

# 应用特征分析法

## 预测松辽盆地扶余油层有利勘探区

郭少斌 刘招君 刘万洙 杨光

(长春地质学院能源系, 长春 130061)

本文应用特征分析方法,以松辽盆地新民、扶余及新立油田作为模型区,选取七个有意义的地质变量,采用多种求权系数及剔除变量数的办法,分别建立了扶余油层最优模型公式。根据权系数大小得知,油气聚集受距生油凹陷中心距离、青一段排烃能力、所在沉积相区的影响较大,其它因素影响次之。用最优模型公式结合物性分析认为:扶余油层应先勘探龙虎泡-大安阶地,南部为华字井阶地中南部、扶-新凸起西部斜坡带。

**关键词** 松辽盆地 特征分析法 扶余油层 有利勘探区

**第一作者简介** 郭少斌 男 30岁 讲师 石油地质

### 1 扶余油层油气分布特征及控制因素

到目前为止,在扶余油层已发现五个油田(朝阳沟、扶余、新立、木头、新民)和大量工业油气流井点。该油层主要属于低渗透、顶生式成油组合,具有油气藏类型复杂,平面呈环带状分布的特点,这些特点主要受以下几方面因素控制:

首先,油气分布范围受生油区控制。青山口组生油岩生成的油气是扶余油层的主要油源,其主要生油区为齐家-古龙凹陷、乾安-长岭及三肇凹陷,油气以近距离运移为主,扶余油层的油气集中分布在中央拗陷区内,与青一段有利生油区大体接近。

其次,储层的岩相分布控制油气聚集,其物性变化影响油气聚集的程度。泉四段沉积时期,构造运动总的是以区域沉降为主,古地形平缓,泛滥平原沉积面积远大于湖区面积。盆地周边存在着多个物源区,发育北安-讷河、英台-红岗、通榆-保康、怀德-长春、双城-德惠、肇洲-长春岭六个沉积体系,向盆地中心汇聚,在湖区周围以环带状形成了讷河、英台、乾安、扶余、肇洲五个水进浅水三角洲。已发现的油田和工业油气流井恰好位于东部和南部河湖过渡带三角洲平原相区,所以符合河湖过渡带特别是三角洲平原区是油气的主要聚集带的普遍规律。由于油气向下运移有比较苛刻的条件,因此,并不是所有三角洲平原区的砂岩都有高丰度的油气聚集,这还受控于三角洲平原沉积时的区域沉积环境和区域构造背景造成的储层物性的变化。

另外,早于生油岩大量排烃或同期形成的古隆起和阶地,对油气聚集有控制作用,断层对油气运移、富集和成藏都有十分重要的意义。长春岭背斜、扶余-新立凸起都是白垩纪早期形成的,又一直处于隆起上升的趋势,对青一段油气成熟期来说,它们均属于有利的古构造环境,且向凹陷中心倾斜。背斜带上,扶余油层埋藏深度一般不超过500m,背斜带离沉积物源较近,储层物性好,具有得天独厚的油气聚集条件,成为盆地南部最大的含油区。由于扶余

油层油源来自上覆青山口组生油层,而又由于陆相沉积砂体的不连续性,给油的垂直向下运移和长距离侧向运移造成了困难。因此,断层特别是同生断层的产生,一方面使青山口组生油岩直接与泉四段砂岩储层发生横向接触,为油气的侧向运移提供了极大方便;另一方面断层及其伴随的许多裂隙为青山口组油气的直接向下运移提供了通道。朝阳沟阶地位于三肇生油凹陷东侧,东北-南西方向断裂发育,也成为重要的油气聚集带。

总之,扶余油层油气分布范围受生油区控制,油气圈闭与沉积、构造等多种因素有关,在平面上大致可分内、中、外三个带,其中,内带位于生油凹陷区的向斜主体部位,以滨、浅湖相沉积为主,油层埋藏深度多在1800m以下,储层物性甚差,属于大面积岩性油气藏分布区。中带位于生油凹陷区向构造隆起区过渡的阶地上,包括生油凹陷之间的构造隆起带,以三角洲前缘、分流河道沉积为主(包括少量泛滥平原沉积),油层埋藏深度在500~1800m之间,为复合型油气藏分布区。外带位于含油区边部,泉头组地层隆起较高的背斜带上,三角洲平原及近物源河流相发育,储油砂岩厚度大,油层埋藏深度小于500m,为构造油气藏分布区。

## 2 特征分析找油模式的建立

经前人计算可知,扶余油层总资源量扣除已探明储量,尚有近40%的油气储量待探明,因此扶余油层仍有一定的资源潜力,尤其是大庆长垣以东地区扶余油层勘探取得重大进展后,西部扶余油层的前景开始引起人们的重视。从西部地区的勘探情况看,勘探要有重大进展,扶余油层取得突破将是一个重要方面。这必然涉及下一步有利勘探区的问题,而以往对油气勘探远景的预测,主要从定性角度出发,采取单一参数的方法。我们从控制油气聚集的多种因素考虑,试图采用多参数——特征分析法对松辽盆地扶余油层进行有利勘探区预测。

特征分析是一种多元统计方法,该方法在金属矿床预测中的应用较多。它通过对研究区内已知单元的研究,查明地质变量之间的内在联系并确定它们的找矿意义,从而建立起特定类型矿床的定量模式。预测时将预测对象的地质特征与模型对比,用它们的相似程度表示预测对象的成矿可能性,据此圈定出有利成矿的各级远景区,这一方法具体包括以下四个步骤:

(1)确定模型区,划分预测单元 根据模型区和预测区的具体地质条件选择与油气聚集(就预测油气而言)有关的变量。一般来说,用有矿单元建立模型,预测单元为网格化面积相等的方块或长方块,选取的变量可以是定性的或定量的,连续的或离散的,可以与预测区比例尺相一致的各种图件中取得,网格的赋值可规定以中心点位置的地质特征值为代表,或用四个结点的平均值代替。

(2)将地质变量转换成逻辑变量 将地质变量转换成逻辑变量是多元结构的地质数据应用特征分析的前提,目前用的是布尔转换,即用三态逻辑变量(1、0、-1)来表达不同性质的地质变量,在定义逻辑变量时,应特别强调+1和-1必须是逻辑上互相对立的概念,赋值的原则是以变量对成矿的有利程度为标准,有利为+1,不利为-1,介于两者之间或情况不明者为0。对二维连续变量,若二阶方向导数为负值,是高异常,取+1,二阶方向导数为正值,是低异常,取-1,二阶方向导数为0,为无异常,取值为0。

(3)建立最优模型公式 一个单元能取得很多地质变量,但就控制油气聚集(或某类油

藏)而言,各地质变量的重要性——权是不等的。找到一个含权系数表达式的过程称为建立最优模型公式。最优模型公式是通过模型单元的逻辑变量矩阵而构造的。有六种构造方式,从乘积矩阵出发有三种,即乘积矩阵代数和法(把乘积矩阵中每行代表一个变量,求每一行的代数和),乘积矩阵平方和法(将乘积矩阵的每一行视为一个向量,求变量的向量长度),乘积矩阵主分量法(求出乘积矩阵的最大特征值,用它所对应特征向量的分量作为相应变量的权);从概率矩阵出发有三种,即概率矩阵代数和法、概率矩阵平方和法和概率矩阵主分量法,主要是从多个单元中各变量间的匹配概率出发,研究模型中变量与变量之间的依存关系,具体算法与从乘积矩阵出发的对应方法相似。以上六种构造方式是从不同角度对模型单元各个变量的相互依存关系进行分析,确定各个变量在控制油气聚集中的重要性——权,一般是选择权大的前  $n$  个变量,构成线性组合(最优模型公式):

$$y = \sum_{i=1}^n a_i X_i$$

式中:  $X_i$ —变量的三元逻辑值

$a_i$ —变量的权系数

$y$ —单元的关联度

对六种算法同时求出权系数,究竟采用哪种算法得出的结果建立最优模型公式为宜,可按下式判别:

$$S_i = \sum_{j=0}^m \sum_{k=0}^5 |a_{ij} - a_{kj}|$$

式中  $k \neq i, = 0, 1, \dots, 5$

$m$  为变量数

$S_i$  的大小反映了第  $i$  种作法误差的大小,因此可作为衡量此种做法的优劣标志,  $S_i$  越小,表示在六种作法互相比较中该种作法较好。

(4) 预测区评价 将预测单元各变量的三元逻辑值代入最优模型公式,得到各项预测单元对于模型的关联度,  $y$  值越大,说明预测单元的地质特征越接近模型单元地质特征,勘探远景越有利。

按上述步骤,将松辽盆地划为  $15\text{km} \times 15\text{km}$  的网格,每格 ( $225\text{km}^2$ ) 作为一个预测单元,以新民油田、扶余及新立油田作为模型区,因为这两个油田前者属于复合油气藏类型,后者属于构造油气藏类型,基本上代表了扶余油层油气藏的主要类型。在归纳上述控制油气聚集因素的基础上,选择了七个变量表征油气的聚集条件,结合已知规律性认识提出了相应的布尔转换阈值(表1),在此没有把物性参数列为变量之中,是因为该预测是针对所有类型油气藏而言的,而已有岩性油藏均分布在物性较差,埋深大于  $1800\text{m}$  的扶余油层中,可见物性好坏并不是控制油气藏的必要条件。但是,在进一步评价有利区时,物性则是重要考虑对象之一。

表1 扶余油藏特征分析布尔转换门槛值

变 量	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$
	沉积相区	砂地比(%)	盖层	现今局部构造	与生油凹陷中心距离(km)	顶底板相对高度 (m)	青一段排烃能力(g/t)
1	三角洲	20~40	>40	有	<50	<700	>1500
0	滨湖 近岸冲泛平原	40~50 20~10	10~40	无	50~100	700~1300	1000~1500
-1	冲积扇 浅湖冲泛平原	<10 >50	<10		>100	>1300	<1000

按布尔转换门槛值的规定,将模型区选择的 25 口产油井的若干原始数据变为三元逻辑表达式,组成了 25 个体。7 个变量的逻辑矩阵(表略),用六种算法求出各变量的权系数,比较  $S_i$  误差大小,认为乘积矩阵平方和法最好,然后依次剔除顶底板高差(成为六变量),顶底板高差及盖层(成为五变量),顶底板高差、盖层及砂地比(成为四变量),分别组成了 25 个个体、六变量、五变量、四变量的逻辑矩阵(略),按七变量同样的算法及比较,求出不同变量数的权系数及最优模型公式(表 2)。可以看出:油气聚集受与生油凹陷中心距离,青一段排烃能力影响最大。受所在沉积相区关系次之,而且采用不同变量数计算得权系数大小顺序具有一致性,其它变量影响较小,且不同变量数所得顺序略有差异。

表2 扶余油藏特征分析权系数及最优模型公式

权系数大小顺序	乘积矩阵平方和 (七变量)		概率矩阵代数和 (六变量)		概率矩阵代数和 (五变量)		概率矩阵平方和 (四变量)	
	变量 $X_i$	权系数 ( $a_i$ )	变量 $X_i$	权系数 ( $a_i$ )	变量 $X_i$	权系数 ( $a_i$ )	变量 $X_i$	权系数 ( $a_i$ )
1	$X_5$	0.1903	$X_5$	0.1234	$X_5$	0.1471	$X_5$	0.2914
2	$X_7$	0.1903	$X_7$	0.1234	$X_7$	0.1471	$X_7$	0.2914
3	$X_{5_1}$	0.1757	$X_1$	0.1052	$X_1$	0.1331	$X_1$	0.2683
4	$X_3$	0.1177	$X_3$	0.898	$X_4$	0.0613	$X_4$	0.1488
5	$X_2$	0.1146	$X_2$	0.0435	$X_2$	0.0158	$y = \sum_{i=1}^4 a_i X_i$	
6	$X_4$	0.1099	$X_4$	0.0323	$y = \sum_{i=1}^5 a_i X_i$			
7	$X_5$	0.1016	$y = \sum_{i=1}^6 a_i X_i$					
$y = \sum_{i=1}^7 a_i X_i$		$y = \sum_{i=1}^6 a_i X_i$		$y = \sum_{i=1}^5 a_i X_i$				

### 3 扶余油层有利勘探区预测

建立模型公式后,将松辽盆地 660 个预测单元的地质变量从岩相古地理图、地层等厚图、砂岩等厚图、生油岩排烃能力等值线图、扶余油层顶面构造图等图件获取,每一单元的赋值方法为:定量的变量以四个结点的平均值为代表,定性变量(如现今局部构造)按是否在单元中存在赋:有”或“无”。按模型区的布尔转换阈值变为三元逻辑表达式,然后依上述四个最优模型公式计算每个单元的关联度,以各预测单元中心点为关联度的代表点,用计算机绘制不同变量数的关联度等值线图(图 1a—b),油气勘探远景区分类原则,主要参照已知油气井点关联度的下限和无油气井点关联度上限来确定。我们根据已知情况分析,划分四个类

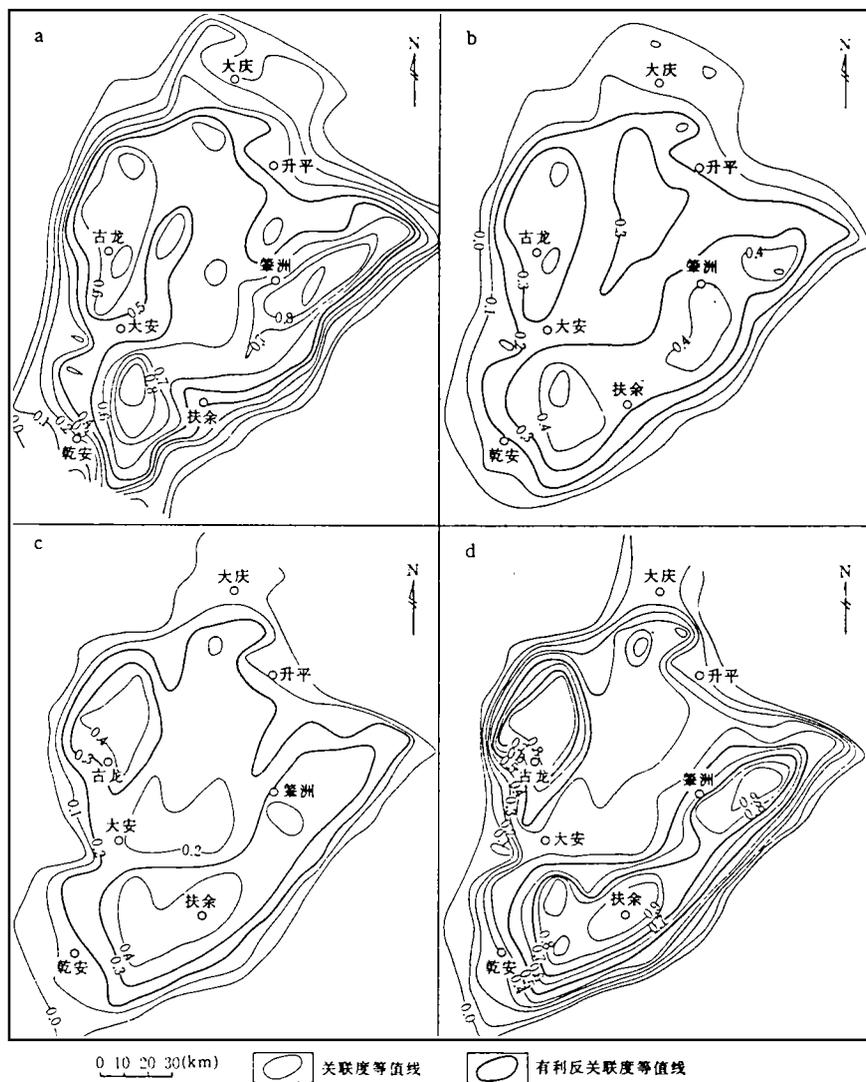


图 1 松辽盆地扶余油层 7—4 变量关联度等值线图

a. 7 变量关联度等值线图; b. 6 变量关联度等值线图; c. 5 变量关联度等值线图; d. 4 变量关联度等值线图

别,关联度小于模型最大关联度三分之一为不利区,大于三分之一、小于二分之一为较有利区,大于二分之一、小于三分之二为有利区,大于三分之二为最有利区。按此对不同变量数关联度等值线图进行了划分(表3)。在不同变量数关联度等值线图上,圈定的有利区和最有利区有差异,我们把四幅图有利区和最有利区进行了叠合(图2a、b),在叠合图上还可以进

表3 不同变量数各类别预测关联度门值

类别	七变量	六变量	五变量	四变量
不利	<0.2	<0.1	<0.1	<0.3
较有利	0.2~0.4	0.1~0.2	0.1<0.2	0.3~0.5
有利	0.4~0.5	0.2~0.3	0.2<0.3	0.5~0.7
最有利	>0.5	>0.3	>0.3	>0.7

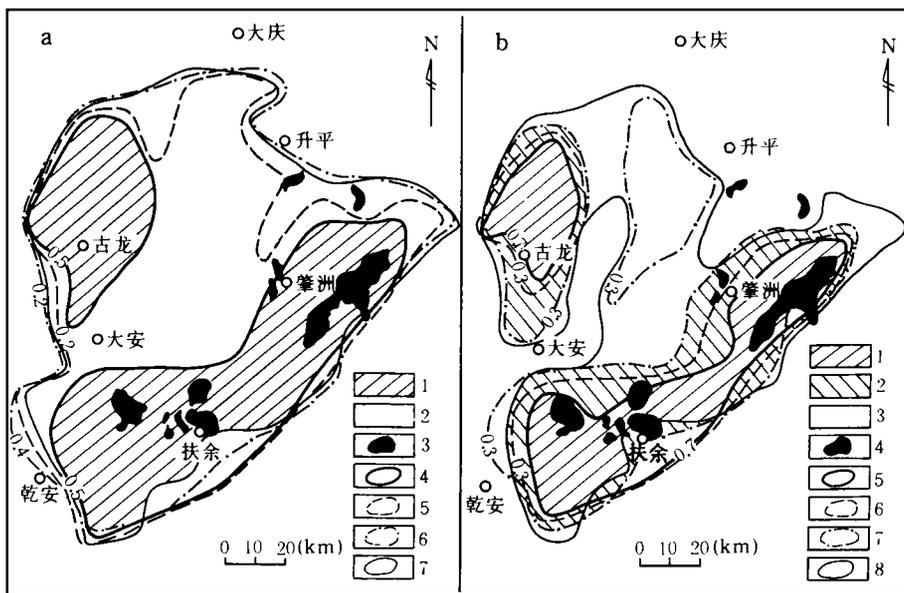


图2 松辽盆地扶余油层不同变量有利区和最有利区叠合图

a. 有利区关联度叠合图:1. 有利区;2. 较有利区;3. 油田;4. 4变量有利区;5. 5变量有利区;6. 6变量有利区;7. 7变量有利区。b. 最有利区关联度叠合图:1. 最有利区;2. 有利区;3. 较有利区;4. 油田;5. 5变量有利区;6. 6变量有利区;7. 7变量有利区;8. 8变量有利区

一步划分出相对有利区。从叠合图上可见已知油田都在有利区范围之内,主要油田(朝阳沟、扶余、新民、新立、木头油田)都在最有利区范围之内,我们认为下一步勘探远景区为朝

阳沟—扶余北东向延伸带及长垣以西古龙地区,再结合物性分析,认为在西部应优先勘探龙虎泡-大安阶地,南部为华字井阶地中南部,抚-新凸起西部斜坡带及扶余油田东北部。

(收稿日期:1992年4月11日)

### 参 考 文 献

- 1 杨万里. 松辽陆相盆地石油地质. 北京:石油工业出版社,1985,369~379
- 2 王世称等. 矿产资源评价. 长春:吉林科学技术出版社,1990,149~169

## A PREDICTION ON THE FAVOURABLE OIL-BEARING PLAYS IN THE FUYU RESERVOIR OF THE SONGLIAO BASIN BY THE APPLICATION OF CHARACTERISTIC ANALYSIS

Guo Shaobin Liu Zhaojun Liu Wanzhu Yang Guang

(Energy Department, Changchun College of Geology)

### Abstract

Applying characteristic analysis, the authors of this paper set up an optimum modelling formula of the Fuyu oil reservoir from the study areas of the Xinmin and Fuyu Oilfields in the Songliao Basin. In this modelling formula seven significant geological variables are selected with various weighed coefficients. According to the value of weighed coefficients, it is revealed that oil/gas accumulation should be predominantly controlled by the distance from oil-generating center of depression to the accumulation, hydrocarbon expulsion of the 1st section of the Qingshankou Gr. (Fr.) and sedimentary facies in place rather than other factors. Combined with physical analysis, it is believed that the best oil/gas prospects in the Fuyu oil reservoir to be located in the Longhupao-Daan terrace, of which the south area is in the central south of the Huazijing terrace and the western clinof orm zone of Fu—Xin uplift.