

# 相似类比面积丰度法估算油页岩资源潜力 ——以茂名盆地为例

陈会军<sup>1</sup> 刘招君<sup>2</sup> 朱建伟<sup>2</sup> 付占荣<sup>3</sup>  
杜家喻<sup>4</sup> 欧阳兆灼<sup>1</sup> 李秀荣<sup>1</sup> 唐 振<sup>1</sup>

(1.中国地质调查局沈阳地质调查中心,辽宁 沈阳 110032;2.吉林大学 地球科学学院,吉林 长春 130061;3.内蒙古自治  
治区有色地质勘查局 108 队,内蒙古 赤峰 024000;4.包头市矿产资源管理与服务中心,内蒙古 包头 014000)

**摘要:**应用相似类比面积丰度法估算低勘探程度盆地油页岩资源量,简便、易行。结合茂名断陷盆地油页岩发育特征,依据油页岩的成矿富集机制,优选主控油页岩生成富集的主要地质参数作为模型区与评价区的相似类比面积丰度参数;二态定性量化不同类型地质参数,求取评价区类比系数;结合模型区资源丰度分布函数,估算茂名盆地油页岩资源量。结果表明:采用相似类比面积丰度系数面积丰度法预测茂名盆地油页岩资源,在概率为 65%时,其预测资源相当于第 1 次“全国油页岩资源评价”估算的查明资源(包括探明的、控制的和推断的资源);概率为 50%时,茂名盆地预测资源相当第 1 次“全国油页岩资源评价”估算的查明资源+预测资源。因此,经对比验证,相似类比面积丰度法预测断陷湖盆油页岩资源具有可行性,能有效预测中、低勘探程度盆地油页岩资源量。

**关键词:**茂名盆地;油页岩;资源潜力;相似类比面积丰度法

**中图分类号:**P618.12 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2012)05-1427-09

## 1 引言

油页岩作为一种非常规能源,是常规能源的有效补充,随着油价的剧烈波动,其作为新的战略能源的重要性越来越引起重视。油页岩资源估算的方法长期以来多采用块段法<sup>[1]</sup>,孟庆涛(2007)用地质类比法评价了松辽盆地南部农安地区油页岩资源<sup>[2]</sup>,陈会军(2010)提出相似类比面积丰度法评价了茂名盆地油页岩资源<sup>[3]</sup>。

对于资源潜力的评价,影响评价可靠性的因素除了资料占有程度外,最为关键的是评价方法<sup>[4]</sup>。笔者在研究固体矿产、油气和煤炭的资源评价方法基础上,建立相似类比面积丰度法来估算油页岩的资

源潜力。其核心是类比因子的选取和权重的确定,以及相似系数、资源面积丰度的确定,在此基础上预测评价区资源分布。

## 2 相似类比面积丰度法原理

自 19 世纪 30 年代 C.莱伊尔提出“将今论古”的原则以来,“相似类比”一直是地学研究所遵循的基本方法原理,类比的思想贯穿整个地学领域的研究。1965 年,D.P.Harris<sup>[5]</sup>建立矿产资源同地质环境之间的定量关系的指导原则,将类比思想推至几乎所有的资源评价领域<sup>[6]</sup>;20 世纪 90 年代,美国地质调查局(U.S.GS)在全美推荐使用“三步式”矿产资源潜力评价方法<sup>[7]</sup>,本文即是在此基础上的借鉴创新。

收稿日期:2012-03-30;改回日期:2012-06-21

基金项目:中国地质调查局“中国油页岩开发利用可行性”项目(12120110813079-2)、国土资源部公益性行业科研专项“中国东北部油页岩富集规律与成矿机制研究”(200811013)、东北地区晚古生代以来重要地质事件与资源前景研究之东北地区花岗岩地质编图项目(1212011121084)资助。

作者简介:陈会军,男,1967 年生,博士,高级工程师,主要从事矿产普查与勘探及含油气盆地分析与油页岩资源评价研究;  
E-mail:chjcc@126.com。

相似类比理论是以已知矿床成矿模式为类比对象,在成矿相似定位机制的三维定位范围内,对赋存矿床的可能性作出预测推断,也称“已知到未知”的思维方式<sup>[8-9]</sup>。其应用是从两个体系中已经确知的互相类似的性质,预测尚未确立的互相类似的性质。当模型区和评价区地质成因相似时,矿区地质条件也可能相似,在相似地质条件下也可能形成类似的资源聚集带。依据这一思想,假设某一评价盆地(评价区)和某一高勘探程度盆地(模型区)有类似的成矿地质条件,那么它们将会有大致相同的资源丰度(面积丰度、体积丰度)。

相似类比面积丰度法估算油页岩资源潜力的准确性取决于类别因子的选取、类比因子权重的确定、模型区模型的建立以及模型区资源分布函数的建立等因素。

### 2.1 相似类比面积丰度法工作流程

应用相似类比面积丰度法估算油页岩资源潜力大致分为以下步骤:

(1) 类比单元划分。所谓“单元”是为了统一观察和取值范围,估算油页岩资源的类比单元可以是盆地、含矿区、勘查区或区块;

(2) 按照“三高”原则,即地质认识程度高、勘探程度高和资源探明程度高,选取模型区,提取类比因子。选取反映成矿条件相关的控矿因素、形成条件和保存条件等参数为类比因子;

(3) 确定每个类比因子的权重。采用因子分析法和层次分析法计算类比因子的权重<sup>[10-12]</sup>;

(4) 描述评价区的矿床模型,确定评价区与模型区的相似系数。类比模型区与评价区的地质资料,根据确定的类比内容与阈值逐项进行地质类比,计算相似系数;

(5) 确定模型区的资源分布函数;用等频率法求出模型区油页岩资源丰度的经验分布函数;估算评价区资源分布函数。

根据以上步骤制定相似类比面积丰度法评价油页岩资源潜力的工作流程如图(图 1):

### 2.2 类别因子的选取

油页岩的成矿特征研究涉及多个研究领域,包括层序地层、生油岩、古湖泊等。研究表明:油页岩成矿是多重因素之间相互作用、相互制约的结果,包括古湖泊条件、古气候条件、古沉积环境条件、古构造条件等的综合作用<sup>[13,14]</sup>。笔者在研究中国典型断陷湖

盆型油页岩含矿区的成矿条件基础上,选取反映模型区与评价区油页岩成矿特征的形成条件、控矿因素和保存条件 3 类参数作为断陷湖盆型油页岩成矿类比因子。依照层次分析法将类比因子划分为形成、控矿和保存条件 3 个条件层,古湖泊、古气候、古构造、古沉积环境和综合环境 5 个指标层,以及还原度、矿化度、酸碱度等 14 个类比因子层<sup>[10-12]</sup>。

### 2.3 类别因子权重的确定

对分属于形成、控矿和保存条件的 14 个类比因子,以其成矿有利条件作为定量变换的阈值,阈值有利于油页岩资源的生成与聚集的,给类比因子赋值为 1;非有利于时,给类比因子赋值为 0。

笔者以研究程度较高的罗子沟、抚顺、北部湾、桦甸和胶莱 5 个断陷湖盆作为模型区,将模型区反映油页岩生成富集的可类比因子的各项成矿特征列表统计,形成模型区成矿特征一览表(表 1)。

对表 1 进行二态定性变换,将阈值界限确定为油页岩成矿的有利条件。在实际计算中,往往遇到地质类比因子缺项,此时,可由有经验专家判断后给定 0 或 1,也可以用数据补点办法确定数值后再与阈值比较而确定为 0 或 1。经二态定性处理后,模型区类比参数二态定性处理结果可构成 5×12 的矩阵 A。将转置矩阵 A<sup>T</sup> 左乘矩阵 A,得到 12 阶对称乘积方阵 R:

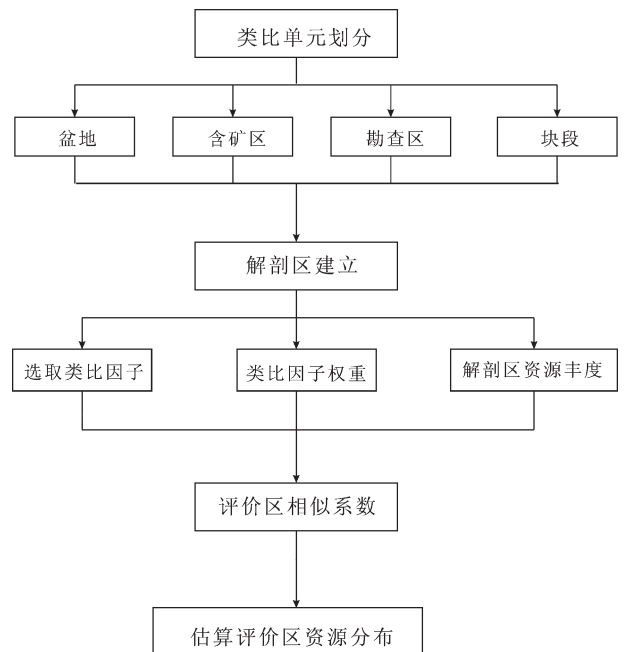


图 1 相似类比面积丰度法工作流程  
Fig.1 Flowchart of acreage bearing likelihood ratio method

表 1 典型断陷湖盆型含油页岩盆地类比因子成矿特征  
Table 1 Metallogenic features of the analogue factor in typical fault depression oil shale basin

模型区	还原性	矿化度	干酪根类型	有机碳含量%	成熟度 Ro%	古气候	盆地类型	同沉积构造	沉积相	体系域	后期构造	沉积速率	有效面积比	含油率%	盆地面积/km <sup>2</sup>	矿层面积/km <sup>2</sup>	资源10 <sup>4</sup> t	资源丰度/(10 <sup>4</sup> t/km <sup>2</sup> )
罗子沟	强还原		I、II	17.96	0.48	湿热	伸展	不稳定	深湖半深湖	高水位、水进	后生断层发育	慢	0.156	6.04	79	12.29	109127	8879
抚顺	弱还原	淡水-微咸水	I、II	11.14	0.43-0.56	温暖湿润	伸展	发育	深湖半深湖	高水位、水进	稳定	较快	0.946	5.85	37	35	366723	10478
桦甸		半咸水	I 为主	33.31	0.50-0.65	半干旱半湿润	走滑	发育,较稳定	深湖半深湖	高水位、水进			0.028	6.93	1966	54.39	99741	1834
北部湾	弱还原弱氧化		I、II			温暖湿润	走滑	构造发育	湖泊沼泽	高水位、水进	离剥蚀源区较远	下沉速度缓慢	0.001	4.87	38000	34.42	275005	7990
胶莱	弱还原环境	微咸-半咸水	I 为主	0.40-0.65		温暖湿润	走滑	湖盆基底沉降速率变化频繁	湖泊沼泽	高水位、水进			0.007	12.17	12208	84.03	106505	1267

$$R=A^T A=[a_{ji}]_{12 \times 5} [a_{ij}]_{5 \times 12}=[r_{ij}]_{12 \times 12} = \begin{bmatrix} 4 & 3 & 4 & 4 & 2 & 3 & 3 & 2 & 4 & 2 & 3 & 2 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 2 & 2 & 2 & 3 & 1 & 3 & 1 \\ 4 & 3 & 5 & 5 & 2 & 4 & 3 & 2 & 5 & 3 & 4 & 1 \\ 4 & 3 & 5 & 5 & 2 & 4 & 3 & 2 & 5 & 3 & 4 & 2 \\ 3 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 2 & 2 & 3 & 2 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 4 & 4 & 3 & 4 & 2 & 1 & 4 & 3 & 3 & 1 \\ 3 & 2 & 3 & 3 & 2 & 2 & 3 & 1 & 3 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 2 & 2 & 0 & 2 & 1 \\ 4 & 3 & 5 & 5 & 3 & 4 & 3 & 2 & 5 & 3 & 4 & 2 \\ 2 & 1 & 3 & 3 & 2 & 3 & 2 & 0 & 3 & 3 & 2 & 1 \\ 3 & 3 & 4 & 4 & 2 & 2 & 2 & 2 & 4 & 2 & 4 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

计算方阵 R 的特征值及特征向量,特征值总和为 43,最大特征值为 33.621,占特征值总和的 78.2%,占绝对主导作用。因此,最大特征值所对应的特征向量  $C_{max}$  可以代表类比因子的权系数  $C_{max}$  为:

$$C_{max}=[0.318 \ 0.239 \ 0.377 \ 0.377 \ 0.254 \ 0.308 \ 0.240 \ 0.165 \ 0.384 \ 0.227 \ 0.296 \ 0.165]^T$$

对最大特征值对应的特征向量  $C_{max}$  进行归一化处理,得到矩阵 C,即各类比因子的权重(表 2),反映各类比因子在估算评价区油页岩资源量时所起作用的大小。

$$C=[0.09 \ 0.07 \ 0.11 \ 0.11 \ 0.08 \ 0.09 \ 0.07 \ 0.05 \ 0.11 \ 0.07 \ 0.09 \ 0.05]^T$$

2.4 评价区类比系数及模型区资源丰度分布函数

类比系数是指在估算评价区油页岩资源量时,评价区与模型区相比较,推测评价区可能形成矿床的相似程度。

对于评价区类比系数的求取,首先,建立评价区类比因子成矿特征表;其次,进行二态定性变换,建立二态定性处理矩阵 B;再次求取类比系数,  $S = BC$  (S 为评价区类比系数)。

对于模型区资源丰度函数的构建,是根据表 1 中模型区的含油率和资源丰度的数据,用等频率法求出模型区油页岩资源丰度和含油率的经验分布函

数(图 2,3)。

从图中可知:断陷湖盆油页岩资源丰度当置信度为 5%时其值为 9552 (10<sup>4</sup>t/km<sup>2</sup>),95%时其值为 1624 (10<sup>4</sup>t/km<sup>2</sup>),资源丰度变化区间 2 000~8 000 (10<sup>4</sup>t/km<sup>2</sup>)。含油率概率为 5%的值是 12.01%,概率为 95%的值是 5.13%,断陷湖盆油页岩含油率主要集中在 4.5%~7%。

2.5 评价区油页岩资源求取的数学模型

用相似类比面积丰度法估算断陷湖盆油页岩的资源,其主要特点是在面积丰度法的基础上,引入相似类比面积丰度系数,用特征值和特征向量求取相似类比系数。这与原来的类比系数用评分法求取相比较,使评价模型向资源定量评价方向更迈进了一步。同时资源丰度的分布函数采用统计分析的方法建立,对油页岩资源的预测可以给出置信区间。

相似类比面积丰度法估算断陷湖盆油页岩资源的数学模型:

$$Q_2 = \gamma \cdot q_i \cdot S_2 \tag{1}$$

$$\gamma = BC \tag{2}$$

$$q_i = F(n) \tag{3}$$

式中:Q<sub>2</sub>—评价区资源,10<sup>4</sup>t;γ—类比系数;q<sub>i</sub>—模型区资源丰度分布函数;B—评价区类比因子矩阵;C—模型区类比因子权重转置矩阵;n—模型区模

表 2 断陷湖盆模型区类比因子权系数

Table 2 Weight of model district analogue factor in the fault depression basin

类比因子	还原性	矿化度	干酪根类型	有机碳含量	成熟度	古气候	同沉积构造	沉积相	体系域	后期构造	沉积速率	有效面积比
权重系数	0.09	0.07	0.11	0.11	0.08	0.09	0.07	0.05	0.11	0.07	0.09	0.05

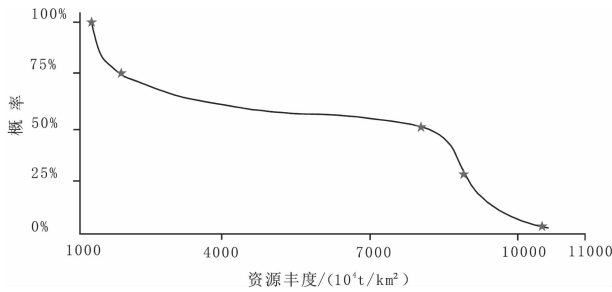


图 2 断陷湖盆油页岩资源丰度概率分布函数  
Fig.2 Distribution functions of oil shale resource abundances in fault depression basin of model

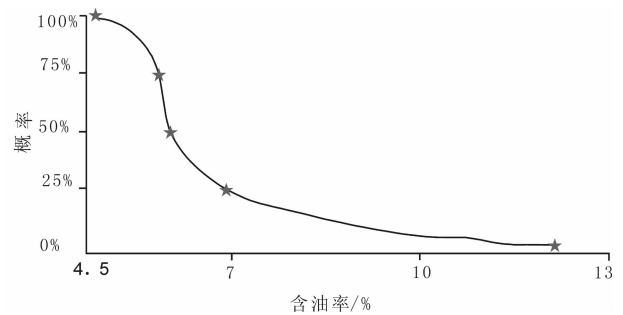


图 3 断陷湖盆油页岩含油率概率分布函数  
Fig.3 Distribution functions of oil-bearing rates in fault depression basin of model

型单元个数;  $S_2$ —评价区预测面积, km<sup>2</sup>。

## 3 茂名盆地油页岩资源潜力估算

### 3.1 茂名盆地地质特征

茂名盆地是中国最著名的油页岩盆地之一,盆地纵向长 44 km,横向宽 4~14 km,面积约 400 km<sup>2</sup>[13]。盆地内包括 4 个油页岩含矿区,分别为茂名、电白、高州含矿区及广东茂名盆地评价区。油页岩矿层面积 193.43 km<sup>2</sup>。

盆地内出露地层为震旦系、白垩系、古近系、新近系和第四系。其中,油页岩主要赋存于古近系油柑窝组和新近系尚村组中。油页岩层埋深多在 0~850 m,单层油页岩厚度在 16~24 m,矿层累厚最大可达 52.89 m,油页岩含油率多在 5.60%~6.50%,最高可达 13%。

盆地在晚侏罗世—早白垩世和晚白垩世—新生代,先后受太平洋板块北北西向挤压力和印度板块北东向挤压力及地壳重力作用的共同影响,形成了一系列 X 型断裂控制的断陷盆地。白垩纪以压缩变形为主,形成大面积的凹陷;古近—新近纪以伸展变形为主,金塘—石鼓一带陷落,盆地沉积中心由南盛迁移到金塘一带[16]。南盛构造盆地基底为震旦纪变质岩,而茂名古近纪断陷盆地是在南盛白垩纪构造盆地基础上形成的。

盆地燕山晚期岩浆活动强烈,火山喷发特征依据岩石组合和接触关系,可划分为 3 个喷发亚旋回。盆地的火山岩主要发育于上白垩统石鼓群,对油页岩矿层发育和赋存没有影响。

### 3.2 茂名盆地油页岩成矿特征

#### 3.2.1 油页岩形成条件

##### (1) 古湖泊条件

茂名盆地油页岩氯仿抽提物饱和烃的气相色谱

分析和正烷烃主峰碳数和碳同位素研究表明,油页岩有机质母质来源丰富,既有低等水生生物,也有陆源高等植物,同时细菌等微生物也有贡献[17-19];通过透射光-荧光干酪根显微组分鉴定分析,茂名油页岩以腐泥型(I型)为主,含少量腐殖腐泥型(II<sub>1</sub>型)[13]。

茂名盆地油柑窝组油页岩 V/(V+Ni) 比值为 0.83~0.85,其指示环境意义表明:水体出现分层,底水中出现 H<sub>2</sub>S,处于厌氧还原环境[20]。

油柑窝组沉积时期,以淡水为主,并时有海水入侵,海水进入湖泊,形成盐度分层,有利于有机质保存,有机碳含量高达 15.88%~29.82%[13,21]。

##### (2) 古气候条件

油柑窝组植物群——柔荑花序为主的阔叶落叶树种的比例大,平均占被子植物花粉的 73.1%,亚热带-温带科属占种子植物科属的 50.8%,反映在油柑窝组沉积时期处在温暖和比较凉爽而潮湿的亚热带-温带环境[22-24]。

#### 3.2.2 控矿因素

##### (1) 古构造条件

始新—渐新世盆地发展初期,盆地形态为箕状,沉积基底呈南高北低。随着地壳沉降加大,湖盆水域不断扩大,沉积以泥质碎屑为主,沉积中心偏北。此外,还在盆地西南边缘形成多个次一级沉积中心。渐新世末,地壳有一个突发性上升,盆地沉积物逐步盈满。

在始新—渐新世时期,茂名盆地沉积中心有 2 个:北东靠近高棚岭断裂附近的沉积中心受到高棚岭断裂的影响,西南缘的沉积中心主要受到南盛白垩纪盆地古地形的影响。2 个沉积中心分别赋存了上垌组和油柑窝组沉积,其中油柑窝组是油页岩赋存的主要层位。东北的沉积中心是该时期的主要沉积中心,具有埋藏深、厚度大的特点[13]。

盆地内油页岩厚度沿走向明显受次一级坳陷控制,油柑窝组油页岩自石鼓—金塘厚度由厚变薄,尚存组油页岩厚度自北西—南东方向有逐渐变薄的趋势<sup>[1]</sup>。

(2)古沉积环境

中新世晚期气候温暖潮湿、降雨量大,湖盆扩张且沉积稳定,生物以藻类、淡水螺类及蚌类为主,随沉降作用的加剧,湖盆接受了大量的泥质碎屑和有机质沉积,全面形成了浅水—深水湖泊环境。

根据构造活动、沉积特征、古生物特征及化验指标的综合分析结果表明,茂名盆地的油页岩形成于断陷盆地,属腐泥型(I型)、半深湖—深湖成因<sup>[13]</sup>。

3.2.3 保存条件

中新世地壳沉降幅度和沉降速度较大,且沉积速度较快,生物的生长和沉积密度相对较低,加上成岩后长期出露地表,不利于有机质向烃类转化和保存,故成油条件相对较差。

盆地北西向断裂除了控制油页岩和煤的形成外,后期的活动对油页岩层有一定的破坏作用,多使油页岩层产生错断,落差较大,加大油页岩埋深<sup>[2]</sup>。

3.3 相似类比系数求取

通过茂名盆地油页岩成矿特征资料收集整理分析,比照模型区可类比因子体系,建立评价区茂名盆地类比因子评价表(表3)。

对表3进行二态定性处理,建立评价区类比因子参数矩阵B,

$B=[1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1]$

根据模型数学关系式(2)求取评价区相似类比系数 $\gamma$ 。

$\gamma = BC^T = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1][0.09 \ 0.07 \dots \ 0.05]^T$

计算求得相似类比系数 $\gamma$ 为0.84。

3.4 茂名盆地油页岩面积预测

盆地油页岩勘查程度较低或非常低的油页岩含

矿区或勘查区(勘查程度低指工作程度仅达到普查或预查),没有控制油页岩展布的工程,无法绘制油页岩底板或厚度等值线。则以预测矿层赋存目的层出露界线,或目的层岩相古地理图,或沉积相图为依据圈定。

假设茂名盆地勘查程度低,没有油页岩钻孔资料,无法圈定油页岩等厚线图,那么,以出露的目的层面积和沉积相叠加所圈定的面积为油页岩的预测面积,则油页岩预测面积为203 km<sup>2</sup>(图4)。

3.5 茂名盆地油页岩资源预测

茂名盆地为断陷湖泊盆地,概率区间在5%~95%的模型区资源丰度在9 852~1 624(10<sup>4</sup>t/km<sup>2</sup>),含油率分布在5.13%~12.01%;评价区与模型区的相似类比系数为0.84;评价区油页岩的预测面积为203 km<sup>2</sup>。

根据相似类比法数学模型估算茂名盆地油页岩资源,概率区间在5%~95%时,盆地的预测资源为:1 999 956×10<sup>4</sup>~329 672×10<sup>4</sup> t;可转化页岩油资源为:240 594.71×10<sup>4</sup>~16 912.17×10<sup>4</sup> t,图5。

4 结 论

茂名盆地是中国油页岩最著名的断陷湖盆之一,研究程度高。选择其作为评价区来进行资源预测的目的,是便于与前人估算的油页岩资源进行比较,以检验相似类比面积丰度法预测的适用性。

茂名盆地的油柑窝组和尚村组地层分布比较稳定、盆地内构造比较简单,基本属于稳定型。第1次“全国油页岩资源评价”采用体积法对茂名盆地油页岩矿床资源评价结果表明,茂名盆地油页岩资源1 648 876×10<sup>4</sup> t,其中油页岩查明资源680 030×10<sup>4</sup> t,油页岩预测资源968 846×10<sup>4</sup> t<sup>[58]</sup>。

经采用相似类比面积丰度法预测油页岩资源结果表明,概率为65%时,茂名盆地预测资源相当于第1次“全国油页岩资源评价”估算的查明资源(包括

表3 茂名盆类比因子成矿特征  
Table 3 Metallogenic features of the analogue factor in Maoming basin

评价区	还原性	矿化度	土酯根类型	有机碳含量/%	成熟度/Ro/%	古气候	盆地类型	同沉积、构造	沉积相	体系域	后期构造	沉积速率	有效面积比	含油率/%	盆地面积/km <sup>2</sup>	矿层面积/km <sup>2</sup>	资源/10 <sup>4</sup> t
茂名	还原环境	淡水-咸水	I <sub>1</sub>	15.88	0.5	温暖、潮湿	伸展	发育	湖湘	高水位、水进	破坏矿层	快	0.48	6.03	400	193.43	1648876/体积法
阈值	弱还原-还原环境	微咸水-半咸水	I、II	>7.48	<0.50	温暖、潮湿	同沉积构造附近,或稳定	深湖、半深湖	高水位水进	主要位于构造运动旋回中晚期,稳定	慢	>0.1					

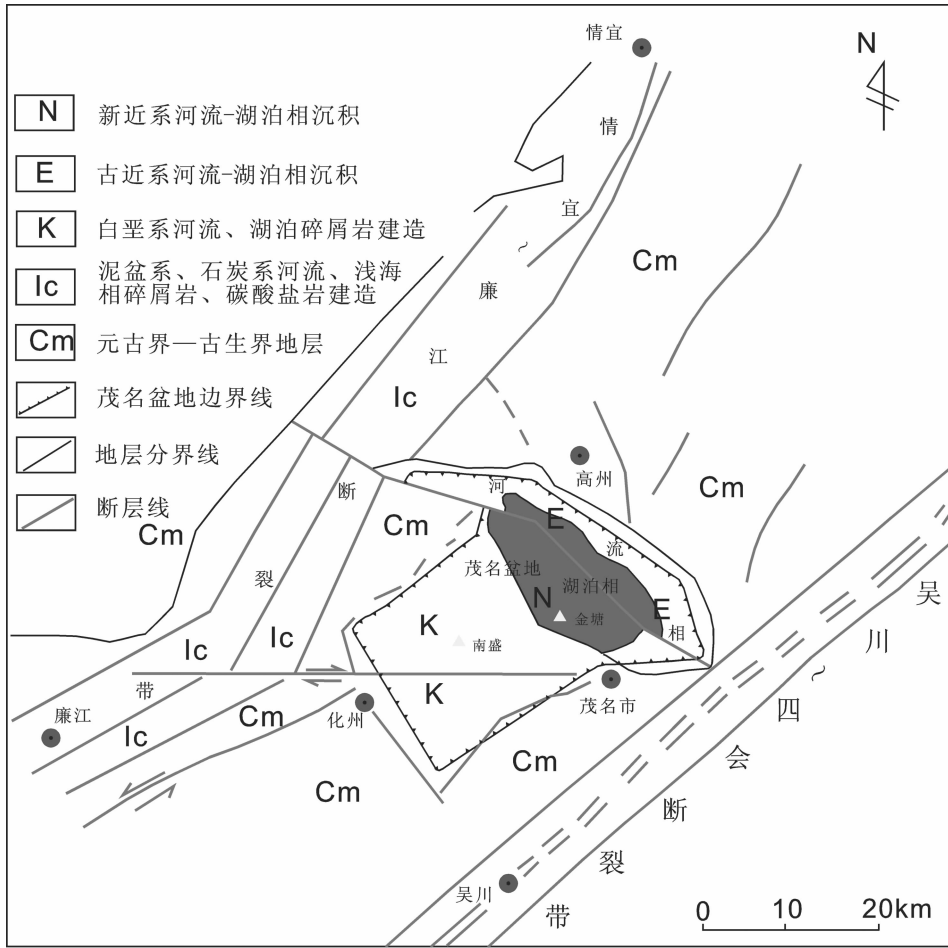


图 4 茂名盆地地质构造略图(据叶国杨(2008)资料修改)

Fig.4 Geological structural map of Maoming basin (modified after Ye Guo-yang, 2008)

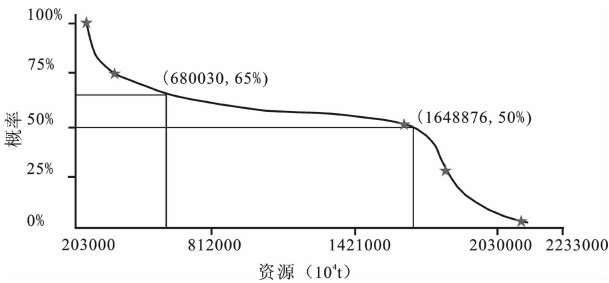


图 5 茂名盆地油页岩资源概率分布图

Fig.5 Distribution functions of oil shale resources in the predicting area of Maoming basin

探明的、控制的和推断的资源); 概率为 50%时, 茂名盆地预测资源相当第 1 次“全国油页岩资源评价”估算的查明资源+预测资源。该结果与“全国油页岩资源评价”所做的结论相当。因此, 经对比验证, 相似类比面积丰度法预测断陷湖盆油页岩资源具有可行性。

对于勘查程度较低的断陷湖盆油页岩资源的预测, 采用相似类比面积丰度法进行油页岩资源估算, 简便易行, 可以作为油页岩资源远景区规划、靶区优选中油页岩资源预测的推荐方法。

参考文献 (References):

[1] 董清水, 王立贤, 于文斌, 等. 油页岩资源评价关键参数及其求取方法[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(6):899-903.  
Dong Qingshui, Wang Lixian, Yu Wenbin, et al. The key parameters of oil shale resource appraisal and its evaluating methods[J]. Journal of Jilin University( Earth Science Edition), 2006, 36(6):899-903(in Chinese with English abstract).

[2] 孟庆涛. 油页岩资源评价方法研究 [D]. 2007.  
Meng Qingtao. Study on Oil Shale Resource Evaluation Method [D].2007(in Chinese with English abstract).

[3] 陈会军. 油页岩资源潜力评价与开发优选方法研究[D]. 2010.  
Research on Oil Shale Resource Potential Evaluation and

- Development Optimum Seeking Methods [D]. 2010 (in Chinese with English abstract).
- [4] 黄福堂, 冯子辉. 松辽盆地原油资源量计算方法研究 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1998.
- Huaaang Futang, Feng Zihui. Study Oil Resource Extent Calculation Method in Songliao Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1998(in Chinese).
- [5] Harris D P, Rieber M. Evaluation of the United States Geological Survey's three-step assessment methodology. U. S. Geological Survey Open-File Report, 1993, (258- A ): 675-687.
- [6] 朱裕生. 矿产资源评价方法学导论[M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- Zhu Yusheng. Mineral Resources Evaluation Method [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984(in Chinese).
- [7] Singer D A. Basic concepts in three-part quantitative assessments of undiscovered mineral resources. Nonrenewable Resources, 1993, 2 (2): 69- 81.
- [8] 朱裕生, 肖克炎, 等. 成矿预测方法 [M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- Zhuuu Yusheng, Xiao Keyan, et al. Metallogenic Prognosis Method [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997(in Chinese).
- [9] 宋国耀, 张晓华, 肖克炎, 等. 矿产资源潜力评价若干问题 [J]. 中国地质, 1999, 267(8): 17-19.
- Song Guoyao, Zhang Xiaohua, Xiao Keyan, et al. The problem of mineral resources potential evaluation [J]. Geology in China, 1999, 267(8): 17-19(in Chinese with English abstract).
- [10] 陈会军, 刘招君, 朱建伟, 等. 油页岩含矿区开发优选的指标体系和权重的确定[J]. 中国地质, 2009, 36(6): 1359-1365.
- Chen Huijun, Liu Zhaojun, Zhu Jianwei, et al. The determination of the index system and weights for the development optimism of oil shale potential areas[J]. Geology in China, 2009, 36(6): 1359-1365(in Chinese with English abstract).
- [11] 陈会军, 刘招君, 朱建伟, 等. 油页岩含矿区开发优选的双因素法[J]. 中国地质, 2011, 36(3): 742-749
- Chen Huijun, Liu Zhaojun, Zhu Jianwei, et al. Dual-factor method for development optimization of oil shale bearing fields [J]. Geology in China, 2011, 36(3): 742-749(in Chinese with English abstract).
- [12] 陈会军, 刘招君, 朱建伟, 等. 油页岩资源开发利用经济评价[J]. 地质与资源, 2011, 36(3): 50-55.
- Chen Huijun, Liu Zhaojun, Zhu Jianwei, et al. Economic evaluation of oil shale utilization [J]. Geology and Resources, 2011, 36(3): 50-55(in Chinese with English abstract).
- [13] 刘招君, 杨虎林, 董清水, 等. 中国油页岩[M]. 北京: 石油工业出版社, 2009.
- Liu Zhaojun, Yang Hulin, Dong Qingshui, et al. Oil Shale in China[M]. Petroleum Industry Press, 2009(in Chinese).
- [14] 陈会军, 刘招君, 等. 银额盆地地下白垩统巴音戈壁组油页岩特征及古环境[J]. 吉林大学学报(地球科学版 EI), 2009, 39(4): 69-75.
- Chen Huijun, Liu Zhaojun, et al. Characteristic of oil shale and paleoenvironment of the Bayingebi formation in the Lower Cretaceous in Yin'e Basin [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2009, 39 (4): 69-75 (in Chinese with English abstract).
- [15] 李殿超, 朱建伟, 严焕榕, 等. 广东省茂名盆地油页岩的沉积特征及分布规律[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(6): 938-943.
- Li Dianchao, Zhu Jianwei, Yan Huanrong, et al. Sedimentary characteristics and distribution rule of oil shale in Maoming basin in Guangdong Province [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(6): 938-943(in Chinese with English abstract).
- [16] 叶国扬. 广东省茂名盆地形成机制探讨 [J]. 西部探矿工程, 2008, 7: 141-145.
- Ye Guoyang. Research buildup of Maoming basin in Guangdong [J]. Exploration Engineering in West China, 2008, 7: 141-145 (in Chinese with English abstract).
- [17] 华东石油学院. 油页岩科学研究论文集[M]. 东营: 华东石油学院, 1984.
- Petroleum Institute of East China. Oil Shale Research Collected Papers [M]. Dongyin: Petroleum Institute of East China, 1984 (in Chinese).
- [18] 傅家谟, 徐芬芳. 茂名油页岩中生物输入的标志化合物[J]. 地球化学, 1985, 2: 99-114.
- Fu Jiamo, Xu Fengfang. Mark chemical compound of organism in oil shale of Maoming basin [J]. Geochimica, 1985, 2: 99-114 (in Chinese with English abstract).
- [19] 于志强, 彭平安, 盛国英. 茂名与江汉第三系油页岩中生物标志物碳同位素研究[J]. 科技通报, 2000, 45: 2783-2789.
- Yu Zhiqiang, Peng Pingan, Sheng Guoying. Research on carbon isotope of organism mark in oil shale of Tertiary in Maoming basin and Jianghan basin [J]. Journal of Science and Technology, 2000, 45: 2783-2789 (in Chinese with English abstract).
- [20] 邓宏文, 钱凯. 沉积地球化学与环境分析[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1993.
- Deng Hongwen, Qian Kai. Depositional Geochemical and Environment analysis [M]. Lanzhou: Gansu Scientific and Technological Press, 1993(in Chinese).
- [21] 郭敏, 周明文, 李瑞, 等. 广东茂名盆地油页岩成矿因素分析[J]. 华南地质与矿产, 2009, 2: 47-51.
- Guo Min, Zhou Mingwen, Li Rui, et al. Analysis on oil shale forming conditions in Maoming basin of Guangdong Province [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2009, 2: 47-51 (in Chinese with English abstract).
- [22] 余金凤, 吴作基. 广东茂名盆地茂五井的孢粉组合及其地质时代的探讨[J]. 地层学杂志, 1983, 7(2): 112-117.
- Yu Jinfeng, Wu Zuojie. Research on cryptogam group and geologic age of Fifth Well in Maoming basin of Guangdong Province [J]. Journal of Stratigraphy, 1983, 7 (2): 112-117 (in Chinese with English abstract).
- [23] 金建华. 广东茂名盆地油柑窝组的地质时代[J]. 地层学杂志, 2008, 32(1): 47-50.
- Jin Jianhua. Geologic age of Youganwo series in Maoming basin of Guangdong Province [J]. Journal of Stratigraphy, 2008, 32(1): 47-



50(in Chinese with English abstract).

[24] 严焕榕, 朱建伟, 李殿超, 等. 茂名盆地金塘矿区油页岩特征及形成条件[J]. 世界地质, 2006, 25(4):407-410.

Yan Huanrong, Zhu Jianwei, Li Dianchao, et al. Oil Shale of Jintang Field feature and buildup in Maoming basin [J]. Global Geology, 2006, 25(4):407-410(in Chinese with English abstract).

## The application of the acreage bearing likelihood ratio method to assessing oil shale resources: A case study of Maoming basin

CHEN Hui-jun<sup>1</sup>, LIU Zhao-jun<sup>2</sup>, ZHU Jian-wei<sup>2</sup>, FU Zhan-rong<sup>3</sup>, DU Jia-yu<sup>4</sup>

(1. Shenyang Center of Chain Geological Survey, Shenyang 110032, Liaoning, China; 2. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China; 3. No.108 Geological Party, Inner Mongolia Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals, Chifeng 024000, Inner Mongolia, China; 4. Baotou Center of Mineral Endowment Administration and Service, Baotou 014000, Inner Mongolia, China)

**Abstract:** The acreage bearing likelihood ratio method was adopted to assess oil shale resources in the fault depression basin. This method is simple and convenient. Main geological parameters controlling the generation and enrichment of oil shale was optimized in terms of the development characteristics of oil shale and its metallogeny and enrichment mechanisms in the fault depression basin. Then the analogy coefficients of the assessment area were figured out by quantifying the qualitative binary status of these geological parameters. Finally, the authors assessed oil shale resources of the assessment area in term of the distribution function of oil shale resource abundance of the anatomy area. The results show that oil shale forecast resources of Maoming basin are equivalent to the identification resources from the first “National Oil Shale Evaluation” at the probability of 65%, and the oil shale forecast resources of Maoming basin are equivalent to the identification and forecast resources from the first “National Oil Shale Evaluation” at the probability of 50%.. Therefore, the acreage bearing likelihood ratio method can effectively assess oil shale resources of the basins with middle-low exploration extent.

**Key words:** Maoming basin; oil shale; resources potentiality; acreage bearing likelihood ratio method

**About the first author:** CHEN Hui-jun, male, born in 1967, doctor and senior engineer, mainly engages in the study of evaluating oil shale and analyzing petroliferous basin; E-mail: chjcc@126.com.

2010 年度地质科学类期刊前 30 名影响因子排序表

序次	期刊名称	影响因子	序次	期刊名称	影响因子
1	中国科学(D 辑)	2.296	16	西北地质	0.845
2	岩石学报	1.788	17	矿物岩石	0.832
3	地质学报	1.774	18	地质科学	0.828
4	地质力学学报	1.697	19	岩石矿物学杂志	0.784
5	矿床地质	1.648	20	冰川冻土	0.750
6	石油实验地质	1.462	21	地层学杂志	0.693
7	地质论评	1.351	22	地质科技情报	0.689
8	岩矿测试	1.280	23	中国岩溶	0.630
<b>9</b>	<b>中国地质</b>	<b>1.144</b>	24	海洋地质与第四纪地质	0.544
10	沉积学报	1.118	25	水文地质工程地质	0.534
11	地质通报	1.116	26	世界地质	0.491
12	工程地质学报	1.115	27	新疆地质	0.469
13	高校地质学报	0.993	28	水文	0.445
14	现代地质	0.974	29	地质与资源	0.341
15	地质与勘探	0.892	30	沉积与特提斯地质	0.269

注:表中数据引自中国科学技术信息研究所编《2011 年版中国科技期刊引证报告(核心版)》,北京:科学技术文献出版社。