

文章编号: 1001-6112(2009)04-0420-07

# 油气资源与目标一体化评价技术研究及系统集成

米石云, 郭秋麟, 胡素云, 杨秋琳, 张庆春, 谢红兵, 陈宁生

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 油气资源与目标一体化评价技术是 21 世纪石油工业领域应着力发展的十大技术之一。通过对技术内涵和应用需求的分析, 提出了构建该系统的总体结构, 并研制集成了集勘探数据管理、油气资源评价与勘探目标评价于一体的“油气资源与目标一体化评价系统 RIOSys 1.0”。该系统由“油气资源与目标一体化评价数据图形总库”及“油气资源与目标一体化评价应用软件”两大层次构成, 集成了包括数据库—图形库、区块评价、勘探目标经济评价与决策、油气资源空间分布及风险预测技术在内的多项新技术, 是开展油气资源与目标一体化评价研究的工作平台, 将在今后的勘探评价研究中发挥重要作用。

**关键词:** 目标评价; 油气资源评价; 勘探评价新技术; 一体化评价; 系统集成

**中图分类号:** TE122.3

**文献标识码:** A

## A STUDY ON INTEGRATED EVALUATION OF PETROLEUM RESOURCES WITH OBJECTS AND ITS SYSTEM INTEGRATION

Mi Shiyun, Guo Qiulin, Hu Suyun, Yang Qiulin, Zhang Qingchun, Xue Hongbing, Chen Ningsheng

(Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing, 100083, China)

**Abstract:** The technology of integrated evaluation of petroleum resources with objects is one of the top ten technologies that the global petroleum industry should devote major efforts to develop in the 21st century. After analyzing its technological characteristics and application demands, an overall structure of the software system was put forward. Furthermore, the integrated software system—Integrated evaluation system of petroleum resources with objects, RIOSys 1.0, which set exploration data management, resources assessment and objects evaluation in one, was developed. This system consists of two layers, the lower one is the integration platform and database (data and graphics), the upper one deals with series of different application software modules, such as basin studies, play evaluation and exploration decisions. RIOSys 1.0 integrates several new technologies such as data & mapping database, exploration & development block evaluation, assessment and decision of exploration target, spatial distribution and probability prediction methods of petroleum resources, so it provides an integrated platform for the studies of integrated evaluation of resources with objects, and will play an important role in the future petroleum exploration and research.

**Key words:** objects evaluation; resources assessment; new technologies in exploration evaluation; integrated evaluation; software system integration

到 2006 年底为止, 我国油气资源评价已完成了 3 轮。总体来说, 每轮的评价研究都紧密结合了当时的勘探现状, 对我国的油气资源潜力及勘探前景做出了客观预测, 为国家制定石油工业发展战略提供了重要依据<sup>[1~5]</sup>。但是, 作为一项耗时与耗资巨大的重大科研项目, 其在指导钻探目标部署方面的作用还远远没有得到充分发挥。其主要原因在

于宏观资源评价与具体勘探目标评价之间存在分离或脱节<sup>[6,7]</sup>。“油气资源与目标一体化评价技术”的提出和研发, 正是为了解决这一难题。该技术的理念、集成技术、共享数据平台和规范的工作流程, 确保了从“资源到目标”评价的一体化, 从而提高钻探目标部署的成功率, 缩短部署时间。因此, 该技术的研发意义重大。

收稿日期: 2009-01-20; 修订日期: 2009-07-17。

作者简介: 米石云(1966—), 男, 博士, 高级工程师, 从事盆地模拟定量研究与油气资源定量评价工作。E-mail: symi@petrochina.com.cn。

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司科技攻关项目(06-06D-01-06-03)。

# 1 技术内涵与总体设计

## 1.1 技术内涵

油气资源与目标一体化评价技术的核心内容包括两大方面:一是一体化的综合评价技术,可以针对盆地、含油气系统、区带、钻探目标等不同级别对象进行评价,实现区域资源潜力评价与勘探目标评价的紧密结合;二是高度集成的动态模拟技术,按照“从源岩到圈闭”的含油气系统研究思路,以油气成藏动力学模拟技术为核心,在同一应用软件系统中直接实现从盆地演化、油气生成到油气成藏的全过程动态模拟,直接实现油气资源到目标的空间匹配。

## 1.2 总体设计

按照资源与目标一体化评价的基本内涵,作者提出并构建了“由统一数据库结构支持的,能实现对盆地、含油气系统、区带、钻探目标等不同级别对象评价”的油气资源与目标一体化评价系统RIOSys 1.0(图 1)。

### 1.2.1 评价资料管理与应用的一体化

勘探评价研究分为专项地质研究、综合地质研究及勘探决策分析等 3 大方面,其中专项地质研究成果是开展综合地质研究的基础。要实现从区域资源评价直至勘探决策分析的一体化评价,应首先实现对基础地质资料、专项地质研究成果、综合地

质评价成果、勘探决策成果等所有勘探评价资料管理与应用的一体化。

### 1.2.2 “资源评价”与“目标评价”的一体化

不同的勘探阶段对应于相应级次的勘探对象,对每一级次的勘探对象的评价都应包括油气资源评价及目标评价两大方面。因此,按照油气资源与目标一体化评价理念,油气资源评价不再局限于以往的专门针对宏观对象的资源量计算,而应是根据具体勘探阶段,对所对应的勘探对象的地质评价、油气资源潜力评价的综合,具体可细分为盆地资源评价、含油气系统资源评价、区带资源评价、圈闭资源评价,甚至可包括油藏储量评估。而勘探目标评价同样也不再是狭义的“钻探目标评价”,而应扩展到对不同勘探阶段的勘探对象的有利目标区的评价与优选,包括对盆地评价中的有利生烃凹陷优选,含油气系统评价中的有利运聚单元优选,区带/成藏组合评价中的有利区带优选,圈闭评价中的有利上钻目标选择等。

### 1.2.3 勘探评价研究内容的一体化

一般地,勘探评价包括油气资源评价、勘探目标评价、勘探部署决策等 3 大方面。其中,资源评价是基础——资源评价结果是勘探战略规划制定的主要依据;勘探目标评价是关键——目标可靠性分析的结果,将直接作为目标优选与决策的最主要依据;勘探部署决策是结果——利用资源评价与目

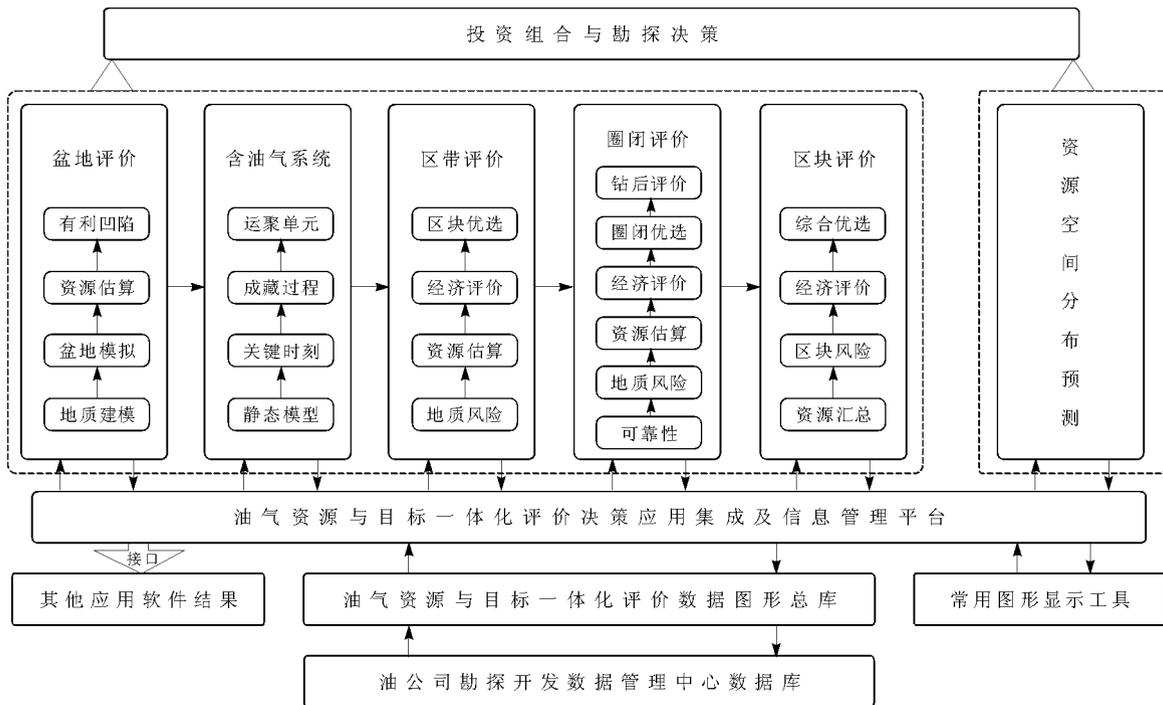


图 1 油气资源与目标一体化评价系统总体结构

Fig. 1 Architectural map of the RIOSys 1.0 system

标评价结果,采用适当的优选算法,从而形成勘探目标优选与决策,是勘探评价研究的最终成果。

### 1.2.4 评价应用软件的一体化

勘探评价地质对象可划分为盆地、含油气系统、区带、圈闭等 4 个评价级次。作为勘探评价的一体化应用集成系统,必须能够实现对上述不同级次对象的定量评价,因而应具有适用于不同评价对象的专业应用软件系统:盆地/含油气系统模拟子系统、区带评价子系统、圈闭评价子系统、经济评价与勘探决策子系统、区块综合评价子系统等。

### 1.2.5 勘探评价研究的动态化

对任何地质对象的评价与认识,都是一个不断循环往复并不断提高的过程。RIOSys1.0 具有功能强大的包含勘探基础数据、评价参数及评价成果的底层数据库,因而能够满足勘探评价对动态化研究的迫切需求。

## 2 系统集成与关键新技术

### 2.1 系统集成

“油气资源与目标一体化评价系统 RIOSys 1.0”采用双层体系结构(图 2)的松散集成模式构建:①各个评价应用软件直接操作其自带的项目数据库并在单机应用模式下运行,充分考虑了单个评价应用子系统使用的便利性并兼顾评价应用效率,各评价应用子系统之间的数据交换与调用通过底层数据图形总库实现。②数据图形总库既可作为勘探评价信息服务器基于 WEB 模式独立运行与应用,

又能通过评价应用数据接口程序与各评价应用子系统交换数据,从而一方面能为各评价应用子系统提供原始评价参数,另一方面又能不断为其自身获取新的数据资源,形成勘探评价应用与数据资源建设良性互动局面。

#### 2.1.1 油气资源与目标一体化数据图形总库

作为系统集成平台与底层数据管理平台,“油气资源与目标一体化评价数据图形总库”完全基于 WEB 技术开发,一方面通过管理探区基础数据、盆地评价数据、区带评价数据、圈闭评价数据、区块评价数据、评价刻度区数据直接支持一体化勘探评价应用;另一方面还能利用基于 WEB 的数据库所具有的优越的集成与共享机制,实现中石油内部各油田勘探评价应用数据的总体集成及数据共享,并为所有勘探评价应用人员提供从基础地质数据管理与分析直至评价成果管理与查询的数据图形一体化应用工具。

#### 2.1.2 各评价应用子系统

“油气资源与目标一体化评价应用软件”包括从盆地评价直至钻探目标评价与决策的全系列勘探评价应用软件:盆地/含油气系统评价子系统 PetroSys、区带评价子系统 PlaySys、圈闭评价子系统 TrapDES、区块评价子系统 BlockSys、勘探目标经济评价与决策子系统 EDSys,以及作为油气资源与钻探目标中间桥梁的油气资源空间分布与风险预测子系统 RSD。这些软件子系统,都是中国石油勘探开发研究院自主研发的勘探系列应用软

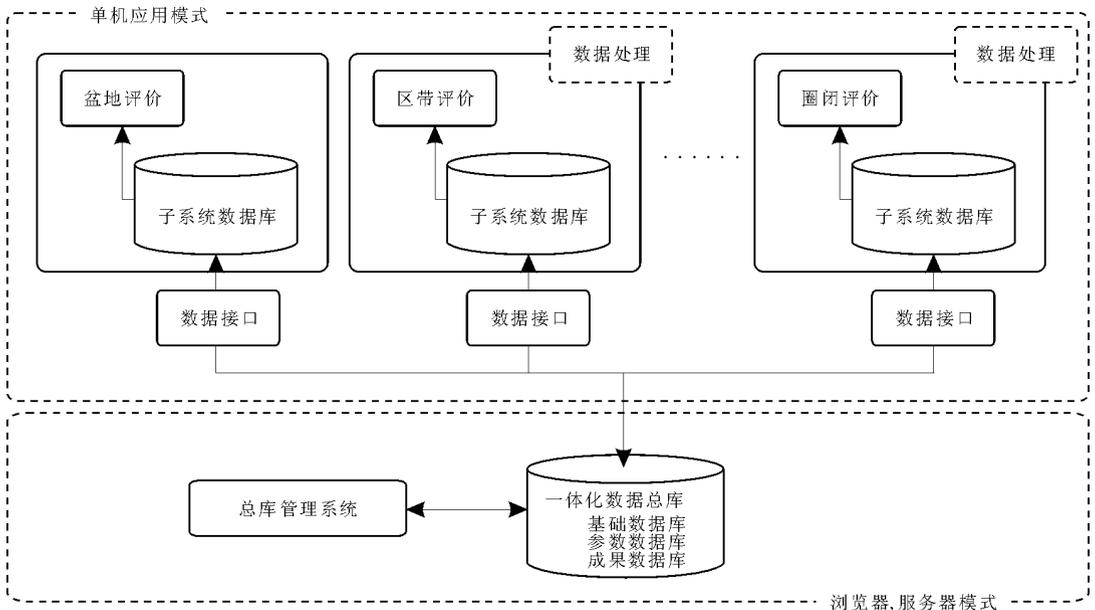


图 2 油气资源与目标一体化评价系统双层体系结构

Fig. 2 Two layers architectural structure of the RIOSys 1.0 system

件,其中前3个应用子系统为前期研发产品<sup>[8~11]</sup>,但在新的统一集成环境下进行了移植与完善,后3个应用子系统则是在本研究中研制开发的新模块。

## 2.2 数据库—图形库技术

### 2.2.1 勘探数据综合管理技术

勘探数据按照来源可分为基础数据、评价参数数据、评价成果数据及文档等3大类。由于研究与应用侧重点的不同,以往的勘探数据库往往只涉及其中的某个方面,比如中石油股份公司的“地球科学与钻井系统(A1项目)”只管理勘探基础数据;中石油“油气资源评价系统 PAsys”只实现对资源评价参数及评价成果数据的管理,而未曾涉及基础数据及归档成果的管理。而实际勘探评价研究对3大类数据都有相同的应用需求,因而在“油气资源与目标一体化评价数据图形总库”中采用面向地质对象的数据管理技术,首次实现了对同一地质对象的3大类数据的综合管理。基础数据管理包括地质对象(构造单元、油气田、油气藏、物探工区、地质分层等)空间属性、钻井数据、测井数据、试油测试数据、实验分析数据等5方面;评价数据管理包括盆地评价单元数据管理、区带数据管理、区块数据管理、圈闭数据管理、油气资源量汇总与管理、刻度区数据管理等6部分;而成果归档管理则分为构造单元基础资料、单井资料、盆地评价、区带评价、圈闭评价、区块评价、刻度区研究、其它研究项目成果等8个方面。

### 2.2.2 评价对象的嵌套管理与数据调用

盆地评价单元、区带、圈闭、区块是不同级别的评价单元,为了在下属对象评价中自动调用所属对象的评价成果(比如在某区带评价中调用其所属盆地评价单元的烃源条件数据),从而最大程度地实现数据资源的共享与统一,对评价对象按地质逻辑进行了嵌套管理并制定相应的数据调用规则。具体地,盆地评价单元从属于对应盆地或某一构造单元,盆地评价单元数据按不同的评价轮次进行管理;区带评价项目从属于不同的盆地评价单元及轮次,在评价项目下划分具体的区带,因而通过所属区带评价项目,就可查询调用区带的区域背景数据;圈闭则具有所属构造单元及所属区带两个基本属性,通过所属区带可以直接明确同一区带内不同圈闭的共同风险;而区块虽然不一定从属于某个特定的地质评价单元,但通过区块范围的空间拓扑计算,可以明确与其相关的地质评价单元,进而通过这些评价单元的评价成果生成区块地质评价参数。

### 2.2.3 数据查询与分析技术

作为直接面向勘探评价应用的项目数据库,根据地质研究应用需求,开发了相应的数据应用与参数研究功能模块,包括数据查询与报表、评价参数研究、图形显示等3方面。数据查询与报表除了提供通用数据查询与通用报表生成功能外,还结合勘探地质评价应用的常用性,构建了专门的数据查询及专门的规范化报表,用户只需选择对应菜单,输入相应参数,就可得到其所需结果,这样就大大地降低了数据库应用难度,方便了非专业信息管理人员的使用。

### 2.2.4 WebGis 导航与查询

通过在数据总库上构建 WebGis 系统实现对所有地质对象的空间数据管理、空间几何分析以及地质对象属性的直观查询与导航。主要的查询功能分为3个方面:①按图形对象查询相关的属性信息,这一类查询主要对应于单个地质对象(构造单元、盆地评价单元、区带、区块、圈闭、油气田、油气藏、井)的信息查询;②根据用户输入的属性信息查询对应地质对象并列表显示其详细属性;③根据用户选定的区域实施相关的图形计算来获取所需要的新信息。

### 2.2.5 资源评价结果自动汇总技术

实际资源评价工作后期的资源汇总是一项相当复杂与繁琐的工作。为此,本数据总库在所管理的相关基础数据(油气储量数据)及评价成果数据的基础上,开发了专门的资源汇总功能模块,通过自动计算或交互选择待汇总单元所包含的地质对象(油气田、油气藏)及评价单元(盆地评价单元或区带),能完成各种资料状况下的资源量交互汇总并直接生成规范报表。

### 2.2.6 数据图形一体化技术

通过研发通用图形显示模块(散点图、曲线图、直方图、饼图)及各类常用专业地质图形如等值线图、测井曲线图显示模块,实现数据总库中所有各类数据的直观图形显示,从而满足地质研究对数据图形化展示的特别需求。

## 2.3 区块评价技术

与区带评价类似,区块综合评价的内容包括:区块成藏地质条件分析、区块远景资源量估算、区块经济评价及区块综合优选等(图3)。

由于区块本身并不是一个具有严格地质含义的地质评价单元,它只是按国内外矿产资源管理条例规定所划分的一个租赁地块;也可能是一个勘探项目所规定的范围。因此,区块评价实际上是在盆

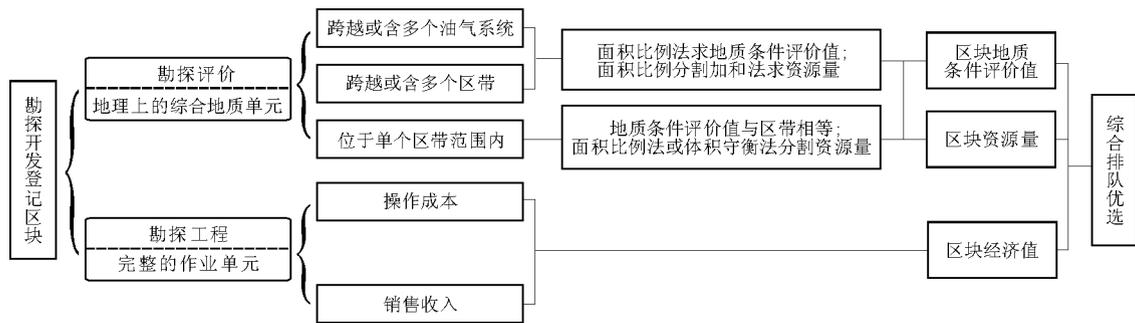


图 3 区块综合评价研究内容

Fig. 3 Comprehensive evaluation contents of exploration block studies

地/含油气系统、区带、圈闭等地质对象评价结果基础上的综合再评价,必须基于其所包含或从属的地质对象的评价结果,否则就难以获得具体评价中相应的各类地质评价参数值。为此,本一体化评价系统特将区块评价子系统 BlockSys 直接构建在“油气资源与目标一体化评价数据图形总库”上。主要功能包括区块管理,相关地质单元及关系确定,区块成藏条件评价,区块资源量估算,工程技术风险评价,经济评价结果导入,综合评价优选等,其中区块相关地质单元及关系确定是关键技术。

区块相关地质单元及关系确定通过调用数据图形总库中的 WebGis 系统的空间分析功能实现:首先查询出区块所属构造单元内的所有评价单元对象(盆地评价单元、区带、圈闭),然后进行区块边界与所有各评价单元边界的空间拓扑计算,从而挑选出与本区块相关的评价单元并确定其空间关系(属于、包含、相交)。

### 2.4 勘探目标经济评价与决策技术

完整的油气勘探目标评价分为地质评价、经济评价、决策分析等 3 方面的研究内容<sup>[12]</sup>,由于本一体化评价系统中的区带评价子系统 PlaySys、圈闭评价子系统 TrapDES 及区块评价子系统 BlockSys,主要突出对相应对象的地质评价与优选,并没有包含经济评价与决策分析方面的内容,因此在本系统中开发与集成专门的勘探目标经济评价与决策技术(EDSys 子系统)是非常必要的。

#### 2.4.1 经济评价技术

勘探目标经济评价的主要任务是:在对拟勘探项目(或目标)勘探评价、开发评价、工程评价和市场预测的基础上,对项目(或目标)投入的费用和产生的效益进行计算、分析,通过多方案估算比较,分析论证拟勘探项目(或目标)的财务可行性和经济合理性,从而为勘探项目的科学决策提供依据。开展经济评价有 3 种常用研究方法(对应 3 个子模

块):财务评价法、不确定性分析法、边际值分析法。财务评价法是勘探评价阶段最主要的经济评价方法,可以确定项目的盈利能力、清偿能力和财务效果,以实现正确的投资决策;不确定性分析法可以了解项目风险的来源,更准确和客观地做出投资决策;边际值分析是一种简化的经济评价方法,目的是给决策者一个经济界限。

#### 2.4.2 决策分析技术

勘探决策分为勘探战略决策、勘探战术决策和勘探实施决策等 3 种类型,勘探目标选择及勘探投资组合属于勘探实施决策范畴<sup>[6]</sup>。本系统中的决策分析包括单目标多方案优选、多目标综合优选和优化投资组合等 3 部分内容:单目标多方案优选是对一个目标的多种勘探开发方案进行优选,找出其中的最佳方案;多目标综合优选是对多个勘探目标通过评价,进行优选排队,选出效益最好、风险最低的目标;优化投资组合是利用效益最大化模型、风险最小化模型和高效组合模型等数学算法,在众多的备选项目或目标中优选出服从公司战略与约束条件的、最佳的一组项目或目标。

### 2.5 油气资源空间分布与风险预测技术

该技术是对传统资源评价方法的重要补充和延伸,由基于成藏机理和空间数据分析的勘探风险评价技术和勘探风险约束下的油气资源丰度模拟技术两部分构成。其中前者包含马氏距离判别、费希尔判别、模糊数学综合评判、贝叶斯概率计算和综合预测等关键技术;后者包括资源丰度分形模拟法、条件模拟法和风险约束的条件模拟法等 3 种技术方法。

#### 2.5.1 总体思路

把已完钻的探井当成一个集合,把集合中的个体(探井)分为两类,通过研究两类井各自地质参数和地震属性等信息的分布规律,采用多元统计学判别分析方法、模糊综合评判法、随机建模等方法,定

量判别未钻探区(平面上各空间网格点)的含油气性(油井或干井),进而计算未钻区的含油气风险概率;在此基础上,以含油气风险概率作为约束条件,利用傅立叶变换技术对油气资源丰度信息进行空间域和频率域互相转换,并通过频谱分析在频率域对油气资源丰度进行处理与修正,从而实现对空间(平面)油气资源丰度的模拟,最终达到资源空间分布预测与风险评价的统一<sup>[13~19]</sup>。

### 2.5.2 技术实施方案

(1)油气成藏主控因素识别。通过归纳不同类型盆地油气成藏模式和油气藏分布规律,识别、筛选出影响油气成藏的各种地质信息和其他信息,确定对应的风险评价参数和评价标准,为评判信息的定量提取作好准备。

(2)油气成藏主控信息提取。根据评价标准,制定可行的归一化模型,提取各种(定量、半定量和定性)地质信息和综合评价结果信息;制定考虑专家意见的经验模型,提取专家评价结果信息。所有经过提取和处理的信息,最终将转化为定量的信息,作为各集成模型的输入数据。

(3)信息集成模型的选择与信息集成。信息集成过程分5步:①样本分类,即通过统计分析建立油气井总体和干井总体;②信息筛选,即主因素确定。由于各盆地控制油气聚集的主要地质因素不一样,并非所有各类信息对区分油气井和干井都有效,需要对信息类别进行筛选。在油气井总体和干井总体中分布相近的信息为次要信息,反之为主要信息。③各评价模型误差检验。通过计算油气井总体和干井总体的判别误差率来检测该模型是否适用。一般地,如果误差率小于25%,说明该方法可行。④评判信息的空间插值。采用克里金插值方法将所有参评信息(主信息)插值到对应的统一网格上。⑤综合评价计算。利用所选评价模型及所选参评信息,批量计算已钻探井(井点)及所有网格点的综合评价值。

(4)预测模板的建立与含油气概率预测。运用贝叶斯公式计算所有已钻井的含油气条件概率,根据计算结果建立不同评价(如马氏距离值等)下的含油气概率模板,并用该模板预测各网格点含油气概率。

(5)勘探风险约束下的油气资源丰度模拟。根据油气藏储量丰度的分布特点,进行评价目的层油气资源丰度模拟。包括:①根据目的层储量资料生成目的层已发现油气藏资源丰度图;②用傅立叶变换将已发现油气藏资源丰度图转换到频率域,得到

资源丰度幅度图;③根据对资源丰度幅度图的分析,研究空间分布的各向异性。依据已知油气藏的发现过程特征,对油气资源分布的二维分形模型做推断,在此基础上对资源丰度幅度图进行修正,以消除非随机取样的影响,得到修正的资源丰度幅度图;④用傅立叶变换勘探风险概率图,得到风险概率相位图;⑤将修正的资源丰度幅度图和风险概率相位图作为条件模拟的输入数据,将已发现油气藏资源丰度图作为条件数据,进行条件频谱模拟,最后得到一张具有分形特征且经过了条件数据修正的油气资源图,此图即为本目的层全区的预测油气藏资源丰度分布图;⑥设置经济界限,排除掉丰度低的没有经济价值的油气藏;设置勘探风险界限,排除掉勘探风险很大的网格数据点;用已钻井数据进行验证和修正。

## 3 应用前景及发展方向

作为21世纪世界石油工业领域应着力发展的十大技术之一<sup>[20]</sup>,油气资源与目标一体化评价技术将逐步在实际勘探评价中得到推广应用,并在实现资源评价与勘探同步、动态资源管理及提高勘探效率等方面体现其独特技术优势<sup>[21]</sup>。“油气资源与目标一体化评价系统 RIOSys 1.0”的研制与集成,为油气资源与目标一体化评价技术的有形化及其实际应用提供了可操作的软件工具。利用该系统,一方面能对所有层次的勘探对象,包括盆地、含油气系统、区带、圈闭乃至勘探开发区块进行资源潜力评价和资源空间分布预测,并通过对地质风险、经济效益的综合评价与决策分析,对不同对象的有利目标进行评价与优选,从而使资源与目标评价更紧密,更有针对性,使勘探评价内容更系统、全面;另一方面通过对包括探区基础数据、评价参数数据、评价成果数据在内的底层数据图形总库的构建与应用,将大大提高勘探评价信息化水平,实现勘探评价的动态化,提高勘探评价工作效率。因此,“油气资源与目标一体化评价系统 RIOSys 1.0”在实际勘探评价中具有良好的推广应用前景。作为在油田现场的首次测试应用,该系统已成功应用于吐哈盆地的油气资源与目标一体化评价研究,不但准确预测了盆地总体油气资源量,而且还进一步明确了各二级构造带的油气资源量、待发现资源量及其空间分布位置,为下步勘探部署提供直接指导。

作为油气资源与目标一体化评价技术研究的阶段成果,“油气资源与目标一体化评价系统 RIOSys 1.0”的研制与集成,还只是实现了该技术的第一层次目

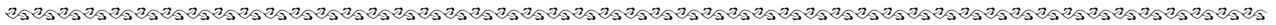
标——集成一体化综合勘探评价系统；而随着研究工作的逐步深入与技术进步，该技术将朝着实现第二层次目标发展——通过三维油气成藏动态模拟与三维空间含油气概率研究，直接实现油气资源到各目标的空间匹配。

参考文献：

- 1 贾承造,赵政璋,赵文智等. 陆上主要含油气盆地油气资源与勘探潜力[J]. 石油学报,2005,26(B03):1~6
- 2 赵文智,胡素云,沈成喜等. 油气资源评价方法研究新进展[J]. 石油学报,2005,26(B03):25~29
- 3 董大忠,蔚远江,杨涛等. 石油地质理论与勘探技术进步在资源评价中的作用[J]. 石油学报,2005,26(B03):18~24
- 4 刘蕴华,刘晓. 南堡凹陷第三次油气资源评价方法[J]. 石油学报,2005,26(B03):58~63
- 5 金之钧,张金川. 油气资源评价方法的基本原则[J]. 石油学报,2002,23(1):19~23
- 6 郭秋麟,米石云. 油气勘探目标评价与决策分析[M]. 北京:石油工业出版社,2004. 11~15
- 7 米石云. 油气勘探评价中所存在的主要问题及技术发展方向[J]. 中国石油勘探,2008,13(1):48~52
- 8 石广仁,郭秋麟,米石云等. 盆地综合模拟系统 BASIMS[J]. 石油学报,1996,17(1):1~9
- 9 张庆春,米石云,杨秋琳等. 资源评价中的含油气系统模拟技术[J]. 石油学报,2005,26(B03):40~44

- 10 郭秋麟,翟光明,石广仁. 改进的区带综合评价模型及其实现方法[J]. 石油学报,2004,25(2):7~11
- 11 郭秋麟,宋国春,曾磊等. 圈闭评价系统(TrapDEM2.0)[J]. 石油勘探与开发,2001,28(3):41~45
- 12 郭秋麟,胡素云,倪何艳等. 油气勘探目标经济评价与决策系统 EDSys1.0[J]. 石油勘探与开发,2005,32(6):116~120
- 13 胡素云,郭秋麟,湛卓恒等. 油气空间分布预测方法[J]. 石油勘探与开发,2007,34(1):113~117
- 14 Guo Qiulin, Na Wu, Fanzhi Kong, et al. Oil and gas exploration risk evaluation and screening of favorable areas for future exploration in Shenxian Sag, Bohai Bay Basin, China[M]. Proceedings of IAMG, 2007. 624~628
- 15 武娜,郭秋麟,孔凡志等. 用新思路评价深县凹陷油气勘探风险[J]. 石油与天然气地质,2008,29(3):326~333,341
- 16 张建宁,谭明友. 济阳拗陷圈闭勘探经济评价初探[J]. 油气地质与采收率,2007,14(2):105~107,110
- 17 郭元岭. 成熟探区勘探地质风险评价——以济阳拗陷为例[J]. 油气地质与采收率,2006,13(5):94~97
- 18 郭秋麟,谢红兵,米石云等. 油气资源分布的分形特征及应用[J]. 石油学报,2009,30(3):379~385
- 19 张燕. 济阳拗陷储量规模升级风险评价方法[J]. 油气地质与采收率,2007,14(2):108~110
- 20 刘振武,方朝亮. 21世纪石油工业关键技术[M]. 北京:石油工业出版社,2004. 81~82
- 21 潘继平,李志. 资源与目标一体化评价技术及其勘探意义[J]. 中国石油勘探,2007,12(1):76~80

(编辑 徐文明)



## 欢迎订阅 2010 年《石油实验地质》

《石油实验地质》是一份报道我国油气普查、勘探及开发成果,反映我国石油地质研究水平的学术性、技术性刊物。本刊紧密结合我国石油工业的发展战略,以石油工业上游所涉及的油气勘探的热点、难点问题为重点进行报道和分析,同时重点报道国内外油气实验测试的最新技术和方法。本刊为中文核心期刊,已被美国“化学文摘(CA)”、俄罗斯“文摘杂志(AJ)”和“中国石油文摘”、“中国地质文摘”、“中国学术期刊文摘”所收录,是“中国科学引文数据库”、“中国学术期刊综合评价数据库”、“中国科技论文统计源”来源期刊,并全文收录于“中国期刊网”、“中国学术期刊(光盘版)”、“万方数据——数字化期刊群”及“维普中文科技期刊数据库”中。

《石油实验地质》为双月刊,逢双月 28 日出版。每本定价 10 元,全年 60 元。在校学生半价优惠。

订刊汇款方式:

1. 银行汇款:中国石油化工股份有限公司无锡实验地质研究所

帐号:32001618636052504173

开户银行:无锡市建设银行营业部

2. 邮局汇款:(214151)江苏省无锡市 916 信箱《石油实验地质》编辑部

订刊电话:(0510)83209032 传真:(0510)83202742

电子邮箱:sysydz@mail.wuxisuo.com