

高等学校计算机专业教材精选·图形图像与多媒体技术

宁波市高校特色教材

实用计算机图形学

李继芳 王仁芳 柴本成 邹运兰 编著



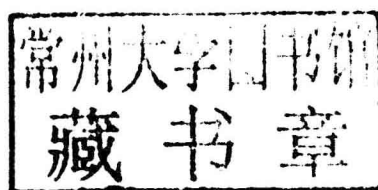
清华大学出版社

高等学校计算机专业教材精选·图形图像与多媒体技术

宁波市高校特色教材

实用计算机图形学

李继芳 王仁芳 柴本成 邹运兰 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以先进的工程教育理念为指导,设计了贯穿于核心章节的一体化案例,展示出“基本图形的生成与显示”、“二维图形变换及裁剪”、“三维图形变换”、“曲线与曲面”等图形学核心内容的算法原理与项目实施方法;为了更好地理解真实感图形绘制,在“消隐”和“真实感图形”两章中展示了基于 OpenGL 的真实感图形渲染,有兴趣的读者在学习完这两章后可深入探究;在第 2 章“本书案例项目简介”中专门对 VC 和 OpenGL 环境及绘图基础进行了讲解,目的是使不熟悉环境的读者也能方便地使用本书;第 1 章的“图形学概述”向读者介绍了图形学技术的产生、发展、应用情况以及常用的颜色模型等。

本书融理论知识、实验操作以及深入探究的内容于一体,书中所有程序均通过运行调试,各章后面的“实践与探究”中“实践”即是对本书中的案例系统进行模拟,认真理解与实践后可实现第 2 章所展示的效果。读者若能进一步深入学习“探究”中的内容,并能付诸实践,即可得到较好的创新锻炼,其编程能力与图形设计水平将有较大提升。

本书既可作为普通高校计算机科学与技术、信息处理、艺术设计等专业的计算机图形学教材或教参,也可作为工程技术人员或图形学爱好者的自学用书,还可以作为相关图形技术培训的参考教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

实用计算机图形学/李继芳等编著. —北京:清华大学出版社,2012.3

(高等学校计算机专业教材精选·图形图像与多媒体技术)

ISBN 978-7-302-27902-0

I. ①实… II. ①李… 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(2012)第 008890 号

责任编辑:张 民 徐跃进

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.5

字 数:507 千字

版 次:2012 年 3 月第 1 版

印 次:2012 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00 元

产品编号:045578-01

出版说明

我国高等学校计算机教育近年来迅猛发展,应用所学计算机知识解决实际问题,已经成为当代大学生的必备能力。

时代的进步与社会的发展对高等学校计算机教育的质量提出了更高、更新的要求。现在,很多高等学校都在积极探索符合自身特点的教学模式,涌现出一大批非常优秀的精品课程。

为了适应社会的需求,满足计算机教育的发展需要,清华大学出版社在进行了大量调查研究的基础上,组织编写了《高等学校计算机专业教材精选》。本套教材从全国各高校的优秀计算机教材中精挑细选了一批很有代表性且特色鲜明的计算机精品教材,把作者们对各自所授计算机课程的独特理解和先进经验推荐给全国师生。

本系列教材特点如下。

(1) 编写目的明确。本套教材主要面向广大高校的计算机专业学生,使学生通过本套教材,学习计算机科学与技术方面的基本理论和基本知识,接受应用计算机解决实际问题的基本训练。

(2) 注重编写理念。本套教材作者群为各校相应课程的主讲,有一定经验积累,且编写思路清晰,有独特的教学思路和指导思想,其教学经验具有推广价值。本套教材中不乏各类精品课配套教材,并力图努力把不同学校的教学特点反映到每本教材中。

(3) 理论知识与实践相结合。本套教材贯彻从实践中来到实践中去的原则,书中的许多必须掌握的理论都将结合实例来讲,同时注重培养学生分析、解决问题的能力,满足社会用人要求。

(4) 易教易用,合理适当。本套教材编写时注意结合教学实际的课时数,把握教材的篇幅。同时,对一些知识点按教育部教学指导委员会的最新精神进行合理取舍与难易控制。

(5) 注重教材的立体化配套。大多数教材都将配套教师用课件、习题及其解答,学生上机实验指导、教学网站等辅助教学资源,方便教学。

随着本套教材陆续出版,相信能够得到广大读者的认可和支持,为我国计算机教材建设及计算机教学水平的提高,为计算机教育事业的发展做出应有的贡献。

清华大学出版社

特色教材序言

宁波市为了推进自主创新,建设创新型城市,在 2005 年提出了构建“服务型教育体系”的重要决策,在市委、市政府的大力推动下,各级教育机构的努力实践,全市的教育服务理念不断强化,教育与经济社会的结合更为密切,教育对经济发展的服务、贡献能力日益提高。作为中国“智慧城市建设”的先驱者,宁波市非常注视各类人才的引进与培养,通过“人才公寓”和“人才驿站”计划,引进了大批急需的大学毕业生、研究生以及高水平海归人才;教育主管部门设立专项资金,以立项的方式对在甬高校人才培养模式改革、服务型重点专业建设给予大力扶持。主要有与地方经济发展相适应的“高素质应用型人才培养基地”,符合地方支柱和主导产业发展需要的“服务型教育重点专业”,引进和开发面向地方应用型人才培养、培训的“特色教材”,引进和培育国内外“高端培训机构”等。本套教材即是 2009 年宁波市首批“特色教材”建设项目。

浙江万里学院自 2006 年开始实施“以合作式学习为特征的研究性教学方法改革”,从 8 门课程的“点”到 4 个专业作为实验区的“线”(计算机专业是实验区之一),直至目前有 400 余门课程实践的“面”,取得了丰硕的改革实践成果,学生们的创新思维、自主学习能力和综合素养普遍有了大幅度提升,教师们的改革热情、教学艺术和研究水平不断提高。“研究性教学”不仅在本校落地生根,开花结果,而且得到了省内外专家、同行的充分认可,每年有近百所高校来校交流取经,浙江省教育厅分别在 2008 年和 2011 年两次组织全省高校领导与教师来校召开现场会。因改革成效显著,浙江万里学院计算机科学与技术专业在 2011 年被教育部委托浙江省列为“计算机类专业培养服务外包人才试点”专业。本套教材由该专业教师承担编写任务,有以下特点:

(1) 理念先进。本套教材建立在 IPR-CDIO (Interest, Perseverance, Responsibility-Conceive, Design, Implement, Operate) 工程教育理念的基础上,力求将学生兴趣激发、责任与毅力培养融入项目化教学过程之中,以利于学生的综合素质、实践能力和创新意识的培养。

(2) 特色鲜明。作为 IT 类“软件系列主干课程”教材,内容紧紧围绕学生的软件核心能力培养为目标,通过鲜活的案例或实用的工程项目引导,配以具有思考与探究意义的小课题,促进学生小组共同学习、训练与探究,充分体现了“研究性教学”的特色。根据课程特点与性质,各教材在体例上各具风格。

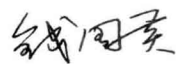
(3) 实践性强。本套教材从培养高素质应用型人才为目标的需求出发,兼顾了社会培训以及自学者的兴趣。教材知识结构安排完整,实验项目由浅入深,由单一到完整的工程项目,学习者只需要参考、模拟,即可得到系统训练,学以致用,稍有改进与创新,即可收到意想不到的效果,大大增强学习者的成就感。

本套教材一共有 4 本,即《数据结构与算法》、《数据库技术及应用》、《Java 语言实用教程》和《实用计算机图形学》,属于 IT 类软件基础课程的配套教材。每本教材都已在学校改革创新实验区中历经了几轮的试用实践,是作者们多年教学经验的展示,所有程序代码均经

过测试,读者从模拟开始,可逐渐达到熟练应用的目标。

本套教材得到了宁波市教育局的大力支持,除了给予经费资助,还组织教育界与出版社联合专家组进行了评审,本丛书得到了评审专家的高度赞同,在此一并表示衷心的感谢!

真诚期望广大读者提出宝贵意见或建议,以促进本套教材不断优化完善。



2012 年 1 月

前 言

计算机图形学(Computer Graphics, CG)是一种使用数学算法将二维或三维图形转化为计算机显示器的栅格形式显示的科学。作为计算机学科的一个重要分支,计算机图形学的主要研究内容就是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。目前,计算机图形学已成功地应用于计算机辅助设计与加工、影视动漫、军事仿真、医学图像处理、气象、地质、财经等领域,随着网络和通信技术的高速发展,图形学技术在人们的日常生活和工作中也扮演着重要角色。尽管图形学历经了 50 年的发展,有许多热点问题和新技术仍然值得人们不断探索,其应用与研究方兴未艾,前景诱人。

计算机图形学的广泛应用使得该课程教学在计算机及其相关专业中的地位越来越受到重视,其教学内容从传统的理论原理、算法分析为主过渡到理论与实验并重,在培养应用型人才为主的普通高校中,更加强调学生的动手实践能力。但是,由于计算机图形学涉及图学理论、数学、光学、计算几何、机械设计、工程制图、工业造型等,理论原理较为复杂,算法实现比较困难,因此要尽快掌握其使用方法并非易事。目前能较好地实现图形技术的常用软件环境有 VC 和 OpenGL,前者比较方便地应用在二维图形绘制上,后者主要是用来实现三维真实感图形的绘制,如果您想了解并掌握这些技术,那么本书正好适合。

本书总计分为 8 章,主要内容如下所示。

第 1 章:主要概述计算机图形学的发展背景、应用领域、系统构成、颜色空间与色度图、常用的颜色模型等。

第 2 章:以工程项目为案例,介绍了本教材案例环境的 VC 及 OpenGL 基本知识、绘图方法,以及基于 VC 的集成系统和 OpenGL 的编程框架。

第 3 章:介绍基本图形(直线、圆与椭圆)的各种生成算法,重点是中点算法和 Bresenham 算法,介绍平面图形的各种填充算法,重点是有效边表法和区域填充法;常用图形生成与填充算法的集成实现。

第 4 章:介绍二维图形的变换与裁剪,包括图形变换的基本知识、基本几何变换和复合变换矩阵表示、线段和多边形裁剪算法等主要内容;常用二维图形变换与裁剪算法的集成实现。

第 5 章:介绍三维图形变换,包括三维基本几何变换与复合变换矩阵表示、平行投影和透视投影的变换矩阵推导等内容;常用三维图形变换算法的集成实现。

第 6 章:介绍曲线与曲面,包括曲线曲面概述、三次 Hermite 曲线、Bézier 曲线曲面和 B 样条曲线曲面的性质、计算与表示;Bézier 曲线和 B 样条曲线算法的集成实现。

第 7 章:介绍图形消隐,包括消隐概念、线消隐以及面消隐的各种算法。

第 8 章:介绍真实感图形,包括三维形体的表示方法、光照模型、纹理显示;给出了基于 OpenGL 的真实感图形绘制实例。

本书的结构及特色:

1. 融入先进的工程教育理念

课程组自 2004 年以来,持续进行着课程内容及教学方法的研究与改革,2008 年开始学习国际流行的 CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate) 工程教育理念,并提出 IPR-CDIO 教学模式,将学生的学习兴趣 (Interest)、毅力 (Perseverance) 和责任 (Responsibility) 的培养融入 CDIO 项目训练中。本课程最早结合 CDIO 理念开展教学尝试,通过将学生分成 4~6 人学习小组,以软件工程的思想,借助案例模拟、项目化训练、作品竞赛等激励式教学方式,收效显著。学生们在工程意识、图形软件设计、编程水平、软件测试,以及团队合作、沟通交流等方面普遍有较大提高。

本书第 2 章就是介绍基于这种理念的工程项目设计思路和集成系统结果。目的是使学习者能所见即所得,对后续的学习充满激情和期待。本书[后记]中专门介绍了“基于 IPR-CDIO 理念的教学设计与实施”,结合本课程的教学实际,对教学内容与案例专题如何配合,学习小组的引导、组织与激励,课程评价及教学结果推广应用等给出了完整的建议,以方便教师理解新理念,并成功应用于教学实际。

2. 一体化案例贯穿

有许多教材自称为“案例式”,仔细阅读后发现只不过是引用了一些零散的例子而已,例子与案例是不同的,案例更强调其系统性、引导性和示范性。本教材的案例是一个完整的体系,第 6 章以前是基于 VC 环境下的集成系统,一般学习至此就基本完成了课程学习。第 7、8 两章涉及真实感图形绘制,属于高级图形学部分,为了使读者了解目前流行的 OpenGL 软件使用方法,也为了与后续高级图形学课程对接,设计了基于 OpenGL 的基本框架系统。两类系统的介绍均非大而全,有些模块是为了留给有兴趣和有能力的同学深入研究、创新实践进行补充的。

3. 知识学习、技能训练与研究探索同步

我们曾经选用过多本教材,有些教材光有理论知识讲解,无实验要求,用作教材时还要编写实验指导书;还有的是理论知识一本,实验一本,既浪费又麻烦。本教材将理论知识内容、实验训练内容及研讨探究的要求融入一体,不仅使用很方便,而且内容与要求同步,具有内容理解容易、实验操作可见、探究思路明确的优点。

4. 风格独特、文字简练

本教材每章有导引图示,包括本章内容结构、学习重点及目标要求,使学习者在学习之前就对该章内容了如指掌,对要重点掌握的内容清清楚楚。教材中图示、公式清晰明了,程序代码层次分明,方便阅读与实践参考。

总之,本教材凝聚了编写组多年的一线教学经验,内容贴近实际,知识安排和案例清晰准确,实践与探究内容使读者能够灵活应用所学,并达融会贯通、创新提升的境界。早在 2008 年出版《计算机图形学基础及应用教程》时,编写组就有个愿望,将整书的案例一体化,经过三年的实践终于实现了,而且引进了基于 OpenGL 的真实感编程框架,为后续的高级图形学的工程案例奠定了基础。

本教材是编写组集体智慧的结晶,在编写过程中又经过了无数次研究与讨论,李继芳教授负责全书统稿并主要编写第 1、4、5 章,王仁芳博士负责 OpenGL 案例实现并编写第 7、8 及第 2 章部分内容;柴本成博士负责基于 VC 一体化案例的实现并编写第 6 章和第 2 章部

分内容;邹运兰老师编写第3章。

本教材在2010年立项为宁波市特色建设教材,在编写的过程中,得到了宁波市教育局、浙江万里学院计算机与信息学院领导、教务部全体同仁的大力支持,其中杨庆老师参与了书稿的前期规划讨论,并提出很多良好的建议,在此一并表示衷心感谢!

由于作者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请广大读者不吝批评指正。联系邮箱:jifang_03@yahoo.com.cn

编写组

2012年1月

目 录

第 1 章 图形学概述	1
1.1 计算机图形学发展背景	1
1.1.1 计算机图形学相关概念	1
1.1.2 计算机图形学的发展	3
1.1.3 计算机图形学主要研究内容	5
1.2 计算机图形学应用	5
1.2.1 计算机动画	6
1.2.2 计算机辅助设计与制造	8
1.2.3 虚拟现实与计算机仿真	12
1.2.4 科学计算可视化	15
1.3 计算机图形系统构成	18
1.3.1 图形系统功能及组成	19
1.3.2 图形系统的硬件组成	20
1.3.3 图形软件系统	35
1.4 颜色模型	37
1.4.1 物体的颜色	38
1.4.2 颜色空间与色度图	39
1.4.3 常用颜色模型	41
1.5 本章小结	45
实践与探究	45
第 2 章 本书案例项目简介	46
2.1 工程项目引入	46
2.2 VC 绘图基础	47
2.2.1 VC 环境介绍	48
2.2.2 MFC 应用程序框架结构	53
2.2.3 VC 绘图入门	55
2.3 基于 VC 的 CGIS 集成系统	62
2.3.1 CGIS 系统框架设计	63
2.3.2 集成系统实现	69
2.4 OpenGL 编程基础	77
2.4.1 OpenGL 介绍	77
2.4.2 OpenGL 绘图入门	79

2.5	基于 OpenGL 的真实感图形渲染	85
2.5.1	VC 环境下 OpenGL 编程	85
2.5.2	真实感图形渲染	97
2.6	本章小结	98
	实践与探究	98
第 3 章	基本图形的生成与显示	100
3.1	直线的生成	101
3.1.1	数值微分法	101
3.1.2	中点画线法	102
3.1.3	Bresenham 画线法	105
3.2	圆与椭圆的生成	108
3.2.1	简单画圆法	108
3.2.2	中点画圆法	108
3.2.3	Bresenham 画圆法	110
3.2.4	中点画椭圆法	110
3.3	字符的生成	112
3.3.1	点阵字符	112
3.3.2	矢量字符	114
3.4	反走样技术	115
3.4.1	走样现象	115
3.4.2	反走样技术	115
3.5	平面图形填充	117
3.5.1	区域的表示及类型	117
3.5.2	有效边表填充法	118
3.5.3	边填充法	122
3.5.4	种子填充法	124
3.6	基本图形生成的系统实现	128
3.6.1	直线生成算法的实现	128
3.6.2	椭圆生成算法的实现	134
3.6.3	多边形有效边表填充算法的实现	139
3.7	本章小结	148
	实践与探究	148
第 4 章	二维图形变换及裁剪	150
4.1	图形变换基础	150
4.1.1	与图形相关的坐标系	151
4.1.2	齐次坐标	152
4.1.3	窗口到视区的转换	153

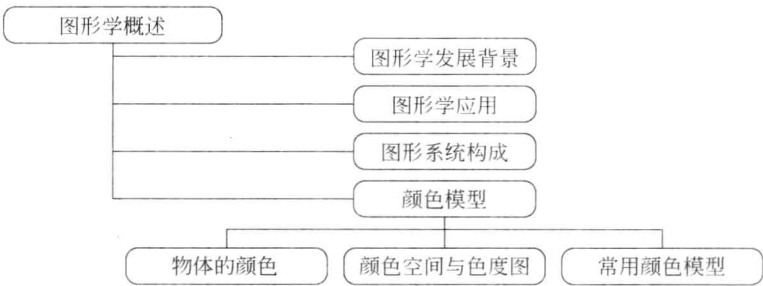
4.1.4	矩阵的乘法运算	155
4.1.5	二维几何变换矩阵	156
4.1.6	二维图形几何变换的计算	157
4.2	二维基本几何变换	157
4.2.1	恒等变换	158
4.2.2	平移变换	158
4.2.3	比例变换	158
4.2.4	旋转变换	159
4.2.5	对称变换	160
4.2.6	错切变换	161
4.3	二维复合变换	162
4.4	二维图形裁剪	165
4.4.1	点的裁剪	166
4.4.2	线段裁剪	166
4.4.3	多边形裁剪	171
4.4.4	字符裁剪	174
4.5	二维变换及裁剪的系统实现	175
4.5.1	二维图形变换的实现	175
4.5.2	二维图形裁剪的实现	181
4.6	本章小结	190
	实践与探究	190
第5章	三维图形变换	192
5.1	三维图形变换概述	193
5.1.1	三维几何变换	193
5.1.2	三维几何变换矩阵	194
5.2	三维基本几何变换	194
5.2.1	平移变换	194
5.2.2	比例变换	195
5.2.3	旋转变换	195
5.2.4	对称变换	196
5.2.5	错切变换	198
5.3	三维复合变换	198
5.3.1	相对于任意点的三维变换	199
5.3.2	绕空间任意轴的三维变换	200
5.4	投影变换	202
5.4.1	投影变换概述	202
5.4.2	正投影	203
5.4.3	轴测投影	205
5.5	透视投影	208

5.5.1	透视投影概述	208
5.5.2	用户坐标系到观察坐标系的变换	208
5.5.3	观察坐标系到屏幕坐标系的变换	210
5.5.4	透视变换	211
5.6	三维变换的系统实现	213
5.6.1	平行投影的实现	213
5.6.2	透视投影的实现	220
5.7	本章小结	223
	实践与探究	223
第 6 章	曲线曲面	225
6.1	曲线曲面概述	225
6.1.1	样条曲线曲面	225
6.1.2	样条曲线曲面的发展	226
6.1.3	曲线曲面的生成	227
6.1.4	曲线曲面的表示	229
6.1.5	曲线的连续性条件	230
6.2	三次 Hermite 样条曲线	232
6.3	Bézier 曲线曲面	234
6.3.1	Bézier 曲线的定义	234
6.3.2	Bézier 曲线的性质	234
6.3.3	常用 Bézier 曲线的表示	236
6.3.4	Bézier 曲线的拼接	237
6.3.5	Bézier 曲线的正算与反求	238
6.3.6	Bézier 曲面	239
6.4	B 样条曲线曲面	240
6.4.1	B 样条曲线的定义	240
6.4.2	B 样条曲线的性质	241
6.4.3	B 样条曲线分类	242
6.4.4	NURBS 曲线	243
6.4.5	B 样条曲面	244
6.5	样条曲线的系统实现	246
6.5.1	Bézier 曲线的实现	246
6.5.2	B 样条曲线的实现	251
6.6	本章小结	254
	实践与探究	254
第 7 章	消隐	256
7.1	消隐的基本概念	256

7.1.1	什么是消隐	256
7.1.2	消隐的分类	257
7.2	线消隐	257
7.3	面消隐	258
7.3.1	深度缓冲区(Z-buffer)算法	259
7.3.2	深度排序算法(画家算法)	261
7.3.3	扫描线算法	262
7.3.4	区域细分算法(Warnock 算法)	263
7.3.5	其他常用算法	264
7.4	基于 OpenGL 的隐藏面消隐	265
7.4.1	系统构架	265
7.4.2	算法分析与设计	266
7.4.3	系统实现	267
7.5	本章小结	270
	实践与探究	270
第 8 章	真实感图形显示	271
8.1	三维形体的表示	272
8.1.1	三维模型基础	272
8.1.2	传统几何造型方法	273
8.1.3	非传统造型技术	276
8.2	光照模型	278
8.2.1	光源特性与物体表面特性	278
8.2.2	光照模型简介	279
8.2.3	阴影生成	282
8.2.4	光线跟踪算法简介	282
8.3	物体的纹理显示	283
8.3.1	表面图案的描绘	283
8.3.2	凹凸纹理的描绘	284
8.4	基于 OpenGL 的纹理贴图	284
8.4.1	系统构架	284
8.4.2	算法分析与设计	284
8.4.3	系统实现	290
8.5	本章小结	301
	实践与探究	301
	后记	304
	参考文献	307

第 1 章 图形学概述

内容结构



学习重点

- 计算机图形学的发展历程及主要应用领域；
- 图形系统的构成；
- 常用的颜色模式。

目标要求

- 知识目标：了解计算机图形学的发展历程、主要应用领域以及图形系统构成，掌握常用的 RGB、CMY 等颜色模型；
- 技能目标：广泛查阅与图形学技术相关的最新研究成果，包括论文文献、新技术、新产品等，培养对文献的获取与整理能力；
- 拓展目标：小组合作，检查文献，练习文献综述、科技论文写作。

人们无时无刻不在接收着信息、感知着世界。随着电子技术与通信技术的高速发展、计算机及网络的快速普及，图形图像成了最直观、最容易接收的电子信息形式。目前，计算机图形技术及其应用已经渗透到社会生活和工农业生产的一切领域，并与这些领域自身的发展相互推动与促进，从而形成了越来越丰富的缤纷世界。本章主要讲述计算机图形学背景、计算机图形学的应用、图形系统构成、常用颜色模型等。

1.1 计算机图形学发展背景

1.1.1 计算机图形学相关概念

计算机图形学(Computer Graphics)是研究怎样用数字计算机生成、处理和显示图形的原理、方法和技术的一门学科。IEEE 将其定义为：Computer graphics is the art or science of producing graphical images with the aid of computer。

计算机图形学狭义上是一种研究基于物理定律、经验方法以及认知原理,使用各种数学算法处理二维或三维图形数据,生成可视数据表现的科学。它是计算机科学的一个分支领域与应用方向,主要关注数据合成与操作视觉的图形内容。广义上来看,计算机图形学不仅包含了从三维图形建模、绘制到动画的过程,同时也包括了对二维矢量图形以及图像视频融合处理的研究。

计算机图形学既是一门复杂的综合性新兴学科,涉及计算几何、机械设计、工程制图、工业造型,也是建立在传统的图学理论、数学、光学和计算机科学基础上的一门边缘学科。计算机图形学研究的对象是图形。

图形(Graphic):从广义上说,现实世界中能够在人的视觉系统中形成视觉印象的客观对象都称为图形。包括人眼所观察到的自然界物体和景物,用照相机和摄像机等器具获取的图片,各种数学方法描述的、手工绘制的及绘图工具绘制的图形等。

抽象地说,图形是科学研究中客观对象的一种抽象表示,它包含着形状和颜色两个信息要素。形状描述图形形状的点、线、面、体等几何要素;颜色反映物体表面属性或材质的灰度、色泽等性质的非几何要素。

计算机图形:用数学方法描述,通过计算机生成、处理、存储和显示的图形对象。

图像(Image):一般是指实际拍摄或印刷出来的画面,其实它已经被图形的广义定义所包括。

图形与图像之间无本质的区别,其主要区别是表示方法不同:图形是用矢量表示的,图像是用点阵表示的。矢量表示法是用图形生成所必需的坐标、形状、走向、颜色等几何与非几何属性来描述图形,并表示图形的内在联系;点阵表示法是用图像生成的各个像素(Pixel)点的颜色值来描述图像。矢量和点阵可以互相转化,矢量文件经过扫描转换可在光栅显示器上产生图像;图像经过识别和处理也可以转化为矢量图形。

图像处理:将客观世界中原来存在的物体影像处理成新的数字化图像的相关技术,如CT扫描、X射线探伤等。主要涉及图像的增强、分割、去噪、重组、特征提取和存储等。

模式识别:对所输入的图像进行分析和识别,找出其中蕴涵的内在联系或抽象模型,如邮政分拣设备、地形地貌识别、手机的手写功能、PDF阅读器等均是模式识别的应用。

计算几何:研究几何模型和数据处理的学科,讨论几何形体的计算机表示、分析和综合,研究如何方便、灵活、有效地建立几何形体的数学模型,及在计算机中更好地存储和管理这些模型数据。

总之,与计算机图形学紧密相关的学科主要包括图像处理、计算几何和计算机视觉、模式识别等,它们之间的关系如图 1-1 所示。它们相互联系,可相互转化,其共同点是:以图形/图像在计算机中的表示方法(数据结构、存储、压缩及检索)为基础,研究以人类视觉信息

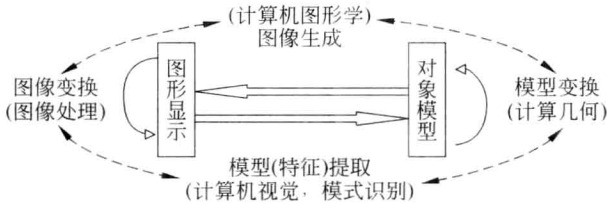


图 1-1 计算机图形学各相关学科之间的关系

为处理对象的建模和处理方法,只是它们的侧重点不同。随着科学技术的发展和应用的不断深入,学科界限越来越模糊,覆盖面有重合、渗透和融合,各学科相互促进和发展。

1.1.2 计算机图形学的发展

计算机图形学形成于 20 世纪 60 年代,并逐渐发展成为以图形硬件设备、图形处理专用算法和图形软件系统等为研究内容的一门成熟学科。计算机图形学的兴起和发展与图形输入输出设备、计算技术及其在各个领域的应用都有很大的关系。图 1-2 为计算机图形技术的发展及新的计算形式。

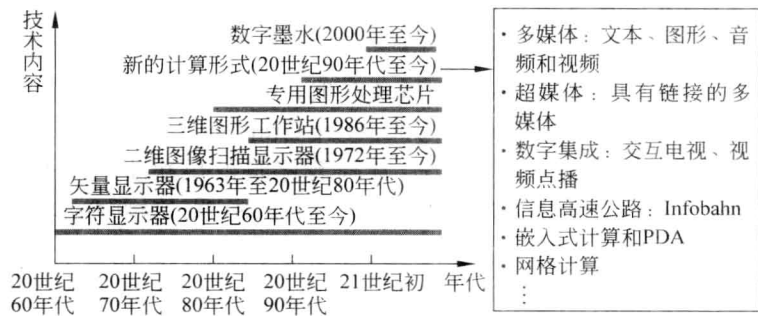


图 1-2 计算机图形技术的发展概况

计算机图形学的研究起源于麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)。20 世纪 50 年代初,美国麻省理工学院的旋风 1 号(Whirlwind I)计算机图形显示诞生了,它用一个类似于示波器所用的阴极射线管(CRT)来显示一些简单图形,但不能对图形进行交互操作,此时的研究称为“被动式”计算机图形学。随后,由麻省理工学院林肯实验室基于旋风计算机开发的北美空中防御系统 SAGE(Semi-Automatic Ground Environment System),能将雷达获得的地理和地形等信号转换为图形在显示器上显示出来,而且用户可通过光笔与系统交互,获取某地区更详细的信息或发出命令,这是交互式图形显示技术诞生的标志,SAGE 被称为“主动式”计算机图形学的雏形。

1962 年,MIT 林肯实验室的 Ivan E. Sutherland 在参与了一个用于 CAD(Computer Aided Design)的 SketchPad 系统研制后,发表了一篇题为“Sketchpad: 一个人机通信的图形系统”的博士论文。首次使用了 Computer Graphics 这个术语,证明了交互式计算机图形学是一个可行的、有应用价值的研究领域,从而确立了计算机图形学作为一个崭新学科的独立地位。SketchPad 系统允许用户利用光笔在图形显示器上实现拾取、定位、跟踪等交互功能。同时,Ivan E. Sutherland 在实现该系统时提出了图元的层次表示和数据结构等一系列计算机图形系统的概念和方法,并一直沿用至今。Ivan E. Sutherland 为计算机图形技术做出了巨大贡献,被公认为交互式计算机图形技术的开创者和奠基人。

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,通过插值四条任意的边界曲线来构造曲面。同在 20 世纪 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