

# 三维可视化盆地数字模型系统的设计

陈 军<sup>1</sup>, 刘云生<sup>2,3</sup>, 王必金<sup>2</sup>, 王海亮<sup>1</sup>

(1. 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092; 2. 中国石化江汉油田勘探开发研究院, 潜江 433124;

3. 中国矿业大学资源与安全学院, 北京 100083)

**摘要:**介绍了在 GIS 和 OpenGL 环境下设计的三维盆地数字模型系统的设计目标、主要数据和基本功能, 给出了部分系统输出的三维构造结果图片。该数字模型和可视化系统为盆地构造和油气分析提供了一种更直观的分析、判别手段, 分析人员可根据三维空间多源信息的叠加挖掘出隐含的构造、石油方面的信息, 判断已有模型数据的一致性和合理性。

**关键词:** 数字盆地; 可视化; 三维模型; 盆地分析; OpenGL

## Design of 3D Visual Digital Basin Model System

CHEN Jun<sup>1</sup>, LIU Yun-sheng<sup>2,3</sup>, WANG Bi-jin<sup>2</sup>, WANG Hai-liang<sup>1</sup>

(1. School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai 200092; 2. Exploration & Development Research Institute of Jiangnan Oil Field Branch Company, SINOPEC, Qianjiang 433124; 3. School of Resources and Security, China University of Mining and Technology, Beijing 100083)

**【Abstract】**This paper describes basic design object, main data and basic functions of 3D digital basin model system, which are designed under GIS and OpenGL environment, and presents some 3D structural result pictures obtained through the system. The system provides a direct analyzing and distinguishing measure to research the basin structure and oil & gas. Analysts can excavate the hidden information of the structure and oil, and estimate the consistency and rationality of the known model data according to the data superposition from the different origin in 3D space.

**【Key words】** digital basin; visualization; 3D model; basin analysis; OpenGL

石油存储于地下一定的地理空间中, 是一个三维的地质体, 长期以来, 由于难于实现地质体的三维立体表达, 石油地质学家通常使用一维图形(剖面图和单井柱状图)和二维图形(各种平面图)相结合的方法表达三维地质体<sup>[1]</sup>。而采用这些传统的一维和二维图片会将盆地从空间上和时间上独立开, 使平面图片不能全面、真实地反映地下地质体的客观性, 给资料的进一步解释分析带来不便。用平面图片描述空间层位的起伏变化直观性差, 无法对复杂地质体进行有效描述; 人为地割裂同一层的形态信息与属性信息, 分别绘制平面图, 会进一步加剧地质分析、解释的复杂度; 各层间关系不清楚, 增加了分析多个层位的复杂度, 难以表达盆地的构造、沉积等在空间中的相互关系以及盆地形成的动态历史过程, 也难以发现和修正不同空间位置资料间的矛盾。三维盆地数字模型可为盆地分析提供直观的、交互的、反应灵敏的可视化环境, 通过数据的可视化技术, 使盆地分析人员可以从大量信息中发现隐含的信息, 为数据解释提供帮助, 在圈定油气田范围时作出重要决定。

利用 GIS 强大的空间数据综合分析处理功能, 可以将不同来源的地质信息进行叠加、对比、综合等, 研究其解决具体的地质问题的作用, 并从中找出规律, 特别是 TGIS 技术。它可以描述四维空间的地质现象 除具有一般 GIS 的功能外, 还能够记载研究区域内各地质现象随时间的演变过程, 使盆地分析由过去的静态系统转化为动态系统, 使项目中使用的动态历史观得到直观正确的反映。TGIS 的应用顺应了信息化时代石油企业建立数字化油田的趋势, 因为数字盆地是数字油田的一个重要组成部分, 而盆地的三维可视化数字模型又是数字盆地的关键。

## 1 系统的描述

### 1.1 系统建立的目标

系统建立的目标是将与盆地有关的构造、油气、地球物理、地球化学等研究数据通过数据库管理系统实行统一管理; 将 GIS 与数据库系统相结合, 实现研究区内各种地质实体的空间信息和属性信息的相互关联、查询; 将数据库系统与三维可视化系统相结合, 实现不同来源的地质信息的叠加、对比、综合等, 研究其解决具体的地质问题的能力, 以便相关研究人员从中找出规律, 并充分利用钻井、地震、重力、航磁、MT 等约束信息了解已有构造、石油等的模型是否合理, 从而为盆地的构造、石油研究成果的合理性评价提供一种新的手段。系统的结构如图 1 所示。

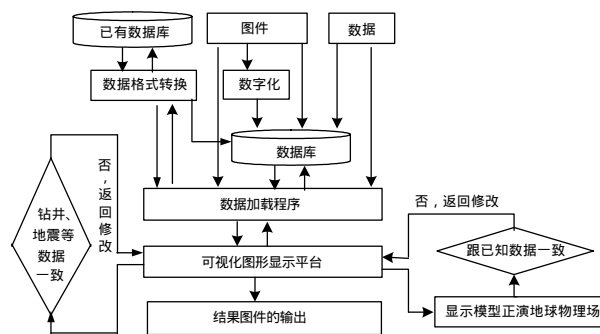


图 1 系统结构

**作者简介:** 陈 军(1966 -), 男, 博士、副教授, 主研方向: 地球物理数据的处理和综合解释, 地学软件; 刘云生, 博士研究生、高级工程师; 王必金, 博士、高级工程师; 王海亮, 本科生

**收稿日期:** 2007-04-30 **E-mail:** junxianchen@mail.tongji.edu.cn

## 1.2 系统涉及的数据

参考文献[2~4]和本系统的设计要求,系统主要涉及6方面数据:(1)地形和地理底图数据等,属于基础类数据,用于对平面位置的浏览和检索;(2)色标数据、岩石物性数据、地层表数据及图标符等,属于基础类数据,用于对地质体属性的设置;(3)盆地分布图、地质剖面图、断裂分布图、地层分布图、沉积相分布图、基底岩性分布图、火山岩分布图和生油层、储层、盖层的地层等厚度及其纵向剖面图、基底组成、构造类型、沉积岩厚度,用于构造三维盆地模型;(4)生油层特征(烃源岩有效厚度、生油岩面积、生油岩岩相、TOC、氯仿沥青A、总烃量HC、有机质类型和成熟度)、储集层特征(类型、面积、厚度、空隙度和渗透率)、盖层特征(面积和厚度)、生储盖组合关系、勘探程度和深度、含油气情况及应力场数据等,这些是石油地质特征数据,可为油气预测提供依据;(5)钻井数据、主要的地震解释断面图、重力异常、磁力异常、MT及其他地球物理和地球化学数据,用于验证模型的合理性;(6)岩石圈构造、莫霍面深度、居里面深度、康纳面深度等深部构造数据,用于对盆地构造形态和演化等进行约束。

## 1.3 系统的主要功能

系统的主要功能包括:(1)系统管理:对整个系统的日常管理和安全控制;(2)数据(包括空间数据和属性数据)管理:文字、图形等各种形式数据的输入、输出、编辑、删除,以及浏览、查询、统计分析等;(3)图形显示平台:二维、三维交互式图形的浏览和编辑;(4)辅助功能:不同坐标体系的转换、数据的裁减、不同格式数据之间的相互转换等。

## 1.4 系统设计使用的环境

硬件环境为普通PC,具有图形显示功能,满足SQL Sever2000数据库管理系统所要求的硬件环境,硬盘大小视数据量而定;软件环境为Win2000或WinXP操作系统。

另外,编程语言选用具有可视化功能的VB6.0设计系统的界面;综合考虑成本和功能,选用MAPGIS软件平台<sup>[5]</sup>进行二次开发,实现二维数据、图形的浏览和编辑;选择VC++6.0和开放图形程序库OpenGL<sup>[6-7]</sup>开发三维图形可视化模块;数据库管理系统选用SQL Server2000。

# 2 实例介绍

## 2.1 地震构造界面图

地震构造界面图包含地理底图、断层要素和界面深度3个主要图层。作该类图的关键是断层线要附属在相应的界面上,所以,要预先从界面对应的深度数据中搜索出断层线上节点的深度值。本软件有2种深度搜索方式:从不规则界面数据中直接搜索,或从网格后的界面数据中搜索。

图2为某盆地地震反射层构造界面的三维显示结果,其直观地显示了盆地中凹陷和隆起的空间分布情况。

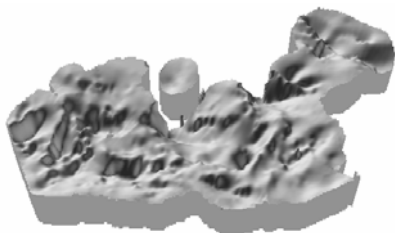


图2 某盆地地震反射层构造界面的三维显示结果

从经过三维显示后的构造图上可直观地看出界面的起伏形态,研究人员能更容易地观察构造形态的变化、发现数据

的错误。

## 2.2 古潜山分布图

古潜山分布图主要包括地理底图、断层线、潜山分布范围和地震反射层构造界面深度等。古潜山的表示方式是在相应的构造底图上叠加古潜山的分布范围,并将分布范围进行颜色或符号充填。

图3为某盆地古潜山分布示意图,其中不仅提供了普通平面图上古潜山横向上的分布范围,还提供了古潜山在纵向上的起伏形态。

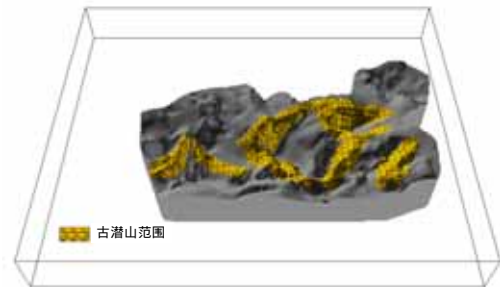


图3 某盆地古潜山的三维分布

## 2.3 盆地地层和钻井的综合表示图

将各类地层在空间上进行叠加显示,能看到不同地层的空间分布情况。将钻井数据与地层数据叠加可观测和验证地层纵向分布是否合理。

图4为某盆地地层、钻井叠加结果示意图,其中包括了钻井的井柱信息、不同种类的地层信息,还能看出剖切后断面上地层分布的厚度和起伏形态变化信息。每种颜色代表一种地层,横向上颜色的分布范围指示出地层的分布范围,通过纵向切割断面显示了不同地层纵向上的起伏叠加关系。加入钻井信息后,还可通过钻井中的地层信息判断地层分布是否合理。

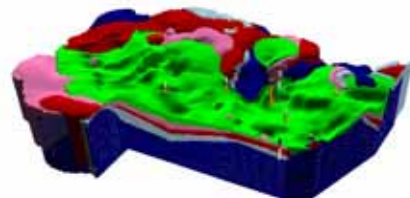


图4 某盆地地层、钻井的叠加结果

# 3 结束语

(1)将盆地构造地质和石油地质的研究成果利用GIS进行统一管理,为盆地分析中多源信息的叠加提供了基础。将盆地构造地质和石油地质的研究成果同三维可视化功能相结合,为盆地分析专业人员提供了更直观的分析、判别手段。

(2)盆地数字模型的建立过程是一个动态的过程,模型是建立在以往研究资料的基础上,模型建立过程能在三维可视化、可交互的环境里随着油气勘探数据的变化而部分或完全自动更新。

(3)三维空间中的岩性分布和地质结构是构造演化和油气分析中主要的因素。但是这些因素通常非常复杂,难于刻画,更难以实现可视化。如何使所建立的模型较准确地描述地下空间的实际情况,并实现三维可视化,是目前还没有完全解决的问题。这将是今后实现真正具有虚拟现实功能的数字盆地的研究重点。

(下转第239页)