

国家自然科学基金项目 (51175395、51205293)

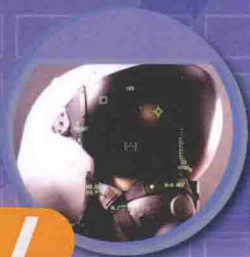
广西制造系统与先进制造技术重点实验室开放基金项目 (14-045-15S10)

五彩缤纷的

The Colorful Virtual Reality World

虚拟现实世界

陈定方 主编



附光盘



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



五彩缤纷的

虚拟现实世界



陈定方 主编

内 容 提 要

虚拟现实 (Virtual Reality, 简称 VR) 是近年来出现的高新技术, 亦称灵境或人工环境。虚拟现实技术是利用计算机软硬件、传感器和网络产生的一个包括三维几何空间和时间维的四维空间虚拟世界的技术, 提供视觉、听觉、触觉以及嗅觉、味觉等感官的模拟, 让使用者如同身临其境一般, 及时、没有限制地观察和触摸 4D 空间内的事物。基于移动互联网的虚拟现实技术将人类与物理世界、信息世界巧妙地联系在一起, 形成了五彩缤纷的虚拟现实世界。虚拟现实技术作为一种科学方法正逐渐深入到各个行业, 因此了解这种新时代的技术是非常必要的。

全书共七章, 分为三部分: 第一部分 (第一章) 简单介绍虚拟现实技术; 第二部分 (第二章到第六章) 采用从具体到抽象的思维模式, 通过生动活泼的实例介绍虚拟现实技术在军事航天、文化娱乐、安全、工商业、教育医疗以及艺术等方面的应用; 第三部分 (第七章) 用 “明天会更好” 来展望虚拟现实技术的发展。

本书图文并茂, 语言诙谐、有趣, 用生动形象的描述将读者带入奇幻的虚拟世界, 在拓宽知识面、发展兴趣的同时可引起无限畅想——利用虚拟现实技术实现自己的梦中世界。

为了更好地传播、普及虚拟现实技术, 本书精心准备了相应光盘供观赏学习。光盘内容包含书稿所涉及的视频资料、图片资料、陈定方教授及其团队虚拟现实技术相关论文和专利汇总、所引用的参考文献和视频资料。这些内容大部分来自陈定方教授及其团队的研究成果, 特别是 CCTV 10 科技之光栏目的三个介绍, 诚挚推荐重点观看。

图书在版编目 (C I P) 数据

五彩缤纷的虚拟现实世界 / 陈定方主编. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2015. 1
ISBN 978-7-5170-2773-7

I. ①五… II. ①陈… III. ①虚拟网络 IV.
①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第308766号

策划编辑: 杨元泓 责任编辑: 陈洁 加工编辑: 谌艳艳 装帧设计: 梁燕

书 名	五彩缤纷的虚拟现实世界
作 者	陈定方 主编
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 (发行部)、82562819 (万水)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售)
	电 话: (010) 88383994、63202643、68545874
	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
刷 印	联城印刷 (北京) 有限公司
规 格	170mm × 235mm 16开本 10印张 209千字
版 次	2015年4月第1版 2015年4月第1次印刷
印 数	0001-3000册
定 价	39.00元 (赠1DVD)

前言

PREFACE

莎士比亚在《仲夏夜之梦》中说：“想象的东西往往是虚无缥缈的，但在诗人的笔下，它们可以有形，有固有的实质，也可以有名字。”这句话正道出了虚拟现实技术的实质。虚拟现实技术从全新的角度感知心智，模拟现实，让我们感觉它是客观存在的。虚拟现实技术已作为一种科学方法深入到各个领域，作为新时代的接班人，了解这种新时代的技术是非常必要的。因此，我们应时代之机，以拓展中高年级学生的知识为目的，编写了《五彩缤纷的虚拟现实世界》这本书。

基于移动互联网的虚拟现实技术将人类与物理世界、信息世界巧妙地联系在一起，形成了五彩缤纷的虚拟现实世界。

本书以虚拟现实技术的沉浸感、交互性、构想性三大特征为主线，以丰富读者知识为目的，通过生动活泼的实例，介绍了虚拟现实技术在生活娱乐、军事、教育医疗以及艺术等方面的应用。为了让读者对虚拟现实技术有更深刻的认识，全书采用了由具体到抽象的书写模式，语言诙谐生动，通俗易懂。

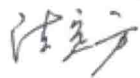
本书分为三个部分。第一部分简介虚拟现实技术：第一章“虚拟现实ABC”；第二部分系统介绍虚拟现实技术在各个领域的应用，包括5章：第二章“虚拟现实技术在军事航天领域的应用”，第三章“虚拟现实技术在生活文化娱乐领域的应用”，第四章“虚拟现实技术在安全领域的应用”，第五章“虚拟现实技术在工业商业领域的应用”以及第六章“虚拟现实技术在教育医疗领域的应用”；第三部分是虚拟现实技术发展展望：第七章“明天会更好——触手可及的虚拟现实”。

本书由陈定方主编，参加编写工作的有廖小平（5.1和5.2节）、陶孟仑（第七章）、邓建新（6.1至6.3节）和研究生陈天沛（第一章）、阳学进（第二章）、苏阳阳（3.4至3.6节）、陈萍（3.1至3.3节）、

杨公波（第四章）、朱雄涛和罗玲玲（5.1 和 5.2 节）、潘小帝（5.3 和 5.4 节）、杨公波（6.1 至 6.3 节）、张斯阳（6.4 和 6.5 节）、孙科（第七章）。本书引用了中央电视台 CCTV10 在武汉理工大学智能制造与控制研究所拍摄的 3 个科技之光节目的图片和解说词；引用了多家数字科技有限公司等虚拟现实企业及相关专业网站的资料。在研究所攻读博士学位和做博士后研究的教授李勋祥博士、副教授肖文博士生等提供了结合他们博士论文研究和博士后工作的成果。港珠澳大桥柴瑞工程师和交通部原总工程师凤懋润教授也给了我们一定的帮助。

笔者的研究工作得到了国家自然科学基金项目（51175395、51205293）的资助。本书的出版得到了广西制造系统与先进制造技术重点实验室开放基金项目“虚拟现实技术进展及其应用研究（14-045-15S10）”的资助。

由于虚拟现实技术发展迅速，加之作者水平所限，书中难免有错漏之处，衷心希望广大读者以及相关专家批评指导，使本书在修订中日臻完善，如有指正请联系 cadcs@126.com。



2014 年秋于武昌



作者简介

陈定方（1946年—），湖北武汉人。现任武汉理工大学机械工程与计算机应用技术专业教授，博士研究生导师。主编或共同编写出版了《现代机械设计师手册》《机械CAD与专家系统》等书籍，担任《中国机械工程》《工程图学学报》等杂志的编委。培养了硕士研究生200名、博士研究生50名、博士后6名。

作者履历

1979年到武汉水运工程学院（现武汉理工大学）任教。现为武汉理工大学机械工程学科“责任教授”，机械工程、计算机应用技术、物流技术与装备专业博士生导师；

1972年2月—1979年2月在河南新乡柴油机厂担任机械制造设备与加工工艺工程师，有十多项技术改造和技术革新；

1970年7月—1972年1月在中国人民解放军6090部队劳动锻炼；

1969年毕业于华中工学院（华中科技大学）机械制造设备与加工工艺专业；

1964年毕业于湖北省武昌实验中学；

1961年毕业于武汉市第45中学；

1958年毕业于湖北省武昌实验小学；

成就及荣誉

在计算机辅助设计、人工智能与专家系统、科学计算可视化与计算机仿真、基于网络的虚拟设计/制造等方面开展了系统、深入的研究工作,主持并完成了国家科技攻关、国家自然科学基金、国家“863”高科技计划、国家火炬计划以及机械部、交通部、冶金部、湖北省、河南省、江苏省、江西省、武汉市的一批重大科研项目,取得了一批国内领先或具有国际先进水平的科技成果,获国家发明专利 39 项、实用型专利 30 项;获国家重大科技成果奖和省部级以上科学技术进步奖 30 项。在国际、国内学术会议及重要刊物上发表学术论文 300 余篇,被 SCI、EI、ISTP、INSPEC 等收录 200 余篇。主编或共同编写出版了《机械 CAD 与专家系统》《机械 CAD 基本教程》《机械设计专家系统研究与实践》《面向对象编程的 C++/ES》《推动经济的 2010 年技术预测 101 项》《中国机械设计大典》《现代设计方法研究及应用》《虚拟设计》《分布交互式汽车驾驶训练模拟系统》《机电产品现代设计:理论、方法与技术》《现代设计理论与方法》《现代机械设计师手册》《Galfenol 合金磁滞非线性模型与控制方法研究》《五彩缤纷的虚拟现实世界》等 16 部著作、译著、教材。

1988 年被国家人事部授予“国家级中青年有突出贡献专家”称号,享受国务院特殊津贴,2012 年被江西省聘为“赣鄱英才 555 工程”“高端人才柔性特聘计划”专家,先后担任湖北省和武汉市制造业信息化专家委员会副主任、中国人工智能学会智能制造专业委员会副主任、全国高等学校制造自动化专业委员会常务理事、湖北省机械设计与传动专业委员会副主任委员、湖北省机械工业自动化专业委员会主任委员、湖北省机电一体化协会副理事长,中国科学院计算技术研究所智能处理开放研究实验室客座研究员,南昌大学、江苏大学、长沙理工大学、三峡大学、湖北理工学院、南昌工程学院、温州大学等兼职教授,《计算机辅助设计与图形学学报》《中国机械工程》《振动、测试与诊断》《工程图学学报》《计算机辅助工程》《装备制造技术》《武汉理工大学学报》等学术刊物的编委。

目录

CONTENTS

前言

第一章 虚拟现实 ABC

第二章 虚拟现实技术在军事航天领域的应用

- 14 2.1 虚拟军事模拟——“兵不血刃”的战争
- 20 2.2 普通人的飞天梦——虚拟嫦娥奔月

第三章 虚拟现实技术在生活文化娱乐领域的应用

- 24 3.1 艺术也“撒谎”
- 34 3.2 电影也“疯狂”
- 45 3.3 玩转 3D 游戏——虚拟现实技术在游戏中的应用
- 47 3.4 普通人的“穿越”梦——数字博物馆
- 53 3.5 清明节虚拟在线祭祖
- 57 3.6 武汉市民之家虚拟展示馆

第四章 虚拟现实技术在安全领域的应用

- 64 4.1 秀才不出门，便知万里路——城市交通仿真
- 73 4.2 临危不乱——虚拟奥运安全仿真
- 78 4.3 稳坐钓鱼台——长江干堤失稳仿真
- 81 4.4 安全领域新的护航舰——虚拟安全教育系统

第五章 虚拟现实技术在工业商业领域的应用

- 90 5.1 虚拟工业
- 96 5.2 机械虚拟设计
- 102 5.3 3D 网上商城
- 106 5.4 网上看房、诗意栖居

第六章 虚拟现实技术在教育医疗领域的应用

- 112 6.1 足不出户学开车
- 116 6.2 虚拟校园
- 119 6.3 虚拟现实实验室
- 125 6.4 虚拟远程教育
- 128 6.5 虚拟医疗

第七章 明天会更好——触手可及的虚拟现实

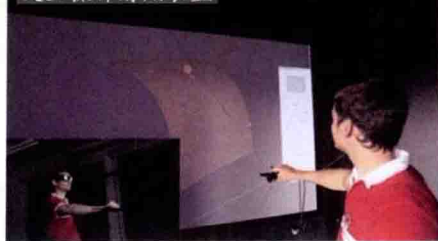
- 132 7.1 可望又可即（一）
——可触摸 3D 技术问世
- 136 7.2 可望又可即（二）
——3D 打印技术
- 139 7.3 可望又可即（三）：融合虚拟与现实
——Hololens 全息头盔
- 143 7.4 蓦然回首
——回顾前夕精彩

从我们记事起，幻想就伴随着我们，它在夜晚出现，在我们发呆时出现，在我们闲聊时出现，它无时无刻不在我们身边。

在观看演唱会时，你是否幻想过在炫目舞台上表演的那个人就是你，舞台下的观众为你欢呼，为你疯狂；在读武侠小说时，你是否幻想过你就是其中侠骨柔情的主人公，匡扶正义，执剑天涯；看着《西游记》，你是否幻想过自己就是无所不能的齐天大圣孙悟空，上天入地，呼风唤雨。沉浸在幻想中的你忘却了身边的琐碎，到达另一个美妙的世界。幻想带给你幸福的感觉，在幻想中你可以成为任何你想要的自己，你就是主角。要是能有一种科技，让我们的种种幻想最大程度地真实呈现就好了！

第一章 虚拟现实 ABC

交互操作滑翔装置



汽车驾驶模拟系统



初见虚拟现实

亲爱的读者，祝贺你生活在当今这个科技飞速发展的时代，如今有一种技术真的能实现那些看似不能、有点天方夜谭的幻想，这就是虚拟现实技术。首先我们认识一下什么是虚拟世界。

其实，虚拟世界就像是我们幻想中的世界，它并非真实存在，但是当你沉浸于其中时，它能带给你无限的惊奇，它能实现你所思所想所感的一切，不再是现实中“什么样就是什么样”，而是“想怎么样就怎么样”。顾名思义，“虚拟世界”就是模拟出来的现实世界。听起来玄妙的虚拟世界其实离我们的生活并不遥远，例如，我们查线路的地图，手机上的游戏，以及观看的电影如《黑客帝国》、《星球崛起》等。

那什么是虚拟现实技术？虚拟现实技术能带给我们什么呢？这就是本书要带给大家的惊喜。虚拟现实就是在一个完全虚拟的场景里，我们既能身临其境般地沉浸在其中，还能直观而自然地与



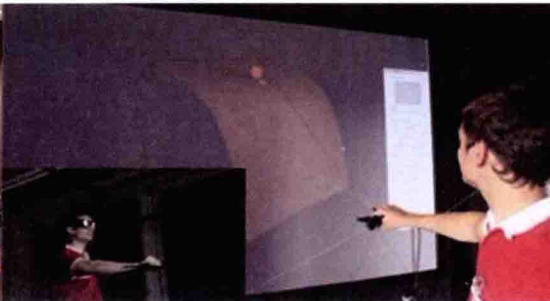
汽车驾驶模拟系统

这个世界中的一切实时交互，而事实上我们却是置身在场景之外的。在汽车驾驶模拟系统中，操作人员身处虚拟的汽车内部，操作相应的设备，犹如在驾驶真的汽车一样。

虚拟现实技术融合计算机图形学、人工智能、计算机网络、信息处理等技术，利用计算机技术生成一种模拟环境，通过各种传感设备使用户“投身”到模拟环境中，与环境直接进行自然地交互。



家居沉浸



交互操作滑翔装置

虚拟现实的特性

沉浸感

沉浸感又称为临场参与感，是指使用者作为主角存在于虚拟环境中的真实程度。理想的虚拟环境应达到使用户难以分辨真假的程度，如实现比现实更理想化的照明和音响效果等。在虚拟环境中，使用者的视觉、触觉、嗅觉等感觉上的反应与现实世界的完全一样，有身临其境之感。要实现这种感觉，必须对人类的视、听、触、嗅、味觉进行恰如其分的模拟，而这些感觉的模拟很大程度上是通过虚拟外部设备来完成的。

交互性

交互性是虚拟现实技术最主要的特征。在虚拟环境中，用户不仅可以控制其中的3D对象，甚至还可以互相通讯。对于那些想寻求刺激运动但是又害怕的人来说，虚拟现实技术为其提供了一个享受的平台。在交互操作滑翔装置上，小伙子用手操作在屏幕上虚拟出的滑翔装置，既不用担心自己的安全又可以体验滑翔的乐趣，同时还可以掌握滑翔的技术，可谓一举三得。

构想性

构想性强调虚拟现实技术具有广阔的可想象空间，用户沉浸在虚拟环境中通过交互可以获得新知识，不仅可再现真实存在的环境，还可随意构想客观上不存在的环

境。从网络游戏、3D电影、旅游到艺术教育和大型综艺节目，从虚拟商城到虚拟博物馆，从室内设计到汽车制造，从军事训练到航空航天，从室内锻炼到足不出户学开车……随处都能看见虚拟现实的影子，随处都能感受到虚拟现实的存在。

虚拟现实发展足迹

俗话说“一回生两回熟”，当我们再次见到虚拟现实时，是否会有种倍感亲切的感觉呢？如果你要和虚拟现实成为朋友，那么就需要更深入地了解它。虚拟现实从哪里来？虚拟现实发展到什么程度了？虚拟现实能给我们带来什么？怎么与它相处？接下来就让我们再次走近虚拟现实，去追寻一下它曾走过的足迹。

虚拟现实诞生在哪里呢？很多人都会好奇。1965年，美国国防部高级研究规划署信息处理技术办公室主任在其发表的一篇文章中指出：“应该将计算机显示屏幕作为一个观察虚拟世界的‘窗口’，计算机系统能够使窗口中的景象、声音、事件和行为非常逼真”。不久，虚拟现实应运而生。

虚拟现实技术发展中的“第一次”

1968年，有虚拟现实“先锋”之称的计算机图形学创始人 Ivan Sutherland 使用两个可以戴在眼睛上的阴极射线管，研制出了第一台头盔式立体显示器，并发表了题



头盔式立体显示器



数据手套

为“A Head-Mounted 3D Display”的论文，对头盔式三维显示装置的设计要求、构造原理进行了深入讨论，并绘出了这种装置的设计原型，成为三维立体显示技术的奠基性成功之作。

1975年，Myron Krueger 提出了“人工现实”的思想，展示了称之为 Videoplace 的“并非存在的一种概念化环境”。

20世纪80年代，美国宇航局及美国国防部组织了一系列有关虚拟现实技术的研究，并取得了令人瞩目的研究成果，从而引起了人们对虚拟现实技术的广泛关注。

1985年，Scott Fisher 等研制了著名的“数据手套”，该装置可以测量手指关节的动作、手掌的弯曲以及手指间的分合，从而可通过编程实现各种手语。

1986年研制成功了世界上第一套基于头盔式显示器和数据手套的虚拟现实系统 VIEW。这是世界上第一个较为完整的、多用途、多感知的虚拟现实系统，它使用了头盔显示器、数据手套、语言识别与跟踪等技术，并应用于空间技术、科学计算可视化、远程操作等领域。

20世纪90年代以来，在“需求牵引”和“技术推动”下，虚拟现实技术取得了突飞猛进的发展，并将技术成果成功地集成到一些很有实用前景的应用系统中，例如用虚拟现实技术设计波音777。



美军作战训练虚拟仿真系统

虚拟现实技术 在国外的发展

足迹在美国

美国作为虚拟现实技术的发源地，其研究水平基本上代表了国际虚拟现实技术发展的水平。



DIY 头戴式设备——谷歌 Cardboard

美国宇航局已经完成了对哈勃太空望远镜的仿真，建立了卫星维护虚拟现实训练系统、空间站虚拟现实训练系统和可供全国使用的虚拟现实教育系统。现在正致力于一个叫“虚拟行星探索”的试验计划。

北卡罗来纳大学 (UNC) 的计算机系是最早进行虚拟现实研究的机构，他们主要研究分子建模、航空驾驶、外科手术仿真、建筑仿真等。

Loma Linda 大学医学中心的 David Warner 博士和他的研究小组成功地将计算机图形及虚拟现实设备应用于探讨与神经疾病相关的问题，首创了虚拟现实儿科疗法。

麻省理工学院是研究人工智能、机器人和计算机图形学及动画的先锋，1985 年麻省理工大学成立了媒体实验室，专注于进行虚拟环境的正规研究。

华盛顿大学华盛顿技术中心的人机界面技术实验室，将虚拟现实技术研究引入了教育、设计、娱乐和制造领域。

谷歌在 2014 年的谷歌 I/O 大会上首次亮相 Cardboard DIY 头戴式设备，其采用了折叠设计，能够与任何安装了

Cardboard 应用的 Android 手机相连。

目前美国在虚拟现实领域的基础研究主要集中在感知、用户界面、后台软件和硬件四个方面。

足迹在英国

在虚拟现实技术开发的某些方面，特别是在分布式并行处理、辅助设备（包括触觉反馈）设计和应用研究方面，英国是居于领先地位的，尤其是在欧洲。



英国研制跳伞模拟器虚拟现实训练系统

英国工业集团公司，是国际虚拟现实界的著名研发机构，其正在开发一系列关于娱乐业方面的虚拟现实产品，在工业设计和可视化等重要领域也占有一席之地。

英国航空公司正利用虚拟现实技术

设计高级战斗机座舱。

英国高级机器人研究有限公司进行了远程呈现技术的研究，主要包括虚拟现实技术的重构问题。

英国国防部研制了跳伞模拟器虚拟现实训练系统。

足迹在日本

日本主要致力于建立大规模虚拟现实知识库的研究，在虚拟现实游戏方面的研究也处于领先地位。京都的先进电子通信研究所正在开发一套系统，它能用图像处理来识别手势和面部表情，并把它们作为系统输入；富士通公司正在研究虚拟生物与虚拟现实环境的相互作用，还在研究虚拟现实中的手势识别，已经开发了一套神经网络姿势识别系统，该系统可以识别姿势，也可以识别表示词的信号语言。奈良尖端技术研究生院

教授千原国宏领导的研究小组于2004年开发出一种嗅觉模拟器，只要把虚拟空间里的水果拉到鼻尖上一闻，装置就会在鼻尖处释放出水果的香味，这是虚拟现实技术在嗅觉研究领域的一项突破。



日本虚拟偶像“初音未来”

虚拟现实技术在我国的发展

我国虚拟现实技术研究起步较晚，与国外发达国家还有一定的差距，但现在已引起国家有关部门和科学家们的高度重视。国内一些重点院校，已积极投入到了这一领域的研究中。

北京航空航天大学计算机系，着重研究了虚拟环境中物体物理特性的表示与处理，开发出了虚拟现实系统中视觉方面的部分硬件，研制出了用于飞行员训练的虚拟现实系统、虚拟现实应用系统开发平台等；浙江大学CAD&CG国家重点实验室开发出了一套桌面型虚拟建筑环境实时漫游系统；哈尔滨工业大学已

经成功虚拟出了人的高级行为中特定人脸图像的合成、表情的合成和唇动的合成等技术问题；清华大学计算机科学和技术系对虚拟现实的临场感方面进行了研究；西安交通大学信息工程研究所对虚拟现实中的立体显示技术进行了研究；北方工业大学CAD研究中心是我国最早开展计算机动画研究的单位之一，我国第一部完全用计算机动画技术制作的科教片《相似》就出自该中心。武汉理工大学智能制造与控制研究所和艺术设计学院对虚拟现实技术同样做了大量研究，完成了武汉东湖香云别苑鸟瞰图。



武汉东湖香云别苑鸟瞰图

走近虚拟现实武装部

所谓虚拟现实武装部，实际上就是实现虚拟现实需要的工具部门，而这些工具可以让你在虚拟世界中畅游。那么，这些工具到底是什么呢？让我们来初步了解一下吧！

虚拟现实武装部中最重要的成员是计算机。计算机的存在让虚拟世界得以构建，让人们可以通过计算机与虚拟世界交互并进行信息的传递。计算机还可以帮助我们武装部成员有机联合起来，让武装部成为一个不断壮大的队伍。

虚拟现实中的工具，很大程度上与虚拟现实的特性有关。在虚拟现实中的，如果我们想有真实感觉，那么工具是必不可少的。这些工具的开发依赖于人，它们能模拟出人的视、听、触、嗅、味觉。让我们见识一下吧！

视觉 俗话说“眼见为实”，可是在虚拟世界里面，眼见却并非为实，我们眼见的，都是虚幻的事物。而这些虚幻的事物有时需要我们通过某种利器才能很好地感受到，并沉浸其中，这种利器就是数据头盔，也称为头盔式显示器。

听觉 虚拟世界是一个耳听为虚的世界，在虚拟世界中听到的声音，都是由计算机生成并通过扬声器播放出来的。例如，当扬声器播放头顶有一架飞机从左至右飞过的声音时，你闭上双眼，就仿佛真的感觉到头顶有一架飞机从左至右飞过。这就是声音带给你的刺激。

触觉 在现实生活中，当我们伸手去触摸物体时，会有一种触碰的感觉，觉得物体其实也给了你相应的信息。那么，虚拟现实技术是怎样让我们有这种

感觉的呢？这正是力反馈的作用。在虚拟现实世界中，力反馈能带给我们真实的触感，这种反馈的产生得益于力反馈装置。

来自约克大学和华威大学的一个英国科学家小组发起了一项计划，研制世界上第一款真正意义上的虚拟现实头盔，这种装置能够模拟视觉、嗅觉、听觉、

触觉甚至味觉，让所谓的“真实虚拟”变得更加可信。

这款头盔名为“虚拟茧”，内装专门研发的电子设备，包括高清晰、高动态的电脑显示屏，高技术含量的扬声器，用来向佩戴者面部吹热、冷风的风扇，以及可以在鼻子下方释放化学物质的“嗅觉管”，以模拟真实世界中的气味。



触觉和力反馈装置



数据头盔



智能头盔“虚拟茧”