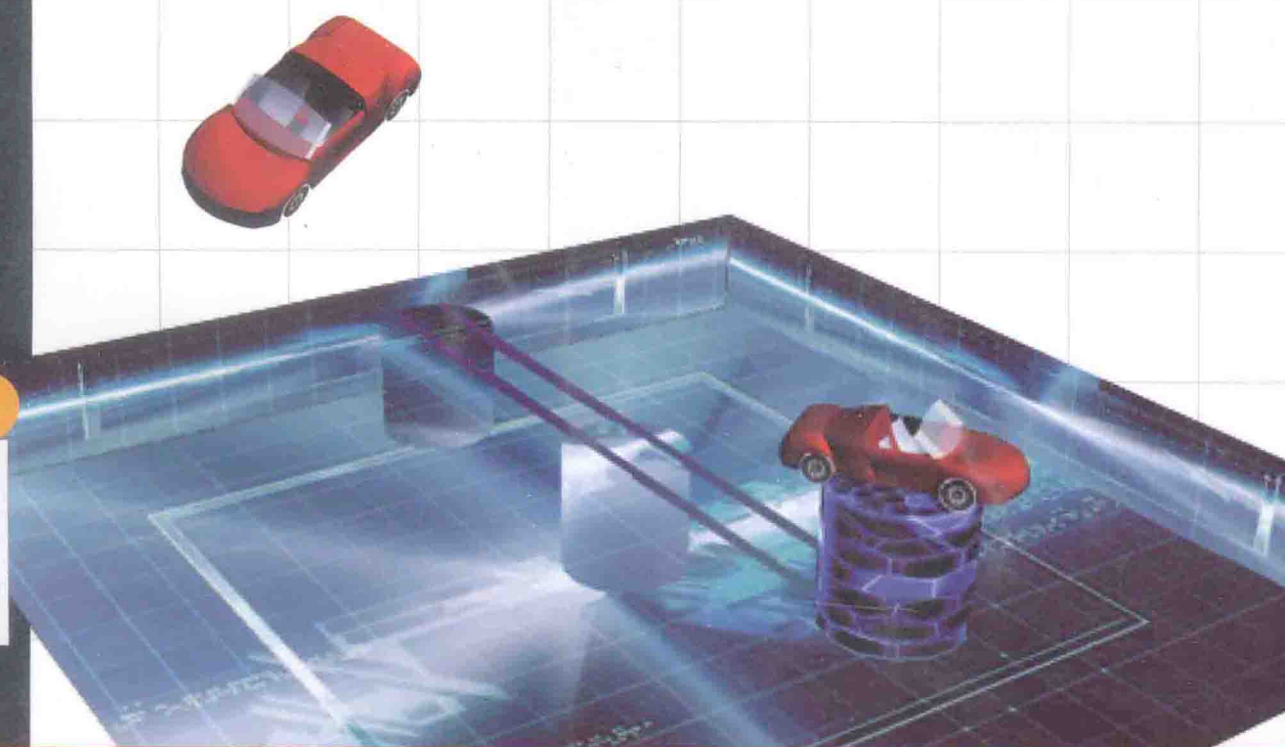


海南省自然科学基金资助(项目编号: 613157)

海南大学2013年度自编教材资助项目(项目编号: Hdzbjc1301)

Java 3D与 计算机三维动态图形 网络编程设计

高新瑞 编著



清华大学出版社

Java 3D与 计算机三维动态图形 网络编程设计

高新瑞 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以多边形图形学(Polygon Graphics)与多属性体图形学(Volume Graphics)概念为基础,介绍了Java 3D主要功能,包括Java 3D虚拟空间与场景式管理,Java 3D点、线、三角网格、四边网格绘制,Java 3D坐标变换、几何体变形与动态图形及交互技术,Java 3D纹理映射,Java 3D声音功能,Java 3D外部图形文件导入等,给出了Java、Java 3D编程实例。本书还介绍了计算机图形学的重要概念与算法,Bezier、B样条与NURBS曲线、曲面设计与拼接技术,给出了Java、Java 3D编程实例,介绍了DEXEL模型与VOXEL体素模型,以及将Brep边界面模型转换为DEXEL模型与VOXEL体素模型的算法及应用。

本书适合作为高等院校计算机图形学课程的教材,也可作为研究生与科研工作者的参考书。

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

Java 3D与计算机三维动态图形网络编程设计/高新瑞编著. —北京:清华大学出版社,2014
ISBN 978-7-302-37483-1

I. ①J… II. ①高… III. ①JAVA语言—三维计算机动画—程序设计—高等学校—教材
IV. ①TP312 ②TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第170854号

责任编辑:白立军

封面设计:傅瑞学

责任校对:时翠兰

责任印制:宋 林

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

印刷者:清华大学印刷厂

装订者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:36.25

字 数:883千字

版 次:2014年7月第1版

印 次:2014年7月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:59.50元

产品编号:059346-01

Java 3D 是一种应用程序编程接口 (Application Programming Interface, API), 是 Java 语言的三维图形系统开发接口, 是 Internet 环境下的跨平台三维图形开发平台。Java 3D 是 Java API 的 Java Media 功能的一部分, 能够在多种计算机系统平台上使用。用 Java 3D API 编写的应用程序能够使用所有 Java 类, 因此, 使用 Java、Java 3D 开发的三维图形系统与 Internet 具有很好的集成性。

Java 3D 具有强大的图形图像处理能力。Java 3D API 集成了现有图形 API 的功能, 并引入了一些新技术。Java 3D API 低层次功能集成了诸如 Direct3D、OpenGL、QuickDraw3D 与 XGL 的优秀功能, 而 Java 3D API 高层次功能则采用了场景图管理系统 (Scene Graph-based Systems) 的先进技术。Java 3D 引入了 3D 空间声音功能, 能为用户提供立体环绕声音效果。

Java 3D 为系统开发者创建、操作与可视化三维场景提供了高水平架构。应用这种架构, 应用程序开发者能够描述一个足够大的虚拟世界空间, 并为 Java 3D 可视化这个虚拟空间及其内容提供充分的相关信息。

Java 3D 允许程序员定义场景图中更多信息, 允许控制三维模型形状、颜色与透明度等, 允许控制背景效果、光照、环境雾效等, 允许设置光源, 允许设置三维几何体的相关行为 (Behaviors)。可对场景中的三维形体随时间进行平移、旋转、伸缩、变形变换。通过应用 Java、Java 3D 编程可实现键盘、鼠标与 Java 3D 三维图形应用系统之间的交互控制。

因此, Java 3D 已广泛地应用于计算机三维动漫设计、计算机三维游戏开发、科学计算可视化、机械设计、人体医学三维重建、教育等领域。

目前, Java 语言系统开发工具 (Java Development Kit) 的最新版本是 JDK 7, Java 3D 的最新版本是 Java 3D API 1.5.2。

本书主要包括:

- ① 计算机图形学的重要概念与算法;
- ② Java 3D 的主要功能;
- ③ 复杂曲面设计与拼接技术;
- ④ 各项功能的 Java、Java 3D 编程实例;
- ⑤ DEXEL 模型与 VOXEL 体素模型, 将 Brep 边界面模型 (Boundary Representation, Brep) 转换为 DEXEL 模型与 VOXEL 体素模型的算法, 并给出工程应用实例。

本书介绍了 Java 3D 的主要功能, 主要包括 Java 3D 的虚拟空间与场景式管理, Java 3D 的点、线、三角网格、四边网格面绘制, Java 3D 的坐标变换、Java 3D 的几何体变形

与动态图形及交互技术,Java 3D 的纹理映射,Java 3D 的声音功能,Java 3D 的外部图形文件导入等。并针对这些功能分别给出了 Java、Java 3D 编程实例,以方便读者学习。

在介绍 Java 3D 主要功能的同时,还介绍了计算机图形学的概念与算法。介绍计算机图形学的知识,一是为了更好地理解本书所介绍的 Java 3D 的功能;二是为了应用 Java、Java 3D 编程来开发复杂的三维图形系统。在应用 Java、Java 3D 编程开发三维图形系统时,除了需要掌握 Java 3D 功能、Java 语言的编程外,还必须掌握一定的计算图形学的知识。因此,本书在编写时兼顾了这两个方面,有利于读者全面学习与提高。

第 4 章介绍了三维复杂曲面设计与拼接技术,如 Bezier 曲面设计与拼接、B 样条曲面设计与拼接、NURBS 曲面设计、NURBS 体设计。并且给出了 Bezier 曲面设计与拼接、B 样条曲面设计与拼接的 Java、Java 3D 编程实例。参考这些复杂曲面的设计与拼接技术以及 Java、Java 3D 编程实例,可设计出复杂的三维人物模型。这种复杂的三维人物模型设计是计算机三维动漫设计与计算机三维游戏开发的基础。

第 10 章介绍了 DEXEL 模型与 VOXEL 体素模型的概念,介绍了将 Brep 边界面模型转换为 DEXEL 模型与 VOXEL 体素模型的算法,介绍了 DEXEL 模型的并、交、差布尔运算算法,介绍了 VOXEL 体素模型的属性表示,并给出工程应用实例。

多边形图形学(Polygon Graphics)与多属性体图形学(Volume Graphics)的概念是本书的重要基础,多边形是最少由三条边围成的平面封闭图形,如三角形、四边形、六边形等。多边形包含凸多边形、凹多边形,以及内部无孔洞的多边形、内部含有孔洞的多边形等。多边形的英文就是 Polygon。将由一系列多边形面围成的一个封闭的体,称为多面体(Polyhedron)。由复杂曲面生成的一个封闭的体可应用一系列的多边形面(三角网格面或四边形网格面)来逼近。可将这两种三维模型都称为 Brep 边界面模型(Boundary Representation),通过对 Brep 边界面模型中的每个多边形的扫描实现对三维模型的隐藏面消除与可视化。将这种传统的计算机图形学称为多边形图形学。传统的 Brep 边界面模型,只能比较精确地表示几何体的边界信息,无法表示几何体内部的颜色、材质、状态等属性信息。因此,Brep 边界面模型在表示体的复杂内部属性方面具有其无法克服的先天缺陷。

要表示几何体的各种复杂内部属性,就必须找到一种带有体特征的三维几何元素。这种元素就是体素(Volume Element,VOXEL)。将一个三维几何体空间分割成体素空间,每个体素有其自己的颜色、材质、状态等属性。最常用体素类型包括立方体、长方体、四面体。用立方体、长方体、四面体分割的几何体空间是一个完整的空间,中间没有缝隙。因此,可用具有不同属性的小体素的组合表示几何体内部的复杂属性,这样的模型称为 VOXEL 体素模型。为确保三维几何体表示的精度,体素的大小可根据需要选取。将这种基于体素的三维模型表示与可视化技术称为多属性体图形学(Volume Graphics),Volume 是指内部具有复杂属性的体,和 Solid 实体不同。在 Volume Graphics 中,三维图形的最小处理单元是小体素,而不是多边形,其可视化算法也不相同。对体素模型的显示技术主要包括空间物体模型顺序(Object Order)、图像顺序(Image Order)和域方法(Domain Method)等。

目前,多边形图形学与多属性体图形学并存,多属性体图形学包含多边形图形学,多属性体图形学代表了计算机图形学的发展方向。人体医学三维模型重建研究一直与多属性体图形学的发展密切相关。医学三维重建算法是多属性体图形学算法的基础。要表示一个体素,或者用体素 8 个角点的三维坐标,或者用体素中心点的三维坐标再加三向步长。这两种

表示,不管采用哪一种,都会占用比较大的内存空间,这方面限制了多属性体图形学发展。

本书的编写特点就是在介绍 Java 3D 主要功能与计算机图形学算法的基础上,针对每项功能给出了 Java、Java 3D 编程实例,由浅入深,循序渐进。因此,只要学习过 Java 语言,就可以很好地学习该书的内容。如果系统地学习了本书的内容,就能应用 Java、Java 3D 编程设计与开发三维图形系统,设计复杂的三维人物模型,对三维形体进行变形,定义三维人物模型的动作,定义键盘、鼠标对三维人物模型的交互控制与操作,并配以声音效果,实现计算机三维动漫设计与计算机三维游戏开发等。结合 Java 语言对 Internet 的强大支持功能,实现基于 Internet 的三维动态图形系统的设计与开发。

附录 A 包含 Java 3D 的包、类结构关系。

附录 B 包含 JDK 1.7、Java 3D 1.5、JCreator LE 5.00 的下载与安装说明,可供参考。

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 的三维图形系统、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,作者编写了这本书。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。

本书适合作为高等院校计算机图形学教材,也可作为研究生与广大科研工作者的参考书。

本教材获海南省自然科学基金资助(项目编号:613157)、海南大学 2013 年度自编教材资助项目(项目编号:Hdzbjc1301)。

编 者

2014 年 5 月

F O R E W O R D

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机图形学	1
1.1.1 多边形图形学	1
1.1.2 多属性体图形学	2
1.2 计算机图形学应用	2
1.2.1 计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM)	2
1.2.2 地形地貌与自然资源图	3
1.2.3 虚拟现实技术	3
1.2.4 科学计算可视化	4
1.2.5 计算机三维动漫设计	4
1.2.6 计算机三维网络游戏开发	7
1.2.7 三维设计常用的软件系统	8
1.3 计算机图形学中的重要概念	8
1.3.1 计算机三维模型表示	8
1.3.2 线架模型	9
1.3.3 Brep 边界面模型	9
1.3.4 翼边数据结构与半边数据结构	10
1.3.5 Solid 实体与 CSG 构造实体几何	11
1.3.6 Brep 边界面模型与多边形图形学	12
1.3.7 VOXEL 体素模型	12
1.3.8 DEXEL 深度元素模型	13
1.3.9 VOXEL 体素模型与多属性体 图形学	14
1.3.10 八叉树表示法	15
1.4 逆向工程	16
1.5 STL 三角网格数据文件	17
1.6 快速原型系统	18
1.7 总结	20
第 2 章 Java 3D 基本概念	21
2.1 Java 3D 的包及其功能	21
2.2 Java 3D 的重要概念	22

2.2.1	Java 3D 高分辨率大尺度坐标系	22
2.2.2	虚拟空间	24
2.2.3	场所	24
2.2.4	VirtualUniverse 类、Locale 类与 HiResCoord 类之间的关系	25
2.2.5	默认情况下 Java 3D 坐标系	26
2.2.6	Java 3D 场景图	26
2.2.7	Java 3D 的 3 种可视化模式	30
2.2.8	SimpleUniverse 类	32
2.2.9	Java 3D 的三维空间范围定义 Bounds 类	33
2.2.10	所有场景图节点的默认坐标系 和原点	33
2.2.11	激活与预编译的概念 (Live and Compiled)	35
2.2.12	Java 3D 的 SharedGroup 类共享子 图功能	35
2.2.13	Java 3D 的 CloneTree 方法克隆子 图功能	36
2.2.14	Java 3D 的 View 类观察模型	36
2.2.15	在虚拟世界中的 ViewPlatform 观察平台	37
2.2.16	产生一个 View 观察	38
2.2.17	Java 3D 观察模型概述	39
2.2.18	虚拟世界坐标系与 ViewPlatform 观察平台坐标系	40
2.2.19	共存坐标系统	40
2.2.20	一个最小的环境	40
2.2.21	Java 3D 最常用的显示设备	41
2.2.22	行为与插值器 (Behaviors and Znterpolators)	41
2.3	总结	45

第 3 章 Java 3D 基本图形功能	46
3.1 Java 3D 的场景式管理	46
3.2 SimpleUniverse 类及其方法	49
3.3 ViewingPlatform 类及其方法	50
3.4 Java 3D 包、类的结构关系	52
3.5 Java 3D 的基本图形功能类	53
3.6 Shape3D 类	54
3.7 Appearance 类	56
3.8 BranchGroup 类	58
3.9 TransformGroup 类	58
3.10 GeometryArray 类	59
3.11 点 PointArray 类	63
3.11.1 PointArray 类	63
3.11.2 PointAttributes 类	63
3.11.3 像素	64
3.11.4 直线 DDA 算法	64
3.11.5 红、绿、蓝三原色合成	65
3.11.6 IndexedPointArray 类	69
3.12 线 LineArray 类	71
3.12.1 LineArray 类	71
3.12.2 LineAttributes 类	72
3.12.3 IndexedLineArray 类	75
3.12.4 LineStripArray 类	77
3.13 多边形属性类 PolygonAttributes 类	80
3.14 多边形面及其法向量	81
3.14.1 多边形的法向量计算	81
3.14.2 多边形可视化的填充算法	82
3.15 三角面 TriangleArray 类	84
3.16 三角带 TriangleStripArray 类	86
3.17 三角扇 TriangleFanArray 类	89
3.18 IndexedTriangleArray 类	94
3.19 四边面 QuadArray 类	95
3.20 IndexedQuadArray 类	97

3.21	颜色属性 ColoringAttributes 类	98
3.22	材质 Material 类	99
3.23	透明属性 TransparencyAttributes 类	102
3.24	光源 Light 类	103
3.25	点光源 PointLight 类	105
3.26	平行光源 DirectionalLight 类	106
3.27	环境光源 AmbientLight 类	106
3.28	Java 语言多维数组与计算机几何 数据定义	109
3.28.1	线性数据点与二维数组表示	109
3.28.2	平面型数据点与三维 数组表示	110
3.28.3	空间层状立体数据点与四维 数组表示	111
3.29	Java 语言多维数组与 Java 3D 一维数组 之间的转换	112
3.30	体与面的三角网格与四边网格表示	112
3.30.1	四边网格曲面表示	112
3.30.2	三角网格曲面表示	117
3.30.3	混合多边形网格表示	118
3.31	Tuple3f 类	118
3.32	Vector3f 类	119
3.33	三角网格与四边网格混合使用实例	124
3.34	GeometryInfo 类	132
3.35	Stripifier 类	136
3.36	Triangulator 类	136
3.37	Java 3D 的实体字体	144
3.37.1	Font3D 类	144
3.37.2	FontExtrusion 类	144
3.37.3	Text3D 类	145
3.38	总结	148

第4章 复杂曲线、曲面设计	149
4.1 Bezier 曲线、曲面设计	149
4.1.1 Bezier 曲线	149
4.1.2 三次 Bezier 曲线的矩阵表示	151
4.1.3 二次 Bezier 曲线的矩阵表示	155
4.1.4 一次 Bezier 曲线的矩阵表示	156
4.1.5 三次 Bezier 曲线切线计算	156
4.1.6 Bezier 曲线的 De Casteljau 算法	156
4.1.7 三次 Bezier 曲面的矩阵表示	157
4.1.8 二次 Bezier 曲面的矩阵表示	171
4.1.9 Bezier 曲线、曲面拼接的连续性	171
4.1.10 Bezier 曲面法向量计算	172
4.1.11 Bezier 曲面的性质	172
4.2 B 样条曲线、曲面设计	173
4.2.1 B 样条基函数及其递推公式	173
4.2.2 三次 B 样条基函数直接 计算公式	175
4.2.3 二次 B 样条基函数直接 计算公式	177
4.2.4 参数 u 节点值的分布对 B 样条基 函数的影响	177
4.2.5 B 样条曲线设计	180
4.2.6 均匀参数节点的 B 样条曲线 矩阵表示	182
4.2.7 内部重节点对 B 样条曲线 的影响	186
4.2.8 B 样条曲面定义	187
4.2.9 双三次、双二次均匀参数节点 B 样 条曲面的矩阵表示	187
4.2.10 双三次均匀参数节点 B 样条曲面 的拼接	194
4.3 NURBS 曲线、曲面设计	198
4.3.1 NURBS 曲线的定义	198

4.3.2	NURBS 曲线的齐次坐标表示	200
4.3.3	NURBS 曲线的矩阵表示	200
4.3.4	NURBS 曲线的 u 参数化算法	201
4.3.5	NURBS 曲面的定义	202
4.3.6	NURBS 曲面的矩阵块表示	203
4.4	NURBS 体造型与可视化	203
4.4.1	NURBS 体方程	203
4.4.2	NURBS 体的 u, v, w 参数空间	203
4.4.3	NURBS 体的体素模型表示与 可视化	204
4.5	总结	204
第 5 章 Java 3D 的坐标变换与基本形体		205
5.1	图形坐标变换	205
5.1.1	二维空间图形坐标变换	205
5.1.2	三维空间图形坐标变换	209
5.1.3	刚性变换与仿射变换	213
5.1.4	错切变换	213
5.1.5	三维空间图形的组合坐标变换	214
5.2	Java 3D 的坐标变换	214
5.2.1	AxisAngle4f 类、AxisAngle4d 类	214
5.2.2	Transform3D 类与 AxisAngle4f 类、 AxisAngle4d 类相关的方法	215
5.2.3	Quat4d 类、Quat4f 类	216
5.2.4	Matrix3d 类、Matrix3f 类	217
5.2.5	Transform3D 类	218
5.2.6	Transform3D 类最常用的方法	219
5.3	TransformGroup 类及其与 Transform3D 类 之间的关系	222
5.4	两矩阵的乘积与编程	223
5.5	世界坐标系、观察坐标系与 Java 3D 显示器坐标系	224
5.6	透视投影、平行投影及其计算	225

5.6.1	透视投影计算	225
5.6.2	平行投影计算	225
5.7	隐藏线、隐藏面消除算法	226
5.7.1	隐藏线消除	226
5.7.2	法向量与隐藏面消除	226
5.7.3	Z Buffer 隐藏面消除算法	228
5.7.4	区域排序消隐算法	229
5.7.5	扫描线消隐算法	230
5.7.6	光线跟踪消隐算法	230
5.8	三维几何形体的最小包围盒与最小包围球	231
5.8.1	最小包围矩形、最小包围圆	231
5.8.2	最小包围盒、最小包围球	231
5.9	线、面、体几何元素间的求交	232
5.10	包含判定算法	232
5.10.1	点与直线段的包含判定	232
5.10.2	点与圆锥曲线段的包含判定	233
5.10.3	点与参数曲线的包含判定	233
5.10.4	点与平面多边形区域的包含判定	233
5.10.5	同一平面内点与多边形的包含判定	234
5.10.6	点与二次曲面、参数曲面的包含判定	236
5.10.7	点与三维形体的包含判定	236
5.10.8	重叠判定算法	236
5.11	光源的类型	237
5.12	局部照明计算模型	237
5.13	Gouraud 算法和 Phong 算法	239
5.13.1	平面照明模型(Flat Shading)	240
5.13.2	Gouraud 算法	240
5.13.3	Phong 算法	241
5.14	Whitted 整体照明模型	243

5.14.1	Whitted 整体光照明模型	243
5.14.2	光线追踪算法(Raytracing)	244
5.15	Java 3D 定义的基本形体	245
5.15.1	长方体 Box 类	245
5.15.2	圆柱体 Cylinder 类	246
5.15.3	圆锥体 Cone 类	246
5.15.4	球体 Sphere 类	246
5.15.5	彩色立方体 ColorCube 类	247
5.16	Switch 类	247
5.17	OrderedGroup 类	249
5.18	SharedGroup 类	258
5.19	Link 类	258
5.20	图形剪裁	269
5.20.1	三维剪裁空间	269
5.20.2	二维平面剪裁区间	269
5.21	总结	271
第 6 章 Java 3D 动态图形技术与变形		272
6.1	插值器行为	272
6.2	Alpha 类	272
6.3	将时间匹配成 Alpha	273
6.4	Alpha 加速	275
6.5	Behavior 类	278
6.6	WakeupCondition 类	283
6.6.1	WakeupAnd 类	283
6.6.2	WakeupOr 类	284
6.6.3	WakeupAndOfOrs 类	284
6.6.4	WakeupOrOfAnds 类	284
6.6.5	WakeupCriterion 类	284
6.6.6	WakeupOnElapsedTime 类	285
6.6.7	WakeupOnElapsedFrames 类	285
6.6.8	WakeupOnActivation 类	286
6.6.9	WakeupOnDeactivation 类	286

6.6.10	WakeupOnAWTEvent 类	286
6.6.11	WakeupOnTransformChange 类	287
6.6.12	WakeupOnBehaviorPost 类	287
6.6.13	WakeupOnViewPlatformEntry 类	288
6.6.14	WakeupOnViewPlatformExit 类	288
6.6.15	WakeupOnCollisionEntry 类	288
6.6.16	WakeupOnCollisionExit 类	289
6.6.17	WakeupOnCollisionMovement 类	290
6.6.18	WakeupOnSensorEntry 类	291
6.6.19	WakeupOnSensorExit 类	292
6.7	Interpolator 类	292
6.7.1	ColorInterpolator 类	293
6.7.2	TransparencyInterpolator 类	297
6.7.3	SwitchValueInterpolator 类	300
6.7.4	TransformInterpolator 类	305
6.7.5	RotationInterpolator 类	306
6.7.6	PositionInterpolator 类	327
6.7.7	ScaleInterpolator 类	330
6.7.8	KBSplinePathInterpolator 类	333
6.7.9	KBRotPosScaleSplinePath- Interpolator 类	334
6.7.10	TCBSplinePathInterpolator 类	335
6.7.11	RotPosScaleTCBSplinePath- Interpolator 类	336
6.7.12	TCBKeyFrame 类	336
6.7.13	PathInterpolator 类	341
6.7.14	PositionPathInterpolator 类	343
6.7.15	RotationPathInterpolator 类	348
6.7.16	RotPosPathInterpolator 类	352
6.7.17	RotPosScalePathInterpolator 类	357
6.8	LOD 类	362
6.9	Billboard 类	370
6.10	Morph 类	378

6.11	KeyNavigatorBehavior 类	385
6.12	MouseBehavior 类	400
6.12.1	MouseBehaviorCallback 接口	402
6.12.2	MouseRotate 类	402
6.12.3	MouseTranslate 类	404
6.12.4	MouseWheelZoom 类	405
6.12.5	MouseZoom 类	406
6.13	PickMouseBehavior 类	418
6.13.1	PickingCallback 接口	419
6.13.2	PickTool 类	419
6.13.3	PickRotateBehavior 类	420
6.13.4	PickTranslateBehavior 类	421
6.13.5	PickZoomBehavior 类	422
6.14	ViewPlatformBehavior 类	430
6.14.1	ViewPlatformAWTBehavior 类	431
6.14.2	WandViewBehavior 类	432
6.15	总结	433
第 7 章	Java 3D 的纹理与纹理映射	434
7.1	纹理与纹理映射原理	434
7.1.1	纹理映射	435
7.1.2	几何体表面的凸凹纹理	435
7.2	Java 3D 的纹理映射	436
7.3	TextureLoader 类	437
7.4	TextureAttributes 类	439
7.5	Texture 类	443
7.6	Texture2D 类	448
7.7	Texture3D 类	450
7.8	TextureCubeMap 类	451
7.9	TextureUnitState 类	453
7.10	TexCoordGeneration 类	454
7.11	TexCoord2f 类	457
7.12	TexCoord3f 类	458

7.13	TexCoord4f 类	458
7.14	ImageComponent 类	458
7.15	ImageComponent2D 类	459
7.16	ImageComponent3D 类	460
7.17	基本形体纹理映射	461
7.18	不共面的四点形成的四边形的纹理映射	465
7.19	双三次 Bezier 曲面的纹理映射	467
7.20	自动纹理坐标生成类 TexCoordGeneration 的应用	472
7.21	纹理立方体匹配类 TextureCubeMap 类 的应用	479
7.21.1	基本形体 TextureCubeMap 类 的应用	479
7.21.2	双三次 Bezier 曲面体的 Texture- CubeMap 纹理映射及其越界	490
7.22	双三次复杂 Bezier 曲面体的精确 纹理映射	493
7.23	总结	498
第 8 章	Java 3D 外部三维图形文件导入	499
8.1	引言	499
8.2	Loader 接口	499
8.3	Lw3dLoader 类	500
8.4	ObjectFile 类	501
8.5	LoaderBase 类	503
8.6	Wavefront 的 .obj 文件格式与 Java 3D 模型 文件格式的转换	503
8.7	3ds Max 的 .3ds 文件格式与 Java 3D 模型 文件格式的转换	505
8.8	总结	508
第 9 章	Java 3D Sound 声音类	509
9.1	引言	509