



# X3D

## 动画游戏设计

虚拟人、全景技术、  
影视媒体、游戏动画设计

# 源程序

张金钊 张金锐 张金镛 张童嫣 著

**十二年虚拟类项目开发经验积累  
展现虚拟现实立体世界全貌**

- 虚拟室内外三维立体场景设计
- 虚拟人运动设计
- 全景技术设计
- 环幕影视多媒体设计
- 三维立体动画与游戏设计
- 军事模拟演练（训练）设计
- 虚拟航天航空开发与设计
- 虚拟立体动画相册设计
- 虚拟数字校园开发与设计



# X3D 动画游戏设计

——虚拟人、全景技术、影视媒体、游戏动画设计源程序

张金钊 张金锐 张金镛 张童嫣 著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

本书利用软件工程思想开发与设计 X3D 虚拟现实程序,运用计算机前沿科技虚拟现实建模语言(X3D)开发软件工程项目,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、虚拟人设计、影视媒体设计、三维立体动画与游戏设计、自然景观场景设计、室内外设计、建筑设计及综合开发实例等,使读者在宽松、愉快的氛围中学习和提高,有助于读者学习和掌握 X3D 虚拟现实三维立体动画与游戏开发设计。

本书是目前虚拟现实领域最前沿的计算机教科书。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,所配光盘提供案例和程序代码,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。

本书适合计算机网络、影视多媒体、游戏设计、艺术设计、机械加工设计、装潢设计、环境保护设计、建筑规划设计、虚拟信息地理、虚拟医疗、工业设计、电子机械、军事、航空航天、煤炭冶金、海洋生物及地质勘探等专业教科书,可作为计算机软件开发人员和工程技术人员实用工具书,同时也可作为高等院校研究生、本科、专科学生教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

X3D动画游戏设计:虚拟人、全景技术、影视媒体、  
游戏动画设计源程序 / 张金钊等著. -- 北京:中国水利  
水电出版社, 2010.1

ISBN 978-7-5084-6935-5

I. ①X… II. ①张… III. ①三维—动画—设计 IV.  
①TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第195630号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:杨元泓 加工编辑:陈洁 封面设计:李佳

书 名	X3D 动画游戏设计——虚拟人、全景技术、影视媒体、游戏动画设计源程序
作 者	张金钊 张金锐 张金镛 张童嫣 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 23印张 565千字
版 次	2010年1月第1版 2010年1月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	48.00元(赠1CD)

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 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。人类社会的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。

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（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、信息地理及人工智能世界关键技术。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 三维立体程序直接进入 Internet，还可以创建虚拟城市、虚拟太空、虚拟战场、虚拟工业制造加工、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 具有以下新特点：

(1) 多感知性 (Multi-Sensory) 是指除了一般计算机技术所具有的视觉感知之外，还有听觉感知、力觉感知、触觉感知、运动感知，甚至包括味觉感知、嗅觉感知等一切人类所具有的感知功能。

(2) 沉浸感 (Immersion) 又称临场感，指用户感到作为主角存在于模拟环境中的真实程度。理想的模拟环境应该使用户难以分辨真假，使用户全身心地投入到计算机创建的三维虚拟环境中，该环境中的一切看上去是真实的，听上去是真实的，动起来是真实的，甚至闻起来、尝起来等一切感觉都是真实的，如同在现实世界中的感觉一样。

(3) 交互性 (Interactivity) 指用户对模拟环境中物体的可操作程度和从环境得到反馈的自然程度 (包括实时性)。用户可以用手去直接抓取模拟环境中虚拟的物体，这时手有握着东西的感觉，并可以感觉物体的重量，视野中被抓的物体也能立刻随着手的移动而移动。

(4) 构想性 (Imagination) 强调虚拟现实技术应具有广阔的可想象空间，可以拓宽人类认知范围，不仅可再现真实存在的环境，也可以随意构想客观不存在的甚至是不可能发生的环境。充分发挥人类的想象力和创造力，在多维信息空间中，依靠人类的认识和感知能力获取知识，发挥主观能动性，去拓宽知识领域，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。

(5) 具有强大的网络功能，可以通过运行 X3D/VRML200X 程序直接接入 Internet 上网。

可以开发设计三维立体网页与网站。

(6) 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，在三维立体空间播放电影、电视节目，并合成声音、图像及影片达到舞台影视效果。

(7) 创建三维立体造型和场景，强大三维立体场景造型再现能力，实现更好的立体交互界面。

(8) 具有人工智能，主要体现在 X3D/VRML200X 具有智能感知功能。利用感知传感器节点，在三维立体空间中，用户可以移动物体造型，进行碰撞检测，亲近度等智能感知测试的动态交互感受。

(9) 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。

(10) 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，实现系统扩充、交互、上网等功能。

(11) 虚拟人设计指 X3D 虚拟人动画节点设计，即 X3D 虚拟人动画组件设计。在虚拟空间设计逼真的三维立体虚拟人，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。

(12) 地理信息系统指 X3D 地理信息节点设计，实现数字地球、数字城市、数字家庭等，即地理信息学组件，包括如何在真实世界位置和 X3D 场景中元素之间建立关联，以及详细说明协调地理应用的节点。

(13) 曲面设计指复杂曲面节点设计涵盖曲线与曲面设计，实现高级复杂曲面开发和设计。

(14) CAD 设计指利用 X3D/CAD 组件实现从 CAD 到 X3D 的转换，提高软件开发效率。

(15) 分布交互系统指利用分布式计算机系统提供的强大功能，又可以利用分布式本身特性，实现虚拟分布式系统带来的无穷魅力。

(16) 粒子火焰技术指在虚拟现实系统中运用粒子火焰技术模拟仿真自然界中的烟火、云雾、爆炸等场景，模拟虚拟战场炮火、硝烟等。

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。从软件开发的视角编写本书，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、城市规划设计、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。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、影视媒体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的计算机网络、游戏动画设计、影视媒体、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教材，同时也可作为初学者、有一定虚拟现实基础和计算机软件开发人员以及工程技术人员学习的参考书籍。

“知识改变命运，教育成就未来，智慧改变人生”，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”，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，实现自己的全部梦想。

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。联系方式：邮箱 [zhzjza@21cn.com](mailto:zhzjza@21cn.com)。

作者

2009年8月28日

# 目 录

前言

第1章 虚拟现实技术	1	3.3.1 绿化场景设计	51
1.1 虚拟现实技术简介	1	3.3.2 绿化场景源程序实例	52
1.1.1 虚拟现实技术及基本特性	2	3.4 转动的地球仪场景设计	56
1.1.2 虚拟现实技术分类	3	3.4.1 转动的地球仪场景设计	56
1.1.3 虚拟现实硬件设备	11	3.4.2 转动的地球仪场景源程序实例	56
1.1.4 虚拟现实技术的发展	15	3.5 神舟七号载人航天场景设计	60
1.2 X3D 概述	16	3.5.1 神舟七号载人航天场景设计	60
1.3 X3D 开发环境	25	3.5.2 神舟七号载人航天场景源程序实例	60
1.3.1 记事本 X3D 编辑器	25	第4章 X3D 三维立体展馆设计	67
1.3.2 X3D-Edit 专用编辑器	25	4.1 汽车展览场馆设计	67
1.4 X3D 运行环境	29	4.1.1 汽车展览场馆设计	67
1.4.1 X3D 浏览器简介	29	4.1.2 汽车展览场馆源程序实例	68
1.4.2 BS Contact VRML-X3D 7.2 浏览器 安装使用	30	4.2 飞机展览场景设计	72
1.4.3 Xj3D 浏览器安装使用	31	4.2.1 飞机展览场景设计	72
1.5 X3D 程序调试	32	4.2.2 飞机展览场景源程序实例	72
第2章 X3D 基本语法架构	34	4.3 航天展览场景设计	76
2.1 X3D 文件结构	34	4.3.1 航天展览场景设计	76
2.1.1 X3D 文件头	35	4.3.2 航天展览场景源程序实例	76
2.1.2 X3D 文件体	36	4.4 海军航母舰艇博览场景设计	83
2.1.3 X3D 文件注释	39	4.4.1 海军航母舰艇博览场景设计	83
2.2 X3D 文件格式	39	4.4.2 海军航母舰艇博览场景源程序实例	83
2.2.1 *.X3D 文件格式	40	4.5 陆军兵器展馆场景设计	87
2.2.2 *.X3DV 文件格式	41	4.5.1 陆军兵器展馆场景设计	87
2.2.3 *.X3DB 二进制源代码	43	4.5.2 陆军兵器展馆场景源程序实例	87
第3章 X3D 三维立体造型设计	44	第5章 X3D 虚拟现实全景技术设计	92
3.1 石膏素描造型开发设计	44	5.1 虚拟现实全景技术设计	92
3.1.1 石膏素描造型设计	44	5.1.1 虚拟现实立方体全景技术算法设计	92
3.1.2 石膏素描造型源程序实例	44	5.1.2 虚拟现实立方体全景技术设计	95
3.2 路灯造型设计	48	5.1.3 虚拟现实立方体全景技术源程序 实例	95
3.2.1 路灯造型设计	48	5.2 X3D 三维立体相册场景设计	100
3.2.2 路灯造型源程序实例	48	5.2.1 X3D 三维立体相册场景设计	100
3.3 绿化场景设计	51	5.2.2 X3D 三维立体相册场景源程序	

实例 .....	100	8.3.2 虚拟卧室场景源程序实例 .....	190
5.3 可翻动的立体相册场景造型设计 .....	103	8.4 X3D 客厅场景造型开发设计 .....	201
5.3.1 可翻动的立体相册场景造型设计 .....	103	8.4.1 X3D 客厅场景造型设计 .....	202
5.3.2 可翻动的立体相册场景造型 源程序实例 .....	104	8.4.2 X3D 客厅场景源程序实例 .....	203
<b>第6章 X3D 虚拟现实雕塑设计</b> .....	110	8.5 办公室场景造型开发设计 .....	209
6.1 虚拟现实自由女神设计 .....	110	8.5.1 办公室场景造型设计 .....	210
6.1.1 虚拟现实自由女神设计 .....	110	8.5.2 办公室场景源程序实例 .....	210
6.1.2 虚拟现实自由女神源程序实例 .....	111	8.6 X3D 会议室场景造型开发设计 .....	217
6.2 虚拟现实维纳斯雕像设计 .....	115	8.6.1 X3D 会议室场景造型设计 .....	217
6.2.1 虚拟现实维纳斯雕像设计 .....	115	8.6.2 X3D 会议室场景源程序实例 .....	218
6.2.2 虚拟现实维纳斯雕像源程序实例 .....	116	<b>第9章 X3D 影视多媒体动画设计</b> .....	226
6.3 虚拟现实科学家雕像设计 .....	119	9.1 立体音响效果场景开发设计 .....	226
6.3.1 虚拟现实科学家雕像设计 .....	120	9.1.1 立体音响效果场景设计 .....	226
6.3.2 虚拟现实科学家雕像源程序实例 .....	120	9.1.2 立体音响效果场景源程序实例 .....	227
6.4 虚拟现实奏响前程雕像设计 .....	125	9.2 X3D 影视多媒体场景开发设计 .....	233
6.5 虚拟现实转动的雕像设计 .....	132	9.2.1 X3D 影视多媒体场景设计 .....	234
6.5.1 虚拟现实转动雕像设计 .....	132	9.2.2 影视多媒体场景源程序实例 .....	235
6.5.2 虚拟现实转动雕像源程序实例 .....	133	9.3 家庭影院场景开发设计 .....	241
<b>第7章 X3D 虚拟人运动设计</b> .....	137	9.3.1 家庭影院场景设计 .....	241
7.1 虚拟人场景设计 .....	137	9.3.2 家庭影院场景源程序实例 .....	242
7.1.1 虚拟人场景设计 .....	137	9.4 环幕电影场景开发设计 .....	250
7.1.2 虚拟人场景源程序实例 .....	138	9.4.1 环幕电影场景设计 .....	251
7.2 虚拟人体经络和骨骼设计 .....	149	9.4.2 环幕电影场景源程序实例 .....	252
7.2.1 虚拟人体经络和骨骼设计 .....	149	<b>第10章 X3D 游戏动画设计</b> .....	261
7.2.2 虚拟人体经络和骨骼源程序实例 .....	151	10.1 汉诺塔游戏场景开发设计 .....	261
7.3 虚拟人运动设计 .....	157	10.1.1 汉诺塔游戏算法设计 .....	261
7.3.1 虚拟人运动设计原理 .....	157	10.1.2 汉诺塔游戏场景设计 .....	263
7.3.2 虚拟人运动节点设计 .....	158	10.1.3 汉诺塔游戏场景源程序实例 .....	263
7.3.3 虚拟人运动源程序实例 .....	158	10.2 现代办公动画场景开发设计 .....	271
<b>第8章 X3D 室内场景造型设计</b> .....	171	10.2.1 现代办公动画场景设计 .....	271
8.1 X3D 餐厅场景造型开发设计 .....	171	10.2.2 现代办公动画场景源程序实例 .....	271
8.1.1 X3D 餐厅场景造型设计 .....	171	10.3 X3D 国际象棋游戏场景开发设计 .....	283
8.1.2 X3D 餐厅场景造型源程序实例 .....	172	10.3.1 X3D 国际象棋游戏场景设计 .....	284
8.2 浴室场景造型开发设计 .....	180	10.3.2 X3D 国际象棋游戏场景源 程序实例 .....	285
8.2.1 浴室场景造型设计 .....	180	10.4 虚拟信息化部队动画设计 .....	291
8.2.2 浴室场景造型源程序实例 .....	181	10.4.1 虚拟信息化部队动画设计 .....	291
8.3 虚拟卧室场景开发设计 .....	190	10.4.2 虚拟信息化部队动画设计源 程序实例 .....	291
8.3.1 虚拟卧室场景设计 .....	190		

<b>第 11 章 X3D 三维立体建筑场景设计</b> .....	302
11.1 X3D 现代楼房建筑场景开发设计.....	302
11.1.1 X3D 现代楼房建筑场景总体设计 ..	302
11.1.2 X3D 现代楼房建筑场景详细设计 ..	303
11.1.3 X3D 现代楼房建筑场景源 程序实例.....	304
11.2 X3D 餐厅场景造型开发设计 .....	312
11.2.1 X3D 餐厅场景总体设计.....	312
11.2.2 X3D 餐厅场景详细设计.....	313
11.2.3 X3D 餐厅场景源程序实例.....	314
11.3 X3D 教学楼建筑场景开发设计 .....	321
11.3.1 X3D 教学楼建筑场景总体设计 .....	322
11.3.2 X3D 教学楼建筑场景详细设计.....	322
11.3.3 X3D 教学楼建筑场景源程序实例 ..	323
<b>第 12 章 X3D 虚拟现实综合实例开发与设计</b> .....	333
12.1 X3D 虚拟校园项目规划设计 .....	333
12.2 X3D 虚拟校园需求分析 .....	334
12.3 X3D 虚拟校园总体设计 .....	335
12.4 X3D 虚拟校园详细设计 .....	336
12.5 X3D 虚拟校园编码测试 .....	337
12.6 X3D 虚拟校园运行和维护.....	350
<b>附录 X3D 节点</b> .....	351
<b>参考文献</b> .....	356
<b>参考网站</b> .....	357

# 第 1 章 虚拟现实技术

虚拟现实（Virtual Reality, VR）是近年来出现的高新技术，也称灵境技术或人工环境。虚拟现实技术是利用计算机模拟产生一个三维空间的虚拟世界，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事物交互，浏览者在虚拟三维立体空间，根据需要“自主浏览”三维立体空间的事物，从而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、味觉、触觉及智能感知所带来的直观而又自然的效果。

虚拟现实是一项综合集成技术，涉及计算机图形学、人机交互技术、传感技术、人工智能等领域，它用计算机生成逼真的三维视觉、听觉、味觉、触觉等感觉，使人作为参与者通过适当虚拟现实装置，自然地对虚拟世界进行体验和交互作用。使用者在虚拟三维立体空间进行位置移动时，计算机可以立即进行复杂的运算，将精确的 3D 世界影像传回产生临场感。该技术集成了计算机图形（CG）技术、计算机仿真技术、人工智能、传感技术、显示技术、网络并行处理等技术的最新发展成果，是一种由计算机技术辅助生成的高技术模拟系统。

本文主要介绍了虚拟现实技术、虚拟现实技术特点及发展趋势。对虚拟现实系统进行详细分类，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

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，并向参与者提供视觉、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，亲身体验在虚拟现实世界遨游的神秘、畅想、浩瀚感受。

虚拟现实技术是通过计算机对复杂数据进行可视化操作与交互的一种全新方式，与传统的人机界面以及流行的视窗操作相比，虚拟现实在思想技术上有了质的飞跃。虚拟现实技术的出现大有一统网络三维立体设计趋势，具有划时代意义。

计算机将人类社会带入崭新信息时代，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。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，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，从中获得无穷乐趣。

### 1.1.1 虚拟现实技术及基本特性

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 and 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。

虚拟现实技术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，并向参与者提供视觉、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实体进行交互和感知，亲身体验在虚拟现实世界遨游的神秘、畅想、浩瀚感受。

虚拟现实系统与其他计算机系统的最本质区别是“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”有机地结合形成一个虚拟的时空隧道，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多感知性、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基本特征。

(1) 多感知性 (Multi-Sensory) 是指除了一般计算机技术所具有的视觉感知之外，还有听觉感知、力觉感知、触觉感知、运动感知，甚至包括味觉感知、嗅觉感知等一切人类所具有的感知功能。

(2) 沉浸感 (Immersion) 又称临场感，指用户感到作为主角存在于模拟环境中的真实程度。理想的模拟环境应该使用户难以分辨真假，使用户全身心地投入到计算机创建的三维虚拟环境中，该环境中的一切看上去是真实的，听上去是真实的，动起来是真实的，甚至闻起来、尝起来等一切感觉都是真实的，如同在现实世界中的感觉一样。

(3) 交互性 (Interactivity) 指用户对模拟环境内物体的可操作程度和从环境得到反馈的自然程度 (包括实时性)。用户可以用手去直接抓取模拟环境中虚拟的物体，这时手有握着东西的感觉，并可以感觉物体的重量，视野中被抓的物体也能立刻随着手的移动而移动。

(4) 构想性 (Imagination) 强调虚拟现实技术应具有广阔的可想空间，可以拓宽人类认知范围，不仅可再现真实存在的环境，也可以随意构想客观不存在的甚至是不可能发生的环境。充分发挥人类的想象力和创造力，在多维信息空间中，依靠人类的认识和感知能力获取知识，发挥主观能动性，去拓宽知识领域，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。

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

(6) 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、图像及影片，达到舞台影视效果。

(7) 创建三维立体造型和场景，实现更好的立体交互界面。

(8) 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，来感受用户以及造型之间的动态交互感觉。

(9) 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, 使用户有身临其境的真实感受。

(10) 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, 实现系统扩充、交互、上网等功能。

(11) 虚拟人设计指 X3D 虚拟人动画节点设计, 即 X3D 虚拟人动画组件设计。在虚拟空间设计逼真的三维立体虚拟人, 进行动态交互、交流等。

(12) 地理信息系统指 X3D 地理信息节点设计, 实现数字地球、数字城市和数字家庭等, 即地理信息学组件, 包括如何在真实世界位置和 X3D 场景中元素之间建立关联, 以及详细说明协调地理应用的节点。

(13) 曲面设计指复杂曲面节点设计涵盖曲线与曲面设计, 实现高级复杂曲面的开发和设计。

(14) CAD 设计指利用 X3D/CAD 组件实现从 CAD 到 X3D 的转换, 提高软件开发效率。

(15) 分布交互系统指利用分布式计算机系统提供的强大功能, 又可以利用分布式本身的特性, 感受虚拟分布式系统带来的无穷魅力。

一般来说, 一个完整的虚拟现实系统由虚拟环境、以高性能计算机为核心的虚拟环境处理器、以头盔显示器为核心的视觉系统、以语音识别和声音合成与声音定位为核心的听觉系统、立体鼠标、跟踪器、数据手套和数据衣为主体的身体方位姿态跟踪设备, 以及味觉、嗅觉、触觉以及力觉反馈系统等功能单元构成。

### 1.1.2 虚拟现实技术分类

虚拟现实技术分类主要包括沉浸式虚拟现实技术、分布式虚拟现实技术、桌面式虚拟现实技术、纯软件虚拟现实技术和增强虚拟现实技术等。

沉浸式虚拟现实技术, 也称最佳虚拟现实技术模式, 选用了完备、先进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, 是指基于网络虚拟环境, 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, 可以利用分布式计算机系统提供强大的计算能力, 又可以利用分布式本身特性, 再加之虚拟现实技术, 使人们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, 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、小企业投资使用。

增强现实 (Augmented Reality, AR) 虚拟现实技术, 也被称之为混合现实。它通过计算机技术, 将虚拟的信息应用到真实世界, 真实的环境和虚拟的物体实时地叠加到了同一个画面或空间同时存在。增强现实提供了在一般情况下不同于人类可以感知的信息。它不仅展现了真实世界的信息, 而且将虚拟的信息同时显示出来, 两种信息相互补充、叠加。在视觉化的增强现实中, 用户利用头盔显示器, 把真实世界与计算机图形多重合成在一起, 便可以看到真实的

世界围绕着它。

纯软件虚拟现实技术，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、网络和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的开发模式。

虚拟现实技术分类框图如图 1-1 所示。

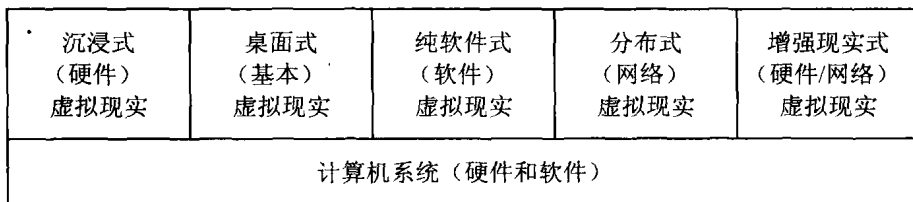


图 1-1 虚拟现实技术分类框图

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，然后进一步发展成为完善沉浸式硬件虚拟现实。这 3 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。

一个典型虚拟现实系统包括高性能计算机为核心的虚拟环境处理器、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。

一个完整的计算机系统包括计算机硬件设备、软件产品、多媒体设备及网络设施。可以是一台大型计算机、工作站或 PC 个人计算机。虚拟现实软件系统：虚拟现实软件 X3D/VRML200X、JAVA3D、OpenGL、Vega 等，主要用于软件项目开发与设计。虚拟现实硬件设备：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。介绍主要虚拟现实系统，典型的包括桌面虚拟现实系统、沉浸式虚拟现实系统、分布式虚拟现实系统、增强现实虚拟现实系统及纯软件虚拟现实系统。

### 1. 桌面虚拟现实系统

桌面虚拟现实系统 (Desktop VR System) 是一套基于普通 PC 平台的小型桌面虚拟现实系统。利用中、低端图形工作站及立体显示器，产生虚拟场景，参与者使用位置跟踪器、数据手套、力反馈器、三维鼠标或其他手控输入设备，实现虚拟现实技术的重要技术特征：多感知性、沉浸感、交互性、真实性。在桌面虚拟现实系统中，计算机的屏幕是参观者观察虚拟境界的一个窗口，在一些专业软件的帮助下，参与者可以在仿真过程中设计各种环境。立体显示器用来观看虚拟三维场景的立体效果，它所带来的立体视觉能使参与者产生一定程度的投入感。

桌面虚拟现实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，如汽车模拟器、飞机模拟器、电子会议等都属于桌面虚拟现实系统。这类系统的优点是

用户比较自由,不需要佩戴头盔和耳机,也不需要戴数据手套和跟踪器,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。但桌面虚拟现实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。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

## 2. 沉浸式虚拟现实系统

沉浸式虚拟现实系统要求用户戴上立体眼镜、立体显示头盔、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、飞行及其他运动,可以多感知地如视觉、听觉、力觉、触觉等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相类似。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、CAVE 系统、环幕式系统、工作墙系统、全息工作台系统和球形工作间系统等。

(1) 基于头盔显示器沉浸式虚拟现实系统。基于头盔显示器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,使用户完全置身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,基于头盔沉浸式虚拟现实系统如图 1-3 所示。

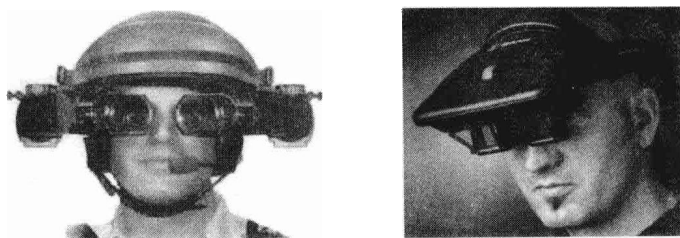


图 1-3 基于头盔沉浸式虚拟现实系统

(2) CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) 空穴形虚拟现实系统,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，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

CAVE 出现于 SIGGRAPH 会展上，芝加哥伊利诺斯大学的电子可视化实验室展示了 CAVE。CAVE 是由 3 个后投影屏作墙，一个下投影屏作地板形成的一个封闭的空间。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）感到被高分辨率的三维图像、声音所彻底包围，体验到沉浸于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。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。

在 CAVE 中，观察者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。

(3) 环幕沉浸式虚拟现实系统。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 或订制更大，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。

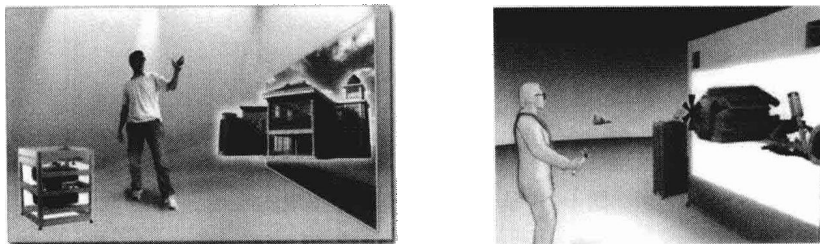


图 1-5 单通道沉浸式虚拟现实系统

多通道环幕虚拟现实系统（支持 Windows）：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或订制更大，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 (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建一个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相同大小的显示，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、柱面形工作墙和球形工作墙4种，如图1-7所示。

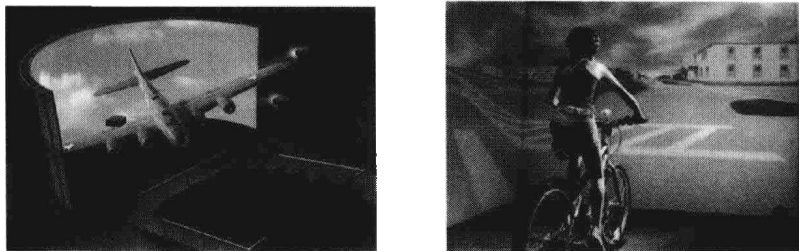


图 1-7 沉浸式工作墙虚拟现实系统

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，工作墙系统具有下列几个特点：同时允许15人左右的小组协同工作；便于用户浏览真实尺度的虚拟物体和虚拟环境；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；光滑、无缝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，计算机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所示的是气候的模拟情况，通过使用跟踪笔，用户可以让云彩在空间自由转动。

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，“它让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130cm×90cm的投影表面和一个滤波眼镜来产生三维图像。

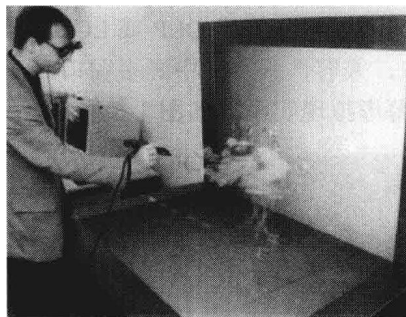


图 1-8 沉浸式全息工作台虚拟现实系统

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 块显示卡、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如是说。想看到更多三维景象的观众还可以从侧面或者下方进行观看。一套在眼镜中事先安装好的跟踪系统可以识别人眼球所在的位置，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，科学家们还可以让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。

（6）球形虚拟现实系统是一个完全沉浸式、真正便携、多用户、单投影机半球显示系统。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，当用户进入球形结构的虚拟现实系统内，就会完全沉浸在球形屏幕或半球屏幕的环境内，通过 Elumens 独特的光学设计，看到清晰、逼真的图像，如图 1-9 所示。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，如 X3D、Quantum3D、Silicon Graphics、Intel & Alpha-based Windows NT PCs 等。

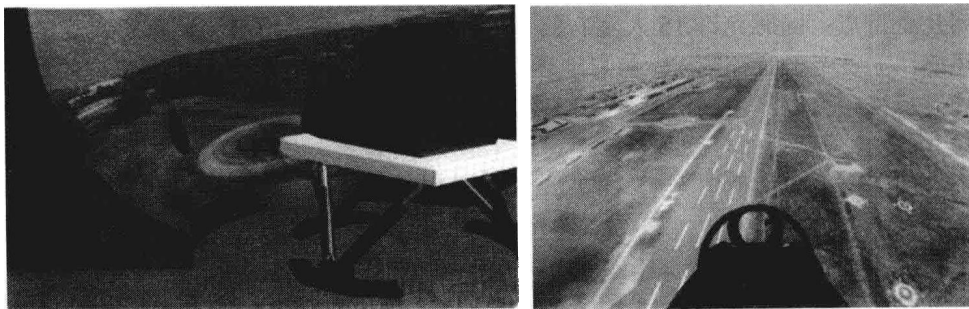


图 1-9 球形虚拟现实系统

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  $150^\circ$  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