

基于 GIS 的油气储层综合评价方法研究

施冬^{1,2} 陈军³ 朱庆¹

(1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

(2 长江大学地球科学系, 荆州市南环路 1 号, 434023)

(3 国家基础地理信息中心, 北京市海淀区紫竹院百胜村 1 号, 100044)

摘要:通过对现有的商用地理信息系统的分析,剖析了传统的储层综合评价方法及存在的问题。充分利用 GIS 工具,建立油气储层评价空间数据库,整合各种与储层相关的多学科油田图形信息及其相关属性信息,利用 GIS 与储层评价模型集成解决油气储层评价问题,扩展了 GIS 的空间分析功能,实现了油气储层评价的科学性和完备性,并以西部某油田为例进行了实例分析。

关键词:地理信息系统; 油气储层评价; 空间分析; 集成方式

中图法分类号: P208

GIS 区别于其他信息系统的一个重要特征是语义和非语义信息的共同管理及其空间分析^[1]。随着 GIS 研究的深入和应用的拓展, GIS 空间分析功能薄弱的问题逐渐暴露出来, 现有的商用 GIS 一般具有强大的空间数据管理、制图、查询和基本的空间分析功能, 但缺乏或没有对知识的表达、获取和应用的方法或机制, 因此, 智能化程度较低, 即现有的商用 GIS 软件所具有的基本空间分析功能远不能满足 GIS 日益扩展的应用需求。利用 GIS 工具, 整合各种与储层相关的多学科油田信息和其他相关属性信息, 通过储层评价模型与 GIS 集成就可解决这一问题。

1 传统的油气储层评价方法

储层是油气勘探的主要研究对象, 是具有明确空间定位的客观实体。储层综合评价作为油气资源评价的主要内容, 需要分析包括石油地质、测井、地震、地球化学及石油工程在内的大量数据。从理论上讲, 石油地质勘查过程中获得的这些数据都是地理坐标的函数, 是典型的空间数据。油气储层综合评价就是综合运用储层研究的全部资料与成果, 对储层进行全面的认识。通过综合评价, 指出单井剖面上有利的储集层段; 结合区域地

质资料, 预测平面上有利区块的分布和变化^[2]。

传统的储层评价技术主要存在以下不足。

1) 传统的油气储层评价主要建立在油田各专家独立评价的基础上。各专家之间利用本行业获得的信息建立自己的数据库, 运用自己的处理软件对储层进行评价, 各种软件有其独立的数据关系系统, 底层也都采用了不同的数据库作支撑, 它们对于用户都是不透明的, 无法在应用软件外直接访问各种数据, 难以实现各软件之间勘探开发数据的共享与管理。同时, 这些具有许多异构数据特征的应用软件不是建立在统一的信息平台上, 并且是在不同的操作系统下使用的, 因此, 加大了数据信息的管理和应用的难度, 同时为综合多学科信息评价油气储层设置了人为的屏障。

2) 传统的油气储层评价没有考虑观测点的空间关系, 因此, 储层评价只能在违背数学前提的条件下长期使用各种传统统计方法^[3]。20 世纪 80 年代以后出现的地质统计学部分地解决了这一问题, 但它处理的是空间数字信息, 对空间图形信息束手无策。传统的储层评价对图形信息的处理大多采用主观的评价方法, 依靠研究人员的经验和理解, 把不同类型的图件简单地叠合起来进行定性研究。这种方法不但费时费力, 而且难以达到预期的效果, 方法技术也不利于推广。

2 GIS 支持下的油气储层综合评价

在几十年的油气勘探工作中, 地质、地震、测井、测试等勘探技术方法获得了飞速发展和广泛应用, 极大地提高了有关信息的采集速度和数量。资料的积累随工作程度的深入急剧增长, 但资料的利用和开发水平远远低于其累计速度。采用什么方法才能更快速、经济、有效地将这些资料和数据用于储层的综合评价, 这是亟待解决的问题。

GIS 支持下的油气储层评价就是利用 GIS 工具, 以图层信息为基础, 以地质模型为根据, 以数学模型为桥梁, 以图层操作为形式, 进行油气储层的评价与预测(图 1)。其中储层评价空间数据库包含有大量地质、地震、测井和测试的基础数据和大量图层, 它们是预测的“原料仓库”; 储层评价模型是整个预测工作的理论基础, 利用哪些信息, 调集哪些图层, 各图层的相对重要性, 图层同油气储层的关系, 实际上都由储层评价模型所确定; 数学模型是将储层评价模型表达的预测思想转换成 GIS 可操作的形式, 提取有关图层进行相应操作, 最后得到各种作为预测结果的专题图件。它不同于传统的储层评价, 是集地质、测井、地震和石油工程等信息为一体, 由 GIS 统一进行信息的存储与管理, 由各专家共同完成而不是独立进行的新一代油气储层评价方法。

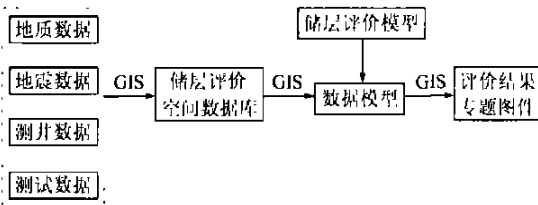


图 1 基于 GIS 技术的油气储层评价

Fig. 1 Oil-Gas Reservoir Evaluation Based on GIS

3 基于 GIS 的油气储层评价方法

基于 GIS 的油气储层评价方法见图 2。在对研究区资料进行充分研究的基础上, 合理选取参与评价的数据源, 建立油气储层评价空间数据库, 通过 GIS 与储层评价模块集成, 选择评价因子和进行建模分析, 得出有利的油气储集区块, 进而对储集层进行评价。

3.1 油气储层评价数据源的选取

储层综合评价的任务是从沉积和储层条件出

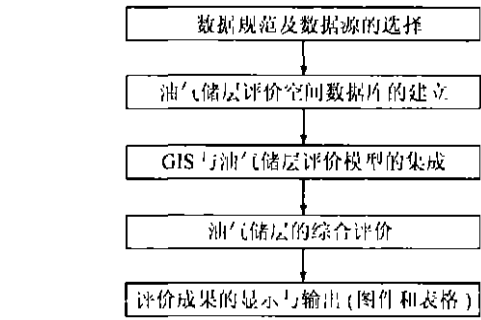


图 2 基于 GIS 的油气储层评价方法

Fig. 2 GIS-based Oil-Gas Reservoir Evaluation Method

发, 结合有关地质因素对研究区的主要勘探目的层按油气勘探的有利与不利程度分区评价, 为油气勘探提供依据。基于上述目的, 进行储层综合评价必须考虑大量的石油地质因素, 包括沉积相带及重要沉积界线、储集体类型、储集体规模与形态、储层物性、储集体埋藏深度与成岩阶段、储集体与圈闭的配置关系、储集体的盖层条件及油气显示等。

首先, 用于油气储层综合评价的各类数据主要为地质、地球物理、地球化学、测试等数据, 又可归纳为 GIS 中的空间数据和属性数据, 空间数据如工区范围、构造图、各类成果图件等都是对作为其定义域的空间物体的局部描述, 而属性数据即为地质上常见的表格和文字描述等叙述性数据。

其次, 地质数据具有多源性和表达的多样性的特点。GIS 把客观世界的各种空间数据抽象为点、线、面, 储层研究的空间实体主要有实体、线实体和面实体 3 种。井位、取样点、研究区位置等可视为几何上的点; 断层及各种构造线、地层分界线、沉积相分布界线可视为线; 而工区构造图、地层、岩石、各类平面分区图则在图中表现为多边形。

3.2 油气储层评价空间数据库的建立

储层综合评价数据库是研究区内各种与储层评价信息有关的空间数据的集合, 包括图形数据和属性数据(表 1)。数据库中包含的信息越多, 分析处理的结果越真实。空间数据库的建立是评价工作的基础, 也直接影响到评价结果的好坏。储层评价涉及内容广泛, 包括基础地质、石油地质、地球物理、地球化学、开发动态资料等。数据库的组织是以图层概念为基础的, 具体应用时, 将需要反映不同油气信息的图层从数据库中取出, 进行叠加分析、缓冲区分析, 以产生新的合成图进行储层评价。

表1 基于GIS的油气储层评价空间数据库内容

Tab. 1 GIS-based Spatial Database Contents of Oil-Gas Reservoir Evaluation

属性数据	图形数据
综合数据: 井位坐标、完井深度、最深测井深度、油气测试数据、各类分析报告、研究报告等	地理底图: 研究区地理位置分布图
地质基础数据: 层组划分的油组、亚组和单层的顶底界深度、断点深度和断距等	基础地质图件: 井位分布图、地质剖面图、断层分布图、地层分布图、沉积相分布图、地层等厚图及其纵向剖面图等
储集层特征参数数据: 储集层厚度、有效厚度、顶底界深度、孔隙度、渗透率、含油饱和度、各类分析化验数据以及储集岩类型等	岩心分析图件: 岩心照片、微观结构分析照片如电镜照片等
地球物理数据: 各种地震、测井数据等	地球物理数据图件: 各种地震图件、测井图件等

3.3 油气储层综合评价模型的建立

通过对各类多源资料综合研究, 利用地质数据库(地质综合数据库、地层数据库、砂岩数据库)和地球物理数据库(地震数据库和测井数据库)建立层面模型和井模型, 从而建立油气储层综合评价模型(图3)。

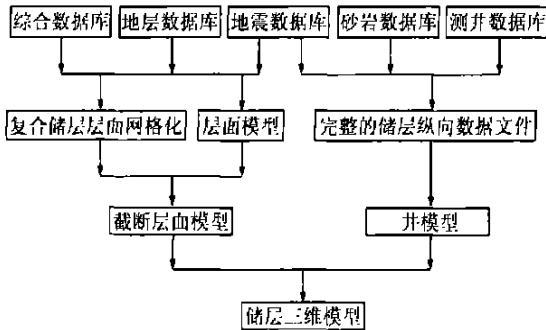


图3 油气储层综合评价模型的建立

Fig. 3 Establishment of Oil-Gas Reservoir Evaluation Model

3.4 GIS与油气储层评价模块的集成

根据应用需要、模型复杂程度及技术条件的不同, GIS与应用模块的结合方式也有所不同, 常见的集成方式有以下3种^[6]。

1) 松散集成。GIS系统与应用模型以独立的可执行应用程序形式存在, 各自有不同的数据结构和用户界面, 相互间以统一格式的中间数据文件进行数据通信。

2) 无缝集成。有统一的用户界面, 以GIS为集成平台, 利用GIS系统所提供的二次开发语言或其他编程语言开发专业应用模型与GIS系统

集成。

3) 整体集成, 重新编写软件, 有统一的用户界面。这种方式难度较大, 需要编程人员既熟悉GIS, 又懂得相关的专业知识。

4 实例

应用地理信息系统的原理和控件, 与已有的油气储层评价模块集成, 将数据和图形有机地联系在一起, 由图形可方便地查到数据, 由数据可生成图形。

4.1 系统的实现方法

利用 SuperMap 提供的开发控件和组件, 利用 VB 语言开发基于 GIS 的油气储层评价软件。控件和组件并不是应用系统, 只是一些功能的集合体。组件提供底层最基本的功能操作, 控件提供了一个可视化的窗口框架, 最上层是在组件和控件基础上构建的应用程序, 用来实现储层评价数据库、图形库、油田空间信息库的各种功能, 并且通过组件与已有的油气储层评价模块集成, 最终达到储层评价的目的。该软件包括数据库与图形库的建库、录入、查询、维护、编辑、可视化、图形生成等方面。

4.2 技术路线

目前, 我国油气勘探开发数据库基本上是按两个系统存取的: ① Oracle 数据库平台; ② SQL Server 数据库平台。要实现储层评价信息应用的一体化, 就必须适应这种体系结构。在系统设计中, 通过“语义层”的解释, 将两种不同数据平台的数据与应用模型连接起来, 形成共享信息, 实现应用与底层数据源的隔离。系统的主体采用无缝集成的方式将 GIS 与油气储层评价模块集成, 从而实现油气储层评价的数据录入、管理、处理、分析及显示的一体化。

通过上述方法对我国西部某油田长6储层进行了综合评价。图4是该油田长6储层的孔隙度平面分布与沉积相平面展布的二维叠加图, 同样也可得到相应的各类新图层。通过对研究区的区域构造、沉积特征分析及上面的各图层叠加分析, 可以得出相应层段的储层综合评价图(图5)。结合储层的分类标准, 最终对储层进行评价(表2)。从图4中可以看出, 已控圈闭长6储层吴73—吴410—吴46井区和吴411井区的油气远景最好, 为I类储层; 剖1井及剖4—吴59—吴60—吴83—吴39—剖3井区次之, 为II类储层; 新22—新19这一狭长带所代表的井区最差, 为III类储层。

表 2 长 6 储层综合评价表

Tab. 2 Comprehensive Evaluation Table on Chang6 Reservoir

圈闭名称	圈闭类型	圈闭面积 / km ²	沉积相类型	平均有效厚度 / m	平均孔隙度 / %	平均渗透率 / (10 ⁻³ ·m ⁻⁶)	平均含油饱和度 / %	单井产能 / (t·d ⁻¹)	储层评价类别
吴 411 井区、 吴 73—吴 46	岩性圈闭	83.63	水下分 流河道	9.57	13.4	1.296	51.24	5.1	I 类储层
剖 1 井区、 剖 4—吴 60	岩性圈闭	510.56	河口砂坝	6.0	11.9	1.056	45.10	3.7	II 类储层
新 22—新 19 井区	岩性圈闭	96.38	河道间	3.9	9.8	0.832	39.22	2.6	III 类储层

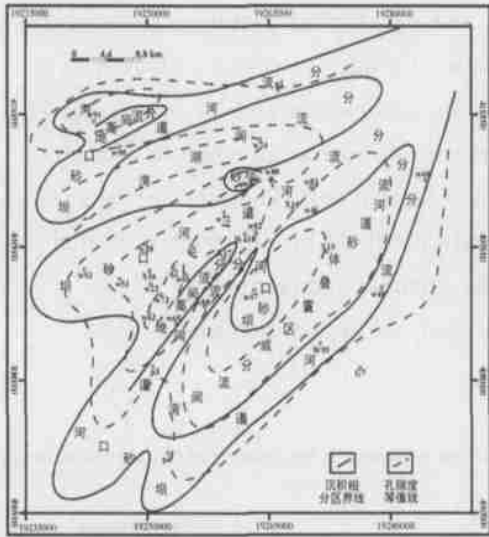


图 4 长 6 储层孔隙度分布与沉积相展布二维叠加图
Fig. 4 Two-dimensional Overlay Map Distribution of Porosity and Sedimentary Facies on Chang6 Reservoir

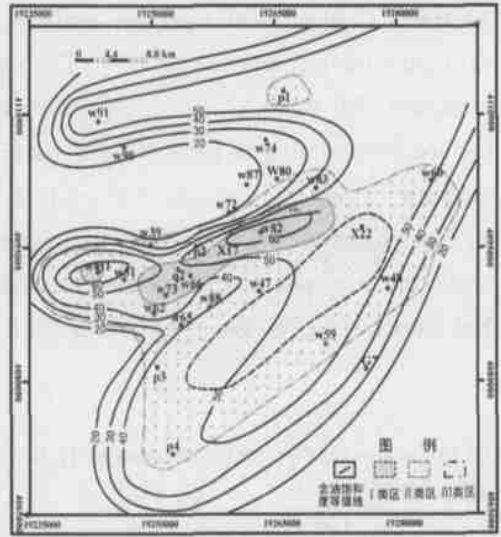


图 5 长 6 储层综合评价图
Fig. 5 Comprehensive Evaluation Map on Chang6 Reservoir

转为智能化决策。

5 结 语

1) GIS 可以将储层评价需要的各种地理或非地理因素的多学科信息输入计算机, 形成一体化的空间数据库, 节省大量重复的工作, 并使各类不同的信息互相配合应用, 使大量累积的与储层相关的图形信息和属性信息得以充分地利用, 有助于石油信息的共享。

2) 利用 GIS 进行油气储层综合评价, 与传统方法相比, 其优点不仅在于能够整合各种地学空间数据和其他相关属性信息, 更重要的是利用 GIS 的空间分析模型与储层评价模型集成解决空间油气储层评价问题, 实现储层评价模型的科学性和完备性, 拓宽了储层评价的深度和广度, 增强了结果的可信度。

3) 通过 GIS 与储层评价模块的集成, 不仅扩展了 GIS 的空间分析功能, 而且集油气储层评价的数据录入、管理、处理、分析及可视化表达于一体, 实现储层 GIS 由数据支持向信息支持和决策支持的发展, 使油田的管理决策者从经验性决策

参 考 文 献

- 1 边馥苓, 朱国宾, 余 洁, 等. 地理信息系统原理和方法. 北京: 测绘出版社, 1996
- 2 裘亦楠, 薛叔浩. 油气储层评价技术. 北京: 石油工业出版社, 1994
- 3 李裕伟. 空间信息技术的发展及其在地球科学中的应用. 地学前缘, 1998, 5(1): 335~341
- 4 Goodchild M F. Integrating GIS and Spatial Data Analysis: Problems and Possibilities. International Journal of Geographical Information System, 1992, 6(5): 407~423
- 5 Inter S. Uncertain Topological Relations between Imprecise Regions. International Journal of Geographical Information System, 2000, 14(5): 411~430
- 6 李德仁. 空间信息系统的集成与实现. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 2000

第一作者简介: 施冬, 副教授, 博士生. 现主要从事 GIS 及油气储层研究。

E-mail: sdd129@263.net

Oil-Gas Reservoir Evaluation Based on GIS

SHI Dong^{1,2} CHEN Jun³ ZHU Qing¹

(1 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Department of Geoscience, Yangtze University, 1 Nanhuan Road, Jingzhou 434023, China)

(3 National Geomatics Center of China, 1 Baishengcun, Zizhuyuan, Beijing 100044, China)

Abstract: Conventional reservoir evaluation method and its existing problems are analyzed through studying commercial GIS. The spatial database of oil-gas reservoir evaluation is established. All kinds of multidisciplinary oilfield graphic information and its correlating attribute data relating to reservoir are integrated. By means of integrating reservoir evaluation model with GIS, oil-gas reservoir evaluation problem is figured out. Thus the spatial analysis function of GIS is extended. An instance of a western oilfield in our country is cited to prove that the new method makes the evaluation more accurate and reliable.

Key words: GIS; oil-gas reservoir evaluation; spatial analysis; integration mode

About the first author: SHI Dong, associate professor, Ph. D. Ph. D candidate. She is engaged in the research on GIS and oil-gas reservoir. E mail: sdd129@263.net

(责任编辑: 涓涓)

(上接第 579 页)

Prediction of Gross Arable Land Based on Grey-Markov Model

LIU Yaolin¹ LIU Yanfang¹ ZHANG Yumei²

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Wuhan Bureau of Land Management, 1 Sanyang Road, Wuhan 430010, China)

Abstract: This paper discusses the prediction methods of gross arable land based on grey-markov model. The advantages and disadvantages of grey GM (1, 1) prediction and Markov prediction model have been analyzed. A new method, which is called grey Markov model, is presented based on analyzing current methods for arable land prediction. This prediction model is identified by taking prediction of arable land in Hubei province.

Key words: grey system; Markov chain; gross arable land; prediction; model

About the first author: LIU Yaolin, professor, Ph. D. Ph. D supervisor. his researches include the analysis and application of geographical information modelling.

E mail: yaolin610@163.com

(责任编辑: 涓涓)