

# 虚拟现实技术在石油勘探开发中的应用

刘兵, 刘怀山, 姜绍辉

(中国海洋大学海洋地球科学学院, 山东 青岛 266003)

**摘 要:** 在石油工业勘探开发面临严峻挑战的今天, 多学科的交叉合作发展势在必行。虚拟现实技术以其沉浸性、交互性和想象性, 将成为理想的石油工业勘探开发工作平台, 可望广泛应用于地震资料解释、储层模型建立、钻井轨迹设计、海上钻井平台设计以及多学科工作组的协同工作和决策等, 并分析了虚拟现实技术的主要进展, 展望了虚拟现实技术在石油勘探开发中的应用前景。

**关键词:** 虚拟现实; 石油勘探开发; 可视化; 展望

**中图分类号:** P628<sup>+</sup>.3      **文献标识码:** A

## 1 概述

虚拟现实(Virtual reality, 简称VR)技术是20世纪末兴起的一门崭新的综合性信息技术, 是计算机与用户之间的一种更为理想化的人-机界面形式。操作者可以用一种自然方式与计算机生成的虚拟环境进行交互, 通过人-机交互实现人-数据的交互。虚拟现实技术以心理学、控制学、计算机图形学、数据库设计、实时分布系统及电子学等诸多学科为基础, 融合了可视化技术、数字图像处理技术、多媒体技术、传感器技术等多个信息技术分支, 利用头盔显示器、三维立体显示器、立体眼镜、数据手套、三维鼠标、操纵杆等传感装置, 将操作者与计算机生成的三维虚拟环境联系在一起。操作者可以沉浸于虚拟环境中, 通过传感装置与虚拟环境进行实时交互, 获得视觉、听觉、触觉等多种感知。

最早的虚拟现实系统是Sutherland在《终极的显示》一文中提出的, 它包括交互图形显示、力反馈设备和声音提示, 揭开了人们研究虚拟现实系统的历程。1989年, 美国的Jaron Lanier正式提出了“Virtual Reality”一词。早期的虚拟现实技术研究主

要集中于美国宇航局和国防部, 用于各种武器系统或飞行系统的模拟训练<sup>[1]</sup>。20世纪90年代以来, 迅速发展的计算机硬件技术和计算机软件系统相匹配, 使得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, 实用的输入输出设备不断出现, 为虚拟现实系统的发展打下了良好的基础。

可视化技术是虚拟现实技术的基础, 可视化技术的发展产生了虚拟现实技术; 虚拟现实技术是可视化技术的高级阶段, 是可以通过视听触等信息通道感受到设计者思想的高级用户界面。虚拟现实技术将改变人与计算机之间枯燥、生硬和被动的现状, 实现真实的体验和方便的人机交互, 使人身临其境。

虚拟现实有3个特征: 沉浸性: 由计算机系统 and 投影系统生成的虚拟环境必须是三维立体的, 信息感知方式是多通道的, 能够使参与者产生虚拟环境的幻觉, “真实”地、全方位地投入所构建的虚拟环境中; 交互性: 虚拟环境是一个开发的环境, 可以通过控制和监视装置影响或被参与者影响, 能够对参与者的反应做出实时地反馈和响应; 想象性: 虚拟现实不仅仅是一个高级用户界面, 一个显

收稿日期: 2004-02-20; 修回日期: 2004-05-20

基金项目: 国家高新技术研究发展计划项目(2001AA 602018)

作者简介: 刘兵(1959-), 男, 中国海洋大学海洋地球科学学院在读硕士研究生。

示系统,它以夸大的形式反应了设计者的思想,功能远比传统的图纸生动强大,可以启发人们的创造性思维。沉浸性、交互性和想象性构成了虚拟现实系统的本质。

虚拟现实系统由虚拟现实引擎和虚拟现实外设组成。虚拟现实引擎必须具有高性能计算和图形图像处理能力,支持多通道图像输出,包括高性能可视化计算机系统及其配套的虚拟现实软件,负责数据存储管理、数据处理、图形图像处理以及音频视频信号处理等工作;虚拟现实外设则包括虚拟现实输出设备和用户输入、跟踪和控制设备,充当人与虚拟现实引擎之间的交互接口。虚拟现实输出设备由可视化视频显示设备和音频等信号生成设备组成,一般包括:幅面大、亮度高的投影仪和显示屏;集中的数据、音频和光线控制系统;立体观察设备;高保真度多通道音频/视频播放设备;输入控制器等<sup>[2]</sup>。

虚拟现实技术的应用领域非常广泛,几乎到了无所不包、无孔不入的地步,被认为是21世纪信息技术的代表。目前,虚拟现实技术应用的行业主要有结构工程和建筑业、航空和宇航工业、电子商务和互联网产业、娱乐业、医学、汽车制造业、军事、远程教育、科学研究和石油工业。

虚拟现实技术的应用主要包括5个方面: 多维数据分析和知识挖掘: 实现全景式的数据分析,快速洞察复杂的问题,用现实世界中不可能的方法来探究、理解数据,并提供对数据进行交流的环境; 产品和工程设计: 基于统一的数据管理和三维模型可视化,更好地实现交互、实时的产品和工程设计评估,促进项目开发之间良好协作,及时改进流程和设计水平,提高生产效率并降低成本; 产品演示: 非常逼真地演示产品,展示最新科技成就,突出产品的特点和优势,提高产品和服务的竞争能力; 培训: 虚拟现实培训系统可以增强技能获取和概念记忆的效果,提高培训和操作的安全性,节省培训费用,在实际操作中减少错误,提高员工实际运行过程中的生产率和有效性; 协同工作和远程协作: 可以极大地提高团队的工作效率,缩短工作周期。通过高速网络实现多个虚拟现实中心之间的远程协同工作。

## 2 虚拟现实技术在石油勘探开发中的应用

1997年A rco、Texaco和休斯敦大学等安装了第一批虚拟现实中心系统。1998~1999年又相继安装了25套及50套。受1998年5月SGI在奥斯陆举办的第一次临境式可视化技术研讨会和1999年1月SGI在得克萨斯Galveston召开的高性能可视化与计算高层会议的推动,虚拟现实技术在石油工业中得到了迅速发展,至2001年底整个石油工业界虚拟现实系统的安装数已经超过120套<sup>[3]</sup>。

虚拟现实技术在中国石油工业的起步较晚。2003年12月25日,经过3年的技术跟踪、研究和筹划之后,中国石油工业第一个虚拟现实系统Petro-one在中国石化石油勘探开发研究院落成并投入使用。

Petro-one系统是一个多种高新技术的集成体,其主机系统为SGIONyx3900,配置了12个CPU,24GB的内存,3个Pipeline,磁盘容量3.6TB,系统具有良好的可扩充性;投影系统采用的是科视公司Mirage6000DLP数字光学投影机,最大亮度达到6000Lum in,可以在完全日光环境下工作;控制系统采用了鸟群跟踪器、数字手套等一系列无线遥控装置,可以在现场对研究对象进行全方位操控,可以对声光电系统进行遥控,操作非常简便,极大的提高了系统的整体可用性;应用软件系统采用的是Landmark公司的Geoprobe虚拟现实软件系统,系统的整体水平居世界领先地位。

Petro-one系统能够在虚拟现实状态下开展地震资料常规解释,包括层位的自动和手动追踪、断层解释、地质体刻画、透视,可以生成和分析多种地震地质属性,实时地确定井位并检查钻井的工程可实现性,还可以与油藏数值模拟系统连接,模拟分析油田开发效果(图1)。

该系统于2004年1月5日开始加载于某地区3000km<sup>2</sup>陆上三维地震数据以及180多口井的井位及部分测井资料,第二天即完成了对该区深层膏盐层的盐体刻画及邻近一个主要目的层的构造成图及断裂系统分析,不但效率提高了数十倍,而且分析精度也大为改善;1月9日加载了另一个工区的五连片700km<sup>2</sup>的三维地震资料,20多口井、4个层位及30多套断裂系统,10日上午对该区准备施工的3个新井位进行了多学科协同分析,由物探、地质、开发及决策人员等多学科专家十几人组成的工

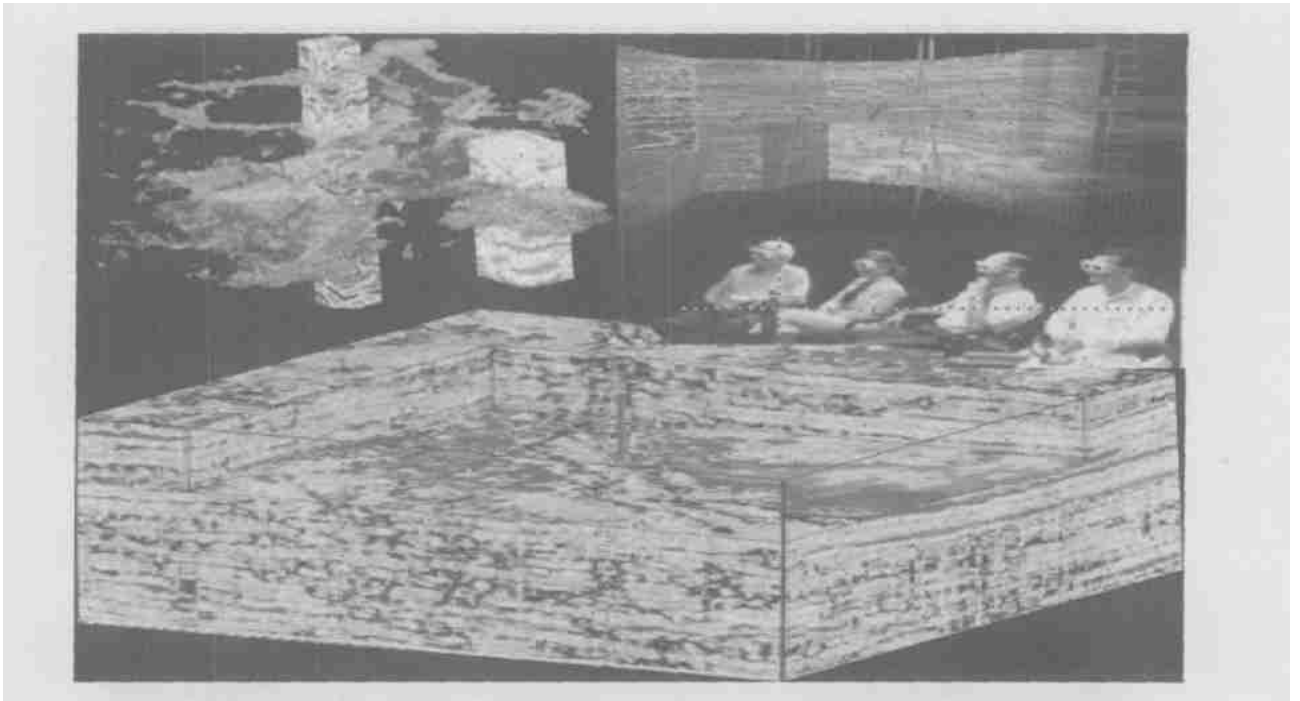


图 1 虚拟现实系统

Fig. 1 Virtual reality system

作组, 采用多种分析手段, 很快就发现了其中两个井位存在的偏差, 避免了可能出现的钻井失误, 提高了经济效益。

虚拟现实系统已经越来越广泛的应用于石油勘探开发中。地球物理学家和地质学家在虚拟现实中心协同工作, 进行地震资料解释、油藏模型建立、钻井轨迹设计、油藏开发方案制定、海上平台设计等, 团队工作效率明显提高。虚拟现实系统还常用于召开各种有关油田开发的研讨会、评估及对员工进行技术培训等。

### 2.1 三维可视化地震资料解释<sup>[4~7]</sup>

在虚拟现实环境下, 三维地震数据所包含的空间信息表现得更充分、更丰富, 观察得更仔细。片面、孤立的信息在三维空间中能相联系起来, 形成一幅有成因联系的沉积体系或构造体系的立体图像, 增强人的联想、灵感和洞察力(图2)。基于虚拟现实技术的地震资料解释有如下优点:

(1) 地层模型和数据体的三维显示环境中, 技术人员可以从任意角度、任意位置观察三维对象, 有效地发现模型和数据中存在的空间关系。

(2) 在三维可视化环境中, 不同的地质构造、岩性表现为不同的特点, 地下构造的轮廓和分布一目

了然。

(3) 应用地震数据体相干处理, 突出不相干地震数据体, 可以清楚的反映地下断层的空间分布关系。

(4) 利用反射界面的波组特征在目的层反射界面上定义的一个或多个种子点, 在三维地震数据体上自动追逐同相轴, 实现层位自动解释。

(5) 利用属性体特征定义的种子进行体素子体追踪, 可以直接圈定异常体, 计算空间展布和体积, 并可将其作为特殊的对象研究其内部变化。

(6) 直接在三维空间中进行断层解释, 无需断层组合等工序。

(7) 动态显示可以帮助分析人员对地质数据、地球物理数据之间的空间关系产生新的认识。

基于虚拟现实技术的三维地震解释可以大大缩短解释周期, 提高解释精度和质量, 减少不确定性, 还可以充分挖掘数据体, 得到常规地震解释无法得到的新信息, 新知识。

### 2.2 钻井轨迹优化设计<sup>[8~9]</sup>

在虚拟现实系统中以三维立体方式显示储层模型、属性数据、钻井和测井数据, 技术人员可以从任意角度、任意位置, 直观清楚地认识地下情况, 老

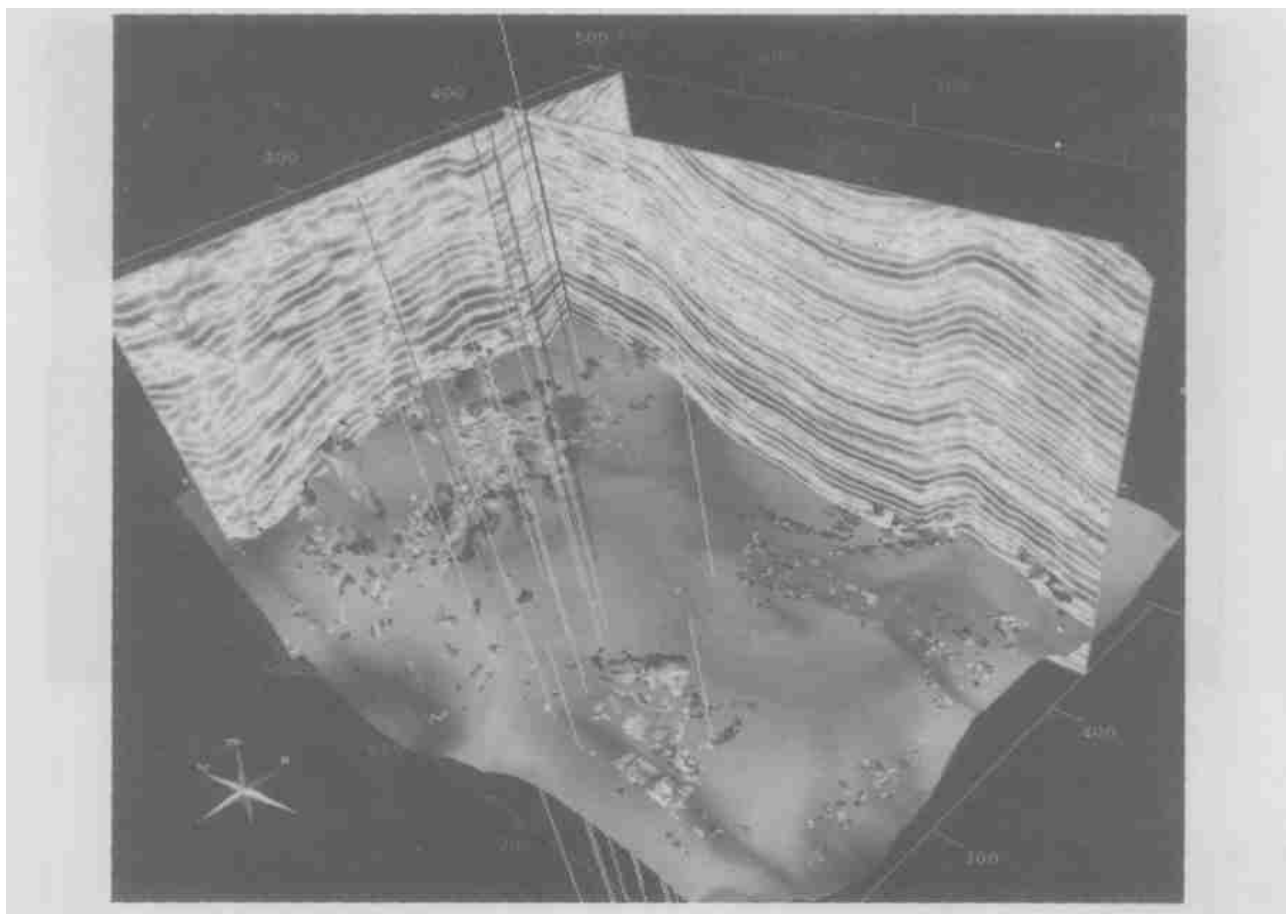


图2 地震资料的三维可视化解释

Fig. 2 3-D visualizing interpretation of seismic data

井眼轨迹、设计靶点的位置、实际钻井轨迹, 及时了解钻井的深度、方向、轨迹穿越地层的情况, 从而控制轨迹穿越最有利的储层, 到达靶点。在深水钻井和老油田加密井的钻井轨迹设计、修改和评估中, 虚拟现实系统显得尤为重要。

### 2.3 储层分析和综合油藏管理

在虚拟现实系统中, 可以更清楚的了解储层或油气藏的空间展布, 及其在整个油田开发过程中的动态变化, 从而可以有效的制定油藏开发方案规划和实时调整, 提高油气采收率, 延长油藏寿命。虚拟现实系统可以定量实现油田几十年来动态的发展规律, 让更多的技术和决策人员去认识和应用, 创造更好的效益<sup>[10]</sup>。

### 2.4 海上钻井平台设计

海上钻井平台的建设需要巨额资金, 具有巨大风险。采用虚拟现实技术进行海上钻井平台的设计, 可以观察并分析石油钻井平台建设过程中每个细

节, 提高平台建设的科学性和成功率。同时检测并解决设计中存在的问题, 降低工程风险。

### 2.5 协同工作和决策

在虚拟现实环境下, 地球物理学家、地质学家和项目合作人员可以方便地在同一个直观的数据模型中进行交流和协作, 交流各自的认识和观点。可以在协同环境下对多种方案的风险和优点进行可视化对比、分析和评估, 选择最佳方案。

## 3 虚拟现实技术在石油勘探开发中的发展前景

### 3.1 虚拟现实技术的发展趋势

#### 3.1.1 各种硬件技术的发展

虚拟现实对图像显示有很高的实时和动态要求, 必然驱动超级计算、图形图像处理、图像投影

及交互等虚拟环境构建硬件技术的迅速发展, 要实现人-机交互的自然、高效, 促进虚拟现实技术的应用和普及。

### 3.1.2 开放平台虚拟现实技术的发展

2001 年, SGI 公司公布了基于 SGI 图形集群高性能可视化系统的 PC-IG 解决方案, 它可以满足不同规模的应用需求, 具有高分辨率、多通道沉浸式可视化和价格低的特点必将推动虚拟现实技术的广泛应用。基于 Intel 微机平台+Linux 自由软件平台+中低档图形、数字投影设备构建经济型中低档虚拟现实系统, 是虚拟现实技术的一个重要发展方向。

### 3.1.3 协同分布式虚拟现实技术的发展

虚拟现实建模语言 VRML 为在互联网上构建可共享及可交换的虚拟环境奠定了良好的基础<sup>[11]</sup>。虚拟现实系统已经由单机系统发展到分布式虚拟现实系统, 不同的单用户虚拟现实系统通过网络构造大范围的虚拟环境, 支持分布在不同地域的用户同时进入虚拟环境并与之交互, 共享相同的虚拟环境。

### 3.1.4 可视化区域网络技术的发展

可视化区域网络由高性能的可视化服务端(负责数据的存储管理、可视化计算等任务)、宽带网络和客户端组成, 目标是实现全球化用户用各种设备对可视化系统的交互访问以及可视化协同工作。

### 3.1.5 信息可视化技术

信息可视化是在科学计算可视化基础上发展起来的, 主要用于表现系统中信息的种类、结构、流程及相互间的关系。信息可视化能够有效揭示复杂系统内部的规律, 并解决无法定量而定性又很难准确表达的问题。

### 3.1.6 多感知能力的发展

未来理想的虚拟现实系统将提供给人类所具有的一切感知能力, 包括视觉、听觉、触觉, 甚至味觉和嗅觉。人们可以沉浸在更高的虚拟环境中评价、分析数据, 做出决策。

## 3.2 虚拟现实技术在石油勘探开发中的发展前景<sup>[12]</sup>

未来石油工业将面临更为庞大数据的可视化分析, 不同专业人员之间密切合作, 共享该数据, 并从不同方面进行研究, 从而更加有效的实现专业间的互补, 提高决策的科学性和前沿性, 降低业务成本, 降低业务风险; 地学工作者之间的密切协同工作, 对数据体全面理解和有效利用开发非常关键。虚

拟现实系统作为一种理想的数据分析、协同工作、决策支持工具, 必将随着技术的日趋完善, 在石油勘探开发中将发挥越来越重要的作用:

(1) 虚拟现实系统的构建成本昂贵, 一直是妨碍其推广普及的重要因素。随着软、硬件技术的发展, 虚拟现实系统的成本将不断下降, 虚拟现实在石油勘探开发中的应用将逐步普及。

(2) 以中低档虚拟现实系统为特点的桌面型数据分析系统将广泛应用于石油勘探开发中。

(3) 随着三维可视化技术的发展, 虚拟现实系统显示内容将更加丰富, 形式更加直观, 操作更加简单。

(4) 虚拟现实技术与数据银行、数据仓库、知识挖掘、决策支持、知识管理等技术的紧密结合将加快石油工业的数字化进程, 引导石油工业由数据集成、应用集成向知识集成、业务流程集成发展。

(5) 虚拟现实技术与 GIS 技术、数据管理技术、网络技术的紧密结合将推进“数字油田”、“数字油藏”的进程, 显著地提高油藏综合管理水平, 彻底改变油气工业的工作方式和营运水平, 有效地挖掘数字资产的增值作用, 增强企业的抗风险能力, 保证企业的可持续发展。

## 4 结论

随着油气勘探的深入, 我国的油气勘探正迈入二次创业时期, 油田勘探开发面临的是埋藏更深、更隐蔽、更难开采的复杂生储盖地质环境里的油气藏, 地震方法、技术方法面临着严峻的挑战。依靠单一的学科知识已经无法满足当前我国油气勘探的需要, 其出路在于勘探地震学、地质学、油藏工程和计算机技术等多学科交叉合作, 在一个共同的石油勘探开发平台前, 共同研究, 做出决策。虚拟现实技术作为一种理想的数据分析、知识挖掘、规划设计、协同工作、风险评估和决策支持工具, 已经广泛的应用于石油勘探开发中, 并取得了明显的经济效应。随着虚拟现实技术的进步, 系统构建成本的降低, 必将在地震数据的分析解释、油藏建模、钻井设计和油藏管理等方面, 为我国石油工业勘探开发带来新的曙光。

## 参考文献:

- [1] 汪成为, 高文, 王行仁. 灵镜(虚拟现实)技术理论、实现及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.
- [2] 赵改善. 勘探开发中虚拟技术的应用与展望[J]. 勘探地球物理进展, 2002, 25(4): 9-20.
- [3] Nelson H R. An introduction to this special section: immersive visualization[J]. The Leading Edge, 2000, 19(5): 505.
- [4] 牛巍, 居春荣, 夏步余, 等. 地震综合解释技术在WZ地区的应用[J]. 江汉石油学院学报, 2002, 24(3): 15-17.
- [5] 张二华, 马仁安, 赵春霞, 等. 用可视化技术分析虚拟现实环境下三维地震数据场的研究[J]. CT理论与应用研究, 2003, 12(1): 6-12.
- [6] 李勤英, 阎育英, 赵爱武. 地震资料全三维精细构造解释技术研究[J]. 断块油气田, 2001, 8(1): 16-19.
- [7] 杨勤勇, 徐丽萍. 地震勘探技术新进展[J]. 勘探地球物理进展, 2002, 25(1): 5-10.
- [8] Mittun M, Dulac J C. Advanced volume visualization: New ways to explore, analyze, and interpret seismic data[J]. The leading edge, 2000, 19(5): 538-544.
- [9] 孙正义, 李玉, 杨敏. 钻井轨道设计与井眼轨迹监测三维可视化系统[J]. 西安石油学院学报(自然科学版), 2002, 17(6): 71-74.
- [10] 李智, 陈强. “数字油田”的设计与应用[J]. 地球信息科学, 2002, (4): 97-99.
- [11] 张旆. WWW上的虚拟现实技术——VRML语言[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998.
- [12] 肖玉茹, 孙义梅, 何峰煜. 地震方法技术在油气勘探开发中的应用与挑战[J]. 勘探地球物理进展, 2003, 26(2): 143-147.

## Applications of virtual reality in petroleum exploration and development

LU Bing, LU Huai-shan, JIANG Shao-hui

(College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

**Abstract:** Now we are confronted with great challenge in petroleum exploration and production, and it's imperative for multidisciplinary to work together. Virtual reality technology, with its immersion, interaction, and imagination, will be an ideal work platform, and be widely used in interpretation of seismic data, reservoir modeling, design of drilling path and platforms, collaboration between geoscientists of multidisciplinary team, and design-making. At last, we prospect the progress of virtual reality technology, and its applications in petroleum exploration and production.

**Key words:** virtual reality; petroleum exploration and development; visualization; prospects