

张金钊 张金锐 张金镝 著

X₃D

虚拟现实设计

第二代立体网络程序设计语言



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



X3D 虚拟现实设计

——第二代立体网络程序设计语言

张金钊 张金锐 张金镛 著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书全面介绍了计算机前沿科技——虚拟现实 X3D (Extensible 3D), 即虚拟现实三维立体网络程序设计语言。X3D 作为第二代三维立体网络程序设计语言, 是目前计算机虚拟现实领域最前沿的一种新型语言。它是宽带网络、多媒体、游戏设计、人性化动画设计、信息地理及人工智能相融合的高科技产品, 是把握未来网络、多媒体、游戏设计及人工智能的关键技术。X3D 大有一统网络三维立体设计趋势, 具有划时代意义。

本书是集计算机网络、多媒体、游戏设计、人性化动画设计、信息地理及人工智能于一身的实用教材。全书内容丰富, 叙述由浅入深, 思路清晰, 结构合理, 实用性强。本书配有大量的 X3D 源程序实例, 从而使读者更加容易掌握 X3D 虚拟现实三维立体网络程序设计语言。

本书可作为高等院校研究生、本科、专科学生的计算机网络、多媒体、游戏设计、数字艺术设计、机械加工设计、美术装潢设计、建筑规划设计、虚拟信息地理、虚拟医疗等专业教材, 同时也可作为计算机软件开发人员和工程技术人员的实用工具书。

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

X3D 虚拟现实设计: 第二代立体网络程序设计语言/张金钊, 张金锐, 张金镒著. —北京: 电子工业出版社, 2007.6

ISBN 978-7-121-04544-8

I. X… II. ①张… ②张… ③张… III. VRML 语言—程序设计 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 080398 号

策划编辑: 窦 昊

责任编辑: 宋兆武

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

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: 787×1092 1/16 印张: 30 字数: 768 千字

印 次: 2007 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 56.00 元 (含光盘 1 张)

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

跨入21世纪,人类已经迈入数字化时代,我国信息产业得到迅猛发展。虚拟现实语言作为计算机的核心技术已被广泛应用于社会生活的各个领域。X3D虚拟现实技术是目前计算机领域的最前沿科技,是21世纪初在国内外刚刚兴起的一种新型语言,其发展前景十分广阔,潜力巨大。第二代三维立体网络程序设计语言X3D作为计算机的前沿科技,是宽带网络、多媒体、游戏设计、人性化动画设计、信息地理与人工智能相融合的高新技术,是把握未来网络、多媒体、游戏设计、人性化动画设计、信息地理及人工智能的关键技术。

X3D(Extensible 3D)是因特网3D图形国际通用软件标准,定义了如何在多媒体中整合基于网络传播的动态交互三维立体效果。利用它可以在网络上创建逼真的三维立体场景,开发与设计三维立体网站和网页程序,可以运行X3D程序直接进入Internet,还可以创建虚拟城市、网络超市、虚拟网络法庭、网络选房与展销等。从而改变目前网络与用户交互的二维平面的局限性,使用户在网络三维立体场景中,实现动态交互和感知交流,体验身临其境的感觉和感知。

2004年8月,X3D已被国际标准组织ISO正式批准,成为国际通用标准。X3D大有一统网络三维立体设计的趋势,具有划时代意义。X3D可以在不同的硬件设备中使用,并可用于不同的应用领域,如科学可视化、航空航天模拟、虚拟战场、多媒体再现、教育、娱乐、网页设计、共享虚拟世界等领域。利用虚拟现实技术我国已首次创建出虚拟人,使用虚拟人模拟为医学实习、治疗、手术及教学和科研作出巨大贡献,其意义非常深远。

X3D虚拟现实三维立体网络程序设计语言具有9大特点:

1. 强大的网络功能,在网络上创建三维立体的X3D场景和造型进行动态交互浏览、展示和操作。也可以通过运行X3D程序直接接入Internet上网,创建三维立体网页和网站等。
2. 程序驱动功能,X3D最突出的特点是利用程序支持各种本地和网络三维立体场景与造型。
3. 多媒体功能,能够实现各种多媒体制作。在三维立体空间场景几何体上播放影视节目、环境立体声等。
4. 创建虚拟现实三维立体造型和场景,提供3D、2D场景和造型功能、变换层级、光影效果、材质、多通道/多进程纹理绘制,实现更好的三维立体交互界面。
5. 人性化动画设计,实现虚拟人行走运动设计,如行走、坐立、运动、交谈、表情(喜、怒、哀、乐)等。
6. 游戏动画设计,利用虚拟现实语言开发设计游戏软件,如跑车游戏、虚拟飞行、虚拟围棋、弹球、网络游戏等。
7. 信息地理设计,利用虚拟现实语言开发数字地球、数字城市、城市规划与设计及虚拟社区等。
8. 用户动态交互功能,基于鼠标的选取和拖曳,体验键盘输入的交互感。利用脚本实现程序与脚本语言交互设计,可以动态地改变场景。
9. 人工智能,主要体现在X3D具有感知功能。利用动态感知和传感器节点,实现用户

与场景和造型之间的智能动态交互感知效果。

虚拟现实三维立体网络程序设计语言X3D使读者了解计算机在软件开发方面如何利用目前国际上最先进的开发工具和手段，以及运用软件工程的思想来开发和设计三维立体网络程序。从软件开发的角编写本书，思路清晰，结构合理。本书全面详细地阐述了X3D的语法结构、数据结构定义、概貌（profile）、组件（component）、等级（level）、节点（Node）、域（Field）等，突出语法定义中每个“节点”中域的域值描述，并结合具体的实例源程序深入浅出地进行讲解，激发读者的学习兴趣。为了使读者能够掌握X3D虚拟现实三维立体网络程序设计语言，本书配有大量的编程实例源程序，而且都在计算机上经过严格的调试并通过，供读者参考。

“知识改变命运，教育成就未来”，只有不断学习、探索 and 开发未知领域，才能有所突破和创新，为人类的进步作出应有的贡献。“知识是有限的，而想象力是无限的”，想象力在发散思维的驱动下，在浩瀚的宇宙空间中驰骋翱翔。希望广大读者在X3D虚拟现实世界中充分发挥自己的想象力，实现您的全部梦想。

由于时间仓促，水平有限，书中的缺点和不足在所难免，敬请读者把对本书的意见和建议告诉我们。网址为 <http://www.x3dvrm.com>。电子邮箱（E-mail）：zhzjza@21cn.com；zhzjzao@163.com。

作 者

2007年2月28日

目 录

第 1 章 X3D 虚拟现实技术概述	(1)
1.1 虚拟现实技术简介	(1)
1.2 X3D 概述	(7)
1.3 X3D 发展历史	(7)
1.4 X3D 系统特性	(8)
1.5 X3D 系统组成	(9)
1.6 X3D 应用和展望	(10)
1.6.1 虚拟现实 X3D 应用领域	(11)
1.6.2 虚拟现实 X3D 展望	(14)
第 2 章 X3D 开发环境	(15)
2.1 X3D 浏览器	(15)
2.1.1 X3D 浏览器简介	(15)
2.1.2 Xj3D 体系结构 UML 组件	(16)
2.1.3 Xj3D 浏览器安装使用	(18)
2.1.4 X3D 其他浏览器	(18)
2.2 X3D 软件开发编辑器	(19)
2.2.1 记事本 X3D 编辑器	(19)
2.2.2 X3D-Edit 专用编辑器	(19)
2.2.3 X3D 其他开发工具	(22)
2.3 X3D 安装运行环境	(24)
2.3.1 X3D 运行环境要求	(25)
2.3.2 Java1.4.2 安装与设置	(25)
2.3.3 XML 安装与设置	(26)
2.3.4 X3D-Edit 编辑器安装	(28)
2.4 X3D 程序的故障分析和调试	(29)
2.4.1 X3D 安装故障分析与处理	(29)
2.4.2 X3D 程序调试	(29)
第 3 章 X3D 基本语法结构	(30)
3.1 X3D 基本概念	(30)
3.1.1 X3D 空间坐标系	(30)
3.1.2 X3D 空间计量单位	(30)
3.1.3 X3D 三维立体空间着色	(31)
3.1.4 X3D 文件类型	(32)
3.1.5 X3D 场景语法图	(33)
3.2 X3D 文件语法结构	(34)
3.2.1 X3D 文件结构	(34)

3.2.2	X3D 文件头	(35)
3.2.3	X3D 文件体	(36)
3.2.4	X3D 文件注释	(38)
3.3	X3D 节点和域数据类型	(38)
3.3.1	X3D 节点	(39)
3.3.2	X3D 域数据类型	(40)
3.4	X3D 文件中事件、路由和脚本	(45)
3.5	X3D 保留字	(46)
3.6	X3D 基本语法源程序实例	(46)
第 4 章	X3D 核心节点	(49)
4.1	X3D 节点	(49)
4.2	head 标签节点	(51)
4.3	component 标签节点	(51)
4.4	meta 节点	(52)
4.4.1	MetadataInteger 节点	(53)
4.4.2	MetadataFloat 节点	(54)
4.4.3	MetadataDouble 节点	(54)
4.4.4	MetadataSet 节点	(55)
4.4.5	MetadataString 节点	(56)
4.5	Scene 节点	(56)
4.6	field 节点	(57)
4.7	fieldValue 节点	(58)
4.8	X3D 核心节点源程序实例	(58)
第 5 章	X3D 基本几何节点设计	(62)
5.1	Shape 节点设计	(62)
5.1.1	Shape 节点语法结构	(62)
5.1.2	Shape 节点数据结构	(62)
5.1.3	Appearance 物体造型外观节点设计	(64)
5.1.4	Material 外观材料节点设计	(65)
5.1.5	Geometry 几何节点设计	(67)
5.1.6	Shape 节点源程序实例	(68)
5.2	X3D 三维立体造型节点	(70)
5.2.1	Sphere 球体节点	(70)
5.2.2	Box 立方体节点	(73)
5.2.3	Cone 圆锥体节点	(78)
5.2.4	Cylinder 圆柱体节点	(82)
5.2.5	Text 文本造型节点	(86)
5.2.6	FontStyle 文本外观节点	(89)
5.3	X3D 二维空间造型节点	(95)
5.3.1	Arc2D 弧节点	(95)

5.3.2	ArcClose2D 封闭圆弧节点	(98)
5.3.3	Circle2D 平面圆节点	(103)
5.3.4	Rectangle2D 平面矩形节点	(107)
5.3.5	Disk2D 填充圆节点	(110)
5.3.6	FillProperties 填充物节点	(114)
5.3.7	LineSet 线节点	(116)
5.3.8	LineProperties 线填充物节点	(118)
5.3.9	Polypoint2D 点节点	(120)
5.3.10	Polyline2D 线节点	(122)
5.4	X3D 相关节点	(124)
5.4.1	TriangleSet2D 三角形 2D 节点	(124)
5.4.2	Contour2D 节点	(126)
5.4.3	ContourPolyline2D 节点	(127)
5.4.4	Coordinate 节点	(129)
5.4.5	CoordinateDouble 节点	(131)
5.4.6	TriangleSet 三角形节点	(133)
5.4.7	TriangleStripSet 三角形条带节点	(135)
5.4.8	TriangleFanSet 三角形扇面节点	(137)
5.4.9	Normal 法向量节点	(139)
5.4.10	Color 颜色节点	(141)
5.4.11	ColorRGBA 颜色节点	(142)
第 6 章	X3D 复杂节点设计	(145)
6.1	PointSet “点” 节点	(145)
6.1.1	PointSet “点” 节点语法结构	(145)
6.1.2	PointSet “点” 节点数据结构	(145)
6.1.3	PointSet “点” 节点源程序实例	(147)
6.2	IndexedLineSet “线” 节点	(149)
6.2.1	IndexedLineSet “线” 节点语法结构	(149)
6.2.2	IndexedLineSet “线” 节点数据结构	(150)
6.2.3	IndexedLineSet “线” 节点源程序实例	(151)
6.3	IndexedFaceSet “面” 节点	(153)
6.3.1	IndexedFaceSet “面” 节点语法结构	(153)
6.3.2	IndexedFaceSet “面” 节点数据结构	(154)
6.3.3	IndexedFaceSet “面” 节点源程序实例	(156)
6.4	IndexedTriangleFanSet 节点	(158)
6.4.1	IndexedTriangleFanSet 节点语法结构	(158)
6.4.2	IndexedTriangleFanSet 节点数据结构	(159)
6.4.3	IndexedTriangleFanSet 节点源程序实例	(160)
6.5	IndexedTriangleSet 节点	(162)
6.5.1	IndexedTriangleSet 节点语法结构	(162)

6.5.2	IndexedTriangleSet 节点数据结构	(163)
6.5.3	IndexedTriangleSet 节点源程序实例	(164)
6.6	IndexedTriangleStripSet 节点	(166)
6.6.1	IndexedTriangleStripSet 节点语法结构	(166)
6.6.2	IndexedTriangleStripSet 节点数据结构	(167)
6.6.3	IndexedTriangleStripSet 节点源程序实例	(168)
6.7	IndexedQuadSet 节点	(170)
6.7.1	IndexedQuadSet 节点语法结构	(170)
6.7.2	IndexedQuadSet 节点数据结构	(171)
6.8	ElevationGrid 海拔栅格节点	(172)
6.8.1	ElevationGrid 海拔栅格节点语法结构	(173)
6.8.2	ElevationGrid 海拔栅格节点数据结构	(173)
6.8.3	ElevationGrid 海拔栅格节点源程序实例	(175)
6.9	Extrusion 挤出造型节点	(177)
6.9.1	Extrusion 挤出造型节点语法结构	(178)
6.9.2	Extrusion 挤出造型节点数据结构	(178)
6.9.3	Extrusion 挤出造型节点源程序实例	(181)
6.10	FloatVertexAttribute 浮点数顶点属性节点	(183)
6.11	Matrix3VertexAttribute 矩阵 3×3 顶点属性节点	(184)
6.12	Matrix4VertexAttribute 矩阵 4×4 顶点属性节点	(185)
6.13	XvShell 节点	(186)
6.13.1	XvShell 节点语法结构	(187)
6.13.2	XvShell 节点数据结构	(187)
第 7 章	组节点创建 X3D 立体空间造型	(190)
7.1	Transform 空间坐标变换节点	(190)
7.1.1	Transform 空间坐标变换节点语法结构	(190)
7.1.2	Transform 空间坐标变换节点数据结构	(190)
7.1.3	Transform 空间坐标变换节点源程序实例	(193)
7.2	Group 编组节点	(195)
7.2.1	Group 编组节点语法结构	(195)
7.2.2	Group 编组节点数据结构	(195)
7.2.3	Group 编组节点源程序实例	(196)
7.3	StaticGroup 静态组节点	(199)
7.3.1	StaticGroup 静态组节点语法结构	(199)
7.3.2	StaticGroup 静态组节点数据结构	(199)
7.4	Inline 内联节点 (调用节点型组节点)	(201)
7.4.1	Inline 内联节点语法结构	(201)
7.4.2	Inline 内联节点数据结构	(201)
7.4.3	Inline 内联节点源程序实例	(203)
7.5	Switch 开关节点 (选择型组节点)	(205)

7.5.1	Switch 开关节点语法结构	(205)
7.5.2	Switch 开关节点数据结构	(205)
7.5.3	Switch 开关节点源程序实例	(207)
7.6	Billboard 广告、警示牌、海报节点	(209)
7.6.1	Billboard 广告、警示牌、海报节点语法结构	(209)
7.6.2	Billboard 广告、警示牌、海报节点数据结构	(210)
7.6.3	Billboard 广告、警示牌、海报节点源程序实例	(211)
7.7	Anchor 锚节点（超级链接组节点）	(214)
7.7.1	Anchor 锚节点语法结构	(214)
7.7.2	Anchor 锚节点数据结构	(214)
7.7.3	Anchor 锚节点源程序实例	(216)
7.8	LOD 细节层次节点（分级型组节点）	(220)
7.8.1	LOD 细节层次节点语法结构	(220)
7.8.2	LOD 细节层次节点数据结构	(221)
第 8 章	X3D 纹理效果节点设计	(223)
8.1	TextureBackground 纹理背景节点	(223)
8.1.1	TextureBackground 纹理背景节点语法结构	(223)
8.1.2	TextureBackground 纹理背景节点数据结构	(224)
8.2	ImageTexture 图像纹理节点	(226)
8.2.1	ImageTexture 图像纹理节点语法结构	(226)
8.2.2	ImageTexture 图像纹理节点数据结构	(226)
8.2.3	ImageTexture 图像纹理节点源程序实例	(228)
8.3	Image3DTexture 图像纹理节点	(230)
8.3.1	Image3DTexture 图像纹理节点语法结构	(230)
8.3.2	Image3DTexture 图像纹理节点数据结构	(230)
8.4	ImageCubeMapTexture 图像纹理节点	(232)
8.4.1	ImageCubeMapTexture 图像纹理节点语法结构	(232)
8.4.2	ImageCubeMapTexture 图像纹理节点数据结构	(232)
8.5	PixelTexture 像素纹理节点	(234)
8.5.1	PixelTexture 像素纹理节点语法结构	(234)
8.5.2	PixelTexture 像素纹理节点数据结构	(234)
8.5.3	PixelTexture 像素纹理节点源程序实例	(236)
8.6	Pixel3DTexture 像素 3D 纹理节点	(238)
8.6.1	Pixel3DTexture 像素 3D 纹理节点语法结构	(238)
8.6.2	Pixel3DTexture 像素 3D 纹理节点数据结构	(238)
8.7	MovieTexture 影像纹理节点	(240)
8.7.1	MovieTexture 影像纹理节点语法结构	(240)
8.7.2	MovieTexture 影像纹理节点数据结构	(240)
8.7.3	MovieTexture 影像纹理节点源程序实例	(242)
8.8	TextureCoordinate 纹理坐标节点	(244)

8.8.1	TextureCoordinate 纹理坐标节点语法结构	(244)
8.8.2	TextureCoordinate 纹理坐标节点数据结构	(245)
8.8.3	TextureCoordinate 纹理坐标节点源程序实例	(246)
8.9	TextureCoordinate3D 纹理 3D 坐标节点	(248)
8.9.1	TextureCoordinate3D 纹理 3D 坐标节点语法结构	(248)
8.9.2	TextureCoordinate3D 纹理 3D 坐标节点数据结构	(248)
8.10	TextureCoordinate4D 纹理 4D 坐标节点	(250)
8.10.1	TextureCoordinate4D 纹理 4D 坐标节点语法结构	(250)
8.10.2	TextureCoordinate4D 纹理 4D 坐标节点数据结构	(250)
8.11	TextureCoordinateGenerator 纹理坐标生成器节点	(252)
8.11.1	TextureCoordinateGenerator 纹理坐标生成器节点语法结构	(252)
8.11.2	TextureCoordinateGenerator 纹理坐标生成器节点数据结构	(252)
8.12	TextureMatrixTransform 纹理矩阵坐标节点	(254)
8.12.1	TextureMatrixTransform 纹理矩阵坐标节点语法结构	(254)
8.12.2	TextureMatrixTransform 纹理矩阵坐标节点数据结构	(254)
8.13	TextureTransform 纹理坐标变换节点	(255)
8.13.1	TextureTransform 纹理坐标变换节点语法结构	(255)
8.13.2	TextureTransform 纹理坐标变换节点数据结构	(256)
8.13.3	TextureTransform 纹理坐标变换节点源程序实例	(257)
8.14	TextureTransform3D 纹理坐标 3D 变换节点	(259)
8.14.1	TextureTransform3D 纹理坐标 3D 变换节点语法结构	(259)
8.14.2	TextureTransform3D 纹理坐标 3D 变换节点数据结构	(259)
8.15	MultiTexture 多纹理节点	(261)
8.15.1	MultiTexture 多纹理节点语法结构	(261)
8.15.2	MultiTexture 多纹理节点数据结构	(261)
8.16	MultiTextureCoordinate 多纹理坐标节点	(263)
8.16.1	MultiTextureCoordinate 多纹理坐标节点语法结构	(263)
8.16.2	MultiTextureCoordinate 多纹理坐标节点数据结构	(264)
8.17	MultiTextureTransform 多纹理坐标变换节点	(265)
8.17.1	MultiTextureTransform 多纹理坐标变换节点语法结构	(265)
8.17.2	MultiTextureTransform 多纹理坐标变换节点数据结构	(265)
8.18	Composed3Dtexture 构成 3D 纹理节点	(267)
8.18.1	Composed3Dtexture 构成 3D 纹理节点语法结构	(267)
8.18.2	Composed3Dtexture 构成 3D 纹理节点数据结构	(267)
8.19	ComposedCubeMapTexture 构成立方体图像纹理节点	(269)
8.19.1	ComposedCubeMapTexture 构成立方体图像纹理节点语法结构	(269)
8.19.2	ComposedCubeMapTexture 构成立方体图像纹理节点数据结构	(269)
8.20	GeneratedCubeMapTexture 生成立方体图像纹理节点	(270)
8.20.1	GeneratedCubeMapTexture 生成立方体图像纹理节点语法结构	(271)
8.20.2	GeneratedCubeMapTexture 生成立方体图像纹理节点数据结构	(271)

第 9 章 X3D 场景效果节点设计	(273)
9.1 Background 立体空间背景节点	(273)
9.1.1 Background 背景节点语法结构	(273)
9.1.2 Background 背景节点数据结构	(274)
9.1.3 Background 立体空间背景节点源程序实例	(276)
9.2 空间大气效果节点	(278)
9.2.1 Fog 雾节点	(278)
9.2.2 LocalFog 本地雾节点	(282)
9.2.3 FogCoordinate 节点	(284)
9.3 视点效果节点	(285)
9.3.1 ViewPoint 视点节点	(286)
9.3.2 NavigationInfo 视点导航信息节点	(289)
9.4 光照效果节点	(294)
9.4.1 PointLight 点光源节点	(295)
9.4.2 DirectionLight 定向光源节点	(298)
9.4.3 SpotLight 聚光灯光源节点	(300)
9.5 音响效果节点	(303)
9.5.1 AudioClip 音响剪辑节点	(303)
9.5.2 Sound 声音节点	(306)
9.5.3 MovieTexture 影像文件节点	(309)
9.6 WorldInfo 信息化节点	(310)
9.6.1 WorldInfo 信息化节点语法结构	(310)
9.6.2 WorldInfo 信息化节点数据结构	(310)
第 10 章 曲面节点设计	(312)
10.1 NurbsCurve 节点设计	(312)
10.1.1 NurbsCurve 节点语法结构	(312)
10.1.2 NurbsCurve 节点数据结构	(312)
10.2 NurbsCurve2D 节点设计	(314)
10.2.1 NurbsCurve2D 节点语法结构	(314)
10.2.2 NurbsCurve2D 节点数据结构	(314)
10.3 NurbsOrientationInterpolator 节点设计	(316)
10.3.1 NurbsOrientationInterpolator 节点语法结构	(316)
10.3.2 NurbsOrientationInterpolator 节点数据结构	(316)
10.4 NurbsPatchSurface 节点设计	(317)
10.4.1 NurbsPatchSurface 节点语法结构	(318)
10.4.2 NurbsPatchSurface 节点数据结构	(318)
10.5 NurbsPositionInterpolator 节点设计	(320)
10.5.1 NurbsPositionInterpolator 节点语法结构	(320)
10.5.2 NurbsPositionInterpolator 节点数据结构	(320)
10.6 NurbsSet 节点设计	(321)

10.6.1	NurbsSet 节点语法结构	(321)
10.6.2	NurbsSet 节点数据结构	(322)
10.7	NurbsSurfaceInterpolator 节点设计	(323)
10.7.1	NurbsSurfaceInterpolator 节点语法结构	(323)
10.7.2	NurbsSurfaceInterpolator 节点数据结构	(323)
10.8	NurbsSweptSurface 节点设计	(325)
10.8.1	NurbsSweptSurface 节点语法结构	(325)
10.8.2	NurbsSweptSurface 节点数据结构	(325)
10.9	NurbsSwungSurface 节点设计	(327)
10.9.1	NurbsSwungSurface 节点语法结构	(327)
10.9.2	NurbsSwungSurface 节点数据结构	(327)
10.10	NurbsTextureCoordinate 节点设计	(328)
10.10.1	NurbsTextureCoordinate 节点语法结构	(328)
10.10.2	NurbsTextureCoordinate 节点数据结构	(328)
10.11	NurbsTrimmedSurface 节点设计	(330)
10.11.1	NurbsTrimmedSurface 节点语法结构	(330)
10.11.2	NurbsTrimmedSurface 节点数据结构	(331)
第 11 章	X3D 人性化节点设计	(333)
11.1	HAnimDisplacer 节点设计	(333)
11.1.1	HAnimDisplacer 节点语法结构	(333)
11.1.2	HAnimDisplacer 节点数据结构	(333)
11.2	HAnimHumanoid 节点设计	(335)
11.2.1	HAnimHumanoid 节点语法结构	(335)
11.2.2	HAnimHumanoid 节点数据结构	(335)
11.3	HAnimJoint 节点设计	(337)
11.3.1	HAnimJoint 节点语法结构	(337)
11.3.2	HAnimJoint 节点数据结构	(338)
11.4	HAnimSegment 节点设计	(339)
11.4.1	HAnimSegment 节点语法结构	(339)
11.4.2	HAnimSegment 节点数据结构	(340)
11.5	HAnimSite 节点设计	(341)
11.5.1	HAnimSite 节点语法结构	(341)
11.5.2	HAnimSite 节点数据结构	(341)
第 12 章	X3D 地理信息节点设计	(344)
12.1	GeoCoordinate 节点设计	(345)
12.1.1	GeoCoordinate 节点语法结构	(345)
12.1.2	GeoCoordinate 节点数据结构	(345)
12.2	GeoElevationGrid 节点	(347)
12.2.1	GeoElevationGrid 节点语法结构	(347)
12.2.2	GeoElevationGrid 节点数据结构	(347)

12.3	GeoLocation 节点	(349)
12.3.1	GeoLocation 节点语法结构	(350)
12.3.2	GeoLocation 节点数据结构	(350)
12.4	GeoLOD 节点	(351)
12.4.1	GeoLOD 节点语法结构	(351)
12.4.2	GeoLOD 节点数据结构	(351)
12.5	GeoMetadata 节点	(353)
12.5.1	GeoMetadata 节点语法结构	(353)
12.5.2	GeoMetadata 节点数据结构	(353)
12.6	GeoOrigin 节点	(355)
12.6.1	GeoOrigin 节点语法结构	(355)
12.6.2	GeoOrigin 节点数据结构	(355)
12.7	GeoPositionInterpolator 节点	(356)
12.7.1	GeoPositionInterpolator 节点语法结构	(356)
12.7.2	GeoPositionInterpolator 节点数据结构	(356)
12.8	GeoTouchSensor 节点	(358)
12.8.1	GeoTouchSensor 节点语法结构	(358)
12.8.2	GeoTouchSensor 节点数据结构	(358)
12.9	GeoViewpoint 节点	(360)
12.9.1	GeoViewpoint 节点语法结构	(360)
12.9.2	GeoViewpoint 节点数据结构	(360)
第 13 章	事件工具组件节点设计	(363)
13.1	BooleanFilter 节点设计	(363)
13.1.1	BooleanFilter 节点语法结构	(363)
13.1.2	BooleanFilter 节点数据结构	(363)
13.2	BooleanSequencer 节点设计	(365)
13.2.1	BooleanSequencer 节点语法结构	(365)
13.2.2	BooleanSequencer 节点数据结构	(365)
13.3	BooleanToggle 节点设计	(367)
13.3.1	BooleanToggle 节点语法结构	(367)
13.3.2	BooleanToggle 节点数据结构	(367)
13.4	BooleanTrigger 节点设计	(368)
13.4.1	BooleanTrigger 节点语法结构	(368)
13.4.2	BooleanTrigger 节点数据结构	(368)
13.5	IntegerSequencer 节点设计	(370)
13.5.1	IntegerSequencer 节点语法结构	(370)
13.5.2	IntegerSequencer 节点数据结构	(370)
13.6	IntegerTrigger 节点设计	(372)
13.6.1	IntegerTrigger 节点语法结构	(372)
13.6.2	IntegerTrigger 节点数据结构	(372)

13.7	TimeTrigger 节点设计	(373)
13.7.1	TimeTrigger 节点语法结构	(373)
13.7.2	TimeTrigger 节点数据结构	(373)
第 14 章	阴影节点设计	(375)
14.1	ShaderPart 节点设计	(375)
14.2	ShaderProgram 节点设计	(376)
14.3	ComposedShader 节点设计	(377)
14.4	ProgramShader 节点设计	(379)
14.5	PackagedShader 节点设计	(380)
第 15 章	X3D 最具特色动态感知虚拟现实节点	(382)
15.1	按键传感器节点	(382)
15.1.1	KeySensor 按键传感器节点语法结构	(382)
15.1.2	KeySensor 按键传感器节点数据结构	(382)
15.1.3	StringSensor 按键字符串传感器节点语法结构	(384)
15.1.4	StringSensor 按键字符串传感器节点数据结构	(384)
15.2	TimeSensor 时间传感器节点	(386)
15.2.1	TimeSensor 时间传感器节点语法结构	(386)
15.2.2	TimeSensor 时间传感器节点数据结构	(386)
15.3	X3D 动画控制节点	(389)
15.3.1	PositionInterpolator 位置插补器节点	(389)
15.3.2	PositionInterpolator2D 插补器节点	(392)
15.3.3	OrientationInterpolator 朝向插补器节点	(394)
15.3.4	ScalarInterpolator 标量插补器节点	(397)
15.3.5	ColorInterpolator 颜色插补器节点	(400)
15.3.6	CoordinateInterPolator 坐标插补器节点	(401)
15.3.7	CoordinateInterpolator2D 插补器节点	(403)
15.3.8	NormalInterpolator 法线插补器节点	(405)
15.4	X3D 触摸检测器节点	(406)
15.4.1	TouchSensor 触摸传感器节点	(407)
15.4.2	PlaneSensor 平面检测器节点	(408)
15.4.3	CylinderSensor 圆柱检测器节点	(412)
15.4.4	SphereSensor 球面检测器节点	(416)
15.5	X3D 智能感知检测器节点	(420)
15.5.1	VisibilitySensor 能见度传感器节点	(420)
15.5.2	ProximitySensor 亲近度传感器节点	(422)
15.5.3	Collision 碰撞传感器节点	(424)
15.5.4	LoadSensor 通信感知检测器节点	(426)
第 16 章	X3D 通信节点	(429)
16.1	EspduTransform 节点	(429)
16.1.1	EspduTransform 节点语法结构	(429)

16.1.2	EspduTransform 节点数据结构	(429)
16.2	ReceiverPdu 节点	(434)
16.2.1	ReceiverPdu 节点语法结构	(434)
16.2.2	ReceiverPdu 节点数据结构	(435)
16.3	SignalPdu 节点	(437)
16.3.1	SignalPdu 节点语法结构	(437)
16.3.2	SignalPdu 节点数据结构	(437)
16.4	TransmitterPdu 节点	(440)
16.4.1	TransmitterPdu 节点语法结构	(440)
16.4.2	TransmitterPdu 节点数据结构	(441)
第 17 章	CAD 节点设计	(445)
17.1	CADAssembly 节点	(445)
17.1.1	CADAssembly 节点语法结构	(445)
17.1.2	CADAssembly 节点数据结构	(445)
17.2	CADFace 节点	(447)
17.2.1	CADFace 节点语法结构	(447)
17.2.2	CADFace 节点数据结构	(447)
17.3	CADLayer 节点	(448)
17.3.1	CADLayer 节点语法结构	(448)
17.3.2	CADLayer 节点数据结构	(448)
17.4	CADPart 节点	(450)
17.4.1	CADPart 节点语法结构	(450)
17.4.2	CADPart 节点数据结构	(450)
第 18 章	X3D 通用接口节点	(453)
18.1	IMPORT 引入外部文件节点	(453)
18.1.1	IMPORT 引入外部文件节点语法结构	(453)
18.1.2	IMPORT 引入外部文件节点数据结构	(453)
18.2	EXPORT 输出节点	(454)
18.2.1	EXPORT 输出节点语法结构	(454)
18.2.2	EXPORT 输出节点数据结构	(455)
18.3	Script 脚本节点	(455)
18.3.1	Script 脚本节点语法结构	(455)
18.3.2	Script 脚本节点数据结构	(455)
18.4	ROUTE 路由节点	(457)
18.4.1	ROUTE 路由节点语法结构	(457)
18.4.2	ROUTE 路由节点数据结构	(457)
18.5	创建用户自己的新节点	(458)
18.5.1	ProtoBody 节点	(458)
18.5.2	ProtoDeclare 节点	(458)
18.5.3	ProtoInstance 节点	(459)

18.5.4	ProtoInterface 节点	(460)
18.5.5	connect 连接节点	(460)
18.5.6	ExternProtoDeclare 节点	(461)
18.5.7	IS 节点	(461)
附录 A	X3D 节点图标	(462)
附录 B	参考网站	(464)