

陈根 著

虚拟现实： 科技新浪潮

Virtual
Reality

New Wave of
Science
and
Technology



化学工业出版社

陈根 著

虚拟现实 科技新浪潮

Virtual
Reality

New Wave of
Science
and
Technology



化学工业出版社

· 北京 ·

虚拟现实技术为用户建立了一个广阔且随心所欲的空间，任其沉浸其中，自由翱翔。随着计算机技术、电子技术、传感技术、通信技术以及人体工学设计等的进展，虚拟现实技术日趋成熟，在2016年出现了一批经典产品，带给了整个行业一个无限想象的空间。我们相信，未来虚拟现实技术将以前所未有的速度发展，拥有超越任何一个行业的用户群体，甚至完全改变人类的生活和生存状态。

在虚拟现实技术方兴未艾之际，本书详细介绍了虚拟现实技术的进展与应用，并对其中的机遇做了大胆的预测，期望能够引导读者投入到这个巨大的产业之中，享受前所未有的智能化体验。

本书适宜从事电子、计算机、游戏、电影、信息以及智能生活相关的读者参考。

图书在版编目（CIP）数据

虚拟现实：科技新浪潮 / 陈根著. —北京：化学工业出版社，
2017. 2

ISBN 978-7-122-28880-6

I. ①虚… II. ①陈… III. ①虚拟现实 IV. ①TP391.98

中国版本图书馆CIP数据核字（2017）第008655号

责任编辑：邢 涛
责任校对：边 涛

装帧设计：王晓宇

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）
印 装：大厂聚鑫印刷有限责任公司
710mm×1000mm 1/16 印张9 字数99千字 2017年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899
网 址：<http://www.cip.com.cn>
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：49.00元

版权所有 违者必究

前言

人类最终能走多远？

基于今天的科技水平和对宇宙的了解，科幻巨作《三体》，已经给出了令人惊讶的答案。

最为脑洞大开的光速锁定、神奇的空间降维武器二向箔、遥远的智慧生物歌者……这些远远超越人类想象的宇宙终极力量，似乎还远离地球人类的日常生活。但是，很多人们以为存在于科幻之中的未来科技，其实，早就有伟大的先驱踏上探索和研究的漫漫征途。

核聚变，这个号称无尽能源的高能物理技术，美国、中国、德国和法国等国家，一直在坚持不懈地进行实验室探索 and 研发，更有多个初级原理等级的锥形装置，能够实现短暂的高温等离子体点火。

宇宙战舰，在人类已经熟练掌握在外太空建造和运行空间站的基础上，组建一艘太空战舰，似乎也并不是没有可能。也许在不久的某个未来，在解决了能源动力的永续供应也就是可控核聚变技术之后，庞大的宇宙战舰能够应用小型核聚变反应堆，从而开启漫长的宇宙旅途。

而生物科技，在数百年科学家穷尽极致的探索之下，对生命的研究，也已经到了DNA层面。也许在不久的将来，破解生命的奥妙，就能成为现实。

回溯辉煌的过去两百年，科幻正在逐步变为现实。小型无人飞行器已经走出实验室阶段，而无人机早已走入无数普通用户家庭；复杂而庞大的计算机网络贯通全球，并成为人类生产、生活的运行基础；超级城市LED屏幕之所以没有做到铺天盖地，只是因为信息需求的短缺，而不是因为技术和成本；个人手持信息终端，能够实时传递图像、视频，并且实时互动通讯的智能设备，难道说的不就是智能手机吗？

依然有一个领域，人类刚刚开始踏入启程之路——对图像视频的数据化处理、全息数据处理、虚拟空间的实现。

几千年来，人类文明最先能够革新换代的，一直是围绕我们的衣食住行。从马车到汽车再到飞机，从文字到电话再到手机，这些伟大的科技成果，改变了人

类的基本生存方式。但唯有在眼睛所见所得方面，几乎没有突破。

无论是报纸、电视、电影还是手机屏幕，人类所见到的只是真实的三维画面和虚拟的二维数字页面。从来没有人类所构建的虚拟三维空间，更没有梦寐以求的全息数据产品。

悲观地说，我们尚未改变人类获取外界信息的方式。

虚拟现实，或虚拟实境（Virtual Reality，VR）的诞生，成为人类在信息获取方面的首次改变。

VR技术，是指利用电脑模拟产生一个三维空间的虚拟世界，提供使用者关于视觉、听觉、触觉等感官的模拟，让使用者如同身临其境一般，可以及时、没有限制地观察三维空间内的事物。它的工具属性将极大地解放人类想象力和创造力，甚至开拓一个新的维度，改变工作方式，改变科研人员、设计人员和一线生产施工人员之间的协作方式，提高学习效率和生产效率。

未来虚拟世界，会与扩大现实、替代现实、虚拟现实等诸多方面结合起来，将成为一种大众生活中的主要应用，与真实世界大量融合。人们可以随时随地，通过计算机或手机访问虚拟世界，在其中娱乐、工作、学习。

三维虚拟世界，将很快超越游戏和社会网络，融入人类社会的各个方面，成为生活、娱乐、教育、商业、政治、社交、医疗等每个领域的主要媒介，为企业提供巨大的商业价值，更将促进虚拟世界大步向前迈进。

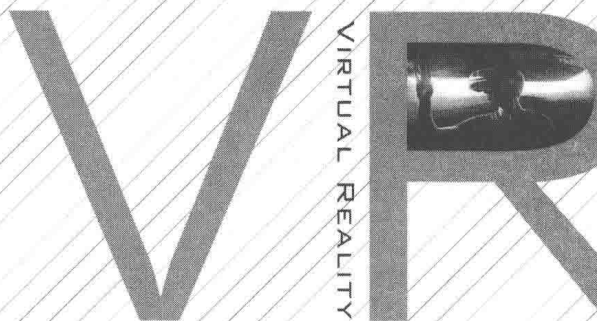
而如今，增强现实技术（Augmented Reality，AR），这种实时性地融入现实三维空间的半虚拟视频技术，也已经成功获得大量应用。把虚拟世界套在现实世界并进行互动，想想就是令人兴奋的未来景象。不仅能够实现真实世界和虚拟世界的信息集成，更能实现实时的交互性，完美的在三维尺度空间中增添虚拟物体，不仅在与VR技术相类似的应用领域如尖端武器、航空航天、模式可视化、虚拟生存、娱乐与艺术等领域具有广泛的应用，而且由于其现实增强的特点，在医疗、精密仪器、工程设计等方面，具有更加明显的优势。

虚拟现实的未来前景，是多么令人激动！就像第一台蒸汽机、第一辆汽车、第一架飞机那样，一个全新的改变人类生存方式的科学领域，终于在强大的计算机技术和视频技术的基础上，掀开了神秘的面纱。

面对这个伟大的产业，以及无数的产业机会，你抑制住兴奋的心情，准备好去拥抱了吗？

陈 根

2017年1月



目录

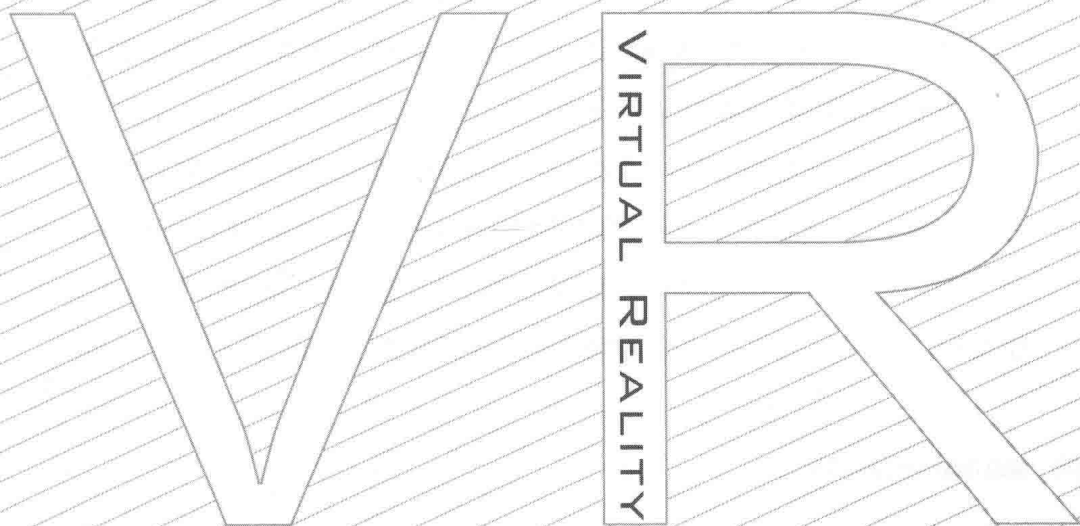
CONTENTS

第1章	虚拟现实是什么?	001
第2章	变革与颠覆	015
第3章	虚拟现实的技术历程	035
第4章	虚拟现实的技术应用	053
第5章	商业模式	071
第6章	投资机会	091
第7章	淘金之路	107
第8章	未来发展趋势与瓶颈	125

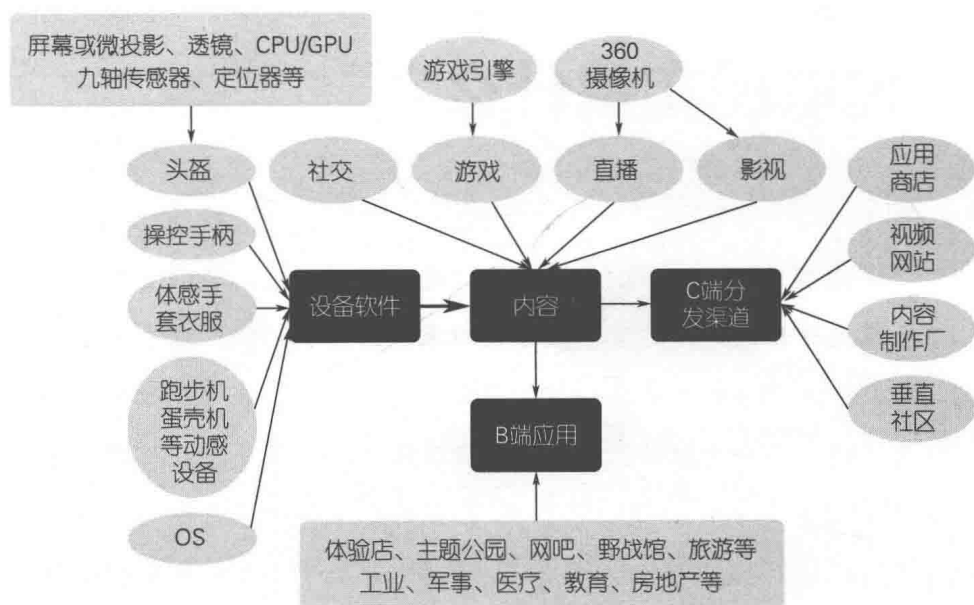
第 1 章

虚拟现实是什么？

伴随着《阿凡达》款款走来的，是人类对信息环境的主载。自从人类处理信息的方式进入数字化以来，计算机的快速发展，已经彻底改变了整个信息载体和传输模式。与此同时，人类孜孜不倦地致力于建立一个三维的、视频、声音甚至虚拟交互等多种信息形式的立体信息空间，以便实现在立体空间的真实信息交流。虚拟现实，在人类内心渴望的推动下，经过几千年的文明发展和科技积累，终于到了成熟并全面突破的时刻。



虚拟现实产业链



自从人类处理信息的方式进入数字化以来，计算机的快速发展，彻底改变了整个信息载体和传输模式。但仔细分析从原始图画、到文字再到移动互联网的多媒体音视频，绝大多数的信息表现形式，依然是平面的、二维的。

但是实际看来，人类又是一个立体的三维生物，这个客观世界的一切也都是三维的。人类能够依靠自己的感知，全方位的获取信息，在三维化的真实空间中学习与交流。

人类的真实的三维的认识能力，和现在二维的平面的信息展现，是存在很大的矛盾的。人类被排斥在计算机为主体的信息处理环境之外，而且较难以直接理解信息处理工具的处理结果，更难以把人类的感知能力和认知经验，与计算机信息处理环境直接联系起来。

而在移动互联网全面改变人类生活的时代，人们迫切需要改变现有的数字信息二维化的局限，突破现有的只能处理单纯数字信息的限制，建立一个三维的，视频、声音甚至虚拟交互等多种信息形式的立体信息空间。

这其实一直是人类的科技幻想之一。如果没有内心的渴望，人类也不可能创造和发明出电话和电视等现代工具。

因此，虚拟现实一直是人类追寻的目标。而经过几千年的文明发展和科技积累，可以说，现在已经到了成熟并全面突破的时刻。

在科学的定义上，虚拟现实，是由高性能计算机生成的，通过视、听、触觉等信息传播手段作用于用户，使之产生身临其境感觉的一种交互式信息仿真。通过虚拟现实，人类不但可以从外部观察信息处理的结果，而且能通过视觉、听觉、嗅觉、交互手势等多种形式，达到一种身临其境的信息环境中去。

虚拟现实，是可以创建和体验虚拟世界的计算机系统，它可以包容下多种信息的多维化的信息空间，人类的感性认识和理性认识能力，都能在这个多维化的信息空间中得到充分的发挥。

为什么说虚拟现实是建立于高性能计算机之上的呢？因为虚拟现实背后所需要的大量数字计算和画面构建，包括实时的交互反馈，都是信息处理的黑洞。要创建一个能让参与者具有身临其境感、具有完善地交互作用能力的虚拟现实系统，在硬件方面，需要高性能的计算机硬件和各类先进的传感器；软件方面，也需要特别先进的处理平台，还要有成熟的画面生成和空间三维的建模能力。

由于计算机从诞生之日起，就在科学技术应用中得到广泛使用，所以也存在了很多半交互或视频画面处理的子系统。

一般来说，虚拟现实技术演变的发展史，大体上可以分为四个阶段：20世纪50年代至70年代，是VR技术的准备阶段；80年代初至80年代中期，是VR技术系统化、开始走出实验室进入实际应用的阶段；80年代末至90年代初，是VR技术迅猛发展的阶段；90年代末至21世纪初，是VR技术逐步由军用走向民用的阶段。

第一阶段，是实现了有声形动态的模拟，这个时期大概是从计算机诞生到20世纪70年代。1965年，美国MortonHeileg公司就开发出一个名为Sensorama的摩托车仿真器，不仅具有三维视频及立体声效果，还能产生风吹的感觉和街道气息，实现了视频、音频和交互的初步探索。1968年，哈佛大学组织开发了第一个计算机图形驱动的头戴式显示器（HMD）及头部位跟踪系统，成为虚拟现实技术发展史上的一个重要里程碑，为虚拟现实技术的发展奠定了基础。

第二阶段，开始形成VR技术的基本概念，开始由实验进入实用阶段，在这之后，虚拟现实作为一个全新的概念，得到了科学性的探索和理论研讨，其重要标志是：1985年在MichaelMcGreevy领导下完成的VIEW虚拟现实系统，装备了数据手套和头部跟踪器，提供了手势、语言等交互手段，使VIEW成为名副其实的虚拟现实系统，成为后来开发虚拟现实的体系结构。其他如VPL公司开发了用于生成虚拟现实的RB2软件和数据手套，为虚拟现实提供了开发工具。

第三阶段，为虚拟现实全面发展阶段。在高性能计算机步入广泛使用之后，特别是游戏和视频显示技术的迅速进步，虚拟现实的理论得到了进一步的完善和广泛应用，虚拟现实技术已经从实验室的试验阶段走向了市场的实用阶段，对虚拟现实技术的研究也从基本理论和

系统构成的研究转向应用中所遇到的具体问题的探讨。不仅出现了各种交互设备，还出现了基本的软件支持环境，用户能够方便地构造虚拟环境，并与虚拟环境进行高级交互。

第四阶段，VR技术在计算机运算能力的支持下，逐步由军用向民用领域过渡。

而当下，应该说是处于最革命性的第五个阶段。因为虚拟现实所需要的各个基础科技，都差不多到了成熟和突破的重要时刻。

还记得曾经轰动一时的谷歌眼镜吗？那个革命性的产品，其实就是高新科技的集大成者。光学、操作系统、交互系统、计算能力、移动化，这些技术的突破，也是虚拟现实技术能够在今天得到迅速发展的原因。

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、高速的视频处理技术、高速移动互联网技术、人工智能反馈系统等，这都是人类科技全面发展的技术成果。

而在虚拟现实这一科学范畴中，也建立了明显有别于其他技术的几个重要特征。

目前，业内普遍认可的虚拟现实，具有以下三个特征，即沉浸、交互、想象。英文单词恰好是三个“I”：“immersion”、“interaction”、“imagination”。

在某种程度上，这三项基本原则或特征，很像科幻作家阿西莫夫提出的“机器人三项原则”，具备超越时代的伦理特征。但也正因为如此，才能更加符合未来虚拟现实带来的社会挑战。

沉浸性（immersion），是指用户作为主角存在于虚拟环境中的真

实程度。

称为虚拟现实的，必然是指用户戴上头戴式显示器显示器和数据手套等交互设备，便可将自己置身于虚拟环境中，成为虚拟环境中的一员。用户与虚拟环境中的各种对象的相互作用，就如同在现实世界中的一样。虚拟环境中，用户一切感觉都是那么逼真，有一种身临其境的感觉。

交互性（interaction），是指用户对模拟环境内物体的可操作程度，以及从环境得到反馈的自然程度。虚拟现实系统中的人机交互是一种近乎自然的交互，用户通过自身的语言、身体运动或动作等自然技能，就能对虚拟环境中的对象进行考察或操作。计算机能根据用户的头、手、眼、语言及身体的运动，来调整系统呈现的图像及声音。

因此，虚拟现实基本上都试图抛弃传统的键盘、鼠标等交互工具，而是通过特殊头戴式显示器、数据手套等传感设备进行交互，目前最新的研究方向，是通过特定的动作捕捉功能，能够判别用户手势，并领会意图。

多感知性（imagination），是指虚拟现实的设备，具备初步的人工智能逻辑分析能力。由于虚拟现实系统中装有视、听、触、动觉的传感及反应装置，因此，用户在虚拟环境中通过人机交互，可获得视觉、听觉、触觉、动觉等多种感知，从而达到身临其境的感受。

总之，虚拟现实的作用，是为了扩展人类的认知与感知能力，建立一种身不能至也能实际体验的一种高级的信息交流。

虚拟现实，是人与技术完美的结合，也是计算机图形学和人工智能技术发展的最高新尖的应用。利用虚拟现实技术的手段，使我们对所研究的对象和环境获得“身临其境”的感受，从而提高人类认知的

广度与深度，拓宽人类认识客观世界的能力和维度，能够更快更好地反映客观世界的实质。

根据虚拟现实的这三个特征，就可以把目前虚拟现实的技术发展方向也进行科学的划分。

根据目前的发展来看，最常见的虚拟现实分类标准，是按照其功能高低来进行划分：桌面级虚拟现实系统（desktopVR），沉浸式虚拟现实系统（immersionVR），分布式虚拟现实系统（distributedVR），增强现实型虚拟现实系统。

最简单的虚拟现实，其实就很像现在的无人机遥控指挥员，这是相对成熟的虚拟现实的实际应用。而未来的科技，应该具备全息数字技术、全实时交互，甚至达到人体做梦般的感官和感触。

桌面级虚拟现实系统，是利用一般性能的计算机，实现简单的仿真，计算机的屏幕作为参与者或用户观察虚拟环境的一个窗口，各种外部设备一般用来驾驭该虚拟环境，并且用于操纵在虚拟场景中的各种物体。

这种方式，就非常符合无人机远程观察和控制的交互系统。由于桌面级虚拟现实系统可以通过桌上型计算机实现，所以成本较低，功能也比较单一，主要用于计算机辅助设计CAD、计算机辅助制造CAM、建筑设计、桌面游戏等领域。

沉浸式虚拟现实系统，就增加了很多人体交互设备，比如360°的头戴式显示器等。

这种系统，一般具备了较好的眼球追踪技术，再配以数据手套和头部跟踪器为交互装置，把用户的视觉、听觉和其他感觉带入一个三维立体的体验环境中去，使用户暂时与真实环境相隔离，而真正成为

虚拟现实系统的一个“实际存在的人”。

这种情况下，用户可以利用各种交互设备操作和驾驭虚拟环境，带来一种充分投入的感觉。沉浸式虚拟现实能让人有身临其境的真实感觉，因此常常用于各种培训演示及高级游戏等领域。但是由于沉浸式虚拟现实系统需要用到头戴式显示器、数据手套、跟踪器等高技术设备，因此它的价格比较昂贵，所需要的软件、硬件体系结构也比桌面级虚拟现实系统更加灵活。一般来说，大多用于飞行员或宇航员的培训工作。

分布式虚拟现实系统，是指在网络环境下，充分利用分布于各地的资源，协同开发各种虚拟现实系统。分布式虚拟现实是沉浸式虚拟现实的发展，它把分布于不同地方的沉浸式虚拟现实系统通过网络连接起来，共同实现某种用途，它使不同的参与者联结在一起，同时参与一个虚拟空间，共同体验虚拟经历，使用户协同工作达到一个更高的境界。在目前，分布式虚拟现实主要基于两种网络平台，一种是基于互联网的虚拟现实；另一种是基于高速专用网的虚拟现实。

简单地说，网络游戏的联网式结构，也类似于这种类型。如果在交互和画面方面得到更大提升的话，经典网络游戏CS，也完全可以将全世界各地的军事爱好者，集中到一场虚拟游戏里，进行一场以假乱真的世界大战。

最后一项，增强现实型虚拟现实系统，又称为混合虚拟现实系统，它是把真实环境和虚拟环境结合起来的一种系统，即可减少构成复杂真实环境的开销，因为部分真实环境由虚拟环境代替，又可对实际物体进行操作，因为部分系统就是真实环境，从而真正达到了亦真亦幻的境界。

但这种虚拟现实，和AR（augmented reality，即增强现实，也称之为混合现实）具有很大的相似性。毕竟，AR也是通过电脑技术，将虚拟的信息应用到真实世界，再把真实的环境和虚拟的物体实时地叠加到了同一个画面或空间同时存在。

目前风靡全球的口袋怪兽游戏，就是AR技术最知名的应用。只是受到技术的局限，AR附加在真实环境之上的，也只是简单粗暴的动画版怪兽而已。

目前来说，虚拟现实最大的问题，还是计算能力。

比如，用户进行位置移动时，计算机能不能立即进行复杂的运算，将精确的3D世界影像传回，并产生临场感。这里面可能需要达到毫秒级的要求。否则的话，如果虚拟画面都是严重延迟，那么人就会产生严重的眩晕感，造成运动的不平衡。

所以，虚拟现实的技术，集成了计算机图形技术、计算机仿真技术、人工智能、传感技术、显示技术、网络并行处理等技术的最新发展成果，每一个方面的发展，都需要达到实用的高性能，其实是对人类整体科技水平提出的一个巨大的挑战。

但目前来说，整个虚拟现实技术，还没有一个统一的认知出现。就像战斗机一样，俄罗斯和美国都根据各自的技术研发特点，给出了不同的技术分级划代的标准。一会儿是五代机，一会儿又是四代机，令人很难分辨清楚。

比如，根据虚拟现实生成的方式，虚拟现实又可以分为基于几何模型的图形构造虚拟现实和基于实景图像的虚拟现实系统；而根据虚拟现实生成器的性能和组成，虚拟现实又可以分为四类：基于PC机的虚拟现实系统、基于工作站的虚拟现实系统、高度平行的虚拟现实系

统、分布式虚拟现实系统；而根据交互界面的不同，还可以分为世界之窗、视频映射、沉浸式系统、遥控系统、混合系统这五类。

虚拟现实，之所以被誉为人类自汽车和计算机之后最伟大的发明，从表面看是彻底改变了人类和真实世界互动的方式，而其本质，是对人类几乎每个方面的技术发展，都提出了苛刻的要求。

一个先进的虚拟现实系统，由很多个模块组成。哪怕是最简单的虚拟现实系统，也要具备以下的几个重点模块。

- 检测模块 检测用户的操作命令，并通过传感器模块作用于虚拟环境
- 反馈模块 接收来自传感器模块信息，为用户提供实时反馈。
- 传感器模块 一方面接收来自用户的操作命令，并将其作用于虚拟环境；另一方面将操作后产生的结果以各种反馈的形式提供给用户。
- 控制模块 对传感器进行控制，使其对用户、虚拟环境和现实世界产生作用。
- 建模模块 获取现实世界组成部分的三维表示，并由此构成对应的虚拟环境。

如果按照工程需求进行分解，虚拟现实系统的一整套系统是这样运作的：用户通过传感装置直接对虚拟环境进行操作，并得到实时三维显示和其他力觉反馈等信息。当系统与外部世界通过传感装置构成反馈闭环时，在用户的控制下，用户与虚拟环境间的交互可以对外部世界产生作用。

在该系统中，主要采用了动态环境建模技术、实时三维图形生成

技术、立体显示和传感器技术及系统集成技术。

然而，这几个方面，恰恰是对科学技术要求最高的地方。人类在中央处理器（CPU）运算能力、显卡画面运算能力等方面，几乎是穷尽全力。

首先，动态环境建模技术，就是对数字运算存在极高要求。使用动态环境建模技术可以获取实际环境的三维数据，并利用获得的三维数据建立相应的虚拟环境模型。该技术是应用计算机技术生成虚拟世界的基础，采用CAD技术或非接触式的视觉建模技术获取三维数据，两者的有机结合可以有效地提高数据获取的效率，但也是要求中最难以达到的。

而实时三维图形生成技术，也是科学高峰。三维图形生成技术的关键，是实时生成并实时显示。如果画面生成远远慢于人类的视觉和行动，就会产生脱节。目前的技术要求是，为了达到实时的目的，在不降低图形的质量和复杂度的前提下，要保证图形刷新率不低于15帧/秒，最好是高于30帧/秒。但是，连一个大型游戏都需要飙到需要水冷的高性能显卡时，可想三维图像生成需要多么强的贴图功能和渲染能力。

虚拟现实的交互能力，主要依靠立体显示和传感器技术。现有的虚拟现实交互技术还远远不能满足系统的需要，虚拟现实设备的跟踪精度和跟踪范围都有待提高。

当然，在可穿戴技术成为人类科技研发主要方向的前提下，这一短板或许会有一天得到改善。但由于虚拟现实中包括了大量的感知信息和模型，因此系统的集成技术变得至关重要。其中每一项，都包括信息同步技术、模型标定技术、数据转换技术、数据管理模型和识别