

文章编号:1672-9854(2008)-01-0055-08

## 中国海相探矿权区块定量评价方法

谢锦龙<sup>1,2</sup>, 徐祖成<sup>3</sup>, 丁成豪<sup>2</sup>, 王晓星<sup>2</sup>, 沈伟刚<sup>2</sup>

(1 中国地质大学能源学院(北京); 2 中国石油杭州地质研究院)

(3 中国石油勘探与生产公司)



谢锦龙

**摘要** 在研究了我国海相油气探矿权区块基本油气地质条件、勘探程度、技术经济条件等要素和特点的基础上,给出了48个评价参数和归一化取值参照表,建立了探矿权区块评价工作流程、评分参数及计算公式。提出对我国海相勘探层探矿权区块评价应该注意:与国外海相碳酸盐岩评价的差别;与国内陆相碎屑岩评价的差别;成藏组合的划分;评价内容的有效性、不确定性和评价参数的可信度;成败经验的总结和勘探程度的研究。

**关键词** 探矿权;矿权区块;定量评价;评价方法;评价流程;评价参数;海相;中国

**中图分类号**:TE122.1 **文献标识码**:A

**谢锦龙** 1962年生,高级工程师。1983年毕业于浙江大学地质系,中国地质大学(北京)在职博士研究生,主要从事地质信息处理技术研究。通讯地址:310023 杭州市西溪路920号;电话:(0571)85224962

### 1 问题的提出

1996年8月29日国务院颁布了修改后的《中华人民共和国矿产资源法》,1998年2月12日国务院又发布了三个配套法规,即《矿产资源勘查区块登记管理办法》、《矿产资源开采登记管理办法》和《探矿权采矿权转让管理办法》。这三个配套法规规定了探矿权人必须完成的最低勘查投入:第一个勘查年度,每平方千米2000元;第二个勘查年度,每平方千米5000元;从第三个勘查年度起,每平方千米10000元。国土资源部[2001]93号文件规定了我国油气督察员制度,开始形成我国油气矿权公平竞争的市场机制。国土资源通[2007]10号文件要求,各石油公司累计三年以上没有完成最低勘探投入的区块,必须做出清退安排。因此,我国各石油公司都急于开展探矿权区块的评价方法研究和评价选区工作,以期在有限的勘探资金条件下,开展合法和利润最大化的油

气勘探开发经营活动。

探矿权区块本身并不是一个具有严格地质含义的评价单元,它只是按国内外矿产资源管理条例和规定所划分的一个矿业权管理单元或租赁地块,它也可以是一个勘探项目所规定的范围,还可以是一个三维的合同区块。探矿权区块既可以是一个含油气系统、一个保存单元或一个区带等地质单元,也可以包含或跨越几个地质评价单元。探矿权区块的评价方法有别于盆地评价、区带评价、圈闭评价,也不同于油气资源评价及勘探项目风险评价。一些大型国际石油公司,如埃克森美孚、壳牌、BP、雪佛龙德士古、道达尔菲纳埃尔夫等,它们从政治、外交、交通、法律、经济、技术、工程、地质等多方面去综合评价全球油气勘探开发目标区块,对公司以并购或收购方式获得的矿权区块还要进行公司资产结构评估、地面建设条件评价、最小油田经济储量规模评估和油气资源量估算等,对资源国转让的矿权区块或招投标区块还要建立矿权(合同)

收稿日期:2007-11-29

综合评价实时网络数据库, 进行动态管理和科学决策<sup>[1-14]</sup>。对于我们国内探矿权区块评价而言, 由于有国家政策保护, 政治、外交、法律等方面评价显得不重要, 关键是要比较各探矿权区块之间油气勘探前景的好坏, 重点评价探矿权区块的基础条件、资源条件、生油条件、储集条件、圈闭条件、保存条件、配置条件、技术条件、工程条件、经济条件以及勘探程度、勘探效果等要素, 建立我国探矿权区块评价数据图形库, 为石油公司探矿权区块调整、进入和退出等管理提供依据。

中国地域辽阔, 构造演化复杂, 主要含油气盆地多为叠合盆地。大地构造的多旋回演化导致多次油气的生运储保, 形成多种类型油气藏和含油气系统。不同地区不同构造层的油气形成条件差异甚大, 对探矿权区块的评价方法、参数、指标等作硬性规定显然是不合适的。因此需要分别建立不同盆地不同勘探层不同地表条件下的探矿权区块评价方法、参数和指标。根据目前的研究程度和掌握的资料, 笔者初步建立了我国东部陆相、西部陆相、海相及海域四大类别的评价参数, 通过选取和采用实际数据和图件, 形成了统一的探矿权区块评价数据图形库, 以简练直观的算法实现了评价结果的量化反映, 并最终建立了数据图形一体化的矿权区块评价与管理软件平台。

本文将重点讨论中国海相勘探层探矿权区块定量评价方法。

## 2 评价流程

探矿权区块评价的服务对象主要是管理层和决策层, 满足矿权管理和决策需要是首要目的。探矿权区块的价值体现在所含范围内的地质体价值, 因此就评价方法而言, 评价的目的就是要计算探矿权区块的实际勘探价值, 评价结果应该能够反映探矿权区块当前的勘探价值和相对优劣差异, 评价结果的表现形式则是构成探矿区块的地质单元的评价类别。同时, 由于目前的探矿权区块划分有很大的人为性, 而且它们与探矿权的申请、资金投入、退出以及调整等管理活动密切相关, 因此对探矿权区块的评价要求有很强的时效性和可操作性。

本次研究的思路是以地质单元为基本对象, 通过统一评价参数的选取和客观实际数据的采集来建立统一的基础数据图形库; 以已知发现和综合统计

为基础建立评价标准, 并以简练直观的算法实现量化评价, 最终实现区块优选和提出矿权保护(矿保)部署方案。

根据上述思路, 并在综合前人工作经验和评价方法的基础上, 笔者提出了探矿权区块的评价工作流程(图1)。工作流程主线就是确定评价对象、划分地质单元、盆地有效勘探程度筛选、建立归一化评价标准和定量计算方法、采集评价数据、研发探矿权区块评价软件平台、人机交互式地质单元评价和探矿权区块综合评价、专家打分调整、区块优选和提出矿保部署方案。这条主线的每个环节都包含了相应的工作内容和要求, 环环相扣, 构成整体, 任何一个环节带来的问题都可能直接影响到评价的最终结果。主要环节解释如下。



图1 探矿权区块评价流程

确定评价对象 首先要确定探矿权区块内的盆地和勘探层是属于陆相还是海相? 区块位于我国东

部还是西部？是否在海域？如果是叠合盆地，还要按陆相与海相不同勘探层分别进行地质单元评价。其次需考虑目前探矿权投入状况，分为满足投入、投入不足、无投入三类。最后综合考虑其它因素，如对外合作、非油气矿种、环境、政策等。

**划分地质单元** 地质单元，大可到盆地、小可到圈闭。地质单元划分方法有构造单元划分法、含油气系统划分法、保存单元划分法、油气资源评价对应划分法等，但同一个盆地必须要采用统一的划分方法。根据勘探程度和矿保重要程度，地质单元可以进一步细分。地质单元划分的细致程度直接决定了探矿权区块评价的细致程度。

**盆地有效勘探程度筛选** 单纯的勘探程度数据不能反映区块的潜在勘探价值，需要从实际发现和已投入勘探工作量对比的角度去评价。勘探程度高而勘探效果差的评价对象被认为是没有勘探潜力或勘探预期较低。勘探程度低而勘探效果佳的评价对象被认为是最具勘探潜力或勘探预期较高。另外，我国大部分盆地都经历了 30 年以上的勘探历史，积累了不同质量的勘探资料。勘探程度评价数据应建立在有效勘探工作量基础之上，对于报废或不能发挥有效作用的低品质资料应排除在外。

**建立归一化评价标准和定量计算方法** 根据勘探的新资料、新认识和新发现，要动态修改和完善探矿权区块评价标准，并建立归一化取值参照表，细化定量计算方法，需有经验的石油地质家和数学地质家共同进行研究。

**采集评价数据** 该环节按统一规范采集基础数据，将明确数据来源的相关资料或成果图作为基础数据以附表和附图的形式收集起来，并将全部数据建立档案。

**研发矿权区块评价软件平台** 该环节是研发矿权区块评价专业化软件，笔者已研发了数据图形管理模块、计算查询模块、统计分析模块、报表图形输出模块、区块构成分析模块、地质评价模块、勘探程度评价模块、技术经济评价模块、勘探效果分析模块、专家评价模块、矿权区块综合评价模块、预案和决策模块等。该环节还要控制入库数据和图件的质量和精度。

**人机交互式地质单元评价和探矿权区块综合评价** 有了对象、单元、标准、数据和软件后，该环节就是请有经验的勘探家进行人机交互式地质单元

评价和探矿权区块综合评价，缺数据项采用专家经验直接赋值、类比引用等方式评分。

**专家打分调整** 综合评述各探矿权区块和涉及地质单元的评价结果，对个别区块存在的特殊情况，如关键参数未列入、标准特例、可类比新区的重要发现等，通过多位专家综合意见调整，达到更接近实际情况的客观评价结果。

**区块优选和矿保部署方案** 进行评价结果分析，按探矿权区块和地质单元评价结果的差异和分值，优选区块（带），提出区块优选建议或矿保部署方案。

### 3 我国海相地质单元的评价参数和取值

评价参数是反映评价对象内在价值的各项表征，合理准确地获取用于确定评价参数的实际数据是评价工作的基础和根本，是评价结果客观与否的关键。笔者在本次研究中尽可能选取作用关键又易采集的油气地质条件评价参数，同时兼顾了技术经济条件和探矿权区块管理的特点，考虑了勘探程度、勘探效果、工程条件、技术条件、经济价值、政策许可、战略意义等多方面的影响因素。根据基本油气地质条件、勘探程度和技术经济条件这三个方面的评价内容，笔者共设计优选了 48 项评价参数（表 1）。

表 1 中这 48 项评价参数采集的实际数据，首先是依据各参数的评分标准将实际数据转化为统一无量纲的归一化评分数值。参照近些年前人资料、成果、认识以及全国相关盆地资料<sup>[7-24]</sup>，初步提出了我国海相地质单元评价参数归一化取值参照表（表 1）。该参照表中具体按四个分值段设计评分，在年度探矿权区块综合评价中使用，并每年进行一次修改调整。

### 4 定量计算方法

利用地质单元评价参数的归一化评分值作为统一的评价基础数据，采用逐级加权积和的混合运算方法，计算地质单元评价排队系数，以排队系数值作为评价单元分类与排队的主要依据。地质单元的整体评价按各分项评价结果的综合计算获得，各分项评价结果同时也可用于某个方面的单独评价。具体计算公式和权重列于表 2。

表1 中国海相地质单元评价参数归一化取值参照表

要素	项目	评价参数	I	II	III	IV	
			1~0.75	0.75~0.50	0.50~0.25	<0.25	
基本 油 气 地 质 条 件	基本 规模	盆地面积(km <sup>2</sup> )	≥50 000	50 000~10 000	10 000~1 000	<1 000	
		凹陷的面积(km <sup>2</sup> )	≥5 000	5 000~2 000	2 000~500	500~0	
		沉积岩厚度(m)	≥5 000	5 000~3 000	3 000~2 000	2 000~0	
		海相构造层结构	单层稳定结构、 双层连续结构	断续结构、 二元推覆结构	双层冲断结构、 残余结构	双层断褶结构、 单层叠瓦结构	
	资源 条件	盆地油气资源当量(×10 <sup>8</sup> t)	≥5	5~2	2~1	<1	
		凹陷油气资源当量(×10 <sup>8</sup> t)	≥2	2~1	1~0.5	0.5~0	
		资源丰度(×10 <sup>4</sup> t/km <sup>2</sup> )	≥10	10~5	5~1	1~0	
	生油 条件	油气供给源	处本地生烃中心,有稳定区域性烃源岩		处生烃边缘或全部为外部油源运移供给		
		(有效)烃源岩厚度(m)	≥500	500~300	300~100	<100	
		有机质类型	I 型、II <sub>1</sub> 型	II <sub>1</sub> 、II <sub>2</sub> 型	II <sub>2</sub> 型、III 型	III 型	
		TOC(%)	泥页岩	≥2.0	2.0~1.0	1.0~0.5	<0.5
			碳酸盐岩	≥0.5	0.5~0.3	0.3~0.2	<0.2
		氯仿沥青“A”(%)	≥0.04	0.04~0.02	0.02~0.01	<0.01	
		R <sub>o</sub> (%)	1.2~2.5	2.5~3 或 1.2~0.8	3~4 或 0.8~0.5	>4 或 <0.5	
		供烃面积系数	≥1.5	1.5~1.0	1.0~0.5	<0.5	
		生烃强度(×10 <sup>4</sup> t/km <sup>2</sup> )	≥500	500~200	200~50	<50	
		储集 条件	(单层)储层厚度(m)	20~10	10~5	5~1	1~0
	孔隙度(%)		≥5	5~3	3~1	1~0	
	渗透率(×10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> )		≥1	1~0.25	0.25~0.002	0.002~0	
	次生孔隙与裂缝发育程度		发育	较发育	一般	欠发育	
	圈闭 条件	已知或储备圈闭面积(km <sup>2</sup> )	≥10	10~5	5~2	<2	
		平均圈闭幅度(m)	≥200	200~100	100~50	<50	
		圈闭资源量(×10 <sup>8</sup> t)	≥0.5	0.5~0.25	0.25~0.05	<0.05	
	保存 条件	保存单元类别	持续型	重建型	保持型	肢解残留型	
		盖层岩性	膏盐岩类、厚层泥岩	中厚层泥岩	中厚砂泥互层	薄层泥岩、薄互层	
		盖层厚度(m)	≥500	500~300	300~100	<100	
		侧向封堵	好	较好	较差	差	
		水文地质	交替停滞带,高矿化度		交替阻滞带	自由交替带	
		破坏程度	无破坏	轻微破坏	较严重破坏	严重破坏	
	配置 条件	成藏要素配置关系 (时、空、运聚搭配条件)	有利	较有利	不利	不匹配	
		成藏组合	原生型	再生型或后生型		改造型或其他	
勘 探 程 度	勘探 程度	勘探阶段	圈闭预探	区探	风险勘探	矿保或普查	
		钻井情况	一定数量预探井	有区探井	有风险探井	有参数井或无井	
		地震	3D、2D 覆盖	2D、2×2 测网	2D 非网状测线	0	
		非地震	高精度重磁电、化探	重、磁、电、化探	重、磁、遥	区调	
		研究	企业专项 攻关研究	国家级专项攻关研究	普通专项研究	一般性研究	



续表

要素	项目	评价参数	I	II	III	IV
			1~0.75	0.75~0.50	0.50~0.25	<0.25
技术经济条件	勘探效果	油气显示情况	已获工业油气流	获低产油气流	见油气显示或油气苗	无显示
		成败经验	有成功案例	转变失败案例思路	无类比案例	与失败案例相似
	工程条件	目的层深度(m)	<4000	4000~5000	5000~6000	>6000
		地貌环境	平原为主	丘陵为主	中低山区、黄土塬	沙漠、滩海、山地森林
		交通条件	铁路、国道、省道	国道、省道	一般道路	小路、便道或无
		施工成本	钻井(元/m)	4000~5500	5500~8000	>8000
			二维地震(万元/km)	<3	3~5	>8
			三维地震(万元/km <sup>2</sup> )	<200	200~500	>800
	技术条件	技术成熟度(钻井、地震)	成熟,品质高	较成熟	不成熟,需攻关	不成熟或无先例
	经济价值	油品质量和市场条件	好	较好	较差	差
	政策许可	政策许可度(禁区与专营许可等)	无限制	少许限制	有障碍	有决定性障碍
	战略意义	潜在领域或其他价值	长期热点,重要领域	中长期热点,潜在有利领域	一般地区或远期可能有潜力地区	无或可能性小

表2 中国海相探矿权区块评分参数及计算公式

要 素			评价项目			评分参数			计 算 公 式		
要素	代码	权重	评价项目	代码	权重	评分参数	代码	权重			
基 本 油 气 地 质 条 件	A	6	基础条件	A <sub>1</sub>	3	盆地或凹陷面积	A <sub>11</sub>	1	A <sub>1</sub> = (√A <sub>11</sub> × A <sub>12</sub> × Q <sub>1a</sub> + A <sub>13</sub> × Q <sub>13</sub> ) / (Q <sub>1a</sub> + Q <sub>13</sub> ) 式中: Q <sub>1a</sub> = (Q <sub>11</sub> + Q <sub>12</sub> ) / 2		
						沉积岩厚度	A <sub>12</sub>	1			
						构造层结构	A <sub>13</sub>	1			
			资源条件	A <sub>2</sub>	6	地质资源当量	A <sub>21</sub>	2	A <sub>2</sub> = (A <sub>21</sub> × Q <sub>21</sub> + A <sub>22</sub> × Q <sub>22</sub> ) / (Q <sub>21</sub> + Q <sub>22</sub> )		
						油气资源丰度	A <sub>22</sub>	3			
			生油条件	A <sub>3</sub>	6	油气供给源	A <sub>31</sub>	2	A <sub>3</sub> = (A <sub>31</sub> × Q <sub>31</sub> + A <sub>3a</sub> × Q <sub>3a</sub> + A <sub>3b</sub> × Q <sub>3b</sub> ) / (Q <sub>31</sub> + Q <sub>3a</sub> + Q <sub>3b</sub> ) 式中: A <sub>3a</sub> = $\frac{(Q_{31}+Q_{3a}+Q_{3b})}{\sqrt{A_{33}^{Q_{33}} \times A_{34}^{Q_{34}} \times A_{35}^{Q_{35}} \times A_{36}^{Q_{36}}}}$ Q <sub>3a</sub> = $\sum_{i=3}^6 Q_{3i} / 4$ A <sub>3b</sub> = $\frac{(Q_{3a}+Q_{37}+Q_{3b})}{\sqrt{A_{32}^{Q_{32}} \times A_{37}^{Q_{37}} \times A_{38}^{Q_{38}}}}$ Q <sub>3b</sub> = (Q <sub>32</sub> + Q <sub>37</sub> + Q <sub>38</sub> ) / 3		
						烃源岩厚度	A <sub>32</sub>	1			
						有机质类型	A <sub>33</sub>	2			
						TOC	A <sub>34</sub>	2			
						氯仿沥青“A”	A <sub>35</sub>	2			
						成熟度 R <sub>0</sub>	A <sub>36</sub>	2			
						供烃面积系数	A <sub>37</sub>	2			
						生烃强度	A <sub>38</sub>	3			
						储集条件	A <sub>4</sub>	2		储层厚度	A <sub>41</sub>
			孔隙度	A <sub>42</sub>	1						
			渗透率	A <sub>43</sub>	1						
			次生孔隙与裂缝	A <sub>44</sub>	1						
			圈闭条件	A <sub>5</sub>	2	圈闭规模	A <sub>51</sub>	2	A <sub>5</sub> = (A <sub>51</sub> × Q <sub>51</sub> + A <sub>52</sub> × Q <sub>52</sub> ) / (Q <sub>51</sub> + Q <sub>52</sub> )		
						圈闭总资源量	A <sub>52</sub>	3			
			保存条件	A <sub>6</sub>	5	单元类别	A <sub>61</sub>	2	A <sub>6</sub> = A <sub>6a</sub> × A <sub>66</sub> / Q <sub>66</sub> 式中: A <sub>6a</sub> = $\sum_{i=1}^5 A_{6i} \cdot Q_{6i} / \sum_{i=1}^5 Q_{6i}$		
						盖层岩性	A <sub>62</sub>	1			
						盖层厚度	A <sub>63</sub>	1			
						侧向封堵	A <sub>64</sub>	1			
						水文地质	A <sub>65</sub>	1			
						破坏程度	A <sub>66</sub>	1			
			配置条件	A <sub>7</sub>	5	成藏配置关系	A <sub>71</sub>	2	A <sub>7</sub> = (A <sub>71</sub> × Q <sub>71</sub> + A <sub>72</sub> × Q <sub>72</sub> ) / (Q <sub>71</sub> + Q <sub>72</sub> )		
						成藏组合	A <sub>72</sub>	3			
			A = A <sub>1</sub> × Q <sub>1</sub> + A <sub>2</sub> × Q <sub>2</sub> + $\sqrt[20]{\prod_{i=3}^7 A_i^{Q_i}} \times Q_k / (Q_1 + Q_2 + Q_k)$ 式中: Q <sub>k</sub> = $\sum_{i=3}^7 Q_i / 5$								

续表

要 素			评价项目			评分参数			计 算 公 式
要素	代码	权重	评价项目	代码	权重	评分参数	代码	权重	
勘 探 程 度	B	1	勘探程度	B <sub>1</sub>	1	勘探阶段	B <sub>11</sub>	3	$B = B_1 = \sum_{i=1}^5 B_{1i} \cdot Q_{1i} / \sum_{i=1}^5 Q_{1i}$
						钻 井	B <sub>12</sub>	5	
						地 震	B <sub>13</sub>	4	
						非地震	B <sub>14</sub>	1	
						研究程度	B <sub>15</sub>	1	
技 术 经 济 条 件	C	3	勘探效果	C <sub>1</sub>	5	油气显示情况	C <sub>11</sub>	4	$C_1 = \sum_{i=1}^2 C_{1i} \cdot Q_{1i} / \sum_{i=1}^2 Q_{1i}$
						成败经验	C <sub>12</sub>	3	
			勘探深度	C <sub>2</sub>	1	目的层深度	C <sub>21</sub>	1	$C_2 = C_{21}$
			地面条件	C <sub>3</sub>	1	地 貌	C <sub>31</sub>	1	$C_3 = \sum_{i=1}^2 C_{3i} \cdot Q_{3i} / \sum_{i=1}^2 Q_{3i}$
						交 通	C <sub>32</sub>	1	
			技术成熟	C <sub>4</sub>	4	钻 井	C <sub>41</sub>	4	$C_4 = \sum_{i=1}^2 C_{4i} \cdot Q_{4i} / \sum_{i=1}^2 Q_{4i}$
						地 震	C <sub>42</sub>	3	
			工程成本	C <sub>5</sub>	2	钻井成本	C <sub>51</sub>	3	$C_5 = \sum_{i=1}^3 C_{5i} \cdot Q_{5i} / \sum_{i=1}^3 Q_{5i}$
						2D地震成本	C <sub>52</sub>	2	
						3D地震成本	C <sub>53</sub>	1	
			经济价值	C <sub>6</sub>	2	油品质量	C <sub>61</sub>	1	$C_6 = \sum_{i=1}^2 C_{6i} \cdot Q_{6i} / \sum_{i=1}^2 Q_{6i}$
						市场条件	C <sub>62</sub>	1	
			政策条件	C <sub>7</sub>	1	政策许可度	C <sub>71</sub>	1	$C_7 = C_{71}$
			战略意义	C <sub>8</sub>	3	潜在领域等	C <sub>81</sub>	3	$C_8 = C_{81}$
			$C = (C_1 \times Q_1 + \sqrt[n]{\prod_{i=2}^7 C_i^{Q_i}} \times Q_k + C_8 \times Q_8) / (Q_1 + Q_k + Q_8)$ 式中: $n = \sum_{i=2}^7 Q_i$ ; $Q_k = \sum_{i=2}^7 Q_i / 6$						
综合	$P = [ \sqrt[n]{A^Q \times C^Q} \times (Q_a + Q_c) + C_1 \times Q_b / (C_1 + B)] / (Q_a + Q_b + Q_c)$								

注: A、B、C 为评分参数取值代码, Q 为评分参数权重代码, 下标为分项号。例如相对于参数 A, Q<sub>1</sub> 为对应于 A<sub>1</sub> 的权重, Q<sub>11</sub> 为对应于 A<sub>11</sub> 的权重, Q<sub>12</sub> 为对应于 A<sub>12</sub> 的权重, …… , 依次类推。

对于探矿权区块综合评价的排队系数, 是依据所涉及地质单元的评分值和对应面积的比例混合计算而获得。算法分三种情况:

一是直接对面积比例加权进行计算, 操作方便且基本符合实际情况;

二是采用 80% 主体面积单元评分值的面积比例加权计算的综合排队系数代表探矿权区块评价结果;

三是采用 60% 优质面积单元的评分值, 即区块内评价较高的地质单元面积优先纳入综合排队系数计算, 计算结果代表探矿权区块评价结果。

这三种算法得出了探矿权区块价值排队的三种结果, 给探矿权区块对比分析提供一种合理客观的参考。对于多勘探层地质单元, 在探矿权区块内纵向重叠部分, 本着“就高”原则取值, 一般情况不允许累加取值。

## 5 方法应用和启示

应用上述方法笔者对我国 135 个探矿权区块的海相勘探层进行定量评价, 取得了较好的效果。本文在此仅限于讨论方法、思路和经验。从这次评价实践来看, 在评价标准制定、参数采集、权重系数调整中, 我国海相勘探层探矿权区块评价应注意以下问题。

注意与国外海相碳酸盐岩评价的差别 最明显的差别表现在四个方面。①我国的海相烃源岩时代老、有机质热演化程度高、有机碳含量普遍偏低, 泥页岩平均为 0.95%, 碳酸盐岩一般为 0.2%~0.5%, 有机碳含量超过 0.5% 的碳酸盐岩烃源岩只局部分布; 而国外碳酸盐岩大油气田泥质烃源岩有机碳含量平均为 2.1%, 碳酸盐岩烃源岩有机碳含量一般接近 0.6%。②中国的碳酸盐岩储集层时代偏

“老”，多以古生代为主，而国外碳酸盐岩大油气田储集层时代多以中、新生代为主。③我国碳酸盐岩勘探目的层埋深大，一般大于 4 000 m，而国外碳酸盐岩大油气田的埋深一般小于 3 500 m。④中国碳酸盐岩层系大多经历了多旋回发育和多次构造运动，而国外发现的大油气田中的碳酸盐岩层系一般沉积于发育史相对简单的沉积盆地。

注意与国内陆相碎屑岩勘探层评价的差别 ①我国陆相断陷盆地沉积或沉降中心就是生烃中心；而海相层系生烃中心往往不是沉积或沉降中心，而是发育于陆棚斜坡或台内凹陷的滞流沉积环境中。②我国东部陆相断陷盆地沉积主要为河湖环境控制下的碎屑岩沉积，因此储集层类型以砂岩为主，孔隙类型主要为粒间孔隙，流体运动总体上服从达西定律；而我国古生代海相沉积盆地中主要为台地与台地边缘的碳酸盐沉积，储层非均质性强，储集空间类型多样，流体运动往往不服从达西定律。③我国陆相断陷盆地多为单旋回盆地；海相多为叠合改造型盆地。④在整体保存环境上，我国陆相沉积由于形成时间晚，成岩演化适中，泥质岩往往成为主要的直接盖层与区域盖层；而我国海相碳酸盐岩形成时间早，经历多期构造作用，成岩演化过程常导致泥质岩盖层的成岩作用较强，可塑性变差，受到应力作用时容易发生破裂，造成封盖能力的降低而使油气发生逸散与改造，因此在我国海相层系油气评价中应特别重视膏盐岩层对油气保存的重要作用<sup>[15-16]</sup>。

注意成藏组合的划分与评价 本次评价把油气成藏组合划分为原生型、改造型、再生型、后生型等四种。从评价成果来看，原生型成藏组合应是今后我国海相油气勘探的主要靶区。除了应进一步加强塔里木盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地、准噶尔盆地深层海相油气勘探投入外，还应重视羌塘盆地坳陷区深层、扬子区下志留统滑脱层、雪峰推覆体掩覆的下组合等海相原生型成藏组合。另外，还应重视有较好较厚中—新生界覆盖的、具二次生烃条件的华北地区和中下扬子地区的再生型成藏组合及后生型成藏组合。

注意评价内容的有效性 如原型盆地叠加改造的有效性，烃源岩的有效性，整体保存条件的有效性，成藏组合的有效性，勘探程度的有效性。

注意不确定性分析和评价参数的可信度 风险是由不确定性造成的，而不确定性则是因为主客观

原因而对评价对象地下的实际情况或投资环境认识不清所引起的。风险性不等于不确定性，而不确定性可导致风险<sup>[25]</sup>。在探矿权区块评价风险分析中，有油气成藏地质条件的不确定性，如盆地或台地演化模型、沉积物热演化模型、烃反应动力学模型、油气运动轨迹等方面的不确定性，另外还有由政策、工程技术、勘探成本、油价、国家石油战略等方面的不确定性，这些不确定性导致了探矿权区块总体价值的不确定性。同样，48 个评价参数的可信度研究也是非常重要的，因为探矿权区块评价在一定程度上受控于当前资料的可获取性，受控于资料的质、量以及采样频率。

注意勘探成败经验的总结和勘探程度的研究 从 1964 年发现威远震旦系气田以来，黄桥 CO<sub>2</sub> 气田、沙参 2 井、靖边气田、塔河油田、朱家墩气田、普光气田等油气藏的相继发现，为我国海相油气勘探提供了经验和模式，也为探矿权区块评价提供了标准类比模板。同时，全国大约 310 口海相探井失败原因的总结和分析也是非常重要的，需要找出失败的关键环节、地质要素及工程要素，进行分类并形成借鉴评价模板。从这次评价成果看，有大量报废或不能发挥有效作用的低品质资料应剔除。我国真正针对深层海相的勘探程度还是很低的，应重视勘探程度与探矿权区块评价关系的研究。

## 6 结束语

我国探矿权区块评价方法的研究和应用还处于起步阶段，目前在国土资源部加大油气探矿权督察力度的情况下，这些方法对三大石油公司具有很好的应用前景，同时对参与国际矿权区块竞标也有重要价值。本文结合我国海相油气勘探层的基本油气地质条件、勘探程度、技术经济条件等方面实际，提出了探矿权区块评价流程、评价参数、评价标准、定量计算方法。笔者还同时研发了探矿权区块综合评价软件工作平台，并对我国海相勘探层 135 个探矿权区块进行了定量评价，在实际应用中取得了很好的效果。

本文应用了李永铁教授主持的《股份公司矿权区块动态评价》项目的一些成果和资料，吴国干教授、姚根顺教授、李永铁教授、曾少华高工、吴培红高工、王玉山高工、余和中高工等对本次工作给予了指导和帮助，在此一并致谢。

## 参考文献

- [1] Baker R A. When is a Prospect or Play Played Out?[J]. Oil and Gas Journal, 1988, (11): 77-80.
- [2] Bourdair J M, Byramjee R J, Pattinson R. Reserve assessment under uncertainty: a new approach[J]. Oil and Gas Journal, 1985, (10): 135-140.
- [3] Corre B, Thore P, de Feraudy V, et al. Integrated uncertainty assessment for project evaluation and risk analysis[R]. SPE 65205, 2000.
- [4] Koller G R. The role of risk and uncertainty in portfolio management[M]. London: Imperial College, 2003: 2-20.
- [5] Mackay J A. Risk management in international petroleum venture[J]. AAPG Bulletin, 1996, 80(12): 1845-1849.
- [6] Magoon L B, Dow W G. The petroleum system: from source to trap[C]. AAPG Memoir 60, 1994.
- [7] Otis R M, Schneidemann N. A process for evaluating exploration prospect [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81(7): 1087-1109.
- [8] Peter R R. Risk analysis and management of petroleum exploration ventures[M]. AAPG Methods in Exploration 12, 2001.
- [9] White D A. Geological risking guide for prospects and plays [J]. AAPG Bulletin, 1993, 77 (12): 2048-2061.
- [10] 蔡希源, 侯启军. 油气圈闭地质评价方法及应用[J]. 大庆石油地质与开发, 1994, 13(2): 1-5.
- [11] 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, 18.
- [12] 谢锦龙, 黄冲, 丁成豪, 等. 中国石油矿权信息系统研制与应用[J]. 中国石油勘探, 2004, 9(5): 67-71.
- [13] 张湘宁, 任宏斌, 张学文. 对外合作油气资源评价方法探讨[J]. 石油学报, 2003, 24(1): 9-14.
- [14] 赵文智, 胡素云, 沈成喜, 等. 油气资源评价的总体思路和方法体系[J]. 石油学报, 2005, 26(增刊): 12-17.
- [15] 金之钧. 中国海相碳酸盐岩层系油气勘探特殊性问题[J]. 地质前缘, 2005, 12(3): 15-22.
- [16] 金之钧, 蔡立国. 中国海相层系油气地质理论的继承与创新[J]. 地质学报, 2007, 81(8): 1018-1024.
- [17] 梁兴, 马力, 吴少华, 等. 南方海相油气勘探思路与选区评价建议[J]. 海相油气地质, 2001, 6(3): 1-16.
- [18] 马永生, 楼章华, 郭彤楼, 等. 中国南方海相地层油气保存条件综合评价技术体系探讨[J]. 地质学报, 2006, 80(3): 406-417.
- [19] 马永生, 蔡勋育, 李国雄. 四川盆地普光大型气藏基本特征及成藏富集规律[J]. 地质学报, 2005, 79(6): 858-865.
- [20] 童晓光, 窦立荣, 田作基. 中国油公司跨国油气勘探的若干战略[J]. 中国石油勘探, 2004, 9(1): 58-64.
- [21] 吴国干, 门相勇, 李小地, 等. 中国石油油气勘探面临的形势与陆上油气资源战略选区的五大领域[J]. 地质通报, 2006, 25(9-10): 1017-1021.
- [22] 武守诚. 油气资源评价导论——从“数字地球”到“数字油藏”[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
- [23] 肖开华, 沃玉进, 周雁, 等. 中国南方海相层系油气成藏特点与勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(3): 316-325.
- [24] 赵文智, 张光亚, 王红军, 等. 中国叠合含油气盆地石油地质基本特征与研究方法[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(2): 1-7.
- [25] 武守诚. 我国油气资源评价科学性问题[J]. 石油科技论坛, 2006, 25(4): 22-28.

编辑: 吴厚松

## Quantitative Evaluation Method for Exploration Rights of Marine Strata Regions in China

Xie Jinlong, Xu Zhucheng, Ding Chenghao,  
Wang Xiaoxing, Shen Weigang

**Abstract:** Three aspects of components and characteristics, including fundamental petroleum geological conditions, technological economic conditions, and exploration activity, are studied. 48 parameters and normalization criterion are given, and the WorkFlow Chart of evaluation and keys are built. By operation principle of polygon geometric elements, the geometry and topological relationship among exploration rights of marine strata, geologic units, exploration extent units, joint ventures and contractual joint ventures are investigated and analyzed. By studying Gradual Weighted Permanental (factorial multiplication) mixed operation formula, a method of prospect marine plays mathematical calculating and comprehensive assessment is established, the software platform of mine-right assessment is developed, and 135 marine mine-rights are computed in queue coefficient. New recognitions regained and results are nice in practice. 70% of prospecting blocks in primary hydrocarbon play principally are the best zones, which may be major targets of marine oil-gas exploration in future.

**Key words:** Mine exploration right; Hydrocarbon prospecting blocks; Geologic unit; Quantity assessment; Assessment criterion; Marine strata; China

**Xie Jinlong:** male, Senior Geologist. Doctor degree in progress at Energy College of China Geology University. Add: Hangzhou Research Institute of Petroleum Geology, PetroChina, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023 China