



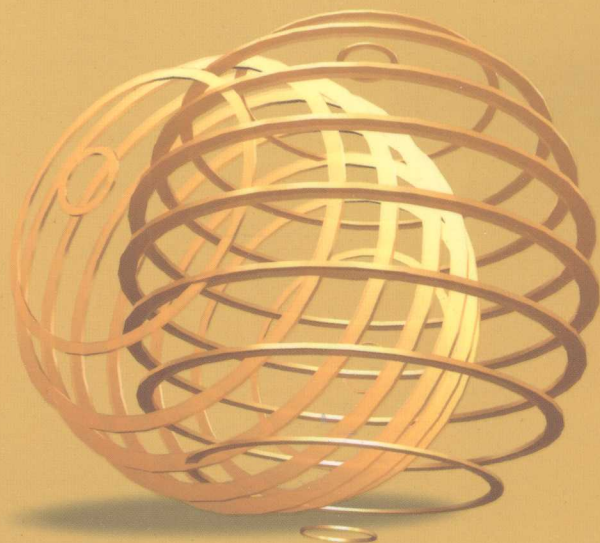
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等院校重点推荐教材



计算机图形学 应用基础

彭群生 金小刚 万华根 冯结青 编著



科学出版社

www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等院校重点推荐教材

计算机图形学应用基础

彭群生 金小刚 万华根 冯结青 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是专门为计算机、机械、土木、建筑、数学等非图形学专业本科生开设计算机图形学课程而编写的一本教材。与国内现有的大多数图形学教材不同,本书力求以简单通俗的方式介绍计算机图形生成的基本概念、基本原理和基本技术。全书共分九章,包括图形学基础、物体的几何表示、变换与裁剪、光栅转化与消隐、真实感图形、计算机动画、科学计算可视化、虚拟现实、图形软件支撑平台和常用软件简介等。本书的特点是内容系统,叙述简明;跟踪热点,取材新颖;面向应用,拓展视野。为便于读者学习,本书每章后都附有习题和参考文献。本书所附光盘提供了36学时课件,并附有各种示范性实例和实现这些实例的源程序,以帮助读者更好地理解 and 掌握书中内容。

本书可作为高等院校有关专业高年级学生和研究生的教学用书,对于广大从事 CAD&CG 开发、应用的科技人员也有较大的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学应用基础/彭群生等编著. —北京:科学出版社, 2009

(普通高等教育“十一五”国家级规划教材·高等院校重点推荐教材)

ISBN 978-7-03-024053-8

I. 计… II. 彭… III. 计算机图形学-高等学校-教材 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 021294 号

责任编辑:鞠丽娜/责任校对:耿 耘

责任印制:吕春珉/封面设计:三函设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年3月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2009年3月第一次印刷 印张:12 1/2

印数:1—4 000 字数:250 000

定价:28.00 元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135763-8002

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

自有人类文明以来,图形便和语言、文字一道成为了人类交流思想、传递信息的有力工具。事实上,最早出现的象形文字就是一种图形。刻在山崖上的古代壁画记录了古代人生活、劳作的情景,在流传的各种典籍中,人们也广泛采用插图来展示书中描绘的精彩情节,以激发读者对故事的神往。在制造、建筑、土木等工程技术领域,图纸更是记录产品信息、表达设计思想必不可少的手段。近年来随着计算机应用的日益普及和计算机图形学的蓬勃发展,计算机绘图取代了手工绘图,具有真实光影的效果图使人们在产品之初即能获悉未来的产品外观,各种各样的建筑物渲染图已成为房地产展示会上一道靓丽的风景。在医学领域,基于CT或MRI扫描数据的人体器官三维彩色显示已成为医生进行诊疗和手术规划的重要依据。在生物学领域,科研人员通过操作生物分子的彩色图像来探索其复杂的三维空间结构。在地质和石油勘探领域,通过对地质勘探数据的三维重建及可视化,技术人员可以更清晰地看到地下矿藏的分布。类似的例子不胜枚举。在信息技术高速发展的今天,图形已成为应用最为广泛的信息载体。计算机图形成为许多学科进行研究和开发的基础性工具,从2000年起教育部已将计算机图形学列为高等学校本科生的公共选修课之一。

然而,大多数计算机、机械、化工、建筑、土木、生物、医学、地矿等专业的本科生或研究生学习计算机图形学的目的不是为了去研究图形学算法本身,而是为了运用图形学已有的研究成果为其科研和教学服务。尽管如今走进书店,有关图形学的教科书和各种图形软件使用说明书琳琅满目,但它们大多是为从事图形学研究的研究生和专业人员写的,书中过于详细的算法描述,严谨复杂的数学推导使许多初学者望而却步。

本书就是为弥补上述缺憾而专门为计算机、机械、土木、建筑、数学等非图形学专业本科生开设计算机图形学课程而编写的一本教材。与国内现有的大多数图形学教材不同,本书力求以简单通俗的方式介绍计算机图形生成的基本概念、基本原理和基本技术。本书的特点是:

1. 内容系统,叙述简明

本书共分九章,在第一章中,首先通过一实例,即在Windows环境下生成一简单图形,让读者对图形生成有一个直观的了解。在此基础上,介绍光栅图形显示的基本原理、图形的基本数据结构、帧缓存及点、线、圆、字符的生成方法,然后引入RGB颜色系统和色彩概念。在“图”和“形”中,“形”是“图”

的基础,“图”是“形”的反映。本书第二章介绍了几何物体在计算机内的表示方法,包括多边形表示、参数曲面、细分曲面、隐式曲面表示以及各种自然景物的表示。第三章则着重讨论场景造型和图形生成中常用的各种变换和裁剪技术,介绍了场景中各景物在建模和绘制中从局部坐标系到世界坐标系、到屏幕坐标系的变换流程。第四章叙述表面着色和消隐算法。重点介绍了二维区域种子填充算法、多边形扫描转换算法、 z 缓冲器算法和油画家算法。与一般图形学教科书不同的是,本书并没有专辟章节单独介绍直线、圆弧生成算法,各种线、面裁剪算法。随着计算机图形显示技术的发展,这些基础性算法已经非常成熟,许多已经由硬件实现,对于大多数从事图形学应用的人员,只需熟练地调用相应子程序即已足够。

本书的后五章全面介绍计算机图形技术的发展和應用,包括真实感图形、计算机动画、科学计算可视化、虚拟现实等。在第五章中,介绍了生成真实感图形的各种局部和整体光照明模型,光线跟踪和光能辐射度两大主流绘制技术以及增添场景真实感的纹理映射技术、图形反走样技术。第六章则介绍了计算机动画生成的基本原理和基本技巧,包括关键帧动画、关节动画、过程动画、行为动画、变形动画等。第七章介绍了科学计算可视化的基本流程和主要方法,包括基于等值面抽取的表面可视化技术和直接基于三维采样数据的体绘制技术,并简单介绍了矢量场的可视化方法。在第八章中,介绍了近几年发展起来的各种虚拟现实技术。

2. 跟踪热点,取材新颖

经过近 50 年的发展,计算机图形学的基本理论和算法已趋于成熟,但图形学的发展并没有停滞。近年来,由于大规模场景实时绘制的需要,出现了复杂场景的多层次细节表示、基于图像的建模与绘制技术、遮挡剔除技术;为了加强对场景信息的传递和理解,提出了表达式绘制 (expressive rendering),发展了各种非真实感绘制方法;为了在动画中更真实地模拟人的动作,运动捕获和运动数据重用成为关节动画研究的热点。本书除了系统全面地描述图形学的基本概念和经典算法外,还在相关章节中适当介绍计算机图形学的最新研究进展,以便读者跟踪图形学的发展趋势,与时俱进。

3. 面向应用,拓展视野

近年来,随着多媒体技术、网络技术、人机交互技术的发展,影视特技、网络游戏、虚拟现实已成为图形学发展新的推动力。我们认为,让读者扩展视野,了解这些新的应用领域以及它们背后所蕴含的图形学问题是有益的。在第六章中,我们介绍了动画的后期合成过程和虚拟演播的原理,简述了网络游戏的分类和游戏引擎所涉及的核心技术,分析了时下流行的 flash 动画成功的奥秘。在第八章中,我们介绍了虚拟现实的几种主要实现方式以及常用的观察、跟踪、定位、触觉等交互设备,并简要介绍了增强现实的原理和实现方法。为了便于读者

运用图形软、硬件支撑平台进行进一步的科研开发，本书第九章介绍了几个目前流行的具有代表性的图形支撑软件包括 Vega, 3ds Max 以及图形编程环境 OpenGL, Direct X, VRML/X3D 等。在本书有限的篇幅内，详细介绍这些软件和平台的功能及编程方法是不可能的，但我们力求为读者提供一个入门的向导。

本书的作者都是长期从事计算机图形学教学、科研的教师，其中部分作者曾参与《计算机图形学教程（修订版）》（科学出版社，2000）、《计算机真实感图形的算法基础》（科学出版社，1999）、《计算机动画的算法基础》（浙江大学出版社，2000）的编写。尽管如此，为非图形专业的本科生编写一本面向应用的计算机图形学教材对我们来说仍然是一个巨大的挑战。为了帮助读者更好地理解 and 掌握书中的内容，我们专门为本书制作了一个光盘，光盘中除为开设此课的教师提供了 36 学时课件外，还附有各种示范性实例和实现这些实例的源程序，以供读者揣摩和练习。

本书由彭群生制订编写大纲，金小刚负责第一、六章的撰写，万华根负责第五、七、八、九章的撰写，冯结青负责第二、三、四章的撰写，张宏鑫参与了第二章的撰写。全书由彭群生修改定稿。金叶英参与了部分书稿的打印整理工作。

由于作者的水平有限，书中的疏漏和错误在所难免，恳请读者批评指正。

作 者

2008 年 12 月

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 计算机图形学概述	1
1.1.1 影视特技	1
1.1.2 计算机游戏	2
1.1.3 计算机辅助设计和计算机辅助制造	3
1.1.4 科学计算可视化	3
1.1.5 图形用户界面	4
1.1.6 计算机艺术	5
1.1.7 移动图形学	5
1.2 Windows 环境下生成图形的一个简单例子	6
1.3 光栅图形显示的基本原理	9
1.3.1 光栅图形显示技术	10
1.3.2 简单二维图元的生成方法	13
1.4 RGB 颜色系统	18
习题	20
参考文献	20
第二章 物体的几何表示	21
2.1 局部坐标系和世界坐标系	21
2.2 物体的多边形表示	22
2.3 参数曲线曲面	24
2.3.1 物体参数表示的数学原理	24
2.3.2 参数曲线	25
2.3.3 参数曲线的剖分绘制算法	29
2.3.4 参数曲面	30
2.4 细分曲面	32
2.5 隐式曲面	33
2.6 物体的 CSG 树表示	35
2.7 自然景物表示方法	36
2.8 小结	40
习题	40

参考文献	41
第三章 变换与裁剪	42
3.1 二维变换	42
3.2 三维变换	43
3.2.1 场景坐标系和造型变换	44
3.2.2 视点坐标系和取景变换	45
3.2.3 投影坐标系和投影变换	45
3.2.4 规格化设备坐标系和设备变换	47
3.2.5 屏幕坐标系和视窗变换	47
3.3 裁剪	48
3.4 变换与裁剪的实例	50
3.5 小结	51
习题	51
参考文献	51
第四章 光栅转化与消隐	53
4.1 区域填充	53
4.2 多边形的扫描转换	54
4.2.1 多边形扫描转换中的连贯性	55
4.2.2 多边形扫描转换算法	56
4.3 隐藏面消除	58
4.3.1 z 缓冲器消隐算法	59
4.3.2 画家算法	60
4.4 小结	64
习题	64
参考文献	65
第五章 真实感图形	66
5.1 光照明模型	66
5.1.1 泛光模型	66
5.1.2 Lambert 漫反射模型	67
5.1.3 Phong 模型	68
5.1.4 Whitted 整体光照明模型	71
5.1.5 光照明模型的进一步完善	72
5.2 多边形物体的明暗处理	73
5.2.1 Gouraud 明暗处理	74
5.2.2 Phong 明暗处理	75
5.3 光线跟踪算法	76

5.3.1	基本原理	77
5.3.2	光线跟踪算法的伪语言描述	79
5.3.3	阴影计算	80
5.3.4	反走样	80
5.3.5	加速技术	81
5.3.6	光线跟踪实例程序	82
5.4	纹理映射	83
5.4.1	颜色纹理	84
5.4.2	几何纹理	85
5.4.3	纹理反走样	86
5.4.4	纹理映射实例程序	90
5.5	辐射度方法	92
5.5.1	辐射度方法简介	92
5.5.2	辐射度方法实例程序	94
5.6	实时绘制技术	95
5.6.1	图形绘制流水线与图形 API	95
5.6.2	常用的实时绘制技术	96
5.6.3	实时光线跟踪	100
5.7	非真实感图形绘制技术	101
5.7.1	素描	102
5.7.2	卡通绘制	103
5.7.3	美术绘制	103
	习题	104
	参考文献	107
第六章	计算机动画	110
6.1	计算机动画简介	111
6.2	低层动画驱动技术	112
6.2.1	关键帧技术	112
6.2.2	样条驱动动画技术	112
6.2.3	物体旋转的欧拉角表示和插值	113
6.3	Morphing 和空间变形动画技术	113
6.3.1	二维多边形形状渐变	114
6.3.2	二维图像 Morphing 技术	115
6.3.3	三维 Morphing 技术	116
6.3.4	整体和局部变形方法	117
6.3.5	自由变形方法 FFD	118

6.3.6 轴变形方法	119
6.3.7 元球的造型和动画技术	119
6.4 过程动画技术	120
6.4.1 粒子系统	121
6.4.2 群体动画	122
6.4.3 布料动画	122
6.4.4 脸部表情动画	122
6.5 关节动画	123
6.5.1 正运动学方法	124
6.5.2 逆运动学方法	124
6.5.3 动力学方法	126
6.5.4 运动捕获和运动重现	126
6.6 运动模糊	129
6.7 动画后期合成	129
6.8 虚拟演播室	132
6.9 计算机游戏	133
6.10 Flash 动画	135
习题	136
参考文献	136
第七章 科学计算可视化	138
7.1 科学计算可视化概述	138
7.2 面绘制算法	142
7.2.1 数据集	142
7.2.2 Marching Cubes 算法	142
7.2.3 算法存在问题及改进方法	145
7.3 直接体绘制方法	146
7.3.1 为什么需要进行直接体绘制	146
7.3.2 光线投射体绘制算法步骤	146
7.3.3 其他体绘制算法	148
7.4 实用可视化系统 VTK 简介及实例程序	148
7.4.1 VTK 简介	148
7.4.2 体绘制实例程序	149
习题	149
参考文献	150
第八章 虚拟现实	151
8.1 虚拟现实系统的特点及组成	151

8.2 立体视觉的生成与获取	153
8.2.1 立体视觉产生的原因	153
8.2.2 立体图像生成的照相机模型	154
8.2.3 立体视觉的捕获	155
8.2.4 立体显示对人体健康的影响	156
8.3 虚拟现实交互设备	157
8.3.1 三维定位跟踪设备	157
8.3.2 手持式交互设备	159
8.3.3 数据手套	161
8.3.4 其他交互设备	163
8.3.5 交互设备的软件支持	163
8.4 虚拟现实系统的分类	164
8.4.1 桌面型虚拟现实系统	164
8.4.2 基于 HMD 的虚拟现实系统	164
8.4.3 基于投影显示的完全沉浸式或半沉浸式虚拟现实系统	165
8.4.4 遥在系统	167
8.5 增强现实技术	168
8.5.1 现实-虚拟连续流	168
8.5.2 增强现实系统	169
8.5.3 增强现实的应用领域	171
习题	173
参考文献	174
第九章 图形软件支撑平台和常用软件简介	176
9.1 常用图形支撑软件简介	176
9.1.1 OpenGL 简介	176
9.1.2 DirectX 简介	178
9.1.3 基于场景图的图形开发工具	180
9.1.4 面向虚拟现实应用的图形开发工具	181
9.2 网络图形开发	183
9.2.1 VRML 与 X3D 简介	183
9.2.2 Java 3D 简介	185
9.3 计算机三维动画软件 3ds Max 简介	186
习题	187
参考文献	187

第一章 绪 论

1.1 计算机图形学概述

计算机图形学 (computer graphics, CG) 是一门研究如何利用计算机表示、生成、显示和处理图形的学科^[1, 2]。图形通常由点、线、面、体等几何元素和颜色、纹理、线型、线宽等非几何属性描述。从生成技术上来看, 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; 另一类是真实感图形。要生成真实感图形, 首先必须建立画面场景的几何表示, 再用某种光照模型, 计算场景在假想光源、纹理、材质属性下的光照明效果^[3]。计算机图形学与计算机辅助几何设计有着密切的关系^[4]。事实上, 图形学也把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研究内容。同时, 由于真实感图形计算的结果是以数字图像的方式提供的, 因此计算机图形学与图像处理也有着密切的关系。图形与图像是密切相关但又不同的两个概念。图像纯指计算机内以位图形式表示的颜色和亮度信息, 而图形则由场景的几何模型和物理属性共同描述。

由于给人们提供了一种直观的信息交流的工具, 计算机图形已被广泛地用于各个不同的领域^[5], 如影视、游戏、工业设计、科学研究、艺术、医学、广告、教育、培训、军事等。应用的需求反过来推动了图形学的发展, 计算机图形已经形成了一个巨大的产业。下面, 我们介绍一些具有代表性的应用领域。

1.1.1 影视特技

看过《魔鬼终结者 II》的观众, 一定会对片中那个打不死的液态金属人 T1000 留下极深刻的印象。由科技创造出来的虚拟角色成了好莱坞大片的票房卖点, 并成为观众观赏电影的主要驱动力之一。这个计算机特效在电影中成功应用的典范, 带动了 20 世纪 90 年代美国电影广泛导入计算机科技的潮流。好莱坞的导演们丰富的想象力借助于计算机图形技术在《侏罗纪公园》、《泰坦尼克号》、《恐龙》、《海底总动员》、《指环王》、《加菲猫》、《变形金刚》等优秀电影中得到了淋漓尽致的体现 (见图 1.1~图 1.4)。人们常常被高科技电影中那些惊险刺激的特技镜头所震撼, 其中的奥秘就是计算机图形以假乱真的造型和叹为观止的动画效果。反过来, 影视业高质量画面、高艺术水准、大胆的想象、大投资、紧迫的拍摄进度等因素极大地刺激了图形学研究的进一步深入。

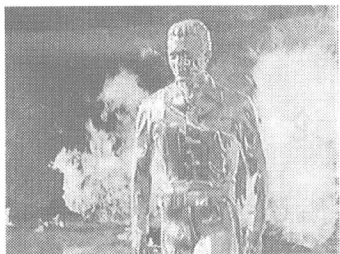


图 1.1 《魔鬼终结者 II》剧照



图 1.2 《恐龙》剧照

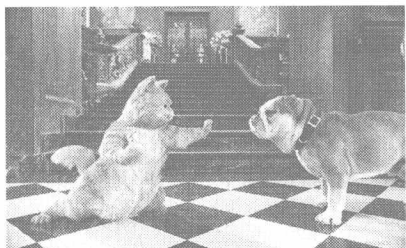


图 1.3 《加菲猫 2 之双猫记》剧照

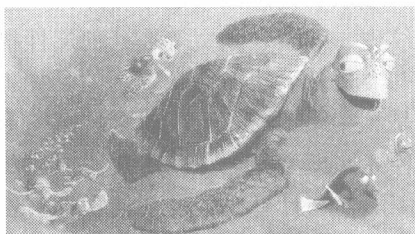


图 1.4 《海底总动员》剧照

1.1.2 计算机游戏

计算机游戏是一种新兴的娱乐形式（见图 1.5 和图 1.6）。计算机游戏产业与计算机硬件、计算机软件和互联网的发展有很大的关系，其巨大的市场与电影业不相上下^[6]。尤其是随因特网发展起来的网络游戏，已经成为一种人们休闲娱乐的重要文化平台。计算机游戏为游戏参与者提供了一个虚拟的空间，从一定程度上让人可以摆脱现实中的自我，在另一个世界中扮演真实世界中扮演不了的角色，因而吸引了众多的玩家。计算机游戏是计算机图形学发展的另一个重要推动力。计算机游戏的核心技术之一是图形学，如地形生成、建模、角色动画、自然现象模拟、交互技术、实时绘制等。

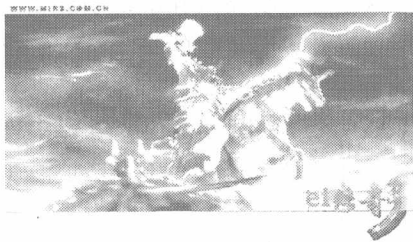


图 1.5 网络游戏《传奇 3》



图 1.6 射击游戏

1.1.3 计算机辅助设计和计算机辅助制造

计算机图形学的一个很大应用领域是计算机辅助设计和计算机辅助制造。计算机辅助设计已经广泛地用于建筑、电路、汽车、飞机、船舶、计算机、纺织品、太空船、家用电器等设计(见图 1.7 和图 1.8),以降低设计成本,缩短开发周期。在设计过程中,通常先用线画图的方式显示设计对象,以便快速观察其整体形状和内部结构。当设计接近结束时,再采用真实感图形绘制,得到接近真实的产品外观效果。在计算机辅助制造中,图形技术可用来模拟刀具加工路径,并进行干涉检查。



图 1.7 汽车外形设计

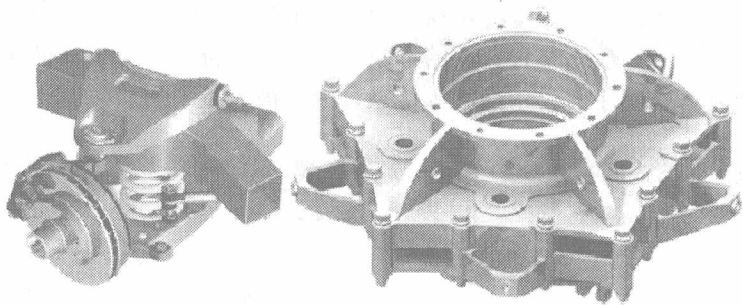


图 1.8 机械产品设计

1.1.4 科学计算可视化

计算机图形学还可以帮助科技人员更直观形象地理解大规模数据所蕴涵的科

学现象和规律。数值仿真、气象卫星、石油勘探、遥感卫星、医学影像、蛋白质分子结构等都会产生大量的数据,即使是专业人员也很难从一大堆枯燥乏味的数字中迅速发现其内在规律和变化趋势。计算机图形学通过将科学计算过程中产生的数据和计算结果转换为图像或动画,以启迪科技人员更深入地理解这些数据的内涵(见图 1.9)。通过对医学数据的可视化,医生可以基于直观的图形进行临床诊治(见图 1.10),以提高诊断效率。

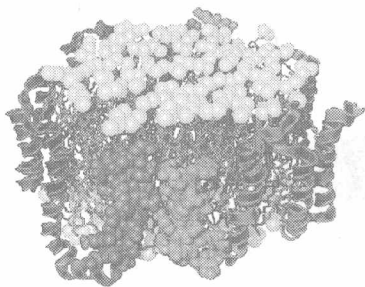


图 1.9 蛋白质结构的显示

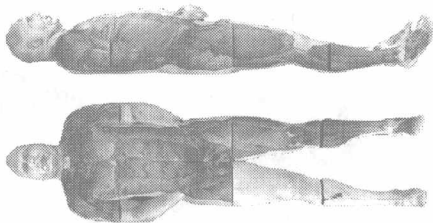


图 1.10 可视人

1.1.5 图形用户界面

目前我们所用的绝大部分应用软件都提供了友好的图形用户界面(GUI)(见图 1.11)。用户界面由窗口、光标、图标等图形元素组成^[7],其中窗口管理器(见图 1.12)允许用户在屏幕上开设多个称为显示窗口的工作区域。每个区域既可以显示图形信息,也可以显示非图形信息。采用鼠标等交互式点击输入设备,我们可以把光标移到某个显示窗口内并单击鼠标来激活窗口。图形界面的另一特色是图标,它是表示某种选项的形象直观的图形符号。与文本描述相比,图标具有占据屏幕空间小、易于理解等优点,因而被大量采用。

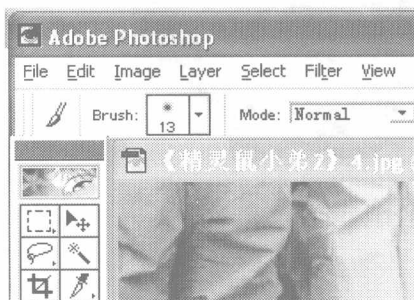


图 1.11 Photoshop 的图形用户界面

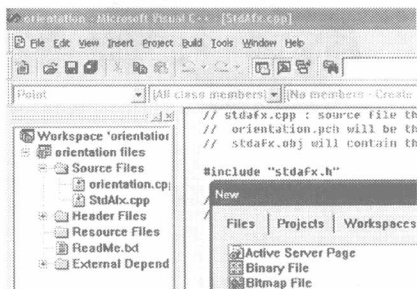


图 1.12 Microsoft Visual C++的图形用户界面

1.1.6 计算机艺术

计算机艺术是科学和艺术相结合的一门学科（见图 1.13）。计算机图形生成技术可以用于绘画、书法、雕刻等艺术创作，生成新的艺术效果。由于可以采用专用硬件和专业绘画软件进行艺术创作，即使是非专业人士也能像艺术家一样借助计算机来实现自己的创意和构思，从而使得艺术更贴近普通人。计算机艺术不需要传统的纸和笔等材料，所有的创作都在电子画布上实现（见图 1.14）。许多绘画软件，如 Adobe 公司的 Photoshop，都提供了丰富的绘画工具，如软硬铅笔、炭笔、彩色铅笔、色粉笔、钢笔、签字笔、油画棒、毛笔、水彩笔、油画笔、喷笔等，而且还提供了色彩丰富的调色板和各式各样的笔触。Wacom 公司的数位板和无线压感笔则有效地解决了电脑笔输入的难题，使得艺术创作能以接近传统的方式进行。



图 1.13 计算机艺术



图 1.14 水墨画艺术（戴秋兰，朱绍恒，香港科技大学）

1.1.7 移动图形学

移动设备是指手机、掌上电脑、便携式游戏设备等。2007 年的手机用户已经超过 30 亿，是世界上个人计算机数目的两倍，因此手机形成了一个无处不在的图形平台。虽然目前移动设备的图形处理、人机交互、计算能力和网络性能越来越高，但这类设备仍具有一些与传统台式机不同的内在特点，如显示屏较小、计算速度较慢、显示分辨率较低、运行和存储程序的内存较小、无线网络带宽受限、电池提供的电能受限等。移动图形学是指针对移动设备的这些特点而设计的图形表示、显示、计算和处理的学科。

移动设备提供的数字娱乐内容是推动移动图形学发展的最主要原因。可缩放矢量图形（scalable vector graphics, SVG）是一个表示二维分层动画的文件格式标准。SVG 支持高质量的二维几何基本元素，如 Bézier 曲线、由这些曲线形成的任意多边形、各种属性和风格的线段等。由于原始的 SVG 标准相对于

移动设备过于庞大, 因此设计了针对手机平台的紧凑的子集 SVG Tiny、针对智能手机和 PDA 的 SVG Basic。三维移动图形的应用程序接口 (API) 主要有 OpenGL ES、M3G 和 Direct3D Mobile。OpenGL ES 主要针对嵌入式系统, 是 OpenGL 的一个子集, 它删除了 OpenGL 中不必要和很少使用的组件, 并且基于移动设备的特点进行了修改, 这使得开发者可以更底层地接近硬件, 在游戏开发中获得更高的性能。M3G (原来称 JSR 184) 主要针对 J2ME (Java 2 Platform Micro Edition)。Direct3D Mobile 是微软针对移动设备开发的 Direct3D 简化版。

虽然移动设备在计算性能方面处于劣势, 但移动设备的优点在于它的移动性, 而不像台式计算机那样需要放在办公室。移动设备可以伴你旅行, 用户可以随时随地使用移动设备上网、玩游戏打发时间 (见图 1.15)。

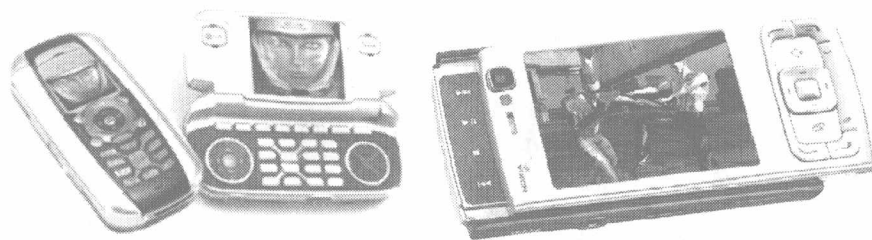


图 1.15 移动设备游戏

1.2 Windows 环境下生成图形的一个简单例子

OpenGL 是 SGI 公司开发的一个跨平台的开放式图形编程工具^[8], 用户可以很方便地利用它开发出有多种特殊视觉效果三维图形。作为图形硬件的软件接口, OpenGL 集成了所有曲面造型、图形变换、光照、材质、纹理、融合、反走样等复杂的计算机图形学算法, 将用户从具体的硬件和操作系统中解放了出来。程序员们只要按规定的格式书写应用程序, 就可以在任何支持该语言的硬件平台上创作自己的图形, 而不需要去理会系统结构或算法实现等方面的细节。现在 OpenGL 已经成为最主要的二三维交互式图形应用程序开发环境。基于它开发的各种平台上的图形应用软件大量地涌现出来。

Microsoft 最早将 OpenGL 集成到 Windows NT 操作系统中; 随后推出的 Windows 98 及 Windows 98 以上操作系统均允许用户免费使用 OpenGL 进行图形编程。OpenGL 本身是一个底层库, 在编程实践中还需要一些能简化编程任务、易于在窗口系统上执行的高层库。能够直接被 Windows 平台所支持的