从图像到特征数据、对象的描述表达的处理过程。计算机视觉的主要研究内容包括图像特征提取、相机定位、立体视觉、运动视觉、3D 重建、物体建模与识别、距离图像分析等。计算机视觉的应用十分广泛,例如自主车辆的视觉导航。

计算机辅助几何设计着重讨论几何形体在计算机内的表示、分析和综合,研究怎样方便灵活地建立几何形体的数学模型,提高算法的效率,在计算机内如何更好地存储和管理这些模型等。它的研究内容包括曲线曲面的表示、生成、拼接和造型,三维立体造型,散乱数据插值,计算复杂性等。

随着图像数据传输、多媒体技术、虚拟现实以及三维数据场可视化等科学技术的迅速发展和应用的不断深入与普及,计算机图形学、数字图像处理、模式识别、计算机视觉、计算机辅助几何设计的联系变得越来越密切,各学科之间相互渗透和融合。例如,计算机图形学需要曲线、曲面和立体造型技术,而计算机几何设计又离不开图形生成处理技术和图像处理技术,模式识别中的很多概念和方法都来自于图像处理等学科。一个较完善的应用系统一般综合利用了多个学科的技术。例如,图像处理需要用计算机图形学的交互技术和手段来输入图形图像及控制相应的过程;计算机视觉也经常用到图形生成技术来帮助合成对象的图像模型。计算机图形学、数字图像处理、模式识别、计算机视觉和计算辅助几何设计之间的相互渗透也促进了学科本身的发展。

1.3 计算机图形学的发展

计算机图形学的发展始于 20 世纪 50 年代,先后经历了酝酿期(20 世纪 50 年代)、萌芽期(20 世纪 60 年代)、发展期(20 世纪 70 年代)、普及期(20 世纪 80 年代)和提高增强期(20 世纪 90 年代)。

1.3.1 酝酿期(20 世纪 50 年代)

计算机图形学的发展历史应追溯到 20 世纪 50 年代末期。当时的计算机主要应用于科学计算,使用尚不普及,但已开始出现图形显示器、绘图仪和光笔等图形外部设备。同时,各种设计、计算和显示图形的软件开始开发,为计算机图形学的发展做好了硬件和软件的准备。1950 年,美国麻省理工学院研制了第一台图形显示器,作为旋风 1 号(Whirl Wind 1)计算机的输出设备。这台显示器在计算机的控制下第一次显示了一些简单图形,它类似于示波器的 CRT,这就是计算机产生图形的最早萌芽。1958 年美国 Calcomp 公司将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。到 20 世纪 50 年代末期,美国麻省理工学院的林肯实验室在旋风 1 号计算机上开发 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,操作者利用光笔可直接在显示屏上识别目标。在整个 20 世纪 50 年代,计算机图形学处于准备和酝酿时期,称之为“被动”的图形学,所构造的图形系统也是被动式图形系统。

1.3.2 萌芽期(20 世纪 60 年代)

1962 年,美国麻省理工学院林肯实验室的伊凡·萨瑟兰德(Ivan E. Sutherland)在参与了一个用于计算机辅助设计的“SKETCHPAD”系统的研制后,于 1963 年发表了题为“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。他在论文中提出的一些概念和技术,如交互技术、分层存储符号的数据结构等至今还在广泛应用。20 世纪 60 年代中期,美国麻省理工学院、通用汽车公司、贝尔电话实验室和洛克希德飞机公司开展了计算机图形学的大规模研究,分别推出了 DAC-1 系统、Graphic-1 系统和 CADAM 系统,使计算机图形学进入了迅速发展的新时期。与此同时,如英国的剑桥大学等也开始了这方面的工作。在图形显示设备方面,20 世纪 60 年代中期还出现了矢量显示器,这是计算机图形学的萌芽期。

1.3.3 发展期(20 世纪 70 年代)

20 世纪 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 20 世纪 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,计算机图形学进入了第一个兴盛时期,并开始出现实用的计算机辅助设计图形系统。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,美国国家标准学会(ANSI)在 ACM SIGGRAPH 的一个“与机器无关的图形技术”的工作会议上,提出了指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”CGS(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、应用和图形信息的共享等起到了重要作用。

20 世纪 70 年代,计算机图形学的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 提出了“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计算机辅助设计小组的 Build 系统、美国罗彻斯特大学的 PADL-1 系统等实体造型系统。

1.3.4 普及期(20 世纪 80 年代)

进入 20 世纪 80 年代,工作站的出现极大地促进了计算机图形学的发展。比起小型计算机来,工作站在用于图形生成上具有显著的优点。首先,工作站上一个用户使用一台计算机,交互作用时,响应时间短;其次,工作站联网后可以共享资源,如大容量磁盘,高精密绘图仪等;而且它便于逐步投资、逐步发展、使用寿命较长。因而,工作站取代了小型计算机成为图形生成的主要环境。20 世纪 80 年代后期,微型计算机的性能迅速提高,配以高分辨率显示器及窗口管理系统,并在网络环境下运行,使它成为计算机图形生成技术的重要环境。由于微机系统价格便宜,因此得到广泛的普及和推广,尤其是微机上的图形软件和支持图形应用的操作系统及其应用程序的全面出现,如 Windows, Office, AutoCAD, CoreDRAW, Freehand, 3D Studio 等,使计算机图形学的应用深度和广度得到了前所未有的发展。

1.3.5 提高增强期(20 世纪 90 年代)

进入 20 世纪 90 年代,除了计算机图形学的功能随着计算机图形设备的发展而提高外,计算机图形学自身也朝着标准化、集成化、网络化和智能化的方向发展。在此期间,国际标准化组织(ISO)公布的有关计算机图形学方面的标准越来越多,而且更加成熟。多媒体技术、人工智能及专家系统技术的引入使得计算机图形技术的应用效果越来越好。科学计算可视化、虚拟现实技术等的发展又对计算机图形学提出了更新更高的要求,使得三维乃至高维计算机图形学在真实性和实时性等方面有了更高的突破。

1.4 计算机图形学的应用

随着图形设备价格的下降,图形显示技术的发展,个人计算机图形功能的

增强,高性能图形工作站的出现,特别是图形软件功能的不断扩充以及系统软件的不断完善,计算机图形学已经广泛地应用于多种领域,如工业、科技、教育、管理、商业、艺术、娱乐等。下面列举一些有代表性的重要应用领域。

1.4.1 图形用户界面

图形所具有的直观和逼真的特点是文字和报表所无法比拟的。所谓“一目了然”“耳闻不如目睹”,都是说明形象观察的优越性和必要性。图、文结合改变了计算机交互操作的用户界面,开辟了计算机应用的很多新领域。现在,无论使用的操作系统软件(如 Windows, OS/2, X - Window),还是应用软件(如 Word, Autocad, 3D MAX 等),都是以图标、菜单为主的图形交互界面,形象而又生动,富有启发性,大大提高了软件的友好性、易学易用、方便快捷,能够极大地提高用户的工作效率。

1.4.2 计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)

CAD/CAM 是计算机图形学在工业界最广泛、最活跃的应用软件。计算机图形学被用来进行土建工程、机械结构和产品的设计,包括设计飞机、汽车、船舶的外形和发电厂、化工厂的布局以及电子线路、电子器件等。有时,计算机图形学用于生产工程和产品结构的精确图形,然而更常用的是对所设计的系统、产品和工程的相关图形进行人机交互设计和修改。经过反复的迭代设计,结果数据引用于输出零件表、材料单、加工流程和工艺卡,或者是数据加工代码。在电子工业中,计算机图形学应用于集成电路、印制电路板、电子线路和网络分析等方面的优势是十分明显的。一个复杂的大规模或超大规模集成电路版图根本不可能用手工设计和绘制,而用计算机图形系统不仅能进行设计和画图,而且可以在较短的时间内完成,并可以对结果直接进行后续工艺加工处理。

在产品设计和制造方面,CAD/CAM 技术被广泛应用于电动车、汽车、船舶、机电、轻工、服装的外形设计和制造。例如美国通用汽车公司,利用 CAD 系统把产品设计、制造、模拟试验和检查测试结合起来,组成一体化集成系统,使汽车设计周期由 5 年缩短到 3~4 年。又如,美国波音飞机公司已用有关的 CAD 系统实现波音 777 大型客机(图 1.2)的整体设计和模拟,其中包括飞机外型、内部零部件的安装和检验。使其设计提前两年完成,设计制造成本减少 30% 以上。

随着计算机网络技术的发展,在网络环境下进行异地异构系统的协同设计,已经成为 CAD 领域最热门的课题之一。现代产品设计已经不再是一个设



图 1.2 波音 777 大型客机

计领域内孤立的技术问题,而是综合了产品各个相关领域、相关过程、相关技术资源和相关组织形式的系统化工程。它要求设计团队在合理的组织结构下,采用群体工作方式来协调和综合设计者的专长,并且从设计一开始就考虑产品生命周期的全部因素,从而达到快速响应市场需求的目的,协同设计的出现使企业生产的时空观发生了根本的变化。异地设计、异地制造、异地装配成为可能,从而为企业在市场竞争中赢得了宝贵的时间。

1.4.3 事务和商务数据的图形展示

计算机图形学应用发展最快的一个领域就是商务和企事业事务管理领域。在该领域中,把信息可视化作为处理大量数据的快速手段,专门用于汇总分析财政、数学和经济等方面的数据,而且,可以采用多种图形组合的表达形式,用既简便又含义明确的各种直方图、折线图、扇形图等来表达生产进度、产品数量和质量的变化趋势,库存量和销售量等,使用户能直观地迅速理解各种数字之间复杂的联系及内在的意义,深受用户欢迎。这样,图形就成为研究报告、管理报表、消费信息通报以及常规报表中的直观工具。例如,利用图形、图表显示一个用于任务规划的时间图,在项目管理技术中利用这种时间图表和任务网络布局来调度和监视项目的实施。另外,在分析大量数据时,具有不同颜色、亮度的结构图和模型图将有助于研究者理解系统的结构。没有这类图形的帮助,研究者要分辨含有上百万个数据的数据表,会感到十分困难。

1.4.4 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自然资料的图形是计算机图形学的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、气象气流图、植物分布图以及其他各类等值类、等位面图等。目前,建

立在地理图形基础之上的地理信息管理系统(主要包括地理信息和地图)已经在许多国家得到广泛应用。地理信息系统是当前信息社会中政府部门对资源和环境进行科学管理和快速决策时不可缺少的工具,可广泛应用于农林、地质、旅游、交通、测绘、城市规划、土地管理、环境保护、资源开发和灾害监测以及各种与地理空间有关的行业部门。

1.4.5 过程控制

计算机过程控制是使用计算机系统实现生产过程的在线监视、操作指导、控制和管理的技术。计算机通过把与它连通的实时测试体、传感器等采集到的非图形信号,加工处理成图像,显示在屏幕上。图形显示清晰明了,操作人员观察审视操作过程中的各个环节状态情况,控制对象操作既安全又方便,且可提高工作效率。在过程控制中,用户利用计算机图形学实现与其控制或管理对象间的相互作用。例如石油化工、金属冶炼、电网控制的有关人员可以根据设备关键部位的传感器送来的图像和数据,对设备运行过程进行有效监视和控制;机场的飞行控制人员和铁路的调度人员可通过计算机产生运行状态信息来有效、迅速、准确地调度,调整空中交通和铁路运输。

1.4.6 电子出版及办公自动化

自从个人计算机的桌面出版系统出现以来,以图形方式建立和传播信息手段与日俱增,人们以往把出版工作送到专门的出版社去完成,而如今在自己的办公室里便可以完成。利用计算机可以进行资料、文稿、书刊、手册的编写和修改。制图、制表、分页、排版,这是对传统活字印刷技术进行的重大变革,没有交互式图形显示技术的支持,这种在电子出版技术上的应用是不可能实现的。

1.4.7 计算机动画

随着计算机图形学技术的迅速发展,计算机在动画中的应用也不断扩大,计算机动画的内涵也在不断扩展。计算机动画发展到今天,主要分为两个阶段(或分为两大类),即是计算机辅助动画和计算机生成动画。计算机辅助动画(computer-assisted animation),也叫“二维动画”;计算机生成动画(computer-generated animation),也叫“三维动画”。由于计算机图形系统的硬件速度的提高,软件功能的增强,因而利用它制作计算机动画已经是相当普遍的。利用计算机制作动画可以在两幅关键画面之间自动插入中间画面,从而大大节约时间,提高动画制作的效率。目前,利用计算机图形生成技术制作的动画作

为电视节目的片头、广告或电影,在国内外已经屡见不鲜了。图 1.3 是“变形”的图形处理方法示例。

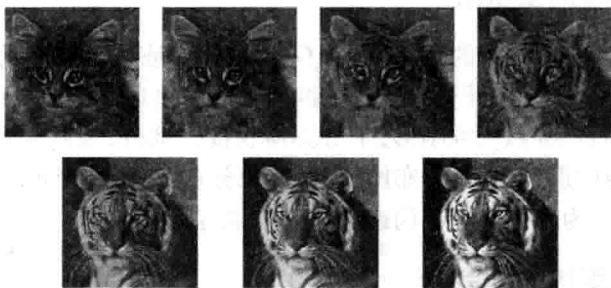


图 1.3 “变形”的图形处理方法示例

1.4.8 计算机艺术

计算机艺术是计算机图形学的又一个充满创意的应用领域,利用计算机图形方法,艺术家们可以创造出更加丰富多彩的艺术图形。这不仅因为图形处理软件为艺术家提供了创作工具,而且,通过图形输入方法,可以把各种已有的图形资料输入计算机,成为艺术家们创作的资源库。此外,图形处理软件不仅提供丰富的色彩资源,而且还提供了剪切、拼接、雾化、变形等功能,巧妙地使用这些功能能使艺术作品更加精美。图 1.4 所示为一幅计算机制作的野外场景。



图 1.4 计算机制作的野外场景

1.4.9 科学计算的可视化

传统的科学计算结果是数据流,这种数据流不易理解也不易于检查其中的对错。科学计算的可视化通过对空间数据场构造中间几何图素或用体绘制技术在屏幕上产生二维图像。近年来这种技术已用于有限元分析的后处理、

分子模型构造、地震数据处理、大气科学及生物化学等领域。

1.4.10 地理信息系统

使用过 Google 地图的读者知道, Google 地图是一个典型的地理信息系统,你坐在家里,可以在计算机上查看世界各地的地理信息,包括城市地图、街道、房屋建筑的二维和三维图形,十分方便快捷。此外,地理信息系统还可以提供各种资源图形,如人口分布图、森林资源分布图、矿藏分布图、水资源分布图和气象图等,为政府管理部门或决策者提供有效的帮助。

1.4.11 计算机辅助教学

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知识,并可自我考核打分。目前,计算机图形学已经广泛应用于计算机辅助教学系统中,它可以使教学过程形象、直观、生动,极大地提高了学生的学习兴趣 and 教学效果。

习 题

1. 简述计算机图形学的主要研究内容。
2. 列举在日常生活、学习、工作中所见到的、感受到的计算机图形学的具体应用实例。
3. 列举自己使用过的商品化图形软件,并分析对比它们的功能、优点和缺点。
4. 计算机图形学主要有哪些应用?
5. 什么是计算机图形学? 简述计算机图形学、数字图像处理、模式识别、计算机视觉和计算机辅助几何设计学科间的关系。