



高等院校计算机专业系列规划教材

GAODENG YUANXIAO JISUANJI ZHUANYE XILIE GUIHUA JIAOCAI

计算机图形学

王飞 主编

JISUANJI
TUXINGXUE



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本教材为计算机图形学的基础性教材,重点介绍计算机图形学的基本原理、数学方法和算法。全书共分为9章,主要内容有:计算机图形系统、计算机图形学的基本算法、裁剪与变换、曲线曲面、立体显示技术、隐藏线和面的消除、真实感图形的显示和交互式绘图技术等。本教材是作者根据《计算机图形学》课程教学基本要求和多年讲授《计算机图形学》课程的经验 and 科研成果,参考国内外同类教材编写而成。

本教材可作为电子(通信、计算机、电子、信息等专业)类和机械、工业设计本科生的教材,也可作为研究生的教材或参考书以及供从事计算机图形学学习和研究的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学/王飞主编. --北京:北京邮电大学出版社,2011.9

ISBN 978-7-5635-2667-3

I. ①计… II. ①王… III. ①计算机图形学 IV. ①TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 132331 号

书 名: 计算机图形学

主 编: 王 飞

责任编辑: 张珊珊

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京联兴华印刷厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 16

字 数: 397 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2667-3

定 价: 29.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

再版前言

《计算机图形学基础》自 2000 年 9 月出版以来已经 11 年。11 年来,计算机图形学又有了很大的发展,作者在这 11 年的教学过程中也有了一些新的想法和体会。为此,此次再版除保持原教材的特点外,大约重写了 30% 的内容,并且在第 6 章以立体显示技术替代了图形的数据结构一章,以反映学科的发展。

在第 1 章绪论中,增加了图形软件和图形标准的发展等内容;第 2 章计算机图形系统是这 10 年发展最快的,在这一章我们不仅对一些过时的内容进行了更新,并增加了计算机图形标准、基于 Visual C++ 的图形程序开发方法等内容;改写了第 4 章裁剪与变换的 4.6 节,原教材第 4 章的投影变换中,我们既使用右手系又使用左手系,造成坐标系统的不统一,此次再版我们统一使用右手系;在第 5 章曲线曲面中,增加了 NURBS 曲线曲面和曲线、曲面的过渡与拼接等内容。将删除的第 6 章部分内容融入到了相关章节,以便于关联内容的衔接。

一般计算机图形学教材中没有或较少有立体视技术的内容,将其引入计算机图形学似乎有些牵强,然而事实上它与计算机图形学的关系是非常密切的,从 2010 年 1 月放映的美国 3D 电影《阿凡达》即可看出。有理由相信,立体显示技术必将是当前和未来若干年一个活跃的研究领域,为此我们根据多年的学习和研究成果以及参考国内外有关文献撰写了这一章,成为本教材的一大特色。

在教学过程中,使用本教材的学生对教材提出了宝贵的意见,并发现了其中的一些错误,此次再版也对此进行了修改并对这些学生表示感谢。

再版教材由王飞主编,第 1 章、第 2 章和第 9 章由宋荆洲修改和编写;第 5 章由王晨升修改和编写;第 3 章由吕美玉修改和编写;第 7 章由徐晓慧修改和编写,其余各章由王飞修改和编写。

尽管花了许多功夫,但书中的不足、疏漏和错误还是在所难免,殷切希望读者和使用本教材的同学们批评指正。

王 飞

前 言

计算机图形学是近三十几年发展起来的应用广泛的新兴学科。它主要是研究用计算机及其图形设备输入、输出、生成、表示和变换图形的原理、算法和系统。它涉及数学、物理学、工程图学、计算机科学等多门学科。作为计算机图形学的基础,本教材主要介绍生成、表示和变换图形的原理、数学方法和算法。全书共分为8章:第1章是绪论;第2章是计算机图形系统;第3章是计算机图形学的基本算法;第4章是裁剪与变换;第5章是曲线曲面;第6章是图形的数据结构;第7章是隐藏线、面的消除;第8章是真实感图形的显示。本教材有如下特点:(1)不求面面俱到,只选择计算机图形学的基础内容,并对这些内容作了较深入的讨论,给出了详细的数学推导过程和算法叙述;(2)理论与实际、实例相结合,注意前后内容的衔接,系统性较强;(3)力求做到文字表达清楚,深入浅出,便于学生自学;(4)结合自己的研究成果,在教材中适当增加了其他教材中未涉及到的内容,力求反映学科的发展;(5)教材中的所有算法都经过验证,对一些内容给出了经过上机验证的C程序,便于学生学习掌握和使用;(6)每章后都附有习题,便于教师选择,同时也给学生留有发挥自己能力的机会。

本教材是作者根据计算机图形学基础课大纲和自己多年讲授《计算机图形学基础》课程的经验 and 科研成果,在整理讲授本课程讲稿的基础上,参考国内外同类教材编写而成。本教材可作为电子(通信、计算机、电子、信息等专业)类和机械类本科生二年级的教材,学时为30~40,也可作为研究生的教材或参考书以及供从事计算机图形学学习和研究的人员参考。

本教材承蒙北京理工大学王宝成教授和北京邮电大学邓中亮教授审阅,提出了许多宝贵意见和建议,在此表示诚挚的谢意!赵尔源教授、李杰副教授、邓捷高工、冯思刚高工和罗军老师及本教研室的老师对本书的出版都提供了热情帮助,王卉小姐帮助录入了部分文稿,在此一并表示衷心的感谢。同时还要感谢北京邮电大学教材建设委员会提供的经费支持。

由于作者水平有限,书中的不足、疏漏和错误在所难免,殷切希望读者和使用本教材的同学们批评指正。

王 飞

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 计算机图形学的发展历史	2
1.2.1 计算机图形学的硬件发展	2
1.2.2 计算机图形学的软件发展及软件标准的形成	3
1.3 计算机图形学的应用领域	5
1.3.1 计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)	5
1.3.2 动画	6
1.3.3 艺术	6
1.3.4 科学计算可视化	7
1.3.5 虚拟现实	7
1.3.6 图形显示和绘制	8
1.3.7 计算机辅助教学	9
1.4 计算机图形学与相关学科的关系	9
作业题	10
第 2 章 计算机图形系统	11
2.1 系统的构成	11
2.2 常用图形输入设备	11
2.2.1 鼠标器	11
2.2.2 数字化仪	12
2.2.3 图形扫描仪	12
2.3 常用图形输出设备	13
2.3.1 图形显示器	14
2.3.2 绘图仪和打印机	17
2.4 计算机图形标准	19
2.4.1 计算机图形核心系统	19
2.4.2 程序员层次交互式图形系统	19
2.4.3 计算机图形接口	19

2.4.4 计算机图形元文件	19
2.4.5 OpenGL 图形标准	20
2.4.6 基本图形转换规范	20
2.4.7 产品数据转换规范	20
2.5 基于 Visual C++ 的图形程序开发方法	20
2.5.1 图形编程基础	20
2.5.2 CDC 类常用成员函数	21
2.5.3 与设备环境有关的常用函数	21
2.5.4 绘制图形示例	23
2.6 OpenGL 程序设计基础	23
2.6.1 OpenGL 的绘图原理	23
2.6.2 OpenGL 常用基本函数一览	25
作业题	28
第 3 章 计算机图形学的基本算法	29
3.1 直线的扫描转换	29
3.2 圆的生成	32
3.2.1 正多边形逼近算法	33
3.2.2 Bresenham 算法	34
3.3 多边形填充	36
3.3.1 多边形的扫描转换	36
3.3.2 单向链表	41
3.3.3 边标志填充算法	46
3.3.4 种子填充算法	47
作业题	49
第 4 章 裁剪与变换	51
4.1 二维坐标系统	51
4.1.1 世界坐标系	51
4.1.2 设备坐标系	51
4.1.3 规格化设备坐标系	51
4.2 窗口—视区的变换	52
4.3 二维图形的裁剪	53
4.3.1 点的裁剪	54
4.3.2 直线的裁剪	54
4.3.3 多边形的裁剪	58
4.4 二维图形的几何变换	60
4.4.1 图形的变换方法	60
4.4.2 二维图形的基本变换	61

4.4.3 组合变换	67
4.5 三维形体的几何变换	69
4.5.1 比例变换	70
4.5.2 平移变换	71
4.5.3 对称变换	71
4.5.4 错切变换	72
4.5.5 旋转变换	74
4.5.6 组合变换	76
4.6 投影变换	77
4.6.1 投影的概念	77
4.6.2 三视图的变换矩阵	80
4.6.3 轴测投影的变换矩阵	81
4.6.4 透视投影的变换矩阵	86
4.7 三维形体的观察流水线	94
4.7.1 PHIGS 坐标系统和坐标变换	94
4.7.2 观察方向变换	94
4.7.3 观察映射变换	96
作业题	103
第 5 章 曲线和曲面	105
5.1 曲线、曲面参数表示的基础知识	105
5.1.1 矢量	105
5.1.2 曲线与曲面的参数表示	105
5.1.3 插值、逼近、拟合与光顺	107
5.1.4 几何不变性	108
5.1.5 曲线的参数连续性和几何连续性	109
5.1.6 多项式基函数	110
5.1.7 数据点的参数化	110
5.2 参数三次样条曲线	112
5.2.1 参数三次样条曲线的力学背景	112
5.2.2 三次曲线方程	112
5.2.3 C^1 分段的三次埃米尔特插值曲线	114
5.2.4 参数三次样条曲线	115
5.2.5 边界条件	116
5.2.6 计算插值	119
5.3 贝齐尔曲线	120
5.3.1 贝齐尔曲线的表示式	121
5.3.2 贝齐尔曲线的性质	123
5.3.3 贝齐尔曲线的线性运算	124

5.3.4	贝齐尔曲线的分割	126
5.4	B样条曲线	128
5.4.1	基本概念	128
5.4.2	各种类型的 B 样条曲线	133
5.4.3	计算 B 样条曲线上点的德布尔算法	141
5.4.4	B 样条曲线转换为分段贝齐尔曲线的算法	143
5.4.5	B 样条曲线的反算	145
5.5	NURBS 曲线	147
5.5.1	NURBS 方法的提出及其优缺点	147
5.5.2	NURBS 曲线的定义	148
5.5.3	权因子对 NURBS 曲线形状的影响	149
5.6	贝齐尔曲面	149
5.6.1	定义贝齐尔曲面的张量积方法	150
5.6.2	贝齐尔曲面的性质	151
5.6.3	贝齐尔曲面的片分割与三角化	151
5.7	B 样条曲面	155
5.7.1	B 样条曲面及其性质	155
5.7.2	B 样条曲面的正算	156
5.7.3	B 样条曲面的反算	157
5.8	NURBS 曲面	160
5.9	曲线、曲面的过渡与拼接	160
5.9.1	曲线、曲面过渡	160
5.9.2	曲线、曲面拼接	161
	作业题	165
第 6 章	立体视技术	168
6.1	立体视的原理	168
6.2	立体视的因素	169
6.2.1	生理因素	169
6.2.2	心理因素	172
6.3	各种立体视技术	172
6.3.1	两眼式	173
6.3.2	多眼式	176
6.3.3	超多眼式	177
6.3.4	深度信息表示方式	180
6.3.5	积分照相方式	182
6.3.6	全息方式	184
6.3.7	体积表示方式	186
6.4	立体视的变换	187
6.5	立体图像的制作	189

6.5.1 绘制	189
6.5.2 3D-CG 生成	189
6.5.3 摄影(像)	190
6.5.4 2D→3D 变换	192
作业题	195
第 7 章 隐藏线和隐藏面的消除	196
7.1 概述	196
7.1.1 物体空间的消隐算法	197
7.1.2 图像空间的消隐算法	197
7.2 形体的模型	198
7.2.1 线框模型	198
7.2.2 表面模型	199
7.2.3 实体模型	199
7.3 消隐算法常用的几种几何计算方法	200
7.3.1 两直线段的交点	200
7.3.2 平面多边形的外法矢量	201
7.3.3 包含性检验	201
7.3.4 包围盒检验	202
7.3.5 交矩形检验	202
7.3.6 深度检验	203
7.3.7 平面和棱边的分类	204
7.4 凸多面体的消隐	205
7.5 任意平面立体的隐藏线消除	206
7.5.1 算法的基本思路	206
7.5.2 剔除朝后面和建立潜在可见面表	207
7.5.3 建立潜在可见棱边表	207
7.5.4 求每条潜在可见棱边与各个朝前面的隐藏关系	208
7.6 深度缓冲器算法	208
7.7 扫描线深度缓冲器算法	210
7.7.1 数据准备	211
7.7.2 隐藏面的消除	211
作业题	212
第 8 章 真实感图形的显示	213
8.1 基本光照模型	213
8.2 颜色	216
8.3 法线矢量的计算	217
8.4 镜面反射光线矢量的计算	218
8.5 多边形的明暗处理	218

8.5.1 兰伯特明暗处理法	218
8.5.2 古兰德明暗处理法	219
8.5.3 冯氏明暗处理法	220
作业题	221
第9章 交互式绘图技术	222
9.1 交互式绘图概述	222
9.2 交互式输入的基本模式	222
9.2.1 请求模式	223
9.2.2 取样模式	223
9.2.3 事件模式	223
9.3 基本交互任务和交互式绘图技术	224
9.3.1 定位交互任务	224
9.3.2 选择交互任务	224
9.3.3 文本交互任务	225
9.3.4 定量交互任务	225
9.3.5 定向交互任务	225
9.3.6 定路径交互任务	225
9.3.7 三维交互任务	225
9.3.8 组合交互任务	226
9.4 交互式绘图系统的构造	227
9.4.1 交互式绘图系统	228
9.4.2 用户接口及其组成	228
9.5 OpenGL 对交互式绘图的支持	236
9.5.1 物体的选择	236
9.5.2 信息反馈	238
作业题	243
参考文献	244

第1章 绪 论

如今社会已经进入信息数字化时代,其主要认知方式是视觉形象,即图形(图像),计算机图形学就是借助计算机生成图形的一门学科。本章将介绍计算机图形学的定义、研究对象、计算机图形学的发展简史和计算机图形学应用领域。

1.1 概 述

在生产活动中,工程图样是表达设计思想、指导生产和进行技术交流的重要工具,是工程界的“共同语言”。从战国时代开始,我国就把图样用于建筑和生产,迄今已有 2 400 年左右的历史。为了绘制图样和提高绘图效率,人们在实践中创造出各种绘图工具,从简单的三角板、圆规、丁字尺、图板到各种模板、机械式绘图机等。但这些绘图工具都未能使人们摆脱手工方式。手工绘图不仅速度慢、精度低,而且繁琐、劳动量大。所以人们一直希望用自动绘图代替手工绘图,计算机绘图的出现使这个愿望变成了现实。另一方面,由于科学技术的不断进步,生产的不断发展,对工程图样提出了更高的要求,而手工绘图已经越来越难以满足这种高要求,因此,计算机绘图代替手工绘图也是历史发展的必然。

随着计算机绘图软硬件技术的不断发展,人们对有关理论和算法的深入研究,逐渐形成了一门新兴的学科——计算机图形学(Computer Graphics, CG),它是一门涉及物理学、数学、工程图学、数据结构、计算机技术等多门学科的交叉性学科。计算机图形学研究怎样用计算机生成、处理和输出图形,即研究如何用计算机生成图形对象(图形的数据结构和存储结构),对图形对象进行操作和处理,以及图形的表示和输出。图形对象是指点、线、面、体等组成的模型(物体)以及它们的图形。由于光栅扫描图形显示器和点阵式图形设备的广泛应用,计算机图形学和图像处理相互渗透和结合越来越紧密。

计算机处理的图形可分为两种。一种是线条(直线或曲线)组成的图形〔如图 1-1(a)所示〕,即矢量图,如工程图、地图和曲线图表等。线条图只用线条将物体表示出来,其目的仅仅在于表示物体的形状和结构。另一种是具有明暗效果的面图〔如图 1-1(b)所示〕,与照片很接近,它具有很强的真实感,但处理一幅图形画面需要较长的时间。线条图与明暗图相比,具有作图简单、方便、速度快、成本低、文件小等优点,能满足某些场合的需要,但它显然不是写实性的,不具有真实感。

从以上的叙述可以看出,计算机绘图在学科上应属于计算机图形学范畴,但计算机绘图侧重于工程技术方面的应用,计算机图形学作为一门学科更偏重原理、理论和算法。

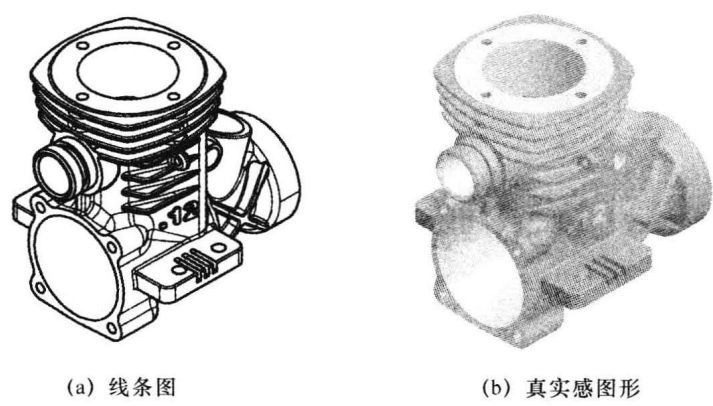


图 1-1 线条图与真实感图形

1.2 计算机图形学的发展历史

计算机图形学是 20 世纪 60 年代迅速发展起来并广泛应用的新兴学科。

1.2.1 计算机图形学的硬件发展

1. 图形显示设备的发展

1950 年,第一台图形显示器诞生:美国麻省理工学院的旋风 1 号(Whirlwind I) 计算机配备了阴极射线管(CRT)式的图形显示器。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。美国 GerBer 公司把数控机床发展成平板式绘图仪。

20 世纪 60 年代中期出现随机扫描显示器,也称矢量显示器。随机扫描显示方式是为画线应用设计,由于图形修改方便,所以交互性较好。但是这种显示方式需要刷新且设备昂贵,因此普及得到了限制。

20 世纪 60 年代后期出现存储管显示器,克服了随机扫描显示系统需要不断刷新显示器的缺点,大大降低图形硬件系统成本,但是它不具有动态修改图形的功能,不适合交互式。

到了 20 世纪 70 年代中期,基于电视技术的刷新式光栅扫描显示器出现,大大地推动了交互式图形技术的发展。光栅扫描显示的优点是:以点阵形式表示图形,使用专用的缓冲区存放点阵,由视频控制器负责刷新扫描。它可以显示真实感的图像,因此光栅显示方式和光栅设备已占据图形市场的主流地位。

目前,液晶显示器广泛应用于笔记本电脑,同时也成为台式 PC 显示器的新宠。而且,液晶显示器还广泛应用于手持式电脑、个人数字助理(Personal Digital Assistant, PDA)的显示屏幕。

此外,等离子显示器是新一代的显示设备,采用了近几年来高速发展的等离子平面屏幕技术,它一般由三层玻璃板组成,通常称为等离子显示器的三层结构。其优点是平板式且透明,显示图形无锯齿现象,不需要刷新。

2. 图形输入设备的发展

图形输入设备的种类繁多,根据国际图形标准并按照它们的逻辑功能可分为定位设备、

选择设备、拾取设备等类别,通常一个物理设备会兼具多种逻辑功能。图形输入设备的发展可总结为以下五个阶段。

第一阶段:控制开关、穿孔纸等。

第二阶段:键盘。

第三阶段:二维定位设备,如鼠标、光笔、图形输入板、触摸屏等。

20 世纪 50 年代末,美国麻省理工学院林肯实验室研制的 SAGE 空中防御指挥系统具有指挥和控制功能,采用光笔作为输入设备,预示着交互式图形生成技术的诞生。到了 20 世纪 70 年代中期,基于电视技术的光栅扫描显示器的出现极大地推动了计算机图形学的发展,出现了许多新型的图形输入设备,如各类图形输入板、坐标数字化仪、跟踪球、鼠标器等。

第四阶段:三维输入设备(如空间球、数据手套、数据衣),用户的手势、表情等。

第五阶段:用户的思维。利用用户的思维与计算机进行交流。

从图形输入设备的发展走势来看,其最终的发展趋势是使人能够更自然、更方便地与计算机进行交互。

1.2.2 计算机图形学的软件发展及软件标准的形成

1. 计算机图形学的软件发展

随着计算机系统、图形输入、图形输出设备的发展,计算机图形软件及其生成、控制图形的算法也随之发展。

20 世纪 70 年代初,出现了一批通用的、可移植的软件系统,价格便宜,使计算机图形技术在各领域得到广泛的应用。

20 世纪 80 年代中期到 90 年代中期是计算机图形学的推广及应用阶段,图形工作站的出现,极大地促进了计算机图形学的发展,取代了小型机成为图形生成的主要环境,如 Apollo、Sun、HP 等。

20 世纪 90 年代末具有图形生成和处理功能的计算机语言很多,如 Turbo Pascal、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或函数。

随着计算机图形学的发展,实时真实感图形学技术成为当前计算机图形学领域中的研究热点,它可以通过损失一定的图形质量来实时绘制真实感图像,目前还处在研究阶段,并没有形成非常系统的理论知识。

2. 图形软件标准的形成

20 世纪 70 年代中期,由于通用的可移植的图形软件的发展,这一阶段提出了图形软件标准的问题。图形软件标准可分为两类标准:一类是官方标准,即由标准组织制定的标准,它主要包括 1977 年美国计算机协会公布的核心图形系统(Core Graphics System, CGS);随后 ISO 公布的计算机图形接口(Computer Graphics Interface, CGI);计算机图形元标准(Computer Graphics Metafile, CGM);1984 年 ISO 和 ANSI 公布的计算机图形核心系统(Graphics Kernel System, GKS);1986 年 ISO 和 ANSI 公布的程序员层次交互式图形系统(Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System, PHIGS);1983 年美国国家标准局公布的初始图形交换规范(Initial Graphics Exchange Specification, IGES)。另一类为工业标准,也就是事实上的标准,它主要包括 SGI 等公司的 OpenGL,微软公司的 DirectX, X

财团的 Xlib(X-Windows), Adobe 公司的 PostScript 等。

3. 目前市场上常见的图形制作系统

(1) 三维建模系统

3D MAX 是当前销售量最大的三维建模、动画和渲染解决方案,有众多的外挂插件,如树、草地等。能逼真表现真实物体。

LightWave 作为第一个运行于 Windows 平台的工作站级三维动作制作软件,其渲染引擎更是处于领先地位,层次丰富而不失艳丽。LightWave 3D 从有趣的 AMIGA 开始,发展到今天的 8.5 版本,已经成为一款功能非常强大的三维动画软件,支持 Windows 98/NT/2000/Me、MAC OS 9/XP。它被广泛应用在电影、电视、游戏、网页、广告、印刷、动画等各领域,其操作简便,易学易用,在生物建模和角色动画方面功能异常强大;基于光线跟踪、光能传递等技术的渲染模块,令它的渲染品质几尽完美。它以其优异性能倍受影视特效制作公司和游戏开发者的青睐。

Maya 是美国 Autodesk 公司出品的世界顶级的三维动画软件,应用对象是专业的影视广告、角色动画、电影特技等。Maya 功能完善,工作灵活,易学易用,制作效率极高,渲染真实感极强,是电影级别的高端制作软件。其售价高昂,声名显赫,是制作者梦寐以求的制作工具,掌握了 Maya,会极大地提高制作效率和品质,调节出仿真的角色动画,渲染出电影一般的真实效果,向世界顶级动画师迈进。

Softimage XSI 也是 Autodesk 公司面向高端三维影视市场的旗舰产品,以其独一无二、真正的非线性动画编辑为众多从事三维电脑艺术人员所喜爱。XSI 将电脑的三维动画虚拟能力推向了极致。它是最佳的动画工具,除了新的非线性动画功能之外,比之前更容易设定 Keyframe 的传统动画。同时它还是制作电影、广告、3D 以及建筑表现等方面的强力工具。

由日本著名的软件公司 Expression Tools 发行的 Shade 系列对于国内用户而言或许是一套陌生的 3D 制作软件,但是在日本市场的占有率却是高居第一。软件的优势在于真实的光影效果,快速的建模方式以及大幅面图像输出,是 2D 设计师进入 3D 领域的首选软件之一。

(2) 3D 图形引擎系统

Virtools 是一套具备丰富的互动行为模块的实时 3D 环境虚拟实境编辑软件,主要经由一个设计完善的图形使用者界面,使用模块化的行为模块撰写互动行为元素的脚本语言。这使得使用者能够快速熟悉各种功能,包括从简单的变形到力学功能等。它可以制作出许多不同用途的 3D 产品,如网际网络、计算机游戏、多媒体、建筑设计、交互式电视、教育训练、仿真与产品展示等。

EON Studio 是一种依据图形使用者接口,用来研发实时 3D 多媒体应用程序的工具,主要应用在电子商务、营销、数字学习、教育训练与建筑空间等领域。研发步骤包括输入 3D 对象,通常这些对象会先由 3D 绘图软件完成,如 3D Studio MAX、Lightwave 等,或者 CAD 应用软件如 ArchiCAD、ProENGINEER、AutoCAD 等。输入模型后,就可以透过 EON 视觉图型化程序接口、Scripting 或 C++ 程序代码轻易让模型加上动作。最后,EON 程序档案可以经由网络或封包展示,也可以与其他支持微软 ActiveX 组件的工具进行互动(PowerPoint、Word、Macromedia、Authorware、Director、Shockwave、Visual Basic 等)。

Vega 是 MultiGen-Paradigm 公司最主要的工业软件环境,用于实时视觉模拟、虚拟现

实和普通视觉应用。Vega 将先进的模拟功能和易用工具相结合,对于复杂的应用,能够提供便捷的创建、编辑和驱动工具。Vega 能显著地提高工作效率,同时大幅度减少源代码开发时间。Paradigm 还提供和 Vega 紧密结合的特殊应用模块,这些模块使 Vega 很容易满足特殊模拟要求,例如,航海、红外线、雷达、高级照明系统、动画人物、大面积地形数据库管理、CAD 数据输入和 DIS 分布应用等。

VR-Platform 三维互动仿真平台是由中视典数字科技独立开发的具有完全自主知识产权的一款三维虚拟现实平台软件,可广泛地应用于视景仿真、城市规划、室内设计、工业仿真、古迹复原、桥梁道路设计、军事模拟等行业。该软件适用性强、操作简单、功能强大、高度可视化、所见即所得,它的出现将给正在发展的 VR 产业注入新的活力。VR-Platform 的目标是:低成本、高性能,让 VR 从高端走向低端,从神坛走向平民。让每一个 CG 人都能够从 VR 中发掘出计算机三维艺术的新乐趣。

OpenSceneGraph(OSG)使用 OpenGL 技术开发,是一套基于 C++ 平台的应用程序接口(API)。OpenGL 技术为图形元素(多边形、线、点等)和状态(光照、材质、阴影等)的编程提供了标准化的接口。而 OSG 开发的主要意义在于,将 3D 场景定义为空间中一系列连续的对象,以进行三维世界的管理。正是由于场景及其参数定义的特点,通过状态转化、绘图管道和自定制等操作,OSG 还可以用于优化渲染性能。可以运行 OSG 的平台需要具备 OpenGL 的支持能力,以及 C++ 的编译环境,支持 OSG 的系统包括 Solaris、IRIX、Windows、Mac OSX、HP-UX、Sony Platystation 等,不过 XBox 除外。

1.3 计算机图形学的应用领域

计算机图形学只有 40 多年的历史,但它的发展却非常迅速,特别是近 10 年,随着计算机软硬件水平的日益提高,价格的不断下降,计算机图形技术已经广泛应用于各个领域,下面仅介绍主要的应用领域。

1.3.1 计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)

这是计算机图形学最广泛、最重要的应用领域。计算机图形学的研究成果广泛应用于各种辅助设计软件[如 AutoCAD、UG(如图 1-2 与图 1-3 所示)、SolidWorks、MDT、Inventor 等],使这些软件的功能不断增强。计算机辅助设计使工程设计的方法发生了巨大变化,利用交互式计算机图形生成技术进行机械、建筑、电子等许多领域中产品结构的设计正在迅速取代传统手工绘图的设计方法。

事实上,目前许多复杂的图形手工已难以完成或根本无法完成。如大规模集成电路和超大规模集成电路版图等复杂图形已无法用手工设计和绘制,而计算机不仅可以在短时间内完成设计和绘图,而且不必画出图纸即可将其结果送至后续工艺进行处理(如做成印制电路板)。

20 世纪 90 年代,设计结果主要是用二维图形表达,现在三维数字化设计开始逐渐取代传统二维图形设计,计算机图形学更是在其中发挥了重要作用。

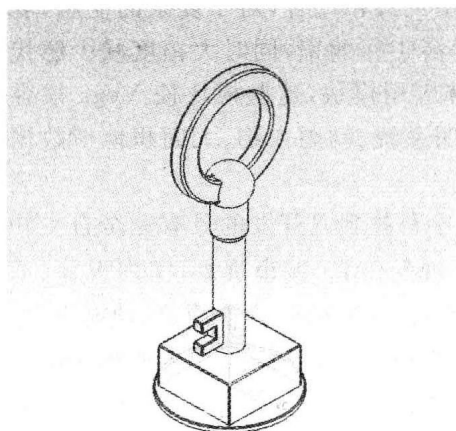


图 1-2 线框图

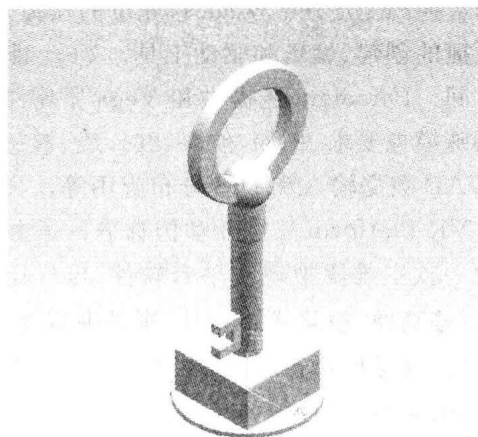


图 1-3 着色图

1.3.2 动画

传统的动画片都是手工绘制的。目前,利用图形工作站和高档微机制作动画已经相当普遍了。由于动画放映一秒钟一般需要 24 幅画面,仅 10 分钟的动画就需要 $10 \times 60 \times 24 = 14\,400$ 幅画面,手工绘制的工作量是相当大的。而计算机制作动画只需画出关键帧画面,中间画面可自动插入,从而大大节省了时间,提高了动画制作的效率。利用计算机制作的动画不仅广泛用于电影(如图 1-4 所示)、电视等领域,而且可以模拟各种试验,如核反应、化学反应、汽车碰撞、地震破坏等,使这些试验既安全可靠,又节省开支。



图 1-4 动画电影《最终幻想》截图

1.3.3 艺术

以往的美术作品(书法、绘画)都是手工创作的,现在也可以利用计算机来进行艺术创作,并且已经形成了一个计算机图形学的分支——计算机绘画,如图 1-5 所示。

将计算机图形学与人工智能技术结合还可以创造出多种多样丰富多采的艺术图案,应用于纺织和印染等行业。



图 1-5 由计算机绘制的美术作品

1.3.4 科学计算可视化

在信息时代,大量的数据需要处理。科学计算可视化是利用计算机图形学方法将科学计算的中间或最后结果以及通过测量得到的数据以图形形式直观地表示出来。科学计算可视化广泛应用于气象、地震、天体物理、分子生物学、医学等诸多领域。如图 1-6 所示为科学计算可视化在板料成型分析计算上的应用。

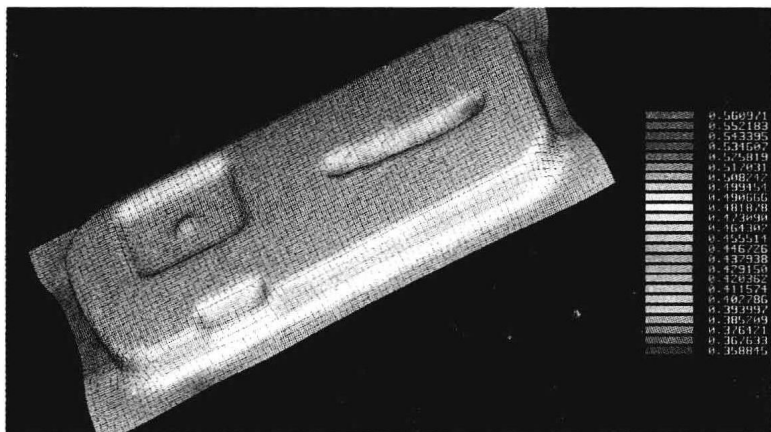


图 1-6 板料成型分析计算可视化

1.3.5 虚拟现实

虚拟现实是计算机生成的给人以多种感官刺激的虚拟世界,是一个高级的人机交互系统,如图 1-7 所示。在这个虚拟世界里,你即使没有去过故宫,也可以能身临其境在故宫漫游,仿佛真地来到了故宫。虚拟现实技术的进步同样离不开计算机图形学的发展,虚拟现实系统提供的真实三维图像正是计算机图形高新技术的具体应用。其输入/输出设备包括头盔式显示器、立体耳机、头部跟踪系统以及数据手套(如图 1-8 所示)等。