

# 虚拟现实系统在渤海石油研究院的设计和实现

李明 安红 胡元凌

中海石油（中国）有限公司天津分公司渤海石油研究院

**摘要：**石油勘探开发是一个数据驱动的风险行业。海量的地震数据和油藏模型提供了复杂的地下构造的影像和模型，为了提高和加强对地下构造的认识，渤海石油研究院设计和建设了虚拟现实中心。本文回顾和总结了虚拟现实中心的设计和技术线路，探讨了虚拟现实技术在科学计算数据可视化领域在石油勘探开发领域的应用。

**关键词：**可视化，GPU，图像处理，虚拟现实，三维地震，油藏模型，4K 分辨率

## 一、智项目背景和概述

为了研究地下构造和油藏特征，石油勘探开发工业每年需要采集不同来源、不同尺度的各种地质数据，比如采样率为 2 毫秒的三维地震数据、采用间隔为 0.125 米的测井数据，地震数据的采集范围从几百平方公里到上千平方公里，测井的深度从一千米到数千米、甚至更深。在对数据做了必要的地质解释后，覆盖全油田的 20 米 × 20 米的油藏三维模型被建立了起来。在有了新的数据后，这些模型和解释方案需要及时更新。在某一个阶段，基于这些数据和模型的生产决策需要做出，比如在当前数据条件下的最优探井决策。

由于地下地质情况的复杂和不确定，以上提到的每一项数据都有自己的优势，也有各自的不足。三维地震尽管提供了高密度的空间覆盖，却有纵向分辨率的缺陷；测井数据提供高精度的纵向分辨率，横向覆盖范围却非常有限；取自井下的岩芯实体，提供了原汁原味的油藏参数数据，但是成本高昂，在几千米深的重点探井中也只能取百十来米。

石油勘探开发是一项风险业务，为了最大程度地降低风险，勘探开发一体化流程需要把不同来源的数据和跨学科的专业分析结果集中到一起显示，通过数据之间的相互印证，实现降低风险、优化流程，并能很好地加强科学认识，为科学研究、生产管理和科学决策提供支持。

## 二、项目总需求和概念模型设计

石油勘探开发领域的企业是典型的数据密集型企业，前文提到，一块三维地震的数据在横向上覆盖范围达数百甚至上千平方公里。在地震数据的常规处理和解释环境中，高性能的计算服务器对野外采集的数据做复杂的抽道、叠加、偏移归位处理或者对三维油藏模型做并行模拟运算，计算的结果是获得了海量的三维成果数据体。这些数据的体量都非常巨大，单个数据体的容量在上百 GB 甚至 1TB 的级别。常规的工作站可以把这些数据转换成地震图像或者油藏模型，以二维的形式来解释和显示这些数据。地学数据的可视化技术

作者介绍：

李明，男，汉族，1966 年 3 月出生，1988 年毕业于成都理工大学，石油物探学士学位，1997 年获得石油大学（华东）石油物探硕士学位。从 1998—2014 年在外企做项目，2014 年后回归渤海石油研究院，任物探工程师，从事物探解释系统的管理工作。

是运用计算机图形学和图像处理技术，将三维地震数据、三维油藏模型转换为图形或图像在屏幕上显示出来，供地质研究、井位设计和油藏描述的方法和技术。把不同来源的地质数据和研究成果可视地显示在一起，在学科上属于科学数据的可视化技术（Visualization in Scientific Computing，简称可视化技术）在勘探开发领域的应用。

渤海研究院为向科研人员提供一个能够把不同来源、不同尺度、不同研究结果的地质数据可视化地集成在一起显示的场地，设计和建设了能同时满足 50 ~ 60 人容纳能力的虚拟现实中心。虚拟现实中心将具备为科研人员提供从地震资料三维解释、地质建模、井位设计到钻完井、工程设计全景三维立体显示环境，可以把地下复杂的地质构造和油藏模型以三维图形和图像的方式清晰地显示出来，为科学决策提供了直观可靠的手段。这个功能在海上丛式探井的设计中，非常有用。在海上丛式探井的设计中，在一个间隔几米的井槽中，要设计空间轨迹各异的钻井轨迹，轨迹的防碰设计是安全生产的强制要求。数据可视化的旋转功能可以为科研人员从不同的角度来观察这些井轨迹提供了非常好的平台。

按照业务需求的层次，虚拟现实中心需要满足对数据的如下三种不同层次的可视化显示——对地质数据和工程数据的常规平面投影显示、对地震数据和油藏模型的三维立体渲染显示、对三维数据和模型的沉浸式虚拟现实显示。图 1 是概念模型的效果图。

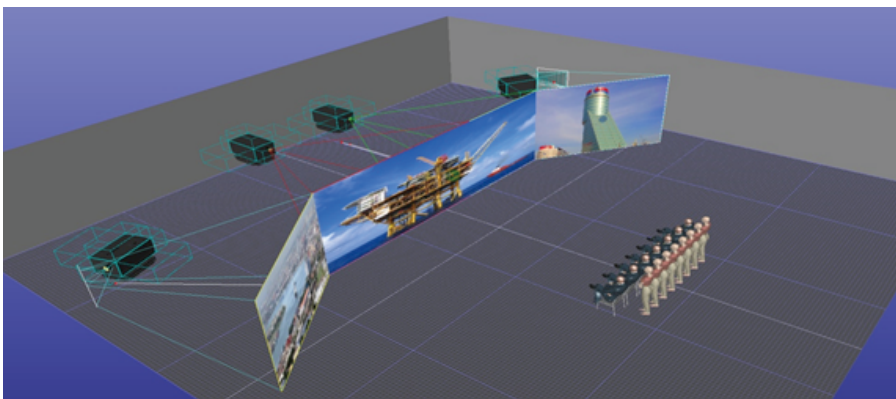


图 1 渤海油田研究院虚拟现实中心概念模型效果图

### 三、系统总体设计方案和实现

在上述“需求概念模型”的基础上，细化为系统的总体设计方案，系统模型由以下三项基本部分组成：

(1) 信号源部分，包括来自专业软件产生的数据和图像成果。

(2) 信号处理和控制系统，对来多路音频和视频信号做控制，对来自专业软件输出的数据和图像成果做三维图渲染处理。

(3) 示系统，包括立体投影、大屏幕立体显示和供用户观察的立体眼镜。

根据场地条件，本系统采用三通道 3 折幕设计方案。使用 BOXX 超级图形工作站提供 12 路 DVI 数字视频信号，BOXX 工作站配有 3 块英伟达 M6000 显卡来提高图像的处理能力。视频信号通过英伟达 Mosaic 视频可扩展可视化技术将 12 路 DVI 数字信号拼接成总分辨率为 12K 的完整画面，实现图像无缝显示、投影仪重叠以及支持立体 3D 显示。最后利用 Frame Lock 立体同步技术最终实现三通道 12K 立体显示系统。

英伟达 Mosaic 视频可扩展可视化技术，可以将单台工作站上的应用分布于多达 16 台高分辨率显示器或投影仪之上，同时不牺牲性能或处理能力。利用这一功能，通过 EXTRON XTP 系统将 12 路拼接信号回传给控制台的三台 NEC 高清显示器的回显系统。图 2 是总体设计的逻辑总图。

#### 1. 信号源

(1) 音频源和音响。

信号源由音频源和视频源构成。音频来自于图形工作站（计算机）的多媒体输出或者是来自观众席的语音信号。来自图形工作站的音频信号受音频切换矩阵机的控制，音频矩阵受中央控制台的控制。

来自观众席的语音信号由观众席麦克风的信号（包括来自演讲台的信号）不受音频切换矩阵的控制，直接进入调音台，随后由音响部分输出。也就是说，观众使用麦克风可以不受控制地随时插话、发言。音频部分的逻辑图如图 2 所示。

(2) 视频源。

视频源部分是本系统的核心部分，对来数据源的地质数据经地质学专业软件处理，经具有高性能 GPU 技术能力的高性能的图形工作站做三维图形处理、信号经 Extron 音视频

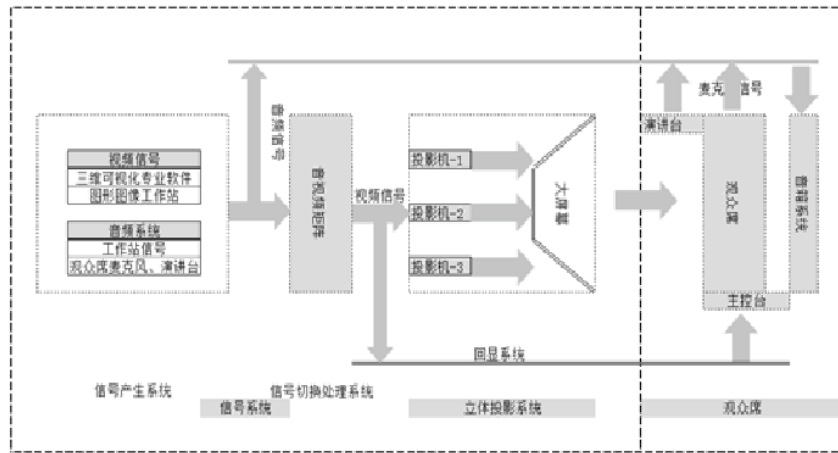


图2 总体设计逻辑设计图

矩阵机的处理，最后由立体投影仪背投到大屏幕显示。

专业软件，地学专业应用软件比如 OpenWorks 和 Petrel 等可以输出三维数据或者图形，如三维地震数据体及其解释成果或者三维油藏模型等复杂的地学数据体。

图形工作站：在已有的三维地震数据体及其解释成果或者三维油藏模型成果数据体的基础上，本系统使用 BOXX 工作站来完成对数据体做纹理、照明和渲染等三维图像处理。经 Boxx 图形工作站图形渲染作业处理后的三维图像，以 12 路高清视频信号输出，最终经三台 4K 投影机投影给观众。

同时，当对三维数据体或者三维油藏的整体或者局部旋转时，需要对模型做几何透视变换后并实时地合成图像展示给观众，把这些抽象的数据以逼真的空间立体方式可视化地展示出来，供科研人员从不同的角度来观察数据，增强对数据的理解。

M6000 显卡：显然，这个过程需要强大的图像运算。由于常规后台服务器强于计算而弱于满足密集的图形和图像的处理运算。因此，要完成体量巨大、复杂程度高的地学三维数据的三维实时立体显示，需要高性能的图形处理器（Graphics Processing Unit，缩写：GPU）。GPU 是专门为图像运算如渲染和几何变换而设计的，最快速的 GPU 集成的晶体管数甚至超过了普通 CPU。

本系统中依靠 NvidiaM6000 显卡对地学图形数据做三维处理和显示。M6000 显卡是 Maxwell 架构的 GPU，内存增加到了 24GB，有 12GDDRS、3072 个 GPU 内核、192 块纹理单元和 96 条渲染输出，具备强大的图像计算能力。

音视频切换系统：EXTRON XTP 系统可实现多种数字和模拟格式信号切换和分配。具备长距离的传输能力，可通过 CATx 屏蔽电缆将高分辨率视频、音频、RS-232 和以太网信号传输至 100m (330')，每个系统都符合 HDCP 标准，并通过 Extron SpeedSwitch 技术提供了超快、高可靠性的数字切换。

## 2. 显示系统：立体投影和大屏幕

显示系统由立体投影和大屏幕构成。

屏幕：本系统的用户要求的场地容量是可以同时满足 50 人的空间容纳能力。要解决多人共同使用可视化的环境最简单的办法就是扩大屏幕的显示范围，本系统采用了总长度为 18 米宽、3 米高的三折双层玻璃，屏幕为投影面的投影显示设备。

大屏幕上图像是通过三台投影机以背投的方式投影形成，每块屏幕是全 4K 的分辨率。所谓 4K 超高清分辨率是指横向有 4 千个像素点，是目前分辨率最高的显示技术。作为对比，大多数的数字电影是 2K 分辨率（2048×1080），电影放映的是 0.8K（1024×768）的。

4K 高清投影机：当图形工作站把图形做了三维渲染和照明处理后，在不降低图形质量和复杂程度的前提下，如何提高投影机的刷新频率以便可以“实时生成”三维图像是技术关键点。科视 Mirage 4K25 投影机的刷新率可达到 120Hz（视频处理能力达到 12 亿像素每秒），本系统采用这种投影机作为提供 4K 分辨率的投影机。

该 4K 高分辨率保证了投影系统具备高清晰度图像的显

示能力。图像的无缝融合技术和边缘平滑的几何修正技术保证观看者获得良好的视觉效果。内置的边缘融合和几何校正技术可以实现物理拼缝 0mm；光学拼缝 0.8mm，小于系统的像素点大小 1.38mm/pixel；每块屏幕的前后左右的最多 2mm 的微调机构；保证了几何 0.1mm 的像素调整度。支持颜色一致性和亮度一致性，投影的亮度一致性的分区调整保证了三屏幕亮度  $\geq 90\%$  一致性，投影的 y 颜色一致性调整保证了三屏幕颜色  $\geq 90\%$  一致性。

此外氙气照明带来均衡的自然色彩，流明 (lumens) 亮度高达 25000，保持颜色一致性和亮度一致，并保证持续而稳定的运行，是技术先进的立体图形处理系统。

### 3. 主控台、中控系统和观众区

大屏幕自然地把场地分成了设备间和观众席两部分。图形工作站和三台投影机位于设备间。大屏幕和主控台位于观众区。主控台可以通过一个触摸屏（固定位置）或者一个 Ipad 设备在移动状态下对信号进行控制和做切换。

主控台的控制面板使用一台界面友好的彩色触摸屏作为主控台的控制器。这个触摸屏实际上是上文提到的信号交换矩阵 Extron 的一部分。本系统有三台 BOXX 图形工作站，分别支持 Windows 和 Linux 操作系统的应用程序，触摸屏可以选择和控制数据源和投影设备。通过触摸屏可以轻松在不同的工作站之间选择视频源，也可以控制和选择视频信号是在大屏幕还是在回显显示器显示，或者二者同时显示。

## 四、系统集成和结论

历经一年多的设计和场地建设已经系统集成，三维可视化虚拟现实中心的现在已经投产应用了。如图 3 所示。

三维可视化虚拟现实中心的建设，对重大勘探开发项

目研究具有很强的实用性，能够快捷地使用多学科资料、提取多种地学信息、实时进行交互解释，实现真正意义上的团队合作，提高工作效率、缩短研究周期、降低勘探风险，保证了油田各项研究工作的高效进行。

## 参考文献

- [1] 计算机图形学及其实践教程，黄静，机械工业出版社，
- [2] [http://www.slb.com/resources/case\\_studies/software/cs\\_gdf\\_suez\\_petrel\\_well\\_design.aspx](http://www.slb.com/resources/case_studies/software/cs_gdf_suez_petrel_well_design.aspx)
- [3] <http://www.nvidia.cn/object/nvidia-mosaic-technology-cn.html>
- [4] <http://www.extron.com/product/prodtype82.aspx?t=dt>
- [5] <http://www.bbox.com/solutions/architecture-engineering/virtual-reality>
- [6] 复杂空间认知研究中的虚拟现实技术应用，汤众，实验室研究与探索 2007-09-15
- [7] SOLIDWORKS 三维可视化信息多元化应用模式，钱广伟，智能制造，机械工业信息研究院；，2017 年第 04 期
- [8] 基于 SOLIDWORKS Visualize 的车辆渲染，施志昂，智能制造，机械工业信息研究院；，2017 年第 06 期

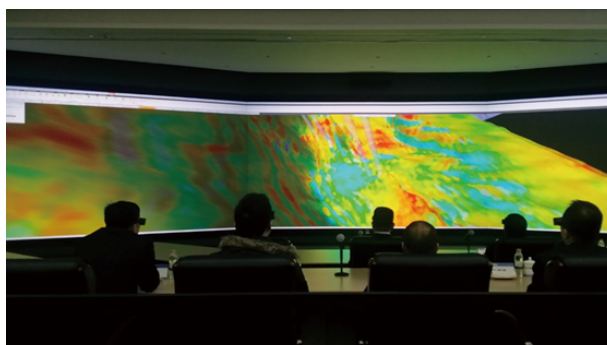


图 3 虚拟现实中心的应用场景