

张庆合, 陈长胜, 李治壮, 等. 油气勘探开发地上地下一体化信息展示系统研究[J]. 中国地质, 2014, 41(5): 1748-1756.

Zhang Qinghe, Chen Changsheng, Li Zhizhuang, et al. The visualization system for the petroleum exploration and production based on ground-underground integration[J]. Geology in China, 2014, 41(5): 1748-1756(in Chinese with English abstract).

# 油气勘探开发地上地下一体化信息展示系统研究

张庆合<sup>1</sup> 陈长胜<sup>1</sup> 李治壮<sup>2</sup>

(1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 北京中科永信数字技术有限公司, 北京 100084)

**摘要:** 论文分析了在石油勘探领域中地理信息系统应用的必要性, 结合核心业务性质, 阐述基于中国石化自主知识产权的地理信息系统 SGIS 的油田业务数据三维可视化的工作原理、关键技术和应用价值, 并对油田业务数据三维可视化的资源整合、应用工作平台技术进行了深入的探讨。油气勘探开发地上地下一体化信息展示系统实现了油气勘探开发地上地理信息与油气地下地质模型空间数据的一体化管理, 实现地上生产运行、管理与对地下地质对象分析的动态关联。为数字油田技术的研究和应用提供了宝贵的经验。

**关键词:** 油气勘探开发; 地上地下一体化; SGIS

中图分类号: P618.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2014)05-1748-09

## 1 前言

以信息化提升石油石化传统产业, 是中国石化集团公司的重大战略决策之一。“十五”以来, 在“统一规划、统一标准、统一设计、统一投资、统一建设、统一管理”的原则指导下, 中国石化油田信息化建设工作取得长足的进步。中国石化油田企业根据实际需求, 已开展了地理信息系统建设, 主要应用于油气集输管线、电力线路、站库等的生产运行管理, 为油气生产的运行和应急指挥快速定位提供较好的支撑。但随着油气勘探开发综合研究与勘探开发精细化管理发展, 对地上、地下信息一体化的管理和应用提出迫切的需求。可以归纳为以下 4 个方面: (1) 需要一个可将油田地下地质条件完整地、以三维方式直观展现所有细节的公共的可视化研究环境<sup>[1-3]</sup>。研究人员还要求该可视化研究环境提供

将最新的研究成果尽可能方便地加载到显示环境中, 并可以帮助研究人员进行资料对比, 了解和掌握相关资料<sup>[4,5]</sup>。(2) 需要利用油田中的钻井、录井、测井数据和地球物探数据, 将地层展布、地层接触关系、砂体特征及构造三维可视化<sup>[6,7]</sup>; 将油藏精细特征描述与地质建模有机结合, 在三维 GIS 中展现其规律与相互关系<sup>[8-11]</sup>。(3) 地质实体的查询和定位, 根据地质实体的类型、名称进行查询, 并实行快速定位, 查看地质体空间分布情况<sup>[12-14]</sup>、与其他地质体的相邻关系。(4) 实现地上业务管理与地下构造的动态关联, 部署与地下地质构造相关联的各种业务工作。

在此背景下, 中国石化信息系统管理部提出“地上地下一体化地质地理信息平台研究与建设(一期)”项目。设计以中国石化自主知识产权地质地理信息系统(SGIS)为基础的一体化管理系统, 建立面向油田勘探开发业务的地上地下一体化的地质地理信

收稿日期: 2013-06-27; 改回日期: 2013-11-06

资助项目: 中国石油化工股份有限公司项目“地上地下一体化地质地理信息平台研究与建设(一期)”(E10001)资助。

作者简介: 张庆合, 男, 1956年生, 硕士, 教授级高工, 现主要从事信息技术、地理信息系统的研究与应用、勘探地球物理应用;

E-mail: zhangqinghe.Syky@sinopec.com。

息平台<sup>[15-20]</sup>。实现油气勘探开发地上地理信息与地下地质模型空间数据的一体化管理,实现地上生产运行、管理与对地下地质对象的分析动态关联。

## 2 系统设计

地上地下一体化地质地理信息平台,将支持多领域所涉及的多学科数据集成管理,支持不同阶段、不同学科、不同人员、不同应用之间的数据共享、技术集成和综合应用<sup>[21-23]</sup>,支持对地上地下业务的综合描述和动态管理,支持地上地下业务工作流程。支持地上地下业务一体化的技术应用和决策,支持地上地下一体化的全局管控。目前国内外还没有一套成熟的地质地理平台产品支持地上地下地理地质信息的一体化管理,许多研究机构和GIS厂商已着手开展了相关的技术研究。地上地下一体化的地质地理信息平台建设(一期)将实现油田地上地理信息和地下三维空间的油气地质信息的一体化管理,以及油气生产动态的展示。

### 2.1 系统架构

针对油田复杂地理环境中地上地下空间实体数据的特点,参考国际标准和中石化油气勘探开发空间数据模型研究成果面向专题特征进行扩展,提出了上述地上地下三维空间实体集成表示的统一数据模型<sup>[24-28]</sup>(图1)。将油田勘探开发业务所涉及的井、站库、道路、管网、地形、构造、地层、油气藏

等数据的属性分为几何属性和业务属性两类。并以点、线、面、体、图像、文字这样的基本几何图元及由这些几何图元通过组合而成的复杂几何图元来表示业务对象的空间位置、形态以及互相之间的相对关系,并可连接属性数据。通过这样的对象模型,将油气勘探开发业务领域的业务数据投射到GIS的空间几何域,实现业务数据的管理与展示。

为保证地上地下一体化的地质地理信息平台在油田企业信息化建设过程中得到可持续地发展,不断丰富系统服务功能和适应范围,总体技术架构采用SOA(Service-Oriented Architecture)体系架构理念,形成松耦合的地上地下一体化平台的技术架构(图2),并分为数据层、服务层和应用支持层。

平台层所管理和应用的数据来自于油田数据中心及收集的各种GIS空间数据,空间数据包括:DEM数据、DOM数据、地面模型数据、地面设施数据、地质数据(经过处理在平台中以地质几何模型数据体现)及井筒数据。这些数据以Oracle数据库及文件系统结合的方式存储,存储管理时对于矢量数据采用Oracle提供的Spatial功能建立索引,而空间高程数据及影像数据则通过文件索引的方式提供管理和访问。平台采用全新的面向实体和拓扑的数据组织方式进行数据管理,实现了多种三维模型数据的一体化存储管理,实现了二维系统与三维系统的融合,采用的空间数据索引机制可以快速的进行空间数据查询,

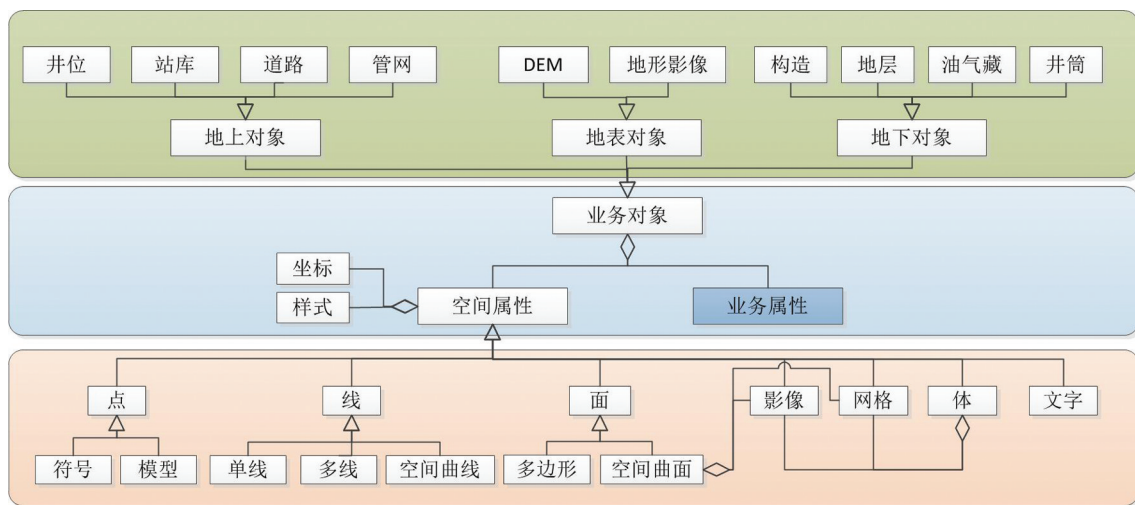


图1 地上地下实体统一数据模型示意图

Fig.1 Unified data model for ground-underground entities

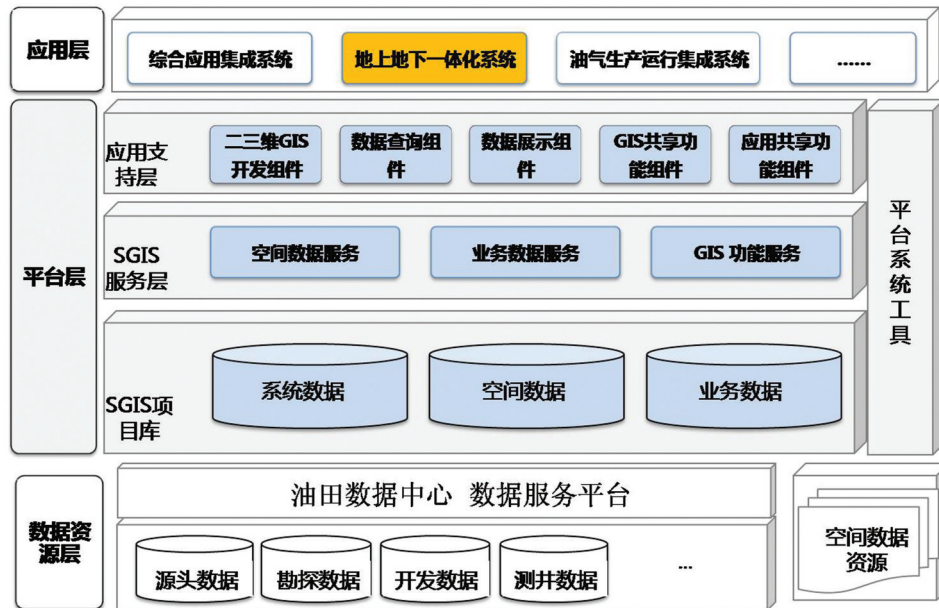


图2 地上地下一体化管理应用平台总体架构图

Fig.2 Architecture diagram of ground-underground applications management platform

并可依据对象LOD信息直接获取可供显示的简化模型,提高三维场景的显示漫游速度<sup>[29-31]</sup>。

服务层为平台提供了空间数据服务和计算服务:一方面以数据引擎为平台的应用系统提供统一的数据接口,隔离了数据存储和数据访问的具体实现;另一方面为应用提供几何计算、拓扑计算及空间分析等方面的服务。

应用支持层以接口和组件两个不同粒度的方式为应用开发提供服务,包括Web服务,具备了基础的GIS数据浏览和数据查询定位等功能。用户可基于这些组件和接口,结合自己的业务需求进行二次开发,也可以通过平台的基础工具通过GIS数据基本的查询、访问和展示等功能来实现简单的业务应用。

按照系统架构,地上地下一体化地质地理信息平台为油田应用系统提供3个方面的支持:数据资源管理、服务与系统、应用集成环境与开发组件。平台提供对油田各类空间数据的存储与管理,并提供系统工具和功能,通过预处理与实时转换,将这些数据转换为可以在三维场景中展示的格式,为应用系统中的空间展示、查询、定位、可视化交互、业务数据导航提供基础。

## 2.2 应用体系

地上地下一体化地质地理信息平台为应用子系统的构件提供了基础环境,提供油田GIS应用的基本功能以及应用组件。基于这样的环境,可以满足最常用的数据查询及应用数据导航,对油田勘探开发业务数据多种方式的一体化查询导航功能,包括:按行政单位、按油藏地质、按开发单元、按空间位置、按时间等多种方式的查询和数据导航。对于特定专业的需求,可以用模块化的组件快速搭建应用子系统,并可与平台无缝集成,应用体系的功能结构如图3所示。

地上地下一体化地质地理信息平台提供的应用系统构建环境包括以下功能和组件:(1)数据的管理与维护;(2)数据服务;(3)二维地图面板;(4)三维地图面板;(5)图层显示控制;(6)地图交互工具;(7)空间计算工具;(8)业务报表。

应用体系可以支持对油田地上、地面、地下地质地理数据的管理,本例中开发了集输管线管理、输配电网管理、油气生产管理、地下井筒信息管理、综合信息展示等5个子系统,平台支持的应用范围包含且不局限于这5类应用。(1)集输管线管理,对



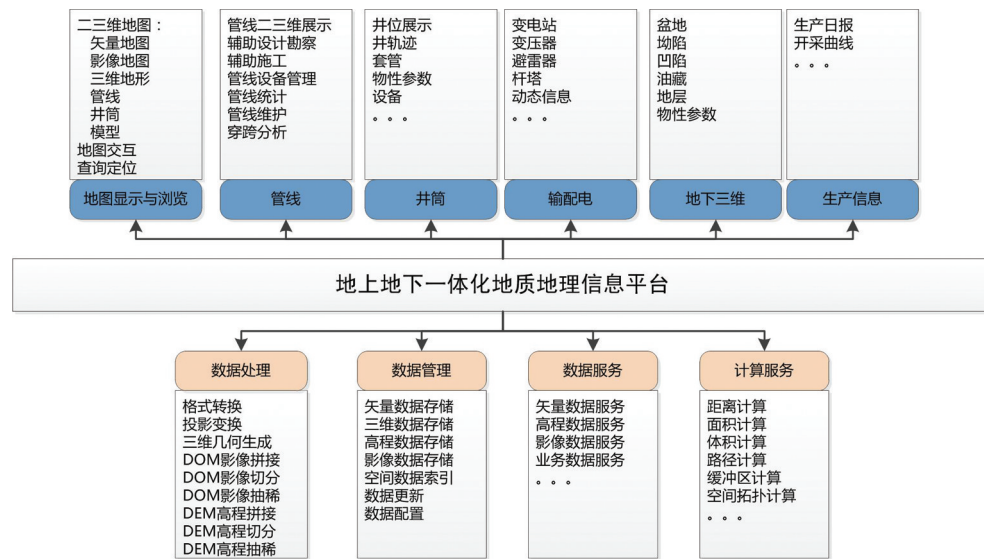


图3 地上地下一体化平台应用体系功能结构图  
Fig.3 Functional structure diagram

管线、站库坐标和基本属性数据、维护数据进行管理,并在二维地图和三维地图中进行展示。提供管线的长度计算、管线统计、管线上下游关联分析、管线坡度图、管线横断面图、管线穿跨分析等功能。(2)输配电网管理,对输配电网线路、杆塔、变压器、变电站及基本属性数据进行管理,并在二维地图和三维地图中进行展示,提供数据的查询统计功能。并可与SCADA系统集成,将输电电路的电压、负荷等状态信息在图中展示。(3)油气生产管理,提供行政单位、按油藏地质、按开发单元、按空间位置、按时间等多种方式的查询和数据导航,以动态图形及报表形式展示油气生产动态。(4)地下井筒信息,以油田钻井、测井、录井等数据为基础,生成井筒三维数据,包括:地面抽油机、井斜、套管、测井解释结果、测井曲线、岩性等数据以三维场景中的深度、颜色、半径、纹理等形式进行直观展示。通过三维交互可以从井筒上拾取属性信息,并关联查询井的生产动态。(5)综合信息展示,利用勘探开发成果图件、地震解释结果等数据,构建三维地质空间数据,并在三维地图场景中展示。油气生产相关的地质对象,包含盆地、凹陷、油藏、层等4个层次,每个层次都包含空间数据和属性数据。空间数据用于模拟三维环境下地质对象的几何形态特征,可采用三维面模型或三维体模型实现;其他属性数据以图

表、二维图方式展示。在展示的基础上,可提供地上地下数据的空间关联查询。

### 3 应用效果

地上地下一体化地质地理信息平台建设项目组在中国石化河南油田设立油田应用示范专题,旨在解决地上地下一体化地质地理信息平台的应用落地问题,所管理油气地质构造数据都源于河南油田数据中心,源于油气勘探开发专业软件(比如Petrel油藏模拟软件)的解释与处理结果。在示范应用中基于2条主线,一是从盆地、坳陷、地层、断层等地质构造的角度进行数据的管理和应用;二是从油田业务工作的角度,如集输管线管理、油气生产管理。

#### 3.1 河南油田地质构造的管理和展示

地上地下一体化地质地理信息平台在地质构造的管理上按照盆地-陷陷-圈闭-断层-油田这样一个体系进行管理。河南油田分公司位于豫西南的南襄盆地,著名的双河油田就分布在泌阳陷陷地质构造上。在地上地下一体化地质地理信息平台南襄盆地主要由地表、盆地基底、盆地边界和控盆剖面来表现(图4)。放大图面可以进一步观察南襄盆地中的二级构造单元,如泌阳凹陷(图5)。

在油气构造的显示中,人们可以用鼠标操作计

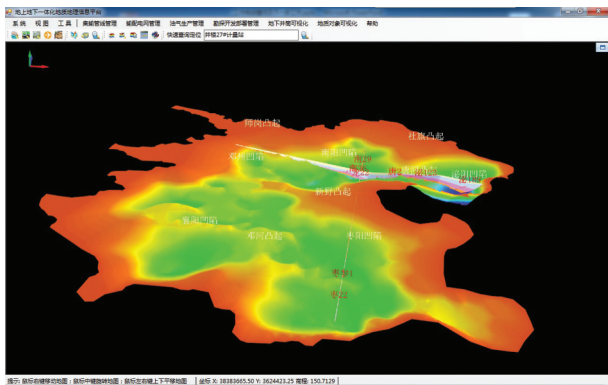


图4 南襄盆地构造图

Fig.4 Structural map of the Nanxiang Basin

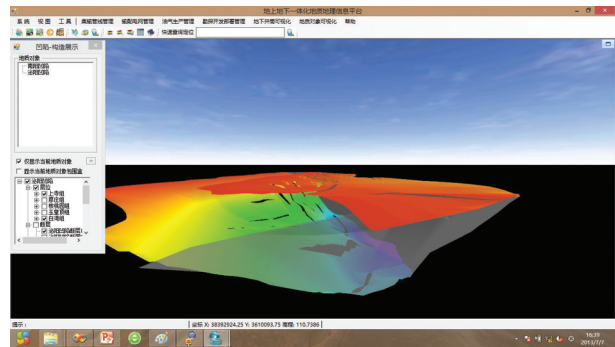


图5 泌阳坳陷构造图

Fig.5 Structural map of the Biyang Depression

计算机从各个角度观察构造的形态、组成, 以及油气藏在构造中的分布, 而且还可以从数据库中直接调取这个构造的基本情况、文字说明和构造的其他研究成果资料, 为人们提供更多的有价值的信息(图6)。进一步深入观察可以直接查看双河油田油组顶底面、查看油、水井在油田中的分布情况以及井筒与油气藏的相互关系(图7)。在研究工作中将地震处理解释的层位面、断层面、二维地震剖面以及井轨迹、井曲线等在三维空间进行显示, 通过图形颜色、光照、观察角度的调整以及分断块显示等手段, 突出层位面、断层面的空间分布、井间岩性和流体分布特征等, 使人们能够观察层位与断层的空间走向, 更能准确地了解目的层在地下空间的展布规律。

### 3.2 河南油田业务数据的管理和展示

地上地下一体化地质地理信息平台还实现了输配电网、集输管线、三维地形、地下井筒、地层界面、断层、油藏等地质地理信息的一体化展示, 并可与生产动态信息关联查询。为勘探开发业务数据导航、专业应用和跨专业协同提供了一体化可视化的交互平台与环境。图8为油田地面工程三维显示, 直观的展示了油田地理、地形、输电线路, 并可查询输电线路的相关信息, 如: 线路的建设时间、输电电压等信息, 以及那些油井与这个线路相连, 为线路故障的影响范围检测提供基础。同时在这个基础上我们还可以钻到地下来观察看到油井的地下相关信息。在图9中可以看到油田基本业务的地上地下一体化展示的效果, 地面上显示地形、输配电网和钻井的三维模型, 地下显示岩性界面、钻井轨迹和井筒的三维模型。

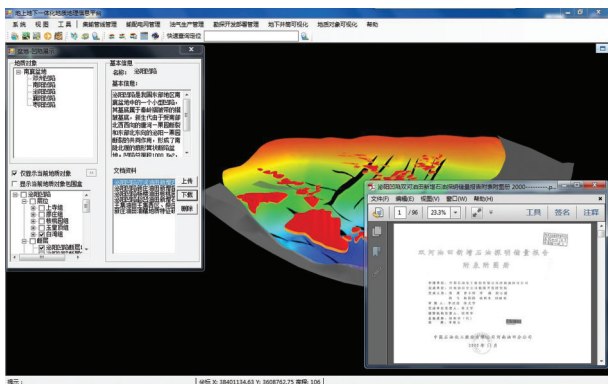


图6 泌阳坳陷关联信息

Fig.6 Biyang depression-related information

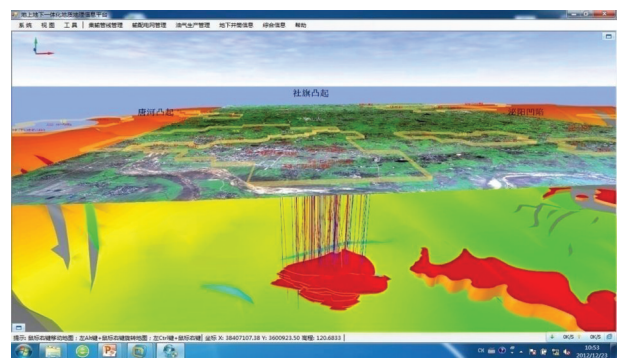


图7 双河油田油藏与井筒图

Fig.7 Reservoir and wellbore of the Shuanghe oilfield





图8 油田输电线路三维显示  
Fig.8 3D display of oilfield transmission line

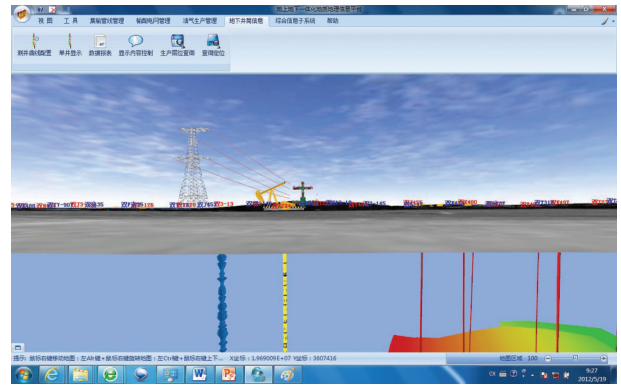


图9 地上地下油田对象一体化展示  
Fig.9 Integrated display of oilfield's objects

通过这种展示方法直观的体现了油田基本对象的相互空间位置关系,使人们可以更清晰了解油田地质对象。通过一体化的展示平台可以进一步展示井筒的相关信息,比如:在井轨迹上以花纹和颜色展示地层的岩性、孔隙度、渗透率。在井轨迹旁附加各种测井曲线。通过井筒与开发数据库关联人们还可以进一步了解生产动态信息,可以得到生产日报、月报和年报等信息(图10)。

通过井筒进行进一步的追溯可以得到哪些油气水管道与之相连(图11),管线的工作状况异常将影响到哪些井,从而实现对油井的产量和工作状态的监控。通过综合信息集成及GIS导航技术将勘探开发基础信息和项目研究成果以三维可视化的方式展现给油田业务的研究人员和管理人员,使他们能更直接的体会和理解各类信息反映的勘探开发地质对象的属性、空间分布和相互关系。这样不但缩短了他们获取信息的时间,还大大提高他们理

解、分析信息的能力,可以为人们学习了解油气勘探开发研究成果、掌握科研生产状况、创造条件。

#### 4 小 结

地上地下一体化地质地理信息平台是利用中国石化自主知识产权软件SGIS,通过输配电子系统、油气水管道子系统、生产子系统及综合展示子系统完成了建立在地理信息系统之上的油田业务的综合集成应用。平台系统充分利用三维可视化技术将地上油田业务对象和地下地质对象在一个空间坐标系中统一展现出来实现了地上地理信息、地下油气地质信息的统一管理和展示,提高了人们观察油田业务对象、了解油气地质对象间的空间关系的能力。同时能够实现基于对象的快速定位、浏览和飞行以及关联属性的查询。使管理者能够基



图10 单井开发曲线  
Fig.10 Single well development curve

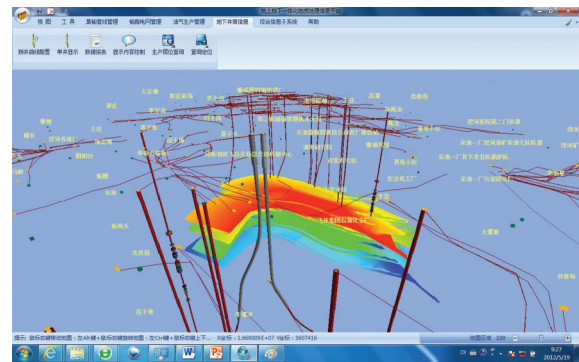


图11 油藏、井筒、输油管线的空间关系  
Fig.11 Spatial relationship between Reservoir, wellbore, and pipelines

于此平台及时了解油田管网、构造、油藏的空间布局,了解油田油气生产状况等信息,为实现油田全面信息化管理提供强有力的技术手段。

**致谢:** 审稿专家及编辑部杨艳老师对文章提出了宝贵修改意见,在此一并表示衷心感谢。

### 参考文献(References):

- [1] 童晓冲, 贲进, 张永生. 全球多分辨率数据模型的构建与快速显示[J]. 测绘科学, 2006, 3(1): 72-79.  
Tong Xiaochong, Ben Jin, Zhang Yongsheng. Design and quick display of global multi-resolution spatial data model[J]. Science of Surveying and Mapping, 2006, 3(1): 72-79(in Chinese with English abstract).
- [2] 张夏林, 吴冲龙, 翁正平, 等. 数字矿山软件(Quanty Mine)若干关键技术的研发和应用[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2010, 35(2): 302-309.  
Zhang Xialin, Wu Chonglong, Weng Zhengping, et al. Research and application of the digital mine software quanty mine[J]. Earth Science——Journal of China University of Geosciences, 2010, 35(2): 302-309(in Chinese with English abstract).
- [3] 邓岳川, 高德政. 基于GIS的矿产资源勘察信息系统的开发[J]. 测绘科学, 2006, 31(3): 132-133.  
Deng Yuechuan, Gao Dezheng. Development of mineral resource reconnaissance information system based on GIS[J]. Science of Surveying and Mapping, 2006, 31(3): 132-133(in Chinese with English abstract).
- [4] 姜作勤, 马智民, 杨东来, 等. 地质信息服务体系框架研究[J]. 中国地质, 2007, 34(1): 173-178.  
Jiang Zuoqin, Ma Zhimin, Yang Donglai, et al. Framework of the geological information service system[J]. Geology in China, 2007, 34(1): 173-178(in Chinese with English abstract).
- [5] 尚武, 杨东来, 李景朝, 等. 中国地质信息服务体系的现状、差距及对策[J]. 中国地质, 2007, 34(4): 730-736.  
Shang Wu, Yang Donglai, Li Jingchao, et al. Status, gap and countermeasures of the geoinformation service system of China[J]. Geology in China, 2007, 34(4): 730-736(in Chinese with English abstract).
- [6] 靳松, 朱筱敏, 钟大康. 扇三角洲高分辨率层序地层对比及砂体分布规律[J]. 中国地质, 2006, 33(1): 212-220.  
Jin Song, Zhu Xiaomin, Zhong Dakang. High-resolution sequence stratigraphic correlation of fan deltas and distribution characteristics of sandbodies[J]. Geology in China, 2006, 33(1): 212-220 (in Chinese with English abstract).
- [7] 樊爱萍, 杨仁超, 韩作振, 等. 惠民凹陷商河砂体储层特征与高分辨率层序地层控制[J]. 中国地质, 2009, 36(4): 819-825.  
Fan Aiping, Yang Renchao, Han Zuozhen, et al. Characteristics of Shanghe sandbody reservoirs and high-resolution sequence stratigraphic control in Huimin sag[J]. Geology in China, 2009, 36(4): 819-825(in Chinese with English abstract).
- [8] 段文生, 武少丰. 基于数字城市中地上与地下3维一体化漫游展示的研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2011, 34(1): 92-94.  
Duan Wensheng, Wu Shaofeng. Research on 3D visualization technology based on the integration of above and underground data of digital city[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2011, 34(1): 92-94(in Chinese with English abstract).
- [9] 许惠平, 覃如府, 叶娜, 等. 中国岩石圈三维结构数据库总库管理系统[J]. 中国地质, 2006, 33(4): 928-935.  
Xu Huiping, Qin Rufu, Ye Na, et al. Management system of the 3D lithospheric structure database of China[J]. Geology in China, 2006, 33(4): 928-935(in Chinese with English abstract).
- [10] 张伟, 刘建朝, 孙少波, 等. 柳沟油田三维油藏建模与可视化研究[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2010, 25(6): 28-31.  
Zhang Wei, Liu Jianchao, Sun Shaobo, et al. Three-dimensional geological modeling of Liugou Oilfield and study on the visualization of it[J]. Journal of Xi'an Shiyou University(Natural Science Edition), 2010, 25(6): 28-31(in Chinese with English abstract).
- [11] 杨建梅, 罗以达, 顾明光, 等. 杭州城市第四系三维地质结构模型建立中的孔间地层对比方法分析[J]. 中国地质, 2006, 33(1): 104-108.  
Yang Jianmei, Luo Yida, Gu Mingguang, et al. Analysis of the correlation method of inter-borehole strata for the construction of a Quaternary 3D geological configuration model of Hangzhou City[J]. Geology in China, 2006, 33(1): 104-108 (in Chinese with English abstract).
- [12] 韩坤英, 张庆合, 丁孝忠, 等. 中国1:100万地质图数据库管理系统的设计与应用[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 1215-1223.  
Han Kunying, Zhang Qinghe, Ding Xiaozhong, et al. The design and application of the management system for 1:1 000 000 geological map database of China[J]. Geology in China, 2010, 37(4): 1215-1223(in Chinese with English abstract).
- [13] 范本贤, 张庆合, 剧远景, 等. 中国区域地质志空间数据库结构设计[J]. 地球信息科学学报, 2012, 13(6): 720-726.  
Fan Benxian, Zhang Qinghe, Ju Yuanjing, et al. Spatial database structure design of regional geology annals of China[J]. Journal of Geo-Information Science, 2012, 13(6): 720-726(in Chinese with English abstract).
- [14] 娄华君, 王宏, 夏军, 等. 地质信息可视化的应用—城市环境地质研究之发展方向[J]. 中国地质, 2002, 30(3): 330-334.  
Lou Huajun, Wang Hong, Xia Jun, et al. Application of geological information visualization—Direction in development of the study of urban environmental geology[J]. Geology in China, 2002, 30(3): 330-334 (in Chinese with English abstract).
- [15] 苏德辰, 孙爱萍, 郑兴, 等. 中国大陆科学钻探工程网络拓扑结构与管理信息系统简介[J]. 中国地质, 2005, 32(2): 336-341.  
Su Dechen, Sun Aiping, Zheng Xing, et al. Network topology and management information system of the Chinese Continental

- Scientific Drilling Project[J]. *Geology in China*, 2005, 32(2): 336–341 (in Chinese with English abstract).
- [16] 张庆合, 曹邦功, 姜兰. 1:50万地质图数据库的研建[J]. *中国地质*, 2002, 29(2): 208–212.  
Zhang Qinghe, Cao Banggong, Jiang Lan. Development and construction of the 1:500000 geological map database[J]. *Geology in China*, 2002, 29(2): 208–212 (in Chinese with English abstract).
- [17] 郭花利. 基于Skyline技术的油藏管理三维可视化应用研究[D]. 长安大学, 2010.  
Guo Huali. Three-dimensional Visualization of Reservoir Management Application and Research Based on Skyline[D]. Chang'an University, 2010(in Chinese with English abstract).
- [18] 卢闯. 基于Skyline的农业资源三维地理信息系统框架设计与实现[D]. 中国农业科学院, 2011.  
Lu Chuang. The Framework Design and Implementation of Agricultural Resources Three-dimensional GIS Based on the Skyline [D]. Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2011(in Chinese with English abstract).
- [19] 朱庆. 3维地理信息系统技术综述[J]. *地理信息世界*, 2004, 2(3): 8–12.  
Zhu Qing. A Survey of Three Dimensional GIS Technologies[J]. *Geomatics World*, 2004, 2(3): 8–12(in Chinese with English abstract).
- [20] 吴立新, 史文中, Christopher Gold. 3D GIS与3D GMS中的空间构模技术[J]. *地理与地理信息科学*, 2003, 19(1): 5–11.  
Wu Lixin, Shi Wenzhong, Christopher Gold. Spatial Modeling Technologies for 3D GIS and 3D GMS[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2003, 19(1): 5–11(in Chinese with English abstract).
- [21] 黄忠. 地质三维建模与可视化技术的研究与应用[D]. 合肥工业大学, 2008.  
Huang Zhong. Research and Application of 3D Geologic Modeling and Visualization[D]. Hefei University of Technology, 2008(in Chinese with English abstract).
- [22] 程朋根, 刘少华, 王伟, 等. 三维地质模型构建方法的研究及应用[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2004, 34(2): 309–313.  
Cheng Penggen, Liu Shaohua, Wang Wei, et al. Study and application of a new 3D geological model construction method[J]. *Journal of Jilin University( Earth Science Edition)*, 2004, 34(2): 309–313(in Chinese with English abstract).
- [23] 邵昊. 地质体的三维建模与可视化研究[D]. 中国地质大学(北京). 2008.  
Shao hao. Research of 3D Modeling and Visualization about Geological Mass[D]. China University of Geosciences(Beijing), 2008(in Chinese with English abstract).
- [24] 李静静. 含断层的复杂地质体三维建模与等高线生成[D]. 山东科技大学, 2005.  
Li Jingjing. 3D Modeling and Contours Mapping of the Complex Geological Body Containing Faults[D]. Shandong University of Science and Technology, 2005(in Chinese with English abstract).
- [25] 刘继友. 地质体三维可视化研究与应用[D]. 大庆石油学院, 2005.  
Liu jiyou. The Research and Application of Three-Dimensional Visualization in Geological Field[D]. Northeast Petroleum University, 2005(in Chinese with English abstract).
- [26] Marsehallinger R. Three-dimensional reconstruction and visualization of geological materials with IDL—Exmaples and source code[J]. *Computers & Geosciences*, 2001, 27(4): 419–426.
- [27] Wu Qiang, Xu Hua. An approach to computer modeling and visualization of geological faults in 3D[J]. *Computers & Geosciences*, 2003, 29(4): 503–509.
- [28] Xue Yong, Sun Min, Ma Ainai. On the reconstruction of three-dimensional complex geological objects using Delaunay triangulation[J]. *Future Generation Systems*, 2004, 20(7): 1227–1234.
- [29] 包世泰, 廖衍旋, 胡月明, 等. 基于Kriging的地形高程插值[J]. *地理与地理信息科学*, 2007, 23(3): 28–32.  
Bao Shitai, Liao Yanxuan, Hu Yueming, et al. Terrain interpolation based on Kriging method[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2007, 23(3): 28–32(in Chinese with English abstract).
- [30] 张瑾玉. 三维地质可视化关键技术研究[D]. 华中科技大学, 2005.  
Zhang Jinyu. Research on key technology of three-dimensional visualization of geological model[D]. Huazhong University of Science & Technology, 2005(in Chinese with English abstract).
- [31] 洪雄. 基于似三棱柱的三维地学空间构模技术研究[D]. 中国地质大学, 2005.  
Hong Xiong. Research on 3D Geologic Modeling Based on STP[D]. China University of Geosciences, 2005(in Chinese with English abstract).



## The visualization system for the petroleum exploration and production based on ground–underground integration

ZHANG Qing–he<sup>1</sup>, CHEN Chang–sheng<sup>1</sup>, LI Zhi–zhuang<sup>2</sup>

(1. *Petroleum Exploration and Production Research Institute of China Petroleum & Chemical Corporation, Beijing 100083, China;*

2. *Beijing Zhongke Yongxin Digital Technology Co., Ltd., Beijing 100084, China*)

**Abstract:** This paper analyzes the necessity of applying Geographic Information System (GIS) to the field of oil exploration. Combined with the nature of the core business, this paper also presents the key technologies and applications of oilfield business data visualization in SGIS, which is based on China's petrochemical independent intellectual property rights. Moreover, the resource integration with three–dimensional visualization technology and its application to the oilfield business data are discussed. The system realizes the management integration of ground geographic information in oil and gas exploration and underground geological model of the spatial data. The system also dynamically associates the production with management on the ground and underground geological objects analysis. The new system can provide valuable experience for the study and application of the digital oilfield technology.

**Key words:** petroleum exploration and production; SGIS; ground–underground integration

---

**About the first author:** ZHANG Qing–he, male, born in 1956, professor, majors in IT and GIS, E–mail: zhangqinghe.Syky@sinopec.com.