

张金钊 张金锐 张金镒 著

X₃D

立体动画与游戏设计

第二代立体网络程序设计实例



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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



X3D 立体动画与游戏设计

——第二代立体网络程序设计实例

张金钊 张金锐 张金镒 著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书利用软件工程思想讲解 X3D 虚拟现实程序的开发与设计,通过大量、生动、鲜活的源程序开发实例介绍了 X3D 虚拟现实三维立体场景和复杂场景设计、自然景观场景设计、室内外设计、虚拟人设计、多媒体设计、三维立体动画与游戏设计以及综合开发实例等。

本书配有大量的 X3D 源程序实例,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。本书适合作为计算机网络、影视多媒体、游戏动画设计、艺术设计、机械加工设计、装潢设计、环境保护、建筑规划设计、虚拟信息地理、虚拟医疗、机电、电子、军事以及航空航天等专业的教科书,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,同时还可作为高等院校研究生、本科生及专科生的教材。

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 立体动画与游戏设计:第二代立体网络程序设计实例/张金钊,张金锐,张金镒著.

北京:电子工业出版社,2008.1

ISBN 978-7-121-05703-8

I. X… II. ①张… ②张… ③张… III. 三维—动画—游戏—软件设计 IV. TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 200817 号

策划编辑: 窦 昊

责任编辑: 周宏敏

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订:

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: 19.75 字数: 506 千字

印 次: 2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 39.00 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 zltz@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

21 世纪随着中国在世界上的崛起, 中国的发展促进了世界经济的繁荣。人类社会进步最突出的标志之一是计算机的产生和飞速发展, 蒸汽机的出现使人们从繁重的体力劳动中解脱出来, 计算机的出现使人们从繁重的脑力劳动中解放出来, 计算机将人类社会带入崭新的信息时代。虚拟现实语言作为计算机的核心技术已经开始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最前沿的技术, 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。

虚拟现实三维立体网络程序设计语言 X3D 是第二代 Web 网络程序设计语言, 是目前 21 世纪最前沿的(主流)高科技软件开发工具, 是把握未来宽带网络、三维立体动画设计、多媒体技术、虚拟人设计、全景技术、信息地理以及人工智能领域的关键技术。掌握了虚拟现实三维立体网络程序设计语言 X3D, 就掌握了软件开发的主动权, 可以在未来世界里驰骋翱翔。

X3D(Extensible 3D)是互联网 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。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, 利用它可以运行 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。从而改变了目前网络与用户交互的二维平面局限性, 使用户在网络三维立体场景中, 实现动态、交互和感知交流, 体验具有身临其境的感觉和感知。

虚拟现实 X3D 具有的新特点:

- (1) 程序驱动。利用虚拟现实语言创建三维立体造型和场景。
- (2) 强大的网络功能。利用 X3D 提供的网络节点实现各种网络功能, 如 X3D 场景网上浏览、下载、共享等; 也可以通过超链接对象连接到其他场景或网络资源。
- (3) 虚拟现实图形绘制。在 3D 图形中, 使用多边形化几何体、参数化几何体、变换层级、光照、材质、多通道以及多进程纹理绘制; 在 2D 图形中使用 3D 变换层级中显示各种文本、二维平面图形、二维矢量等。
- (4) 多媒体功能。三维立体空间造型和场景能够实现多媒体制作, 将文字、语音、图像、影片等融入三维立体场景, 播放影视节目、环绕立体声音达到舞台影视效果。
- (5) 人工智能。在虚拟现实三维场景中, 浏览者可以移动造型、进行碰撞检测、亲近度和可见度智能检测。
- (6) 开发者可以自定义对象。通过创建用户自定义的数据类型, 可以扩展 X3D 程序的功能。
- (7) 强大程序接口功能。利用脚本语言实现与各种语言的接口, 可以动态地控制三维立体场景, 使之更加生动和鲜活。
- (8) 动态交互智能感知效果。利用虚拟现实硬件设备和鼠标在三维立体空间中对虚拟物体和造型进行选取和拖拽, 产生身临其境的动态感知交互效果。
- (9) 虚拟现实动画设计。利用计时器和插补器节点实现物体和造型的各种动画效果, 如

人体的运动、汽车的驾驶、轮船的航行、宇宙飞船的发射等。

(10) 虚拟现实高级设计功能。虚拟人设计、地理信息系统、曲面设计、CAD 设计、粒子火焰系统以及分布交互系统的整合等。

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。从软件开发的角度编写本书,思路清晰,结构合理,并结合大量具体、生动、鲜活的源程序实例深入浅出地讲解 X3D 开发、设计和编程的全过程。

利用虚拟现实语言 X3D 的基本节点、复杂节点以及动态感知节点,开发和设计出三维立体场景造型、航天飞行器、道路桥梁设计、自然景观场景、动物园场景、室内外装修设计、三维人体医学、全景技术、影视多媒体、游戏动画设计以及城市建筑规划设计等。通过虚拟现实语言 X3D 生动、鲜活的软件项目开发实例,由浅入深、循序渐进地不断提高学习和编程能力,使读者能够真正体会到软件开发的实际意义、真实效果,获得无穷乐趣。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,本书提供全部的虚拟现实开发、设计和编程源程序实例,而且都在计算机上经过严格的调试并通过。

本书是一本集计算机网络、游戏动画设计、全景技术、虚拟人运动、多媒体以及人工智能于一身的实用科技书,本书详细阐述了虚拟现实技术与游戏动画设计,内容丰富、全面,叙述简明扼要,图文并茂,并配有全部源程序光盘,供读者学习和参考。

本书可作为高等院校计算机网络、游戏动画设计、影视多媒体、工业设计、艺术设计、建筑设计、机械加工制造、装潢设计、环境保护、机电、电子、虚拟信息地理、虚拟医疗、军事以及航空航天等专业的教材,同时也可作为初学者、有一定虚拟现实基础的计算机软件开发人员以及工程技术人员的参考书籍。

“知识改变命运,教育成就未来”,只有不断学习、探索和开发未知领域,才能有所突破和创新,为人类的进步做出应有的贡献。“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和创造力,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.x3dvrm1.com>。电子邮箱(E-mail): zhzjza@21cn.com; zhzjzao@163.com。

作者

2007年9月28日

目 录

第 1 章 虚拟现实技术	1
1.1 虚拟现实技术简介	1
1.1.1 虚拟现实技术及其特点	1
1.1.2 虚拟现实技术分类	2
1.1.3 桌面虚拟现实系统	3
1.1.4 沉浸式虚拟现实系统	4
1.1.5 分布式虚拟现实系统	9
1.1.6 虚拟现实技术的发展	9
1.2 X3D 概述	10
1.2.1 X3D 简介	11
1.2.2 X3D 的发展历程	11
1.2.3 X3D 系统的特点	12
1.2.4 X3D 应用和展望	13
第 2 章 X3D 软件项目开发与设计	17
2.1 计算机工程项目开发	17
2.2 软件项目瀑布开发模型	18
2.3 软件项目原型开发模型	20
2.4 先进的软件项目渐进式开发模型	21
2.5 现代软件项目的开发管理	24
2.6 X3D 软件工程项目的实施	26
2.6.1 X3D 虚拟现实项目开发设计环境	26
2.6.2 X3D 虚拟现实项目开发设计	27
第 3 章 X3D 开发与运行环境	29
3.1 X3D 开发环境	29
3.1.1 记事本 X3D 编辑器	29
3.1.2 X3D-Edit 专用编辑器	29
3.2 X3D 运行环境	36
3.2.1 X3D 浏览器简介	36
3.2.2 Xj3D 浏览器的安装和使用	37
3.2.3 BS Contact VRML/X3D 7.0 浏览器的安装和使用	38
3.3 X3D 程序调试	39
第 4 章 X3D 的三种文件类型	40
4.1 X3D 基本语法	40
4.1.1 X3D 文件结构	40
4.1.2 X3D 文件头	42
4.1.3 X3D 文件体	43

4.1.4	X3D 文件的注释	45
4.2	X3D 文件格式	46
4.3	X3D 三种文件格式源程序实例	46
4.3.1	*.X3D 文件格式源程序实例	47
4.3.2	*.X3DV 文件格式源程序实例	48
4.3.3	*.X3DB 二进制源代码	51
第 5 章	X3D 三维立体场景设计	52
5.1	几何节点场景设计	52
5.1.1	几何节点造型语法结构	52
5.1.2	几何节点造型源程序实例	53
5.2	体育运动器材场景造型设计	55
5.2.1	体育运动器材场景造型语法结构	55
5.2.2	体育运动器材场景造型源程序实例	56
5.3	地球围绕太阳运转的场景设计	61
5.3.1	地球围绕太阳运转场景的语法结构	61
5.3.2	地球围绕太阳运转场景源程序实例	62
5.4	天有不测风云场景设计	64
5.4.1	天有不测风云场景语法结构	65
5.4.2	天有不测风云场景源程序实例	65
第 6 章	X3D 复杂三维立体场景造型设计	72
6.1	航天飞行器场景设计	72
6.1.1	航天飞行器场景软件设计	72
6.1.2	航天飞行器场景源程序实例	72
6.2	高速公路桥场景设计	76
6.2.1	高速公路桥场景设计	76
6.2.2	高速公路桥场景源程序实例	77
6.3	动物园场景设计	81
6.3.1	动物园场景软件设计	81
6.3.2	动物园场景源程序实例	81
6.4	和谐社会献爱心场景设计	84
6.4.1	和谐社会献爱心场景软件设计	84
6.4.2	和谐社会献爱心场景源程序实例	85
第 7 章	X3D 自然景观场景造型设计	92
7.1	森林场景造型设计	92
7.1.1	森林场景造型软件设计	92
7.1.2	森林场景造型源程序实例	92
7.2	雪山场景造型设计	97
7.2.1	雪山场景造型软件设计	97
7.2.2	雪山场景造型源程序实例	97
7.3	野外军事演习场景造型设计	102

7.3.1	野外军事演习场景造型软件设计	103
7.3.2	野外军事演习场景造型源程序实例	103
7.4	山水自然场景设计	111
7.4.1	山水自然场景软件设计	111
7.4.2	山水自然场景源程序实例	112
第 8 章 X3D 室内外场景造型设计		119
8.1	X3D 室内造型开发与设计	119
8.1.1	X3D 室内造型设计	119
8.1.2	X3D 室内造型源程序实例	120
8.2	X3D 室外场景造型开发设计	126
8.2.1	X3D 室外场景造型设计	126
8.2.2	X3D 室外场景造型源程序实例	126
8.3	东方明珠塔场景造型开发设计	135
8.3.1	东方明珠塔场景造型设计	135
8.3.2	东方明珠塔场景造型源程序实例	135
8.4	斜拉桥场景造型设计	144
8.4.1	斜拉桥场景造型设计	144
8.4.2	斜拉桥场景造型源程序实例	145
第 9 章 X3D 三维医学人体、骨骼设计		155
9.1	三维人体行走场景造型开发设计	155
9.1.1	三维人体行走场景造型设计	155
9.1.2	三维人体行走场景造型源程序实例	156
9.2	三维人体医学骨骼造型开发设计	163
9.2.1	三维人体医学骨骼造型设计	164
9.2.2	三维人体医学骨骼造型源程序实例	164
9.3	石膏人体素描造型开发设计	172
9.3.1	石膏人体素描造型设计	172
9.3.2	石膏人体素描造型源程序实例	172
9.4	虚拟家庭三维人体场景开发设计	178
9.4.1	虚拟家庭三维人体场景设计	178
9.4.2	虚拟家庭三维人体场景源程序实例	178
第 10 章 X3D 影视多媒体动画设计		185
10.1	影视多媒体场景设计	185
10.1.1	影视多媒体场景设计	185
10.1.2	影视多媒体场景源程序实例	186
10.2	高速公路行驶汽车场景设计	189
10.2.1	设计高速公路行驶汽车场景	189
10.2.2	高速公路行驶汽车场景源程序实例	189
10.3	办公室场景设计	199
10.3.1	办公室场景软件设计	199

10.3.2	办公室场景源程序实例	199
10.4	观赏鱼场景设计	212
10.4.1	观赏鱼场景软件设计	213
10.4.2	观赏鱼场景源程序实例	213
第 11 章	X3D 游戏动画设计	221
11.1	翻板游戏场景设计	221
11.1.1	翻板游戏场景软件设计	221
11.1.2	翻板游戏场景源程序实例	222
11.2	汉诺塔游戏场景设计	227
11.2.1	汉诺塔 (Hanoi Tower) 游戏算法设计	227
11.2.2	汉诺塔游戏场景设计	228
11.2.3	汉诺塔游戏场景源程序实例	229
11.3	风洞实验场景设计	234
11.3.1	风洞实验场景软件设计	234
11.3.2	风洞实验场景源程序实例	234
11.4	帆船比赛运动场景设计	240
11.4.1	帆船比赛运动场景软件设计	240
11.4.2	帆船比赛运动场景源程序实例	240
11.5	海边浴场场景开发设计	250
11.5.1	海边浴场场景软件设计	250
11.5.2	海边浴场场景源程序实例	250
第 12 章	X3D 综合实例开发与设计	261
12.1	虚拟现实全景技术设计	261
12.1.1	虚拟现实立方体全景技术算法设计	261
12.1.2	虚拟现实立方体全景技术设计	264
12.1.3	虚拟旅游全景设计源程序实例	265
12.2	城市建筑场景规划设计	270
12.2.1	城市建筑场景规划设计	270
12.2.2	城市小区建筑规划设计源程序实例	271
附录 A	X3D 节点	300
附录 B	参考网站	305
参考文献		306

第1章 虚拟现实技术

虚拟现实技术是指利用计算机系统和虚拟现实硬件和软件所构成的虚拟现实环境，并通过多种虚拟现实交互设备使参与者沉浸于虚拟现实环境中。在该环境中直接与虚拟现实场景中的事物交互，产生身临其境的感受。使人在虚拟空间中得到与自然世界的同样感受，在虚拟现实环境中，真实感受视觉、听觉、触觉以及智能感知所带来的直观而自然的效果。

虚拟现实技术是以计算机技术为平台，利用虚拟现实硬件、软件资源实现的一种极其复杂的人与计算机之间的交互和沟通过程。利用虚拟现实技术为人类创建一个虚拟空间，并给参与者提供视觉、听觉、触觉、嗅觉、导航漫游等身临其境的感受，与虚拟现实环境中的三维造型和场景进行交互和感知，亲身体验在浩瀚的虚拟现实世界遨游的神秘、畅想之感。

本章主要介绍了虚拟现实技术、虚拟现实技术特点以及发展趋势。对虚拟现实系统进行了详细分类，包括沉浸式虚拟现实技术模式；分布式虚拟现实技术模式；桌面式虚拟现实技术模式以及纯软件虚拟现实技术模式。针对沉浸式虚拟现实系统阐述了虚拟现实动态交互感知设备，如三维立体眼镜、三维立体鼠标、数据手套、数据头盔、数据衣以及力反馈器等各种动态交互传感器设备等。

1.1 虚拟现实技术简介

计算机将人类社会带入崭新的信息时代。尤其是计算机网络的飞速发展，使地球变成了一个地球村。早期的网络系统主要传送文字、数字等信息，随着多媒体技术在网络上的应用，使目前计算机网络无法承受如此巨大的信息量，为此，人们开发出信息高速公路，即宽带网络系统，而在信息高速公路上驰骋的高速跑车就是 X3D/VRML200X 虚拟现实第二代三维立体网络程序设计语言，本书讲述的 X3D 开发与设计即使用计算机前沿科技虚拟现实技术和虚拟现实开发工具 X3D/VRML200X，利用软件工程的思想进行开发、设计、编程、调试和运行。通过虚拟现实语言 X3D/VRML200X 生动、鲜活的软件项目开发实例，由浅入深、循序渐进地不断提高学习和编程的能力，使读者能够真正体会到软件开发的实际意义、真实效果，获得无穷乐趣。

1.1.1 虚拟现实技术及其特点

虚拟现实技术是指利用计算机系统、多种虚拟现实专用设备和软件构造一种虚拟环境，实现用户与虚拟环境直接进行自然交互和沟通的技术。人类是世界的主宰，人通过虚拟现实硬件设备，如三维头盔显示器、数据手套、三维语音识别系统等与虚拟现实计算机系统进行交流和沟通，使人亲身感受到虚拟现实空间真实的身临其境的快感。

虚拟现实系统与其他计算机系统最本质的区别是“模拟真实的环境”。虚拟现实系统模拟的是“真实环境、场景和造型”，把“虚拟空间”和“现实空间”有机地结合而形成一個虚拟的时空隧道，即虚拟现实系统。

虚拟现实技术的特点主要体现在虚拟现实技术沉浸感、交互性、想象力（简称 3I 特

性), 以及网络功能、多媒体技术、人工智能、计算机图形学、动态交互智能感知和程序驱动三维立体造型与场景等方面。

(1) 沉浸感 (Immersion) 指用户置身于计算机虚拟环境中的真实程度。理想的虚拟现实环境应使用户难以辨认其场景是现实空间还是模拟虚拟空间, 使其难辨真假甚至超越真实。

(2) 交互性 (Interaction) 指参与者对虚拟现实场景中的物体的可操作程度以及从虚拟环境所得到的反馈的自然程度和实时性等。这种交互性主要借助于虚拟现实技术中的三维交互设备, 如立体眼镜、头盔显示器、数据手套以及虚拟现实三维空间跟踪球等。

(3) 想象力 (Imagination) 指在虚拟现实世界如何开发并寻找合适的场景和对象, 以充分发挥人类的想象力和创造力。在多维信息空间中, 依靠自己的认识和感知能力获取知识, 发挥主观能动性, 以拓宽知识领域, 开发新的产品, 把“虚拟”和“现实”有机地结合起来, 使人类的生活更加富足、美满和幸福。

(4) 具有强大的网络功能, 可以通过运行 X3D/VRML200X 程序直接接入 Internet。可以创建立体网页与网站。

(5) 具有多媒体功能。能够实现多媒体制作, 将文字、语音、图像、影片等融入三维立体场景, 并合成声音、图像以及影片达到舞台影视效果。

(6) 创建三维立体造型和场景。实现更好的立体交互界面。

(7) 具有人工智能, 主要体现在 X3D/VRML200X 具有感知功能。利用感知传感器节点来营造用户以及造型之间的动态交互感觉。

(8) 动态交互智能感知。用户可以借助虚拟现实硬件设备或软件产品, 直接与虚拟现实场景中的物体、造型进行动态智能感知交互, 使用者有身临其境的真实感受。

(9) 利用程序驱动三维立体模型与场景, 便于与各种程序设计语言、网页程序进行交互, 有着良好的程序交互性和接口, 便于系统实现扩充、交互、上网等功能。

虚拟现实三维立体网络程序设计语言 X3D/VRML200X 是第二代 Web 网络程序设计语言, 是 21 世纪主流高科技软件开发工具, 是把握未来宽带网络、多媒体及人工智能世界的关键技术。掌握了虚拟现实三维立体网络程序设计语言 X3D/VRML200X, 就掌握了软件开发的主动权, 可以在未来的虚拟世界里驰骋翱翔。

1.1.2 虚拟现实技术分类

虚拟现实技术分类有以下几种模式: 沉浸式虚拟现实技术模式、分布式虚拟现实技术模式、桌面式虚拟现实技术模式以及纯软件虚拟现实技术模式。

沉浸式虚拟现实技术模式也称最佳虚拟现实技术模式, 选用了先进、完备的虚拟现实硬件设备和虚拟现实的软件技术支持。在虚拟现实硬件和软件投资方面规模比较大, 效果自然丰厚, 适合于大、中型企业使用。

分布式虚拟现实技术模式基于网络虚拟环境, 它将位于不同物理位置的多个用户或多个虚拟现实环境通过网络连接并共享信息资源, 使用户在虚拟现实的网络空间更好地协调工作。这些人既可以在同一个地方工作, 也可以在世界各个不同的地方工作, 彼此之间可以通过分布式虚拟网络系统联系在一起, 共享计算机资源。分布式虚拟现实环境既可以利用分布式计算机系统提供强大的计算能力, 又可以利用分布式系统本身的特性, 再加上虚拟现实技术, 使人们能够真正感受虚拟现实网络所带来的巨大潜力。

桌面式虚拟现实技术模式也称基本虚拟现实技术模式, 使用最基本的虚拟现实硬件和软

件设备和技术；以达到一个虚拟现实技术的最基本配置。特点是投资较少，效率可观。属于经济型投资范围，适合于中、小企业使用。

纯软件虚拟现实技术模式也称大众化模式，是在无虚拟现实硬件设备和接口的前提下，利用传统的计算机、网络 and 虚拟现实软件环境实现的虚拟现实技术。特点是投资最少，效果显著，属于民用范围，适合于个人、小集体开发使用，是既经济又实惠的一种虚拟现实开发模式。虚拟现实技术分类框图如图 1-1 所示。

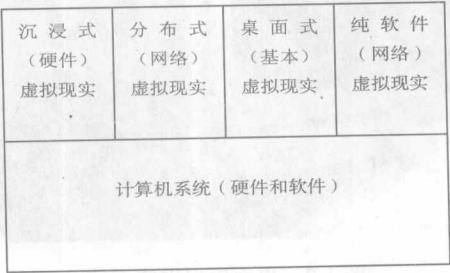


图 1-1 虚拟现实技术分类框图

虚拟现实技术的发展、普及要从最廉价的纯软件虚拟现实开始逐步过渡到桌面式基本虚拟现实系统，然后进一步发展为完善的沉浸式硬件虚拟现实。通过三个发展历程，最终实现真正具有真实动态交互和感知的虚拟现实系统，实现人类真实的视觉、听觉、触觉、嗅觉、漫游和移动物体等身临其境的感受。

一个典型的虚拟现实系统包括：计算机系统、虚拟现实软件系统、虚拟现实硬件设备、计算机网络系统和人类活动。

完整的计算机系统包括：计算机硬件设备、软件产品、多媒体设备以及网络设施。可以是一台大型计算机、工作站或 PC。

虚拟现实软件系统包括：虚拟现实软件 X3D/VRML200X、Java3D、OpenGL、Vega 等。主要用于软件项目的开发与设计。

虚拟现实硬件设备包括：虚拟现实三维动态交互感知硬件设备。主要用于将各种控制信息传输到计算机，虚拟现实计算机系统再把处理后的信息反馈给参与者，实现“人”与“虚拟现实计算机系统”真实的动态交互和感知效果。虚拟现实硬件设备可以实现虚拟现实场景中“人”“机”的动态交互感觉，充分体验虚拟现实中的沉浸感、交互性、想象力。如三维立体眼镜、数据手套、数据头盔、数据衣服以及各种动态交互传感器设备等。

人类的感知系统有 60% 以上的信息通过视觉获得，20% 左右通过听觉获得，还有 20% 通过触觉、嗅觉、味觉、手势和面部表情等获得。而虚拟现实硬件系统设备就是要实现和满足人们的需求，实现“人”与“机”的信息传递和数据转换。将虚拟环境中的三维物体造型、动作、声音转换成人类能够识别的信息，再将人类的主观愿望通过虚拟现实设备传递给虚拟现实系统。如将人的动作（转动、走动、手势等）变成作用信息，再通过虚拟现实硬件设备的反馈使人能获得视觉、听觉、触觉的感受。还可以使用摄像机、压力传感器、视觉跟踪器、惯性仪、语音识别系统。

1.1.3 桌面虚拟现实系统

桌面虚拟现实系统 (Desktop VR System) 是通过计算机的显示屏幕、电视屏幕、投影屏

幕、立体眼镜及三维鼠标，加上计算机生成的环境来提供给用户；音响通过安放在桌上或室内的音响系统来提供。桌面虚拟现实系统采用标准的 CRT 显示器和立体显示技术。在使用时，系统设定一个虚拟观察者的位置，用户通过 6 自由度鼠标或三维操纵杆与系统进行交互，在屏幕上显示出用户与虚拟世界交互的过程。桌面虚拟现实系统如图 1-2 所示。



图 1-2 桌面虚拟现实系统

桌面虚拟现实（VR）系统中主要的功能块包括计算机系统、显示系统、利用摄像机的光学跟踪系统、音响系统甚至网络系统等。在桌面虚拟现实（VR）系统中，人们将面对一种显示屏幕，通过这个窗口可以看到一个虚拟世界。窗口中的景象看起来真实，听起来生动，操作起来物体的行为感人，例如汽车模拟器、飞机模拟器、电子会议等都属于桌面 VR 系统。这类系统的优点是用户比较自由，不需要佩戴头盔和耳机，也不需要带数据手套和跟踪器，并且可以允许多个用户同时加入系统，对用户数的限制较小。但桌面 VR 系统难以解决双目视觉竞争问题，难以构造用户沉浸于其中的虚拟环境。而沉浸式虚拟现实系统从根本上解决了这一问题。

1.1.4 沉浸式虚拟现实系统

虚拟现实系统要求用户戴上立体眼镜或立体显示头盔，甚至戴上数据手套、数据衣等，使用户在与计算机产生的三维图形交互中形成一个虚拟的三维环境。用户在这个三维虚拟环境中，可以“行走”、“飞行”，可以多感知（如视觉、听觉、嗅觉、触觉等）地与三维虚拟物体交互，其真实性感觉或效果与人在现实环境中类似。由于虚拟现实把人在三维虚拟世界中的感觉和行为现实化，因此把这样的虚拟现实系统称为沉浸式虚拟现实系统（Immersive VR System）。

沉浸式虚拟现实系统利用封闭的三维立体视景和音响系统，使得用户“进入”计算机系统所产生的虚拟世界中，从而产生身临其境的效果。这是一类较高级的虚拟现实系统，它把用户的个人视点完全沉浸到虚拟世界中。

按照沉浸式虚拟现实设备的不同，沉浸式虚拟现实系统又可分为基于头盔显示器的虚拟现实系统，即 CAVE 系统、环幕式系统、工作墙系统、全息工作台系统、球形工作间系统等。

1. 基于头盔显示器的沉浸式虚拟现实系统

基于头盔显示器的沉浸式虚拟现实系统利用各种头盔显示器把人的视觉、听觉和其他感觉封闭在一起，通过数据手套、头部跟踪器等交互装置，使用户完全置于计算机生成的环境

中，从而产生一种身在虚拟环境中的错觉。计算机通过用户所戴的数据手套和跟踪器可以测试出用户的运动和姿态，并将测得的数据反馈到生成的视景中，产生身临其境的效果，基于头盔的沉浸式虚拟现实系统如图 1-3 所示。

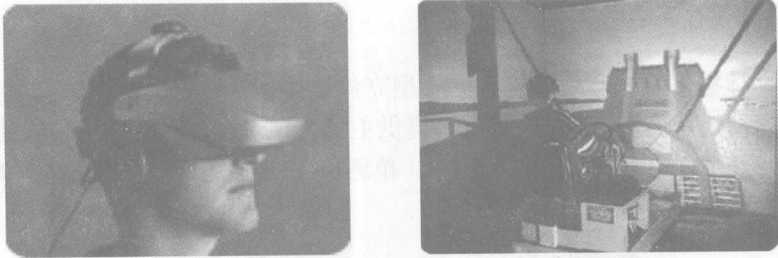


图 1-3 基于头盔的沉浸式虚拟现实系统

2. CAVE 虚拟现实系统

CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) 空穴自动化虚拟环境在外形上是使用投影系统、围绕着观察者具有多个图像画面的虚拟现实系统，多个投影面组成一个空间结构。

理论上 CAVE 是基于计算机图形学而把高分辨率的立体投影技术和三维计算机图形技术、音响技术、传感器技术等有机结合起来，产生一个供多人使用的完全沉浸的虚拟环境，如图 1-4 所示。



图 1-4 CAVE 沉浸式虚拟现实系统

在 CAVE 中，观察者的视点位置通过位置传感器实时反馈给计算机，计算机实时生成各屏幕的图像，然后在各屏幕上计算出立体图像，观察者戴上立体眼镜就可以看到三维空间立体效果，体验身临其境的感觉。同时，系统中配备三维交互跟踪设备，观察者不需移动，只要操作手上的按钮，就可以大范围地调节观察范围，真正体验在空间中诸如“漫游”、“飞行”等特殊效果，这些特殊效果和感觉在非 CAVE 系统中是无法体验的。

CAVE 最早出现于 SIGGRAPH 会展上，芝加哥伊利诺伊大学的电子可视化实验室展示了 CAVE (空穴自动化虚拟环境)。CAVE 是由三个后投影屏作为墙、一个下投影屏作为地板形成的一个封闭空间。高分辨率投影仪以 120Hz 的场刷新率显示计算机生成的立体图像，同时，计算机控制的放大器通过扬声器网转播所选定的声音。在 CAVE 环境中，用户 (一人或多人) 感到完全被高分辨率的三维图像、声音所包围，体验到沉浸入虚拟环境的强烈感觉。较早的一个实际系统是“壁橱式大教堂” (the Closet Cathedral)，它能够使实际处于较小空间的观众，产生处于极其广阔的环境中的印象。在进行探索经预处理后的数据集的可视化技术

中, CAVE 被证明很有用途。在 CAVE 虚拟环境中, 当具备结合模拟软件的额外处理能力后, 用户就可交互地探索新景观, 体验到实时的视觉回应了。CAVE 的典型应用包括交互式分子造型、科学计算可视化、声音模拟、建筑、天气模拟及医学造型等。

3. 环幕沉浸式虚拟现实系统

(1) 单通道立体投影系统利用便携型的小型立体投影系统, 采用两台高亮度 DLP 或 LCD 立体版投影机, 显示尺寸为 4m×3m 或更大, 提供主机接口深度沉浸的虚拟现实仿真显示系统, 演示效果出色, 适合中、小型机构或项目使用。单通道沉浸式虚拟现实系统如图 1-5 所示。

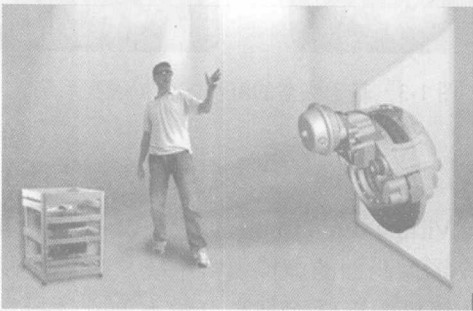


图 1-5 单通道沉浸式虚拟现实系统

(2) 多通道环幕虚拟现实系统(支持 Windows)是三通道环幕虚拟现实投影系统, 属于专业型的大型多媒体会议投影系统, 采用 3 台高亮度 DLP 或 LCD 立体版投影机, 显示尺寸为 3m×9m 或更大, 提供主机接口, 兼容性强, 画中画多窗口, 演示效果出色, 适合大、中型机构或项目使用。多通道沉浸式环幕虚拟现实系统如图 1-6 所示。

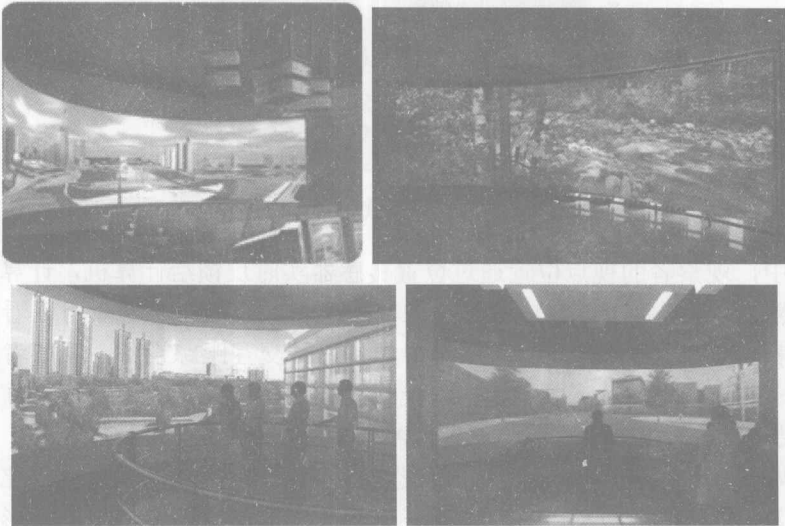


图 1-6 多通道沉浸式环幕虚拟现实系统

4. 沉浸式工作墙系统

沉浸式工作墙(Immersive Work Wall)系统是一个大尺度的可视化环境, 可以同时向多用户展示虚拟环境, 也可以允许多个用户协作完成设计计划。沉浸式工作墙系统是可变尺度

的, 利用两个或多个边缘融合的投影仪创造一种令人难以置信的高清晰度、无缝拼接的虚拟环境, 通过与真实模型和环境大小相同的显示, 使得用户如同身临其境。沉浸式工作墙的类型根据用户需求的不同, 设计上也多种多样, 根据其形状的不同, 大致上可分为平面形工作墙、折面形工作墙、柱面形工作墙和球面形工作墙, 如图 1-7 所示。

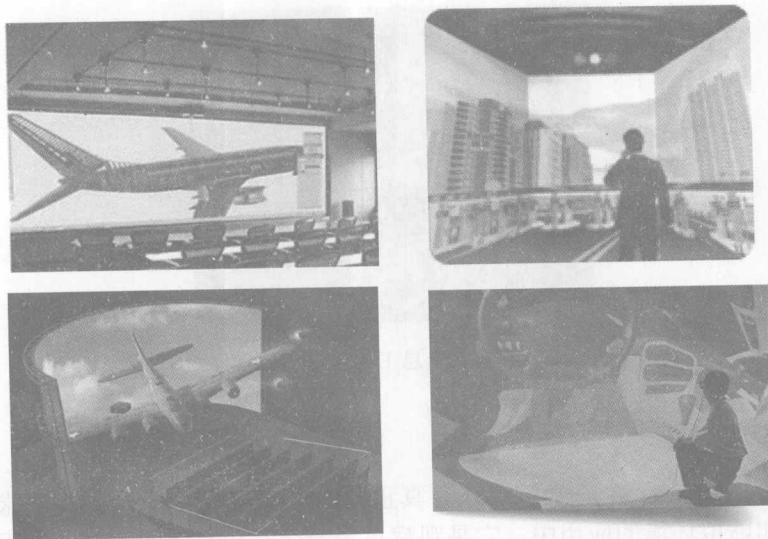


图 1-7 沉浸式工作墙虚拟现实系统

沉浸式工作墙虚拟现实系统与基于头盔显示器的沉浸式虚拟现实系统相比, 具有下列特点:

- (1) 同时允许 15 人左右的小组协同工作。
- (2) 便于用户浏览真实尺度的虚拟物体和虚拟环境。
- (3) 主要用于航空航天、信息地理、机械自动化等宏观的、大尺度模型的可视化。
- (4) 光滑、无缝的显示视频可以产生高清晰度的影像。

5. 沉浸式全息工作台系统

德国汉诺威下萨克森区域计算中心的科学家们已经研制出了一种用于三维显示的高科技产品——全息工作台 (Holobench)。这台耗资 150 万欧元的投影设备可以让虚拟的物体在桌子上自由移动。“它使人们可以沉浸在一个虚拟的世界中”, 下萨克森区域计算中心项目负责人施特凡·奥尔布里希博士在解释“沉浸虚拟现实”的概念时这样说。该全息工作台通过两个彼此垂直的面积为 $130\text{cm} \times 90\text{cm}$ 的投影表面和一个滤波眼镜来产生三维图像。

虚拟现实实验室这台设备的“心脏”是一台称为“三维透视服务器”的 SGI Onyx 3800 图形计算机。图像数据经过这台图形计算机 (18 个处理器、4 块显卡、34GB 内存、7TB 硬盘容量) 处理之后, 通过 4 台液晶投影设备在两个表面上生成不同的图像, 这些图像汇合之后就可以显示出立体效果。“为了能看到三维的物体, 人们需要戴上特制的眼镜”, 奥尔布里希博士在谈到如何享受全息工作台的震撼效果时这样说。想看到更多三维景象的观众还可以从侧面或者下方观看。一套在眼镜中事先安装好的跟踪系统可以识别人的眼球所在的位置, 并计算出在所对应的视角下应该显示的三维图像。借助于高速的计算能力, 科学家们还可以使三维物体在投影中旋转, 或者让观众看到由于数据改变而产生的虚拟空间效果。

全息工作台是一个可以生成大景深三维图像的桌子。极点滤波眼镜上的跟踪系统在识别出人眼的位置之后，电脑会根据人眼的位置在两个彼此垂直的投影平面上生成一个具有正确透视关系的三维图像。图 1-8 所示为气候的模拟情况，通过使用跟踪笔，用户可以让云彩在空间自由转动。

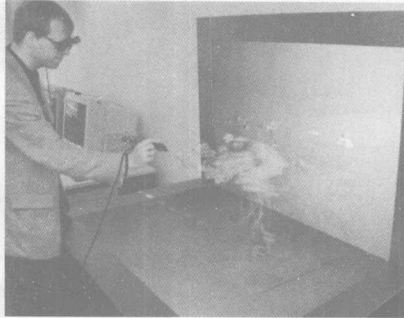


图 1-8 沉浸式全息工作台虚拟现实系统

6. 球形虚拟现实系统

球形虚拟现实系统是一个完全沉浸式、真正便携、多用户、单投影器半球显示系统。在 3D 计算机图形和虚拟环境的应用中，它是观察显示及交互最有效的工具。使用球形虚拟现实系统不需要用户佩戴立体眼镜、头盔等任何限制外设。针对模拟仿真、培训、设计、工程、产品展示、教育、医学服务和娱乐等领域的多用户全感官的显示，球形虚拟现实系统是一个理想的选择。它建造了一个生动的虚拟现实环境，当用户进入球型结构的虚拟现实系统内，就会完全沉浸在 180° 半球屏幕的环境中，通过 Elumens 独特的光学设计，看到清晰逼真的图像（见图 1-9）。所有球形虚拟现实系统都是可扩展的，并与大部分通用和专用的计算机和图形工作站兼容，其中包括 X3D、Quantum3D、Silicon Graphics、Intel & Alpha-based WindowsNT PCs 等。

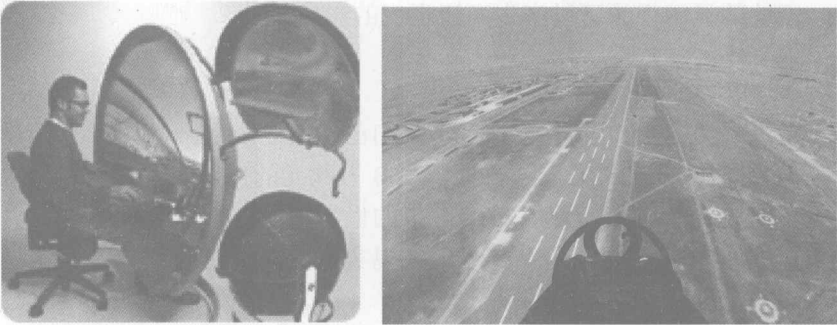


图 1-9 球形虚拟现实系统

球形虚拟现实系统也是近年来最新出现的虚拟现实显示设备，其最大的特点是视野宽广，视角可以达到 150° 甚至更高，覆盖了观察者的绝大部分视野，从而令使用者感到仿佛身处飞行器驾驶舱之中，给人以深刻印象。

在使用球形虚拟现实系统时，所使用的虚拟现实软件平台必须具备软件鱼眼镜透视校正的能力，否则视野中的物体将会严重变形，球形虚拟现实系统并不适用于使用普通视频的演示场合。