

普通高等院校
网络与新媒体专业系列教材

Virtual Reality
Technology
and
Application

虚拟现实技术及应用

许书源 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要讲解虚拟现实技术理论及应用,内容涵盖虚拟现实技术的软硬件设备、前沿技术与应用案例。本书结合当前新媒体、数智时代和元宇宙发展的背景,力图通过理论与实践案例相结合的方式,向读者阐述虚拟现实技术的基本原理、相关技术及开发经验与流程。

本书分为8章,第1章至第3章主要介绍虚拟现实技术的概念及相关技术;第4章至第7章讲解虚拟现实技术相关工具的使用方法及应用案例;第8章介绍虚拟现实未来的发展方向。

本书以培养数字媒体技术人才为目标进行编写,层次清晰、内容丰富、难易适中,可以作为数字媒体技术、新媒体艺术及传媒类相关专业本科生的教材,也可以作为从事新媒体研究的实践工作者和虚拟现实爱好者的参考书籍。

本书提供课件,请读者扫描封底二维码获取。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。举报:010-62782989, beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实技术及应用 / 许书源编著. —北京:清华大学出版社, 2024.3

普通高等院校网络与新媒体专业系列教材

ISBN 978-7-302-65635-7

I. ①虚… II. ①许… III. ①虚拟现实—高等学校—教材 IV. ①TP391.98

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2024) 第 048087 号

责任编辑:施 猛 王 欢

封面设计:常雪影

版式设计:孔祥峰

责任校对:马遥遥

责任印制:刘 菲

出版发行:清华大学出版社

网 址: <https://www.tup.com.cn>, <https://www.wqxuetang.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-83470000

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:11.25

字 数:246千字

版 次:2024年5月第1版

印 次:2024年5月第1次印刷

定 价:49.00元

产品编号:099859-01

普通高等院校网络与新媒体专业系列教材

编 委 会

主 编 | 王国燕

编 委
(按照姓氏拼音排序)

曹云龙	江苏师范大学
陈 强	西安交通大学
崔小春	苏州大学
丁文祎	苏州大学
杜志红	苏州大学
方付建	中南民族大学
龚明辉	苏州大学
金心怡	苏州大学
匡文波	中国人民大学
刘英杰	苏州大学
罗 茜	苏州大学
曲 慧	北京师范大学
王 静	苏州大学
许静波	苏州大学
许书源	苏州大学
于莉莉	苏州大学
喻国明	北京师范大学
曾庆江	苏州大学
张 健	苏州大学
张 可	苏州大学
张燕翔	中国科学技术大学
周荣庭	中国科学技术大学
周 慎	中国科学技术大学

序 言

当今世界，媒介融合趋势日益凸显，移动互联网的快速普及和智能媒体技术的高速迭代，特别是生成式人工智能(artificial intelligence generated content, AIGC)推动着传媒行业快速发展，传媒格局正在发生深刻的变革，催生了新的媒体产业形态和职业需求。面对这一高速腾飞的时代，传统的人文学科与新兴的技术领域在“新文科”的框架下实现了跨界融合，面向智能传播时代的网络与新媒体专业人才尤为稀缺，特别是在“新文科”建设和“人工智能+传媒”的教育背景下，社会对网络与新媒体专业人才的需求呈现几何级增长。

教育部于2012年在本科专业目录中增设了网络与新媒体专业，并从2013年开始每年批准30余所高校设立网络与新媒体专业，招生人数和市场需求在急速增长，但网络与新媒体专业的教材建设却相对滞后，教材市场面临巨大的市场需求和严重的供应短缺，亟需体系完备的网络与新媒体专业教材。2022年春天，受清华大学出版社的热情邀约，苏州大学传媒学院联合中国科学技术大学、西安交通大学、中国人民大学、北京师范大学等多所网络与新媒体专业实力雄厚的兄弟院校，由这些学校中教学经验丰富的一线学者组成系列教材编写团队，共同开发一套系统、全面、实用的教材，旨在为全国高等院校网络与新媒体专业人才培养提供系统化的教学范本和完善的知识体系。

苏州大学于2014年经教育部批准设立网络与新媒体专业，是设置网络与新媒体专业较早的高校。自网络与新媒体专业设立至今，苏州大学持续优化本科生培养方案和课程体系，已经培养了多届优秀的网络与新媒体专业毕业生。

截至2024年初，“普通高等院校网络与新媒体专业系列教材”已确认列选22本教材。本系列教材主要分为三个模块，包括教育部网络与新媒体专业建设指南中的绝大多数课程，全面介绍了网络与新媒体领域的核心理论、数字技术和媒体技能。模块一是专业理论课程群，包括新媒体导论、融合新闻学、网络传播学概论、网络舆情概论、传播心理学等课程，这一模块将帮助学生建立起对网络与新媒体专业的基本认知，了解新媒体与传播、社会、心理等领域的关系。模块二是数字技术课程群，包括数据可视化、大数据分析基础、虚拟现实技术及应用、数字影像非线性编辑等课程，这一模块将帮助学生掌握必备的数据挖掘、数据处理分析以及可视化实现与制作的技术。模块三是媒体技能课程群，包括网络直播艺术、新媒体广告、新媒体产品设计、微电影剧本创作、短视频策划实务等课程，这一模块着重培养学生在新媒体环境下的媒介内容创作能力。

本系列教材凝聚了众多网络与新媒体领域专家学者的智慧与心血，注重理论与实践相结合、教育与应用并重、系统知识与课后习题相呼应，是兼具前瞻性、系统性、知识性和实操性的教学范本。同时，我们充分借鉴了国内外网络与新媒体专业教学实践的先

进经验，确保内容的时效性。作为一套面向未来的系列教材，本系列教材不仅注重向学生传授专业知识，更注重培养学生的创新思维和专业实践能力。我们深切希望，通过对本系列教材的学习，学生能够深入理解网络与新媒体的本质与发展规律，熟练掌握相关技术与工具，具备扎实的专业素养和专业技能，在未来的媒体岗位工作中熟练运用专业技能，提升创新能力，为社会做出贡献。

最后，感谢所有为本系列教材付出辛勤劳动和智慧的专家学者，感谢清华大学出版社的大力支持。希望本系列教材能够为广大传媒学子的学习与成长提供有力的支持，日后能成为普通高等院校网络与新媒体专业的重要教学参考资料，为培养中国高素质网络与新媒体专业人才贡献一份绵薄之力！



2024年5月10日于苏州

前言

近年来，随着大数据、人工智能、云计算、5G等技术的辅助加持，虚拟现实技术进入高速发展阶段。虚拟现实技术是新一代信息技术的重要前沿方向，是数字经济的重大前瞻领域，将深刻改变人类的生产和生活方式。2022年，由工信部、教育部等五部委发布的《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划(2022—2026年)》提出，到2026年，我国虚拟现实产业总体规模(含相关硬件、软件、应用等)将超过3500亿元。这一目标表明了政府对虚拟现实产业发展战略窗口期的重视，同时也反映出市场对虚拟现实技术的巨大需求和长远预期。

党的二十大报告提出：“推动战略性新兴产业融合集群发展，构建新一代信息技术、人工智能、生物技术、新能源、新材料、高端装备、绿色环保等一批新的增长引擎。”虚拟现实技术作为一门崭新的集成型技术，涵盖计算机软硬件、传感器技术、立体显示技术、仿真技术与计算机图形学、人机接口技术、多媒体技术、传感技术、网络技术，目前已广泛应用于医疗、军事航天、文化、娱乐、工业仿真、文物保护等领域。在医疗领域，虚拟现实技术可以帮助患者进行康复训练，锻炼肌肉和神经系统；在军事航天领域，虚拟现实技术可以用来模拟各种危险环境，让训练者在安全的环境中接受足够的练习；在文化领域，虚拟现实技术可以用来打造各种主题公园、博物馆等场所，游客可以身临其境地感受历史和文化；在娱乐领域，虚拟现实技术能让玩家沉浸于游戏世界之中，充分体验游戏的快乐和刺激。

本书在介绍虚拟现实技术相关知识的基础上，重点介绍了虚拟现实内容开发，详细介绍了相关内容创作工具与开发平台的使用流程与方法，全书共分为8章。

第1章阐述了虚拟现实技术的概念、特征、发展历程，以及虚拟现实技术的应用领域和分类。

第2章介绍了虚拟现实系统的硬件设备，包括建模设备与计算设备、视觉显示设备、声音设备、人机交互设备，还详细介绍了目前市场上的主流VR设备及其功能。

第3章讲解了虚拟现实的技术基础，主要包括立体显示技术、自然交互技术与计算机三维图形技术。

第4章介绍了5种常用的虚拟现实内容制作工具及其基本功能，包括图像3D建模工具、3D全景图生成器、VR世界创造器、三维城市生成工具、虚拟现实制作工具，探讨这些工具在虚拟环境创作和设计中的应用。

第5章介绍了虚拟现实内容创作平台(虚幻引擎)及其各模块的相关功能，包括蓝图系统、材质系统、光照系统、物理引擎等重点内容。

第6章结合HTC VIVE设备与SteamVR插件，介绍了基于虚幻引擎的VR应用。

第7章讲解了如何在虚幻引擎中完整创建一个虚拟汽车交互系统，包括外部模型的导入、交互功能的编写、灯光视觉设置等。

第8章结合元宇宙的概念，展望了虚拟现实技术的发展及未来，包括元宇宙的构建、数字孪生和数字人的应用与相关技术。

编者在编写本书过程中，参阅了大量书籍、文献资料与互联网资源，在此向所有文献资料作者表示由衷的感谢。同时还要特别感谢苏州大学王国燕教授对本书出版的大力支持，以及苏州大学传媒学院研究生汤秀慧同学的鼎力相助。

虚拟现实技术还在迭代升级中，新的理念与产品设备层出不穷，限于编者水平，书中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。反馈邮箱：shim@tup.tsinghua.edu.cn。

编者
2023年于苏州

目 录

第1章 虚拟现实技术概述	001
1.1 虚拟现实的基础知识	001
1.1.1 虚拟现实的含义	001
1.1.2 虚拟现实的基本特征	001
1.1.3 虚拟现实的发展历程	002
1.2 虚拟现实的应用领域	006
1.2.1 娱乐领域	007
1.2.2 教育领域	011
1.2.3 广告领域	013
1.2.4 其他应用领域	016
1.3 虚拟现实系统的分类	017
1.3.1 桌面虚拟现实系统	018
1.3.2 沉浸式虚拟现实系统	019
1.3.3 增强现实系统	020
1.3.4 混合现实系统	021
1.3.5 其他虚拟现实系统	023
练习题	025
第2章 虚拟现实系统的硬件设备	026
2.1 建模设备与计算设备	026
2.2 视觉显示设备	029
2.3 声音设备	031
2.4 人机交互设备	033
2.5 主流VR设备	035
练习题	037
第3章 虚拟现实的技术基础	038
3.1 立体显示技术	038
3.1.1 头戴式显示技术	038
3.1.2 全息投影技术	039
3.1.3 光场成像技术	040
3.2 自然交互技术	041

3.2.1 动作捕捉	041
3.2.2 体感交互	044
3.2.3 眼动跟踪	045
3.3 计算机三维图形技术	046
3.3.1 三维软件建模	046
3.3.2 三维扫描建模	050
3.3.3 三维全景技术	053
3.3.4 虚拟现实引擎	055
练习题	058
第4章 虚拟现实内容制作工具	059
4.1 RealityCapture: 图像3D建模工具	059
4.1.1 图像采集	060
4.1.2 图像导入	061
4.1.3 对齐图像	061
4.1.4 模型修整与重建	062
4.1.5 着色与纹理	063
4.1.6 导出模型	063
4.2 PTGui: 3D全景图生成器	063
4.3 STYLY STUDIO: VR世界创造器	066
4.4 Placemaker: 三维城市生成工具	068
4.5 Virtools: 虚拟现实制作工具	070
练习题	072
第5章 虚拟现实内容创作平台: 虚幻引擎	073
5.1 虚幻引擎概述	073
5.1.1 开发环境配置	074

5.1.2 项目设置	075	第7章 基于虚幻引擎的汽车可视化交互技术详解	130
5.1.3 专业术语	076	7.1 数据导入与Datasmith	131
5.1.4 工作界面	077	7.2 汽车蓝图类的创建	133
5.1.5 选择模式	080	7.3 添加交互功能	136
5.2 蓝图系统	084	7.4 用户界面的创建	140
5.2.1 蓝图的类型	084	7.5 视觉设置	143
5.2.2 蓝图类的创建和使用	085	7.6 平台发布	145
5.2.3 蓝图中的事件	088	练习题	146
5.2.4 蓝图中的变量	090	第8章 元宇宙, 虚拟现实的未来	147
5.2.5 蓝图通信	093	8.1 元宇宙与虚拟现实	147
5.3 材质系统	095	8.2 元宇宙的构建	150
5.3.1 材质系统概述	095	8.2.1 元宇宙的定义	150
5.3.2 材质编辑器	097	8.2.2 构建元宇宙的七个要素	150
5.3.3 材质表达式	099	8.2.3 元宇宙的技术构成层次	152
5.4 光照系统	101	8.3 元宇宙对未来社会的影响	153
5.4.1 光照系统概述	101	8.3.1 元宇宙将改变人们的工作和生活方式	153
5.4.2 光照环境	105	8.3.2 元宇宙将改变商业模式和经济结构	154
5.4.3 全局光照	109	8.3.3 元宇宙将改变人与人之间的交流方式	154
5.5 物理引擎	110	8.4 元宇宙之数字孪生	155
5.5.1 物理模拟	110	8.4.1 数字孪生的概念	155
5.5.2 物理碰撞	112	8.4.2 数字孪生的工作原理	156
5.5.3 物理材质	114	8.4.3 数字孪生的应用领域	157
练习题	115	8.5 元宇宙之数字人	160
第6章 基于虚幻引擎的VR开发基础	116	8.5.1 数字人的定义	161
6.1 VR项目设置	116	8.5.2 数字人的应用场景	162
6.1.1 SteamVR平台	116	8.5.3 数字人的制作技术	166
6.1.2 虚幻引擎项目设置	117	练习题	168
6.1.3 虚幻引擎VR模板	118	参考文献	169
6.2 VR交互基本功能	120		
6.2.1 拾取与拖拽	120		
6.2.2 VR测量功能	123		
6.2.3 VR更换材质功能	126		
练习题	129		

第1章 虚拟现实技术概述

“虚拟现实”(virtual reality, VR)一词是由杰伦·拉尼尔(Jaron Lanier)在20世纪80年代提出的。近些年来,随着计算机、互联网技术的发展,虚拟现实技术领域的发展十分迅速,尤其在2016年呈爆发式发展。2021年,伴随着“元宇宙”概念的兴起,“虚拟现实”再度受到关注,成为当下最流行的科技热词之一。此外,增强现实(augmented reality, AR)、混合现实(mixed reality, MR)、扩展现实(extended reality, XR)等术语也开始出现。一时之间,大众对这些新概念难以区分。那么虚拟现实究竟是什么呢?本章将主要介绍虚拟现实的基础知识、应用领域和分类。

1.1 虚拟现实的基础知识

1.1.1 虚拟现实的含义

虚拟现实技术包括计算机、电子信息、仿真等技术,在其基本实现中,以计算机技术为主,综合利用三维图形技术、多媒体技术、仿真技术、显示技术、伺服技术等多种高科技发展成果,借助计算机等设备产生一个逼真的、具有视觉、触觉、嗅觉等多种感官体验的三维虚拟世界,从而使处于虚拟世界中的人产生一种身临其境的感觉。

虚拟现实是指沉浸式、交互式、多感官、以观众为中心、由计算机生成的三维环境,以及构建这些环境所需的技术组合。虚拟现实也是一种身临其境的多感官体验,它依赖于头部追踪、手部追踪、身体追踪以及耳部的听觉,使用户沉浸在虚拟世界,与三维模型进行实时交互。从本质上讲,虚拟现实是对物理现实的克隆。

1.1.2 虚拟现实的基本特征

与传统的人机交互相比,虚拟现实在技术上实现了质的飞跃,用户与虚拟信息进行交互,产生视觉、听觉、触觉上的反馈,体验到一种身临其境的感觉。体验虚拟现实的关键元素是沉浸感、感官反馈(对用户输入的响应)、交互性和构想性,这也是虚拟现实的基本特征。

1. 沉浸感

沉浸感是虚拟现实技术的典型特征,它是指通过使用交互设备,对用户身体感官产生综合刺激后用户所能感受到的虚拟环境的真实程度。

传统媒介如电影，常常通过营造沉浸感来吸引观众，将观众带入剧情。这里的“沉浸”指的是一种沉浸在体验中的感觉，是一种情感或精神状态，它是大多数媒体创作者想要实现的目标。在虚拟现实媒介中，我们将物理沉浸称为虚拟现实系统的特征，它可以替代或增强对参与者感官的刺激。我们将虚拟现实中的沉浸感定义为用户置身于环境中的沉浸感，它既是心理沉浸感，即一种精神状态，也是通过物理手段实现的物理沉浸感。

2. 感官反馈

感官反馈是虚拟现实的重要组成部分。不同于以往媒介仅提供视觉感知，虚拟现实可以带来听觉、触觉、嗅觉等多方面的感知，允许用户拥有接近物理现实的模拟体验。虚拟现实系统还可以根据用户的身体位置提供直接的感官反馈，创造现实世界中不可能出现的场景。从理论上来说，在现实世界中，人的一切感知功能都可以在虚拟现实模拟。然而由于受到技术水平的限制，现阶段虚拟现实技术的感知功能还仅限于感知视觉、听觉、触觉和运动等方面，其他方面的感知能力还有待提高和完善。

3. 交互性

交互性是指用户对模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(包括实时性)，以及虚拟场景中对象依据物理学定律运动的程度等，它是人机和谐的关键性因素。用户进入虚拟环境后，通过多种传感器与多维化信息环境发生交互作用，用户可以进行必要的操作，虚拟环境的响应亦与真实世界一样。例如，用户可以用手直接抓取虚拟环境中的物体，这时手会有握着东西的感觉，用户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

构想性是指虚拟现实技术具有广阔的想象空间，它不仅可以再现真实存在的环境，也可以随意构想客观不存在甚至不可能存在的环境，从而拓宽人类认知范围。用户沉浸在“真实的”虚拟环境中，与虚拟环境进行全方位交互，从中得到启发，深化概念，萌发新意，产生认识上的飞跃。因此，虚拟现实不仅是用户与终端的接口，而且可以使用户沉浸于此环境中获取新的知识，提高感性和理性认识，从而产生新的构思。将这种构思结果输入到系统中，系统会将处理后的状态实时显示或由传感装置反馈给用户。如此反复，便形成一个“学习—创造—再学习—再创造”的过程。因此，可以说虚拟现实能够启发人的创造性思维。

1.1.3 虚拟现实的发展历程

与大多数技术一样，虚拟现实技术不是突然出现的，它是经过军事领域、企业界及学术实验室长时间研制开发后才进入民用领域的。虽然它在20世纪80年代后期被世人所

关注，但其实早在20世纪50年代中期就有人提出这一构想。

虚拟现实技术的发展大致分为三个阶段：20世纪50—70年代为虚拟现实技术的探索阶段；20世纪80年代初期到20世纪80年代中期为虚拟现实技术系统化、从实验室走向实用的阶段；20世纪80年代末期至今为虚拟现实技术高速发展的阶段。

1. 虚拟现实技术的探索阶段

1929年，林克发明了简单的机械飞行模拟器(见图1-1)，在室内某一固定的地点训练飞行员，受训者坐在模拟器上的感觉和坐在真飞机上一样，因此可以通过模拟器学习飞行操作，这是世界上第一个商业化的飞行模拟器。由于模拟器使用了泵、阀门等设备，飞行员能够准确地体验控制飞机的真实感受。一些航空组织通过模拟器培训了50多万名来自美国、德国、澳大利亚等国的飞行员，这是虚拟现实技术商业化应用的一次成功尝试。



图1-1 飞行模拟器

1956年，在全息电影的启发下，莫顿·海利格研制出一套称为Sensorama的多通道体验显示系统(见图1-2)，这是世界上第一台虚拟现实设备。它结合3D屏幕、立体声扬声器、气味、座椅振动以及风等效果让用户获得多感官体验，而不仅仅是听觉和视觉的感官体验。但观众只能体验而不能改变自己所感受到的世界，也就是说，该系统无交互操作功能。



图1-2 第一台虚拟现实设备 Sensorama

1965年，计算机图形学的奠基者——美国科学家伊万·苏泽兰博士在国际信息处理联合会大会上发表了一篇名为“*The Ultimate Display*”（终极显示）的论文，文中提出了感觉真实、交互真实的人机协作新理论。该理论提出了一种全新的、富有挑战性的图形显示技术，观察者不通过计算机屏幕这个窗口来观看计算机生成的虚拟世界，而是直接沉浸在计算机生成的虚拟世界之中，就像我们生活在客观世界中一样。观察者随意地转动头部与身体（即改变视点），他所看到的场景（即由计算机生成的虚拟世界）也会随之发生变化，同时，他还可以用手、脚等部位以自然的方式与虚拟世界进行交互，虚拟世界会产生相应的反应，从而使观察者有一种身临其境的感觉。这一理论后来被公认为在虚拟现实技术发展过程中起着里程碑的作用，所以伊万·苏泽兰既被称为“计算机图形学之父”，又被称为“虚拟现实技术之父”。

1968年，伊万·苏泽兰创造了第一台虚拟现实头戴式显示器(helmet mounted display, HMD)(见图1-3)，并将其命名为“达摩克利斯之剑”。这是人类第一次将机械装置连接到计算机而不是相机中。

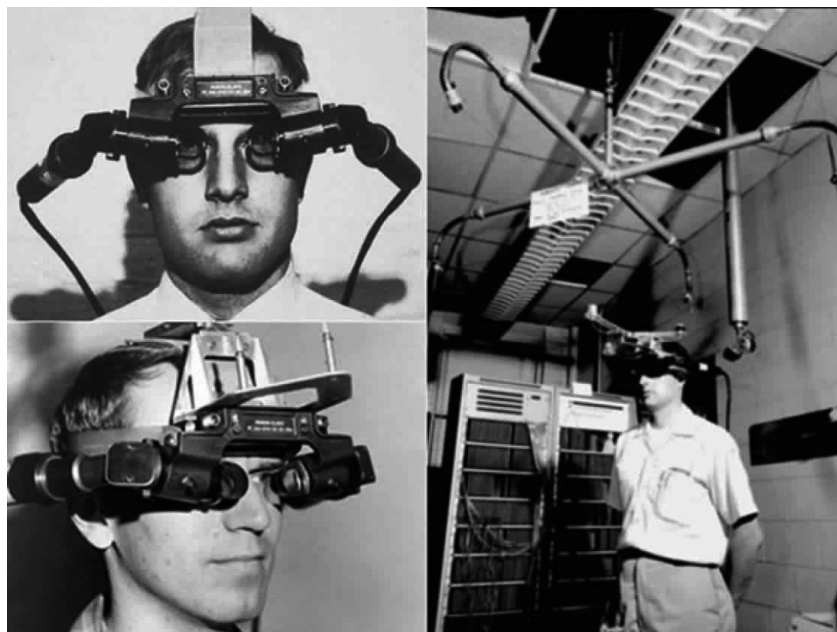


图1-3 第一台虚拟现实头戴式显示器

2. 虚拟现实技术系统化阶段

1980年, Stereo Graphics公司首次生产面向消费者的3D眼镜。

1984年, VPL公司创始人杰伦·拉尼尔正式提出了“virtual reality”一词。在当时研究此项技术的目的是提供一种比传统计算机技术更好的仿真方法。VPL是第一家销售VR眼镜和手套的公司。早期的虚拟现实设备如图1-4所示。



图1-4 早期的虚拟现实设备

3. 虚拟现实技术高速发展的阶段

进入20世纪90年代后，迅速发展的计算机硬件技术与不断改进的计算机软件系统共同推动了虚拟现实技术的发展，使得基于大型数据集合的声音和图像实时动画制作成为可能。人机交互系统的设计不断创新，很多新颖、实用的输入输出设备不断出现在市场上，这些都为虚拟现实技术的发展打下了坚实的基础。

1991年，Virtuality Group推出了Virtuality，这是第一台VR游戏机。Virtuality以其全新的沉浸感震惊了整个行业，并成为虚拟现实娱乐史上首次大规模生产的产品。Virtuality可以支持网络和多人游戏，配备一系列硬件设备，如虚拟现实眼镜、图形渲染系统、3D追踪器和类似外骨骼的可穿戴设备。Virtuality游戏机如图1-5所示。



图1-5 Virtuality游戏机

1995年，任天堂推出了一款名为Virtual Boy的游戏机，作为当时的热门产品，该款游戏机不仅是第一款家用VR设备，也是任天堂首次推出的VR游戏设备。在1995年1月举办的消费电子展(CES)上，任天堂声称新设备将给玩家带来与虚拟现实互动的惊人体验。

2015年，谷歌公司推出了Google Cardboard，它将智能手机转变为虚拟现实设备。这是一种非常低成本的设备，旨在鼓励人们积极开发虚拟现实应用。

2016年至今，HTC VIVE、Oculus Rift、Hololens等家用VR设备相继发布，标志着虚拟现实技术已正式进入人们的生活。

1.2 虚拟现实的应用领域

虚拟现实技术是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统，它利用计算机生成一种模拟环境，带给人们一种身临其境的感觉。这种能够再现真实环境，人们可以介

入其中参与交互的特性,使得虚拟现实技术可以在许多领域得到广泛应用。随着各种技术的深入融合与相互促进,虚拟现实技术在娱乐、教育、广告及其他领域的应用都有着广阔的发展前景。

1.2.1 娱乐领域

由于VR设备可以让用户获得听觉、触觉、视觉等感官的沉浸式体验,VR设备在数字娱乐方面具备显著的应用价值。目前来看,虚拟现实在娱乐领域的发展主要涉及VR游戏、VR影视、VR社交等。

1. VR游戏

三维游戏虚拟现实技术的出现使沉浸式游戏体验成为现实。虚拟现实技术与电子游戏和互联网合作的结果是基于以往电子游戏的平面人机互动,将虚拟世界娱乐转变为三维沉浸式人机和人人互动。游戏玩家的注意力完全投射在虚拟现实游戏世界中,在某种程度上,体验者更难脱离虚拟现实游戏。游戏的发展经历了三个阶段,即文本MUD游戏、2D游戏和3D游戏。

目前,Steam中有上千款虚拟现实游戏,其中不乏用户体验好、评分高的游戏。三维游戏虚拟现实技术主要应用于六类游戏:涂鸦类游戏,例如倾斜的刷子(Tilt Brush)(见图1-6)、涂鸦模拟器(Kingspray Graffiti);桌面类游戏,例如狼人游戏(Werewolves Within)(见图1-7)、巨龙前线(Dragon Front)、空甲联盟(Airmech);射击类游戏,例如亚利桑那阳光(Arizona Sunshine)(见图1-8)、原始数据(Raw Data)、机械重装(Robo Recall);竞技类游戏,例如光球之城(HoloBall)(见图1-9)、斯巴克(Sparc);休闲类游戏,例如没人会被炸掉(Keep Talking and Nobody Explodes)、星际粉碎(Cosmos Crash)(见图1-10);音乐类游戏,例如节奏空间(Beat Saber)(见图1-11)。

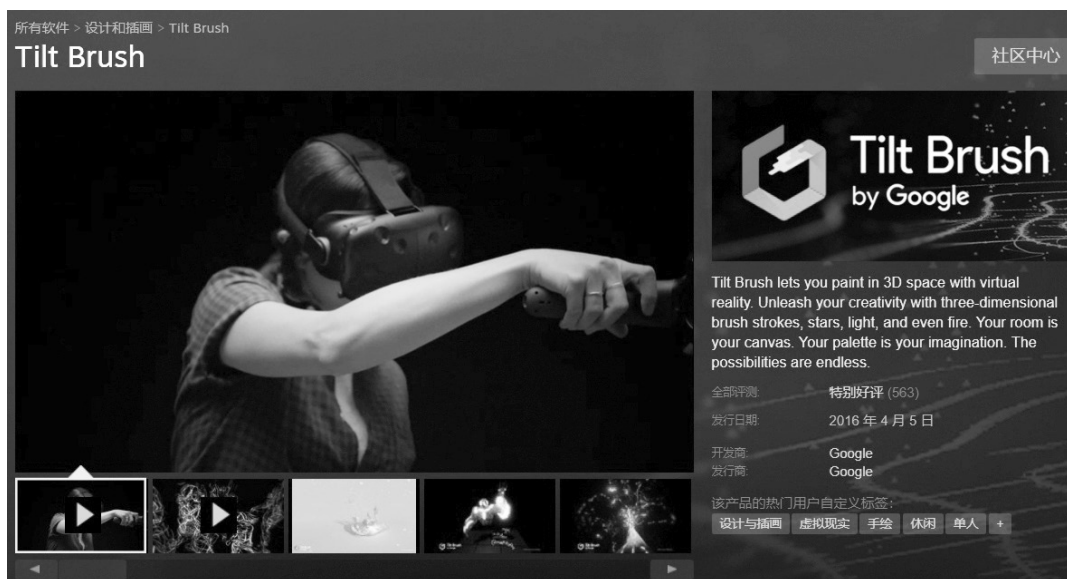


图1-6 涂鸦类游戏: 倾斜的刷子(Tilt Brush)



图1-7 桌面类游戏：狼人游戏(Werewolves Within)



图1-8 射击类游戏：亚利桑那阳光(Arizona Sunshine)



图1-9 竞技类游戏：光球之城(HoloBall)



图1-10 休闲类游戏：星际粉碎(Cosmos Crash)

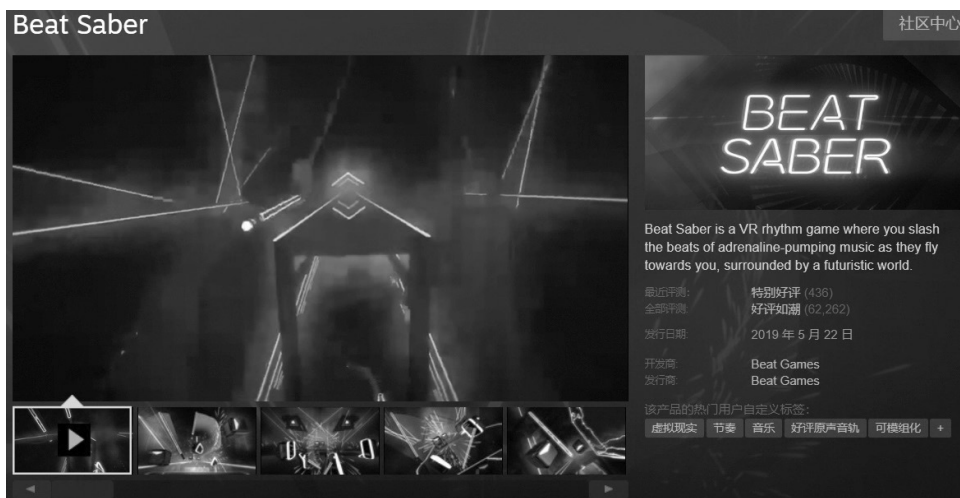


图1-11 音乐类游戏：节奏空间(Beat Saber)

2. VR影视

高盛公司在2016年发布行业报告《VR与AR：解读下一个通用计算平台》，预测VR未来主要应用于九大领域，其中包含游戏与视频娱乐的数字娱乐将占到整个VR产值的四成以上。虚拟现实电影产业正是视频娱乐与VR结合的重要产业。

区别于利用人双眼的视角差和会聚功能制作的可产生立体效果的3D电影，VR电影利用虚拟现实技术及传感器技术，通过计算机系统生成三维环境，在人机交互方面能够达到更逼真、更沉浸的效果。涉足电影产业的各大企业也在积极寻求虚拟现实技术在电影领域的突破。目前，由于拍摄难度与文件体积等现实难题，市面上还未出现大量优秀的VR电影。2017年，第74届威尼斯国际电影节已增设VR竞赛单元。

3. VR社交

虚拟现实技术逐渐被运用到社交中来。新技术赋予的社交新方式将突破传统限制，实现全新的零距离线上沟通。以往因技术和时空等问题导致的视觉观感差、互动娱乐性弱、用户参与度低等问题，都可以通过VR社交来解决。

2016年，Against Gravity公司推出了该公司第一款定位为VR社交的项目Rec Room(见图1-12)。Rec Room支持用户共同创作、共同游戏、共同完成任务，可以将其看作一款综合性的VR社交应用。虽然该应用主要以游戏为主，但其在应用场景中十分重视用户的社交体验，在其应用主界面设置了聚合场景，用户能够聊天互动。类似的VR社交平台或应用还有Altspace VR、VR Chat(见图1-13)等。



图1-12 Rec Room场景图



图1-13 VR Chat场景图

除上述场景外, Facebook的Newsfeed和YouTube均已开始支持360° 视频。Facebook已开发Social Photos、Social Cinema、Toybox和VR Room四个社交VR应用。社交行业巨头的系列动作也昭示着社交软件的未来革新方向。

从国内来看, 不少互动娱乐公司的VR技术日趋成熟。例如, 广州玖的数码科技有限公司拥有VR技术研发中心、VR内容工作室、硬件生产基地, 开创了VR+应用模式; 北京乐客灵境科技有限公司打造了VRLe平台, 面向全球服务VR娱乐B端用户; Ifgames Studio游戏工作室开发了中国第一款VR大空间游戏“星际方舟”, 并获得China VR影像大奖等奖项。此外, 由于受到疫情的冲击, 一些依托于实体经济的线下VR体验店生意凋敝, 国内不少VR线下体验店迫于经济问题闭店, 但同时也出现了VR演唱会等时代背景下的新兴娱乐方式。未来, VR演唱会等娱乐产业的发展仍是未知数。

1.2.2 教育领域

托马斯·费内斯(Thomas Furness)被称为“VR之父”, 他曾说: “VR改变社会, 从教育开始!” VR在学校教育中的应用(见图1-14), 首要目的是激发学生的学习兴趣; VR在家庭教育中的应用, 主要目的是促使孩子全身心投入到学习中去。

在过去的几年中, 全球在线教育市场发展迅速, 印度、中国和马来西亚排名前三。同时, 移动在线教育增长较快, 其中K12教育占比接近三成。可以预见, 基于在线教育的新教育模式已成为未来发展的关键方向, 市场前景广阔。虽然虚拟现实产业还不成熟, 需要标准化, 但全球教育技术领域正在密切关注其发展和教育应用。目前, 已有一些公司生产出VR应用软件作为外语学习工具, 内置18种语言, 用户可以通过VR头部显示设备与人工智能对话, 无须出国就可以学习多种外语。此外, 在线课程已成为教育行业的新发展方向, 市场上许多虚拟现实设备都支持在线课程应用程序, 学生可利用虚拟现实技术在家与教师沟通。总而言之, 虚拟现实技术必将成为未来教育行业的一项关键新技术。



图1-14 VR课堂

虚拟现实技术在教育领域中的运用需与学生的学习过程相结合。通俗来说,就是将学习内容可视化,让学生能够在虚拟与现实融合的场景下进行交互式学习。VR教育的运用从教学方面而言,能够实现教学内容与结果可视化;从学生方面而言,因其具备其他教学方式难有的交互性、沉浸性与构想性,能够激发学生的学习兴趣与热情,从多维度调动、锻炼学生的创意思维等潜在能力。

VR教育因其技术特性,在以下方面显著影响教学与学习。

(1) VR能够显著增强学习体验。首先,VR能够带来沉浸式学习的新方式,学生能够亲临“现场”去体验传统教学难以实现的奇特场景;其次,通过计算机与算法技术,VR能够创造个性化学习环境,针对不同学生定制教学方案,提升交互感与趣味性;最后,VR技术多感官调动的实现,可以大大提高学生的学习专注度与记忆度,从而提升学生的学习效率。

(2) VR能够支持学生进行多样化知识探索,使学生达到更高层次的知识建构水平。VR能够通过计算机创造出更为复杂的天文、物理甚至是生态系统与场景,并能够保证学生的安全,降低实践的成本,学生可以在此类场景下模拟现实情况或在更为复杂的场景中进行实践并解决问题,从而加强对学科的探索以及对知识的掌握。例如,在Science Space学习平台中,学生可以探索牛顿运动定律;美国约翰逊太空中心虚拟物理实验室支持学生做虚拟实验,探索力学规律。

(3) VR能够实现学生的技能锻炼与发展。对于较为简单的技能而言,VR能够与游戏相结合,大大增强传统技能训练的趣味性与反馈性,真正实现寓教于乐。这一点在职业教育中若加以运用,效果将十分显著。对于复杂程度较高、难度较大的技能而言,VR能够客观呈现学生水平,分析学生实践数据并加以可视化,便于教师加强指导、学生个人反思,从而实现更高效、更精准的错误反馈与问题诊断。

(4) VR能够在语言学习、远程授课方面提供极大便利。当VR运用于人际和人机沟通与交流时,作为中介的计算机能增强现场模拟感,使用户在语言使用中体验到环境真实感,从而增强语言运用能力和跨文化交流能力。此外,VR与远程教育的结合能够直接突破时间与地域的限制,对于教育资源的平衡与优化有着极大的意义。

VR引入教育领域(见图1-15)后,教师能够通过VR课件制作中心制作VR-PPT进行授课。VR教室也已被投入使用,例如复杂静物一键式快速建模实验室、虚拟现实开放实验室等,主要分为专业实训实验室与学习型实验室两种。

VR技术的普及使人类历史上第一次能够大规模、低成本地提供“沉浸式现场体验”。这是和言语完全不同的教育媒体,它对教育会产生怎样的影响?认知科学的具身认知转向帮我们将未来之门推开了一道窄缝,窥视之下,VR前景无限:未来的教育应该是身心一体、知行合一的,VR是实现这一教育理想的有效工具。



图1-15 VR教育

当前,我国VR技术自主研发能力较弱,VR先进技术长期被国外垄断,基础硬件和核心技术仍需依赖进口,受产业发展牵引,VR在教育领域的发展更侧重于技术环境、基础设施及产品应用研发。现如今,我国VR教育仍处于初级阶段。

1.2.3 广告领域

VR广告是一种创新的广告形态,是虚拟现实技术与广告相结合的产物。VR广告通过创建虚拟场景来解构和重组时间与空间,利用受众的身体认知感官来提高广告的现实感、吸引力、说服力。许多广告商窥见VR广告的广阔发展前景与市场规模,开始逐步投入VR广告的实践。目前VR广告主要是各式加载画面广告与应用内植入性广告,形式包含360°视频广告、剧院级大屏幕视频广告、3D模型广告、2D展示位置广告、应用推荐以及综合上述形式的混合型广告(见图1-16)。VR广告支持多平台展示,可覆盖各种PC端和移动端的VR设备。

VR技术的沉浸性与交互性极强的特点,使得VR广告在传播形式与效果等方面与传统广告相比具有很大的不同。

(1) VR广告打破了时空限制。传统广告所营造的场景与氛围完全依赖于物理意义上的实体物质,并存在时间与空间的局限性,与受众之间具有无法跨越的距离感。VR广告可以凭借虚拟现实技术创造虚拟场景,广告受众可直接跨越时空距离进入虚拟场景进行体验。



图1-16 汽车VR广告案例

(2) VR广告能够模拟产品使用体验。传统广告通过图像、声音、描述等信息展示产品特点和使用效果,提前引导广告受众未来的消费行为,从第三视角帮助消费者做出决策。VR广告则是通过VR技术直接为消费者模拟使用产品的感觉,让消费者根据自己的体验从第一视角做出消费决策。

(3) VR广告可以使消费者参与到广告内容的生产中来。传统广告依靠传统媒体向目标群体传递产品和服务信息,更倾向于单向传播。广告内容的议程设置掌握在媒体和广告商手中,受众只能基于自身喜好决定参与意愿,但无法决定接受哪些广告信息。VR广告可以让广告受众在双向互动中全面审视产品和服务,甚至通过参与广告来改变广告情节的发展,从而升级传统广告中的传播和接受关系。

(4) VR广告虚实交叠,可以使观众的观念与身体“分离”。在传统广告中,广告受众从“第三方”的角度观看广告,观众的身心处于同一空间维度,两者共同审视广告内容。在VR广告中,广告体验者的观念比身体先到达“现场”。体验者的意识与思维在虚拟场景中,而肉体却处于现实世界中。

正是这些差别,使得VR广告具备了传统广告无法比拟的优势。VR广告采取现场体验消费与产品使用的手段,增强了广告的趣味性,大大提高了广告效果,改变了受众的乏味感受,在一定程度上消解了受众对广告的排斥。同时,VR广告的受众较为精准,符合受众需求,而广告主也能预测观看效果,判断广告曝光度与有效度。消费者在全身心投入VR广告之后,参与内容互动,在计算机构建的品牌场景中,更容易获得情感上的共鸣,从而说服自己做出消费决策,并在这一过程中强化对品牌的认知。

在国内,已有不少VR广告投入使用。例如,麦当劳推出了薯条味的VR眼镜(见图1-17);百事可乐将喝可乐与VR游戏相结合(见图1-18);耐克与周冬雨合作VR广告——“心再野一点”;欧莱雅为旗下勇气主题香水“Diesel”打造高空VR体验广告——“Only The Brave”。VR广告已经掀起了场景营销的新革命。



图1-17 麦当劳VR眼镜盒子



图1-18 百事可乐VR场景

但是，VR技术对广告的影响具有两面性。一方面，广告商利用虚拟现实技术创造虚拟场景，能够最大限度地扩展广告受众的感知，增强广告吸引力，促进品牌识别甚至优化整个广告市场的发展；另一方面，人工智能应用的灵活性逐渐引起虚拟现实广告中

“人的技能”相关异化的焦虑，越来越多的人开始从伦理角度考察虚拟现实广告，试图探索虚拟现实广告发展的道德约束力，避免虚拟现实技术对广告受众的负面影响。

1.2.4 其他应用领域

除了VR娱乐、VR教育、VR广告外，VR技术还被广泛地应用于工业、军事、医疗、电商等领域。2022年，工业和信息化部、教育部、文化和旅游部、国家广播电视总局、国家体育总局五部门联合发布《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划(2022—2026年)》，强调加速多行业、多场景应用落地，面向规模化与特色化的融合应用发展目标，在工业生产、文化旅游、融合媒体、教育培训、体育健康、商贸创意、演艺娱乐、安全应急、残障辅助、智慧城市等领域，深化虚拟现实与行业的有机融合。

1. VR技术在工业领域的应用

VR技术在工业领域的应用已十分深入，例如汽车制造、电子设备生产、家具设计、通用设备制造、船舶设计及仪器仪表制造等行业。工业生产和制造业的发展与进步将被VR技术的嵌入稳步推动。

VR技术为工业管理领域带来了巨大进步，尤其是维修方面。同时，计算机技术的发展为UI设计、3D建模等仿真虚拟应用提供了技术支持，使操作维修者能够拥有全景式沉浸视野，以便于进行全局观的精细化操作。

VR技术在生产工程中的应用也日趋成熟。一方面，在VR技术的加持下，生产过程仿真化极大地提升了产品的生产评估效率，优化了产品的生命周期；另一方面，VR技术为工业设计带来了创新革命，为产品设计提供了新思路 and 可能性。总体而言，虚拟现实技术的深度应用在生产环节实现了降本增效，在销售环节增强了产品市场竞争力。

VR技术在工业培训领域的应用可以同VR技术在教育行业的应用结合起来看，同样发挥着越来越重要的作用。VR工业培训教育降低了教学成本，杜绝了实物教学的风险，也提升了学徒的学习效率。

2. VR技术在军事领域的应用

1968年，军用头盔显示器的诞生佐证了VR技术的研发很早就与军事领域挂钩。如今，VR技术在军事领域的应用研发工作已经开展了几十年之久，其应用范围也大大拓展。VR技术在军事领域的应用主要体现在构建虚拟战场环境、单兵模拟训练、网络化作战训练、军事指挥人员训练、提高指挥决策能力、研制武器装备及网络信息战等方面。战前，VR技术能够为士兵搭建虚拟战场，让士兵适应战场，训练士兵的实战能力；战后，VR技术能重现战场，帮助军官复盘规划，也能辅助士兵进行战后心理治疗。

现有的比较典型的VR军事产品包括应用于作战训练视觉模拟的“虚拟现实军事训练系统”(dismounted soldier training system, DSTS)、应用于军事指挥人员训练的“龙”系统、应用于网络化作战模拟训练的“近战战术训练系统”(close combat tactical

trainer, CCTT)等。

3. VR技术在医疗领域的应用

VR技术在医疗领域的应用逐步成熟。VR技术能够具象化抽象的医学知识,加深学生对知识的理解;能够模拟真实手术等医疗环境,帮助学生更好地进行医护技能训练并做出反馈,从而降低临床风险;能够实现医患交流、患者复诊等多场景还原,强化医护人员综合能力培养。

在康复领域,多重因素导致患者不适合在真实环境中进行康复训练,VR技术的发展能够解决由此带来的问题。VR技术既能高度复制现实场景,也能使训练更加安全、有趣,在认知功能、肢体功能、平衡能力、生活技能等训练方面发挥重要作用。

此外,VR技术在医疗领域与其他技术叠加,显著作用于心理治疗与护理、疼痛缓解、医患沟通、视力治疗等方面,逐步实现跨空间远程便捷化的医疗护理服务。例如,西里西亚大学的科学家为自闭症儿童设计了特殊的3D洞穴,通过虚拟现实技术帮助孩子们进行康复训练。

4. VR技术在电商领域的应用

随着科技的不断发展,虚拟现实技术已经逐渐渗透到各个领域,为各行各业带来了前所未有的变革。在电商行业,虚拟现实技术的引入无疑为消费者提供了沉浸式购物体验,同时也为商家带来了更多的商机。从线上试衣到虚拟店铺,虚拟现实技术正在逐步改变电商行业的形态,预示着一个崭新的未来。

以阿里巴巴为例,这家全球领先的电商平台已经开始尝试将虚拟现实技术应用于在线购物平台。通过与HTC VIVE等VR设备合作,阿里巴巴于2016年发布“BUY+”概念视频,启动“造物神”计划,意在为消费者实现虚拟现实购物。在该平台上,消费者能够在家中轻松地试穿服装、佩戴饰品,甚至参观家具和体验家居用品。这种全新的购物方式不仅让消费者能够在购买前更好地了解产品,还为商家提供了展示产品的全新途径。

国外也有不少零售商在为实现VR电子商务做出尝试。英国一家名为The Body Shop的化妆品零售商利用虚拟现实技术为消费者提供线上虚拟的美容咨询体验。在这个虚拟环境中,消费者可以与专业的美容顾问面对面交流,了解自己的肤质和需求,并根据自己的喜好直接在电子商务平台挑选合适的产品。这种个性化服务不仅提高了消费者的满意度,还为商家带来了更高的客户忠诚度。

1.3 虚拟现实系统的分类

随着计算机技术、网络技术、人工智能等新技术的高速发展及应用,虚拟现实技术发展迅速,并呈现多样化的发展趋势,其内涵也已经大大扩展。虚拟现实技术不仅指采用高档可视化工作站、高档头盔式显示器等一系列昂贵设备来呈现的技术,还包括一

切和虚拟现实相关的交互、模拟等技术。人们应用虚拟现实系统的真正目的在于基于自然交互来体验真实场景，一般来说，此类系统价格高昂。在现实的应用场景中，依据虚拟现实技术与系统能够达到的“沉浸性”程度与交互度，可将其划分为桌面虚拟现实系统、沉浸式虚拟现实系统、增强现实系统、混合现实系统与其他虚拟现实系统。

1.3.1 桌面虚拟现实系统

1. 桌面虚拟现实系统的定义

桌面虚拟现实系统(desktop VR)也被称为窗口虚拟现实系统，它是使用个人计算机、初级图形工作站等低级工作站作为设备载体，利用立体图形、自然交互等技术，以电子计算机显示屏作为虚拟世界展示的可视窗口，来产生三维空间交互场景的虚拟现实系统。用户可以通过使用鼠标、键盘等基础电子输入设备，代替宽视野立体显示技术、头眼追踪技术等输入输出设备，来参与、操纵甚至修改计算机中的虚拟世界，实现交互。桌面虚拟现实技术与系统可以看作虚拟现实技术与系统的初级形式或简化形式。由于桌面虚拟现实系统技术比较简单，实用性强，并且成本投入相对较低，拥有相关设备的受众较多，相较于其他虚拟现实系统，其实际应用也更为广泛。

2. 桌面虚拟现实技术的特点

(1) 投资少，成本低。近年来，计算机尤其是个人计算机的软硬件技术发展迅速，为实现桌面虚拟现实技术打下了物质基础。目前，市面上万元左右甚至千元左右的个人计算机足以满足使用虚拟现实软件的条件，基于个人计算机的虚拟现实系统的软硬件系统，通常来说只需要投入十几万元到几十万元。

(2) 操作简单，便于使用。桌面虚拟现实系统的最大特点是用户需要基于个人计算机来使用该系统。大多数拥有个人计算机的用户都能够熟练使用、操作Windows系统，因此对于用户来说，熟练应用具有Windows操作系统风格的桌面虚拟现实系统并不是什么难事。

(3) 适应性强。对于不同行业、不同需求的用户来说，桌面虚拟现实系统能够依赖现阶段的计算机技术通过编程等设计开发手段对桌面进行个性化定制，将产品与需求合理结合，打造具有高适配性的桌面虚拟现实系统。

由于桌面虚拟系统具备以上特点，其应用前景十分广阔。无论是用户还是生产者，都不用为该系统承担过于高昂的成本，且用户便于理解和使用该系统。这些都意味着桌面虚拟现实系统在现实中的推广将会比较顺利。

3. 桌面虚拟现实技术的难点

在短时间内完成巨量的数据运算并呈现运算结果是虚拟现实最关键的技术难点。这也意味着桌面虚拟现实技术的难点是通过微型计算机进行繁杂且艰巨的计算，具体包括以下几方面。

- (1) 微型计算机需要实现对海量数据的快速提取。
- (2) 为了保持沉浸感与体验感，微型计算机需要避免卡顿的视觉呈现，对实时三维图形生成的技术要求高。
- (3) 现有的桌面虚拟现实系统载体——微型计算机还不能很好地实现立体显示与传感，新的三维显示技术与设备亟待开发。
- (4) 随着硬件设备的不断升级，桌面虚拟现实系统的技术也需要不断革新，例如开发新的平台与工具。

1.3.2 沉浸式虚拟现实系统

1. 沉浸式虚拟现实系统的定义

沉浸式虚拟现实系统(immersive VR)是一种高级的、较理想的虚拟现实系统，它通过专门的设备，例如洞穴式头盔、头戴式显示器等，封闭用户的感官，切断用户与外界的视听联系，并呈现一个全新的虚拟感官空间，从而实现完全沉浸的体验，用户在体验过程中能够获得高度的“沉浸感”与“体验感”。

沉浸式虚拟现实系统主要由3D输入设备、投影系统、高性能图形工作站、空间位置追踪器、声音系统等部分组成。虚拟现实技术的发展促进了VR硬件设备的不断成熟，例如头戴式显示器、数据手套等，从而满足了沉浸式虚拟现实系统的需求。沉浸式虚拟现实系统凭借其高代入感越来越多地应用在军事、医疗、教育、娱乐等领域。

2. 沉浸式虚拟现实系统的特点

- (1) 交互性。沉浸式虚拟现实系统打造的虚拟环境以沉浸、交互为根本，通过交互系统，提供人物活动的多维度场景交互并促进人机交互。
- (2) 自主性。沉浸式虚拟现实系统打造的虚拟环境由计算机通过数据运算等手段呈现，在三维立体的视觉呈现后，可以自主运行，不会受到用户的影响或破坏。
- (3) 沉浸性。在沉浸式虚拟现实系统打造的虚拟环境中，用户因外界视听被屏蔽，能够在一定程度上脱离对外界的感知，不受外界嘈杂环境的影响，几乎可以全身心地去感受在虚拟世界中看到的、听到的、闻到的甚至是尝到的一切，沉浸感非常强。
- (4) 实时性。虚拟现实技术对设备的要求非常高，只有各项数据同步运行且结合头部追踪、空间追踪等技术，实时监测虚拟世界与用户之间的互动情况，高速计算数据并输出，才能保持流畅，从而不影响用户的沉浸感与体验感。
- (5) 整合性。为了提高交互性与实时性，实现沉浸虚拟现实的设备应覆盖用户全方位的感知，多种相关的软硬件应协同合作，这样才能实现预期效果，即要求设备具有高度整合性。

3. 沉浸式虚拟现实系统的分类

沉浸式虚拟现实系统可以分为头戴式虚拟现实系统和洞穴式虚拟现实系统。

近年来,头戴式虚拟现实系统开始逐渐向小型化发展,它主要由三部分组成,即头戴式显示设备、交互设备和处理器。该系统的核心设备是HMD,其功能包括实现立体视觉、声音输出和头部跟踪。

随着虚拟现实技术应用领域的扩大以及应用程度的加深,原有的普通显示设备已经无法有效支持虚拟现实技术带来的三维视觉呈现,图像处理能力欠缺的普通设备会直接影响效果。对于沉浸感需求来说,单屏的虚拟屏幕视野也是有局限的,将会使效果大打折扣。而洞穴式虚拟现实系统可以解决或改善这些传统可视化的问题与缺陷。洞穴式虚拟现实系统是由三面以上的投影墙构成的环绕虚拟空间,高质量立体投影使得虚拟物体更加真实,全方位的视野覆盖能够营造高度沉浸感并允许多人同时交互,同时也解决了用户佩戴头盔的沉重感和眼睛眩晕感的问题,从而实现自然交互感、高度沉浸感、最佳融合感。这也就意味着洞穴式虚拟现实系统具备了全覆盖的视野、头部参数变化实时追踪等环境优势,因而它能够提供更其深度和广度的虚拟现实环境,为用户带来更强的体验感、沉浸感与交互感。

1.3.3 增强现实系统

依据设备能够实现的沉浸感与交互效果,虚拟现实设备可以细分为沉浸式头戴显示器与透视型显示器。前者以呈现沉浸式虚拟现实技术为主,能通过切断用户与外界的视听等感官联系,来屏蔽外界真实世界的影响,达到使用户完全沉浸在系统打造的虚拟世界中的效果。后者则主要用于呈现增强式虚拟现实技术,将计算机生成的数字三维虚拟环境叠加到真实环境中去,让虚拟与现实相融合,形成新的感知世界,既保留了用户对真实环境的感知,又增加了用户对虚拟世界的体验。

1. 增强现实系统的定义

增强现实(augmented reality, AR),即将真实场景融入虚拟环境当中,是对虚拟环境的增强,也是对现实世界感官效果的增强。该技术理论源于1968年虚拟现实技术之父Ivan Sutherland提出的对未来世界显示技术与场景的畅想。Ivan Sutherland认为,未来将会出现能够被计算机控制的虚拟场景,用户进入该场景,能够得到感官体验,并能够对场景进行自然交互。

2. 增强现实系统的特点

1997年,北卡大学的罗那都·阿组玛对增强现实技术进行了定义,他认为,增强现实技术包括三方面,即真实与虚拟的融合、实时交互、三维匹配。增强现实技术的产生与虚拟现实技术的发展紧密相关,因此,增强现实技术同时也具备虚拟现实技术的沉浸感、交互性等特征。综合来看,现代增强现实系统(见图1-19)应具备以下特点。

(1) 能够实现虚拟世界对真实世界的叠加,并将两者高度融合在同一个场景之中。

- (2) 具有高度的交互性，能够实时追踪现实世界的变化与用户的行为，并进行高速计算，从而进行实时反馈与调整。
- (3) 将现实世界中的物理物体与虚拟世界的物体精确整合，实现精准的三维匹配。

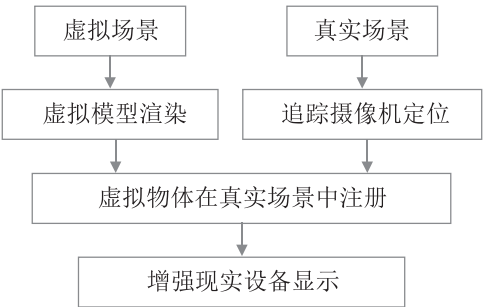


图1-19 增强现实系统

3. 常见的增强现实系统

常见的增强现实系统有基于台式图形显示器的系统、基于单眼显示器的系统(用户一只眼睛看到的是显示屏上的虚拟世界，另一只眼睛看到的是真实世界)、基于光学透视式头盔显示器的系统、基于视频透视式头盔显示器的系统。增强现实系统常用于医疗、制造、军事、教育、娱乐等行业，应用场景也十分广泛。例如，近几年的春晚频繁使用增强现实技术美化舞台效果，不少幼儿教育产品推出了应用了增强现实技术的电子书。

4. 增强现实技术的分类

从增强现实技术的原理来看，可将其分为以下几类。

- (1) 基于标记的增强现实，即使用手机等设备的摄像头对提前定义好的图案进行识别，触发AR效果。
- (2) 基于地理位置服务(location based services, LBS)的增强现实，主要应用于实景导航等方面。
- (3) 基于投影的增强现实，通俗来说就是将信息直接投射到真实物体的表面进行人机交互。
- (4) 基于场景理解的增强现实，这是当前使用最广泛的增强现实展现形式。例如，任天堂推出的基于增强现实技术的Pokemon Go手游，将虚拟的游戏角色通过手机显示屏等电子设备叠加到现实世界中。

1.3.4 混合现实系统

混合现实(mixed reality, MR)是指将现实世界与虚拟世界混合在一起，用户所置身的环境既有真实的物理实体又有虚拟的物体或信息。在该场景中，虚拟信息与现实物体能够实时交互，保持一致性，用户能够与现实和虚拟混合产生的环境进行互动，如

图1-20所示。

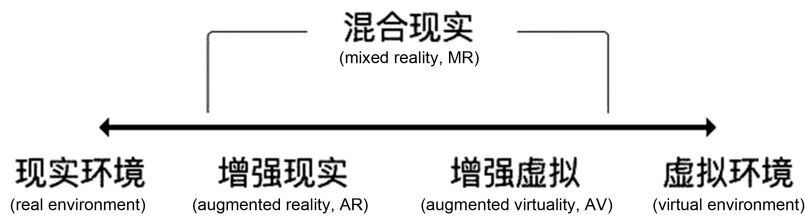


图1-20 混合现实

1. 混合现实与虚拟现实

作为虚拟现实技术的一种，混合现实技术能力为人们带来更为逼真的交互体验，并有望成为未来人们与外界交互的主要方式。混合现实与虚拟现实之间存在很大的区别，虚拟现实可以为用户提供一种沉浸感，让用户完全切断与外界的联系，让视觉、听觉、触觉等都尽可能由计算机来模拟，它是使用户在虚拟世界中体验真实世界的一种技术。而混合现实既能让用户接触到真实的世界，又能让用户接触到虚拟的世界，将虚拟世界与现实世界结合，令用户无法分辨哪些是属于现实世界的，哪些是属于虚拟世界的。实现现实与虚拟的完美结合是这项技术的最终目的。

2. 混合现实与增强现实

增强现实技术以现实世界为基础，进行虚拟信息的叠加，例如文字、图案等。与不同的是，混合现实是真实世界与虚拟世界的交互叠加，混合现实能够将真实世界中的物体叠加进虚拟世界中。在混合现实技术的支持下，现实世界的物体能够通过摄像头等设备进行扫描，再通过计算机对其进行深度计算并进行三维重建，即真实物体虚拟化。通过将现实世界与虚拟世界相结合，创造出一种既有实体又有虚拟的信息，而且必须是“实时”的，这就是混合现实。混合现实系统的虚拟信息与现实信息存在位置差异、相互遮挡、多人交互等情形。

在这样的理解背景下，增强现实通常被认为是混合现实的一种，所以为了方便，现在很多人都会将增强现实和混合现实放在一起讨论，而不是单独去讨论混合现实。从业内的角度来看，增强现实和混合现实之间并没有太大的区别。不过，现在的AR设备无论是在技术还是在屏幕上，都比MR设备要好一些。我们可以通过以下两种方法来区分这两者。

- (1) 根据虚拟对象的相对位置是否随着装置的运动而运动来区分。若虚拟对象的相对位置随着装置的运动而运动，则为AR设备；若不随之运动而运动，则为MR设备。
- (2) 根据在理想的情况下(在不丢失任何信息的情况下)，能否分辨出虚幻的对象和真实的对象来区分。AR设备生成的虚拟对象都是虚拟的，例如谷歌视窗投影出来的虚拟信息，会随着用户移动；而MR设备将完整的四维光场投影到用户的视网膜上，用户几乎分辨不出虚拟对象与真实对象的区别。

3. 混合现实技术的技术难点

(1) 混合现实系统中的融合技术。在虚拟现实系统中, 融合技术并不常用, 但对于混合现实系统来说, 该项技术却是不可或缺的。混合现实系统要求实现虚拟与现实的有效融合, 其核心问题: 如何实现虚拟目标与现实目标的匹配? 如何保证虚拟目标间的光影一致性、几何一致性? 其中, 光影一致性就是要使场景中的真实物体和虚拟场景中的物体呈现出相同或类似的效果, 可以采用颜色标定算法。而几何一致性, 就是要让现实和虚拟场景中的物体在空间位置上保持一致, 从而实现虚拟和现实的完美衔接。

(2) 基于多人混合现实系统的交互技术。在虚拟现实系统中, 交互技术可为用户提供一种方便与系统进行交流的方式, 通常使用手柄等外部硬件作为输入装置。而混合现实系统的核心, 就是让用户可以自由地和自己的系统进行交流, 即使是多个用户共同使用同一个系统, 也必须保证彼此不会受到任何影响。

(3) 基于视觉的多目标跟踪技术。在混合现实中, 目标追踪技术是一项既有难度又非常重要的技术, 它要求计算机能够对目标进行实时、精准追踪。多目标跟踪技术的复杂程度要高于单目标跟踪技术, 它需要在单目标跟踪的基础上, 考虑遮挡、合并、分离等情况, 还要能够对不同的目标进行区分。为了实现对目标的跟踪, 通常可采用硬件和视频两种方式。但是传统的硬件追踪技术通常要求用户佩戴传感器、GPS等装备, 这会影响用户的沉浸体验, 和人与人之间的互动特性不符。所以, 在混合现实环境下, 基于视觉的目标跟踪技术越来越受到人们的重视。

总之, 随着科技的进步, 混合现实技术也不再仅限于单个用户使用, 以多人互动为基础的混合现实系统将会成为今后发展的主流。

1.3.5 其他虚拟现实系统

除了前文介绍的虚拟现实系统, 目前还有分布式虚拟现实(distributed VR)系统等系统以及扩展现实、拟真现实等概念。本节主要介绍分布式虚拟现实系统。

1. 分布式虚拟现实系统的定义

近年来, 计算机与通信技术同步快速发展并互相促进, 伴随着互联网技术的快速发展, 信息应用的深度与广度都发生了根本性改变。分布式虚拟现实系统是虚拟现实技术和网络技术发展并结合起来的产物, 它是一个在网络虚拟世界中处于不同物理位置的多个用户或多个虚拟世界通过网络相互连接来共享信息的系统。

分布式虚拟现实技术是一种“沉浸式”的虚拟现实技术, 它把分散在各个地点的多个用户或者多个虚拟世界通过网络连接起来, 在同一时刻让每一个用户都置身于一个虚拟空间中, 用户能够通过计算机和其他人进行互动, 共同获得虚拟体验, 从而实现协同工作。这一技术将虚拟现实技术推向了一个新高度。

分布式虚拟现实技术的运用与发展有两方面原因: 一方面, 为了使分散式计算机能

够更好地发挥其强大的计算性能；另一方面，一些应用具备分布式特点，比如多个用户进行网络联机游戏、虚拟作战等。

2. 分布式虚拟现实系统的特点

基于分布式虚拟现实系统的工作原理与目标，该系统具有以下特征。

- (1) 每个用户都有独立的虚拟工作区，且共享虚拟工作空间。
- (2) 虽然是虚拟实体，但具有行动的真实体验感。
- (3) 实现了用户的实时共享与互动。
- (4) 用户间的通信方式与沟通方式多元且个性化。
- (5) 虚拟世界中的资源是共享的。
- (6) 用户能够与虚拟世界中的对象进行自然交互。

3. 分布式虚拟现实系统的分类

根据分布式系统所运行的共享应用系统的个数，可以把分布式虚拟现实系统分为集中式结构和复制式结构两种。

(1) 集中式结构是指在中心服务器上运行一个共享应用程序，它可以是会议代理，也可以是对话管理过程，中心服务器对多个用户的输入或输出操作进行管理，允许多个用户共享信息。集中式结构具有架构简单、易于实现的优点，但其不足之处也十分明显，主要体现在两个方面：一是信息的输入输出需要中心服务器的广播，所以对网络通信带宽要求很高；二是所有活动与信息处理都集中在中心服务器上，中心服务器运行过慢可能会在用户较多时成为整个系统的瓶颈。此外，集中式结构的整体系统对网络延时非常敏感。与复制式结构相比，集中式结构对中心服务器的依赖性极高，这一缺陷导致其稳定性较差。

(2) 复制式结构是指将中心服务器复制到每一个参与程序的计算机上，使每一个用户都拥有一份共享应用程序副本。中心服务器接受从其他工作站传来的工作信息，再将信息传递至局域网内的应用程序，由该应用程序完成运算，并输出用户所需要的信息。

复制式结构的优势在于它对网络带宽的要求很低。因为每一个用户都与本地的应用程序进行互动，所以该架构下系统的交互响应效果较好，且在本地主机上产生结果再输出，大大简化了在异种环境中的操作。此外，由于复制的应用程序还是单线程的，能够支持单节点将自身情况向其他用户进行多节点传播与共享。但与集中式结构相比，复制式结构更为复杂，难以保持多备份间信息和状态的一致性，需要设计一种控制机制以确保各备份间的输入一致性，并使各备份间的信息和状态保持输出一致性。

练习题

1. 虚拟现实有哪些基本特征？
2. 虚拟现实技术的发展分为几个阶段？
3. 试举例说明虚拟现实技术在教育、传媒领域的应用。
4. 虚拟现实系统主要有哪些类型？
5. 增强现实系统与虚拟现实系统有什么异同？