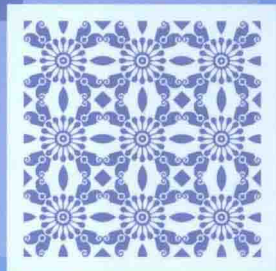




VIRTUAL REALITY
TECHNOLOGY AND PRACTICE

虚拟现实技术 及其实践教程

黄静 主编
方桦 李玫 黄秋颖 周鹏 参编



机械工业出版社
China Machine Press

高等院校计算机教材系列

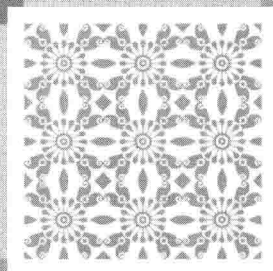
V

IRTUAL REALITY
TECHNOLOGY AND PRACTICE

虚拟现实技术 及其实践教程

黄静 主编

方桦 李玫 黄秋颖 周鹏 参编



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

虚拟现实技术及其实践教程 / 黄静主编. —北京: 机械工业出版社, 2016.9
(高等院校计算机教材系列)

ISBN 978-7-111-55025-9

I. 虚… II. 黄… III. 虚拟现实—高等学校—教材 IV. TP391.98

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 239409 号

本书在阐述虚拟现实技术必要理论知识的基础上, 重点介绍了 VRP 虚拟现实技术平台、Unity 游戏引擎和 Web3D 技术及其案例讲解, 并着重分析了增强现实技术及其应用。本书附有配套实验, 使读者能够在较短的时间里由浅入深地了解、认识和掌握虚拟现实技术, 并具备运用开发工具制作三维交互、效果逼真的虚拟现实场景的能力。

本书可作为高等院校计算机及电子信息类专业、数字媒体技术和教育技术学专业学生的教材, 也可作为从事虚拟现实技术的工程技术人员以及虚拟现实技术爱好者的参考书。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 余 洁

印 刷: 三河市宏图印务有限公司

开 本: 185mm×260mm 1/16

书 号: ISBN 978-7-111-55025-9

责任校对: 殷 虹

版 次: 2016 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

印 张: 27

定 价: 55.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

投稿热线: (010) 88379604

读者信箱: hzsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光/邹晓东

前 言

本书在编写过程中侧重于普及与应用的原则，在阐述虚拟现实技术必要理论知识的基础上，重点介绍增强现实技术及其案例分析，然后以几个代表性虚拟现实技术平台为例，开展虚拟现实技术平台介绍及案例讲解，并配之实验，帮助读者在较短的时间里由浅入深地了解、认识和掌握虚拟现实技术，培养读者运用开发工具制作三维交互、效果逼真的虚拟现实场景的能力。

本书内容首先从概述开始，然后介绍理论知识，最后是案例分析、开发工具讲解与制作，理论与实验同步进行。全书内容共7章，第1章为虚拟现实技术概述，由黄静编写；第2章为3D数学基础，由黄静编写；第3章为三维建模技术，由方桦编写；第4章为增强现实技术案例分析，由黄静在虚拟现实技术教学与项目开发的基础上总结整理编写；第5章为虚拟现实平台技术，由中视典公司培训部授权提供，黄静整理而成；第6章为Unity游戏引擎，由黄静主笔，张志稳提供了参考资料，黄秋颖提供了金币游戏案例；第7章为Web3D技术，由李玫和周鹏编写。15个配套实验包括三维建模制作、虚拟现实平台交互操作、游戏引擎技术制作开发、增强现实技术操作等，由黄静根据以往虚拟现实技术教学经验编写而成。全书由黄静统稿。

虚拟现实技术的重点是系统集成技术，这也是当今的热门新技术。本书是目前唯一一本附有配套实验的教材，让学生感到虚拟现实技术不再虚无缥缈、纸上谈兵，而是虚实结合、看得见摸得着的，大大激发了学生的兴趣。

感谢澳门科技大学资讯科技学院的梁延研助理教授，他与我共同开创了“虚拟现实技术”这门课程，并为本书提出了不少实验创意和想法。感谢张志稳、邱泽宇和薛丁丰提供的帮助。同时特别感谢澳门科技大学唐泽圣和齐东旭教授的帮助和支持。

在编写本书的过程中，我们借鉴了国内外许多专家、学者的观点，参考了许多相关教材、专著、网络资料，在此向有关作者一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限且时间仓促，本书难免有不足和错误之处，请各位专家、读者批评指正。

黄静

2016年10月

教学建议

教学章节	教学要求	课时
第 1 章 虚拟现实技术概述	掌握虚拟现实技术概念 了解虚拟现实关键技术 掌握虚拟现实技术分类 了解虚拟现实技术设备 了解虚拟现实技术应用与发展	2
第 2 章 3D 数学基础	了解 3D 向量运算 掌握矩阵运算 掌握 3D 几何变换 掌握 3D 观察与投影变换	4
第 3 章 三维建模技术	了解三维建模工具 了解 3DS Max 的基础知识 掌握三维几何体的修改方法 掌握样条曲线建模方法	2
	掌握材质与贴图 掌握灯光与摄影机	2
	掌握生成动画 掌握烘焙技术 了解综合实例	2
第 4 章 增强现实技术案例分析	了解增强现实眼镜 了解增强现实头盔	2
	了解体感设备 Kinect 的增强现实技术应用	2
	掌握桌面电脑上的增强现实技术应用 了解移动平台上增强现实技术的 3D 画册实现 掌握移动平台上增强现实技术的卡通老虎互动	2
	综合展示实验	2
第 5 章 虚拟现实平台技术	了解 VRP 多通道立体环幕投影系统 掌握 VRP 虚拟现实编辑器 掌握 VRP 的系统配置安装与设计流程 掌握 VRP 项目制作技巧和标准流程 掌握 VRP 界面设计	2
	掌握 VRP 材质编辑器 掌握 VRP-atx 动画贴图	2
	掌握 VRP 相机设置 掌握 VRP 脚本编辑	2
	掌握 VRP 骨骼动画 掌握 VRP 特效处理 掌握 VRP 时间轴设置	2
	VRP 综合实例实验	2

(续)

教学章节	教学要求	课时
第 5 章 虚拟现实平台技术	实验一 实验二 实验三 实验四 实验五 实验六	12
第 6 章 Unity 游戏引擎	了解 Unity 掌握编辑器的结构 掌握游戏元素 掌握 Unity 脚本	2
	掌握 GUI 界面 掌握物理引擎	2
	掌握输入控制 了解持久化数据 掌握多媒体与网络	2
	游戏实例综合实验	2
	实验七 实验八 实验九 实验十 实验十一 实验十二 实验十三 实验十四 实验十五	18
第 7 章 Web3D 技术	了解 Web3D 技术发展、Cult3D 技术、X3D 技术、WebGL、HTML5, 以及综合实例	4
总课时	第 1~7 章	36
	实验	36

说明:

- 1) 课堂教学可在教室授课, 也可在机房完成。
- 2) 实验全部在机房完成, 可适当安排实验室虚拟现实设备参观。
- 3) 不同学校可以根据各自的教学要求和计划学时数对教学内容进行取舍。

目 录

前言

教学建议

第1章 虚拟现实技术概述 1

- 1.1 虚拟现实技术概念 1
- 1.2 虚拟现实技术分类 5
- 1.3 虚拟现实技术设备 7
- 1.4 虚拟现实技术应用与发展 14
- 1.5 本章小结 19
- 习题 19

第2章 3D 数学基础 20

- 2.1 3D 向量运算 20
- 2.2 矩阵运算规则 22
- 2.3 3D 几何变换 25
 - 2.3.1 三维基本几何变换 26
 - 2.3.2 三维组合变换 30
- 2.4 三维观察与投影变换 32
 - 2.4.1 三维观察流程 32
 - 2.4.2 三维观察坐标系 32
 - 2.4.3 从世界坐标系到观察坐标系的变换 33
 - 2.4.4 投影变换 34
 - 2.4.5 平行投影 35
 - 2.4.6 透视投影 36
- 2.5 本章小结 38
- 习题 38

第3章 三维建模技术 39

- 3.1 三维建模工具简介 39
- 3.2 3DS Max 的基础知识 40

3.3 基础建模 42

3.4 材质与贴图 53

3.5 灯光与摄影机 57

3.6 基础动画 61

3.7 贴图烘焙技术 64

3.8 综合实例——岭南民居 66

3.9 本章小结 75

习题 76

第4章 增强现实技术案例分析 77

- 4.1 虚拟现实眼镜 77
- 4.2 增强现实设备头盔 80
- 4.3 体感设备 Kinect 的增强现实技术应用 82
- 4.4 桌面电脑上的增强现实技术应用 88
- 4.5 移动平台上增强现实技术的 3D 画册实现 91
- 4.6 移动平台上增强现实技术的卡通老虎互动 102
- 4.7 本章小结 104
- 习题 104

第5章 虚拟现实平台技术 105

- 5.1 VRP 简介 105
- 5.2 多通道环幕（立体）投影系统 105
- 5.3 虚拟现实编辑器 107
- 5.4 VRP 的系统配置安装与设计流程 111
- 5.5 VRP 项目制作技巧和标准流程 113
- 5.6 VRP 界面设计 117
- 5.7 VRP 材质编辑器 136
- 5.8 VRP-atx 动画贴图 138

5.9 VRP 相机设置	144	7.2.3 Cult 3D 应用工作流程	275
5.10 VRP 脚本编辑器	156	7.3 X3D 技术	276
5.11 VRP 骨骼动画	161	7.3.1 X3D 技术基础	276
5.12 VRP 特效处理	172	7.3.2 X3D 的基本语言	277
5.13 VRP 时间轴设置	173	7.3.3 X3D 基本动画	281
5.14 VRP 综合实例制作	175	7.3.4 小结	283
5.15 本章小结	190	7.4 WebGL 技术	283
习题	190	7.5 HTML 5 技术	287
第 6 章 Unity 游戏引擎	191	7.6 Web3D 技术综合实例	289
6.1 Unity 概述	191	7.6.1 Cult3D 技术应用实例	289
6.2 编辑器的结构	191	7.6.2 WebGL + HTML 5 技术 应用实例	291
6.3 游戏元素	196	7.7 本章小结	300
6.4 Unity 脚本	206	习题	301
6.5 GUI 游戏界面	210	实验一 VRP 入门	302
6.6 物理引擎	217	实验二 VRP 动画	308
6.7 输入控制	220	实验三 VRP 界面与相机	316
6.8 持久化数据	225	实验四 手机展示	323
6.9 多媒体与网络	230	实验五 VRP 应用——励耘楼漫游 系统	337
6.10 游戏实例	239	实验六 VRP 导航与时间轴动画	348
6.11 本章小结	264	实验七 简单的地形创建	353
习题	264	实验八 Unity 模型导入	360
第 7 章 Web3D 技术	265	实验九 Unity 界面设计	365
7.1 Web3D 技术简介与发展	265	实验十 Unity 多媒体交互设计一	372
7.1.1 Web3D 技术的发展	265	实验十一 Unity 多媒体交互设计二	377
7.1.2 国内 Web3D 应用现状	267	实验十二 Unity 人物角色漫游	384
7.1.3 Web3D 核心技术及其 对比	267	实验十三 小游戏设计一	394
7.1.4 Web3D 的实现技术	269	实验十四 小游戏设计二	400
7.1.5 Web3D 技术的应用	270	实验十五 基于 Unity 的 Web 车展 系统	412
7.2 Cult3D 技术	273	参考文献	421
7.2.1 Cult3D 技术优点	274		
7.2.2 Cult3D 关键技术	274		

第 1 章 虚拟现实技术概述

虚拟现实技术是一门综合多学科发展起来的计算机领域新技术，研究内容涉及多个领域，应用十分广泛，被公认为当今世界最热门的发展学科，随着微软、谷歌和三星等知名公司陆续发布系列虚拟现实技术产品，虚拟现实技术在人们生活中的影响越来越大。

1.1 虚拟现实技术概念

1. 定义

虚拟现实（Virtual Reality，VR）技术又称“灵境技术”。它是以计算机技术为核心的现代高科技手段，模拟生成逼真的视、听、触、嗅、味觉等一体化的虚拟环境，用户借助一些特殊的输入与输出设备，通过自然的方式与虚拟世界中的对象进行交互，从而产生身临其境的感受和体验。

2. 基本特征

虚拟现实技术的三个基本特征描述如下：

- 沉浸感（Immersion）：指用户感到作为主角存在于模拟环境中的真实程度。
- 交互性（Interaction）：指参与者对虚拟环境中物体的可操作程度和从环境中得到反馈的自然程度。
- 想象性（Imagination）：指用户沉浸在多维信息空间中，依靠自己的感知和认知能力全方位获取知识，发挥主观能动性，寻求解答，形成新的概念。

以上三个特征可以统称为虚拟现实技术的 3I 特征，用图 1-1 来描述。

3. 发展历史

1965 年，美国的科学家伊凡·苏泽兰（Ivan Sutherland，图 1-2）发表了题为“The Ultimate Display”（终极的显示）的论文。论文中首次提出了对于虚拟现实发展极有意义的交互图形显示及力反馈设备的基本概念，这些概念现在已经实现并在不断发展。可以说，从那时起，人们便开始了对虚拟现实有目的的研究和探索，而不再仅仅是幻想。伊凡·苏泽兰于 1938 年出生于美国，1959 年获得电子工程学士学位，1963 年获得 MIT 电子工程专业博士学位，伊凡·苏泽兰在《终极的显示》论文中首次提出虚拟现实系统的基本思想，被尊为虚拟现实之父，1988 年获得图灵奖。

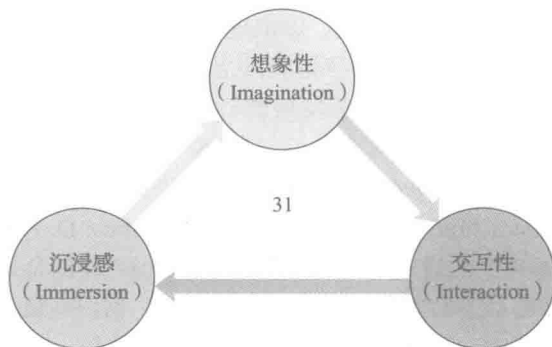


图 1-1 3I 特征

1970 年，伊凡·苏泽兰成功研制了带跟踪器的头盔式立体显示器（Head Mounted Display，HMD），这种头盔显示器功能齐全，如图 1-3 所示。该显示器提供立体视觉图像、机械或超声波跟踪方式，用户戴上后可以看见虚拟的立方体房间，其四面墙上还各带有东（E）、南（S）、西（W）、北（N）的方向标记。

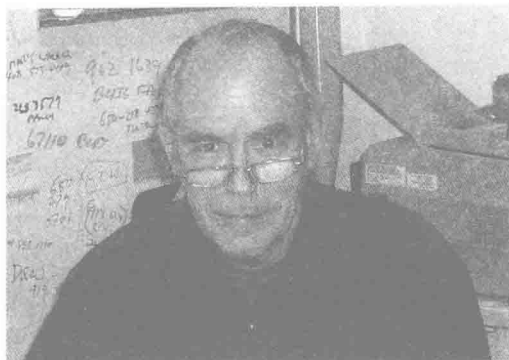


图 1-2 伊凡·苏泽兰

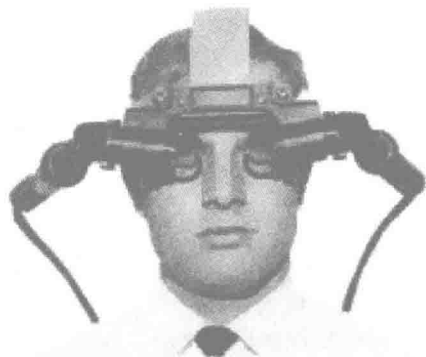


图 1-3 HMD

1980 年, Jaron Lanier 提出了“Virtual Reality”一词, 美国的一系列研究成果引起了人们的广泛关注。

1986 年, Robinett 与合作者 Fisher、Scott S、James Humphries、Michael McGreevy 发表了早期的虚拟现实系统方面的论文“The Virtual Environment Display System”, 是 NASA 工作站的成果之一。

1987 年, James. D. Foley 教授在具有影响力的《科学的美国》上发表了题为“先进的计算机界面”(Interfaces for Advanced Computing)一文。在这篇文章中虚拟现实是用“Artificial Reality”来描述的, 他提出虚拟现实有三个关键元素: Imagination, Interaction, Behavior, 即(2I + B)。从理论上阐述了想象(I)、交互(I)和行为(B)的含义, 指出沉浸式仍然是虚拟现实未来需要探索的; 从硬件上说明了头盔、数据手套、触觉的力反馈器、声音识别装置等的工作原理和在虚拟现实中的应用; 从人机界面的角度阐明了虚拟现实系统应有好的交互性、视觉、语音、触觉等功能。

James. D. Foley 教授的这篇文章对虚拟现实的含义、接口硬件、人机交互式界面、应用和未来前景做了全面的论述, 加上 NASA 取得的令人瞩目的研究成果, 虚拟现实引起了人们极大的兴趣。从此, 虚拟现实的概念和理论开始初步形成。正如 James. D. Foley 期望的, 它进入了一个从研究到应用的崭新时代。

1990 年, 迅速发展的计算机软硬件技术促进了人机交互系统的不断创新与发展。1992 年, Sense8 公司开发了“WTK”开发包, 为 VR 技术提供了更高层次上的应用。Burdea G. 和 Coiffet 在 1994 年出版的《虚拟现实技术》一书中描述了 VR 的三个基本特征: 3I (Imagination、Interaction、Immersion), 这是在 James. D. Foley 教授 1987 年提出的三个关键元素(2I + B)基础上的进一步完善, Burdea 认为在 2I 的基础上增加一个 I (Immersion) 能更好地表示任何 VR 系统的属性。因此, 他用“3I”精辟地概括了 VR 的特征, 这是对 VR 技术和理论的进一步完善。1994 年 3 月在日内瓦召开的第一届 WWW 大会上, 与会者首次正式提出了 VRML 这个名字。后来又出现了大量的 VR 建模语言, 如 X3D、Java3D 等。

日本于 2004 年开发出一种嗅觉模拟器, 2009 年 3 月英国的工程和物理科学研究会上展示了能提供味觉、嗅觉和皮肤温度感受的原型虚拟茧(Virtual Cocoon)。

谷歌公司于 2012 年 4 月发布了一款“拓展现实”谷歌眼镜(Google Project Glass), 它具有与智能手机一样的功能, 可以通过声音控制拍照、视频通话和辨别方向, 以及上网冲浪、处理文字信息和收发电子邮件等。

现在, 各学科交叉融合共同发展, 新技术如雨后春笋般出现并广泛应用, 不断改变着我们的生活, 虚拟现实技术正处于迅速发展时期。

4. 关键技术

虚拟现实是多种技术的综合,包括动态环境建模技术,交互技术,实时三维计算机图形技术,广角(宽视野)立体显示技术,对观察者头、眼和手的跟踪技术,以及触觉/力觉反馈、立体声、网络传输、语音输入/输出技术、系统集成技术等。下面对这些技术分别加以说明。

● 动态环境建模技术

对真实的环境建立计算机模型的技术,包括基于图像的建模技术、三维扫描建模技术等,工具建模软件有 3DS Max、AutoCAD、MAYA、Sketchup、UG。

● 实时三维计算机图形技术

相比较而言,利用计算机模型产生图形图像并不是太困难的事情。如果有足够准确的模型,又有足够的时间,我们就可以生成不同光照条件下各种物体的精确图像,但是这里的关键是“实时”。例如在飞行模拟系统中,图像的刷新相当重要,同时对图像质量的要求也很高,再加上非常复杂的虚拟环境,问题就变得相当困难。

● 交互技术

交互技术则是利用一定手段达到交互目的。目前,交互技术已步入多领域应用时代,包括人机界面、人机交互、键盘鼠标交互、语音识别、动作识别、眼动跟踪、电触觉、力触觉、仿生眼镜等。

在用户与计算机的交互中,键盘和鼠标是目前最常用的工具,但对于三维空间来说,它们都不太适合。在三维空间中有六个自由度,我们很难找出比较直观的办法把鼠标的平面运动映射成三维空间的任意运动。现在,已经有一些设备可以提供六个自由度,如 3Space 数字化仪和 Space Ball 空间球等。另外一些性能比较优异的设备是数据手套和数据衣。

● 显示技术

人看周围的世界时,由于两只眼睛的位置不同,因此得到的图像略有不同,这些图像在脑子里融合起来,就形成了一个关于周围世界的整体景象,这个景象中包括了距离信息。当然,距离信息也可以通过其他方法获得,如眼睛焦距的远近、物体大小的比较等。

在 VR 系统中,双目立体视觉起了很大作用。用户的两只眼睛看到的不同图像是分别产生的,显示在不同的显示器上。有的系统采用单个显示器,当用户戴上特殊的眼镜后,一只眼睛只能看到奇数帧图像,另一只眼睛只能看到偶数帧图像,奇、偶帧之间的不同即视差,就产生了立体感。

在人造环境中,每个物体相对于系统的坐标系都有一个位置与姿态,用户也如此。用户看到的景象是由用户的位置和头(眼)的方向来确定的。

在传统的计算机图形技术中,视场的改变是通过鼠标或键盘来实现的,用户的视觉系统和运动感知系统是分离的,而利用头部跟踪来改变图像的视角,用户的视觉系统和运动感知系统之间就可以联系起来,感觉更逼真。另一个优点是,用户不仅可以通过双目立体视觉认识环境,而且可以通过头部的运动观察环境。

● 立体声技术

人能够很好地判定声源的方向。在水平方向上,我们靠声音的相位差及强度的差别来确定声音的方向,因为声音到达两只耳朵的时间或距离有所不同。常见的立体声效果就是靠左右耳听到在不同位置录制的不同声音来实现的,所以会有一种方向感。现实生活中,当头部转动时,听到的声音的方向就会改变。但目前 VR 系统中,声音的方向与用户头部的运动无关。

● 感觉反馈技术

在 VR 系统中,用户可以看到一个虚拟的杯子。你可以设法抓住它,但是你的手没有真

正接触杯子的感觉,并有可能穿过虚拟杯子的“表面”,而这在现实生活中是不可能的。解决这一问题的常用装置是在手套内层安装一些可以振动的触点来模拟触觉。

- 语音输入输出技术

在VR系统中,语音的输入输出也很重要。这就要求虚拟环境能听懂人的语言,并能与人实时交互。而让计算机识别人的语音是相当困难的,因为语音信号和自然语言信号有其多边性和复杂性。例如,连续语音中词与词之间没有明显的停顿,同一词、同一字的发音受前后词、字的影响,不仅不同人说同一词会有所不同,就是同一人发音也会受到心理、生理和环境的影响而有所不同。

使用人的自然语言作为计算机输入目前有两个问题:第一是效率问题,为便于计算机理解,输入的语音可能会相当啰嗦;第二是正确性问题,计算机理解语音的方法是对比匹配,而没有人的智能。

- 系统集成技术

所谓系统集成(System Integration, SI),就是通过结构化的综合布线系统和计算机网络技术,将各个分离的设备(如个人计算机)、功能和信息等集成到相互关联的、统一和协调的系统之中,使资源达到充分共享,实现集中、高效、便利的管理。系统集成应采用功能集成、BSV液晶拼接集成、综合布线、网络集成、软件界面集成等多种集成技术。系统集成实现的关键在于解决系统之间的互连和互操作性问题,它是一个多厂商、多协议和面向各种应用的体系结构。这需要解决各类设备、子系统间的接口、协议、系统平台、应用软件等与子系统、建筑环境、施工配合、组织管理和人员配备相关的一切面向集成的问题。

5. VR艺术

VR艺术是伴随着“虚拟现实时代”的来临应运而生的一种新兴而独立的艺术门类,在《虚拟现实艺术:形而上的终极再创造》一文中,关于VR艺术有如下定义:“以虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等人工智能技术作为媒介手段加以运用的艺术形式,我们称之为虚拟现实艺术,简称VR艺术。该艺术形式的主要特点是超文本性和交互性。”

作为现代科技前沿的综合体现,VR艺术是通过人机界面对复杂数据进行可视化操作与交互的一种新的艺术语言形式,它吸引艺术家的重要之处在于,艺术思维与科技工具的密切交融和二者深层渗透所产生的全新的认知体验。与传统视窗操作下的新媒体艺术相比,交互性和扩展的人机对话是VR艺术呈现其独特优势的关键所在。从整体意义上说,VR艺术是以新型人机对话为基础的交互性艺术形式,其最大优势在于建构作品与参与者的对话,通过对话揭示意义生成的过程。

艺术家通过对VR、AR等技术的应用,可以采用更为自然的人机交互手段控制作品的形式,塑造出更具沉浸感的艺术环境和现实情况下不能实现的环境,并赋予创造的过程以新的含义。例如,具有VR性质的交互装置系统可以设置穿越多重感官的交互通道,使观众体验穿越装置的过程,艺术家可以借助软件和硬件的顺畅配合来促进参与者与作品之间的沟通与反馈,创造良好的参与性和可控性;也可以通过视频界面进行动作捕捉,存储访问者的行为片段,以保持参与者的意识增强性为基础,同步放映增强效果和重新塑造、处理过的影像;通过增强现实、混合现实等形式,将数字世界和真实世界结合在一起,观众可以通过自身动作控制投影的文本,如数据手套可以提供力的反馈,可移动的场景、360°旋转的球体空间不仅增强了作品的沉浸感,而且可以使观众进入作品的内部,操纵、观察它的过程,甚至赋予观众参与再创造的机会。

6. 涉及的学科知识

虚拟现实技术是一门多学科交叉集成技术,涉及的学科很多,主要包括人工智能、计算机科学、电子学、传感器技术、计算机图形学、智能控制、心理学和美学等。

1.2 虚拟现实技术分类

1. 桌面虚拟现实系统 (Desktop VR)

桌面虚拟现实系统基本上是一套基于普通 PC 平台的小型桌面虚拟现实系统。桌面虚拟现实的参与者是不完全沉浸的,有时要求参与者使用标准的显示器和立体显示设备、数据手套和六个自由度的三维空间鼠标器,戴上立体眼镜坐在监视器前,在一些专业软件的帮助下,可以通过计算机屏幕观察虚拟境界。图 1-4 为某款桌面虚拟现实系统。

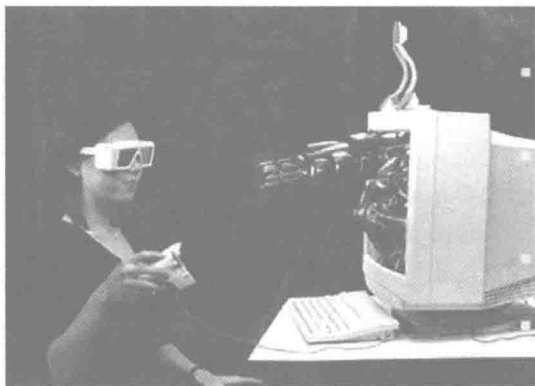


图 1-4 桌面虚拟现实系统

2. 增强式虚拟现实系统 (Augmented VR)

真实世界和虚拟对象叠加在一起,部分真实环境由虚拟环境取代,可减少构成复杂真实环境的开销。增强式虚拟现实系统允许用户对现实世界进行观察的同时,将虚拟图像叠加在真实物理对象之上,为用户提供与所看到的真实环境有关的、存储在计算机中的信息,从而增强用户对真实环境的感受,因此又被称为叠加式或补充现实式虚拟现实系统。

增强式虚拟现实系统可以使用光学技术或视频技术实现。光学技术使用的是光学融合镜片,此镜片具有部分透光性和部分反射性,既允许真实世界的部分光线透过该镜片,又能将来自图形显示器的光线反射到用户的眼睛,由此实现了真实世界与虚拟世界的叠加。视频技术则通过摄像机对真实世界进行图像采样,在图形处理器中将其叠加在虚拟图像上,然后再送回显示器。在这种情况下,用户看到的并不是当时的真实环境。

增强式虚拟现实系统主要具有以下特点:真实世界和虚拟世界同时存在;真实世界和虚拟世界是在三维空间中整合的。常见的增强式虚拟现实系统有基于台式图形显示器、单眼显示器(一只眼镜看到显示屏上的虚拟世界,另一只眼镜看到的是真实世界)、光学透视式头盔显示器、视频透视式头盔显示器的系统。

目前,增强式虚拟现实系统常用于医学可视化、军用飞机导航、设备维护与修理、娱乐、文物古迹复原、辅助产品设计等领域,如图 1-5 所示。增强式虚拟现实系统依赖于虚拟现实的位置跟踪技术,因为计算机需要随时知道用户的手与所操作物体之间的相对位置。只有将显



图 1-5 定点式增强现实观察系统

示器中的图像与现实中的物体仔细调校，达到较为精确的重叠时，该类系统才会发挥作用。

3. 沉浸式虚拟现实系统 (Immersive VR)

沉浸式虚拟现实系统使用户沉浸在虚拟世界里。沉浸式虚拟现实系统是一种高级的虚拟现实系统，它提供一个完全沉浸的体验，使用户有一种置身于虚拟境界之中的感觉。它利用头盔式显示器或其他设备，把参与者的视觉、听觉和其他感觉封闭起来，提供一个新的、虚拟的感觉空间，并利用位置跟踪器、数据手套、其他手控输入设备、声音等使得参与者产生一种身临其境、全心投入和沉浸其中的感觉。

沉浸性是虚拟现实技术的一个根本特征。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方式，它是一种最典型、最实用、最易于让人投入的虚拟现实系统。在上海世博会上，多家场馆都采用了这种显示方式，的确达到了增强观众多方面感知的目的。

这类系统通常以大幅面甚至是超大幅面的立体投影作为显示方式，为参与者提供团体多人参与、集体观看、具有高度临场感的投入型虚拟空间环境，让所有交互的虚拟三维世界高度逼真地浮现于参与者眼前。

图 1-6 展示的就是 CAVE（洞穴）式沉浸显示系统，图 1-7 为沉浸式立体环幕显示系统。



图 1-6 CAVE（洞穴）式沉浸显示系统

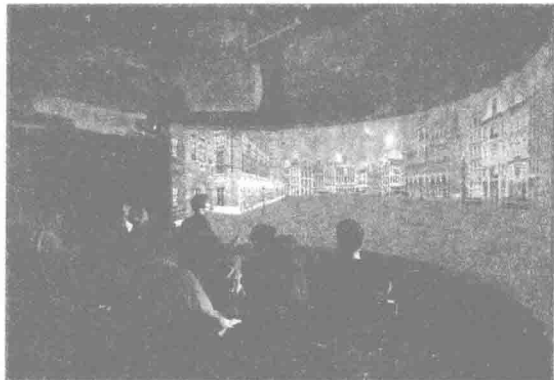


图 1-7 沉浸式立体环幕显示系统

4. 分布式虚拟现实系统 (Distributed VR)

分布式虚拟现实系统是虚拟现实技术和网络技术结合的产物；以沉浸式虚拟现实系统为基础，多个用户或虚拟世界通过网络相连接；多个用户同时加入同一个虚拟空间，共享信息，协同工作达到一个更高的境界。分布式虚拟现实系统利用远程网络将异地的不同用户联结起来，多个用户通过网络同时加入一个虚拟空间，共同体验虚拟经历，对同一虚拟世界进行观察和操作，达到协同工作的目的，从而将虚拟现实的应用提升到一个更高的境界。

四种虚拟现实技术的对比见表 1-1。

表 1-1 四种虚拟现实系统的对比

	桌 面	增 强	沉 浸	分 布
所需硬件	PC、中低档工作站配合立体眼镜、3D 控制器或者鼠标、追踪球、力矩球	穿透型头戴式显示器配合其他交互设备	头盔显示器和数据手套、沉浸式虚拟现实系统等各种交互设备	沉浸式虚拟现实系统和互联网络
实现效果	沉浸感不够好，受现实世界影响大	增强参与者对真实环境的感受	完全的沉浸感，真实性好，多感觉性（视、听、触）	完全的沉浸感，多用户共享信息

(续)

	桌 面	增 强	沉 浸	分 布
成本与应用	成本低;应用广泛,实现一般的虚拟现实	成本较高;维修、医学检查、培训等	成本高;应用广泛,如虚拟社区等	成本高;军事仿真、娱乐、多用户环境、电子商务等

1.3 虚拟现实技术设备

1. 硬件设备

● 数据手套

数据手套通过传感器和天线来获得和发送手指的位置和方向的信息,设有弯曲传感器,弯曲传感器由柔性电路板、力敏元件、弹性封装材料组成,通过导线连接至信号处理电路;在柔性电路板上设有至少两根导线,以力敏材料包覆于柔性电路板大部分,再在力敏材料上包覆一层弹性封装材料,柔性电路板留一端在外,以导线与外电路连接。数据手套将人手姿态准确实时地传递给虚拟环境,而且能够将与虚拟物体的接触信息反馈给操作者,使操作者以更加直接、自然、有效的方式与虚拟世界进行交互,大大增强了互动性和沉浸感。数据手套为操作者提供了一种通用、直接的人机交互方式,特别适用于需要多自由度手模型对虚拟物体进行复杂操作的虚拟现实系统。数据手套本身不提供与空间位置相关的信息,必须与位置跟踪设备连用。图 1-8 表示各种外形的数据手套。

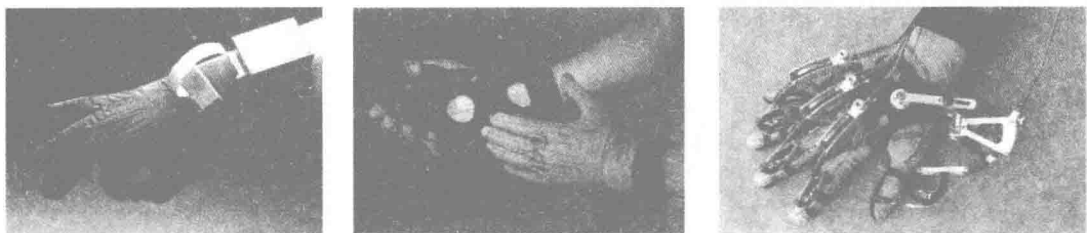


图 1-8 数据手套

● 立体眼镜

一般两眼观察物体时,很自然地产生立体感,这是由于人的两眼之间有一定的距离。当观察物体时,左右眼各自从不同角度观察,形成两眼视觉上的差异,反映到大脑中便产生远近感和层次感的三度空间立体影像。

立体眼镜利用了人类左眼与右眼影像的视角间距的视差,因而产生有三度空间感的三维效果,如图 1-9 所示。

● 立体相机

立体相机是一种双镜头或多镜头相机,可以模拟人的双目视觉观察系统,利用两个镜头同时拍摄图像时形成两幅图像之间的视差可以计算出图像的深度信息,进一步得到该图像的三维信息,如图 1-10 所示。这种技术也称为立体影像技术。

但随着计算机科技的飞跃进步,配合数码相机(digital camera)的使用,实物式立体影像的技术与应用有突破性的发展。今天,任何数码相机的使用者,无论有无拍摄立体照片的经验,皆可轻易地在数分钟之内完成一张立体照片的拍摄,并在计算机屏幕上观看到栩栩如生的立体影像。

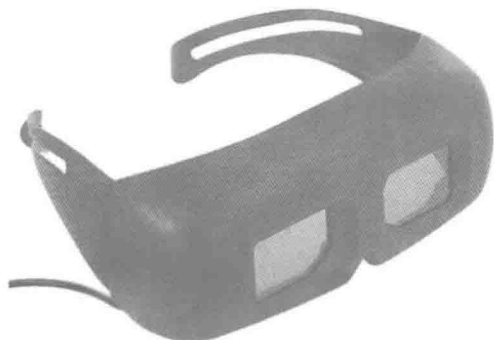


图 1-9 立体眼镜



图 1-10 立体相机

● 操纵杆、跟踪球和空间球

操纵杆由一个手柄通过一个球形轴承半固定在底座上，在手柄运动时带动一对电位器或电脉冲产生器，产生位置信号，控制屏幕上光标的坐标，一般用在游戏和虚拟现实系统中。操纵杆将纯粹的物理动作（手部的运动）完完全全地转换成数字形式（一连串 0 和 1 组成的计算机语言），当你真正投入到游戏中时会丝毫察觉不出其中的转换，觉得自己完全置身于虚拟世界中。跟踪球和空间球是根据球在不同方向受到的推或拉的压力来实现定位和选择的，从而控制屏幕上光标的坐标，在游戏、虚拟现实系统、动画和 CAD 等应用中一般用作三维定位设备和选取设备。如图 1-11 所示是操作杆、跟踪球和空间球的一些实例。

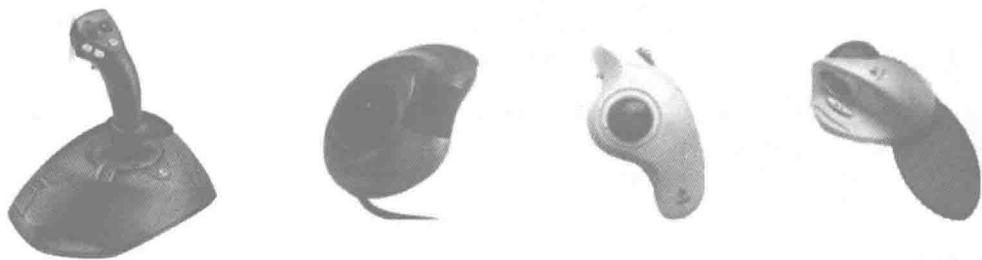


图 1-11 操纵杆、跟踪球和空间球

● 力反馈装置

力反馈装置代表了人机接触交互技术方面的一种革新。就像显示器能够使用户看到计算机生成的图像，扬声器能够使用户听到计算机合成的声音一样，力反馈装置使用户接触并操作计算机生成的虚拟物体成为可能。力反馈装置在普通的办公室 / 桌面环境下进行操作便可提供高度逼真的三维力反馈能力，并与标准 PC 兼容。如图 1-12 所示为一种用于牙科诊断的力反馈装置，用力反馈装置触及牙齿表面可感受到牙齿的硬度。

● 位置跟踪器

位置跟踪器是作用于空间跟踪与定位的装置，一般与其他 VR 设备结合使用，如数据头盔、立体眼镜、数据手套等，使参与者在空间上能够自由移动、旋转，不局限于固定的空间位置，操作更加灵活、自如、随意。该产品有六个自由度和三个自由度之分。当接收传感器在空间移动时，能够精确地计算出其位置和方位。该设备消除了延迟带来的问题，因为它提供了动态的、实时的六自由度的测量位置（ x ， y ，和 z 笛卡尔坐标）和方位（俯仰角、偏行

角、滚动角),无论在虚拟现实应用领域和生物医学的研究中,还是在控制模拟器的投影机运动时,它都是测量运动范围和肢体旋转的理想选择。位置跟踪器快速、精确,而且容易使用,有磁场式、超声波式、红外线式及发光二极管式等,但使用较多的是磁场式及超声波式。如图 1-13 所示是一种位置跟踪器。

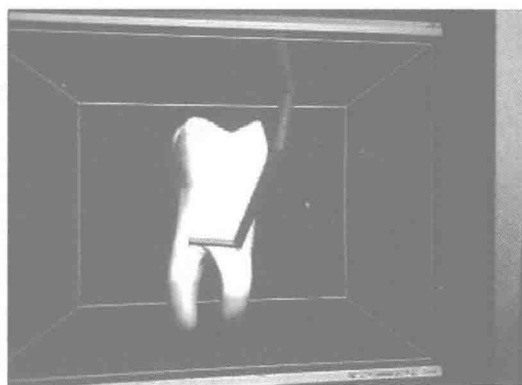


图 1-12 力反馈装置

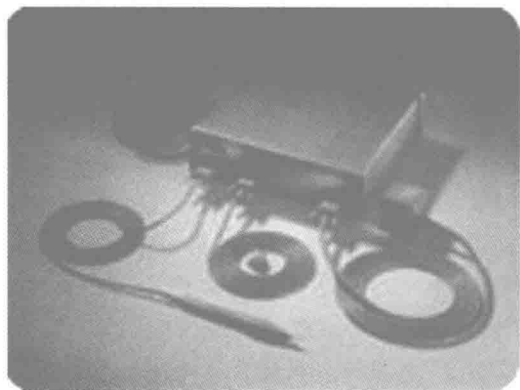


图 1-13 位置跟踪器

● 虚拟现实头盔

虚拟现实头盔是一种利用头盔显示器将人对外界的视觉、听觉封闭,引导用户产生一种身在虚拟环境中的感觉。头盔式显示器是最早的虚拟现实显示器,其显示原理是左右眼屏幕分别显示左右眼的图像,人眼获取这种带有差异的信息后在脑海中产生立体感。头盔显示器作为虚拟现实的显示设备,具有小巧和封闭性强的特点,在军事训练、虚拟驾驶、虚拟城市等项目中具有广泛的应用。如图 1-14 所示是不同类型的头盔。

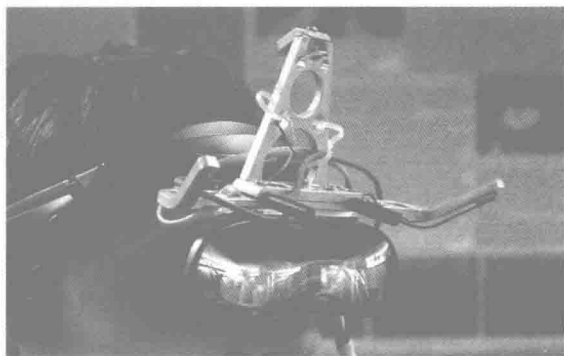


图 1-14 虚拟现实头盔

● 洞穴状的投影屏幕 (CAVE)

CAVE (Cave Automatic Virtual Environment, 洞穴状自动虚拟系统) 是一种基于投影的沉浸式虚拟现实显示系统,其特点是分辨率高、沉浸感强、交互性好。CAVE 沉浸式虚拟现实显示系统的原理比较复杂,它以计算机图形学为基础,将高分辨率的立体投影显示技术、多