



中國工程院 咨询研究报告

虚拟现实技术与产业 发展战略研究

虚拟现实技术与产业发展战略研究项目组



科学出版社

中国工程院咨询研究报告

虚拟现实技术与产业 发展战略研究

虚拟现实技术与产业发展战略研究项目组

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书阐述虚拟现实的概念、特点及其典型的软硬件系统,从数据获取与建模、分析与利用、交换与分发、展示与交互、标准与评价体系五个方面论述国内外虚拟现实技术的发展现状;分析国防军事、装备制造、医疗健康、教育文化等行业对虚拟现实新的需求及存在的瓶颈问题,以及网络应用、可穿戴设备、智能交互等相关技术领域与虚拟现实的互动发展,指出虚拟现实及其相关产业的发展趋势。最后为我国虚拟现实技术和产业的创新发展提出政策建议。

本书可供从事虚拟现实与先进仿真等技术研究 and 应用开发的人员阅读,也可作为高等院校计算机、自动控制、仿真、电子等相关专业高年级本科生和研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实技术与产业发展战略研究 / 虚拟现实技术与产业发展战略研究项目组. —北京:科学出版社,2016.12

(中国工程院咨询研究报告)

ISBN 978-7-03-051162-1

I. ①虚… II. ①虚… III. ①虚拟现实-应用-产业发展-研究-中国
IV. ①F121.3-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 302995 号

责任编辑:林 鹏 杨向萍 张艳芬 / 责任校对:张小霞

责任印制:张 倩 / 封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年12月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016年12月第一次印刷 印张:10 3/4

字数:255 000

定价:128.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

项目组名单

顾 问： 邬贺铨 金国藩 刘尚和 李伯虎 高 文

组 长： 赵沁平

副组长： 王涌天

成 员： 王兆其 胡事民 吴恩华 周明全 杨红雨

刘 越 吴 威 沈旭昆 郝爱民 齐 越

梁晓辉 王莉莉 周 忠 潘俊君 李 帅

姜 涵

目 录

第 1 章	虚拟现实概述	1
1.1	虚拟现实的概念	1
1.2	虚拟现实的产生及发展过程	2
1.3	基本特点	4
1.3.1	虚拟现实的 3I 特征与 4 类系统形态	5
1.3.2	虚拟现实的 4 类主要应用	6
第 2 章	虚拟现实典型硬件设备和软件平台	10
2.1	虚拟现实硬件设备	10
2.1.1	显示设备	10
2.1.2	跟踪定位设备	13
2.1.3	触力觉交互设备	17
2.1.4	数据获取设备	19
2.1.5	多自由度运动平台	22
2.2	虚拟现实软件开发平台	23
2.2.1	建模软件	23
2.2.2	绘制软件	25
2.2.3	综合类软件	28
第 3 章	国内外虚拟现实技术研究现状	30
3.1	获取与建模技术	31
3.1.1	国外情况	31

3.1.2 国内情况	34
3.2 分析与利用技术	36
3.2.1 国外情况	36
3.2.2 国内情况	38
3.3 交换与分发技术	38
3.3.1 国外情况	38
3.3.2 国内情况	41
3.4 展示与交互技术	42
3.4.1 国外情况	42
3.4.2 国内情况	46
3.5 技术标准及评价体系	47
3.5.1 国外情况	47
3.5.2 国内情况	50

第4章 社会发展对虚拟现实的需求分析..... 52

4.1 行业领域发展对虚拟现实技术的需求	52
4.1.1 国防军事	52
4.1.2 航空航天	55
4.1.3 公共安全	57
4.1.4 装备制造	60
4.1.5 城市管理	63
4.2 大众消费对虚拟现实技术的需求	65
4.2.1 医疗健康	65
4.2.2 电子商务	67
4.2.3 教育培训	70
4.2.4 文化娱乐	73
4.3 瓶颈问题分析	76

第5章 相关技术对虚拟现实的影响..... 77

5.1 新型网络技术产生的需求与影响	77
--------------------------	----

5.1.1 基于虚拟现实+视频的网络化虚实融合技术	77
5.1.2 基于三维角色的网络增强虚拟环境技术	81
5.1.3 基于云服务的交互式虚拟现实应用技术	83
5.1.4 移动互联网上的虚拟现实技术	86
5.2 可穿戴设备产生的需求与影响	88
5.2.1 智能手环和智能手表	88
5.2.2 头盔显示器	89
5.2.3 可穿戴设备发展趋势及存在的问题	108
5.3 智能交互技术产生的需求与影响	110
5.3.1 智能语音交互	111
5.3.2 体感交互	113
5.3.3 脑机接口	114
5.3.4 眼动跟踪	115

第 6 章 新型虚拟现实的特点分析

117

6.1 新型虚拟现实系统	117
6.1.1 国防军事	117
6.1.2 医疗健康	120
6.1.3 空间技术	122
6.1.4 汽车制造	123
6.2 新型虚拟现实系统特点	126
6.2.1 设备价格大众化	126
6.2.2 硬件设备小型化和轻量化	127
6.2.3 虚拟现实技术更加市场化	127
6.2.4 更加注重用户体验	127
6.3 虚拟现实技术发展趋势	128
6.3.1 虚拟现实系统智能化	128
6.3.2 虚实环境对象无缝融合	129
6.3.3 自然交互全方位与舒适化	129
6.4 重大虚拟现实基础平台和应用设备开始出现	129

第 7 章	虚拟现实产业分析	131
7.1	虚拟现实产业现状	133
7.1.1	虚拟现实硬件产业现状	133
7.1.2	虚拟现实软件和内容产业现状	136
7.1.3	虚拟现实应用和服务产业现状	140
7.2	虚拟现实产业面临的问题和可能的生长点	148
7.2.1	虚拟现实产业面临的主要问题	148
7.2.2	虚拟现实产业可能的生长点	151
第 8 章	我国虚拟现实发展的道路	153
参考文献		156

第 1 章

虚拟现实概述

1.1 虚拟现实的概念

虚拟现实（virtual reality, VR）涉及高性能计算、图形图像处理、人机交互、人机环境等，是计算机技术与应用衔接，向不同领域渗透，正在对各行业运行产生重大影响的颠覆性技术。虚拟现实在其产生和发展过程中，内涵和外延不断演化，同时，虚拟现实因多学科交叉融合也使得其在不同领域、不同学科中的表述有所差异，因此概念也在不断发生变化。综合而言，虚拟现实概念的定义在学术界较为经典和具有代表性的有如下几个：

虚拟现实概念 1（Wikipedia） 虚拟现实，又称为沉浸式多媒体或计算机仿真现实，能重现一种可以模拟真实世界或虚拟世界中实际存在的环境，允许用户与世界交互。虚拟现实人工地创造感官，包括视觉、触觉、听觉和嗅觉等。

虚拟现实概念 2（Bryson） 虚拟现实是指利用计算机和人机接口来创造拥有可交互对象和强烈三维空间感的虚拟世界的手段。

虚拟现实概念 3（NASA） 虚拟现实是指利用计算机技术创建拥有可交互特性和强烈空间感的三维世界这一过程。

虚拟现实概念 4（赵沁平） 虚拟现实是以计算机技术为核心，结合相关科学技术，生成与一定范围真实环境在视觉、听觉、触感等方面高度近似的数字化环境，用户借助必要的装备与数字化环境中的对象进行交互，相互影响，可获得亲临对应真实环境的感受和体验。

上述概念高度凝练了虚拟现实的重要内容，如计算机技术是构造虚拟现实的核心技术，因此计算机技术的快速发展是虚拟现实不断进步的重要驱动力；视觉、听觉和触感等多感官输出是虚拟现实作用于用户的通道，也是使虚拟现实具有多学科交叉融合特点的重要基础；虚拟现实与人机交互密切相关，是人机交互界面的最新形态，人机交互也是虚拟现实的重要组成部分。

1.2 虚拟现实的产生及发展过程

虚拟现实的产生和发展存在必然性。模拟仿制真实世界的对象为人所用，一直是人类追求的一个目标。“草船借箭”中的稻草人、“纸船明烛照天烧”中的纸船，以及军队训练拼刺刀用的木枪就是对人、船和枪的简单实物仿真。现代科学技术的发展将人类这一追求不断推向新的阶段和高度。虚拟现实就是随着高性能计算、图形图像处理、人机交互等技术的发展，人们在模拟真实世界方向上达到的最新境界。虚拟现实从概念产生、技术实现到产业发展，先后经历了几个不同的阶段：

1929年，Edwin发明了一种飞行模拟器，使乘坐者体验到了飞行的感觉。其后随着控制技术的不断发展，各种仿真模拟器陆续问世。1956年，Heileg开发出一种摩托车模拟器 Sensorama，该模拟器具有三维显示和立体声效果，并能产生振动感觉，Heileg于1962年申请的专利“Sensorama Simulator”已具有虚拟现实的思想萌芽。

1963年，作家、发明家和未来学家 Gernsback 在 *Life* 杂志上发表了文章，论述了其发明的 Teleyeglasses，这是他构思的一款头戴式电视收看设备，是虚拟现实显示器的萌芽。

1965年，计算机图形学、虚拟现实奠基人 Sutherland 博士发表了一篇短文“The ultimate display”，以其敏锐的洞察力和丰富的想象力描述了一种新的显示技术。他设想，使用这种显示技术，观察者可以沉浸在计算机生成的虚拟环境中，就如同生活在真实世界中一样。同时，观察者还能以自然的方式与虚拟环境进行交互，如触摸感知和控制虚拟对象等。1968年，Sutherland 研制了第一个头戴式显示设备，称为“达摩克利斯之剑”（The Sword of Damocles），这是第一个虚拟现实原型设备，开启了虚拟现实研究领域。

1973年，Krueger 提出了“artificial reality”一词，这是最早出现的虚拟现实词语。受计算机技术本身发展的限制，20世纪70年代虚拟现实技术发展较为缓慢。进入80年代，随着计算机技术，特别是个人计算机和计算机网络的发展，虚拟现实技术发展加快，这一时期出现了几个典型的虚拟现实系统。1983年，美国陆军和美国国防部高级项目研究计划局（DARPA）共同制定并实施 SIMNET（SIMulation NETwork）计划，开创了分布交互仿真技术的研究和应用，对分布式虚拟现实技术的发展具有重要影响。1984

年, Greevy 和 Humphries 开发了虚拟环境视觉显示器, 将火星探测器发回地面的数据输入计算机, 构造了三维虚拟火星表面环境。此外还有 Videoplace、View 等, 这些系统的开发推动了虚拟现实的应用。

1986 年, Fisher 等发表了虚拟现实方面的论文 “The virtual environment display system”。1987 年, Foley 在《科学美国人》(Scientific American) 上发表了题目为 “Interfaces for advanced computing” 的文章。该杂志还发表了数据手套的文章, 引起了人们的关注。1989 年, 美国 VPL 公司的创始人 Lanier 提出了 “virtual reality” 一词, 这一词语很快被学术界、产业界所接受, 并成为该领域的专用名称。

90 年代以后, 随着高性能计算、人机交互技术与设备、计算机网络与通信等科学技术领域的突破和高速发展, 以及军事演练、航空航天、复杂设备研制等重要应用领域的巨大需求, 虚拟现实进入快速发展阶段。

1990 年在美国 Dallas 召开的 SIGGRAPH 会议上, 研究者们对虚拟现实展开了讨论, 提出了虚拟现实研究的主要内容是实时三维图形生成技术、多传感交互技术, 以及高分辨率显示技术等。1993 年, Heim 在其著作 *Metaphysics of Virtual Reality* 中刻画了虚拟现实的 7 个特征——模拟性、交互作用、人工现实、沉浸性、遥在、全身沉浸和网络通信。1994 年, Burdea 和 Coiffet 出版了 *Virtual Reality Technology* 一书, 用 3I (immersion-interaction-imagination) 概括了虚拟现实的基本特征。

同期, 一批用于虚拟现实系统开发的软件平台和建模语言开始出现。1989 年, Quantum 3D 公司开发了 OpenGVS。1992 年, Sense8 公司推出了 WTK。1994 年 3 月在日内瓦召开的第一届 WWW 大会上, 首次提出了 VRML, 开始了相关国际标准的制定, 并逐步形成了 X3D、基于 HTML5 的 WebGL 等。

进入 21 世纪以来, 计算机技术得到了更高速的发展, 互联网、移动终端等改变了人类生活和工作的方式, 其推动社会发展的作用凸显。虚拟现实在 80 年代及 90 年代初期取得了一定成效, 一些发达国家开始对其重视, 将对其发展的支持提升到国家战略层面。美国、欧洲、日本和我国先后在国家科技发展战略中部署虚拟现实, 其研究和应用向行业高端和大众普及两个方向拓展。

2002 年, Nvidia 和 ATI 等公司推出可编程图形处理单元 (graphics processing unit, GPU), 大幅提升了个人计算机的三维图形实时处理能力, 并成为高性能计算机的重要组成部分。2009 年, 电影《阿凡达》使人们对虚

拟现实有了更直接的感受,该年也被称为 3D 元年。其后许多国家掀起了制作三维电影的热潮,更具虚拟现实交互体验感的四维影院已成为受大众喜爱的观影方式。

2014 年,虚拟现实显示器(head mounted display, HMD) Oculus Rift 入选 MIT《技术评论》年度 10 大突破性技术。评论认为:虚拟现实头盔显示器和沉浸式虚拟环境已经存在了三十多年,这项技术似乎开始进入最终的广泛使用阶段,从各种媒体报道来看, Oculus Rift 不但价格便宜,而且摆脱了传统昂贵头盔显示器带来的不适感,体验感更好。2014 年 3 月, Facebook 公司宣布斥资 20 亿美元收购 Oculus VR 公司;同年 7 月, Amazon 发布 Fire Phone 3D 手机,增强了三维购物/娱乐体验;同年 9 月, Microsoft 公司研发了三维触觉反馈触摸屏,可以辅助医生“触摸”肿瘤,提升医疗诊断水平。Sony、HTC、Samsung、Vuzix、Nvida 等巨头也纷纷介入头盔显示器和移动终端三维处理等领域。2015 年, Google 公司领投数亿美元的 Magic Leap 创业公司突破一项颠覆性技术,能使虚拟物体看起来与现实生活中完全一样。这一技术将给影视、游戏、商务、旅游和电信等行业带来全新的机会和颠覆性影响。

2016 年初,美国著名投资银行高盛发布的一份报告详细讨论了虚拟现实与增强现实(augment reality, AR)产业的未来发展状况。高盛公司认为虚拟现实与增强现实拥有巨大潜力,到 2025 年虚拟现实与增强现实软硬件营收将达到 800 亿美元,乐观估计,年营收可达到 1820 亿美元,保守预测,到 2025 年也将达到 230 亿美元。如果高盛公司预测准确,那么 2025 年时虚拟现实与增强现实市场将比 TV 市场还大,规模可达到 1100 亿美元,而 TV 市场是 990 亿美元。信息技术及科技咨询公司 IDC 预测,2016 年我国虚拟现实设备出货量将达到 48 万台,同比增长 476%,行业将迎来爆发式增长。因此,许多媒体将 2016 年称为虚拟现实产业元年。

总之,人类探求自然的目标和社会需求是虚拟现实产生与发展的驱动力。计算机科技工作者对计算机系统更快捷、更聪明、更和谐的永恒追求,促使虚拟现实技术不断发展。

1.3 基本特点

虚拟现实的基本特点可以从其典型特征、系统形态、应用方向三方面概括为 3I 特征、4 类系统形态和 4 大应用方向。

1.3.1 虚拟现实的3I特征与4类系统形态

1. 虚拟现实的3I特征

长期以来,虚拟现实的典型特征被概括为3I,即沉浸(immersion)、交互(interaction)和构想(imagination)。其中,沉浸是指在视觉、听觉和触觉等方面给参与人员带来的临场感;交互是指提供参与人员适人化的人机操作;构想是指通过沉浸和交互,使参与人员产生创想能力。近年来,虚拟现实系统的智能化研究日益受到重视,因此智能(intelligence)将成为虚拟现实的第4个重要特征,这在后续章节论述。

2. 虚拟现实的4类典型系统形态

虚拟现实系统虽然具有3I共性特征,但在表现形态上却千差万别,因应用而异,目前一般将其分为如下四种类型。

(1) 沉浸型

主要面向高端应用,其特点是使用高端图形工作站(群)和高逼真感的视听触觉设备,以提供更好的沉浸感。例如,在视觉和听觉上使用大型360°环幕、头盔显示器、高逼真声场设备等,在触感和交互上使用高精度三维定位、数据手套、体姿获取装置等沉浸型交互设备。

(2) 桌面型

主要面向普及型应用,其特点是基于个人计算机和常规交互设备,在通用硬件上构造简易型系统。例如,采用常规键盘、游戏杆、鼠标(三维鼠标)、显示器(三维显示器)、三维眼镜、立体音箱等,为了使交互更为自然,利用Kinect、Wiimote等便携装置获取用户的体姿和操控信息。

(3) 增强型

主要面向增强现实应用,其特点是利用机械、声波、光学和电磁技术获取运动物体的三维姿态,然后与虚拟对象进行注册、融合,并使用透视式头盔显示器,在现实场景中叠加虚拟物体,增加虚实融合的内容。

(4) 分布型

主要面向网络环境中的虚拟现实应用,其特点是利用网络将不同节点的虚拟现实系统联结在一起,共享一致的虚拟环境,从而进行分布交互和协同工作。这里,网络可以是专有网络,主要面向军事、航空航天等特定应用,也可以是互联网,主要面向教育、娱乐等大众普及型应用。目前,基于移动

互联网的分布式虚拟现实系统是研究和应用的热点。

上述四种类型系统既有区别，也有联系。例如，沉浸型、桌面型和增强型系统都可以作为分布型系统的节点；沉浸型或桌面型系统也可以是增强型系统，具有虚实融合的特点。

1.3.2 虚拟现实的4类主要应用

经过数十年的发展，虚拟现实在国防军事、航空航天、装备制造、医疗健康、智慧城市、公共安全和文化教育等领域涌现出许多实用的应用系统，这些系统主要集中在训练与演练、设计与预测、实验与分析和观赏与娱乐四个方面。

1. 训练与演练

通过虚拟现实技术构造虚拟环境，代替真实的训练环境，操作人员可以反复参与到该虚拟环境中进行训练和协同工作，达到在真实环境中的训练效果，避免了在真实环境中可能的风险，并可节省大量开销，因此，训练与演练成为虚拟现实的重要应用领域。下面介绍这方面的几个典型实例。

在军事领域，美国最早使用虚拟现实技术对士兵进行操作技能训练。20世纪80年代初，研发了著名的系统SIMNET，将分布在美国、英国、德国的飞机、坦克模拟器通过远程网络连接在一起，进行异地军事训练。1998年，利用真实地形数据构建了虚拟战场环境（synthetic theory of war, STOW）高级概念演示系统，不同军兵种武器平台参与其中，进行多兵种协同与对抗演练。为了更好地支持类似系统的互联与互操作，1993年和2000年，IEEE分别颁布了DIS（IEEE Std 1278）和HLA（IEEE Std 1516）标准。虚拟现实在军事领域的应用进一步实用化，出现了JSIMS（joint simulation system）、JMASS（joint modeling and simulation system）和WAR-SIM2000（warfighter simulation 2000）等系统。随着虚实融合技术的发展，美国军队又先后研发了真实-虚拟-构造（LVC）训练环境、未来作战系统（future combat system），提出了嵌入式仿真（embedded simulation）的概念，在真实环境中营造虚拟作战场景，士兵通过装备参与到虚拟环境中进行装备训练和军事演练。2014年，DARPA在五角大楼的公众开放日展示中，首次演示了未来网络战争和机器人战场计划中的单兵增强感知技术，利用摄像头等多种传感器采集大范围作战数据，然后通过后台分析和处理，将三维数据和物理世界进行虚实融合，并推送到士兵的头盔显示器UltraVis中，

使得士兵可以看到整个战场态势,分辨敌我,接受作战指令等。

在航空航天领域,20世纪90年代美国约翰逊航天中心就开始使用虚拟现实技术对哈勃望远镜进行远程维护训练,航天员通过操作虚拟设备,大大提高了操作水平。20世纪90年代初,波音公司在飞机辅助布线系统中,利用头盔显示器将绘制的布线路径和文字提示信息实时地叠加在机械师的视野中,帮助机械师完成复杂的布线工作。2006年,波音公司在空间站航天员训练中,将指示和手册等信息合成到真实场景中,航天员作业时能够随时获得操作流程提示,降低了作业难度,节省了作业时间。空中客车公司在飞机淡水管道安装中,利用研发的虚拟现实系统提供操作指示和可视化功能,在电缆与接线器的连接中也使用了移动设备提示电缆的连接位置,提高了工作效率。另外,梅赛德斯-奔驰发动机辅助维修系统、国际空间站欧洲哥伦比亚指令舱空气过滤系统改造辅助系统等,都是虚实融合技术在航空航天机械装配方面的典型应用。俄罗斯的“模拟火星登陆”任务则为宇航员提供逼真的虚拟现实体验。

在医学领域,20世纪90年代初开始了虚拟手术仿真训练的尝试。典型的系统有瑞典 Mentice 公司研制的 ProCedicus MIST、Surgical Science 开发的 LapSim,以及德国卡尔斯鲁厄研究中心开发的 Select IT VEST System 等。在远程会诊方面,美国北卡罗来纳大学开发了三维远程医疗会诊系统(3D medical consultation),利用相机重建了一个实时、在线的真实环境,跟踪头部位置和方向,为医生提供了连续动态的远程画面和符合视觉效果的立体视角,克服了传统二维视频系统无法得到所需视角和层次感差的缺点;西班牙加泰罗尼亚理工大学开发了一套远程协同医用虚拟环境平台 ALICE,实时观察复杂虚拟模型,用户之间可以相互交流,甚至能在自己的客户端打开一个窗口观察另一个远程用户的实时画面。在手术规划及导航方面,国内外已有一些初步实用的虚拟手术规划系统,如美国哈佛大学研制的治疗滑脱股骨头骨白的手术规划系统、加拿大皇后大学研制的胫骨截骨术手术规划系统、清华大学与解放军总医院合作开发的治疗小儿先天性髋脱位的虚拟手术规划系统、北京航空航天大学机器人研究所与海军总医院神经外科中心合作的机器人辅助脑外科手术规划和导航系统等。

2. 设计与预测

通过虚拟现实可以对现实中尚不存在的场景和对象进行模拟,能够实现规划、设计和预测的目的。在这方面较为成功的应用主要集中在装备研发、

城市规划和大型活动仿真等领域。

虚拟现实技术应用于装备研发领域最典型的例子是波音 777 辅助设计。波音公司于 1990 年 10 月开始对波音 777 进行全部数字化设计,到 1994 年 4 月第一架波音 777 出厂,整个研制周期仅 3 年半,耗资 40 亿美元。空中客车公司的 A380F 货运飞机、欧洲航空防务与航天公司的 A400M 军用运输机、美国洛克希德-马丁公司的联合战斗机和法国的幻影 7X 飞机等,均全部或部分采用了数字化设计和虚拟现实技术。德国菲亚特汽车公司设立了虚拟现实中心进行新车设计,大大缩短了新车的研发周期。欧洲联盟 2003 年的 VIEW (Virtual and Interactive Environments for Work) 计划提出了可移动、便携和沉浸的虚拟环境概念,并研制了相关系统。VIEW 最主要的特征是可移动性,包括个体的可移动性(如基于可穿戴装置)、设备的可移动性(如便携式显示和交互设备),以及体验的可移动性(如网络互联的协作环境)。2004 年,由德国西门子公司牵头,空中客车公司参与的 ARVIKA 项目是工业领域的著名系统,其研究涉及汽车和航空产品的设计、生产、维修的各个环节,例如在飞机客舱和驾驶舱的柔性设计方面,研究了不同气流条件下对于客舱、飞行员座椅布局的影响及直观表现,依此设计座椅布局。近年来,几乎所有著名汽车制造商,如梅赛德斯-奔驰、宝马、丰田等在新车设计中均采用虚拟现实技术,首先研发虚拟样车,设计人员在虚拟样车中沉浸式地体验新车性能和舒适感,进而对设计进行改进,大幅度缩短了研发周期,降低了研发成本。

虚拟现实在城市规划中的应用包括城市景观仿真、城建规划方案逼真展现、市政管理安防等方面。大型活动方面的典型应用主要有 2004 年雅典奥运会使用虚拟现实技术进行烟火创意视觉效果模拟、2008 年北京奥运会采用虚拟现实技术进行开闭幕式节目创意仿真,以及 2012 年伦敦奥运会开闭幕式仿真中的虚拟现实应用等。

3. 实验与分析

20 世纪 80 年代中期,美国国家仪器公司(National Instruments)首先提出基于计算机技术的虚拟仪器(virtual instruments, VI)的概念。虚拟仪器是由计算机资源、接口电路与数据分析、过程通信及图形用户界面有机结合而成的一种仪器。与传统测试仪器相比,其利用虚拟现实的 3I 特性,可以方便地在计算机上产生虚拟的试验环境,对被试产品进行各种性能测试和检验;虚拟仪器通过对用户的视觉、听觉和触觉等感官作用使用户产生身

临其境的感觉, 试验者可以像在真实的环境中一样完成各种预定的试验项目, 因而为相应的科学实验与分析提供了一种有力的辅助手段。美国航空航天局 Goddard 飞行中心的科学可视化研究室一直致力于这方面的研究。

4. 观赏与娱乐

利用虚拟现实技术构建的虚拟环境可以满足人们观赏和娱乐的需要, 这方面的典型应用有数字博物馆和三维游戏等。

在数字博物馆方面, 虚拟现实技术可用于博物馆藏品等文物的数字化保护和利用, 代表性数字博物馆有美国纽约的大都会艺术博物馆 (The Metropolitan Museum of Art)、英国大英博物馆 (The British Museum)、俄罗斯冬宫博物馆 (The State Hermitage Museum)、法国卢浮宫博物馆 (Louvre Museum) 和中国大学数字博物馆、中国数字科技馆及虚拟故宫博物馆等。

在游戏领域, 虚拟现实技术可以为游戏提供实时、逼真的三维虚拟场景, 支持网络环境下多用户的主动、协同参与, 并借助高精度交互感应设备进一步增强游戏的适人化交互。2006 年以来, 全球游戏产业及相关衍生产品产值达数千亿美元。游戏产品不断追求更大规模的用户接入、更逼真的视听效果、更自然的人机交互, 对虚拟现实技术、系统和设备的大众化提出了更高要求。由美国林登实验室的菲力普·罗斯代尔开发的虚拟社会“第二人生”(Second Life), 目前已有上千万注册用户, 几十家跨国公司进驻, 一些国家在此虚拟空间中设置了大使馆、通讯社等, 从一个侧面展示了以虚拟现实技术为支撑的数字娱乐对未来社会发展的巨大影响。目前, 这一技术已从桌面应用拓展到移动端, 大量的手机游戏已经普遍通过使用虚拟现实技术增强用户的体验感。