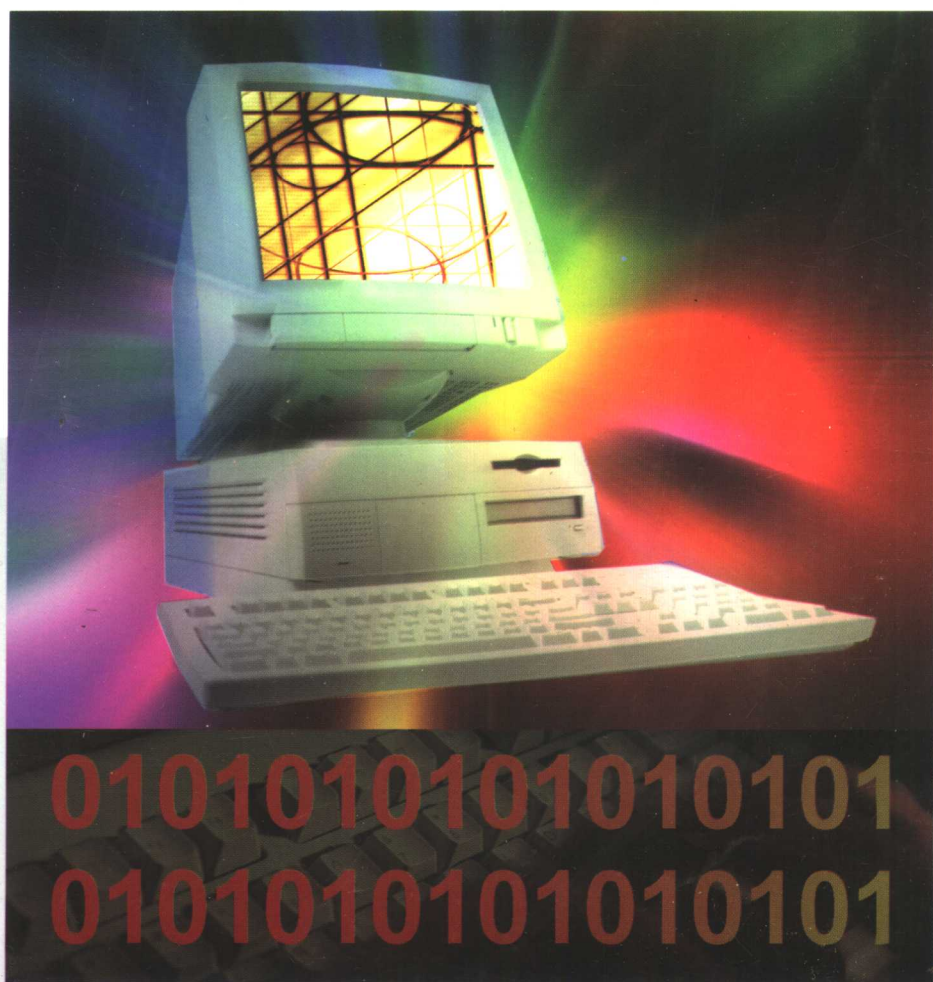


新世纪高等学校计算机系列教材

现代计算机图形学

汪厚祥 杨薇薇 编
陈东方 陈娟娟



高等教育出版社
中山大学出版社

策划：湖北省计算机学会·武汉高联教科文中心

新世纪高等学校计算机系列教材

现代计算机图形学

汪厚祥 杨薇薇 编
陈东方 陈娟娟

高等教育出版社·北京

中山大学出版社·广州

图书在版编目(CIP)数据

现代计算机图形学 / 汪厚祥, 杨薇薇, 陈东方, 陈娟娟编. —北京: 高等教育出版社, —广州: 中山大学出版社, 2005. 8

(新世纪高等学校计算机系列教材/湖北省计算机学会·武汉高联教科文中心 策划)

ISBN 7-306-02578-3

I. 现… II. ①汪… ②杨… ③陈… ④陈… 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(2005)第 072117 号

内 容 提 要

本书主要讲述计算机图形学的基本概念、图形设备与图形标准基本概念、图形原语生成算法、几何变换、视图变换、图形裁剪、人机交互基础、交互方式、常用的参数曲线与参数曲面、图形表示与几何模型、真实图形再现、计算机动画和计算机可视化等内容, 具有内容全面且精练、重点突出、适于教学使用等特点。

本书适合各类高等学校计算机及相关工科类专业本科生或其他专业研究生作为教材使用, 也可供从事计算机图形学工作的广大科技人员参考。

注: 凡需要本书或其电子原稿备课者, 可与执行编委唐元瑜老师联系(027—87554561, 13907198295)

版权所有 盗印必究

现代计算机图形学

©汪厚祥 杨薇薇 陈东方 陈娟娟 编

责任编辑: 里 引 唐 源

封面设计: 袁 作

责任校对: 高 联

责任技编: 潘 隆

出版发行: 高等教育出版社

(地址: 北京市西城区德外大街 4 号

邮编: 100011)

中山大学出版社

(地址: 广州市新港西路 135 号

邮编: 510275)

经 销: 广东新华发行集团公司

武汉高联科教信息公司(电话: 027—87554561 87550331(带传真) 邮编: 430074)

印 刷: 安陆市鼎鑫印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm

1/16

印 张: 13.5

字 数: 340 千字

版 次: 2005 年 8 月第 1 版

印 次: 2005 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册

定 价: 22.00 元

《新世纪高等学校计算机系列教材》

编审指导委员会

主 任：卢正鼎(华中科技大学教授、博士生导师)

副 主 任：何炎祥(武汉大学教授、博士生导师)

编 委：(以姓氏笔画排序)

王元珍(华中科技大学教授、博士生导师)

叶俊民(华中师范大学副教授、博士)

李 兵(湖北大学副教授、博士)

李鸣山(武汉大学教授)

陈 珉(武汉大学教授、博士)

陈传波(华中科技大学教授、博士生导师)

陈建勋(武汉科技大学教授、博士)

陆际光(中南民族大学教授)

汪厚祥(海军工程大学教授、博士)

程元斌(江汉大学副教授)

程学先(湖北工业大学教授)

谭连生(华中师范大学教授、博士)

熊家军(空军雷达学院教授、博士)

戴光明(中国地质大学教授、博士)

执行编委：唐元瑜(华中科技大学副编审)

《新世纪高等学校计算机系列教材》

总 序

21 世纪人类已跨入了信息时代,以计算机为核心的信息技术正在迅猛发展,并不断改变着人类社会的工作方式、生产方式、生活方式和学习方式。当今,各行各业的现代化都离不开计算机,各行各业的人们都在学习和使用计算机,而计算机科学技术及其教育本身也在日新月异地发展变化。为了顺应时代的潮流,满足新世纪高等学校计算机教育事业、教学改革和人才培养对高质量特色教材的需求,湖北省计算机学会及其教育与培训专业委员会和武汉高联教科文中心等共同策划、组织并约请华中科技大学、武汉大学、华中师范大学、中国地质大学、中南民族大学、武汉科技大学、海军工程大学、空军雷达学院、湖北大学、湖北工业大学、江汉大学及其他高校长期奋斗在教学科研第一线,且具有丰富教学实践经验的部分优秀骨干教师共同编写了这套计算机系列教材。

这套系列教材共 40 余种,主要是根据中国计算机学会教育委员会、全国高等学校计算机教育研究会等联合推出的《中国计算机科学与技术学科教程 2002》(简称“CCC2002 教程”)中的课程体系与课程大纲的要求,进行规划和组织编写的,并主要供高等学校计算机及其相关专业本科或研究生教学使用。此外,本系列教材中也还包含了一部分适于各类普通高校培养应用型高级专业人才使用的计算机教材。

当今,计算机科学技术突飞猛进地向前发展,计算机新技术和新产品不断涌现,高等教育事业和教学改革不断深化,国内教育逐步与国际教育接轨,社会对计算机专业人才的要求越来越高,等等。面对这些新形势,这套系列教材以培养学生具有较扎实的专业基础理论知识、实践能力、创新能力和较高的综合素质能力为目的,既注重知识的更新与合理的结构,又注意学习和汲取国内外优秀教材的优点与精华,并尽力反映国内外最新的教学科研成果及作者们宝贵的实践经验。

我相信,通过作者们的共同努力,定能将这套系列教材打造成为一套既具有时代特色,又非常适用的、高质量的系列教材,为我国高等教育事业的发展和高素质专业人才的培养作出应有的贡献。

湖北省计算机学会理事长
新世纪高等学校计算机系列教材
编审指导委员会主任

卢正鼎

2003 年 7 月

前 言

计算机图形学是近年来飞速发展的新兴学科,经过 30 多年的发展,它已成为计算机科学中最为活跃的分支之一,并在实际中得到了广泛的应用。计算机图形学是利用计算机研究图形的输入、表示、生成、处理和输出的一门学科,其研究内容非常广泛,包括图形硬件、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。

本书共分 11 章,其中:第 1 章讲述计算机图形学基本概念、计算机图形学的应用与发展;第 2 章讲述图形设备、图形标准基本概念等;第 3 章讲述直线生成算法、圆和椭圆生成算法、多边形填充法、字符生成算法、反走样技术等;第 4 章讲述几何变换的数学方法、二维几何变换、三维几何变换等;第 5 章讲述图形观察流程体系、窗口视图变换、投影变换、坐标系变换、图形的裁剪等;第 6 章讲述人机交互基础、交互方式、图形用户界面的设计等;第 7 章讲述常用的参数曲线、参数曲面等;第 8 章讲述二维图形数据结构、三维图形数据结构、几何模型、CSG 表示、三维像素表示等;第 9 章讲述消隐、明暗效应、颜色模型、纹理、光照模型、光线跟踪等;第 10 章讲述动画序列的设计、光栅动画、动画语言、运动的描述等;第 11 章讲述科学计算的可视化、数据场、体绘制技术等。总之,本书较全面地介绍了现代计算机图形学技术的各种基本知识、基本原理、基本方法和技术,其目的是为读者今后进入或从事计算机图形学技术各专业方向的学习、研究或应用开发,打下一个较为良好的基础。

为便于教学使用,书中配有相应数量的习题,较多的算法采用标准 C 语言编写,希望学生通过课程学习,掌握计算机图形的基本原理和基本方法。

本书是作者们在总结多年来教学、科研实践经验和参考国内外大量优秀教材的基础上写成的,具有内容全面而精练、重点突出、适于教学使用等显著特点。本书适合各类高等学校计算机、通信、电子、自动化及其他工科类专业作为本科或研究生教材使用,亦可供有关工程技术人员自学参考。

本书由海军工程大学汪厚祥教授主编并统稿。其中:第 1,3 章由华中科技大学杨薇薇老师编写,第 4,7,11 章由武汉科技大学陈东方老师编写,其余章节由海军工程大学汪厚祥和陈娟娟老师合写。本书在编写过程中,得到了湖北省计算机学会及其教育与培训专业委员会、海军工程大学计算机工程系、华中科技大学计算机学院、武汉科技大学计算机学院,以及《新世纪高等学校计算机系列教材》编审指导委员会等有关领导与专家的大力支持与帮助,在此一并致谢!

书中若有不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 5 月

目 录

第 1 章 计算机图形学概述	(1)
1.1 计算机图形学概述	(1)
1.2 计算机图形学发展的历史回顾	(2)
1.3 现代计算机图形学技术的应用及前沿研究领域	(4)
1.3.1 计算机辅助设计与制造	(4)
1.3.2 可视化	(4)
1.3.3 真实感图形实时绘制与虚拟现实	(6)
1.3.4 计算机动画	(7)
1.3.5 用户接口	(8)
1.3.6 计算机辅助教学和远程教学	(8)
1.3.7 地形地貌图的绘制和显示	(8)
1.3.8 工业控制及交通管制	(9)
1.4 计算机图形学研究的主要内容	(9)
习题一	(10)
第 2 章 计算机图形系统	(11)
2.1 计算机图形系统的组成和功能	(11)
2.2 图形输入设备	(12)
2.2.1 鼠标	(12)
2.2.2 键盘	(13)
2.2.3 触摸屏	(14)
2.2.4 扫描仪	(15)
2.2.5 数字化仪	(16)
2.3 图形输出设备	(16)
2.3.1 显示器	(16)
2.3.2 打印机	(18)
2.4 图形处理设备	(20)
2.5 图形标准	(20)
2.5.1 图形核心系统(GKS)	(21)
2.5.2 计算机图形元文件(CGM)	(23)
2.5.3 计算机图形设备接口(CGI)	(24)
2.5.4 程序员层次交互式图形系统(PHIGS)	(24)
习题二	(25)

第3章 基本图形生成技术	(26)
3.1 直线段的扫描转换	(26)
3.1.1 数值微分法	(26)
3.1.2 中点画线法	(28)
3.1.3 Bresenham 画线算法	(30)
3.2 圆弧的扫描转换	(32)
3.2.1 圆的特征	(32)
3.2.2 中点画圆法	(33)
3.2.3 Bresenham 画圆法	(35)
3.3 椭圆的扫描转换	(37)
3.3.1 椭圆的特征	(37)
3.3.2 椭圆的生成算法	(40)
3.4 多边形的扫描转换与区域填充	(42)
3.4.1 相关概念	(42)
3.4.2 多边形的扫描转换	(44)
3.4.3 区域填充算法	(49)
3.4.4 区域填充图案	(53)
3.5 字 符	(54)
3.5.1 点阵型字符的存储和显示	(54)
3.5.2 矢量型字符的存储和显示	(55)
3.5.3 字符属性	(55)
3.6 线宽和线型处理	(56)
3.6.1 直线线宽的处理	(56)
3.6.2 圆弧线宽的处理	(58)
3.6.3 线型的处理	(58)
3.7 反走样	(59)
3.7.1 提高显示器的分辨率	(60)
3.7.2 简单区域取样	(60)
3.7.3 加权区域取样	(61)
习题三	(65)
第4章 图形几何变换技术	(68)
4.1 几何变换的数学基础	(68)
4.1.1 矢量运算	(68)
4.1.2 矩阵运算	(68)
4.1.3 齐次坐标	(70)
4.2 二维图形几何变换	(71)
4.2.1 二维变换矩阵	(71)
4.2.2 二维基本几何变换	(71)

4.2.3 二维图形复合变换	(76)
4.3 三维几何变换	(78)
4.3.1 三维变换矩阵	(78)
4.3.2 三维基本几何变换	(78)
4.3.3 三维复合变换	(83)
习题四	(86)
第5章 图形观察技术	(87)
5.1 坐标系统及其变换	(87)
5.1.1 坐标系统	(87)
5.1.2 从规格化坐标到设备坐标的变换	(89)
5.2 窗口视图变换	(90)
5.2.1 窗口区和视图区	(90)
5.2.2 窗口区和视图区之间的坐标转换	(90)
5.3 投影变换	(91)
5.3.1 平行投影	(92)
5.3.2 透视投影	(95)
5.4 二维图形裁剪	(96)
5.4.1 图形裁剪的基本原则	(96)
5.4.2 直线段的裁剪	(97)
5.4.3 多边形的裁剪	(100)
5.4.4 字符的裁剪	(102)
5.5 三维图形裁剪	(102)
习题五	(104)
第6章 人机交互与图形用户界面技术	(105)
6.1 人机交互	(105)
6.1.1 人机交互的内容	(105)
6.1.2 人机交互的形式	(105)
6.1.3 用户接口的设计	(107)
6.1.4 用户接口的常用形式	(108)
6.2 交互方式	(110)
6.2.1 交互设备	(110)
6.2.2 交互任务及其技术	(112)
6.3 图形用户界面	(119)
6.3.1 图形用户界面的设计	(119)
6.3.2 图形用户界面的布置	(120)
习题六	(121)

第7章 曲线和曲面	(122)
7.1 曲线和曲面的表示与生成	(122)
7.1.1 曲线和曲面的表示	(122)
7.1.2 曲线和曲面的生成	(123)
7.1.3 曲线和曲面的连续性	(123)
7.2 自由曲线	(124)
7.2.1 Hermite 曲线	(124)
7.2.2 Bezier 曲线	(126)
7.2.3 B样条(Spline)曲线	(132)
7.3 自由曲面	(135)
7.3.1 曲面的表示	(135)
7.3.2 Bezier 曲面	(136)
7.3.3 B样条曲面	(138)
7.3.4 常用双三次参数曲面的等价表示	(139)
习题七	(140)
第8章 图形数据表示和几何造型	(141)
8.1 图形数据表示	(141)
8.1.1 图段	(142)
8.1.2 结构	(143)
8.1.3 图段与结构的区别	(146)
8.2 几何造型	(146)
8.2.1 几何元素的定义	(146)
8.2.2 基于图法模型	(148)
8.2.3 布尔模型	(149)
8.2.4 构造实体几何法	(149)
8.2.5 边界表示法	(151)
8.3 常用的其他造型方法	(151)
8.3.1 特征造型法	(151)
8.3.2 分形造型法	(154)
8.3.3 体绘制技术	(157)
8.3.4 从二维图像信息构造三维形体技术	(158)
习题八	(158)
第9章 真实图形再现技术	(159)
9.1 消隐及其常用算法	(159)
9.1.1 Z缓冲区算法	(160)
9.1.2 画家算法	(162)
9.1.3 Warnock 算法	(163)

9.1.4	扫描线 Z 缓冲区算法	(164)
9.1.5	小结	(166)
9.2	颜色模型	(166)
9.2.1	颜色的基本概念	(166)
9.2.2	CIE 色度图	(167)
9.2.3	常用的颜色模型	(169)
9.3	纹 理	(171)
9.3.1	纹理映射	(172)
9.3.2	扰动映射	(173)
9.4	光照模型	(174)
9.4.1	环境光	(175)
9.4.2	漫反射光	(175)
9.4.3	镜面反射光	(176)
9.4.4	光透射模型	(178)
9.4.5	整体光照模型	(178)
9.5	光线跟踪	(179)
9.5.1	光线跟踪的基本原理	(179)
9.5.2	光线与物体表面的求交	(182)
9.6	明暗效应	(183)
9.6.1	Gouraud 明暗处理	(184)
9.6.2	Phong 明暗处理	(185)
	习题九	(186)
第 10 章	计算机动画简介	(187)
10.1	动画序列的设计	(187)
10.2	光栅动画	(188)
10.3	动画语言	(188)
10.4	关键帧系统	(188)
10.5	运动的描述	(190)
	习题十	(191)
第 11 章	计算机可视化技术	(192)
11.1	科学计算可视化概述	(192)
11.1.1	科学计算可视化的含义	(192)
11.1.2	科学计算可视化的研究内容	(192)
11.1.3	科学计算可视化的意义	(193)
11.1.4	科学计算可视化的应用	(194)
11.2	数据场及其可视化表示	(195)
11.2.1	点数据场	(195)

11.2.2 标量场	(196)
11.2.3 矢量场	(197)
11.2.4 张量场	(198)
11.3 体绘制技术.....	(198)
11.3.1 体绘制技术的基本概念	(198)
11.3.2 体绘制方法	(199)
习题十一.....	(201)
参考文献	(203)



计算机图形学概述

据统计,人类生存和发展所需总信息量的 85%左右要通过对各种图形的视觉获取,于是这门传统而又新兴的图形信息科学即产生和发展起来,这就是总括了数字图像处理 and 计算机图形学等综合研究领域的图像、图形科学,简称计算机图形学。

计算机图形学与计算机技术比翼齐飞。计算机性能的极大提高和显示技术的迅猛发展,使得计算机的处理速度与处理能力上了一个新的台阶,并为实现计算机快速存储、处理、显示图形信息提供了有力的手段。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领域之一,并在实际中得到了广泛的应用。

本章将主要介绍计算机图形学的研究内容、发展历史、图形学的应用和前沿的发展方向,希望通过本章的学习,使读者对计算机图形学有一个概括性的了解。

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、处理和显示的一门学科。如何在计算机中表示、处理和显示图形,以及如何利用计算机进行图形计算的相关原理、方法与技术,构成了计算机图形学的主要研究内容。图形(Graph)通常由点、线、面、体等几何参数和灰度、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,如机械工程图、地图等高线、电力线路图等;另一类是明暗图(Shading graph),也就是通常所说的真实感图形。

可以说,计算机图形学研究的一个重要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,所以计算机图形学与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,因此计算机图形学也就和图像处理有着密切的关系。随着多媒体技术、计算机动画、三维空间数据场显示及纹理、影射等技术的发展,计算机图形学与图像处理的结合日益紧密,并相互渗透。这种结合和渗透已成为计算机图形学发展的必然趋势。图 1.1 给出了计算机图形学与数字图像处理等其他学科之间的关系。

严格地说,图形和图像是有区别的。图像(Image)纯指计算机内以位图(Bitmap)形式存在的灰度信息。它是用具有灰度或色彩的点阵来表示图形的一种方法,也称为点阵法。图像强调由那些点组成,这些点具有什么灰度和色彩。例如,通常的二维灰度图像就用矩阵 P_{ij} ($i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,m$) 表示,其中 P_{ij} 表示图像在 $x=i, y=j$ 处像素的灰度值(<256)。而图形则是以计算机中所记录图形的形状参数与属性参数来表示图形的一种方法。或者说,图

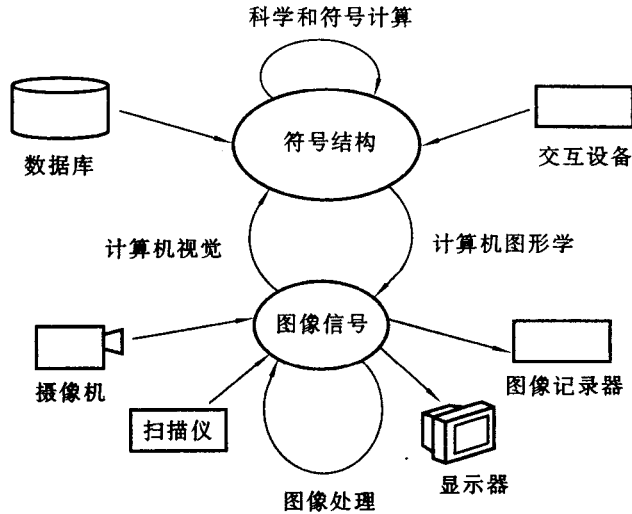


图 1.1 计算机图形学与相关学科间的区别和联系

形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。这种表示图形的方法称为参数法或矢量法。

1.2 计算机图形学发展的历史回顾

计算机图形学的发展历史可以追溯到 20 世纪 50 年代。1950 年,第一台图形显示器作为美国麻省理工学院旋风 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。在整个 20 世纪 50 年代,由于只有电子管计算机,故计算机主要应用于科学计算,而为这些计算机配置的图形设备也仅具有输出功能。在这个时期,计算机图形学处于准备和酝酿的阶段,称之为“被动式”图形学。到 20 世纪 50 年代末期,麻省理工学院的林肯实验室在“旋风”计算机上开发出 SAGE 空中防御系统,第一次使用了具有指挥和控制图形对象功能的 CRT 显示器。这个系统能将雷达信号转换成显示器上的图形,操作者可以通过光笔在屏幕上指点被确定的目标,以获得所需要的信息。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,美国麻省理工学院林肯实验室的 Ivan. E. Sutherland 发表了一篇题为《Sketchpad: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,如选择、定位等交互技术以及分层存储符号和图素的数据结构等至今还在广为应用。1964 年麻省理工学院的 Steven A. Coons 教授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 20 世纪 60 年代早期,法国雷诺汽车公司的 Pierre Bézier 工程师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。

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。在 20 世纪 60 年代中期,计算机使用的是随机扫描显示器,它具有较高的分辨率和对比度,具有良好的动态性能。但为避免闪烁,通常需要以 30 次/秒左右的频率不断刷新屏幕上的图形。为此,需要一个刷新缓冲存储器来存放计算机产生的显示图形的数据和指令,还要有一个高速处理器,这在当时是非常昂贵的,因而成为影响交互式图形生成技术进一步普及的主要原因。20 世纪 60 年代后期,计算机采用了存储管式显示器,虽然它不需要缓存与刷新功能,价格比较低廉,分辨率高,显示大量信息也不闪烁,但它不具备显示动态图形的功能,也不能可选择性地进行删除、修改图形。因此,对于交互式计算机图形学的需要,其功能还有待进一步的改进和完善。20 世纪 70 年代中期,由于廉价的固体电路随机存储器的出现,可提供比 10 年前大得多的刷新缓冲存储器,因而可采用基于电视技术的光栅图形显示器。在这种显示器中,被显示的线段、字符、图形及背景颜色都按像素一一存储在刷新缓冲存储器中,并按光栅扫描方式,以每秒 30 次的频率对存储器进行读写以实现图形刷新而避免闪烁。光栅图形显示器的出现,使得计算机图形生成技术和电视技术相衔接,图形处理与图像处理相渗透,生成的图形更形象逼真,因而更容易推广和应用。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,在这个时期得到迅速发展。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,如美国通用汽车公司用于计算机辅助汽车设计的 DAC 系统和美国 CDC 公司开发的 Digigraph 计算机辅助设计系统。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 年和随后的一些时期,美国国家标准化局(ANSI)、美国计算机协会(ACM)和国际标准化组织(ISO)相继制定了一些标准。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。

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“漫反射模型+插值”的思想,并被称为 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,并第一次给出了光线跟踪算法的范例,实现了 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,并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 20 世纪 80 年代中期以来,超大规模集成电路的发展为计算机图形学的飞速发展奠定了物质基础。工作站的出现,极大地促进了图形学的发展。工作站用于图形生成时速度快、交互性能强,连网后,可以共享大容量磁盘、高精度绘图仪等资源。

20 世纪 80 年代后期,微机性能能进一步提高,价格大幅下降,受到广大用户的欢迎。它的普及和推广在计算机图形生成、处理技术中扮演了更为重要的角色。

目前,现代计算机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。可以预计,计算机图形学技术将进一步蓬勃发展。

1.3 现代计算机图形学技术的应用及前沿研究领域

由于计算机图形设备的不断更新和图形软件的不断扩充,现代计算机图形学技术在应用上取得了长足的进展。目前,现代计算机图形学技术已广泛应用于工业、科技、教育、军事、商业、管理、娱乐等各个方面,其代表性的应用有:

1.3.1 计算机辅助设计与制造

计算机辅助设计与制造 CAD/CAM 是计算机图形学在工业界最广泛、最活跃的应用领域。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,例如设计飞机、汽车、船舶的外形和民用建筑、服装、玩具以及电子线路、电子器件等。有时,着眼于产生工程和产品相应结构的精确图形,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,便可利用结果数据输出零件表、材料单、加工流程和工艺卡,或者数据加工代码的指令。在电子工业中,现代计算机图形系统应用到集成电路、印刷电路板、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,用计算机图形系统进行辅助设计,不仅可以减轻人的劳动强度,提高效率,缩短设计制造周期,而且可以把其结果直接送至后续工艺进行加工处理,确保设计制造的正确性。在飞机工业中,美国波音飞机公司已用有关的 CAD 系统实现波音 777 飞机的整体设计和模拟,其中包括飞机外形、内部零部件的安装和检验。

随着计算机网络的发展,在网络环境下进行异地异构系统的协同设计,已成为 CAD 领域最热门的课题之一。通俗地说,协同设计就是一种让不同用户在不同地点共同设计同一个产品模型的新技术。现代产品设计已不再是一个设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内的所有因素,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,使异地设计、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。

CAD 领域另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图像中提取三维信息,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 1.2 所示。目前,二维图纸设计在工程界中占有主导地位,工程中原有的大量的老图纸和图片仍可以利用、借鉴,对它们进行加工整理,并加以保存十分重要。许多新的设计可凭借原有的设计基础做修改即可完成。同时,由于三维几何造型系统可以做装配件的干涉检查以及对有限元进行分析、仿真、加工等后续操作,因此三维几何造型系统在很大程度上代表了 CAD 技术的发展方向。

1.3.2 可视化

科学计算可视化研究是国际上在 20 世纪 80 年代末才提出并发展起来的计算机学科的一个新兴领域。其研究目标是,将函数计算或实验获得的大量的、令人一时难以理解的数据表现为人们视觉可以感受的计算机图形、图像信息,并加以动态地显示,从而得到有关计算结果的

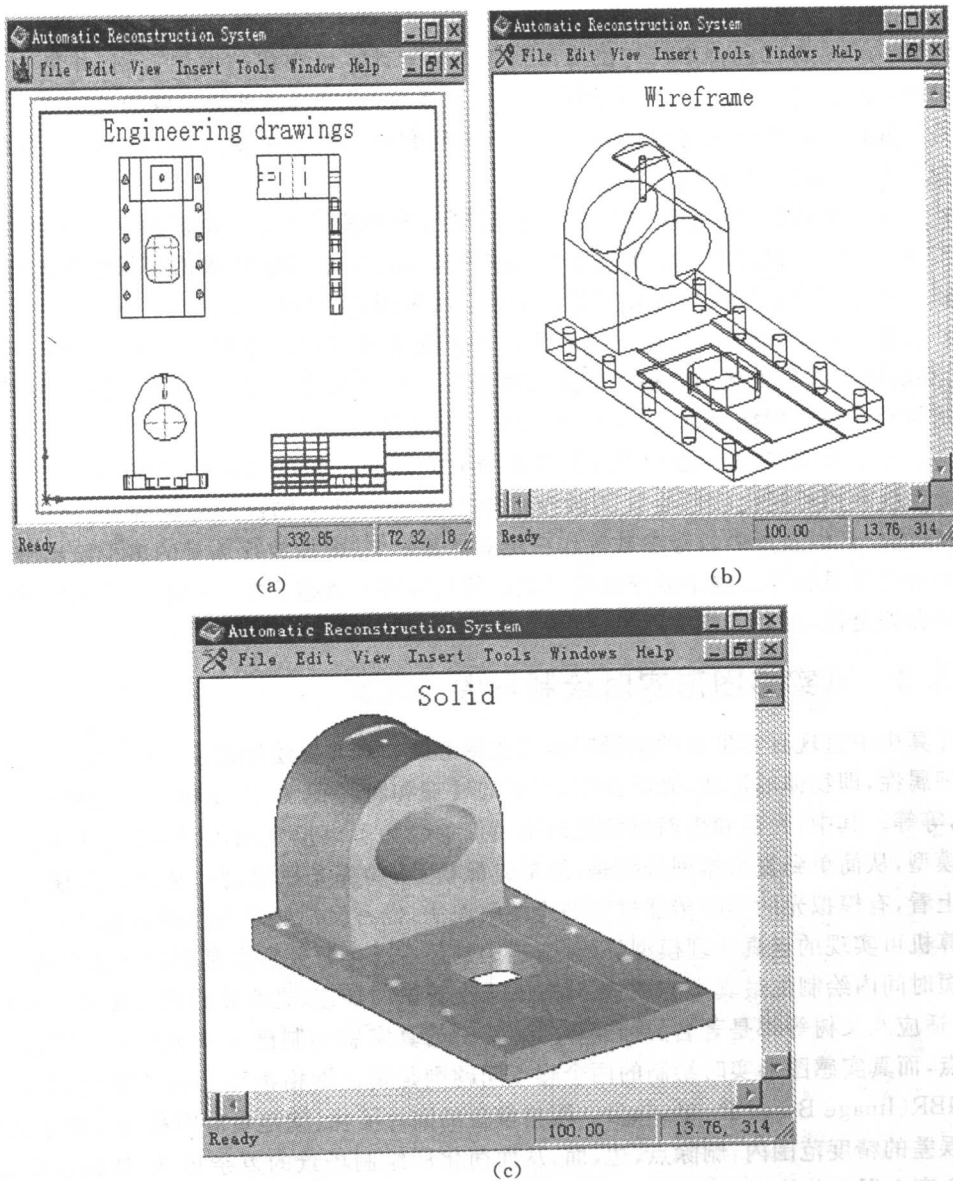


图 1.2 三维形体重建示例

直观整体概念,便于人们及时和正确地理解、把握工程计算中的各种现象,找到数据的变化规律,提取本质特征。1986年,美国科学基金会(NSF)专门召开了一次研讨会,会上提出了“科学计算可视化(Visualization in Scientific Computing)”的概念。第二年,美国计算机成像专业委员会向 NSF 提交了“科学计算可视化的研究报告”。其后,VISC 就迅速发展起来了。

目前,科学计算可视化广泛应用于地质勘探、气象预报、核实验模拟和医学等领域。尤其在医学方面,可视化有着广阔的发展前途。依靠精密机械做脑部手术以及由机械人和医学专家配合做远程手术是目前医学上很热门的课题,而这些技术的实现的基础则是可视化。可视化技术将医用 CT 扫描的数据转化为三维图像,并通过一定的技术生成在人体内漫游的图像,使得医生能够看到并准确地判别病人体内的患处,然后通过碰撞检测一类的技术实现手术效