

基于 GIS 数据仓库的激光单分子海洋油气化探数据可视化处理

李谷祺^{1,3}, 杨作升¹, 刘展², 张勇¹, 初晓璐¹

(1. 中国海洋大学 河口海岸带研究所, 山东 青岛 266003; 2 中国石油大学(华东), 山东 东营 257061; 3. 淮海工学院, 江苏 连云港 222005)

摘要: 采用基于地理信息系统(GIS)的数据仓库技术,以激光单分子海洋油气化探数据处理与评价作为数据仓库主题,实现了激光单分子海洋油气化探数据的可视化处理。将可视化处理分为4个步骤:数据预处理、异常背景分析、异常分析、异常综合评价;使用MAPX、DELPHI等软件研制开发了相应的可视化软件模块。通过对渤海湾盆地某测区实测的甲苯化探数据的处理,验证了所开发技术的实用性。

关键词: 油气化探; 数据处理; 数据仓库; 可视化

中图分类号: P632 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2007)02-0013-04

目前传统油气化探数据处理已经有了较大的发展^[1],但将地理信息系统(GIS)技术运用到油气化探数据的处理还处于起步阶段。美国地质调查局(USGS)已经将GIS技术运用到油气化探数据处理与油气预测上,并取得了较好的成果。2001年,印度石油天然气总公司(ONGC)宣布启动名为“ICE”的信息化项目,在其子系统油田开发评价系统中,计划运用GIS技术进行油气数据可视化处理与油气藏评价与预测。欧洲各国和日本也已经相继进行油气化探数据可视化处理方法的研究。中国油气化探历经几十年,积累了大量的油气化探数据资源。2000年中国新星石油公司化探中心首次建立了中国主要含油气盆地油气化探数据库,收集并录入了30年来中国主要含油气盆地或地区油气化探数据及相关信息,为系统研究中国区域油气地球化学场特征提供了数据资源和基础。该系统建立了有效的油气化探数据处理及异常评价系统,更好地满足了油气化探不断发展的要求^[2]。

作者在激光单分子海洋油气化探数据处理方面,结合具体的海洋油气地质条件^[3]和传统的油气化探数据处理方法,根据《石油天然气地球化学勘查技术规范》,在基于GIS的海洋油气化探数据仓库的基础上,提出了一套激光单分子海洋油气化探数据处理流程,并且运用GIS可视化技术,使用MAPX 5.0、DELPHI 7.0等软件研制开发了数据处理流程的数据处理系统和制图系统。程序能在每一步数据处理过程中同时进行处理结果的可视化显示,并能够将处理后的数据以图层文件和属性文件储存在数据库中,为进一步进行油气化探异常综合评价奠定了数据基础。数据处理流程利用渤海湾盆地某测区

激光单分子技术实测的甲苯化探数据进行了验证,取得了良好的效果。

1 数据处理方法与流程

本系统的化探处理流程主要用于处理激光单分子技术所测量的目的区浅地层沉积物中的油气化探指标:苯、甲苯和CO₂等数据,分析和探讨海底浅层沉积物地化异常特征、规律。针对以上的油气化探数据的特殊性与复杂性,作者以GIS为工具,以数据仓库为基础,结合传统的油气化探数据处理方法,提出了一套油气数据可视化处理流程,为最终进行油气资源评价与预测奠定了数据基础(图1)。

油气化探数据处理作为数据仓库的一个子系统,既相对独立,同时又围绕数据仓库的面向主题这一主要特征。当用户任意选取某一区域时,系统会自动提取本区域的化探数据,并对此数据进行可视化处理,并能及时地将处理后的结果保存在数据仓库中。按系统要求,提出了海洋油气化探数据的处理与解释分为4个阶段进行的方案:数据预处理、异常背景分析、异常分析、异常综合评价。该4个阶段相互关联,在处理中一般按顺序一步步进行,但用户时常可以根据实际情况进行交互分析。每一步数据处理阶段均给出了多种不同的数学处理方法,以供用户进行选择,

收稿日期: 2004-04-05; 修回日期: 2005-03-17

基金项目: 国家“863”计划资助项目(2002AA615160)

作者简介: 李谷祺(1979),男,山西太原人,硕士,研究方向为海洋地球化学,电话: 13776595012, E-mail: lgq791226gp@hotmail.com

具体数据处理流程见图 2。

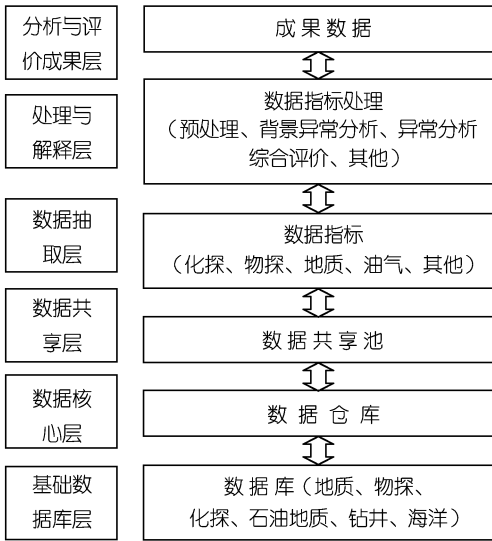


图 1 系统概念模型
Fig. 1 System model

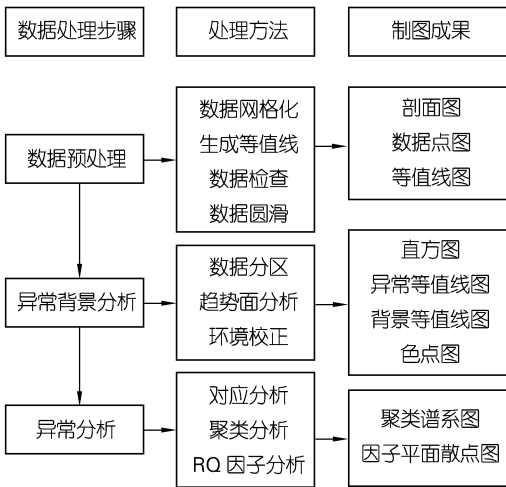


图 2 激光单分子海洋油气化探数据处理与解释流程
Fig. 2 Flow chart of geochemical data processing of laser single molecule detection for marine oil and gas prospecting

1.1 数据预处理

在采样和分析过程中会产生误差,如何消除误差是数据处理过程中很关键的一步^[4]。数据预处理的功能主要是对原始数据进行改造,以提高数据处理的质量及应用效果,消除人为或仪器因素导致的误差等。数据预处理的好坏直接影响数据处理和异常评价的结果和质量^[2]。本系统中数据预处理阶段

采用的方法如下:(1)突变点消除。调用网格化和等值线绘制程序绘制等值线,借助人机交互功能,在等值线图上寻找突变点,用突变点局域范围内的点的平均值替代突变点的值,消除数据突变点。(2)数据圆滑。采用滑动平均、九点圆滑两个数值处理方法来进行数据圆滑。(3)数据网格化。按矩形网采用克里金插值方法对数据进行网格化处理。

1.2 异常背景分析

应综合考虑异常所处的地质背景、地貌景观及地表介质等因素,确定背景异常,进而圈定有意义的油气化探异常。通过试用各种方法,认为正态分布检验法在景观单一的大比例尺、小范围化探中效果较好。而趋势面分析方法在景观较单一的地区应用效果理想^[5]。根据海洋油气地质条件,对激光单分子技术所测量的目的区浅地层沉积物中、水体中和海面大气中的油气化探指标:苯、甲苯和 CO₂ 等数据采用的方法如下:(1)概率分布统计与检验。概率分布统计与检验的目的是发现原始数据的分布特点,根据此分布特点,对原始数据进行系统误差校正和环境校正,把原始数据校正为同一母体、统一背景下的正态分布或者对数正态分布数据。其流程如下:a.数据分区。许多工区因地质背景单元不同,具不同背景总体,常用分区作图拼接法确定异常。本系统根据原始数据分别调用数据分区模块做数据彩色点图,概率分布统计模块做概率分布统计图,根据数据彩色点图和概率分布统计图,发现原始数据的分布特点,确定数据间的边界,据此边界大体划分数据区块。b.环境校正。各数据区块的背景不同,异常的划分标准也不同。再求取各数据区块的均值、标准差。利用各数据区块的均值、标准差,按照环境校正公式,进行各数据区块的全部数据标准化。c.反求环境校正后的“原始数据”。以校正后直接求取的全区原始数据均值、方差,或校正后的区块原始数据均值、方差加权求取的全区均值、方差,或可代表全区的区块原始数据的均值、方差为标准,逐块将以校正后区块原始数据均值、方差为标准的区块原始数据反求为全区环境校正后的“原始数据”。d.全区“原始数据”网格化。环境校正过程中尽管原始数据一个也没有被剔除,但不少不符合正态分布的原始数据并不能进入有效的数据范围,加之各化探指标采样也不同,因此有必要对环境校正后的“原始数据”进行全区网格化;考虑到进一步消除区块影响,采用具有区域效应的克里金插值方法。(2)趋势面分析。当研究区域背景为一变化的规则的曲面时,采用多项式趋势面方法确定区域背景异常,进而确定局部和剩余异常。(3)稳健分析。应用稳健多元

线性回归分析处理非正态分布的数据,运用加权原理求取数据整体的位置和尺度,确定区域背景异常,进而确定局部和剩余异常。

1.3 异常分析

本系统的异常分析应用数学方法从海洋油气化探数据中提取有效信息,形成综合异常,供异常综合评价用。采用多方法多指标的化探方法可以减少多解性,增加可信度^[2]。本阶段的主要任务是对上一个阶段所确定的油气化探剩余异常进行评价、分类。主要采用以下方法:(1)多变量趋势面分析。多变量趋势面分析是在因子分析的基础上进行,也就是对因子分析的结果因子得分值进行趋势面分析,得到因子得分的剩余异常。本系统采用多变量趋势面分析方法计算因子得分和典型趋势面。(2)广义对应分析。广义对应分析包括R型因子分析、Q型因子分析、判别分析、聚类分析和对应分析等。R型因子分析:研究众多指标变量之间的相关关系。从研究变量相关矩阵的内部结构出发,找出数目较少、相互独立的主因子,并计算主因子的解,给出相应的因子得分、因子计量及因子载荷,由此可以分析利用激光单分子技术得到的化探指标在决定异常中所起的作用和顺序,更好地进行地质解释。Q型因子分析:研究众多利用激光单分子技术得到的样本之间的相关关系,从研究变量相关矩阵的内部结构出发,找出控制所有样本的几个公因子。研究公因子的特殊性往往可以揭示研究对象在成因上的联系,便于直接进行地质解释和推断。判别分析:从众多利用激光单分子技术得到的指标中选择对分类最优的指标形成综合指标,在贝叶斯准则下,对样本进行判别分类。指标优选的主要功能是研究变量之间的相关关系,提示它们之间的内部联系,并根据不同的统计方法,建立能表示其关系的数学表达式,从多个指标中选取与油气化探关系密切的有效指标。聚类分析:按照客体在性质上或成因上的亲疏关系,对客体进行定量分类的一种多元统计分析方法。对利用激光单分子技术得到的样品和指标按照相似程度大小逐一归类,直到所有的指标聚集完毕,形成一个亲疏关系图,用以更直观地显示对象的差异和关系。对应分析:在因子分析基础上发展起来的一种多元统计方法。把R型和Q型因子分析结合起来,综合考虑变量之间、样本之间及变量与样本之间的关系,将利用激光单分子技术得到的变量和样品反映到同一因子平面上进行分析研究,以揭露变量和样品间的双重关系。

2 应用实例

作者以渤海试验区激光单分子油气化探数据甲苯为例,对以上数据进行验证。试验区位于 119° ~ 119° 50' E, 38° 10' ~ 38° 20' N 的 BZ 凹陷中,位于渤海的中心部位的渤南凸起的西南部,西以 BZ 25-1 反转构造为界,东至郑庐断裂的东支,沿黄河口凹陷北断裂,北为渤南凸起 BZ 28-1 油田。中国海洋石油总公司在该试验区进行钻井,井号是 2514, 2515, 2516, 2517, 2518 和 2519(图 3, 图 4, 参考坐标:直角坐标系,单位:km)。利用激光单分子高分辨技术在试验区进行了甲苯的测量。根据激光单分子分析得到的甲苯数据,作者用趋势面分析方法进行了处理,得到了渤海试验区(西区)甲苯局部异常图(图 3)和渤海试验区(东区)甲苯局部异常图(图 4),从图中可以看出甲苯的高值异常与油气井符合较好,初步验证了本系统的海洋油气化探数据处理流程能够较好地处理和解释海洋油气化探数据。

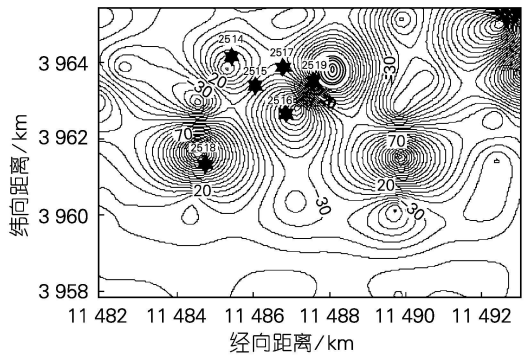


图 3 渤海试验区(西区)的甲苯局部异常图

Fig. 3 Contour map of toluene anomaly in western part of the test area in the Bohai

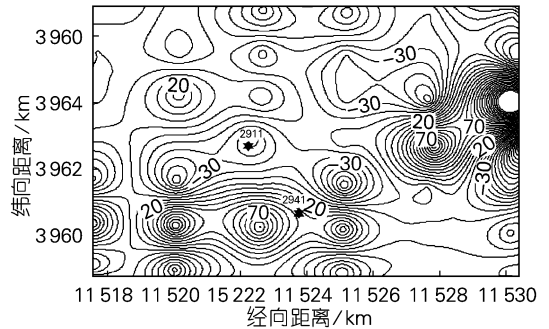


图 4 渤海试验区(东区)的甲苯局部异常图

Fig. 4 Contour map of toluene anomaly in eastern part of the test area in the Bohai

3 结论

作者以海洋激光单分子油气化探数据为研究对象,根据海洋油气地质的实际情况,结合国内外传统化探数据处理方法,提出了在海洋油气化探数据仓库的基础上,围绕数据仓库面向主题这一主要特征进行数据可视化处理,在海洋油气化探数据处理方面进行了新的探索,提出了一套海洋的油气化探数据处理流程,并且开发研制了相应的数据处理软件。并运用渤海试验区实测的甲苯数据和钻井资料进行了验证,取得了良好的效果。结果表明,作者提出的油气化探数据可视化处理流程是符合实际要求的,并且为以后的异常综合评价打下了良好的基础,同时为我国进行海洋油气化探数据处理、油气综合评价和预测提出了新的思路。

参考文献:

- [1] 吴锡生. 化探数据处理方法[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
[2] 汤玉平, 任春, 李沙园, 等. 中国主要含油气盆地油气化

- 探数据库及应用[J]. 物探化探计算技术, 2000, 4: 295-301.
[3] 程军, 刘崇喜, 赵克斌, 等. 我国海域油气化探的基本特点[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 1: 83-87.
[4] 斐韬. 油气化探数据处理发展趋势[J]. 天然气地球科学, 1998, 2: 30-33.
[5] 林玉祥, 郝石生, 屈智华, 等. 论油气化探数据处理方法与流程[J]. 物探化探计算技术, 1998, 3: 274-279.
[6] 王辉, 常旭, 黄鼎成. 利用 GIS 技术进行油气资源综合评价[J]. 地球物理学进展, 1997, 4: 36-44.
[7] 宋利好, 吴信才, 罗忠文. 基于 GIS 图形数据库的油气资源评价[J]. 中国地质大学学报, 1998, 4: 365-368.
[8] 李艳春, 王东坡, 杨光, 等. 应用 GIS 技术进行油气资源评价的探讨[J]. 世界地质, 1998, 3: 49-53.
[9] 张勇, 杨作升, 刘展, 等. 渤海区域地质信息管理系统数据模型[J]. 海洋学报, 2002, 4: 76-81.
[10] 肖国林. 基于 GIS 技术的中国海域油气资源可视化数据库的设计与实现[J]. 海洋地质动态, 2002, 11: 39-42.
[11] Steven A T. Surface Geochemistry in Petroleum Exploration[M]. New York: Chapman & Hall, 1995.

Visual processing of geochemical data of laser single molecule detection for marine oil and gas prospecting on the basis of data warehouse

LI Guoqi^{1,3}, YANG Zuosheng¹, LIU Zhan², ZHANG Yong¹, CHU Xiaolu¹

(1. Institute of Estuarine and Coastal Studies, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. China University of Petroleum, Dongying 257061, China; 3. Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China)

Received: Apr., 5, 2004

Key words: geochemical prospecting of oil and gas; data processing; data warehouse; visualization

Abstract: Visual processing of geochemical data obtained with laser single molecule detection (LSMD) for marine oil and gas prospecting on the basis of geographic information system (GIS) and data warehouse is presented in this paper. The procedure of visual processing consists of data pretreatment, background analysis of anomaly, anomaly analysis and anomaly appraisal. The program of data processing system and mapping system is made according to the procedure of data processing. The procedure of data processing and its program were verified by the CH₄ data obtained by LSMD in the Bohai. The geochemical anomalies clarified by the visual processing satisfy the purpose of marine oil and gas geochemical prospecting.

(本文编辑: 刘珊珊)