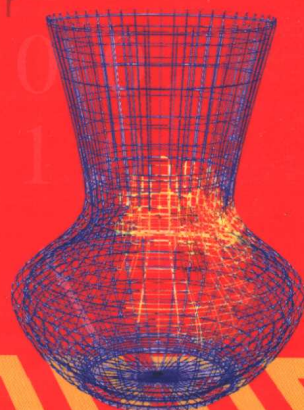


高级图形 处理技术

$s(x,y)$

$t(x,y)$



GAO JI TU XING CHU LI JI SHU

中国科学技术出版社

王新成 编著

高级图形处理技术

王新成 编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

高级图形处理技术/王新成编著. —北京:中国科技出版社,2000
ISBN 7-5046-2943-X

I. 高... II. 王... III. 计算机图形学 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 47638 号

中国科学技术出版社出版
北京海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081
电话:62179148 62173865
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京市燕山印刷厂印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:23.75 字数:500 千字

2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:36.00 元

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

内 容 提 要

本书全面深入地阐述了多媒体技术的关键技术之一——图形处理的基本理论与方法,重点介绍了相应的算法实现与实用技术。主要包括:图形科学综述;图形学基础,造型技术,分形技术,纹理技术,隐藏线和隐藏面的消除,成像技术,变形技术;以及程序、算法集成和动画系统设计等。

本书适合于从事多媒体图形教学及应用开发的科技人员参考,还可作为大专院校有关专业师生的教材或参考书。

作者简介



王新成,曾先后于1986、1989和1993年获得学士学位、硕士学位和博士学位,1996年从清华大学电子学与通信学科博士后出站。长期进行信息系统的研制和开发,已参加或完成国家高科技863和纵向预研项目多项,取得多项国家级科研成果。已建立多个大型实际应用信息系统。在国际、国内核心学术和技术刊物上已发表论文数十篇,著有专著《多媒体实用技术》,先后在大陆、台湾和香港出版。曾先后于1992年和1995年两次作为“杰出青年科学家”在人民大会堂受到江泽民等党和国家领导人的接见。目前从事于多媒体系统应用开发,图像、图形和三维计算机视觉算法研究,以及银行综合业务系统和网络安全研究及开发建设。

责任编辑:陶 翔

封面设计:马志远 廖颖文

责任核对:孟华英 赵丽英

责任印制:张建农

前 言

什么是多媒体和多媒体技术?似乎至今尚无人能够下一个非常准确的定义。为此,有人自嘲般地比喻成“瞎子摸象”。什么意思?在这方面,由于多媒体的内涵太宽,而且应用领域太广,因此,对于多媒体的理解只好“仁者见仁,智者见智”。

尽管如此,热衷于多媒体的仁人志士们却“英雄所见略同”,以极为偷懒的方式将“文字、图、音以多种不同形式的表达方式涵盖为多媒体”,亦即:所谓的媒体就是指人们日常所接触的信息的表示或传播的载体,媒体包括“字、图和音”。它们的表现形式为:文字、图形、图像、动画、声音和影像(电影),并且直接作用到人的感官。由于很难找到准确的词语来定义,因此,人们只好根据这种抽象的属性笼统地称之为“多媒体”。

目前能见到的有关多媒体方面的书籍,要么是直接翻译过来的,晦涩难懂;要么是拼凑而成,缺乏统一的概念认识,更缺乏对技术的概括和实际应用的指导作用。总之,不全面、不透彻、不清晰。作者力求在建立整体的概念基础上,给读者以全面、深刻的技术应用帮助和指导。

所谓多媒体技术是指把文字、图形、图像、动画、声音和影像等多种媒体通过计算机进行数字化的采集、获取、压缩/解压缩、加工处理、存储和传播而综合为一体化的技术,具体地讲,涉及到:

一、文字

主要包括文字的录入、编辑和检索等,以及文字图形化艺术造型。

二、声音

主要包括声音的采集、无失真数字化、压缩/解压缩和声音的播放。

三、图

这里的图是图形、图像、动画、电影的抽象,它们的表现都是图的形式。但是,在具体的技术细节上又有相似与不同之处,主要包括:

- (1)图形的制作与重现。
- (2)影像的扫描、编辑、无失真压缩、快速解压缩和色彩一致性再现。
- (3)动画的制作、压缩和快速播放。
- (4)电影(连续图像和声音)的采集、压缩和快速解压缩与播放。

四、网络

网络技术是多媒体技术中的重要组成部分。

五、超大屏幕

超大屏幕是未来各种应用中不可缺少的部分。

六、数据库

将文字、声音和图与数据库结合为一体的多媒体数据库,如图 I 所示。

七、光盘机

虽然可以将光盘视为计算机内存的一种,但是,正是由于大容量的光盘的诞生才推动了多媒体技术的前进。目前,光盘已成为多媒体技术中必不可少的一部分。其存在的问题是光盘的速度还是一个瓶颈。

正如前面的比喻“瞎子摸象”,多媒体技术包括范围太广、太宽。要想掌握这些技术,并将这

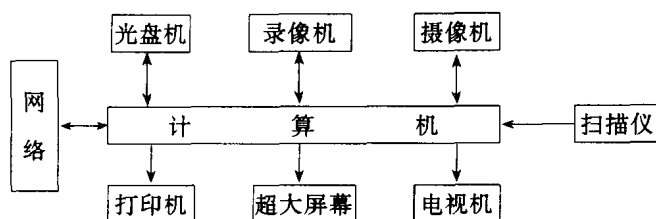


图 1 多媒体系统构成

些技术很好地应用到产品开发中,只能说“难!”。

有人为了将多媒体与多媒体技术阐述得浅显易懂,曾试图简单地将多媒体技术定义为计算机多层次交互界面技术。自计算机诞生以来,计算机人机交互界面已经历了两个阶段,即字符交互界面和图形交互界面。随着多媒体技术的发展,计算机人机交互界面正在向第三个阶段过渡——计算机多层次交互界面(或计算机多媒体人机交互界面)。也就是说,计算机人机交互界面,通过采用多媒体技术,正在进行着一场新的革命——计算机多层次交互界面。诚然,多媒体技术手段的确是解决计算机人机交互界面乏味枯燥的理想办法。它将使不懂计算机甚至不识字的人也能享受到计算机高科技给人类带来的方便。然而,至于对多媒体的理解来说,或许这是众多摸象的瞎子中的一个。但是,这种说法毕竟定义了多媒体至少目前可以实现的功能。

本套书试图从应用的角度,紧扣图、文、声三个方面,尽量全面地介绍多媒体技术的应用原理和基本关键技术,并给出应用实例。全套书共分四册:第一册,高级图像处理技术;第二册,高级图形处理技术;第三册,高级语音及文字处理技术;第四册,多媒体软硬件开发环境与系统设计。

全书的写作基于以下三个基本点:

- (1)将高新技术与实际的生产、科研及人们日常生活联系起来,使其通俗化、实用化。
- (2)将发展与应用联系起来,既要阐述当前的实用程度,也要报道克服现有技术难题的最新研究成果及今后的发展与应用前景。
- (3)给出具体的软硬件产品,并给出大量的实验程序。使用户在 486、奔腾、奔腾Ⅱ等个人电脑上,或在图形图像工作站上,结合应用实际,就可开发出实用的多媒体软件系统。

本书适用于从事多媒体研制开发和应用的工程技术人员以及大专院校师生,可作为教材或参考书。作者希望本书能为读者提供有益的参考。

由于学识水平有限,加之成书匆匆,书中错误或不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作者

1998 年 6 月于北京

目 录

第一部分 图形生成与处理技术

第一章 图形科学综述	(1)
§ 1.1 计算机图形学的发展及其应用	(1)
§ 1.1.1 三维计算机图形学的发展与现状	(2)
§ 1.1.2 三维计算机图形学的基本理论	(3)
§ 1.1.3 三维计算机图形学的应用	(6)
§ 1.2 几何造型技术	(7)
§ 1.3 纹理技术	(8)
§ 1.4 真实感图形生成技术	(9)
§ 1.5 视景仿真技术	(10)
§ 1.5.1 意义和用途	(10)
§ 1.5.2 前人的工作	(11)
§ 1.5.3 问题和困难	(13)
§ 1.6 动画技术	(13)
§ 1.6.1 计算机动画技术应用	(14)
§ 1.6.2 计算机动画研究的主要内容	(16)
§ 1.6.3 国内外计算机动画系统的发展状况	(19)
§ 1.7 小结	(21)
第二章 图形学基础	(22)
§ 2.1 图形基本算法	(22)
§ 2.1.1 点生成算法	(22)
§ 2.1.2 填充算法	(31)
§ 2.1.3 绘制交叉阴影线	(34)
§ 2.1.4 抖动处理	(35)
§ 2.2 图形变换	(38)
§ 2.2.1 二维几何变换	(38)
§ 2.2.2 三维几何变换	(48)
§ 2.2.3 观察变换	(51)

§ 2.2.4 图形的裁剪.....	(57)
§ 2.2.5 色彩模型.....	(58)
§ 2.2.6 抖动.....	(60)
§ 2.2.7 图像压缩.....	(61)
§ 2.3 曲线和曲面.....	(63)
§ 2.3.1 曲线.....	(65)
§ 2.3.2 曲面.....	(82)
§ 2.4 小结.....	(90)
第三章 造型技术	(91)
§ 3.1 概述.....	(91)
§ 3.1.1 几何造型.....	(91)
§ 3.1.2 三维造型方法.....	(95)
§ 3.2 实体造型.....	(98)
§ 3.2.1 三维实体造型的基本方法.....	(98)
§ 3.2.2 结构实体几何法(CSG 法)	(99)
§ 3.2.3 边界表示法(B-reps 法)	(102)
§ 3.2.4 混合造型方法	(103)
§ 3.2.5 形状描述语言	(103)
§ 3.3 三维多边形造型	(106)
§ 3.4 八叉树法造型	(110)
§ 3.4.1 八叉树表示法	(110)
§ 3.4.2 线性八叉树	(113)
§ 3.4.3 线性八叉树的编码及其存储结构	(114)
§ 3.5 元球造型	(115)
§ 3.6 小结	(118)
第四章 分形技术	(119)
§ 4.1 分形图像学的发展	(119)
§ 4.2 分形图像压缩编码	(126)
§ 4.3 小结	(130)
第五章 纹理技术	(131)
§ 5.1 概述	(131)
§ 5.2 砖石类纹理	(137)
§ 5.2.1 简介	(137)
§ 5.2.2 建立宏观结构模型	(137)
§ 5.2.3 高斯分布产生	(138)
§ 5.2.4 砖石类纹理的实现	(140)
§ 5.3 木材纹理	(146)
§ 5.3.1 木材构造	(146)

§ 5.3.2 木材纹理的实现	(147)
§ 5.4 小结	(152)
第六章 隐藏线和隐藏面的消除	(153)
§ 6.1 隐藏线的消除	(153)
§ 6.1.1 多面体的隐藏线消除	(153)
§ 6.1.2 曲面的隐藏线消除	(158)
§ 6.1.3 平面立体图隐藏线的消隐	(160)
§ 6.2 隐藏面的消除	(169)
§ 6.3 消隐算法	(171)
§ 6.3.1 区域子分算法	(171)
§ 6.3.2 Z 缓冲器算法和扫描线算法	(174)
§ 6.3.3 跨距扫描线算法	(177)
§ 6.3.4 曲面的扫描线消隐算法	(179)
§ 6.3.5 优先级表算法	(180)
§ 6.4 小结	(182)
第七章 成像技术	(183)
§ 7.1 图像绘制	(183)
§ 7.1.1 概述	(183)
§ 7.1.2 局部光照模型	(184)
§ 7.1.3 整体光照模型	(186)
§ 7.2 光线追踪算法	(187)
§ 7.2.1 概述	(187)
§ 7.2.2 光线追踪算法分析	(188)
§ 7.2.3 逐步细分光线追踪算法	(194)
§ 7.2.4 光线追踪 β 样条曲面	(196)
§ 7.3 特殊效果	(198)
§ 7.3.1 透明	(198)
§ 7.3.2 纹理	(200)
§ 7.3.3 反走样	(202)
§ 7.4 小结	(202)
第八章 变形技术	(203)
§ 8.1 变形技术的理论探讨	(203)
§ 8.1.1 变形技术的基本原理	(203)
§ 8.1.2 数学模型的建立	(204)
§ 8.2 几种变形算法	(209)
§ 8.2.1 基于特征聚类的变形算法	(209)
§ 8.2.2 变形箱自由变形方法	(212)
§ 8.2.3 基于形态学的三维变形算法	(215)

§ 8.3 小结	(217)
----------------	-------

第二部分 程序、算法集成及动画系统设计

第九章 图像格式	(219)
-----------------------	--------------

§ 9.1 GIF 图像文件	(219)
§ 9.2 IMG 图像文件	(221)
§ 9.3 BMP 图像文件	(244)
§ 9.3.1 BMP 图像文件格式	(245)
§ 9.3.2 单色 BMP 显示	(248)
§ 9.3.3 16 色及 256 色 BMP 显示	(252)
§ 9.4 PCX 图像文件	(261)
§ 9.4.1 PCX 图像文件格式	(261)
§ 9.4.2 解压缩 PCX 图像数据	(262)
§ 9.4.3 16 色 PCX 图像	(268)
§ 9.4.4 256 色 PCX 图像格式	(273)
§ 9.4.5 256 色调色板	(273)
§ 9.5 TIFF 图像文件	(277)
§ 9.6 SGI 标准图像文件	(278)
§ 9.7 小结	(279)

第十章 图形技术算法和程序	(280)
----------------------------	--------------

§ 10.1 三维彩色、真实感图形的制作	(280)
§ 10.2 数值计算	(280)
§ 10.2.1 实矩阵相乘	(280)
§ 10.2.2 矩阵的三角分解	(281)
§ 10.2.3 实对称三角矩阵的全部特征值与特征向量的计算	(284)
§ 10.2.4 埃尔米特不等距插值	(288)
§ 10.2.5 埃尔米特等距插值	(289)
§ 10.2.6 最小二乘曲线拟合	(290)
§ 10.2.7 正态分布函数	(294)
§ 10.2.8 0 到 1 之间均匀分布的一个随机数	(295)
§ 10.2.9 复数乘法	(296)
§ 10.3 非数值计算	(297)
§ 10.3.1 整数冒泡排序	(297)
§ 10.3.2 TVGA 图形模式(62H,1024×768,256 色)	(299)
§ 10.3.3 矩形及其填充	(300)
§ 10.3.4 矩形域图形的平移	(301)

§ 10.3.5	一般函数曲线	(302)
§ 10.3.6	矩形域三维图形透视图	(303)
§ 10.3.7	小汉字库的建立	(305)
§ 10.3.8	一个汉字的显示	(309)
§ 10.4	应用实例	(309)
§ 10.4.1	如何用窗口系统编应用程序	(309)
§ 10.4.2	种子填充法	(331)
§ 10.4.3	线段裁剪	(334)
§ 10.4.4	加权区域取样	(341)
§ 10.4.5	用 GIL 构造交互系统实例	(344)
§ 10.5	小结	(352)
第十一章	计算机动画系统 CAS	(353)
§ 11.1	系统设计	(353)
§ 11.1.1	系统的需求与设计思想	(353)
§ 11.1.2	系统的组成与系统初步设计	(354)
§ 11.1.3	用户界面与界面函数库	(356)
§ 11.1.4	图形数据库的管理模块	(356)
§ 11.1.5	屏幕显示模块(SDI)	(357)
§ 11.2	系统功能模块	(358)
§ 11.2.1	造型模块	(358)
§ 11.2.2	动画设计模块	(358)
§ 11.2.3	纹理与成像模块	(360)
§ 11.2.4	二维图像合成及特技	(361)
§ 11.2.5	其他模块	(361)
§ 11.3	小结	(361)
附录 A	公式证明	(362)
附录 A.1	公式 $R=2\cos\theta \cdot n-L$ 的证明	(362)
附录 A.2	公式 $[R]=[N]^{-1}[B]$ 的证明	(362)
附录 A.3	证明:以单位向量 $N=(n_1, n_2, n_3)$ 为转轴,旋转 α 角的变换矩阵	(363)
附录 B	图形生成效果	(365)
参考文献		(367)
后 记		(368)

第一部分 图形生成与处理技术

第一章 图形科学综述

§ 1.1 计算机图形学的发展及其应用

计算机图形学(Computer Graphics)是研究怎样用计算机生成、处理和显示图形的一门学科,它是随着计算机图形设备技术的不断进步和图形软件系统功能的不断增强而发展起来的。

20 世纪 50 年代,由美国麻省理工学院林肯实验室负责的美国战术防空系统 SAGE 的研制,对图形显示技术的发展起了巨大的推动作用。60 年代中期,麻省理工学院、剑桥大学、通用汽车公司、贝尔实验室和洛克希德飞机公司等开展了计算机图形学的大规模研究,使计算机图形学进入了迅速发展的新时期。70 年代后,图形系统的应用越来越广,除了传统的军事目的和工业应用外,还进入了教育、科研、艺术和事务管理等领域,并发挥着重要的作用。

计算机图形学的发展是与图形输出和输入技术的发展分不开的。50 年代,计算机开始配置显示图形的 CRT 显示器,但还不具备人机交互的功能。1962 年第一台光笔交互式图形显示器在麻省理工学院林肯实验室研制成功,标志着交互式计算机图形学的诞生。早期的显示器由于价格昂贵,不利于普及。60 年代末、70 年代初,美国 Tektronix 公司发明了存储管式显示器,它具有分辨率高、图形稳定、价格较低的优点,但不具备动态显示修改功能。70 年代中期,光栅扫描型显示器发展起来,它将图形生成技术与现代电视技术结合起来,更易于推广和应用。随着 VLSI 技术的发展和专用图形处理芯片的出现,光栅扫描型显示器质量越来越好,价格越来越低,现已成为图形显示器的常规形式。图形输入设备方面,带有命令控制键和特殊功能键的键盘、输入板、操纵杆、跟踪球、鼠标器、数字化仪等得到了广泛的应用。在工程设计中,联网的分布式工作站的应用正在逐步取代分时形式的大型主机连接几十个图形终端的结构,值得一提的是 Evans&Sutherland 公司的 PS300 型和 Silicon Graphics 公司的 IRIS 型图形工作站,它们采用了不同于冯·诺依曼结构的新的体系结构来提高图形的处理速度,在某种程度上达到了实时的要求。

50 年代以来,计算机图形软件系统及生成、控制图形的算法也有了很大的发展,其趋势是通用、高级,与设备无关。典型的标准化图形软件规范有美国提出的 CORE 和德国提出的 GKS 规范。图形算法中,有各种坐标变换及几何变换,二、三维图形的生成,等直线的绘制,二、三维图形的裁剪,曲线及曲面的拟合、逼近、体素拼合、几何造型、色彩、阴影、灰度处理,以及各种数据结构组织、几何信息和拓扑信息的运算等许多内容,许多变换及算法还用硬件来实现以提高速度。

目前,计算机图形学的主要应用领域有:

(1)计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)。用来进行建筑工程、机械结构和部件的人机交互设计和布局。

(2)地理信息系统。用来绘制三维地貌图、矿藏分布图、气象图、人口分布图以及各类等值线、面图等。

(3)作战指挥与军事训练。用来传输作战态势变化,下达作战部署以及空战模拟训练等。

(4)科学、技术及事务管理。用来绘制数学的、物理的或表示经济信息的各类二、三维图表,提供形象化的数据和变化趋势以协助决策。

(5)计算机动画及艺术创作。用来制作动画片、商业广告及造型设计等。

(6)医学诊断。与超声波及X光技术相结合,用来产生人体内脏横切面,为诊断治疗提供形象直观的参考。

其他应用领域还有计算机辅助教学、办公自动化、过程控制、分析计算等等。

可以预见,随着计算机软硬件技术水平的不断提高和应用领域的日益推广,计算机图形学必将有更快、更大的发展。下面我们着重谈谈三维计算机图形学。

§ 1.1.1 三维计算机图形学的发展与现状

1962年,麻省理工学院的一位博士研究生 Ivan E. Sutherland 发表了一篇题为“Sketchpad:人—机图形通讯系统”的博士论文,提出了用键盘、光笔作为人—机交互通讯手段,利用计算机完成画点、线以及简单图形的方法,引入了许多直到今天仍在使用的计算机图形学的概念,并实现了图形的旋转、平移、放大、缩小等功能。标志着计算机图形学的正式诞生。60年代中期,麻省理工学院、通用汽车公司、贝尔电话实验室和洛克希德飞机公司等都对计算机图形显示进行了大规模的研究,从此开始了计算机图形学的黄金时代。

70年代,由于随机扫描存储型图形显示器件的广泛应用,掀起了第一次计算机图形应用的高潮。这种存储型显示器采用了长余辉的DVST管,在显示图形时不需要用图形存储体,也不需刷新,分辨率高、线条质量好,且图形无闪烁现象,因此得到了广泛的应用。更由于它价格便宜,许多资金不够雄厚的公司和研究机构都能用得起,从而促进了计算机图形学的发展。但在这一时期,所用的随机扫描刷新型和随机扫描存储型显示器都只能用于显示线条图形,无法显示有灰度变化的图形。所以,这期间计算机图形的应用与研究主要是针对线框图形的CAD/CAM。这一时期,三维计算机图形的研究也主要是针对线框图形,所用的隐线消除方法主要是L. G. Robert 和 J. E. Warnock 提出的算法。

80年代初期以来,由于廉价的大规模集成电路存储器的出现和技术成熟的光栅扫描显示器的广泛应用,出现了计算机图形的第二次应用高潮。这种显示器采用电视光栅扫描方式,将图形按光栅序列扫描到屏幕上,图形由像素点(Pixel)组成。采用这种显示器,即使显示的图形很复杂也不会出现闪烁现象。特别是这种显示器的灰度层次多,色彩丰富,适于显示逼真图形,从而使得三维计算机图形的研究进入了一个新阶段。目前三维计算机图形学的研究主要有以下三个方面。

1. 造型问题

物体的三维模型的建立,需要向计算机输入三维数据,而在实际应用中,三维数据的输入是一个复杂的问题。对于某些具体应用,可以用三维数字化仪(Digitizer)输入一些控制点的坐标,再用曲线、曲面拟合的方法,建立模型。但对于计算机图形学应用最广泛的领域——计算机

辅助设计,以及计算机艺术等领域,还需要有一种方便的、能表现设计者想象和创造能力的图形造型方法。因此,最近几年,有许多研究者致力于结构模型的研究。

2. 逼真性问题

为了提高显示的逼真性,人们开始考虑光源的复杂性,如分布式光源,光源频谱特性和方向特性等。对自然景物的产生和显示,如产生和显示山、树、草、火、烟、云等的方法,也引起了人们的兴趣和重视。Reeves 等还提出了一种粒子系统,可以模拟自然界一些景物的形成过程。对于进行逼真显示最有力的方法——光线追踪方法,研究者们也在进行重点研究,主要焦点是如何提高光线追踪算法的速度。另外,计算机动画也是当前比较活跃的领域。

3. 速度问题

三维逼真图形应用的最大障碍是计算速度较慢。一般说来,对图形逼真性要求越高,计算量就越大,速度也就越慢。目前,许多研究者正在从软、硬件两方面来提高速度。现在已经出现了一些专用图形处理硬件,使用大规模集成电路,采用并行处理和流水线处理方式,较大幅度地提高了图形处理的速度。

§ 1.1.2 三维计算机图形学的基本理论

三维计算机图形学是一门用计算机生成、处理并显示三维图形数据的科学。它主要包括三维造型和三维成像两大部分。三维造型的作用是在计算机上建立待显示景物的三维模型;三维成像的作用是把建立的模型在显示设备上逼真地显示出来。在下面,我们将对三维计算机图形学的一些基本理论作一简述。

一、模型建立

计算机产生和显示三维图形的首要任务是建立待显示景物的模型,生成原始图形数据,然后经过坐标变换、隐面消除和明暗处理,最后得到所要显示的图形。景物的模型应包括景物的几何信息、拓扑信息和物理特性。几何信息表明景物的空间位置;拓扑信息表示出景物的结构;物理特性指出景物表面和内部的物理性质,如景物是用什么材料做成,对光的反射、透射和折射特性等。

建立模型实际上有模型输入和模型描述两方面的内容。模型输入方法主要有以下几种:

(1)用图形输入设备输入。利用三维数字化仪等图形输入设备,输入模型中控制点的坐标,再通过样条函数进行插值,完成模型的建立。

(2)输入一些测量设备或检测设备的输出结果。例如从 CT(Computed Tomography)图像中,获得三维数据,建立三维模型。

(3)软件输入图形数据。这是一种简单、方便的图形数据输入方式,它是由数学函数表达式输入图形数据的,对于复杂的物体模型,可由简单物体的模型组合而成。

模型描述方法主要有以下几种:

(1)边界描述法:这种方法是用物体的边界点、线和面以及点、线、面之间的关系给出的信息来描述物体的。具体又可分为线框模型(Wireframemodel)和表面模型(Surfacemodel)。线框模型是用物体的轮廓线和顶点描述物体。其优点是处理速度快,易于做到实时处理。但是这种方法产生的图形可能存在多义性,并且逼真性差,只适合于应用在对图形逼真性要求不太高的领域。表面模型是用物体的边界面描述物体的,边界面既可以用函数表示的平面或曲面,也可以是逼近物体边界的小面元。这种描述方法尽管比线框模型复杂,但它可以表示出物体的表

面特性,经过隐面消除和明暗处理后,可得到具有较高逼真性的物体。

(2)体素阵列描述法:这种方法将物体看成是由大小相等的立方体小体素(Voxel)堆积逼近而成,其数据结构可以采用八叉树层次结构。这种方法的优点是:既描述了物体的表面特性,又描述了物体的内部特性。运用相应的显示算法,可以同时看到物体的外表面和内部结构。

(3)结构化模型描述法:这种模型的基本思想是通过重复调用简单物体来构成复杂的物体。最典型的结构化模型是CSG(Constructive Solid Geometry)。该方法定义了一些基本体元,如圆柱、球、立方体和圆锥等,再由这些基本体元构成复杂景物模型。这种描述方法具有简单、直观、易于进行人机交互处理等优点。因此,在计算机辅助设计领域里得到了广泛的应用。

总之,三维模型的建立,在三维计算机图形学中起着重要的作用。建立一套方便、灵活的模型体系,将会促进三维计算机图形学在实际生产中的应用。

二、坐标变换

三维图形中的平移、旋转和按比例放大、缩小变换以及透视变换,都可以统一地用一个 4×4 的变换矩阵 T 表示。此时,坐标是用齐次坐标表示的,变换关系为:

$$[X \ Y \ Z \ H] = [x \ y \ z \ 1] \cdot T$$

变换矩阵为:

$$T = \begin{bmatrix} a & b & c & p \\ d & e & f & q \\ g & h & i & r \\ l & m & n & s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_1 & T_3 \\ T_2 & T_4 \end{bmatrix}$$

$$T_1 = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \quad T_2 = [l \ m \ n] \quad T_3 = \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} \quad T_4 = [s]$$

上述各矩阵意义如下:

T_1 :比例、旋转、错移等变换。

T_2 :平移变换。

T_3 :透视变换。

T_4 :总体变比变换。

在进行三维图形显示时,要将物体从物坐标系变换到屏幕坐标系。图 1.1 是坐标变换流程:

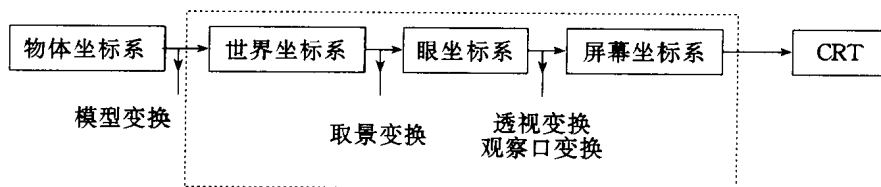


图 1.1 坐标变换

其中模型变换可以由平移、旋转、比例变换完成。从世界坐标系到屏幕坐标系的变换是由视点变换、透视变换和观察口变换矩阵逐级相乘完成的。

设 (x_0, y_0, z_0) 是观察点在世界坐标系中的坐标,观察方向为:

$$\mathbf{VE} = (x_1 - x_0)\mathbf{i} + (y_1 - y_0)\mathbf{j} + (z_1 - z_0)\mathbf{k}$$

则世界坐标系中任意一点 $(x_w \ y_w \ z_w)$ 可用如下的变换矩阵相乘变换到屏幕坐标系中的一点 $(x_s \ y_s \ z_s)$:

$$[x_s \ y_s \ z_s] = [x'_s/w \ y'_s/w \ z'_s/w] \quad (1.1)$$

而:

$$[x'_s \ y'_s \ z'_s \ w] = [x_w \ y_w \ z_w \ 1] \cdot \mathbf{V} \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{T}_{clip} \cdot \mathbf{S}_c \quad (1.2)$$

其中:

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} \cos\beta & \sin\beta \cdot \sin\alpha & \sin\beta \cdot \cos\alpha & 0 \\ -\sin\beta & \cos\beta \cdot \sin\alpha & \cos\beta \cdot \cos\alpha & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ A & B & C & 1 \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

$\mathbf{V}$ 将世界坐标系中点 $(x_w \ y_w \ z_w)$ 变到眼坐标系点 $(x_e \ y_e \ z_e)$

$$\sin\alpha = \frac{z_0 - z_1}{[(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2 + (z_0 - z_1)^2]^{1/2}} \quad (1.4a)$$

$$\cos\alpha = \frac{[(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2]^{1/2}}{[(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2 + (z_0 - z_1)^2]^{1/2}} \quad (1.4b)$$

$$\sin\beta = \frac{-(x_0 - x_1)}{[(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2]^{1/2}} \quad (1.4c)$$

$$\cos\beta = \frac{-(y_0 - y_1)}{[(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2]^{1/2}} \quad (1.4d)$$

$$A = -x_0\cos\beta + y_0\sin\beta \quad (1.5a)$$

$$B = -z_0\cos\alpha - x_0\sin\beta\sin\alpha - y_0\cos\beta\sin\alpha \quad (1.5b)$$

$$C = z_0\sin\alpha - x_0\sin\beta\cos\alpha - y_0\cos\beta\cos\alpha \quad (1.5c)$$

$\mathbf{P}$ 是透视变换矩阵:

$$[x'_s \ y'_s \ z'_s \ w'_s] = [x_e \ y_e \ z_e \ 1] \cdot \mathbf{P}$$

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s/[D(1 - D/F)] & s/D \\ 0 & 0 & -s/(1 - D/F) & 0 \end{bmatrix} \quad (1.6)$$

$$w = sz_e/D$$

投影面大小为 $s \times s$,投影面垂直于 Z_e 轴且位于 Z_e 轴上 $Z_e = D$ 处。景物在 Z_e 轴上的最大值为 F 。 T_{clip} 表示三维剪取过程,凡满足条件:

$$-sz_e/D \leq x'_s \leq +sz_e/D \quad (1.7a)$$

$$-sz_e/D \leq y'_s \leq +sz_e/D \quad (1.7b)$$

的图形是在取景锥内,否则就剪去。

$\mathbf{S}_c$ 是屏幕上的视点变换矩阵。设视点中心位于 $(V_{ix} \ V_{iy})$,高和宽分别为 $2V_{cy}, 2V_{cx}$,则: