

新世纪高职高专教改项目成果教材

---

# 虚拟现实建模语言 VRML

---

吴北新 编

高等教育出版社

## 内容提要

本书是教育部新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目成果，是组织有关教育部高职高专教育专业教学改革试点院校编写的。

本书共 14 章，主要内容包括：虚拟现实（VR）的基本概念，虚拟现实建模语言 VRML，在场景中建造基本几何模型，在场景中构建复杂造型，设置虚拟造型的外观，虚拟造型群节点的使用，构建虚拟现实的环境，虚拟环境中声、光的使用，控制观察视点，虚拟对象的动画效果，虚拟对象交互功能的实现，程序脚本的使用，原型的应用，虚拟场景的可视化开发等。

本书适合于高等职业学校、高等专科学校、成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院，也可供示范性软件职业技术学院、继续教育学院、民办高校、技能型紧缺人才培养使用，还可供本科院校、计算机专业人员和爱好者参考使用。

## 图书在版编目（CIP）数据

虚拟现实建模语言 VRML / 吴北新编. —北京：高等教育出版社，2004.7

ISBN 7-04-014761-0

I. 虚... II. 吴... III. ① 虚拟技术 - 高等学校：技术学校 - 教材②VRML 语言 - 程序设计 - 高等学校：技术学校 - 教材 IV. ①TP391②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 056932 号

策划编辑 冯 英 责任编辑 罗德春 封面设计 王凌波 责任绘图 朱 静  
版式设计 王艳红 责任校对 张 颖 责任印制

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 [http:// www.hep.edu.cn](http://www.hep.edu.cn)  
[http:// www.hep.com.cn](http://www.hep.com.cn)

经 销 新华书店北京发行所  
印 刷

开 本 787×1092 1/16  
印 张 20  
字 数 480 000

版 次 年 月第 1 版  
印 次 年 月第 次印刷  
定 价 29.10 元 （含光盘）

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

## 出版说明

---

为认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施，整体推进高职高专教学改革，教育部决定组织实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》（教高[2000]3 号，以下简称《计划》）。《计划》的目标是：“经过五年的努力，初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究项目涉及高职高专教育的地位、作用、性质、培养目标、培养模式、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面，重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革，先导是教育思想的改革和教育观念的转变。与此同时，为了贯彻落实《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》（教高[2000]2 号）的精神，教育部高等教育司决定从 2000 年起，在全国各省市的高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校以及本科院校的职业技术学院（以下简称高职高专院校）中广泛开展专业教学改革试点工作，目标是：在全国高职高专院校中，遴选若干专业点，进行以提高人才培养质量为目的、人才培养模式改革与创新为主题的专业教学改革试点，经过几年的努力，力争在全国建成一批特色鲜明、在国内同类教育中具有带头作用的示范专业，推动高职高专教育的改革与发展。

教育部《计划》和专业试点等新世纪高职高专教改项目工作开展以来，各有关高职高专院校投入了大量的人力、物力和财力，在高职高专教育培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革等方面做了大量的研究、探索和实践，取得了不少成果。为使这些教改项目成果能够得以固化并更好地推广，从而总体上提高高职高专教育人才培养的质量，我们组织了有关高职高专院校进行了多次研讨，并从中遴选出了一批较为成熟的成果，组织编写了一批“新世纪高职高专教改项目成果”教材。这些教材结合教改项目成果，反映了最新的教学改革方向，很值得广大高职高专院校借鉴。

新世纪高职高专教改项目成果教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2002 年 11 月 30 日

# 前 言

---

VRML 是虚拟现实建模语言的简称，它的任务是在 Internet 上实现虚拟的三维环境，并且能让浏览者与虚拟环境进行交互。近些年来，虚拟现实技术和网络技术以及其他相关的计算机技术的迅速发展和互相融合，给 VRML 技术的发展和深入应用提供了广泛的空间。了解和掌握 VRML 技术从而在 Internet 上构建虚拟的三维世界是许多人乃至许多行业的需要。本书旨在把 VRML 知识和技术介绍给有志于学习掌握 VRML，从而在网络 3D 领域中进一步深入发展的人员。

本书比较全面地介绍了 VRML 的知识和基本使用，包括所有节点的基本概念和使用方法，路由和事件的使用，VRMLScript 脚本语言的使用。同时，图解介绍了 VRML 可视化创作工具 Internet Space Builder 软件的基本使用，内容涵盖了 VRML 创建场景的各个方面。

在内容编排上，力求由浅入深，节点按照使用的方法分类介绍，有助于更好的学习掌握使用 VRML 创建虚拟场景的方法和技巧。从发展的观点来看，单纯使用 VRML 节点而不借助于编程语言的强大的控制能力是有局限的，在 Internet 上创建实现真正的人机交互的场景也会有困难。VRMLScript 作为一种脚本语言，很好地支持 VRML 的对象和事件，所以对该内容本书也给予适当的篇幅加以介绍。

全书以节点的介绍、分析为主线，并辅以大量的例题，目的在于加强对所介绍内容的理解，同时强化训练创建场景的技能和技巧。随着问题的深入，逐渐加强例题对于节点使用的覆盖，并配有相应的习题以巩固学习内容和检查对于章节内容掌握的程度。

为了加强学习中的可操作性和从实践练习中逐渐掌握所学习的内容，书中除可视化操作一节外，所有范例均用编辑器完成，使学习者在不断的练习中熟悉 VRML 的节点、事件接口等核心内容，有助于将来的深入发展。

本书范例全部使用 ParallelGraphics 公司的 VrmIPad 编辑器完成，浏览器使用该公司的 Cortona4.0，如果读者使用另外的浏览器，效果难免会有些差异。在随书光盘中附有本书的全部例题和运行效果的图片，以供参照。

感谢受首钢工学院的牛平副教授在百忙中审阅此书。

由于编者水平有限，本书可能还有不足之处，希望读者提出宝贵意见。

作者

2004 年 3 月

# 目 录

|                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 虚拟现实 (VR) 基本概念</b> .....1          | 习题.....41 |
| 本章学习目标.....1                                |           |
| 1.1 虚拟现实的基本概念.....1                         |           |
| 1.2 虚拟现实的实现.....2                           |           |
| 1.3 虚拟现实技术的基本特征.....4                       |           |
| 1.4 虚拟现实技术的主要应用领域.....5                     |           |
| 本章小结.....5                                  |           |
| <b>第 2 章 虚拟现实建模语言</b>                       |           |
| ——VRML.....7                                |           |
| 本章学习目标.....7                                |           |
| 2.1 VRML 的基本概念.....7                        |           |
| 2.2 VRML 文件的基本要素.....8                      |           |
| 2.3 VRML 的通用语法结构.....12                     |           |
| 2.4 VRML 的空间计量单位.....17                     |           |
| 2.5 VRML 场景的编辑与浏览.....18                    |           |
| 本章小结.....21                                 |           |
| 习题.....22                                   |           |
| <b>第 3 章 在场景中建造基本</b>                       |           |
| <b>几何模型</b> .....25                         |           |
| 本章学习目标.....25                               |           |
| 3.1 外形节点 Shape 的使用.....25                   |           |
| 3.2 构建虚拟场景的几何节点 Geometry.....27             |           |
| 3.3 创建立方体对象.....27                          |           |
| 3.4 创建球体对象.....28                           |           |
| 3.5 创建圆柱体对象.....29                          |           |
| 3.6 创建圆锥体对象.....31                          |           |
| 3.7 在虚拟场景中添加文本造型.....32                     |           |
| 3.8 几何对象综合实例.....40                         |           |
| 本章小结.....41                                 |           |
| <b>第 4 章 在场景中构建复杂造型</b> .....43             |           |
| 本章学习目标.....43                               |           |
| 4.1 虚拟场景中点、线、面的集合<br>和 Coordinate 节点.....43 |           |
| 4.2 构造离散点的集合造型.....44                       |           |
| 4.3 构造空间折线造型.....45                         |           |
| 4.4 构造空间平面集合造型.....49                       |           |
| 4.5 创建复杂表面的方法.....52                        |           |
| 4.6 构造空间挤出造型.....56                         |           |
| 4.7 复杂造型综合实例.....65                         |           |
| 本章小结.....67                                 |           |
| 习题.....68                                   |           |
| <b>第 5 章 设置虚拟造型的外观</b> .....70              |           |
| 本章学习目标.....70                               |           |
| 5.1 设置虚拟对象的外观.....70                        |           |
| 5.2 设置虚拟对象的材质.....71                        |           |
| 5.3 为几何体添加纹理.....74                         |           |
| 5.4 纹理的变换.....83                            |           |
| 5.5 外观设置综合实例.....86                         |           |
| 本章小结.....87                                 |           |
| 习题.....87                                   |           |
| <b>第 6 章 虚拟造型群节点的使用</b> .....89             |           |
| 本章学习目标.....89                               |           |
| 6.1 编组的概念和使用.....89                         |           |
| 6.2 虚拟对象的空间坐标变换.....91                      |           |
| 6.3 VRML 文件的内联.....107                      |           |
| 6.4 选择开关的使用.....109                         |           |

|                                            |     |                               |     |
|--------------------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 6.5 布告牌造型的创建 .....                         | 110 | 10.1 事件与路由的基本概念和使用 .....      | 171 |
| 6.6 超级链接功能的实现 .....                        | 113 | 10.2 时间传感器节点的使用 .....         | 172 |
| 6.7 细节层次控制方法<br>LOD(Level of Detail) ..... | 115 | 10.3 利用插补器构造动画 .....          | 173 |
| 6.8 碰撞的观察与检测节点 .....                       | 118 | 10.4 综合实例 .....               | 191 |
| 6.9 群节点综合练习 .....                          | 118 | 本章小结 .....                    | 194 |
| 本章小结 .....                                 | 118 | 习题 .....                      | 194 |
| 习题 .....                                   | 119 |                               |     |
| <b>第7章 构建虚拟现实的环境</b> .....                 | 120 | <b>第11章 虚拟对象交互功能的实现</b> ..... | 197 |
| 本章学习目标 .....                               | 120 | 本章学习目标 .....                  | 197 |
| 7.1 给虚拟场景添加背景 .....                        | 120 | 11.1 检测器的基本功能 .....           | 197 |
| 7.2 雾化效果的使用 .....                          | 125 | 11.2 各种类型检测器的基本作用 .....       | 198 |
| 7.3 环境设置综合实例 .....                         | 127 | 11.3 交互综合实例 .....             | 222 |
| 本章小结 .....                                 | 138 | 本章小结 .....                    | 228 |
| 习题 .....                                   | 138 | 习题 .....                      | 228 |
| <b>第8章 虚拟环境中声和光的使用</b> .....               | 139 | <b>第12章 程序脚本的使用</b> .....     | 231 |
| 本章学习目标 .....                               | 139 | 本章学习目标 .....                  | 231 |
| 8.1 虚拟场景中光源的概念 .....                       | 139 | 12.1 脚本语言简介 .....             | 231 |
| 8.2 表现光源效果的节点 .....                        | 140 | 12.2 VRMLScript 脚本语言简介 .....  | 233 |
| 8.3 在环境中添加阴影 .....                         | 150 | 12.3 脚本对事件的处理 .....           | 253 |
| 8.4 在虚拟环境中添加声音 .....                       | 153 | 12.4 利用脚本实现对于动画的控制 .....      | 258 |
| 8.5 综合实例 .....                             | 158 | 12.5 程序脚本使用综合实例 .....         | 264 |
| 本章小结 .....                                 | 158 | 本章小结 .....                    | 269 |
| 习题 .....                                   | 159 | 习题 .....                      | 269 |
| <b>第9章 控制观察观点</b> .....                    | 160 | <b>第13章 原型的应用</b> .....       | 271 |
| 本章学习目标 .....                               | 160 | 本章学习目标 .....                  | 271 |
| 9.1 虚拟环境中视点的基本概念 .....                     | 160 | 13.1 原型的概念 .....              | 271 |
| 9.2 视点的切换 .....                            | 161 | 13.2 定义原型 .....               | 273 |
| 9.3 设置虚拟场景的参数 .....                        | 164 | 13.3 外部原型 .....               | 276 |
| 9.4 综合实例 .....                             | 169 | 13.4 创建新节点 .....              | 279 |
| 本章小结 .....                                 | 169 | 13.5 原型使用综合实例 .....           | 281 |
| 习题 .....                                   | 170 | 本章小结 .....                    | 283 |
|                                            |     | 习题 .....                      | 284 |
| <b>第10章 虚拟对象的动画效果</b> .....                | 171 | <b>第14章 虚拟场景的可视化开发</b> .....  | 285 |
| 本章学习目标 .....                               | 171 | 本章学习目标 .....                  | 285 |

---

|                                                 |     |                               |     |
|-------------------------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 14.1 可视化开发工具简介.....                             | 285 | 附录 A VRML2.0 节点速查.....        | 301 |
| 14.2 利用 Internet Space Builder<br>创建虚拟现实场景..... | 286 | 附录 B Internet 上的 VRML 资源..... | 309 |
| 14.3 VRML 辅助工具的使用.....                          | 298 | 参考书目.....                     | 310 |
| 本章小结.....                                       | 300 |                               |     |
| 习题.....                                         | 300 |                               |     |

# 第 1 章

## 虚拟现实（VR）基本概念

### 本章学习目标

1. 了解虚拟现实技术的基本概念
2. 理解虚拟现实技术的基本特征
3. 了解虚拟现实技术的应用领域

虚拟现实技术是近几年来兴起的一门新技术，并且得到了迅速的发展。同其他许多新兴技术一样，虚拟现实技术综合了许多相关学科领域的成就，诸如计算机图形学、数字图像处理技术、多媒体技术、网络技术、人工智能等等。这个领域的发展潜力非常巨大，应用前景也十分广阔。

### 1.1 虚拟现实的基本概念

#### 1. 虚拟现实的基本概念

虚拟现实是对真实世界的模拟，一方面它能对现实环境作逼真的描述，另一方面还能使得人们在观察虚拟环境的时候犹如身临其境，可以与之进行交互。

虚拟现实技术是利用计算机模拟真实世界从而形成模拟环境的技术。是通过计算机对各种复杂的信息加工处理、进行可视化操作并且与之交互的一种方式。一方面，虚拟现实技术借助于多种技术的融合实现对现实的逼真描述，另一方面使人们能与描述出的虚拟环境进行交互。

由于综合了许多相关学科领域的技术，虚拟现实技术有望得到更大的发展，即利用该技术所创建的虚拟现实环境既能逼真地再现客观世界，同时还能超越客观世界，使得介入者不仅仅能够融合其中，并且还能够驾驭和操纵这个虚拟环境。因而，虚拟现实不仅仅是真实环境在计算机中的再现，也是人们借助于飞速发展的计算机技术对我们生活世界的真实体验的方法和技术，是人机交互的一种全新模式。

综上所述，利用虚拟现实技术实现的虚拟现实能够给人身临其境的感觉，同时参与者和虚拟环境能够实现交互，再有参与者能够在虚拟环境中具有自己的视点并且环境能够迅速反映参与者视点的变化。

#### 2. 虚拟现实技术的发展

1965年，美国科学家 Sutherland 在他发表的《终极的显示》论文中首次提出了对于虚拟现

实发展极有意义的诸如交互图形显示以及力回馈设备的基本概念，这些概念在现在已经得以实现并且还在不断发展。可以说，从那个时候起，人们开始了对于虚拟现实的有目的性的研究和探索，而不再仅仅是幻想。

此后不久，美国麻省理工学院的林肯实验室正式开始了头盔式显示器的研制工作。这可以算是虚拟现实技术在硬件技术上的探索和发展，因为此后，人们不断地在完善和改进虚拟现实的实现设备。直到现今，形形色色的如数据手套、头盔式显示器等已经在许多场合有了具体的应用。正是由于许多人卓越的努力和相关技术的飞速发展，虚拟现实领域里的研究取得了很大的进展，1980年正式提出了“Virtual Reality”这个使用至今的名词。

20世纪80年代，许多部门和组织都在从事虚拟现实的研究，其中，美国宇航局(NASA)及美国国防部组织的一系列有关虚拟现实技术的研究取得了令人振奋的研究成果，从而激发了人们对虚拟现实研究的更大热情以及对虚拟现实技术的广泛关注。尤其在1984年，美国宇航局Ames研究中心虚拟行星探测实验室组织开发的用于火星探测的虚拟环境视觉显示器，取得了成功，将火星探测器发回的数据输入计算机，为地面研究人员构造了火星表面的三维虚拟环境。该研究中心在随后的虚拟交互环境工作站的项目中又开发了通用多传感个人仿真器和遥控设备。可以说，在那个时候，虚拟现实技术已经进入到了科学研究领域，并且取得了鼓舞人心的进展。

同许多其他学科一样，相关技术的发展对虚拟现实起了极大的促进作用。特别是计算机技术、网络技术、图形学技术等飞速发展，使得虚拟现实技术也获得了长足的进步。

进入90年代，随着计算机硬件技术、电子技术飞速发展，计算机软件系统日趋完善，计算机已经有能力承担基于大型数据集合的声音和图像的实时动画制作，同时，基于虚拟现实技术、人工智能技术的人机交互系统的设计也不断涌现，输入输出设备不断创新，都使得以往难于实现的设想成为现实。利用虚拟现实系统宇航员成功地完成了从航天飞机的运输舱内取出新的望远镜面板的工作、采用虚拟现实技术设计波音777获得成功等就是近年来在科技界引起较大反响的虚拟现实技术的成就。

在90年代，虚拟现实技术还不断向许多领域拓展，由于计算机技术、网络技术、三维图像技术的发展，虚拟现实在因特上也取得了进展。作为因特网三维技术的VRML建模语言正是90年代起步并且逐步发展起来的。

虚拟现实系统具有身临其境的虚拟环境以及图形交互等突出的特点使得它不再仅仅是某些尖端领域、特殊行业的专业技术，除上述的军事、航天领域外，虚拟现实技术在医疗、教育培训、娱乐、工业设计、生产制造、信息管理、商业贸易、建筑行业等都有相应的发展，理论研究和应用实践使得虚拟现实技术更加趋于完善，发展也更加迅速。

## 1.2 虚拟现实的实现

虚拟现实由于应用的不同，实现方法也不同，一般说来，作为高级应用的虚拟现实系统离不开满足虚拟现实要求的硬件设备。而作为桌面计算机系统实现虚拟现实则往往无需特别硬件设备的支持，随着因特网的普及和发展，出现了很多在因特网上实现虚拟现实环境的方法。有

些是纯粹用软件技术实现的。

### 1. 虚拟现实的硬件设备

虚拟现实系统由于应用和目的不同，需要的硬件设备也不同，一般常见的虚拟现实系统应该包括下述几个方面的硬件设备。

虚拟现实跟踪传感设备：获得人在虚拟环境中的动作、感知等信息；

虚拟现实显示设备：用于观察者观看虚拟场景时增加真实的效果从而产生真实的感受；

虚拟现实的虚拟手设备：用于在虚拟场景中模拟人手对周围环境的感知、操纵和控制。

此外，根据不同的需要，还应该满足虚拟要求的声设备以及模拟一些触觉和感知度的设备如力回馈、触觉回馈装置等。

目前常见的也较普及的设备有头盔屏幕显示器、数据手套等。

头盔屏幕显示器（Head Mounted Display，简称 HMD）（图 1-1）是虚拟现实系统中十分重要的硬件设备，也是虚拟现实中最先使用的硬件设备。它属于虚拟现实的显示设备。数据头盔按照人的视觉原理放大了图像，使得人的整个视野都包容在虚拟场景之内。同时，还把人的头部动作和虚拟环境的变化相结合。动作和情景变化的协调一致，产生了逼真的视觉感受。

HMD 的基本原理是将小型二维显示器所产生的图像借助于光学系统放大。小型二维显示器所发出的光线经过凸透镜使图像因折射产生类似远方效果，从而将近处物体放大至远处观赏而达到一种虚拟的全像视觉。

目前，头盔显示器的光学技术设计和制造技术日趋完善，除了在许多虚拟显示系统中得到普遍应用以外，还拓展到一般的应用中。例如有些电脑游戏已经利用头盔屏幕显示器增加游戏的真实感。

另外一个在虚拟现实系统中经常出现的硬件设备就是数据手套（Data Glove）（图 1-2），属于虚拟显示系统的虚拟手设备。它的基本原理是借助于光学识别的方法。附在手套上每根手指的光纤连接附于手套指尖部分的发光二极管，光纤的另一端连接光学识别晶片，光信号由光学识别晶片转换为电信号被处理。数据手套是虚拟现实系统中的主要交互设备，它作为一只虚拟的手和三维虚拟场景交互，可以模拟人手在虚拟场景中进行抓取物体、移动物体甚至装配物体从而实现虚拟环境中的操纵、控制等。



图 1-1 头盔屏幕显示器 HMD



图 1-2 数据手套(Data Glove)

### 2. 虚拟现实的实现技术

简单说来，虚拟现实的实现可以分为两类：高级的虚拟现实系统以及桌面虚拟现实系统。作为虚拟现实的高级应用，其特征是借助于前面提到的各种硬件设备，利用诸如虚拟现实

的视觉三维显示技术、听觉三维还原技术、触觉感知技术以及虚拟现实的交互技术实现。例如虚拟现实在航天、军事、医疗, 工业设计与制造等方面的应用。这些应用要求很高, 参与性强, 完全沉浸, 实时交互并且使得参与者对环境力求有真实的控制。系统本身技术复杂, 造价也高, 用于专门的应用。如我国研制的飞机牵引与加油模拟训练器、特种车辆牵引仿真器就是这样的一个系统。

这里谈及的桌面虚拟现实指的是强调虚拟现实体验的虚拟环境, 其特征是无需借助于特别的硬件设备, 甚至可以仅用软件实现, 实现的费用低, 但是不能实现完全的参与, 复杂的感知也很难体现。目前, 这类系统往往应用在各种虚拟的演示上, 大多借助于网络传播。譬如, 一些虚拟城市、虚拟校园等, 给人以逼近真实的感观。本书介绍的 VRML 建模语言是实现虚拟环境体验的一个很优秀的建模工具, 往往应用于构建各种虚拟场景。它能够提供交互性, 使浏览者有较强的参与性。此外, 基于图像处理的全景摄影技术也是这样的一个虚拟体验, 在虚拟公园、虚拟旅游方面有较好的应用。当然它还不能算得上是真正意义上的虚拟现实技术, 也未能实现真正的 3D 效果, 但是和别的相关技术结合, 对于实现虚拟的体验很有帮助。

### 1.3 虚拟现实技术的基本特征

从计算机技术的角度而言, 虚拟现实技术是一种更为先进的人机接口的方式。不同于以往意义上的可视化操作界面、图形用户界面等。虚拟现实技术给用户提供了视听、接触甚至操纵控制等直观方便的实时交互方法。

虚拟现实具有下述几个方面的特征。

#### 1. 交互性(Interaction)

虚拟现实不是简单的对周围环境的模拟, 更为重要的是人们可以与这个虚拟环境进行交互, 从而把人在自然环境中同周围事物的联系带入到虚拟的世界中来。在虚拟环境中, 介入者不是被动的接受所提供的信息, 能够操纵、控制虚拟场景中所感兴趣的对象的形态、运动状况等。例如, 中国科技大学已经有了基于局域网的物理学物理仿真实验、几何光学设计实验平台, 实现了实验者的交互和控制。

#### 2. 沉浸度(Immersion)

无论计算机所创建的虚拟环境是真实世界的再现, 还是来自人们的幻想构建的超越自然环境的世界, 都能够让人不是简单的浏览, 而是虚拟环境中参与者, 是它的一部分, 这就是沉浸的含义。在这里, 参与者能够体验到自然世界中的各种感知, 如视觉、听觉、触觉等, 进而在虚拟环境中达到一种忘我的境界。许多虚拟城市、虚拟校园虽然由于网络条件、硬件环境等原因, 目前还只是一种感受和体验, 但是给浏览者的那种身临其境的感觉是常规文本、图片信息所不能代替的。

#### 3. 幻想性(Imagination)

人类的想像力是创造的源泉, 虚拟现实提供了人们发挥想像力的空间。它即能再现我们周围的世界, 使得各种各样的虚拟系统在各行各业发挥重要的作用。同时, 还能够按照人们的想像构建超越现实的环境, 拓宽了人们认知事物的程度。

#### 4. 多感知性 (Multi-Sensation)

人在自然环境中能够有各种各样的感觉，理想的虚拟现实环境应该具有人所具有的感知功能。计算机一般能给我们提供视觉和听觉的感受。所谓多感知性就是虚拟环境要实现力觉感知、触觉感知、运动感知、甚至包括味觉感知、嗅觉感知等。目前，有些感知虚拟环境已经能够很好实现了。借助于力回馈技术参与者能够感觉到力的作用。有些游戏虽然尚未能实现真正意义的虚拟现实，但是借助于力回馈手柄已经能够使游戏者感到撞车等感受。

## 1.4 虚拟现实技术的主要应用领域

由于能够再现真实的环境，并且人们可以介入其中参与交互，使得虚拟现实系统可以在许多方面得到广泛的应用。随着各种技术的融合，相互促进和发展，虚拟现实技术在航天、军事、通信、医疗、教育、娱乐、建筑和商业等各个领域都有极大的发展和应用前景。

在军事领域中，利用虚拟现实技术可以模拟新式武器如飞机的操纵与训练，以取代危险的实际操作。并且利用虚拟现实对于实际环境的仿真，可以在虚拟的或者仿真环境中进行大规模的军事演习的模拟。由虚拟现实模拟的场景可以同真实战场一样，操作人员可以体验到真实的攻击与被攻击的感觉。

在航天领域中，虚拟现实技术既可以模拟出真实的太空环境，又能作为飞行器训练的模拟平台，无疑是有实际意义的。

建筑行业中，虚拟现实可以作为那些制作精良的建筑效果图的更进一步的拓展。它能形成有交互的三维建筑场景，人们可以在建筑物内自由行走，可以操作和控制建筑物内的设备与房间内装饰。一方面，设计者可以从对于场景的感知中了解、发现设计上的不足；另一方面，用户可以在虚拟环境中感受到真实的建筑空间，从而做出自己的评判。

医疗行业无疑也是虚拟现实飞速发展的领域。从药物的分子模型的模拟到各种医疗设备、医疗手段的模拟都有着现实的意义。虚拟的外科手术、解剖教学使人们获取知识有了更大的自由度。

在教育领域中，虚拟现实系统的交互、沉浸和幻想性使得它逼真、生动，能使许多借助于常规教育手段不能达到的教育效果在这里得以实现，提高了人们的想像力，也激发了受教育者的学习兴趣。

目前，数字化的信息逐渐深入人心，在 Internet 上各种虚拟城市、虚拟校园以及虚拟图书馆等虚拟世界越来越多。一方面，使得人们由原来的二维视觉向三维场景发展。另一方面，借助于网络技术、多媒体技术、数据库技术等计算机技术的发展和虚拟现实技术的相互促进，人们在网络中获得的信息不再是那些抽象的数据，而是可以身临其境，由真实的体验获取直接的信息。

## 本章小结

本章简要介绍了虚拟现实的基本概念。虚拟现实环境可以带给参与者逼真的感觉和实时的

交互。同时，简要说明了虚拟现实的实现，VRML 作为虚拟现实实现技术的一种，目前在虚拟现实环境的体验上有很大的优势。虚拟现实在许多领域都有很广阔的应用前景，本章介绍了虚拟现实技术的一些应用领域。对这些知识的了解有助于我们了解学习 VRML 的目的与作用。

## 第 2 章

# 虚拟现实建模语言——VRML

### 本章学习目标

1. 了解 VRML 的基本概念
2. 掌握 VRML 文件的基本要素和语法结构
3. 学习 VRML 浏览器的使用
4. 掌握 VRML 文件的编辑方法

通过前面章节的学习，对于虚拟现实技术有了一定的了解。本章主要学习在网络上实现虚拟现实场景建模的技术——虚拟现实建模语言 (Virtual Reality Modeling Language)，该技术专门用来在网络上实现三维虚拟场景。

### 2.1 VRML 的基本概念

VRML 是一种建模语言，用来在 Web 环境中描述三维物体及其行为，从而在网络环境中构建虚拟场景 (Virtual World)。VRML 的基本目标是建立因特网上的交互式三维多媒体环境。它以因特网作为应用平台，作为构筑虚拟现实应用的基本构架。VRML 具有包括分布式、三维、交互性、多媒体集成、境界逼真性等基本特征。VRML 的出现及其发展使得虚拟现实能像多媒体和因特网一样逐渐走进我们的生活。

随着计算机技术特别是多媒体技术和互联网络技术的不断发展，人们对于计算机所能展示的以及网络所能传播的信息有了越来越高的要求。不再仅仅满足于文字表达的信息以及传统的平面和三维技术带来的信息表达方式，更希望以接近于现实的甚至是身临其境的感觉交流信息。这样，以虚拟现实为特征的网络 3D 技术的出现和发展势在必行的。而 VRML 就是网络 3D 的核心技术。

1994 年 5 月，第一届因特网国际会议上，有关专家发表的在网络上运行三维立体世界的研究引起了广泛的讨论。短短的几个月，1994 年 10 月，VRML 1.0 规范正式发布。

这以后，许多专家、企业积极投身于 VRML 的推广和研究，特别是 VRML 技术组(VAG)不懈的努力，VRML 得到了迅速的发展。即便现在，在因特网上也还能够看到许多用 VRML 1.0 规范写的 VRML 文档在流传，具有相当高的水平，记述了当年热心于 VRML 发展和推广的人们的努力。

1996年, VRML 2.0 规范正式确定。到1998年1月被ISO正式批准为国际标准, 这就是现在我们常说的VRML 97。从此VRML的发展更为迅速, 更为成熟。

## 2.2 VRML 文件的基本要素

### 2.2.1 节点(node)和域(field)

VRML 文件的扩展名为 `wrl`, 文件中最为重要的两个基本要素是节点和域。

#### 1. 节点

节点是VRML文档中基本的组成单元, VRML借助于节点可以描述对象某一方面的特征, 比如: 形状、材质以及颜色等, 也可以描述对于场景的渲染方式, 如光照、背景声音等, 还可以设置浏览者与场景交流的方式, 如视点的变化、用户鼠标动作的检测等。

VRML 虚拟环境往往由一组具有一定层次结构的节点构造出来。例如:

```
Shape {  
    appearance Appearance {  
        material Material { }  
    }  
    geometry Cylinder {  
        radius 0.5  
        height 6.0}  
}
```

上述的一段VRML文档描述了一个圆柱体的造型, 其中 `Shape`、`Appearance`、`Material` 以及 `Cylinder` 等等都是节点。

节点具有节点名、节点类型、包含的域、事件接口等基本组成部分。在设计场景的时候, 节点的第一个字母必须大写。

#### 2. 域

域用来描述节点的属性。域具有域值, 它指明了节点所描述的对象特征。上述的一段VRML文档中, `Cylinder` 是一个节点, 用来构造一个圆柱体, 而 `radius` 和 `height` 则是 `Cylinder` 节点的两个域, 分别表示圆柱体的半径和高, 它们描述了圆柱体所具有的形状特征。可以直观看出, 其半径为 0.5VRML 单位, 高为 6.0VRML 单位。 `appearance`、`material`、`geometry` 也都是域。

不同的节点包含有不同的域, 节点中域的作用各不相同, 域值的数据类型也不一定一样, 每个域值只能有一种数据类型。有的域可以用布尔型数据 `TRUE` 或者 `FALSE` 表示一种状态。另外的域可以用 `(r g b)` 三原色表示颜色, 而且从上面的一段VRML文档也可以看出, 有些域还用同名的节点作为域值。比如 `appearance` 域, 其域值是 `Appearance` 节点。在使用域的时候, 不必设置每个域, 每个域都有自己的默认值, 对于一个节点, 如果不设置域, 则每个域都取自己的默认值。下面三个小程序都能够运行, 表示一个边长为 1.0 的正方体, 但是由于设置不同, 表现的材质特征(比如颜色、发光状态等)则不同。

## 例 2.1

```
#VRML V2.0 utf8
Shape {
  appearance Appearance {
    material Material {}
  }
  geometry Box {}
}
```

## 例 2.2

```
#VRML V2.0 utf8
Shape {
  appearance Appearance {
  }
  geometry Box {}
}
```

## 例 2.3

```
#VRML V2.0 utf8
Shape {
  geometry Box {}
}
```

可以用记事本等文本编辑工具书写这些简单的程序并且保存为 `wrl` 文件在浏览器中观察效果。例 2.1 设置了造型的外观、材质，但是均取默认值；例 2.2 设置了造型、外观，没有设置材质；例 2.3 只设置了造型 (`box`)，造型默认是边长为 1.0 的正方体。

在使用域的时候应该注意，在同一节点中，各个域没有次序之分，哪个在前，哪个在后效果是一样的。并且，域名称第一个字母必须小写。

域和节点书写的情况不同。节点应该用大括号 `{ }` 将所有的域括起来。域值一般可以跟在域名称后面直接写。如果是多域值的情况，要用中括号 `[ ]` 将域值括起来，域值之间用逗号或者空格隔开。

从域具有的域值情况的不同，可以把域分为两类，一类为单值域，用 `SF(Single value fields)` 标记，顾名思义，它用一个或者一组值来描述对应节点相应的特征。另一类为多值域，用多个或者多组值描述对应节点的特征，标记为 `MF(Multiple value fields)`。所谓多域值，并非是指由多个数，而是由其数据类型确定的。比如三原色表示为 `(r g b)`，是三个数值确定一个颜色。比如，造型表面的漫散射光的颜色表示为：`diffuseColor 1.0 0.0 0.0`，表示红颜色，只用这一组就可确定，故其是单域值。有的表示颜色的域值，要有许多组来表示，比如表示背景的天空的颜色，为了显示出层次，会用到几组颜色值来表示，比如：

```
skyColor [ 1.0 0.0 0.0
           1.0 0.4 0.0
           1.0 1.0 0.0 ]
```

这里用到了三组，是多域值。如果编程的时候要写为一行，各组中间可用空格或者逗号隔开。

VRML 有下述几种域值类型:

① SFBool

单域值布尔型。取值为 TRUE 或者 FALSE, 确定某个属性是否有效。如一个圆锥体是否要底面, 光源是否打开等。注意这里不能像程序设计语言那样用 1 或者 0 取代 TRUE 或 FALSE。

② SFColor 和 MFColor

单域值颜色型和多域值颜色型。取值为 3 个浮点数组成的数组, 对应 RGB 规定的颜色, 这里只能取 0 到 1 间的数值。例如: 光照的颜色、物体的镜面反射颜色等。

③ SFInt32 和 MFInt32

单域值 32 位整数和多域值 32 位整数。取值为正整数。例如某些节点的索引列表域。

④ SFVec2f 和 MFVec2f

单域值二维浮点型和多域值二维浮点型。取值为两个浮点数值, 用来确定一个二维的位置。

⑤ SFVec3f 和 MFVec3f

单域值三维浮点型和多域值三维浮点型。取值为三个浮点数值, 用来确定一个三维的位置。

⑥ SFNode 和 MFNode

单域值节点型和多域值节点型。取值为一个或者多个节点, 用来更进一步描述该域的特征。例如: 表示材质属性的域 material 其域值是构建材质的节点 Material, 该节点带有一些域, 用来表述造型的材质。

⑦ SFImage

单域值图像型。取值为一些描述图像特性的数值, 可以绘制造型表面的纹理图像。比如在纹理贴图图中的像素贴图。

⑧ SFRotation 和 MFRotation

单域值旋转型和多域值旋转型。取值为 4 个浮点数构成的一组数值, 前三个确定旋转轴, 第四个指定绕轴旋转的角度。用来描述对象的旋转特征。

⑨ SFString 和 MFString

单域值字符串型和多域值字符串型。取值为字符串。用来表达某些要用文字表述的含义比如在文本造型中描述字体风格的域值。

⑩ SFTime 和 MFTime

单域值时间型和多域值时间型。取值为以秒计算的时间。用来描述时间。比如控制造型开始运动或者停止运动的时间。

SFFloat 和 MFFloat

单域值浮点型和多域值浮点型。取值为单精度浮点数, 可以是正值、负值。用来描述需要用浮点数确定的性质。比如用来对造型尺寸的描述, 对于角度弧度值的描述等。多域值浮点数的值包含多个这样的浮点数, 以描述要用多个浮点数确定的性质, 比如构建背景的各个颜色层对应的角度等。

## 2.2.2 事件(Event)和路由(Route)

在现实环境中, 事物往往随着时间会有相应的变化。比如, 物体的位置随着时间发生变化。在 VRML 中借助事件和路由的概念控制这种变化, 从而真实地在网络中反映现实。在交互和动