

虚拟现实 技术及其应用

庄春华 王 普 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

虚拟现实技术及其应用

庄春华 王 普 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书全面地介绍了虚拟现实技术的相关理论和研究成果,包括虚拟场景建模、人机交互、虚拟现实开发工具等。本书突出理论研究与实际应用的结合,详细介绍了基于图像的建模技术和一些研究成果,提供了虚拟现实技术在消防、工业控制、卫星导航定位系统上的应用开发实例,包括开发程序的源代码,便于读者对虚拟现实技术的理解和掌握,从而对虚拟现实应用系统的开发有思路、有方法、有技巧。

本书可以作为虚拟现实的开发人员及相关专业的本科生和研究生的参考用书。

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

虚拟现实技术及其应用 / 庄春华, 王普编著. —北京: 电子工业出版社, 2010.6

ISBN 978-7-121-10860-0

I. 虚… II. ①庄… ②王… III. 虚拟技术 IV. TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 085444 号

策划编辑: 万子芬

责任编辑: 万子芬

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

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: 787×1 092 1/16 印张: 12.25 字数: 313 千字

印 次: 2010 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 3 500 册 定价: 28.00 元

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

虚拟现实技术提供给用户隐藏在数据背后的信息，能够对客观世界进行可视化的表达和模拟，能够实现友好的人机交互。它可以把仿真中的数字变成以图形图像形式表示的直观的仿真过程，并随时间和空间的变化呈现在研究人员面前，使研究人员能够知道系统中的变量之间、变量与参数之间、变量与外部环境之间的关系，从而直接获得系统的静态和动态特性。因此，可以说虚拟现实技术已经成为各领域研究问题、展示和高效使用研究成果的方法、手段和工具。

随着技术的进步，相关硬件产品的性能提高和价格下降，虚拟现实的应用出现了全新的局面。它突破了传统的军事和空间开发等应用，开始在科学计算机可视化、建筑设计漫游、产品设计，以及教育、培训、工业、医疗和娱乐等方面进行广泛的应用。充分展示了利用虚拟现实技术在物体造形性、现实世界模拟性、系统可操作性、通信性及娱乐性等方面的开发与使用。那么如何快速地开发一个完整和操作简单的虚拟现实应用系统呢？怎样让虚拟现实理论与实际应用相结合呢？这是我们必须要面对的两个关键问题。

利用虚拟现实技术开发应用系统的关键在于开发目标的确立、系统软硬件环境的选择、虚拟场景的建立、场景交互功能的设计与实现以及数据库设计与开发等。面向不同领域不同对象的虚拟现实系统的开发在方式、方法上有一定的相似性、重复性和可借鉴性。因此，本书的目的不在于对虚拟现实技术本身进行全面的介绍，而在于突出理论研究与实际应用的结合，将我们在利用虚拟现实技术开发应用系统中的经验、方法和成果整理出来，抛砖引玉，以供读者借鉴和参考。让读者能够学到开发虚拟现实应用系统的思路、方法和手段，以及领悟到虚拟现实应用的必要性。

本书的第1章介绍了虚拟现实系统的基本概念、特征、组成、分类、应用领域及发展状况等。第2章介绍与虚拟现实相关的技术，包括虚拟场景建模技术的分类、环境建模的方法、建模语言等。第3章是目前研究较多的基于图像的建模技术，包括编著者的一些研究成果。第4章是对主流的虚拟现实应用系统开发工具的介绍。第5章的内容是虚拟现实人机交互。第6章至结尾部分是编著者在开发各种虚拟现实系统中比较有代表性和成功的例子，同时将系统开发程序源码毫无保留地展现给读者，使读者轻松掌握虚拟现实开发方法。

本书的编写集合了作者及虚拟现实技术界多位理论与实践工作者的研究成果及大量实践经验。同时本书的编写得到了单位领导的大力支持，谨此表示诚挚的谢意。同时感谢李振宇、李清磊、李建、顾冬华、时菁、甄军涛、万家欢、邱雪峰、蹇和达等同志，他们的研究工作是本书的重要基础。

目 录

第 1 章 虚拟现实技术概论	1
1.1 虚拟现实技术的基本概念	1
1.2 虚拟现实的 3I 特性	1
1.3 虚拟现实系统的组成	2
1.3.1 输入部分	2
1.3.2 输出系统	3
1.3.3 虚拟环境数据库	3
1.4 虚拟现实系统的分类	4
1.4.1 桌面虚拟现实系统	4
1.4.2 沉浸式虚拟现实系统	5
1.4.3 分布式虚拟现实系统	7
1.4.4 增强现实（或混合现实）系统	7
1.5 虚拟现实技术与其他计算机相关技术的关系	8
1.6 虚拟现实技术的发展概况	9
1.7 虚拟现实的应用领域	10
1.8 典型虚拟现实系统	11
第 2 章 虚拟现实建模	13
2.1 三维场景的计算机图形学原理	13
2.1.1 三维图形绘制原理	13
2.1.2 坐标系相关概念	14
2.2 虚拟场景建模技术分类	15
2.3 环境建模技术	15
2.3.1 基本外观造形阶段	15
2.3.2 行为属性建模	18
2.3.3 虚拟环境对象建模	19
2.3.4 用户对象建模	19
2.4 虚拟现实建模语言（VRML）	20
2.4.1 VRML 的基本工作原理及其基本特性	21
2.4.2 VRML 文件的组成	22
2.4.3 VRML 的节点和域	23

2.4.4 VRML 文件格式及 MIME 类型	24
2.4.5 VRML 中的动画效果	26
2.4.6 VRML 自身的场景交互	27
2.4.7 通过 Java 实现和 VRML 场景的交互	28
第 3 章 基于立体视觉的图像建模技术	29
3.1 基于立体视觉的图像建模技术概述	29
3.2 图像获取	29
3.3 视觉图像特征提取	30
3.3.1 点特征提取	31
3.3.2 边缘检测原理	32
3.3.3 几种常见的边缘检测算子	33
3.3.4 几种经典算子的检测结果对比	34
3.4 拐角检测	36
3.4.1 基于邻域锚点的快速图像拐角检测	36
3.4.2 算法实现	37
3.4.3 算法分析及实验结果	39
3.5 立体匹配	39
3.5.1 立体匹配中的约束条件	40
3.5.2 匹配策略的选择	41
3.6 摄像机标定与三维重建	44
3.6.1 坐标系	44
3.6.2 典型的摄像机模型	45
3.6.3 基于 OpenCV 的摄像机标定方法	46
3.6.4 基于对极几何和主动视觉的摄像机标定方法	48
3.6.5 利用 VRML 实现三维模型的表示和渲染	53
第 4 章 虚拟现实应用系统开发工具	55
4.1 虚拟现实软件开发包 WTK	55
4.1.1 WTK 场景运行机制	55
4.1.2 WTK 场景图渲染方式	56
4.1.3 WTK 虚拟系统场景图组织结构实例	58
4.1.4 实体模型文件格式	60
4.1.5 模型初始参数设置	61
4.1.6 动态模型格式修改	62
4.1.7 对象模型的材质纹理表现	63
4.1.8 场景文件输出	64

4.1.9	WTK 文件格式	64
4.1.10	人机交互模式的实现	65
4.2	虚拟现实仿真系统开发平台 Vega 简介	66
4.2.1	Vega 基本类库描述	67
4.2.2	Vega 仿真程序的建立	69
4.2.3	仿真程序的主循环	70
4.2.4	基于 MFC 的 Vega 应用的程序结构	70
4.3	OpenGL 简介	71
4.3.1	直观的三维图形开发环境	71
4.3.2	三维图形开发标准	72
4.3.3	OpenGL 的体系结构	72
4.3.4	OpenGL 图形实现方式	73
4.3.5	创建 OpenGL 应用程序的步骤	75
第 5 章	虚拟现实人机交互	76
5.1	双手操作的理论基础	78
5.1.1	双手操作的认知特性	78
5.1.2	双手操作的行为学特点	79
5.2	双手非对称交互的设备组合	82
5.2.1	三维交互设备	82
5.2.2	双手非对称交互设备的选取	83
5.2.3	二维鼠标的交互接口设计	84
5.2.4	三维空间球的应用设计	84
5.3	双手非对称交互的任务设计	86
5.3.1	交互任务的层次结构	86
5.3.2	交互任务分配的相关实验研究	87
5.3.3	双手非对称交互的时间特征	88
5.3.4	虚拟现实应用系统中的交互任务设计	89
5.4	交互任务实现的关键技术	91
5.4.1	三维拾取	91
5.4.2	设备模型对象的操作	92
5.4.3	视点变换与控制	94
5.5	可用性评估	95
5.5.1	评估方法和技术	95
5.5.2	评估实验的实施方案	96
5.6	虚拟漫游模式设计	98

5.6.1	键盘自主漫游模式	98
5.6.2	自动漫游模式	99
5.7	碰撞检测技术 (Collision Detection)	100
5.7.1	虚拟环境中碰撞检测的基本原理	100
5.7.2	虚拟漫游中基于视线的碰撞检测原理	102
5.7.3	虚拟漫游中基于视线的智能碰撞检测实现方法	103
5.8	三维虚拟界面中导航图创建方法	106
5.8.1	导航图人机交互设计的空间认知	106
5.8.2	导航图开发目标	107
5.8.3	常见平面导航图的创建方法	108
第 6 章	基于 VR 的消防参谋系统设计	109
6.1	引言	109
6.2	消防参谋系统设计框架	109
6.3	通过二维组态软件实现虚拟建筑物的三维建模	110
6.4	消防参谋系统二维图形组态软件设计	111
6.4.1	主界面设计	111
6.4.2	基本元素模块设计	111
6.4.3	数据 IO 模块设计	112
6.4.4	其他模块设计	113
6.5	基于 VRML 的三维引擎基本架构	114
6.6	消防参谋系统三维监控软件架构	115
6.7	消防参谋系统三维监控软件功能实现	116
6.7.1	建立三维虚拟建筑	116
6.7.2	与智能传感器通信估测火灾信息	122
6.7.3	智能传感器的数据记录	123
6.7.4	三维虚拟建筑的远程访问	124
第 7 章	工控组态软件三维监控界面的原型系统开发	127
7.1	引言	127
7.2	传统监控组态软件结构分析	127
7.3	新型组态软件整体方案论证	129
7.3.1	实时数据库系统方案	129
7.3.2	虚拟监控界面开发运行系统定位	130
7.3.3	基于用户的系统功能分析	130
7.3.4	基于人机交互接口的系统分析	131
7.3.5	虚拟场景构造分析	131

7.3.6	基于虚拟场景构造的功能分析	133
7.3.7	基于工艺流程仿真的系统分析	133
7.3.8	本系统软件框架图	134
7.4	虚拟监控组态软件开发目标	134
7.5	系统功能模块概述	136
7.6	系统开发的软硬件环境	138
7.6.1	系统的硬件组成	138
7.6.2	虚拟现实系统开发引擎	138
7.7	基于 MFC 和 WTK 驱动内核的平台框架	138
7.8	组态平台设计	141
7.8.1	设备模型库功能模块	141
7.8.2	模型预览功能模块	142
7.8.3	鼠标交互操作功能模块	143
7.8.4	三维鼠标交互接口	144
7.8.5	场景模型管理模块	144
7.8.6	属性配置功能模块	145
7.8.7	场景文件及相关配置文件保存功能模块	146
7.9	监控运行平台设计	146
7.9.1	组态文件解析功能模块	146
7.9.2	其他功能模块	147
7.10	组态软件三维监控界面在实际工程上的仿真应用	148
7.10.1	评价系统介绍	148
7.10.2	系统设计	148
7.11	评价系统监控界面的实现	149
第 8 章	基于 VR 技术的 GPS 仿真系统开发	151
8.1	引言	151
8.2	GPS 系统组成	152
8.2.1	空间部分	152
8.2.2	地面控制部分	153
8.2.3	用户部分	153
8.3	GPS 仿真系统设计背景	153
8.3.1	仿真运行系统开发定位	153
8.3.2	基于用户的系统功能分析	154
8.3.3	基于人机交互接口的系统分析	154
8.3.4	虚拟场景构造及功能设计	155

8.3.5 虚拟场景实体对象建模分析	155
8.3.6 实时数据库系统方案论证	156
8.4 最终目标	157
8.5 系统开发的软硬件环境	157
8.6 整体设计思路	158
8.7 软件功能设计	162
8.8 软件设计	163
8.9 关键技术实现	164
8.9.1 虚拟场景实体对象建模	164
8.9.2 星历文件读/写	165
8.9.3 星历数据处理及其 Matlab 仿真	166
8.9.4 利用 WTK 构建运行场景	168
8.9.5 场景构建中的坐标系转换	169
8.9.6 停靠式树形控件的生成	170
8.9.7 可见卫星个数	171
8.9.8 星下点轨迹绘制模块	172
8.9.9 切比雪夫多项式拟合	174
8.9.10 数据库	176
参考文献	180
主要参考网站	185

第1章 虚拟现实技术概论

虚拟现实（Virtual Reality, VR）技术是一种高端的人机接口。它综合了计算机图形学、图像处理、模式识别、人工智能、网络技术及语音技术等多门技术，将各种抽象信息通过自然的方式，利用多种感觉通道进行实时模拟仿真与交互，使人以视、听、触等自然方式来感觉和认识计算机生成的虚拟世界，促进人与计算机的交互，提高人机交互的效率。

1.1 虚拟现实技术的基本概念

虚拟现实是美国 VPL Research 公司创始人之一 Jaron Lanier 于 1989 年提出来的，目前在学术界被广泛应用。虚拟现实一般有几种不同的定义，主要分为狭义的和广义的两种。狭义就是一种智能的人机界面或一种高端的人机接口。它通过视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉等看到彩色的或立体的景象，听到虚拟环境中的声音，感觉到虚拟环境反馈的作用力，由此使用户产生一种身临其境的感觉；广义的虚拟现实是对虚拟想象或真实世界的模拟实现。通过把客观世界的局部用电子的方式模拟出来，并通过自然的方式接受或响应模拟环境的各种感官刺激，再与虚拟世界中的人及物体产生交流，使用户产生身临其境的感觉。

虚拟现实产生的世界是由计算机生成的。它存在于计算机内部，是人工构成的三维的虚拟世界。这种虚拟可以是真实世界，也可以是完全虚拟的假想世界。它所显示的界面是能够显示三维世界，并能进行交流的智能人机界面。

综上所述，虚拟现实技术的定义是：虚拟现实是采用以计算机技术为核心的现代高科技，生成逼真的视觉、听觉、触觉等一体化的虚拟环境。用户借助必要的设备以自然的方式与虚拟世界中的物体进行交互，从而产生亲临真实环境的感受和体验。

1.2 虚拟现实的 3I 特性

通过前面的描述，可知虚拟现实是可交互的，能够让用户产生身临其境的感受，这是虚拟现实系统两个显著的特性。其实虚拟现实还有第三个特性——想象力。虚拟现实不仅仅是一种媒体或者一个高端用户接口，还包括了能够解决实际工程、医疗和军事等问题的应用。这些应用程序一般是由开发者设计的，对于特定问题的解决，模拟效果的好坏在很大程度上取决于人的想象力。因此，想象力也是虚拟现实重要的特性之一。这样，沉浸性、

交互性和想象性就构成了虚拟现实系统的三大特性，如图 1-1 所示。

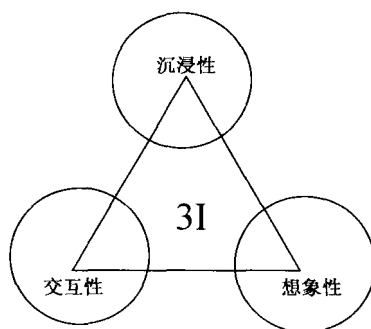


图 1-1 虚拟现实 3I 特点

1.3 虚拟现实系统的组成

一个典型的虚拟现实系统主要由计算机、输入设备（三维跟踪器、数据手套、键盘和三维鼠标等）、输出设备（HMD、大型显示设备、力反馈机械臂和传动杆等）、应用软件和数据库等组成。用户通过头盔、手套和话筒等输入设备为计算机提供输入信号。虚拟现实软件对收到的输入信号进行解释，再对虚拟环境数据库进行必要的更新，调整当前虚拟环境的视图，并将这一新视图及其他信息（如声音）立即传送给输出设备，以使用户及时看到效果。

在虚拟现实系统中，计算机是生成虚拟世界和实现人机交互等功能的发动机。由于虚拟现实场景的复杂性、交互实时性和人机界面智能性的要求较高，在生成虚拟世界的过程中，所需的计算量极大。因此，需要用较高配置的计算机，如基于高性能的个人计算机、基于高性能的图形工作站、高度并行的计算机及基于分布式结构的计算机系统等。输入/输出设备主要完成人机交互，用户可以根据虚拟现实系统的类型和任务需要选择不同的输入/输出设备，从而达到相应的目的。

应用软件是虚拟现实系统各部件之间相互连接、集成的关键，软件是否优良直接影响显示和交互的实时性和自然性等。虚拟环境数据库主要存放整个虚拟环境中所有物体的信息。

1.3.1 输入部分

虚拟现实系统通过输入部分接收来自用户的信息。用户的基本输入信号包括用户的头和手的位置及方向、声音等。其输入设备主要有：

（1）数据手套。用来监测手的姿态，将人手的自然动作数字化。用户手的位置与方向用来与虚拟环境进行交互。如在使用交互手套时，手势可用来启动或终止系统。类似地，

手套可用来拾起虚拟物体，并将物体移到别的位置。

(2) 三维球。用于物体的操作和飞行控制。

(3) 自由度鼠标。用于导航、选择及与物体交互。

(4) 生物传感器。用来跟踪眼球运动。

(5) 头部跟踪器。通常装在 HMD 头盔上跟踪头部位置，以便使 HMD 显示的图像随头部的运动而变化。用户头的位置及方向是系统重要的输入信号，它决定了从哪个视角对虚拟世界进行渲染。

(6) 语音输入设备。通过话筒等声音输入设备将语音信息输入，并利用语音识别系统将语音变成数字信号。

1.3.2 输出系统

虚拟现实系统根据人的感觉器官的工作原理，通过虚拟现实系统的输出设备，使人对虚拟现实系统的虚拟环境得到虽假犹真、身临其境的感觉。输出系统主要是由三维图像视觉效果、三维声音效果和触觉（力觉）效果来实现的。

1) 三维图像的生成与显示

利用图形处理器、立体图像显示设备、高性能计算机系统，将计算机数字信号变成三维图像。生成或显示图像的最简单的方法是在计算机监视器上加一副眼镜，或者采用头盔显示器。

2) 三维声音的处理

虚拟现实系统声音效果包括音响和语音效果，通过有关的声音设备使电子信号变成立体声，并提供识别立体声声源和判定其空间方位的功能。

3) 触觉、力觉反馈

触觉提供手握物体时获得的丰富感觉信息，包括分辨表面材质、温度、湿度、厚度及张力等。用户的手是与虚拟环境进行自然交互时的重要途径，当手与虚拟物体发生碰撞时，用户希望有接触感和压力感。

1.3.3 虚拟环境数据库

虚拟环境数据库的作用是存放整个虚拟环境中所有物体的各种信息，包括物体及其属性，如约束、物理性质、行为、几何形状和材质等。

虚拟环境数据库由实时系统软件管理。虚拟环境数据库中的数据只加载用户可见部分，其余留在磁盘上，需要时导入内存。

虚拟现实软件的任务是设计用户在虚拟环境中遇到的景和物。

构建虚拟环境的过程为：

(1) 三维物体的建模。典型的建模软件有 3ds Max, AutoCAD, Multigen 和 VRML 等。

(2) 虚拟场景的建立及三维物体与虚拟场景的集成。典型的虚拟现实软件有 WTK, Vega, OpenGL, VRT 和 Vtree 等。

1.4 虚拟现实系统的分类

虚拟现实系统按照不同的标准有不同的分类, 通常分为以下 4 类: 桌面虚拟现实系统 (Desktop VR)、沉浸式虚拟现实系统 (Immersive VR)、分布式虚拟现实系统 (Distributed VR) 和增强现实 (或混合现实) 系统。

1.4.1 桌面虚拟现实系统

桌面虚拟现实系统 (简称 PCVR) 是一套基于普通 PC 平台的小型虚拟现实系统。它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, 如多感知性、沉浸性、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环境的一个窗口, 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, 如图 1-2 所示。

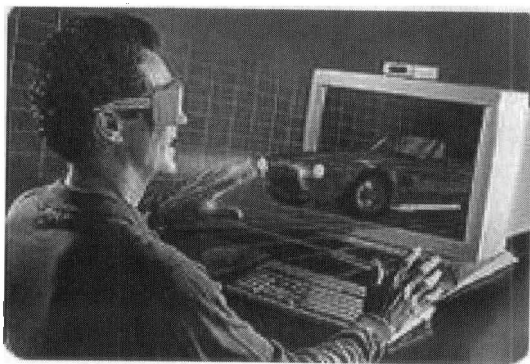


图 1-2 桌面虚拟现实系统

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。交互设备用来驾驭虚拟境界。有时为了增强桌面虚拟现实系统的效果, 在桌面虚拟现实系统中还会借助专业单通道立体投影显示系统, 以达到增大屏幕范围和团体观看的目的。

桌面虚拟现实系统虽然缺乏完全沉浸式的效果, 但是其应用仍然比较普遍, 因为它的成本相对要低很多, 而且也满足了投入型虚拟现实系统的技术要求。从谨慎使用经费的角度考虑, 桌面虚拟现实往往被认为是初级的或刚刚从事虚拟现实研究工作的必经阶

段。所以桌面虚拟现实系统比较适合于刚刚介入虚拟现实研究的单位和个人。

桌面虚拟现实系统主要包括虚拟现实软、硬件两部分。其中硬件部分可分为虚拟现实立体图形显示、效果观察、人机交互等几部分；软件部分可分为虚拟现实环境开发平台（Virtools）、建模平台（3ds Max 等）和行业应用程序实例（源代码及 SDK 开发包）。其主要特点为全面、小型、经济、适用，非常适合于虚拟现实工作者的教学、研发和实际应用。

1.4.2 沉浸式虚拟现实系统

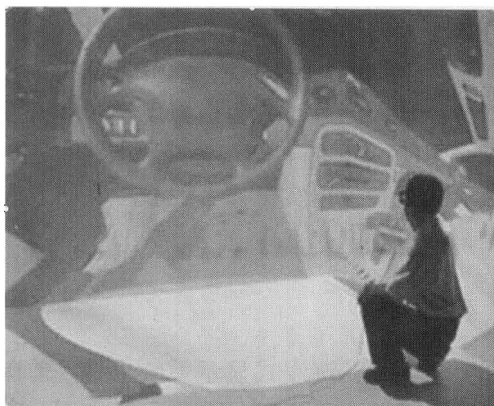
沉浸性是虚拟现实技术的一个根本特征和要求之一。沉浸式显示系统也是目前国际上普遍采用的虚拟现实和视景仿真的显示手段和方式。它是一种最典型、最实用、高级的和投入型的虚拟现实实现系统。系统以大幅面甚至是超大幅面的虚拟现实立体投影为显示方式，为参与者提供团体式（10~200 人）多人参与、集体观看、具有高度临场感的投入型虚拟空间环境，让所要交互的虚拟三维世界高度逼真地浮现于参与者的眼前。再结合必要的虚拟外设（数据手套、六自由度位置跟踪系统或其他交互设备），参与者可从不同的角度和方位自由交互、操纵，实现三维虚拟世界的实时交互和实时漫游。高度逼真的三维虚拟世界的高度临场感和高度参与性最终使参与者真正实现虚拟空间中的信息交流与现实构想，非常适合于军事模拟训练、CAD/CAM（虚拟制造/虚拟装配）、建筑设计城市规划、虚拟生物医学工程、教学演示、工程数据可视化等领域。根据虚拟世界中三维视觉的科学定义分类，沉浸式虚拟现实显示系统通常包括 6 种，如图 1-3 所示。

主要特点如下：

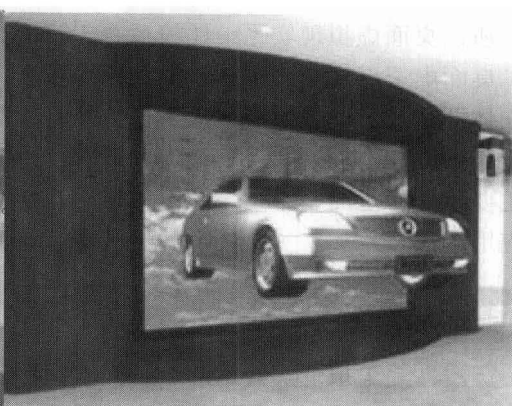
- （1）虚拟环境可以是任意虚构而实际上不存在的世界。
- （2）任何操作不对外界产生直接作用。
- （3）一般用于娱乐或验证某一猜想、假设、训练、模拟、预演、检验和体验等。

桌面虚拟现实系统和沉浸式虚拟现实系统比较，主要有以下差异：

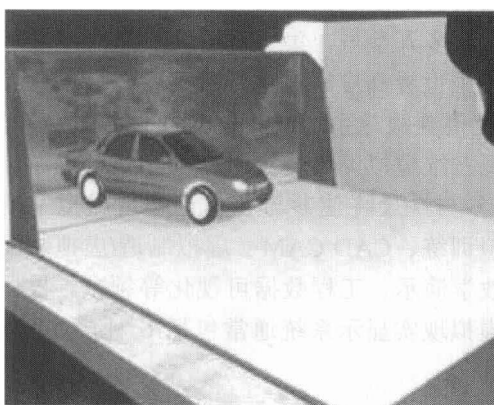
- （1）沉浸度差异。桌面虚拟现实系统采用 CRT 彩色显示器和三维立体眼镜，增加身临其境感觉，而沉浸式虚拟现实系统则采用头盔显示器（HMD）增强身临其境的感觉。
- （2）交互装置差异。桌面虚拟现实系统采用的交互装置是六自由度鼠标器或三维操纵杆，而沉浸式虚拟现实系统采用的是数据手套和头盔。



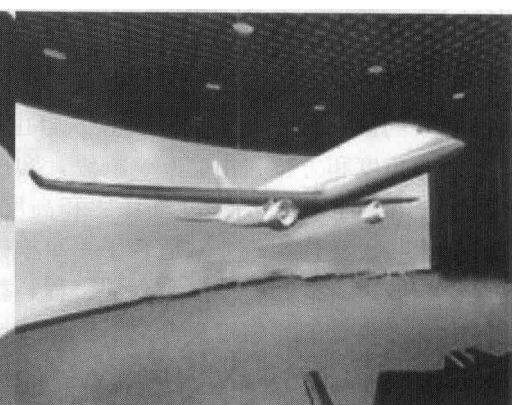
(a) CAVE 式沉浸显示系统



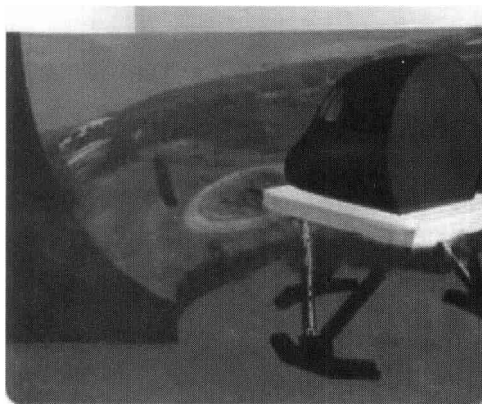
(b) 大屏幕三维立体显示系统



(c) CAD Wall/Vision Wall 沉浸显示系统



(d) 柱面环幕投影系统



(e) 球面显示系统



(f) 板块球体显示系统

图 1-3 6 种沉浸式虚拟现实显示系统

1.4.3 分布式虚拟现实系统

分布式虚拟现实系统（简称 DVR）是一个基于网络的可供异地多用户同时参与的分布式虚拟环境。在这个环境中，位于不同物理环境位置的多个用户或多个虚拟环境通过网络相连接，或者多个用户同时参加一个虚拟现实环境，通过计算机与其他用户进行交互，并共享信息。在分布式虚拟现实系统中，多个用户可通过网络对同一虚拟世界进行观察和操作，以达到协同工作的目的。

分布式虚拟现实系统的特征如下：

- (1) 共享的虚拟工作空间；
- (2) 伪实体的行为真实感；
- (3) 支持实时交互，共享时钟；
- (4) 多个用户以多种方式相互通信；
- (5) 资源信息共享及允许用户自然操作环境中的对象。

分布式虚拟现实系统有 4 个基本组成部分：图形显示器、通信和控制设备、处理系统和数据网络。

根据分布式系统环境下所运行的共享应用系统的个数，可以把 DVR 系统分为集中式结构和复制式结构。集中式结构是指在中心服务器上运行一个共享应用系统，该系统可以是会议代理或对话管理进程。中心服务器的作用是对多个参加者输入/输出的操纵进行管理，允许多个参加者信息共享。它的特点是结构简单，容易实现，但对网络通信带宽有较高的要求，并且高度依赖于中心服务器。

复制式结构是在每个参加者所在的机器上复制中心服务器，这样每个参加者的进程都有一个共享应用系统。服务器接收来自其他工作站的输入信息，并把信息传送到运行在本地机上的应用系统中，由应用系统进行所需的计算并产生必要的输出。它的优点是所需网络带宽较小。另外，由于每个参加者只与应用系统的局部备份进行交互，所以交互式响应效果好，但它比集中式结构复杂，在共享应用系统中，维护多个备份的信息和状态一致性比较困难。

分布式虚拟现实系统在远程教育、工程技术、建筑、电子商务、交互式娱乐、远程医疗、大规模军事训练等领域都有着极其广泛的应用前景，利用它可以创建多媒体通信、设计协作系统、实境式电子商务、网络游戏和虚拟社区全新的应用系统。

1.4.4 增强现实（或混合现实）系统

增强现实（或混合现实）是将计算机产生的虚拟物体或其他信息与用户所看到的真实环境进行融合的一种技术，具有虚实结合、实时交互、三维注册的特点。与传统的虚拟现实不同，增强现实技术主要是在已有的真实世界的基础上，为用户提供一种复合的视觉效果