

第1章 虚拟现实技术概述



【本章导读】

目前虚拟现实技术已经成为计算机相关领域研究、开发与应用的热点。本章将介绍虚拟现实的定义、虚拟现实的本质特征、虚拟现实系统的组成、虚拟现实系统的分类及虚拟现实技术的发展应用等基础知识。学习本章时要多参阅其他书籍中的有关知识。

本章的重点难点：

- (1) 虚拟现实的定义；
- (2) 虚拟现实的本质特征；
- (3) 虚拟现实系统的分类；
- (4) 虚拟现实技术的应用。

随着计算技术、图形技术和网络技术的迅速发展，计算机的应用正在进入一个崭新的阶段。从表 1.1 所示的计算机应用发展的三个阶段可以看出，虚拟现实技术是未来计算机领域最重要的技术之一。

表 1.1 计算机应用的发展阶段

	第 一 阶 段	第 二 阶 段	第 三 阶 段
用户	技术人员	专业人员	消费者
体系结构	主机	个人计算机	网络
显示	文本	2D 图形	虚拟现实
元素	请求 报告	窗口 菜单 图标	场景 替身
控制	文本 键盘	光标 鼠标	发掘 交谈

虚拟现实（Virtual Reality，VR）技术是由美国 VPL 公司创建人拉尼尔（Jaron Lanier）在 20 世纪 80 年代初提出的，但在 20 世纪末才兴起的综合性信息技术。作为一项尖端科技，虚拟现实融合了数字图像处理、计算机图形学、多媒体技术、计算机仿真技术、传感器技术、显示技术和网络并行处理等多个信息技术分支，是一种由计算机生成的高技术模拟系统，从而大大地推进了计算机技术的发展。虚拟现实生成的视觉环境是立体的、音效是立体的、人机交互是和谐友好的，改变了人与计算机之间枯燥、生硬和被动地通过鼠标、键盘进行交互的现状。因此，目前虚拟现实技术已经成为计算机相关领域中继多媒体技术、网络技术及人工智能之后备受人们关注及研究、开发与应用的热点，也是目前发展最快的一项多学科综合技术。

1.1 虚拟现实的基本概念

1.1.1 虚拟现实的定义

虚拟现实是由英文名 Virtual Reality 翻译而来，它的另一个名称为 Virtual Environment（虚

拟环境)。Virtual 是虚假的意思,说明这个世界或环境是虚拟的,不真实的,人造的,是存在于计算机内部的。Reality 是真实的意思,意味着现实的世界或现实的环境。两个词合并起来就是虚拟现实。国内也有人译为“灵境”,灵境是虚幻之所在,也有人译为“幻真”、“临境”。这些译文都说明虚拟现实是人工创作的,由计算机生成的,存在于计算机内部的环境。用户可以通过自然的方式进入此环境,并与环境进行交互,从而产生置身于相应真实环境的虚幻感。

在虚拟现实系统中,环境主要是计算机生成的三维虚拟世界。这种人机交互的环境或者世界通常包括三种情况。

第一种情况是完全对真实世界中的环境进行再现。如虚拟小区对现实小区的虚拟再现、军队中的虚拟战场、虚拟实验室中的各种仪器等,这种真实环境可能已经存在,如图 1.1 所示,也可能是已经设计好但是尚未建成,还可能是原来完好,现在被破坏的。

第二种情况是完全虚拟的,人类主观构造的环境。如影视制作或电子游戏中,三维动画展现的虚拟世界。此环境完全是虚构的,用户可以参与,并与之进行交互的非真实世界。但它的交互性和参与性不是很明显,如图 1.2 所示。



图 1.1 虚拟小区



图 1.2 虚拟人物

第三种情况是对真实世界中人类不可见的现象或环境进行仿真。如分子结构、各种物理现象等。这种环境是真实环境,客观存在的,但是受到人类视觉、听觉的限制不能感应到。一般情况是以特殊的方式(如放大尺度的形式)进行模仿和仿真,使人能够看到,听到或者感受到,体现科学可视化,如图 1.3 所示。

由此,虚拟现实定义为用计算机技术生成一个逼真的三维视觉、听觉、触觉或嗅觉的感官世界,用户可借助一些专业传感设备,如传感头盔、数据手套等,完全融入虚拟空间,成为虚拟环境的一员,实时感知和操作虚拟世界中的各种对象,从而获得置身于相应的真实环境中的虚幻感,沉浸感,身临其境的感觉。在某种角度上,可以把它看成一个更高层次的计算机用户接口技术,通过视觉、听觉、触觉等信息通道来感受设计者的思想。此概念包含三层含义:

1. 环境

虚拟现实强调环境,而不是数据和信息。简言之,虚拟现实不仅重视文本、图形、图像、声音、语言等多种媒体元素,更强调综合各种媒体元素形成的环境效果。它以环境为计算机



图 1.3 二氧化硅的分子示意图

处理的对象和人机交互的内容，开拓计算机应用的新思路。

2. 主动式交互

虚拟现实强调的交互方式是通过专业的传感设备来实现的，改进了传统的人机接口形式，即打破传统的键盘、鼠标、屏幕被动地与计算机交互的方式。用户可以由视觉、听觉、触觉通过头盔显示器，立体眼镜、耳机以及数据手套等来感知和参与。虚拟现实人机接口是完全面向用户来设计的，用户可以通过在真实世界中的行为参与到虚拟环境中。

3. 沉浸感

虚拟现实强调的效果是沉浸感，即使人产生身临其境的感觉。传统交互方式，人被动、间接、非直觉、有限地操作当前计算机，容易产生疲倦感。而虚拟现实系统通过相关的设备，采用逼真的感知和自然的动作，使人仿佛置身于真实世界，消除了人的枯燥、生硬和被动的感觉，大大提高了工作效率。

1.1.2 虚拟现实的本质特征

Grigore Burdea 和 Philippe Coiffet 在著作《Virtual Reality Technology》一书中指出，虚拟现实具有三个最突出的特征：沉浸感（Immersion）、交互性（Interactivity）和构想性（Imagination），也是人们熟知的 VR 的 3I 特性，如图 1.4 所示。

1. 沉浸感

沉浸感（Immersion）又称临场感，是虚拟现实最重要的技术特征，是指用户借助交互设备和自身感知觉系统，置身于虚拟环境中的真实程度。理想的虚拟环境应该使用户难以分辨真假，使用户全身心地投入到计算机创建的三维虚拟环境中，该环境中的一切看上去是真的，听上去是真的，动起来是真的，甚至闻起来、尝起来等一切感觉都是真的，如同在现实世界。

在现实世界中，人们通过眼睛、耳朵、手指等器官来实现感知。所以，在理想的状态下，虚拟现实技术应该具有人所具有的感知功能。即虚拟的沉浸感不仅通过人的视觉和听觉感知，还可以通过嗅觉和触觉等多维地去感受。相应地提出了视觉沉浸、听觉沉浸、触觉沉浸和嗅觉沉浸等，也就对相关设备提出了更高的要求。例如视觉显示设备需具备分辨力高、画面刷新频率快的特点，并提供具有双目视差，覆盖人眼可视的整个视场的立体图像；听觉设备能够模拟自然声、碰撞声，并能根据人耳的机理提供判别声音方位的立体声；触觉设备能够让用户体验抓、握等操作的感觉，并能够提供力反馈，让用户感受到力的大小、方向等。

2. 交互性

交互性（Interaction）是指用户通过使用专门的输入和输出设备，用人类的自然感知对虚拟环境内物体的可操作程度和从环境得到反馈的自然程度。虚拟现实系统强调人与虚拟世界之间以近乎自然的方式进行交互，即用户不仅通过传统设备（键盘和鼠标等）和传感设备（特殊头盔、数据手套等），使用自身的语言、身体的运动等自然技能也能对虚拟环境中的对象进行操作，而且计算机能够根据用户的头、手、眼、语言及身体的运动来调整系统呈现的图像及声音。例如，用户可以用手去直接抓取虚拟环境中虚拟的物体，不仅有握着东西的感觉，并能感觉物体的重量，视场中被抓的物体也能立刻随着手的移动而移动。

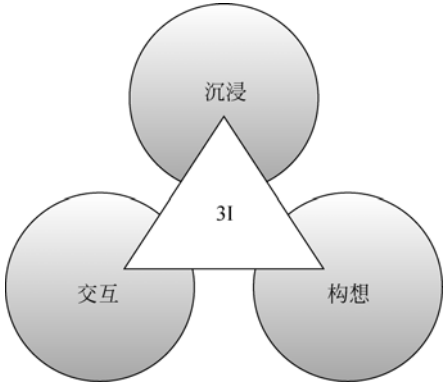


图 1.4 虚拟现实的 3I 特征

3. 构想性

构想性 (Imagination) 又称创造性, 是虚拟世界的起点。想象力使设计者构思和设计虚拟世界, 并体现出设计者的创造思想。所以, 虚拟现实系统是设计者借助虚拟现实技术, 发挥其想象力和创造性而设计的。比如建造一座现代化的桥梁之前, 设计师要对其结构做细致的构思。传统的方法是极少数内行人花费大量的时间和精力去设计许多量化的图纸。而现在采用虚拟现实技术进行仿真, 设计者的思想以完整的桥梁呈现出来, 简明生动, 一目了然。所以有些学者称虚拟现实为放大或夸大人们心灵的工具, 或人工现实 (Artificial Reality), 即虚拟现实的想象性。

综上所述, 虚拟现实的三个特性——沉浸感、交互性、构想性, 生动地说明虚拟现实对现实世界不仅是对三维空间和一维时间的仿真, 而且是对自然交互方式的虚拟。具有 3I 特性的完整虚拟现实系统不仅让人达到身体上完全的沉浸, 而且精神上也是完全地投入其中。

1.1.3 虚拟现实系统的组成

根据虚拟现实的基本概念及相关特征可知, 虚拟现实技术是融合计算机图形学、智能接口技术、传感器技术和网络技术等技术。虚拟现实系统应具备与用户交互、实时反映所交互的结果等功能。所以, 一般的虚拟现实系统主要由专业图形处理计算机、应用软件系统、输入输出设备和数据库来组成, 如图 1.5 所示。

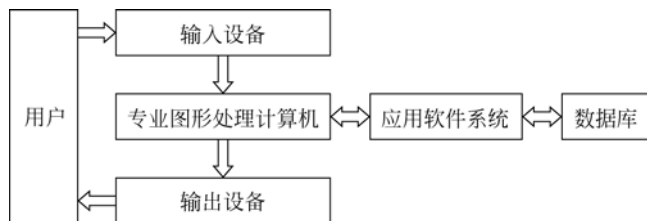


图 1.5 虚拟现实系统的组成

1. 专业图形处理计算机

计算机在虚拟现实系统中处于核心的地位, 是系统的核心, 是 VR 的引擎, 主要负责从输入设备中读取数据、访问与任务相关的数据库, 执行任务要求的实时计算, 从而实时更新虚拟世界的状态, 并把结果反馈给输出显示设备。由于虚拟世界是一个复杂的场景, 系统很难预测所有用户的动作, 也就很难在内存中存储所有相应状态, 因此虚拟世界需要实时绘制和删除, 以至于大大地增加了计算量, 这对计算机的配置提出了极高的要求。

提示: 目前, 国内外的计算机或者 SGI、SUN 工作站, 主要是面向通用的计算, 而不是虚拟现实。通常各制造商通过采用高端的图形加速器卡来改造现有的模型, 以满足虚拟现实的实时绘制能力。

2. 应用软件系统

虚拟现实的应用软件系统是实现 VR 技术应用的关键, 提供了工具包和场景图, 主要完成虚拟世界中对象的几何模型、物理模型、行为模型的建立和管理; 三维立体声的生成、三维场景的实时绘制; 虚拟世界数据库的建立与管理等。目前这方面国外的软件较成熟, 如 MultiGen Creator、VEGA、EON Studio 和 Virtool 等。国内的软件也有一些比较好用的软件, 例如中视典公司的 VRP 软件等。

3. 数据库

数据库用来存放整个虚拟世界中所有对象模型的相关信息。在虚拟世界中, 场景需要实时

绘制，大量的虚拟对象需要保存、调用和更新，所以需要数据库对对象模型进行分类管理。

4. 输入设备

输入设备是虚拟现实系统的输入接口，其功能是检测用户的输入信号，并通过传感器输入计算机。基于不同的功能和目的，输入设备除了包括传统的鼠标、键盘外，还包括用于手姿输入的数据手套、身体姿态的数据衣、语音交互的麦克风等，以解决多个感觉通道的交互。

5. 输出设备

输出设备是虚拟现实系统的输出接口，是对输入的反馈，其功能是由计算机生成的信息通过传感器传给输出设备，输出设备以不同的感觉通道（视觉、听觉、触觉）反馈给用户。输出设备除了包括屏幕外，还包括声音反馈的立体声耳机、力反馈的数据手套以及大屏幕立体显示系统等。

1.2 虚拟现实系统的分类

根据用户参与和沉浸感的程度，通常把虚拟现实分成 4 大类：桌面虚拟现实系统、沉浸式虚拟现实系统、增强虚拟现实系统和分布式虚拟现实系统。

1.2.1 桌面虚拟现实系统

桌面虚拟现实系统（Desktop VR）基本上是一套基于普通PC平台的小型桌面虚拟现实系统。使用个人计算机（PC）或初级图形PC工作站去产生仿真，计算机的屏幕作为用户观察虚拟环境的窗口。用户坐在PC显示器前，戴着立体眼镜，并利用位置跟踪器、数据手套或者 6 个自由度的三维空间鼠标等设备操作虚拟场景中的各种对象，并可以在 360° 范围内浏览虚拟世界。然而用户是不完全投入的，因为即使戴上立体眼镜，屏幕的可视角也仅仅是 $20^\circ \sim 30^\circ$ 之间，仍然会受到周围现实环境的干扰。如图 1.6 所示。有时为了增强桌面虚拟现实系统的投入效果，在桌面虚拟现实系统中还会借助于专业的投影机（RGB），达到增大屏幕范围和多数人观看的目的。桌面虚拟现实系统的体系结构如图 1.7 所示。



图 1.6 桌面虚拟现实系统

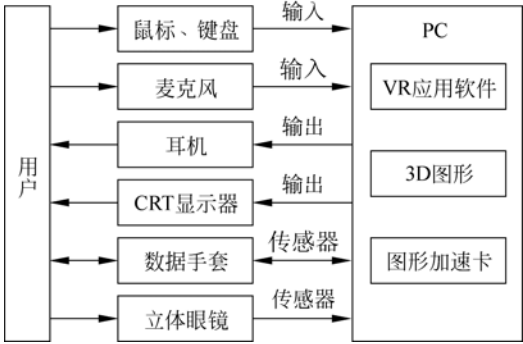


图 1.7 桌面虚拟现实系统的体系结构

桌面虚拟现实系统虽然缺乏头盔显示器的投入效果，但已经具备了虚拟现实技术的技术要求，并且其成本相对低很多，所以目前应用较为广泛。例如，高考结束的学生在家里可以参观未来大学里的基础设施，如学校里的虚拟校园、虚拟教室和虚拟实验室等；虚拟小区、虚拟样板房不仅为买房者带来了便利，也为商家带来了利益。桌面虚拟显示系统主要用于计

算机辅助设计、计算机辅助制造、建筑设计、桌面游戏、军事模拟、生物工程、航天航空、医学工程和科学可视化等领域，如图 1.8～图 1.11 所示。



图 1.8 虚拟古建筑



图 1.9 虚拟游戏



图 1.10 生物研究

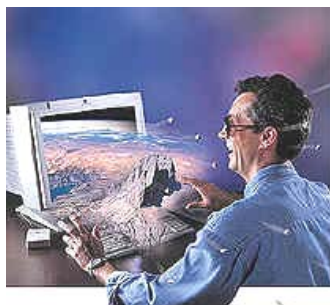


图 1.11 地理研究

1.2.2 沉浸式虚拟现实系统

沉浸式虚拟现实系统（Immersive VR）是一种高级的、较理想、较复杂的虚拟现实系统。它采用封闭的场景和音响系统将用户的视听觉与外界隔离，使用户完全置身于计算机生成的环境之中，用户通过利用空间位置跟踪器、数据手套和三维鼠标等输入设备输入相关数据和命令，计算机根据获取的数据测得用户的运动和姿态，并将其反馈到生成的视景中，使用户产生一种身临其境、完全投入和沉浸于其中的感觉。沉浸式虚拟现实系统的体系结构如图 1.12 所示。

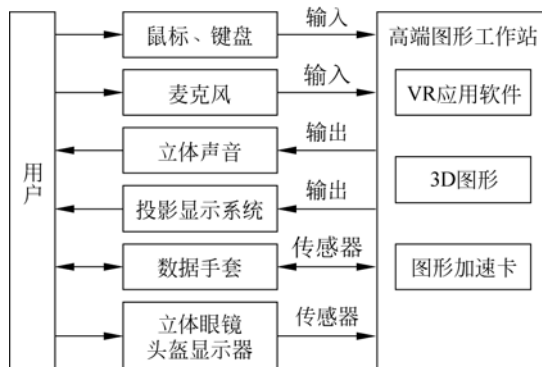


图 1.12 沉浸式虚拟现实系统的体系结构

1. 沉浸式虚拟现实系统的特点

沉浸式虚拟现实系统与桌面虚拟现实系统相比，具有以下特点。

(1) 具有高度的实时性。即当用户转动头部改变观察点时, 空间位置跟踪设备及时检测并输入计算机, 由计算机计算, 快速地输出相应的场景。为使场景快速平滑地连续显示, 系统必须具有足够小的延迟, 包括传感器的延迟, 计算机计算延迟等。

(2) 具有高度的沉浸感。沉浸式虚拟现实系统必须使用户与真实世界完全隔离, 不受外界干扰, 依据相应的输入和输出设备, 完全沉浸到环境中。

(3) 具有先进的软硬件。为了提供“真实”的体验, 尽量减少系统的延迟, 必须尽可能利用先进的、相容的硬件和软件。

(4) 具有并行处理的功能。这是虚拟现实的基本特性, 用户的每一个动作都涉及多个设备综合应用, 例如手指指向一个方向并说: “那里!”, 会同时激活三个设备: 头部跟踪器, 数据手套及语音识别器, 产生三个同步事件。

(5) 具有良好的系统整合性。在虚拟环境中, 硬件设备互相兼容, 并与软件系统很好地结合, 相互作用, 构造一个更加灵巧的虚拟现实系统。

沉浸式虚拟现实系统的优点是用户可完全沉浸到虚拟世界中。例如, 在消防仿真演习系统中, 消防员会沉浸于极度真实的火灾场景并做出不同反应。但有一个很大的缺点是系统设备尤其是硬件价格相对较高, 难以大规模普及推广。

沉浸式虚拟现实主要依赖于各种虚拟现实硬件设备, 如头盔显示器、舱型模拟器、投影虚拟现实设备和其他的一些手控交互设备等。参与者戴上头盔显示器后, 外部世界就被有效地屏蔽在视线以外, 其仿真经历要比桌面虚拟现实更可信, 更真实。

2. 沉浸式虚拟现实系统的类型

常见的沉浸式虚拟现实系统有头盔式虚拟现实系统、洞穴式虚拟现实系统、座舱式虚拟现实系统、投影式虚拟现实系统和远程存在系统等。

(1) 头盔式虚拟现实系统。采用头盔显示器实现单用户的立体视觉、听觉的输出, 使人完全沉浸其中, 如图 1.13 所示。

(2) 洞穴式虚拟现实系统 (CAVE)。该系统是一种基于多通道视景同步技术和立体显示技术的房间式投影可视协同环境, 可提供一个房间大小的四面 (或六面) 立方体投影显示空间, 供多人参与, 所有参与者均完全沉浸在一个被立体投影画面包围的高级虚拟仿真环境中, 借助相应虚拟现实交互设备 (如数据手套、力反馈装置、位置跟踪器等), 从而获得一种身临其境的高分辨率三维立体视听影像和 6 个自由度的交互感受, 如图 1.14 所示。



图 1.13 头盔显示器系统



图 1.14 洞穴式虚拟现实系统

(3) 座舱式虚拟现实系统。座舱是一种最为古老的虚拟现实模拟器。当用户进入座舱后, 不用佩戴任何现实设备, 就可以通过座舱的窗口观看一个虚拟境界。该窗口由一个或多个计

算机显示器或视频监视器组成，用来显示虚拟场景。

提示：这种座舱给参与者提供的投入程度类似于头盔显示器。

(4) 投影式虚拟现实系统。该系统是采用一个或多个大屏幕投影来实现大画面的立体视觉和听觉效果，使多个用户同时具有完全投入的感觉，如图 1.15 和图 1.16 所示。



图 1.15 环幕投影式虚拟现实系统



图 1.16 球面体投影系统

(5) 远程存在系统。远程存在是一种远程控制形式，用户虽然与某个真实现场相隔遥远，但可以通过计算机和电子装置获得足够的感觉现实和交互反馈，恰似身临其境，并可以介入对现场进行遥操作。此系统需要一个立体显示器和两台摄像机生成三维图像，这种图像使得操作员有一种深度的感觉，观看的虚拟境界更清晰、真实。

1.2.3 增强虚拟现实系统

增强虚拟现实系统 (Aggrandize VR) 的产生得益于 20 世纪 60 年代以来计算机图形学技术的迅速发展，是近年来国内外众多知名学府和研究机构的研究热点之一。它是借助计算机图形技术和可视化技术产生现实环境中不存在的虚拟对象，并通过传感技术将虚拟对象准确“放置”在真实环境中，借助显示设备将虚拟对象与真实环境融为一体，并呈现给使用者一个感官效果真实的新环境。因此增强虚拟现实系统具有虚实结合、实时交互和三维注册的新特点。即把真实环境和虚拟环境组合在一起的一种系统，它既允许用户看到真实世界，同时也可以看到叠加在真实世界的虚拟对象，这种系统既可减少对构成复杂真实环境的计算，又可对实际物体进行操作，真正达到亦真亦幻的境界。

在视觉化的增强现实系统中，用户利用头盔显示器，把真实世界与计算机图形多重合成在一起，便可以看到真实的世界围绕着它。其实增强虚拟现实系统不仅仅局限在视觉上对真实场景进行增强，实际上任何不能被人的感官所察觉但却能被机器（各种传感器）检测到的信息，通过转化，以人可以感觉到的方式（图像、声音、触觉和嗅觉等）叠加到人所处的真实场景中，都能起到对现实的增强作用。

常见的增强虚拟现实系统主要包括基于台式图形显示器的系统；基于单眼显示器的系统；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。

增强虚拟现实系统的最大特点不是把用户与真实世界隔离，而是将真实世界和虚拟世界融为一体，用户可以与两个世界进行交互，方便工作。例如，工程技术人员在进行机械安装、维修、调试时，通过头盔显示器，可以将原来不能呈现的机器内部结构以及它的相关信息、

数据完全呈现出来，并按照计算机（移动计算机）的提示进行工作，解决技术难题，使工作变得非常方便、快捷、准确。摒弃了以前需要带着大量、笨重的资料在身边，边工作，边查阅，一旦出现难题、紧急情况，不知所措的落后的方法和现象。

增强现实是在虚拟环境与真实世界之间的沟壑间架起的一座桥梁。因此，增强现实的应用潜力相当巨大，在尖端武器、飞行器的研制与开发、数据模型的可视化、虚拟训练、娱乐与艺术等领域具有广泛的应用，而且由于其具有能够对真实环境进行增强显示输出的特性，在医疗研究与解剖训练、精密仪器制造和维修、军用飞机导航、工程设计和远程机器人控制等领域具有比其他 VR 技术更加明显的优势。图 1.17 所示为增强现实手机导航，该手机用户通过晃动三下手机调出一个叫做“单眼镜”的视图，通过 GPS 和指南针在屏幕上显示饭馆、酒吧和附近其他商家的标签。通过手机还可以发现用户所在位置附近的公司，并且可以在相应网页上找到这些地方的点评。

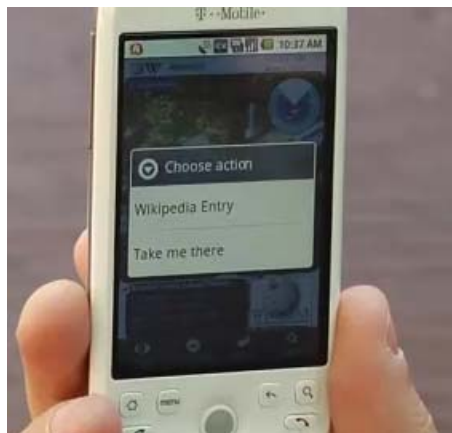


图 1.17 增强现实手机导航

1.2.4 分布式虚拟现实系统

分布式虚拟现实系统 (Distributed VR) 的研究开发工作可追溯到 20 世纪 80 年代初。1983 年，美国国防部 (DOD) 制定了 SIMENT 的研究计划；1985 年，SGI 公司开发成功了网络 VR 游戏 DogFlight。到了 20 世纪 90 年代，一些著名大学和研究所的研究人员也开展了对分布式虚拟现实系统的研究工作，并陆续推出了多个实验性分布式虚拟现实系统或开发环境，典型的例子有 1990 年美国 NPS 开发的 NPSNET，1992 年美国斯坦福大学的 PARADISE/Inverse 系统，1993 年瑞典计算机科学研究所的 DIVE 以及加拿大 Albert 大学的 MR 工具库，1994 年新加坡国立大学的 BrickNet 以及英国 Nottingham 大学的 AVIARY。

分布式虚拟现实系统是一个基于网络的可供异地多用户同时参与的分布式虚拟环境。在这个环境中，位于不同物理环境位置的多个用户或多个虚拟环境通过网络相连接，使多个用户同时参加一个虚拟现实环境，通过计算机与其他用户进行交互，共享信息，并对同一虚拟世界进行观察和操作，以达到协同工作的目的。

分布式虚拟现实系统具有以下特征。

- (1) 共享的虚拟工作空间；
- (2) 伪实体的行为真实感；
- (3) 支持实时交互，共享时钟；
- (4) 多个用户以多种方式相互通信；
- (5) 资源信息共享以及允许用户自然操作环境中的对象。

分布式虚拟现实系统是基于网络的虚拟环境，在这个环境中，位于不同物理环境位置的多个用户或多个虚拟环境通过网络相联结。根据分布式系统环境下所运行的共享应用系统的个数，可把 DVR 系统分为集中式结构和复制式结构两种。

集中式结构是只在中心服务器上运行一份共享应用系统，该系统可以是会议代理或对话管理进程。中心服务器的作用是对多个参与者的输入输出操作进行管理，允许多个参与者信

息共享。它的特点是结构简单,容易实现,但对网络通信带宽有较高的要求,并且高度依赖于中心服务器。

复制式结构是在每个参与者所在的机器上复制中心服务器,这样每个参与者进程都有一份共享应用系统。服务器接收来自于其他工作站的输入信息,并把信息传送到运行在本地机上的应用系统中,由应用系统进行所需要的计算并产生必要的输出。它的优点是所需网络带宽较小。另外,由于每个参与者只与应用系统的局部备份进行交互,因此交互式响应效果好。但它比集中式结构复杂,在维护共享应用系统的多个备份的信息或状态一致性方面比较困难。

分布式虚拟现实系统的设计与实现必须考虑以下因素。

(1) 网络带宽的发展。网络带宽是虚拟世界大小和复杂度的一个决定因素。当用户增加时,网络的延迟就会明显,带宽的需求也随之增加。

(2) 先进的硬件设备和软件技术。为了减少数据传输的延迟,实现实时操作,增强真实感,必须采用兼容的先进的硬件设备。例如改进路由器和交换技术、使用快速交换接口和对计算机进行硬件升级。

(3) 分布机制。分布机制直接影响系统的可扩充性。常用的消息发布方法为广播、多播和单播。其中,多播机制允许任意大小的组在网上进行通信,它能为远程会议系统和分布式仿真应用系统提供一对多和多对多的消息发布服务。

(4) 可靠性。在增加通信带宽和减少通信延迟这两方面进行折中时,应考虑通信的可靠性问题。可靠性是能够顺利通信的保证之一,它由具体的应用需求来决定。有些协议有较高的可靠性,但传输速度慢,反之亦然。

分布式虚拟现实的典型实例是在军事训练中应用的 **SIMNET** 系统。此系统中军队被布置在与实际车辆和指挥中心相同的位置,它们可以看到一个有山、树、云彩、硝烟、道路以及由其他部队操纵的车辆模拟现场。这些由实际人员操纵的车辆可以相互射击,系统利用无线电通信和声音效果来加强真实感。系统的每个用户可以通过环境视点来观察别人的举动。炮火的显示极为逼真,用户可以看到被攻击部队炸毁的情况。**SIMNET** 系统可将多达 1000 个部队用网络连接起来。因此,**SIMNET** 被称为第一个廉价而又实用的模拟网络系统,它可以用来训练坦克、直升机以及战斗演习,并训练部队之间的协同作战能力。

目前,分布式虚拟现实系统在远程教育、科学计算可视化、工程技术、建筑、电子商务、交互式娱乐和艺术等领域都有着极其广泛的应用前景。利用它可以创建多媒体通信、设计协作系统、实境式电子商务、网络游戏和虚拟社区全新的应用系统。

1.3 虚拟现实的发展和现状

1.3.1 虚拟现实的发展历程

计算机技术的发展促进了多种技术的飞速发展。虚拟现实技术跟其他技术一样,由于技术的要求和市场需求也随即发展起来。在这个漫长的过程中,主要经历了以下三个阶段:

1. 20 世纪 50 年代—70 年代,虚拟现实技术的探索阶段

1956 年,在全息电影技术的启发下,美国电影摄影师 **Morton Heiling** 开发了 **Sensorama**。**Sensorama** 是一个多通道体验的显示系统。用户可以感知到事先录制好的体验,包括景观、声音和气味等。

1960年, Morton Heiling 研制的 Sensorama 的立体电影系统获得了美国专利, 此设备与20世纪90年代的HMD非常相似, 只能供一个人观看, 具有多种感官刺激的立体显示设备。

1965年, 计算机图形学的奠基者美国科学家 Ivan Sutherland 博士在国际信息处理联合会上提出了 The Ultimate Display (终极的显示) 的概念, 首次提出了全新的、富有挑战性的图形显示技术, 即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, 而是使观察者直接沉浸在计算机生成的虚拟世界中, 就像生活在客观世界中。随着观察者随意转动头部与身体, 其所看到的场景就会随之发生变化, 也可以用手、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, 使观察者有一种身临其境的感觉。

1968年, 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个头盔式显示器。

20世纪70年代, Ivan Sutherland 在原来的基础上把模拟力量和触觉的力反馈装置加入到系统中, 研制出了一个功能较齐全的头盔式显示器系统。该显示器使用类似于电视机显像管的微型阴极射线管(CRT)和光学器件, 为每只眼镜显示独立的图像, 并提供与机械或超声波跟踪器的接口。

1976年, Myron Kruger 完成了 Videoplace 原型, 它使用摄像机和其他输入设备创建了一个由参与者动作控制的虚拟世界。

2. 20世纪80年代初期—中期, 虚拟现实技术系统化, 从实验室走向实用阶段

20世纪80年代, 美国的VPL公司创始人 Jaron Lanier 正式提出了 Virtual Reality 一词。当时, 研究此项技术的目的是提供一种比传统计算机模拟更好的方法。

1984年, 美国宇航局 NASA 研究中心虚拟行星探测实验室开发了用于火星探测的虚拟世界视觉显示器, 将火星探测器发回的数据输入计算机, 为地面研究人员构造火星表面的三维虚拟世界。

3. 20世纪80年代末期至今, 虚拟现实技术高速发展的阶段

1996年10月31日, 世界上第一个虚拟现实技术博览会在伦敦开幕。全世界的人们可以通过因特网坐在家中参观这个没有场地, 没有工作人员, 没有真实展品的虚拟博览会。

1996年12月, 世界上第一个虚拟现实环球网在英国投入运行。这样, 因特网用户便可以在一个由立体虚拟现实世界组成的网络中遨游, 身临其境般地欣赏各地风光、参观博览会和在大学课堂听讲座等。

目前, 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极大地推动了虚拟现实技术的发展, 使基于大型数据集合的声音和图像的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地出现在市场上, 为虚拟现实系统的发展打下了良好的基础。

1.3.2 国外虚拟现实技术的研究现状

美国是虚拟现实技术研究的发源地, 其研究水平基本就代表国际虚拟现实发展的水平。近年来, 虚拟现实在美国航空航天和军事领域的若干成功应用获得了巨大经济效益和社会效益, 促使美国政府进一步加大对虚拟现实技术研究的支持力度。

在军事领域, 虚拟现实在武器系统的性能评价和设计、操纵训练和大规模军事演习及战役指挥方面发挥了重要作用, 并产生了巨大的经济效益。美国已初步建成一些洲际范围的分布式虚拟环境, 并将有人操纵和半自主兵力引入虚拟的战役空间, 在世界上处于领先地位。

美国空军技术研究所 (Air Force Institute of Technology) 主要研究人类因素的检测、计算机图形学以及与大規模分布综合环境应用有关的人机交互问题, 尤其是研究培养实际操作人员的环境。其目标是实现在大規模、复杂的环境中, 活动者在明确的目标的驱动下, 主动采取行动的过程。海军研究生院图形和图像实验室 (Naval Postgraduate School Graphics and Video laboratory) 主要研究基于网络化虚拟环境的交互仿真开发低价格模拟器。目前正在研制一种便宜、实时网络化的飞行模拟器NPSNET 4, 它使用SIMNET和分布式交互仿真两种协议进行主机之间的通信。美国陆军研究所 (U.S.Army Research Institute) 从事虚拟环境的行为科学和计算机科学两方面的研究, 并在美国陆军委员会支持下用于战斗训练的仿真电子战场的应用中发挥着重要作用。密西根大学 (University of Michigan) 承担了SOAR项目, 其目的是通过提供改进的空军仿真兵力来扩充LORAL MODSAF。这一计划将使美国国防部在虚拟战役仿真中具有智能化和难以战胜, 同时具备时态推理能力、多目标管理和传感能力, 使管理和操纵虚拟兵力的人减至最少。

在航天领域, 美国宇航局 (NASA) 已经建立了航空、卫星维护VR训练系统, 空间站VR训练系统, 并且建立了可供全国使用的VR教育系统。北卡罗来纳大学 (UNC) 是进行VR研究最早的大学, 他们主要研究分子建模、航空驾驶、外科手术仿真和建筑仿真等。乔治梅森大学研制出一套在动态虚拟环境中的流体实时仿真系统。施乐公司研究中心在VR领域主要从事利用VRT建立未来办公室的研究, 并努力设计一项基于VR使得数据存取更容易的窗口系统。波音公司的波音 777 运输机采用全无纸化设计, 利用开发的虚拟现实系统将虚拟环境叠加于真实环境之上, 把虚拟的模板显示在正在加工的工件上, 工人根据此模板控制待加工尺寸, 从而简化加工过程。

在欧洲, 英国在 VR 开发的某些方面, 特别是分布并行处理、辅助设备 (包括触觉反馈) 设计和应用研究方面是领先的。英国 Bristol 公司发现, VR 应用的交点应集中在整体综合技术上, 在软件和硬件的某些领域处于领先地位。英国 ARRL 公司关于远地呈现的研究实验, 主要包括 VR 重构问题, 其产品还包括建筑和科学可视化计算。

欧洲其他一些较发达的国家如荷兰、德国和瑞典等也积极进行 VR 的研究与应用。

瑞典的 DIVE 分布式虚拟交互环境是一个基于 UNIX 的, 不同节点上的多个进程可以在同一个世界中工作的异质分布式系统。

荷兰海牙TNO研究所的物理电子实验室 (TNO-PEL) 开发的训练和模拟系统, 通过改进人机界面来改善现有的模拟系统, 以使用户完全介入模拟环境。

德国在 VR 的应用方面取得了出乎意料成果。在改造传统产业方面, 一是用于产品设计、降低成本, 避免新产品开发的风险; 二是产品演示, 吸引客户争取定单; 三是用于培训, 在新生产设备投入使用前, 用虚拟工厂来提高工人的操作水平。

2008 年 10 月 27—29 日在法国举行的 ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology 大会, 整体上促进了虚拟现实技术的深入发展。

日本的虚拟现实技术的发展在世界相关领域的研究中同样具有举足轻重的地位, 它在建立大規模VR知识库和虚拟现实的游戏方面取得了很大的成就。

东京技术学院精密和智能实验室研究了一个用于建立三维模型的人性化界面, 称为 SpmAR。NEC公司开发了一种虚拟现实系统, 借助代用手来处理CAD中的三维形体模型, 通过数据手套把对模型的处理与操作者的手联系起来; 日本国际工业和商业部产品科学研究院开发了一种采用X、Y记录器的受力反馈装置; 东京大学的高级科学研究中心的研究重点主要

集中在远程控制方面，最近的研究项目是可以使用户控制远程摄像系统和一个模拟人手的随动机械人手臂的主从系统；东京大学广濑研究室重点研究虚拟现实的可视化问题，他们正在开发一种虚拟全息系统，用于克服当前显示和交互作用技术的局限性；日本奈良尖端技术研究生院大学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放到鼻尖上一闻，装置就会在鼻尖处放出水果的香味，这是虚拟现实技术在嗅觉研究领域的一项突破。

除了前面所提到的使用相关设备而实现的虚拟现实外，近几年流行的 3D 街画也是一种虚拟现实。3D 街画是使用彩色粉笔或者蜡笔来作画，所以又称作粉笔画、3D 街面粉质画。它是一种极具视觉冲击的变形艺术，利用特殊的透视原理，使用复杂的几何作画，通过彩笔勾擦揉抹，产生清新明丽、丰富细腻的色彩效果，在街头地面或墙面上创造出逼真虚拟的复杂的场景物体，也可以精细入微地刻画形象的质地肌理。站在特定的角度位置可以达到以假乱真、形象逼真的感官效果和身临其境的感受。3D 街画被国家地理杂志誉为一种全新的艺术形式。图 1.18 和图 1.19 所示为 3D 街画大师 Kurt Wenner 的作品。



图 1.18 游乐场街画



图 1.19 室内街画

1.3.3 国内虚拟现实技术的研究现状

我国虚拟现实技术研究起步较晚，与发达国家还有一定的差距。随着计算机图形学、计算机系统工程等技术的高速发展，虚拟现实已得到国家有关部门和科学家们的高度重视，引起我国各界人士的关注，研究与应用。根据我国的国情，九五规划、国家自然科学基金会、国家高技术研究发展计划已将虚拟现实技术的研究列为重点研究项目。国内许多研究机构 and 高校也都在进行虚拟现实的研究和应用并取得了一些不错的研究成果。目前，我国虚拟现实技术在城市规划、教育培训、文物保护、医疗、房地产、因特网、勘探测绘、生产制造和军事航天等数十个重要的行业得到广泛的应用。

北京航空航天大学计算机系是国内最早进行 VR 研究、最有权威的单位之一，其虚拟现实与可视化新技术研究室集成了分布式虚拟环境，可以提供实时三维动态数据库、虚拟现实演示环境、用于飞行员训练的虚拟现实系统、虚拟现实应用系统的开发平台等，并着重研究虚拟环境中物体物理特性的表示与处理；在虚拟现实中的视觉接口方面开发出部分硬件，并提出有关算法及实现方法等。

清华大学国家光盘工程研究中心所作的“布达拉宫”采用了 QuickTime 技术，实现大全景 VR 系统。

浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室开发了一套桌面型虚拟建筑环境实时漫游系统,还研制出在虚拟环境中一种新的快速漫游算法和一种递进网格的快速生成算法。

哈尔滨工业大学计算机系已经成功地合成人的高级行为中的特定人脸图像,解决了表情的合成和唇动合成技术问题,并正在研究人说话时手势和头势的动作、语音和语调的同步等。

武汉理工大学智能制造与控制研究所主要研究使用虚拟现实技术进行机械虚拟制造,包括虚拟布局、虚拟装配和产品原型快速生成等。

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这一关键技术进行了研究。在借鉴人类视觉特性的基础上提出了一种基于 JPEG 标准压缩编码新方案,并获得了较高的压缩比、信噪比以及解压速度,并且已经通过实验结果证明了这种方案的优越性。

中国科技开发院威海分院主要研究虚拟现实中的视觉接口技术,完成了虚拟现实中的体视图像的算法回显及软件接口。在硬件的开发上已经完成 LCD 红外立体眼镜,并且已经实现商品化。

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,中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。关于虚拟现实的研究已经完成了两个“863”项目,完成了体视动画的自动生成部分算法与合成软件处理,完成了 VR 图像处理与演示系统的多媒体平台及相关的音频资料库,制作了一些相关的体视动画光盘。

另外,北京邮电大学自动化学院、西北工业大学 CAD/CAM 研究中心、上海交通大学图像处理模式识别研究所、长沙国防科技大学计算机研究所、华东船舶工业学院计算机系、安徽大学电子工程与科学系等单位也进行了一些研究工作和尝试。

除了高等学府对此的研究外,我国在最近几年涌现出许多从事虚拟现实技术的公司。

中视典数字科技有限公司是从事虚拟现实与仿真、多媒体技术、三维动画研究与开发的专业机构,是国际领先的虚拟现实技术整体解决方案供应商和相关服务提供商,2006 年入选中国软件自主创新 100 强企业行列,提供的产品有虚拟现实编辑器 (VRP-Builder)、数字城市仿真平台 (VRP-Digicity)、物理模拟系统 (VRP-Physics)、三维网络平台 (VRPIE)、工业仿真平台 (VRP-Indusim)、旅游网络互动教学创新平台系统 (VRP-Travel)、三维仿真系统开发包 (VRP-SDK) 以及多通道环幕立体投影解决方案等,能够满足不同领域不同层次的对虚拟现实的需求。目前是国内市场占有率最高的一款国产虚拟现实平台软件,已有超过 300 所重点理工科和建筑类院校采购了 VRP 虚拟现实平台及其相关硬件产品,例如清华大学电机系、上海同济大学建筑学院、中国传媒大学动画学院、天津大学水利工程学院、青岛海洋大学、武汉理工大学和山东理工大学等,在教学和科研中发挥了重要的作用。

北京阳光中图数字技术有限公司以计算机三维图形技术为核心,业务范围涵盖图形仿真、地质学工程三维仿真、地理三维可视化城市信息统计应用、地理资源三维建模与资源管理、虚拟现实、三维动画及多媒体信息产业等应用领域。

北京优联威迅科技发展有限公司是以清华大学工业系仿真实验室雄厚的技术开发实力为基础,以开发和制作适合中国虚拟仿真市场的仿真系统解决方案和适于推广的可视化软件平台为主要方向,立志创造中国虚拟仿真软硬件的旗帜名牌。公司现已独立研发了包括数据手套、虚拟环境的力反馈等系统,并成功实现了中国第一套动作捕捉系统,填补了国内空白,成绩丰硕,已成为用户在中国仿真界中首选的理想合作企业。

伟景行科技集团 (Gvitech Technologies) 是业界领先的三维可视化和专业显示技术开发及服务机构,由伟景行数字城市科技有限公司 (GDC)、伟景行数字科技有限公司 (GDT)

以及清华规划院数字城市研究所（DCRC）三大机构组成，他们各自的主要研究领域分别为数字城市可视化、虚拟仿真模拟和专业大屏幕显示。

厦门创壹软件（OneSoft）主要致力于互联网络三维动态交互软件平台的研制、开发、运用与推广，累积近 20 年国内外最先进的虚拟现实技术的科研经验，以英国、新加坡各大院校及相关研究机构的技术背景为依托，拥有完全自主知识产权的创壹在线虚拟现实系统引擎。该引擎具有大型多用户、在线、完全的交互性、逼真、可扩展和操作简单等特点。目前创壹软件已经拥有多套成熟且广泛应用的虚拟现实系列产品，如创壹 Web3D 虚拟现实平台、创壹虚拟教学培训系统、创壹虚拟数控机床培训系统、创壹虚拟桥吊实训系统、创壹虚拟现实展示系统等一批成熟的软件产品线，这些产品都得到用户的高度赞扬。

1.3.4 虚拟现实技术的发展趋势

虚拟现实技术的实质是构建一种人为的能与之进行自由交互的“世界”，在这个“世界”中参与者可以实时地探索或移动其中的对象。沉浸式虚拟现实是最理想的追求目标。但虚拟现实相关技术研究遵循“低成本、高性能”原则，桌面虚拟现实是较好的选择。因此，根据实际需要，未来虚拟现实技术的发展趋势为两个方面。一方面是朝着桌面虚拟现实发展。目前已有数百家公司正在致力于桌面级虚拟现实的开发，其主要用途是商业展示、教育培训及仿真游戏等。由于 Internet 的迅速发展，网络化桌面级虚拟现实也随之诞生。另一方面是朝着高性能沉浸式虚拟现实发展。在众多高科技领域如航空航天、军事训练和模拟训练等，由于各种特殊要求，因此需要完全沉浸在环境中进行仿真试验。

这两种类型的虚拟现实系统的未来发展主要在建模与绘制方法、交互方式和系统构建等方面提出了新的要求，表现出一些新的特点和技术要求，主要表现在以下方面。

1. 动态环境建模技术

虚拟环境的建立是 VR 技术的核心内容，动态环境建模技术的目的是获取实际环境的三维数据，并根据需要建立相应的虚拟环境模型。

2. 实时三维图形生成和显示技术

三维图形的生成技术已比较成熟，而关键是如何“实时生成”，在不降低图形的质量和复杂程度的前提下，如何提高刷新频率将是今后重要的研究内容。此外，VR 还依赖于立体显示和传感器技术的发展，现有的虚拟设备还不能满足系统的需要，有必要开发新的三维图形生成和显示技术。

3. 新型人机交互设备的研制

虚拟现实技术实现人能够自由与虚拟世界对象进行交互，犹如身临其境，借助的输入输出设备主要有头盔显示器、数据手套、数据衣服、三维位置传感器和三维声音产生器等。但在实际应用中，它们的效果并不理想，因此，新型、便宜、鲁棒性优良的数据手套和数据服将成为未来研究的重要方向。

4. 智能化语音虚拟现实建模

虚拟现实建模是一个比较繁复的过程，需要大量的时间和精力。如果将 VR 技术与智能技术、语音识别技术结合起来，可以很好地解决这个问题。对模型的属性、方法和一般特点的描述通过语音识别技术转化成建模所需要的数据，然后利用计算机的图形处理技术和人工智能技术进行设计、导航以及评价，将模型用对象表示出来，并且将各种基本模型静态或动态地连接起来，最终形成系统模型。

提示：人工智能一直是业界的难题，人工智能在各个领域十分有用，在虚拟世界也大有用武之地，良好的人工智能系统对减少乏味的人工劳动具有非常积极的作用。

5. 网络分布式虚拟现实技术的研究与应用

分布式虚拟现实是今后虚拟现实技术发展的重要方向。随着众多分布式虚拟现实开发工具及其系统的出现，DVR本身的应用也渗透到各行各业，包括医疗、工程、训练与教学以及协同设计。近年来，随着Internet应用的普及，一些面向Internet的分布式虚拟现实应用使得位于世界各地的多个用户可以进行协同工作。将分散的虚拟现实系统或仿真器通过网络联结起来，采用协调一致的结构、标准、协议和数据库，形成一个在时间和空间上互相耦合的虚拟合成环境，参与者可自由地进行交互作用。特别是在航空航天中应用价值极为明显，因为国际空间站的参与国分布在世界不同区域，分布式VR训练环境不需要在各国重建仿真系统，这样不仅减少了研制费用和设备费用，还减少了人员出差的费用以及异地生活的不适。在我国国家“863”计划的支持下，由北京航空航天大学、杭州大学、中国科学院计算所、中国科学院软件所和装甲兵工程学院等单位共同开发了一个分布虚拟环境基础信息平台，为我国开展分布式虚拟现实的研究提供了必要的网络平台和软硬件基础环境。

1.4 虚拟现实技术的主要应用领域

自20世纪80年代发展到现在，虚拟现实技术具有降低成本、提高安全性、形象逼真和可反复操作等优点，得到了用户的认可。据不完全统计，占据主流的领域有教育和培训，包括医疗培训、军事培训和大学培训，此外还有制造业、娱乐业以及商业服务业，例如市场销售和建筑规划。在所有这些领域都要求降低费用、缩短生产周期等的情况下，虚拟现实技术具有适应性、真实性和合作性等特点。

1.4.1 军事领域

军事领域研究是推动虚拟现实技术发展的原动力，目前依然是主要的应用领域。虚拟现实技术主要在军事训练和演习、武器研究这两个方面得到广泛应用。

在传统的军事实战演习中，特别是大规模的军事演习，不但耗资巨大，安全性较差，而且很难在实战演习条件下改变战斗状况来反复进行各种战场势态下的战术和决策研究。现在，使用计算机，应用VR技术进行现代化的实验室作战模拟，它能够像物理学、化学等学科一样，在实验室里操作，模拟实际战斗过程和战斗过程中出现的各种现象，增加人们对战斗的认识和理解，为有关决策部门提供定量的信息。在实验室中进行战斗模拟，首先确定目的，然后设计各种试验方案和各种控制因素的变化，最后士兵再选择不同的角色控制进行各种样式的作战模拟试验。例如，研究导弹舰艇和航空兵攻击敌机动作舰艇编队的最佳攻击顺序、兵力数量和编成时，实兵演习和图上推演不可能得到有用的结果和可靠的结论，但可以通过方案和各种因素的变化建立数学模型，在计算机上模拟各种作战方案 and 对抗过程，研究对比不同的攻击顺序，以及双方兵力编成和数量，可以迅速得到双方损失情况、武器作战效果、弹药消耗等一系列有用的数据。

虚拟军事训练和演习不仅不动用实际装备而使受训人员具有身临其境之感，而且可以任

意设置战斗环境背景，对作战人员进行不同作战环境，不同作战预案的多次重复训练，使作战人员迅速积累丰富的作战经验，同时不承担任何风险，大大提高了部队训练效果。图 1.20 所示为虚拟战场。



图 1.20 虚拟战场

武器设计研制采用虚拟现实技术，提供具有先进设计思想的设计方案，使用计算机仿真武器，并进行性能的评价，得到最佳性价比的仿真武器后，再投入武器的大批量生产。此过程缩短武器研制的制作周期，节约不必要的开支，降低成本，提高武器的性价比。图 1.21 所示为虚拟航空母舰。



图 1.21 虚拟航空母舰

1.4.2 医疗领域

传统的医疗科目教学都是使用教科书和供解剖用的尸体来供学生学习和练习，但是，学生们较难得到用尸体练习解剖技术的机会，并且在对实际的生命体进行解剖练习时，较多细小的神经和血管是很难看到的。另外，一旦进行了切割，解剖体就被破坏，如果想要再次切割来进行不同的观察，问题就变得较为复杂。虚拟现实技术可以弥补传统的不足，主要应用到解剖学和病理学教学、外科手术训练、复杂外科手术规划、健康咨询和身体康复治疗等方面。例如，在外科手术中，通过虚拟现实技术仿真课程，对麻醉医师和静脉注射护士培训、对实习外科医生上手术台之前的开刀培训，以及通过虚拟现实技术可以对复杂外科手术的设计、手术过程中的指引和帮助信息的提供、手术结果的预测等，帮助外科医生顺利完成手术，

并使其对病人造成的损伤降低至最小。

医学专家也利用虚拟现实技术形成虚拟的“可视人”，使用关键帧动画实现对身体的漫游。图 1.22 所示为人身体的胸部结构，包括肋骨、肺和心脏三部分。这三张图显示了三个器官的拆分过程。学生可以通过鼠标操作对胸部结构进行拆分和组装，并进行 360° 旋转立体图形，详细浏览和了解每一部分内容。除此之外，学生可以在虚拟的病人身上反复操作，提高技能，有利于学生对复杂的人体三维结构本质进行较好的理解。当然，也可以对比较罕见的病例进行模拟、诊断和治疗，减少误诊的概率。利用远程康复治疗方式监督康复中的病人，使其在虚拟日常生活中的各种情景中活动，减少病人独自在家康复的孤独感，实现更为愉悦的治疗方式。目前，美国斯坦福国际研究所已成功研制出远程手术医疗系统，整形外科远程康复系统。

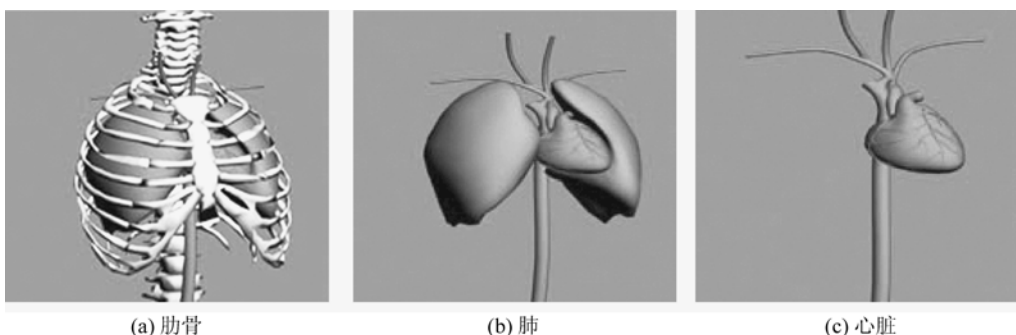


图 1.22 虚拟的人体胸部结构

1.4.3 教育领域

虚拟现实应用于教育是教育技术发展的一个飞跃。它实现了建构主义、情景学习的思想，营造了“自主学习”的环境，由传统的“以教促学”的学习方式代之为学习者通过自身与信息环境的相互作用来得到知识、技能的新型学习方式。

真实、互动的特点是虚拟现实技术独特的魅力。虚拟现实技术提供基于教学、教务、校园生活的三维可视化的生动、逼真的学习环境，例如虚拟实验室、虚拟校园和技能培训等。使用者选择任意环境，并映射成自选的任意一种角色，通过亲身经历和体验来学习知识、巩固知识，极大地提高了学生的记忆力和学习兴趣。此方法比传统的教学方式，尤其是空洞抽象地说教、被动地灌输更具有说服力。

随着网络的发展，虚拟现实技术与网络技术提供给学生一种更自然的体验方式，包括交互性、动态效果、连续感以及参与探索性，构建一个网络虚拟教学环境，可以实现虚拟远程教学、培训和实验，既可以满足不同层次学生的需求，也可以使得缺少学校和专业教师，以及昂贵的实验仪器的偏远地区的学生能够学习。

相比于传统的教学，网络虚拟教学拥有以下优势。

- (1) 在保证教学质量的前提下，极大地节省了置备设备、场地等硬件所需要的成本。
- (2) 学生利用虚拟现实技术进行危险实验的再现，例如外科手术，免除了学生的安全隐患。
- (3) 完全打破空间、时间的限制，学生可以随时随地进行学习。

目前，国内外许多大学和公司进行了虚拟教学与实验的研究，开发虚拟教学环境，并在部分中、小学和大学作为一种教学方法进行使用，其效果较明显。图 1.23 所示为虚拟的零件安装培训过程，学生通过佩戴数据手套和立体眼镜进行虚拟设备的安装。图 1.24 所示为洞穴

式虚拟工程漫游，佩戴立体眼镜的学生在虚拟环境中详细地观察和修改工程设计。图 1.25 所示为日本东京大学虚拟校园一角。图 1.26 所示为思科公司的篮球馆。图 1.27 所示为带有导航地图的西南交通大学虚拟校园一角。图 1.28 所示为虚拟驾驶培训。



图 1.23 虚拟的零件安装培训



图 1.24 洞穴式虚拟工程漫游



图 1.25 日本东京大学虚拟校园一角

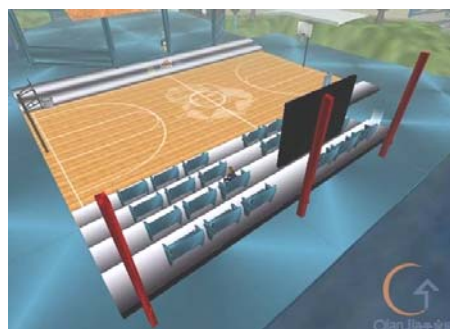


图 1.26 思科公司的篮球馆



图 1.27 西南交通大学虚拟校园一角



图 1.28 虚拟驾驶培训

随着虚拟现实技术的不断发展和完善，以及硬件设备价格的不断降低，虚拟现实技术以其自身强大的教学优势和潜力，将会更加受到教育工作者的重视和青睐，并在教育、培训领域发挥其重要作用。

1.4.4 文化艺术领域

虚拟现实是一种传播艺术家思想的新媒介，其沉浸与交互可以将静态的艺术转变为观察者可以探索的动态艺术，在文化艺术领域中扮演着重要角色。虚拟博物馆、虚拟文化遗产、

虚拟画廊、虚拟演员和虚拟电影等都是当前虚拟现实成果。虚拟现实在文化艺术领域主要包括名胜古迹、虚拟游戏以及影视三个方面。

1. 名胜古迹

虚拟现实展现名胜古迹的景点，形象逼真。结合网络技术，可以将艺术创作、文物展示和保护提高到一个崭新的阶段。让那些由于身体条件限制的人不必长途跋涉就可以在家中通过因特网很舒适地选择任意路径遨游各个景点，乐趣无穷。图 1.29 所示为虚拟故宫，是我国较早的一个虚拟产品。图 1.30 所示为虚拟天坛。图 1.31 所示为虚拟的卢浮宫画廊。



图 1.29 虚拟故宫

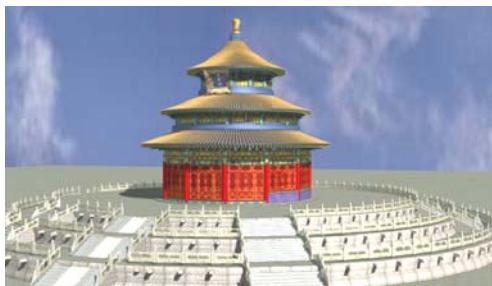


图 1.30 虚拟天坛

2010 年在上海举行的世博会的亮点之一就是网上世博会。它运用三维虚拟现实、多媒体等技术设计世博会的虚拟平台，将上海世博会园区以及园区内的展馆空间数字化，用三维方式再现到因特网上，全球网民足不出户就可以获得前所未有的 360° 空间游历和 3D 互动体验。不仅向全球亿万观众展示各国的生活与文化，同时也展现了上海世博会的创新理念。例如网上世博，法国馆将“感性城市”的主题在虚拟空间中展现无疑。参观者只需单击鼠标就能在虚拟展馆中 360° 自由参观。图 1.32 所示为虚拟的法国馆走廊，可以欣赏奥赛博物馆的经典名画和馆中美丽的法式园林，同时还能享受不可思议的 3D 互动体验，甚至“走进”高更的《餐点》等名家画作，如图 1.33 所示，“穿梭”其中并聆听作品介绍。喜欢 3D 互动游戏的参观者更可以与法国馆的吉祥物“乐乐”进行实时互动，在游戏中体验包括视觉、嗅觉、触觉、味觉和听觉等感官享受。由此，上海世博会也被称为“永不落幕”的世博会。



图 1.31 虚拟的卢浮宫画廊

对于文化遗产，目前研究人员已经创建了著名的考古地、建筑物以及自然保护区等世界文化遗产的虚拟复制品。例如英国史前巨石柱、中国兵马俑和圆明园、巴黎圣母院等虚拟模型的制作。图 1.34 所示为埃及神庙。制作过程为：首先将文物实体通过影像数据采集手段，记录蓝图中显示不出的各种建筑细节，并作为材质纹理，再次进行光亮度测量，使用模型软件建立实物三维模型，并存入相应数据库，以及保存文物原有的各项形式数据和空间关系等重要资源，实现濒危文物资源的科学、高精度和永久的保存。其次，通过计算机网络整合大范围内的文物资源，并且通过网络在大范围内利用虚拟技术更加全面、生动、逼真地展示文物，从而使文物脱离地域限制，实现资源共享，真正成为全人类可以“拥有”的文化遗产。图 1.35 (a) 所示为圆明园中的西洋景区的原始图片，图 1.35 (b) 所示为西洋景区的数字重建初步结果。



图 1.32 虚拟的法国馆走廊



图 1.33 虚拟的《餐点》名画



图 1.34 埃及神庙



(a) 原始图片



(b) 重建初步结果

图 1.35 西洋景区

2. 虚拟游戏

三维游戏既是虚拟现实技术最先应用的领域，也是重要的发展方向之一，为虚拟现实技术的快速发展起到了巨大的需求牵引作用。计算机游戏从最初的文字 MUD 游戏，到二维游戏、三维游戏，再到网络三维游戏，游戏在保持其实时性和交互性的同时，逼真度和沉浸感正在一步步地提高和加强。所以，虚拟现实技术已经成为三维游戏工作者的崇高追求者。当前最为火爆的网络三维游戏《魔兽世界》是著名的游戏公司暴雪娱乐（Blizzard Entertainment）制作的一款大型多人在线角色扮演游戏（MMORPG）。它具有上百个场景，豪华的大场面制

作，写实风格的地形地貌。整个画面精致，在玩游戏的同时还可以欣赏到瑰丽的景色，景色会随着时间而变化，让玩家在不同的时间欣赏到不同的景色。除此之外，制作人员非常注重细节的雕琢，如牛头人在静止不动时会自己瘙痒；路边的怪物狼见到旁边的兔子会自己奔过去猎食；购买装备有试衣间试穿等。完美的设计让游戏者完全沉浸于游戏的乐趣之中。图 1.36 所示为精致的《魔兽世界》的游戏画面。

除了精致的画面外，游戏也注重丰富的感觉能力与 3D 显示，因此 VR 的硬件设备也成为理想的视频游戏工具。例如英国开发的称为 Virtuality 的 VR 游戏系统，配有 HMD，大大地增强了真实感等。目前，迪士尼、LucasArts 和 General Electric 等大企业投入大量资金和创意，都用于创造赢利性的计算机游戏。

3. 影视

三维立体电影对人的视觉产生了巨大的冲击力，是电影界划时代的进步。在 2010 年年初上映的电影《阿凡达》，场景气势恢弘，波澜壮阔，缥缈仙境，人间奇缘，让人久久不能忘怀。它的成功除了使用 3000 多个特效镜头外，还在于电影从平面走向了立体，整个拍摄过程使用新一代 3D 摄影机拍出了立体感。图 1.37 所示为《阿凡达》场景。



图 1.36 《魔兽世界》的游戏画面



图 1.37 《阿凡达》场景

三维立体电影是虚拟现实技术的应用之一，是结合虚拟现实技术拍摄的电影。拍摄时，首先在拍摄前期，立体摄影师结合故事情节创作一个“深度脚本”。深度脚本是立体电影创作意图的展示手段，是拍摄的依据，它决定了每个场景的立体景深，对于制作舒适、清晰的立体画面、镜头和帧序列起到了很重要的作用。拍摄时，通常使用用于拍摄立体图像的 3D 摄像机和用于虚实结合的虚拟摄像机，不仅实现了动作和表情实时捕捉，为场景增加整体动感，而且降低了拍摄成本。其拍摄原理广泛采用偏光眼镜法。它以人眼观察景物的方法，利用两台并列安置的电影摄影机，分别代表人的左、右眼，同步拍摄出两条略带水平视差的电影画面。放映时，将两条电影影片分别装入左、右电影放映机，并在放映镜头前分别装置两个偏振轴互成 90° 的偏振镜。两台放映机须同步运转，同时将画面投放在金属银幕上，形成双影图像。当观众戴上特制的偏光眼镜时，观众的左眼只能看到左像、右眼只能看到右像。通过双眼会聚功能将左、右像叠和在视网膜上，由大脑神经产生三维立体的视觉效果。展现出一幅幅连贯的立体画面，使观众感到景物扑面而来，产生强烈的“身临其境”感。

虚拟现实在三维立体电影中的应用主要是制造栩栩如生的人物、引人入胜的宏大场景，以及添加各种撼人心魄的特技效果。目前，三维立体电影技术比较成熟，每年都会有 3D 电影问世，例如《冰河世纪 3》、《飞屋环游记》等，人们一次次地被召唤到电影院，这表明虚

拟的三维立体电影在电影界绽放出夺目的光彩。但是，存在的局限性是观看立体电影需要佩戴 3D 眼镜。由此，美国 RealD 公司宣布，在不久的将来让观众摘下 3D 眼镜直接观看立体电影，届时观众观看 3D 立体电影会更加方便与舒畅，电影院也将真正给观众带来身临其境的氛围。星空与万丈深渊都会近在咫尺，电影院的魅力将会无限扩大和延伸，将会使电影业得到更为长足的进步和拓展。

1.4.5 制造业

制造业展示产品从概念阶段到实际生产和销售的转变过程。消费者需要物美价廉、品种丰富的产品。各个公司绞尽脑汁想再提高生产的灵活性、缩短产品的开发时间并节约成本。虚拟现实的自然的多模态交互、适应性、远程共享访问等特点，对制造商具有很强的吸引力。

自 20 世纪 90 年代开始，使用虚拟现实技术的制造业——虚拟制造已经得到迅速发展。目前已经广泛地应用到制造业的各个环节，对企业提高开发效率，加强数据采集、分析、处理能力，减少决策失误，降低企业风险起到了重要的作用。

虚拟制造是采用计算机仿真和虚拟现实技术在分布技术环境中开展群组协同工作，支持企业实现产品的异地设计、制造和装配，是 CAD/CAM 等技术的高级阶段。利用虚拟现实技术、仿真技术等在上计算机上建立的虚拟制造环境是一种接近人们自然活动的“自然”环境，人们的视觉、触觉和听觉都与实际环境接近。人们在这样的环境中进行产品的开发，可以充分发挥技术人员的想象力和创造能力，相互协作发挥集体智慧，大大提高了产品开发的质量和缩短了开发周期。除此之外，对产品的销售和维护诊断等方面的服务也提供很大的支持。目前应用主要有产品的外形设计、布局设计、运动仿真、虚拟装配和虚拟样机等方面。汽车制造业就是其成果应用的范例。图 1.38 所示为汽车马自达 6 的三维产品，包括汽车流场、柴油机的起动性能和仿真碰撞实验等方面的显示。



图 1.38 汽车制造

1.4.6 商业

二维平面图像的交互性较差，已经不能满足人的视觉需要。虚拟现实技术的到来，三维立体的表现形式，全方位展示产品，得到更多企业和商家的青睐。

结合网络技术，企业利用虚拟现实技术将其产品的商业包装、展示、推广发布成网上三维立体的形式，展示出逼真的产品造型，通过交互体验来演示产品的功能和使用操作，充分利用因特网高速迅捷的传播优势来推广公司的产品。例如，企业将产品销售展示做成在线三维的形式，顾客通过全方位浏览产品，对产品有更加全面的认识 and 了解，提高购买的几率，

为销售者带来更多的利润。

图 1.39 所示为提供交互式在线营销服务网站 Zugara 的试衣间, 用户通过计算机摄像头来实现在线试衣。除了可以让用户借助摄像头而使真人试穿外, 还可以让用户通过输入一些身体数据, 比如身高、体重、体形之类的, 在线生成一个模拟人, 与真人相互搭配, 以保证试穿的效果更为精准, 用户更有参考价值。



图 1.39 虚拟试衣间

图 1.40 所示为 P&G 通过 AR 技术推广 Always Infinity 卫生棉品牌。首先打印一张带有特殊符号的纸, 如图 1.40 (a) 所示, 然后用摄像头对准这个纸, 在计算机中拍摄的视频的纸上会出现一个小动物来说出广告词, 如图 1.40 (b) 所示。



(a) 带有特殊符号的纸



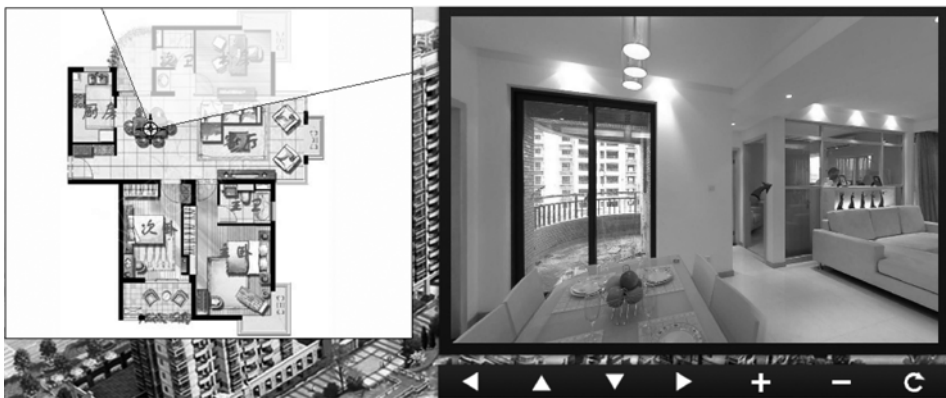
(b) 小动物来说广告词

图 1.40 虚拟广告

在商业领域, 虚拟网络相当于一个形象的、体贴的、人性化的、永远彬彬有礼的漂亮导购人员, 可以提供给顾客免费试用的永远不易损坏的三维产品。它使用 Web3D 构建一个三维场景, 用于网络虚拟现实产品的展示。人以第一视角在虚拟空间漫游穿梭, 能够与场景进行交互, 仿佛在现实世界中浏览, 完全沉浸在环境之中。这为虚拟商场、房地产商漫游展示和电子商务等领域提供了有效的解决方案。目前在房地产及装饰装修业, 国内已有许多房地产公司采用虚拟现实技术制作虚拟小区、虚拟样板房来吸引购买者的眼球, 并取得较好的效果。图 1.41 所示为某一房地产商制作的网上样板房, 左边部分为房型图, 单击房型图中的一房间, 则在右图中动态显示其效果图。图 1.41 (a) 所示为客厅的一个视角。图 1.41 (b) 所示为餐厅的一个视角。



(a) 客厅



(b) 餐厅

图 1.41 虚拟样板房

1.5 练 习 题

1. 填空题

- (1) 虚拟现实的三个特性：_____、_____、_____。
- (2) 根据用户参与和_____的程度，通常把虚拟现实分成 4 大类：_____、沉浸式虚拟现实系统、_____和_____。
- (3) 虚拟现实系统由_____、_____、_____和数据库组成。
- (4) 用计算机生成的虚拟环境包括_____、_____和_____。

2. 简答题

- (1) 虚拟现实技术的定义是什么？
- (2) 虚拟现实技术为什么越来越受到重视？
- (3) 简述虚拟现实系统的 4 种类型的特点及应用情况。
- (4) 虚拟现实技术应如何为教育服务？