

Java、Java 3D 与计算机几何设计

高新瑞 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

TP312/2543

2007

海南大学学术著作出版基金资助
海南大学科研基金资助

Java、Java 3D 与计算机几何设计

高新瑞 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以 Java 3D 功能为基础, 结合 Java 语言编程、计算机图形学算法与 CAD 技术的最新发展, 介绍计算机几何设计的内容, 并给出了工程应用实例。书中包含大量用 Java、Java 3D 编写的程序实例。

书中主要介绍了 Java 3D 的功能及相关概念, 在此基础上对计算机图形学算法的相关知识进行了论述, 并对 DEXEL 体造型技术及其在飞机复合材料零件设计的应用作了相应的介绍。

本书可作为高等院校本科高年级学生、研究生与科研工作者计算机图形学的参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

Java、Java 3D 与计算机几何设计 / 高新瑞编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.8

ISBN 978-7-121-04890-6

I. J… II. 高… III. ①JAVA 语言—程序设计—高等学校—教材 ②计算机图形学—高等学校—教材
IV. TP312 TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 127709 号

策划编辑: 张 毅

责任编辑: 宋兆武

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 22.25 字数: 447 千字

印 次: 2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 34.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

Java 语言于 1995 年由美国的 SUN 公司推出, 目前, 正以惊人的速度在发展。Java 语言是面向对象程序结构设计技术思想的体现, 今后将会有越来越多的程序用 Java 语言编写, 或者用 Java 语言改写。Java 语言的平台无关性、安全机制、高可靠性和内嵌网络支持, 使之成为当前编写网络应用程序的首选工具之一。

1997 年, SUN 公司继 Java 之后又推出了适用于 Internet 环境的跨平台三维图形开发工具包 Java 3D。Java 3D 是 Java 2 SDK 的标准扩展, 它对底层的图形库 OpenGL 与 DirectX 功能进行了封装。Java 本身所具有的强大的网络功能与 OpenGL、DirectX 强大的图形图像处理功能相结合, 使得 Java 语言的三维图形可以通过浏览器在 Internet 上显示。Java 3D 以场景方式对各种场景元素进行组织管理, 具有强大的图形图像处理功能, 并且增加了声音功能。目前, Java 3D 已广泛应用于计算机可视化、机械设计、地理信息、动画制作、医学三维重建、教育等领域。

目前 Java 的最新版本是 J2SDK1.5, 而 Java 3D 的最新版本是 Java 3D API 1.4.0_01。

Java 语言强大的网络功能与 Java 3D 强大的图形图像处理功能相结合, 将计算机图形图像的功能与应用提高到了一个新水平, 并置于 Internet 环境之下。在 Java 3D 中, 已经编好了如隐藏线消除、隐藏面消除等算法, 增加了一些新算法, 淘汰了一些老的算法, 并且对一些算法进行了很大改进。在 Java 3D 环境下, 对于 Java 3D 中提供的功能可直接使用, 没必要重新编写。因此, 在 Java 3D 环境下开发计算机图形图像系统或 CAD 系统, 能大大提高开发效率。在 Java、Java 3D 环境下, 计算机图形学的教学内容与方式都应作相应的调整与改变, 其核心内容是计算机几何设计。

现代几何设计技术更强调带属性的 Volume 体的造型。传统 CAD 系统所采用的 B-Rep 边界面表示法、CSG 表示法等都以边界面的方式表示一个体, 对由隐含数生成的体与在逆向工程中生成的由三角面表示的体都归结为边界面的表示方式, 将这种以边界面表示的体称为多面体。在边界面表示中, 最常用的数据结构是半边数据结构。用半边数据结构来表示体、面、边、顶点之间的数据关系, 通过对多面体中每个多边形的扫描实现对多面体的消隐与显示。这种传统的计算机图形学又称多边形图形学 (Polygon Graphics)。在传统的边界面表示法中, 只能比较精确地表示物体的边界信息, 而无法表示物体内部的颜色、材质、状态等属性信息。在自然界中, 并不存在一个单纯的面, 物体都是以体的方式存在的, 因此边界面表示法有其无法克服的先天缺陷。要表示物体的各种内部属性, 就必须找到一种带有体特征的元素, 这种元素就是 (VOXEL, Volume Element) 体素。VOXEL 体素是二维像素 (Pixel) 的推广。将一个物体空间分割成体素空间, 每个体素各有自己的颜色、材质、状态等属性。最常用的体素类型包括立方体、长方体、四面体。用立方体、长方体、

四面体分割的物体空间是一个完整的空间，中间没有缝隙。体素空间分为规则空间与不规则空间，因此，可用具有不同属性的小体素的组合表示物体内部复杂的属性。为确保物体表示的精度，体素的大小可根据需要进行调整。将这种基于体素表示与显示的技术称为体图形学（Volume Graphics）。目前，多边形图形学与体图形学并存，但体图形学代表了计算机图形学的发展方向。医学三维重建研究一直是体图形学发展的推动力，医学三维重建算法是体图形学算法的基础。要表示一个体素，可以用体素八个角点的三维坐标，也可以用体素中心点的三维坐标再加三向步长。这两种表示法，都会占用比较大内存，因此限制了体图形学的发展。为了减少体素表示的内存占有量，就提出了 DEXEL 深度元素的体表示法。体的 DEXEL 模型表示是用 DEXEL 射线组群与物体的交点来表示一个物体。位于物体内部的交点对之间的线段称为深度元素，也就是 DEXEL。该方法大大压缩了表示一个体模型所需的内存容量，并且布尔运算速度快、精度高。但这种表示方法不能表示物体的内部属性，因此须将 DEXEL 模型转换为相应的体素模型，才可表示物体内部的各种属性。体的 DEXEL 模型与体的 VOXEL 模型之间可相互转换。

综合这些方面，形成了本书的编写特点。本书以介绍 Java 3D 功能为主，在此基础上，介绍计算机图形学的相关算法，利用 Java 3D 的功能通过 Java 语言编程实现计算机几何设计与图形显示。

本书在章节安排上采用了编程技术与计算机图形学算法间隔编排的方式。在学习过程中，按照章节顺序学习完第 1~6 章的内容，就能由浅入深地逐步掌握计算机图形学的基本算法与用 Java、Java 3D 进行几何设计的基本技巧。第 6 章的 6.1 节介绍了 Beziér 曲线、曲面的编程。在第 6 章后的 B 样条曲线、曲面与 NURBS 曲线、曲面与 NURBS 体，只介绍了相关算法，其编程与 Beziér 曲线、曲面相似。前六章的内容是第 7~9 章内容的基础，而第 7~9 章的内容，属于计算机几何设计中比较深的内容，主要介绍了相关数据结构与算法，由于程序设计复杂，可以有选择地进行学习。

附录 B 包含有 Java J2SDK1.5 软件包、Java 3D API 1.4.0_01 软件包与可视化 Java 编辑编译软件 Jcreator LE v3.5-Freeware 的下载网站，以及下载与安装过程。

根据多年 Java 语言与计算机图形学的教学经验，以及基于 Java、Java 3D 的 CAD 系统开发与工程应用经验，结合计算机图形学与 CAD 技术的最新发展动向，笔者编写了这本书。将 Java、Java 3D 与计算机几何设计结合起来，是一种新的尝试。

该书的出版得到了海南大学学术著作出版基金及海南大学科研基金的资助，在此对海南大学相关部门的支持致以由衷的谢意！

由于时间仓促，加之水平有限，书中难免有错误与不足之处，欢迎读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机图形技术的发展与应用	1
1.2 计算机几何设计技术的发展	4
1.3 Java AWT 包中的 Graphics 类画图功能	5
1.4 Java 2D 与 Java 3D 功能介绍	6
1.5 Java 3D 的场景式组织	7
1.6 Java、Java 3D 与网络 CAD 技术	7
本章小结	8
习题 1	8
第 2 章 计算机几何设计技术	9
2.1 引言	9
2.2 线框模型	9
2.3 曲线、曲面几何模型	10
2.4 实体、实体造型与构造实体几何	11
2.5 基于隐函数的实体造型	12
2.6 基于 B-Rep 边界面的体造型	12
2.7 体的边界面表示与多边形图形学	14
2.8 单元分解法、空间位置枚举法与八叉树表示法	14
2.9 体、体素与构造体几何	15
2.9.1 体与实体	15
2.9.2 体图形学在人体医学三维模型重建中的应用	16
2.9.3 空间线、面、体的体素化与空间场景多体显示	17
2.9.4 体可视化技术	18
2.9.5 体属性的连续函数表示与构造式体几何	19
2.10 Volume Graphics 体图形学的发展	20
2.11 DEXEL 体造型技术	21
2.12 逆向工程	22
2.13 快速原型系统	24
2.14 STL 格式数据文件与 CAD 系统数据交换	25
本章小结	26
习题 2	26

第 3 章 Java 3D 基本图形功能介绍	27
3.1 Java 3D 的虚拟场景空间设计	27
3.2 Java 3D 主要包、类、子类、接口之间的关系	33
3.3 Java 3D 的点、线、面绘制	34
3.3.1 GeometryArray 类	35
3.3.2 点的生成	38
3.3.3 线的生成	45
3.3.4 三角面的生成	61
3.3.5 四边面的生成	75
3.4 Java 语言数组与计算机图形数据定义	80
3.4.1 线性数据点及二维数组表示	80
3.4.2 平面型数据点及三维数组表示	81
3.4.3 空间层状立体数据点及四维数组表示	82
3.4.4 多维数组表示的几何数据与 Java 3D 一维数组数据转换	83
3.5 体与面的三角网格与四边网格显示	89
3.6 Java 3D 程序 Shape 3D 类对象中几何元素的定义	106
3.7 Shape 3D 类对象元素的定义	115
3.8 Appearance 类	115
3.9 ColoringAttributes 类	117
3.10 Material 类	118
3.11 TransparencyAttributes 类	121
3.12 Light 类	125
本章小结	127
习题 3	127
第 4 章 计算机图形学基础知识	129
4.1 显示器的工作原理	129
4.2 直线 DDA 算法	132
4.3 区域填充算法	133
4.3.1 种子填色算法	133
4.3.2 扫描线填色算法	134
4.4 图形求交	135
4.4.1 包围盒与包围球	135
4.4.2 线、面、体几何元素间的求交	137
4.4.3 包含判定算法	137

4.5	图形变换	142
4.5.1	二维图形空间坐标变换	142
4.5.2	三维空间图形坐标变换	147
4.6	真实感图形生成	151
4.6.1	世界坐标系与观察坐标系	151
4.6.2	透视投影与平行投影	152
4.6.3	隐藏线、隐藏面消除算法	154
4.6.4	光源的颜色与类型	159
4.6.5	局部光照明计算模型	159
4.6.6	Gouraud 算法和 Phong 算法	162
4.6.7	整体光照明模型	165
4.7	纹理与纹理映射	167
4.8	图形剪裁	170
	本章小结	172
	习题 4	172
第 5 章	Java 3D 的坐标变换与基本形体	173
5.1	Java 3D 的坐标变换	173
5.1.1	Transform3D 类	173
5.1.2	TransformGroup 类与 Transform3D 类之间关系	177
5.1.3	两矩阵的乘积与编程	178
5.2	Java 3D 定义的基本形体	179
5.2.1	长方体 Box 类	179
5.2.2	圆柱体 Cylinder 类	180
5.2.3	圆锥体 Cone 类	180
5.2.4	球体 Sphere 类	181
5.2.5	彩色立方体 ColorCube 类	182
5.2.6	应用基本体的程序实例	182
5.3	Switch 类	191
5.3.1	Switch 类的构造函数与方法	192
5.3.2	Switch 类的应用实例	192
5.4	SharedGroup 类	200
	本章小结	209
	习题 5	209

第 6 章 自由曲线、曲面设计	210
6.1 Beziér 曲线、曲面设计	210
6.2 B 样条曲线、曲面设计	242
6.2.1 B 样条基函数及其递推公式	242
6.2.2 B 样条曲线设计	250
6.2.3 B 样条曲面设计	255
6.3 NURBS 曲线、曲面	257
6.3.1 NURBS 曲线的定义	257
6.3.2 NURBS 曲线的齐次坐标表示	259
6.3.3 NURBS 曲线的矩阵表示	260
6.3.4 NURBS 曲线的参数化算法	260
6.3.5 NURBS 曲面的定义	261
6.3.6 NURBS 曲面的矩阵块表示	262
6.4 NURBS 曲面变形	262
6.5 基于参数的 NURBS 体造型与可视化	270
6.5.1 引言	270
6.5.2 NURBS 体方程	270
6.5.3 NURBS 体的 u 、 v 、 w 参数空间与体空间	271
6.5.4 NURBS 体造型	271
6.5.5 NURBS 体内点与控制顶点对应关系	272
6.5.6 NURBS 体变形	272
6.5.7 NURBS 体的体素显示	272
本章小结	274
习题 6	274
第 7 章 医学三维重建算法与多面体的体素化	276
7.1 引言	276
7.2 像素、体素、体素空间与体素的连通性	276
7.3 空间线、面、体的体素化	278
7.4 基于体素的医学图像三维重建与可视化	279
7.4.1 基于断层图像的体数据	279
7.4.2 基于体素的体显示的光学模型	279
7.4.3 光线投射的体显示算法 (Ray-casting algorithm)	281
7.4.4 三维数据场物质的分类	283
7.4.5 体显示中的光照明模型与法向量计算	283

7.4.6	图像合成	284
7.4.7	光源特性与光照明模型	285
7.4.8	其他体显示技术	285
7.4.9	基于体素的医学图像三维重建与可视化算法意义	285
7.5	基于小长方体的体素处理与显示技术	286
7.6	基于参数 u 、 v 、 w 的 NURBS 体体素化	287
7.6.1	NURBS 体的 u 、 v 、 w 参数空间与体空间	287
7.6.2	基于参数 u 、 v 、 w 的 NURBS 体体素化与可视化	287
	本章小结	289
	习题 7	289
第 8 章	多面体的 DEXEL 模型与 DEXEL 体造型技术	290
8.1	引言	290
8.2	多面体 DEXEL 模型的数据结构	291
8.3	DEXEL 射线与空间平面凸多边形的求交算法	294
8.4	NURBS 体的 DEXEL 化算法	296
8.5	基本形体的 DEXEL 模型	298
8.5.1	基本形体构造与 DEXEL 模型	299
8.5.2	坐标变换	301
8.6	多面体 DEXEL 模型的布尔运算	302
8.6.1	同一 DEXEL 模型空间体的布尔运算	302
8.7	单向 DEXEL 射线组群模型与快速原型系统	304
8.8	单向 DEXEL 模型与体素模型转化	305
8.9	基于两轴向层状 DEXEL 射线求交的多面体体素化算法	305
8.10	基于三轴向 DEXEL 射线求交的多面体体素化算法	306
8.10.1	三轴向 DEXEL 射线组群的数据结构	307
8.10.2	Marching Cubes 算法与物体边界体素、体内体素确定	313
8.11	单向、两轴向层状与三轴向 DEXEL 模型比较	315
8.12	同一体素空间体的布尔运算	316
	本章小结	317
	习题 8	318
第 9 章	DEXEL 体造型技术在飞机复合材料零部件设计中的应用	319
9.1	DEXEL 体造型技术在飞机复合材料零部件设计中的应用	319
9.1.1	飞机复合材料零部件特点	319
9.1.2	蜂窝结构	319

9.1.3 空心结构	321
9.1.4 某型飞机水平安定面翼肋结构设计	321
9.1.5 小结	322
9.2 DEXEL 模型与传统 CAD 系统模型数据交换	322
9.2.1 引言	322
9.2.2 STL 数据结构	323
9.2.3 DEXEL 模型的 STL 格式数据提取	325
9.2.4 小结	325
习题 9	326
附录 A 书中出现的重要名词中英文对照表	327
附录 B Java、Java 3D、JavaCreator 软件的下载与安装	330
参考文献	338

第 1 章

绪论

随着计算机技术、网络信息技术与计算机图形技术的飞速发展，计算机图形技术得到了越来越广泛的应用，本章将简要介绍计算机图形技术的发展与相关应用。

1.1 计算机图形技术的发展与应用

计算机图形学是研究如何用计算机表示、生成、处理和显示图形的一门学科。计算机图形学包括计算机图形处理与计算机图像处理。计算机图形处理主要研究三维空间型体或二维空间几何图形的表示与显示技术，包括几何模型的计算机表示、几何模型的坐标变换与显示等。计算机图像处理主要研究对二维图像的各种处理技术，如对各种照片扫描、调色、变形的处理。

计算几何学是研究几何模型和数据处理的学科，探讨几何形体的计算机表示与分析计算等。

计算机图形学的发展与计算机 CPU 的处理速度、内存容量的大小、显示器的显示技术等有关，也与高级语言、计算机图形系统的开发平台等相关。例如，现在计算机 CPU 的处理能力进一步提高，内存容量快速增加，显示器显卡的功能进一步提高，显示出的图形图像的复杂度与质量得到进一步的改善。目前，许多复杂的计算机图形算法都已集成在图形显卡中，以硬件的方式实现，这样可大大加快复杂图形、图像的计算与处理速度。在这种条件下，就可快速地显示复杂的几何模型，并能对该几何模型进行各种复杂操作。高级语言从 C 语言、C++ 语言发展到 Java 语言，计算机图形系统的开发平台也从早期的 GKS、PHIGS 等发展到 OpenGL 等，再发展到现在的 Java 3D 等。各种图形处理算法得到了进一步提高与完善，对各种图形几何元素的管理方式与数据结构也得到了很大的改进。在早期的图形系统开发平台上，对几何元素的管理采用图层或图段方式，绝大多数的算法都需要程序设计人员用高级语言编写，如隐藏线、隐藏面消除算法等。而 Java 3D 集成了底层的图形库 OpenGL 与 DirectX 功能，并增加了声音功能，对几何形体采用场景式管理。一个场景中可包含多个几何形体与多种场景元素，而原先的隐藏线、隐藏面等算法在 Java 3D

中已经实现, 无需从头编起。这样就大大提高了图形系统的开发效率。在 Java 3D 环境下, 以前计算机图形学教材中的一些算法已经被淘汰掉, 或者被大大改进。因此, 在 Java 3D 环境下, 计算机图形学的教学内容与教学方式也要作相应改变。这就是本书以 Java 3D 的功能为基础, 介绍计算机图形学的相关算法, 并与计算机几何设计结合起来的原因。

下面介绍计算机图形学的主要应用。

1. 计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM)

CAD/CAM (Computer Aided Design and Computer Aided Manufacture) 技术对计算机图形学发展起着推动作用, 主要应用于机械、电子、建筑等设计领域。早期主要用在飞机、汽车、轮船等的设计与制造方面。目前, 最常用的 CAD/CAM 系统比较多, 如 Catia、Unigraphics、AutoCAD 等。

2. 地形地貌与自然资源图

例如, 国家的国土信息系统, 记录全国的土地及重力测量数据、高山平原等地形、河流湖泊水系、道路桥梁、城镇乡村、农田林地植被、国界区界等信息。利用存储的这些数据不仅可绘制平面地图, 还可生成三维的地形地貌图, 为国土环境综合治理与资源开发等提供科学依据。

3. 计算机动画、广告制作与艺术

计算机动画是计算机图形学的一个很重要的领域。用计算机构造人体模型, 将该人体模型用于服装设计、人机工程、运动员或舞蹈工作者的动作设计等。例如, 为了设计战斗机的驾驶舱, 可设计一个人体的几何模型, 并将该人体几何模型置于飞机座舱环境的几何模型中, 用动态图形技术模拟真人的各种操作, 以检验各种仪器仪表的设计是否合理。

计算机艺术广告制作是计算机动态图形技术在媒体传播方面最重要的应用之一。

目前最常用的计算机动画制作系统有 Softimage 公司的 Softimage 3D、Alias/Wavefront 公司的 MAYA、Autodesk 公司的 3Ds Max 等, 应用这些动画制作系统制作了《侏罗纪公园》、《The Titanic》等电影中许多精彩的、以假乱真的动画场景。

在 Internet 上的网页动画制作系统有 Macromedia 公司的 Flash、BMT Micro 公司的 3D Flash Animator、SWiSHzone.com 公司的 Swish 等。在 Internet 网页实现 GIF 动画格式制作的系统包括 Ulead 公司的 GIF Animator 和 Adobe 公司的 ImageReady, 以及 Micromedia 公司的 Fireworks 等。

4. 科学计算可视化

将用远红外遥感卫星、CT 扫描设备等获得的大量数据信号以图形或图像方式显示出来, 如卫星气象云图、天体的生成与变化图形、飞机的气动特性等。现在科学计算可视化的一个很重要的应用领域是与人体医学相关的, 称为人体医学三维重建。例如, 用 B 超或 CT 设备等可以获得人体某一部分的一系列二维图像, 从这一系列的二维层状图片中, 通过某种算法可以生成人体或人体的某一器官的三维模型, 再通过这个三维模型可以清楚地观

察人体的病变部位及区域大小,并且可通过该三维几何模型在计算机中模拟各种手术的过程,从而确定最佳的手术方案。

此外,复杂机械零件的X射线无损检测与探伤也是一种很重要的应用领域。

5. 虚拟现实(VR)技术

虚拟现实的英文是 Virtual Reality。虚拟现实是由计算机生成的,通过视、听、触觉等作用于用户,使之产生身临其境的交互式场景仿真环境^[112]。

Virtual Reality 的概念最早是由 VPL Research 公司的创始人 Jaron Lanier 在 1989 年首先提出来的。VR 技术最早应用于如计算机图形飞行仿真等领域。在虚拟现实环境中,最常用的一种显示器为头盔显示器,头盔显示器是美国学者 Ivan Sutherland 于 1968 年在哈佛大学提出的。通过头盔显示器可使虚拟场景的景象随着头盔的转动而变化,如果再配上声音效果,就可实现对人体视觉、听觉、触觉的图形仿真。人的各种动作或声音都能改变场景中的显示内容。

虚拟现实系统由以下几个部分组成:

- (1) 检测输入装置。
- (2) 图像生成与显示系统。
- (3) 音频系统。
- (4) 触觉系统。
- (5) 高性能计算机系统。
- (6) 建模系统。

系统的检测输入装置主要包括位置跟踪系统、数据手套、数据衣、三维鼠标、空间球等,以检测用户的位置、姿态、运动方向或抓取动作。显示系统、音频系统、触觉系统生成环境信号。虚拟现实技术主要应用于军事、航空航天、医疗、教育、训练、娱乐、遥控机器人等领域。

目前,虚拟现实技术的开发系统包括 NASA VPL 公司的 RB2; Sense 8 公司的 WorldToolKit; Autodesk 公司的 CDK; Division 公司的 DVS 等。

6. 游戏开发

随着社会的发展与进步及生活节奏的加快,人们需要更多的娱乐方式来放松自己。游戏就是一种很重要的娱乐方式,特别是现在的网络互动游戏更是吸引人。游戏的制作就应用了计算机图形、图像方面的技术。

游戏包括手机游戏、电脑游戏、网络游戏等。游戏对图形的显示质量与显示速度有比较高的要求。游戏的开发与运行和操作系统环境、游戏开发系统、计算机显卡的功能、显存容量的大小等因素有关。

手机游戏运行的虚拟机包括 J2ME、BREW、Mophun、ExEn 等。手机游戏运行的操作系统包括 Windods Mobile、Symbian OS、Palm OS、Linux 等。J2ME 是 Java 2 平台的袖珍

版, 主要应用于像手机这样的内存容量小、体积小的电子设备。

计算机与网络游戏的图形开发系统包括 OpenGL、Directx10 等。OpenGL 是一种最常用的游戏开发图形系统。Directx10 是微软的最新操作系统 Windows Vista 所支持的三维图形系统, 采用全局渲染的模式, 随着相应显卡功能的提高, 在图形的显示质量与处理速度方面都有了较大的提高。

Java 3D 封装了底层的图形库 OpenGL 与 DirectX 等功能, 并且 Java 语言对网络应用有很好的支持, 因此 Java 3D 也是适合开发网络游戏的三维图形系统。

在计算机图形学中, 计算机几何设计是其核心, 下一节将介绍计算机几何设计技术的发展。

1.2 计算机几何设计技术的发展

计算机几何设计主要研究一个三维型体如何在计算机上表示。在计算机几何设计中, 一个三维型体的表示有以下 5 种方式:

- (1) 线模型, 用线的方式表示一个物体;
- (2) B-Rep 边界面模型, 用面的方式表示一个物体;
- (3) 实体, 用内部属性完全一致的体模型表示一个体;
- (4) VOXEL 体素模型, 用小体素的方式表示一个三维物体;
- (5) DEXEL 模型, 用 DEXEL 深度元素的方式表示一个三维型体。

现代几何造型技术更强调带属性的 Volume 体造型。传统 CAD 系统所采用的 B-Rep 边界面表示法、CSG 表示法等都以边界面的方式表示一个体。对由隐含数生成的体与在逆向工程中生成的由三角面表示的体都归结为边界面的表示方式。将这种以边界面方式表示的体称为多面体。在边界面表示中, 最常用的数据结构是半边数据结构。通过半边数据结构表示体、面、边、顶点之间的数据关系, 通过对多面体中每个多边形的扫描实现对多面体的消隐与显示。将这种传统的计算机图形学称为多边形图形学 (Polygon Graphics)。在传统的边界面表示方式中, 只能比较精确地表示物体的边界信息, 而无法表示物体内部的颜色、材质、状态等属性。在自然界中, 并不存在一个单纯的面, 物体都是以体的方式存在的, 因此, 边界面表示有其无法克服的先天缺陷。要表示物体的各种内部属性, 就必须找到一种带有体特征的表示方式。这种表示方式就是基于 VOXEL 体素的表示方式。三维体素 VOXEL 是二维像素 Pixel 的推广。将一个物体空间分割成体素空间, 体素的类型有立方体、长方体、四面体、球体、圆柱体、不规则形体等。其中最常用是立方体、长方体、四面体。用立方体、长方体、四面体分割的物体空间是一个完整空间, 中间没有缝隙。体素空间分为规则空间与不规则空间。每个小体素可表示自己的颜色、材质、状态等属性。因此, 可用具有不同属性的小体素组合表示物体内部的复杂属性。为确保物体表示的精度, 体素的大小可根据需要进行调整。将这种基于体素表示与显示技术的学科称为体图形学

(Volume Graphics)。目前, 多边形图形学与体图形学并存, 但体图形学代表了计算机图形学的发展方向。医学三维重建研究一直是体图形学发展的推动力。医学三维重建算法是体图形学算法的基础。要表示一个体素, 可以用体素 8 个角点的三维坐标, 也可以用体素中心点的三维坐标再加三向步长。这两种表示, 都会占用比较大内存, 因此限制了体图形学的发展。为了减少体素表示的内存占有量, 就提出了 DEXEL 深度元素的体表示。DEXEL 表示用射线组群与物体的交点表示一个物体, 位于物体内部的交点对之间的线段称为深度元素, 也就是 DEXEL。该方法大大压缩了表示一个体模型所需的内存容量, 并且布尔运算速度快、精度高。但这种表示方法不能表示物体的内部属性。通过将 DEXEL 模型转换为相应的体素模型, 可表示物体的属性。体的 DEXEL 模型与体的 VOXEL 模型之间可相互转换。

1.3 Java AWT 包中的 Graphics 类画图功能

Java 语言于 1995 年由美国的 SUN 公司推出, 目前, 正以惊人的速度在发展。Java 语言是面向对象程序结构设计技术思想的体现。今后, 将会有越来越多的程序由 Java 语言编写, 或者由 Java 语言改写。Java 语言的平台无关性、安全机制、高可靠性和内嵌网络支持使之成为当前编写网络应用程序的首选工具之一。在 Java 语言程序设计中, 类、父类、子类、类的对象实例之间的关系是单向继承关系, 即一个子类只能有一个直接父类, 这种结构是一种倒立的树状结构, 体现了面向对象的程序设计思想。要实现多重继承必须通过接口 (Interface), 这一点是和 C++ 有区别的。在 C++ 中, 一个子类可以有多个父类, 这种结构是一种网状结构, 程序比较复杂。

Java 语言的图形、图像处理功能比较强大, 用 Java 编写的图形、图像处理软件可以跨平台并通过网络运行。Java 语言的图形、图像处理功能都是通过包的方式进行扩展。下面对 AWT 包中的画图类——Graphics 类的画图功能进行简单的介绍。

AWT 的含义是抽象窗口工具集 (Abstract Window Toolkit)。因为 Java 语言是一种跨平台语言, 要求能在不同的平台系统上运行, 但对于图形用户界面要跨平台运行将会非常困难。为了解决这个问题, AWT 类库中的各种操作都定义在一个并不存在的抽象窗口中进行, 这样开发出的用户界面可运行于所有的平台系统。AWT 的功能还很不完全, 于是 SUN 公司就专门开发了 Java 的工具类库 JFC (Java Foundation Classes)。JFC 是一组致力于图形功能的应用编程接口 API (Application Programming Interface), 在一定程度上弥补了 AWT 功能的不足。

在 java.awt 包中有一个 Graphics 类, 这个类中包含了绘制简单平面图形的多种方法, 如将已知的两点连成一条直线, 以及画空心或实心的长方形、正方形、圆、椭圆, 或者将已知的多个点连接成一条折线。当一个 Applet 运行时, 执行它的浏览器会自动为它创建一个 Graphics 类的实例, 然后在程序中就可以调用该实例所具有的各种画图方法画简单的二

维图形，也可以将字符串画出来。在这种画图方式中，点的坐标数值单位都是像素，即都是以整数的形式给出的；如果以浮点数形式给出，则一定要强制转换为整数，否则会出现数据类型错误。其中，二维坐标系的原点在屏幕左上角， x 轴沿水平方向向右， y 轴沿垂直方向向下。

在 `java.awt` 包中还有对图形、图像处理的多种方法，并且可设计 Java 程序的各种运行界面，在此不作详细介绍。

1.4 Java 2D 与 Java 3D 功能介绍

Java 2D 主要针对二维图形图像处理与简单的二维曲线、曲面绘制。Java 2D 是 Java 基础库 JFC (Java Foundation Classes) 的重要组成部分。它是一种应用程序接口 API，增强了抽象窗口工具包 AWT 的图形、图像处理与文本的功能。

Java 2D 只能画简单的二维图形，如二次/三次 Beziér 曲线、二次/三次 B 样条曲线等。

Java 2D 在图像处理方面采用及时模式模型 (Immediate Mode Model)。利用该模型可在内存中存储固定分辨率的图像，也可对数据进行过滤操作。Java 2D 在图像处理方面提供了两个接口：BufferedImageOp 与 RasterOp。实现这两个接口的类包括 AffineTransformOp、BandCombineOp、ColorConvertOp、ConvolveOp、LookupOp、RescaleOp。用来定义缓冲区图像和光栅图像操作，以形成几何变换、钝化、锐化、增强对比、阈值与图像颜色校正等处理。

1997 年，SUN 公司继 Java 之后又推出了适用于 Internet 环境的跨平台三维图形开发工具包 Java 3D。Java 3D 是 Java 2 SDK 的标准扩展，它对底层的图形库 OpenGL 与 DirectX 进行了封装。Java 本身所具有的强大的网络功能通过与 OpenGL 与 DirectX 强大的图形、图像处理功能相结合，使得 Java 语言的三维图形可以通过浏览器在 Internet 上显示。目前，Java 3D 已广泛应用于科学计算机可视化 (Scientific Visualization)、机械设计、地理信息、动画制作、医学三维重建、教育等领域。Java 3D 的功能与可编程性得到进一步扩展，并且 Java 3D 与 Java 一样，一次编程便可跨平台运行。用 Java 3D 生成的代码具有可传输性，即从服务器端到客户端传输的是生成三维图像的程序与数据 (Applet)，而不是图像本身。这样，就可以大大减少网络传输数据量。客户端从服务器端下载相应的 Applet，由 Java 3D 运行环境解释执行，并在执行过程中不断从服务器端获取控制图像变换的数据，可生成动态的三维图形。Java 3D 具有与 OpenGL 同样的功能，如三维坐标变换、基本形体生成、光照模型生成等。

Java 3D 也是一个交互式三维图形应用编程接口 API。与 Java 2D、AWT、Swing 包等的功能相互补充。Java 3D 也集成了 Java API 的功能，如图像处理、文字显示与处理、绘制二维图形、交互式用户界面设计等。

Java 3D 能够对场景的可视化进行并行计算与优化，能够自动应用计算机硬件的加速功