

计算机图形技术基础

刘乃琦 顾书吉 徐朝寅

出版社

计算机图形技术基础

刘乃琦 顾书吉 徐朝寅

电子科技大学出版社

951

8

JISUANJITUXINGJISHUJICHU



计算机图形技术基础

刘乃琦 顾书吉 徐朝寅

电子科技大学出版社

• 1994 •

[川]新登字 016 号

内 容 简 介

本书全面地介绍了计算机图形学、计算机图形处理技术以及图形系统的原理、设计、使用与操作。从系统教学的角度,分别将图形学和图形处理技术组成各个教学课题模块,由浅入深地讨论了计算机图形学的概念,研究内容和应用领域,图形(图像)信息的计算机处理;图形系统的组成和图形设备;图形基元及其属性的生成、操作和实现;图形操作与处理技术;二维及三维图形的表示、变换、视象等操作;图形的窗口与视区,图形的填充与剪裁,图段与图层处理;隐藏线、面消隐技术,浓淡与着色模型处理,计算机动画,以及图形数据结构和图形程序设计等。

本书以基本概念、原理、技术、实现为主进行讲述,引入了当前图形处理的新技术,采用读者熟悉的 PASCAL 和 C 语言作为编程实例,遵循 GKS 图形标准,各章附有习题与思考题。本书可作为高等学校计算机图形学和计算机图形处理技术教材,也可作为计算机工程技术人员,计算机应用工作者和计算机图形、图像操作者的参考书。

计算机图形技术基础

刘乃琦 顾书吉 徐朝寅

*

电子科技大学出版社出版

(中国成都建设北路二段四号) 邮编 610054

唐昌印制厂印刷

四川省新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 17.1875 字数 418 千字

版次 1994 年 9 月第一版 印次 1994 年 9 月第一次印刷

印数 1—6000 册

ISBN 7-81016-919-X/TP·74

定价:14.70 元

前 言

计算机图形学是研究利用计算机来处理图形的原理、方法和技术的学科。图形的处理包括了图形生成、图形描述、图形存储、图形变换、图形绘制、图形输出等等。计算机处理图形是计算机应用史上的一次重大变革,也是多种媒体信息处理中以视觉为主的处理技术的重大突破,它将千百年来人们共识的“百闻不如一见”、“眼见为实”和“图文并茂”等追求一一变为现实。

计算机图形学与计算机图形处理技术是许多重要应用领域的基础,例如,它是图像处理、模式识别、计算机辅助设计、辅助教学、辅助工程、计算机绘图、计算机艺术,以及多媒体技术和各种应用系统的重要基础。图形技术已经交叉渗透到各个应用学科中,本书全面地介绍了计算机图形学、计算机图形处理技术及图形系统的原理、设计、使用与操作。从系统教学的角度,分别将图形学和图形处理技术组成各个教学课题模块,由浅入深地讨论了计算机图形学的概念,研究内容和应用领域,图形(图像)信息的计算机处理,对计算机图形学知识领域和基本技术作了较全面的讨论,并让读者通过学习、思考、观察、实验,掌握计算机图形技术的知识,培养计算机图形处理的能力,熟悉计算机图形应用软件和系统的设计、使用和组织。

本书共分为十一章,图形学的教学和读者自学,均可以按照循序渐进的方式逐章学习,也可以根据学时数和设备环境情况有选择地讲授某些章节,本课程建议学时数为 50 学时,上机实验学时数不少于 20 学时,在各章内容讲授中,可以借助计算机展示讲课的内容和图形示例,尤其是图形的变换、复杂图形的显示、动画图形的构成等,均可以利用电化教学的手段在计算机屏幕上或者投影大屏幕上展示出来,起到极好的教学示范效果。第一章介绍了计算机图形学的概论,图形学与图形技术的发展,图形(图像)信息的计算机处理,计算机图形学的研究内容和计算机图形技术的应用;第二章介绍了计算机图形系统及其组成与配置,图形系统的概念结构,图形显示系统的组成和显示技术概念;第三章讲解了图形基元与属性,点、线、圆、字符及其属性;第四章介绍了交互式图形设备与处理技术;第五章讨论了二维图形表示及变换;第六章讲述了图形的操作、处理与绘制技术,如图形区域的填充、图形的剪裁、图段处理、图层处理、图形的简单绘制等等;第七章讨论了图形数据结构及程序设计,图形的基本造型概念,图形用户接口设计,图形软件标准 GKS 的概念等;第八章介绍了三维图形的变换与处理,三维曲线、曲面、分形图形的表示,以及构造立体几何表示,三维几何变换、视象变换、投影变换等;第九章讲述了三维图形的处理技术,如三维图形的剪裁、视象框的调整、窗口视区变换、隐藏线和隐藏面消除技术;第十章是图形明暗及色彩处理,介绍了光照与光强模式的概念,图形的色彩处理等;第十一章介绍了计算机动画技术基础和软件与开机画面的设计。

本书以基本概念、原理、技术、实现为主讲述,引入了当前图形处理的新技术,采用读者熟悉的 PASCAL 和 C 语言作为编程实例,遵循 GKS 图形标准,各章附有习题与思考题。本书可作为高等学校计算机图形学和计算机图形处理技术教材,也可作为计算机工程技术人

员,计算机应用工作者和计算机图形、图像操作者的参考书。我们力求在教材中引入新技术、新信息,但由于计算机图形技术的软件和硬件的发展非常迅速,在教材推出之日,新的图形技术已经问世了,所以,本书给读者的是一个有关计算机图形学和图形处理技术的总体概念,为读者在将来的图形处理应用中,打下一个坚实的基础。

本书图形程序和处理技术的实现均可以在目前的主流微型机平台上实现,每章后的习题与思考题给读者提供一个练习和实践的机会,这些习题可以综合起来形成较大规模的课程设计课题,也可以根据这些题目设计编写一个实用的、小型的、可以扩充的图形软件。此外,本书还配有一张 5.25 英寸的软盘,包含一个计算机图形技术教学 CAI 软件,供读者作为学习演示和参考,需要者可以与作者或者出版社联系。

本书由电子科技大学计算机科学与工程系刘乃琦主编;顾书吉和成都科技大学的徐朝寅编写了第四、第七、第十及部分章节内容;邹玲声在书稿写作过程中,对文稿校对、计算机输入等给予了极大的支持和帮助。本书内容自 1987 年以来一直用于本科生和研究生教学。在本书成书之即,徐朝寅老师不幸因病英年早逝,使我们深感悲痛,他对莘莘学子和高等教育事业默默的奉献,将使我们怀念终身,此书是他留给我们的一件宝贵财富。

由于计算机图形技术发展迅速,有许多新概念和技术还未来得及收入此书,再加之作者水平有限,书中的不足之处敬请读者不吝赐教,我们将非常感谢。

编 者

一九九四年三月于

电子科技大学(成都)

目 录

第一章 计算机图形学概论	(1)
1.1 计算机图形学与图形技术的发展	(1)
1.1.1 计算机图形学	(1)
1.1.2 图形学中的基本术语	(1)
1.2 图形图像信息的计算机处理	(2)
1.3 计算机图形学的研究内容	(4)
1.4 计算机图形技术的应用	(5)
1.5 计算机图形学的数学基础	(9)
第二章 计算机图形系统	(13)
2.1 计算机图形系统的组成与配置.....	(13)
2.1.1 基本图形系统的配置要求.....	(13)
2.1.2 图形系统的硬件工作平台.....	(14)
2.1.3 图形系统的硬件性能要求.....	(15)
2.1.4 图形系统的软件工作平台.....	(17)
2.1.5 图形系统的概念结构.....	(17)
2.2 图形显示系统.....	(19)
2.2.1 图形显示系统的组成.....	(19)
2.2.2 图形显示设备的概念.....	(19)
2.2.3 图形硬拷贝设备的概念.....	(25)
2.2.4 图形显示技术的基本概念.....	(27)
2.2.5 显示控制器与显示卡.....	(31)
习题与思考题	(33)
第三章 图形基元与属性	(35)
3.1 图形基元的概念.....	(35)
3.2 点和线及其属性.....	(36)
3.2.1 对直线的绘制要求.....	(37)
3.2.2 线的绘制算法.....	(37)
3.2.3 帧缓冲区装入.....	(41)
3.2.4 直线的校正.....	(42)
3.2.5 画线命令的设计.....	(43)
3.3 圆与椭圆的绘制.....	(44)

3.3.1 画圆算法.....	(44)
3.3.2 椭圆绘制算法.....	(47)
3.4 字符.....	(48)
3.4.1 西文字符字模的构成.....	(49)
3.4.2 中文字符字模的构成.....	(50)
3.4.3 字符的文本模式与图形模式.....	(51)
3.5 输出图形基元的属性.....	(52)
3.5.1 线的型体属性.....	(53)
3.5.2 颜色和亮度属性.....	(53)
3.5.3 字符的属性.....	(55)
3.6 图形基元的组合属性.....	(57)
习题与思考题	(58)
第四章 交互式图形设备与处理技术	(60)
4.1 交互式图形输入方式及设备.....	(60)
4.2 图形输入设备分类及特点.....	(63)
4.3 交互式图形设计技术.....	(67)
4.4 图形输入命令和功能.....	(70)
习题与思考题	(73)
第五章 二维图形表示及变换	(75)
5.1 二维图形的几何变换.....	(75)
5.1.1 二维图形的几何基本变换.....	(75)
5.1.2 二维图形的表示.....	(78)
5.1.3 二维图形的几何特殊变换.....	(80)
5.2 二维图形的连续变换与组合变换.....	(83)
5.2.1 连续变换.....	(83)
5.2.2 组合变换.....	(84)
5.3 二维几何变换中的问题.....	(88)
5.4 二维图形的视象变换.....	(89)
5.4.1 窗口与视区(window, viewport)	(89)
5.4.2 窗口与视区的关系.....	(92)
5.4.3 窗口对视区的变换.....	(93)
5.4.4 窗口与视区的位似性.....	(94)
5.5 二维图形处理的变换命令.....	(94)
习题与思考题	(95)
第六章 图形的操作、处理与绘制技术.....	(98)
6.1 图形区域的填充.....	(98)

6.1.1	区域填充算法	(98)
6.1.2	图形区域填充的内容	(106)
6.2	图形的剪裁	(108)
6.2.1	图形基本剪裁	(109)
6.2.2	直线编码剪裁	(109)
6.2.3	中点分割剪裁	(114)
6.2.4	参数方程剪裁	(114)
6.2.5	区域剪裁(多边形剪裁算法)	(116)
6.2.6	文本剪裁	(120)
6.2.7	空白剪裁	(121)
6.3	图段处理	(122)
6.3.1	图段的概念与操作	(122)
6.3.2	图段文件与结构	(123)
6.3.3	图段的属性	(126)
6.4	图层处理	(128)
6.4.1	图层的概念	(128)
6.4.2	图层的性质与处理	(129)
6.5	图形的简单绘制	(130)
6.5.1	函数图形的绘制	(130)
6.5.2	商务图形的绘制	(132)
	习题与思考题	(134)
第七章	图形数据结构及程序设计	(137)
7.1	图形基本造型及数据结构	(137)
7.1.1	图形基本造型概念	(138)
7.1.2	主坐标和造型变换	(139)
7.1.3	结构显示文件	(144)
7.1.4	符号操作	(144)
7.1.5	造型变换和图像变换的合并	(144)
7.2	图形用户接口设计	(145)
7.2.1	用户接口部件	(145)
7.2.2	用户模型	(146)
7.2.3	命令语言	(146)
7.2.4	菜单设计	(149)
7.2.5	反馈响应	(150)
7.2.6	输出形式	(150)
7.3	图形软件标准	(152)
7.3.1	GKS 的概念与系统环境	(153)
7.3.2	GKS 的图元与图段	(153)

7.3.3 GKS 的输入功能	(155)
7.3.4 GKS 的工作站概念和使用	(155)
7.3.5 GKS 的状态与控制	(156)
习题与思考题	(156)
第八章 三维图形的变换与处理	(158)
8.1 三维图形的概念与表示	(158)
8.1.1 三维图形的概念	(158)
8.1.2 三维坐标系	(158)
8.1.3 三维显示技术	(160)
8.1.4 三维图形软件的设计	(161)
8.2 三维图形的表示	(162)
8.2.1 多边形面	(162)
8.2.2 曲面	(165)
8.2.3 分形图形的表示	(176)
8.2.4 构造立体几何法	(183)
8.2.5 八叉树结构表示	(185)
8.3 三维图形的基本变换	(186)
8.3.1 三维图形的平移	(187)
8.3.2 三维图形的变比	(187)
8.3.3 三维图形的旋转	(187)
8.3.4 三维图形的反射	(189)
8.3.5 三维图形的错移	(190)
8.4 三维图形的组合变换	(191)
8.5 三维图形的视象变换	(195)
8.5.1 三维图形的投影变换	(195)
8.5.2 三维图形的视象变换	(200)
8.6 三维变换的整体效果	(203)
习题和思考题	(204)
第九章 三维图形的处理技术	(206)
9.1 三维图形的剪裁	(206)
9.2 三维视象框的调整	(208)
9.2.1 平行投影视象框的调整	(208)
9.2.2 透视投影视象框的调整	(209)
9.2.3 三维窗口到视区的变换	(210)
9.3 三维图形处理的过程	(211)
9.4 隐藏线和隐藏面消除技术	(214)
9.4.1 隐藏线算法的分类	(214)

9.4.2	物体表面定向理论与定向法	(215)
9.4.3	后向面消除法	(216)
9.4.4	层深缓冲法	(217)
9.4.5	扫描线方法	(218)
9.4.6	层深分类法	(220)
9.4.7	区域分割法	(222)
9.4.8	八叉树法	(223)
9.4.9	隐藏面消除方法的比较	(226)
9.5	隐藏线消除的实现	(227)
	习题与思考题	(230)
第十章	图形明暗及色彩处理	(232)
10.1	光照与光强模式的概念	(232)
10.1.1	光源的特性	(232)
10.1.2	光的漫反射	(233)
10.1.3	光的镜面反射	(235)
10.1.4	折射(透射)光的概念	(236)
10.1.5	图形纹理和表面图案	(237)
10.1.6	图形阴影的概念	(238)
10.2	图形的光强显示	(238)
10.2.1	亮度级的分配	(238)
10.2.2	图景亮度的象素网格法	(239)
10.2.3	图形表面的浓淡处理	(240)
10.3	图形的色彩处理	(244)
10.3.1	光的颜色性质	(244)
10.3.2	标准原始彩色和色品图	(246)
10.3.3	RGB 彩色模式	(247)
10.3.4	CMY 彩色模式	(248)
10.3.5	HSV 彩色模式	(249)
10.3.6	HLS 彩色模式	(251)
10.3.7	彩色模式之间的转换	(251)
10.3.8	颜色的选择与设置	(253)
	习题与思考题	(253)
第十一章	计算机动画技术基础	(255)
11.1	计算机动画技术的概念	(255)
11.2	计算机动画的实现技术	(255)
11.2.1	函数式动画技术	(255)
11.2.2	多页面切换动画技术	(256)

11.2.3 图形变换动画技术.....	(257)
11.2.4 图段变换动画技术.....	(257)
11.2.5 视象变换动画技术.....	(258)
11.2.6 帧动画技术.....	(258)
11.3 动画技术中要注意的问题.....	(259)
11.4 软件与开机画面.....	(261)
11.5 动画生成软件与多媒体开发工具.....	(263)
习题与思考题.....	(263)
主要参考资料.....	(266)

第一章 计算机图形学概论

1.1 计算机图形学与图形技术的发展

随着计算机软、硬件技术的迅速发展,计算机图形处理技术也日新月异,已经成为各行各业中一种实用的工具。如今,计算机图形技术广泛地应用于商业事务、工矿企业、国家政府、艺术领域、娱乐欣赏、顾问咨询、教育培训、研究训练以及医学治疗诸方面,并交叉渗透到各个应用学科中,本书仅对计算机图形学知识领域作一介绍,让读者从图形技术应用的五彩缤纷的画卷开始,进入到这个迷人的高科技世界里,通过学习、思考、观察、实验,掌握计算机图形技术的知识,培养计算机图形处理的能力,熟悉计算机图形应用软件和系统的设计、使用和组织。

图形学与计算机图形处理技术是许多重要应用领域的基础,例如,它是图像处理、模式识别、计算机辅助设计、辅助教学、辅助工程、计算机绘图、计算机艺术,以及多媒体技术和各种应用系统的重要基础。

1.1.1 计算机图形学

计算机图形学是研究利用计算机来处理图形的原理、方法和技术的学科。图形的处理包括了图形生成、图形描述、图形存储、图形变换、图形绘制、图形输出等等。计算机处理图形是计算机应用史上的一次重大变革,也是多种媒体信息处理中以视觉为主的处理技术的重大突破,它将千百年来人们共识的“百闻不如一见”、“眼见为实”和“图文并茂”等追求一一变为现实。计算机图形学的初期,是解决计算机处理几何图形、几何数据和数学方程等图形问题,进行计算机辅助工程制图和计算机自动绘图等问题,然而,计算机图形学目前涉及的问题已今非昔比,它已经成为各个应用领域中不可缺少的技术,成为图像处理、模式识别、CAD/CAM、计算机视觉、多媒体技术等各个学科的技术基础。

1.1.2 图形学中的基本术语

要掌握计算机对图形的处理,首先要了解图形的概念,以及对它的相应的命名与处理。

(1) 什么是图形

图形的概念在计算机图形学中是一个广义的概念,它既包括了描述图形,也包括了自然图形。对于描述图形来说,这是计算机图形学早期重点解决的问题,它包括了各种几何图形,由函数式、代数方程和表达式所描述的图形,这也是人们通常称之为图形的概念。然而,目前,计算机图形处理的范围已经远远超过了用数学方法描述的图形,它已经从纯粹的“图”的概念进入了动态的“形”的深度。所以,从广义的角度,它还包括了自然图形,它们分别是图景、图片、图案、图像以及形体实体。这些自然图形来自各种输入媒体,如照相机、摄像机、扫描仪等等。这些与“图”有关的术语有图形(graphics)、图像(image)、图片(picture)、图案

(pattern)、图标(icon)、图表(chart)、插图(figure)等等。

(2)图形的要素

要进行图形处理就要了解图形构成的要素,图形的构成分为几何信息和非几何信息,前者指的是点、线、弧、面、体等几何要素,后者是指颜色、灰度、明暗等非几何要素。所有上述信息都按照某种格式和规范存储在计算机的存储媒体中,计算机正是利用了本身强大的处理能力、高速的运算能力、有效的存储能力等,基于这些信息要素在显示设备、绘制设备等图形输出设备上再现图形形象。计算机对它的处理,也针对这些图形要素分别进行。

(3)图形的表示法

图形的表示法有多种,一般可以采用点阵法和参数法,前者是用具有颜色或者灰度的点阵来表示图形,后者通过所记录的图形的数据如形状参数、属性参数等来表示图形。这些图形表示法,我们将在后继章节中陆续介绍。

1.2 图形、图像信息的计算机处理

图形(图像)信息是人类交换、处理信息中极重要的一种,是人类由外界获得信息的主要来源。人们一般凭视觉、听觉、嗅觉、触觉和味觉由外界获得信息。据统计,在所有获得的信息中,约有80%~90%的信息量来自视觉。图形和图像所含的信息量是相当大的,对它们的操作处理也比一般文字信息要复杂得多。因此,人们历来非常重视图形图像信息的快速处理,这种处理要求也始终是推动图形、图像处理理论和技术,硬件和软件,以及图形系统体系结构不断向前发展的动力。随着计算机技术及工业的飞速发展,计算机图形显示及处理技术得到了日益广泛的应用,加之图形显示输出的直观、易懂、高速、生动且含义丰富,它们的应用面与市场正在迅速扩大。用计算机代替人工或者机械方式来处理图形信息,在图形的表示、生成、处理、存储、检索和管理上发挥了极大的效率,使图形用途更广,图形质量更佳,图形数据与信息可靠性更高,成本也更经济。

目前,与图形信息的计算机处理有关的计算机分支学科有3个,即图像处理(image processing)、模式识别(pattern recognition)、计算机图形学(computer graphics)。它们之间有一定的关系和区别。

图像处理是利用计算机对图形和图像进行分析处理,继而再现图像。图形(图像)信息经过量化(数字化)后输入到计算机中,按照不同的应用要求,计算机对图像进行各种各样的分析和处理,例如,进行图像的存储、压缩、增强、复原、分割、重建、编码、传输等等,最后把经过加工处理后的结果重新输出。图像处理的早期主要应用是在医学和遥感技术方面,基本上是二维处理。而目前,图像处理应用早已遍及成千上万的领域,并朝着三维图像生成、立体成像、多种存储传输媒体等方面发展。

模式识别这里是指计算机对图形信息进行的识别和分析描述,是从图形(图像)到描述表达的过程。图形信息输入计算机以后,先对其进行特征抽取等预处理,然后,利用各种识别技术,如统计识别技术、句法(语法)识别技术,以及基于模糊数学的模糊识别技术对图形作出识别,按照不同的应用和要求,由计算机给图形作出分类和描述。例如,文本自动阅读装置则是模式识别技术的应用实例之一。

计算机图形学则主要是研究图形(图像)的计算机生成和基本图形操作。计算机根据对

某一对象(实际形体或抽象事物)的描述,由这些非图形信息产生该对象的图形输出。这是从数据描述到图形生成的过程。

上述三者的关系可以从图 1-1 看出,这三门学科早期是相互独立发展的,但近年随着应用领域的日益扩大和深入,随着图形系统及设备的进展,学科之间彼此交叉,图形和图像处理技术及算法则成了共同关心的问题。而且,信息社会的飞速发展,各种信息设备和信息系统的集成,使多媒体技术和多媒体应用系统在各个应用领域内的进展方兴未艾。

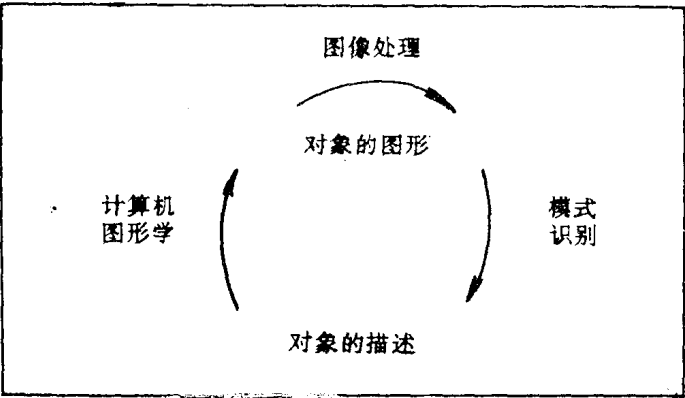


图 1-1 三学科的关系

在计算机图形学中,图形的生成方式有两种,被动式(passive)和交互式(interactive)。对于前者,图形在生成过程中,操作者无法对图形进行操纵和控制;而后者允许操作者以某种方式(对话方式或命令方式)来控制 and 操纵图形的生成过程,使得图形可以边生成,边显示,边修改,直到符合要求为止。前者多用于早期的计算机作图系统以及某些固定的显示程序,而后者则成为目前常用的图形系统和处理方式,因而被称为交互式图形处理。计算机图形学

表 1-1 图形处理与图像处理的区别和特点

	图形处理	图像处理
数据来源	多来源于主观世界,人为地由计算机产生,由数据描述而生成图形	多来源于客观世界,来自对实物的拍摄、检取,由图形再到图形的生成
处理方法	图形处理技术包括:几何变换,拟合,图形操作,图形模型产生,图形处理,隐藏线、面的消除,浓淡处理,色彩纹理处理,图案生成等	图像处理技术包括:图形几何修正(校正),图像采集、存储、编码、滤波、增强、压缩、复原、重建,图形理解识别等
理论基础	多利用数学矩阵代数、计算几何、分形几何等	多利用二维数字信号滤波,各种信号正交变换等
应用领域	多应用 CAD/CAM/CAE/CAI 等领域,以及计算机艺术、计算机模拟、计算机动画、多媒体系统应用等	多应用于多媒体系统,医学,遥感遥测,工业控制,监测监视,天文气象,军事侦察等。

中还包括了对图形的基本操作和处理,这些处理包括了图形生成过程中所必需的各种几何变换(如变比、平移、旋转等),各种基本操作(如剪裁、开窗口、坐标及视区变换等),以及基本处理(如隐藏线、面消除、浓淡处理、色彩纹理生成等等),借助这些处理技术,有效地完成图

形的生成和显示输出。尽管图形和图像信息对人类视觉产生的效果是类似的,但图形处理和图像处理在很多方面是不同的,两者各有侧重。但两者的结合又能完成单纯用一种处理技术不易或者不能完成的任务,从而得到更加灵活、内容更加丰富的图景。表 1-1 展示了图形处理与图像处理的区别和特点。

1.3 计算机图形学的研究内容

计算机图形学自 60 年代初形成,20 多年来经历了萌芽期(60 年代)、发展期(70 年代)、普及期(80 年代)、提高增强期(90 年代),发展成为一门以图形硬件设备、图形专用算法、图形软件系统为研究内容的综合学科。计算机图形学软件与硬件的发展是相互促进,相辅相成的,而且它与其他学科之间的联系也日益广泛。其中,计算机图形学与 CAD 领域的密切结合,在多媒体技术与系统集成环境中已经成为当前高技术的重要内容。随着高技术的进展(如 VLSI 技术的进展)、应用领域的要求,以及各学科对图形处理技术的共同需求,计算机图形学的研究不断发展和深化。目前,有如下一些具体的研究内容:

1. 图形的生成和表示技术。它包括与图形有关的各种基本算法,各种图形基元,如线段、表面、圆弧、多边形等的生成算法;区域填充模式和算法;规则和不规则曲线、曲面的生成算法;基本几何体的表示、截交、拟合、展开的算法;物体的投影、隐藏线(面)的消除、浓淡处理,以及图形显示的灰度与色彩等等的表示与处理技术。

2. 图形操作与处理方法。它包括了图形的几何变换,如平移、变比、放大、缩小、旋转等操作;图形的创建、删除、移动、复制等操纵技术;图形的开窗口、剪裁、取景、分割、压缩、图段处理等操作的方法;图形的拓扑布局以及各种方法的软、硬件实现技术。

3. 图形输出设备与输出技术。它包括对各种图形显示器体系结构的研究,对图形硬拷贝技术的研究。比如,除主机外的处理功能很强的、处理速度很快的、性能价格比很高的各种先进的图形显示控制器和高分辨率显示器的研究,图形终端或图像终端,以及智能和中文图形终端等的研究实现。目前图形显示技术已从单一的 CRT 显示,发展到包括等离子板显示,液晶、发光二极管显示,激光以及三维立体显示等的研究和应用。其他硬拷贝设备与技术,如图形打印机、激光打印机、绘图仪、成像仪等的研究。

4. 图形输入设备与输入技术。其重点是硬件输入设备、交互技术以及用户接口技术的研究。包括各种可能的输入方式及输入设备、图形定位设备、选择设备、各类图形构成技术、命令技术、选择方式,以及对输入功能、请求模式、用户模型、命令语言、反馈方法等用户接口技术的研究。

5. 图形系统与支持部件。这包括了硬、软件两方面的研究,借助 VLSI 和 ULSI 技术,研究快速处理硬件和图形支持辅助部件。如图形显示控制器(GDC)、位片器(bitslicer)、矩阵运算器、数字信号处理器(DSP)、动画处理器、视频处理器,以及能进行矢量处理、实时处理的硬件处理器和处理部件。对图形系统,则研究诸如图形加速板、图形缓冲板、浮点加速板、高分辨率图形转换板等图形支持部件,从而使图形系统更加完善,功能更强。

6. 图形信息的描述和表示。其重点是研究图形信息的数据结构、存储方法、检索技术,包括图形信息的各种机内表示方法,图形信息的编码、压缩、传输、交换,以及组织形式、存取技术的研究。由于图形处理技术目前已从采用单一的应用平台、单一软件发展到多种平台,利

用多种通讯手段使图形在两种软件和系统之间传递,发挥两种软件和系统平台的优点,进行高质量的图形设计,因此,加强了对图形信息的通信、传输、共享等的研究。另外,由于 CAD 技术的发展,传统的数据库管理系统 DBMS 已不能很好地描述和操纵处理图形信息和数据,所以,设计和开发图形 DBMS 也是一个新的方向。

7. 几何模型的构造技术。其重点是以研究各种不同类型的几何模型的构造方法及其性能分析,同时,根据应用的要求,研究专用或者通用的模型构造系统。

8. 动画技术。这是一个十分引人入胜的领域,包括对实现高速动画的各种软硬件方法、处理技术、动画图形的开发工具、动画语言以及动态图形仿真技术等等的研究。

9. 图形实时性和真实感。这方面的研究包括了计算机图形的实时生成、变换、分析、综合和显示。图形的真实感即所生成的图形反映客观世界的程度,真实感愈强,人们由计算机图形获得的信息愈丰富和完整。这样,对自然景象的模拟也就成为计算机图形学研究的热门。此外,还研究产生自然景象的各种算法、数学模型、随机模型,以及分形几何等的应用、图形文法结构和粒子系统的应用等等。

10. 图形标准与图形软件包。为满足多方面图形应用软件开发工作的需要,使图形应用软件摆脱对硬设备的依赖,允许在不同系统之间方便地进行移植,研究和制订一种或几种国际图形标准,研究解决图形程序或者 CAD 程序的可移植性和数据的共享性问题等。

总之,计算机图形学的研究内容是十分丰富的,随着计算机技术的发展和图形显示技术应用领域的扩大和深入,随着各相关学科的交叉促进,也将不断给计算机图形学提出新的课题,推动图形学的进一步发展。

1.4 计算机图形技术的应用

目前,图形技术已经广泛地应用于各行各业,有兴趣致力于计算机图形处理方向的读者,可以在下述的各个应用领域中找到自己的位置。

1. 计算机辅助设计

若干年来,计算机图形技术最大的一个应用领域是计算机辅助设计(CAD)。这种技术提供了一种强有力的工具,通过交互式的图形设备对部件的设计和描图,产生工程略图(线框图),或者更接近实际物体的透视示意图。一个形体的维数由计算机确定以后,设计者就可以观察形体的任何表面,甚至这个形体在其构造后的形状。与人工作图不同,CAD 系统可以迅速地将各种修改信息进行组合,用户可以自由地、灵活地对图形进行实验性改动和形体的显示,这种处理过程对那些需要精确地展示形体构造的设计是极为有用的。例如,设计和生成产品加工图,部件表面以一种颜色表示,加工路径则用另一种颜色表示,即在产品加工过程中沿形体表面形成的轨迹,数控机床就可以按照这样的加工构形来生产这个部件。这就是应用最广泛的工程 CAD 领域。

另一个 CAD 领域是电子线路设计 CAD,电子电气工程师深深地喜爱这种 CAD 技术,各种电子电路的设计就是由专门的交互式计算机图形系统来设计的。各类电子元器件采用不同的图形符号来表示,设计者可以在视频显示器上进行电路布局,删改电路,当设计者试图减少元器件数或者重新修改所需的电路布局时,利用图形显示可以试验不同的电路布局。推广之,采用同样的技术可以用来设计通讯网络、管道布局系统以及水力电力系统。

此外,CAD/CAM 在各种工业制造业中得到重要的应用,例如,汽车工业、航天航空事业以及船舶设计人员在设计各种交通工具时也广泛地采用了 CAD 技术。比如,利用线框图来模拟各个独立的零部件,设计规划汽车、飞机、航天器以及轮船的表面轮廓。这些独立的表面区域和交通工具的各个零部件可以分别设计,然后采用系统集成的方式再组装(拟合)到一起;从而构成并显示出整个设计实体。利用 CAD 技术,还可以模拟某种交通工具的实际操纵和运行,以便测试它们的性能,例如,通过在图形系统上模拟汽车在改变行车道过程中的车体性能等等。另外,由图形系统所给出的最终设计结果,显示和设计的实际透视图还可以让设计者预先领略到最终完成的产品是何种风貌。

建筑 CAD 在建筑学和房屋设计领域内广泛地采用了计算机图形技术。建筑师利用交互式图形系统进行楼层设计,进行门窗的安排布局和整个建筑物的外观规划。凭借所显示的建筑设计图,电气工程师可以进行模拟电气布线、电器安装以及火警警报系统等设施的装配设计。利用专门的图形软件包,还可以进行办公室或者生产车间等等建筑的空间利用和布局设计。利用三维建筑模型,建筑师可以研究单座建筑或者整个建筑群的外观,比如,研究校园或者工业区的综合布局。利用高级图形软件包,设计人员甚至可以“漫游”于各个房间,环绕整座建筑的外部,更好地核实特殊设计的整体布局和效果。

CAD 技术的应用远远不止上述领域,计算机辅助设计是计算机图形学的重要应用领域,它在很大程度上依赖着计算机图形技术的发展,同时,由于 CAD 应用的需要,也有力地促进了计算机图形学的发展。而计算机图形学也是 CAD 的主要支持技术之一,它们相互支持,相互促进,在各种应用领域中发挥了极大的效能。

2. 计算机辅助绘图

图形、图表和模型图等的设计是计算机图形学应用中的一个重要方面。许多已经商品化的图形软件专门用于图形或者图表的生成。通常,图形程序的功能是生成各种图形类型,例如,直方图(条状图)、线条图、表面图或者扇形图(饼式图),多数图形程序都具有二维或者三维数据形式的组合能力。三维作图多用于显示多种形体间或者多种参数间的关系,如统计关系、百分比关系,以及分布关系。有的图形采用三维图形显示还可以表达数据的动态性质,如增长速度、变化趋势等,对读者更富有吸引力。

计算机图形学应用发展得最快的一个领域也是商务事务领域,在这些系统中,把可见显示作为处理大量信息的快速的通信手段,信息经过编辑处理后馈送经理和有关人员。这些图形、图表专门用于汇总财政、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,以体现各种不同的关系,且形成“所见即所得”(WYSIWYG)。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。比如,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课题的实施。另一些图形系统还可以把显示在视频监视器上的图形复制成 35mm 的幻灯片,或者制成投影仪的胶片以备后用。所有这些处理,都围绕所谓“可视化”为目标,“可视化”已经在各个行业得到广泛应用。

通过结构图和模型图,我们可以研究实际系统的特性。在分析大量数据的时候,一个具有彩色编码的图形,不同的颜色和亮度,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项目的数据表,就会感到十分困难。类似地,也可以用计算机生成的模型(CGM)来研究系统的性能。