

文章编号: 0253-9985(2004)03-0349-05

# 天然气烃指纹分析在气藏地球化学描述中的应用

苟捷

(中国石化西南分公司勘探开发研究院, 四川成都 610081)

**摘要:** 应用天然气烃指纹特征可以有效地分析新场气田侏罗系蓬莱镇组蓬一气藏气层连通性。在有利天然气聚集的井区或层段, 一些与天然气聚集保存条件相关的烃指纹参数呈现较明显的规律性, 如  $C_3-4/C_5-6$ 、烷烃  $C_5-6/C_7-8$ 、己烷/环己烷呈现明显的增高, 正构烷烃/异构烷烃、环戊烷/环己烷类、异构单取代/异构多取代相对减小。新场气田蓬莱镇组蓬一气藏气层各项烃指纹参数在横向上变化较大, 气层的连通性较差, 应属构造岩性气藏。天然气各项烃指纹参数由浅到深呈现明显的变化规律, 充分反映了天然气运移成藏过程中的色层效应及组分的分离过程, 说明气藏在形成过程中, 烃类系来自深层, 以垂向运移为主, 并预示着深部地层天然气成藏、保存条件逐渐变好, 具有找到气藏的可能性。

**关键词:** 天然气; 烃指纹; 气藏; 地球化学; 描述

中图分类号: TE125.4 文献标识码: A

## Application of hydrocarbon fingerprint analysis to geochemical description of gas pools

Gou Jie

(Exploration &amp; Production Research Institute of Southwest Company, SINOPEC, Chengdu, Sichuan)

**Abstract:** Hydrocarbon fingerprint characteristics of natural gas can be effectively used to analyze connectivity between gas layers in J<sub>3</sub>p<sub>1</sub> gas pool in Xinchang gas field. In wellblocks or intervals favorable for gas accumulation, certain hydrocarbon fingerprint parameters that are related to gas accumulation and preservation conditions show evident regularity, such as  $C_3-4/C_5-6$ , alkane  $C_5-6/C_7-8$  and hexane/cyclohexane show obvious increasing trend, while normal alkane/isoalkane, cyclopentane/cyclohexane and isomeric mono-substitution/isomeric poly-substitution show relatively decreasing trend. All the hydrocarbon fingerprint parameters of gas layers in J<sub>3</sub>p<sub>1</sub> gas pool in Xinchang gas field show prominent lateral variation and connectivity between gas layers is poor, indicating the characteristics of structural-lithologic gas pool. The clear regularity of hydrocarbon fingerprint parameters from shallow to deep layers reflects the chromatographic effect and the component separating process during gas migration and accumulation, i. e. gas pools have mainly been formed through vertical migration of hydrocarbons generated from the deep source rocks. All these indicate that conditions of hydrocarbon accumulation and preservation would become better and better to the deep layers, and there will be the possibility of discovering gas pools at depth.

**Key words:** natural gas; hydrocarbon fingerprint; gas pool; geochemistry; description

油气藏描述重点是研究储层的非均质性。然而, 储层砂体的连通体并不等于流体连通体。在油气藏内无论存在哪种分隔性, 都将引起流体成分和空间分布的变化。

气体的体积和形状受控于它的赋存空间。从其渗透或扩散的结果可以推论, 处于同一空间内

气体成分应大致相同, 若成分变化很大, 则说明它们之间的分隔性很强。天然气烃指纹分析技术可以直接利用气井中所产天然气的地球化学信息研究气藏。为此, 本文选择了同一气田不同气层的70多口井进行了对比研究, 取得了初步成果, 说明利用天然气烃指纹特征进行气田地球化学描述是

可行的。

实现天然气烃组分 C<sub>1</sub>~ C<sub>9</sub> 的分离<sup>[1]</sup>。

气体组分的定性: 气态烃 C<sub>1</sub>~ C<sub>5</sub> 用标准混合气鉴定, C<sub>6</sub>~ C<sub>9</sub> 用单个色谱标样逐个鉴定。无色谱标样的未知化合物采用文献资料进行判定<sup>[1]</sup> (表 1)。

1 分析方法

采用高分离效率的交链聚二甲基硅氧烷熔融石英毛细柱, 样品不需富集, 只需一次进样, 即可

表 1 天然气烃类化合物气相色谱分析鉴定表

Table 1 Gas chromatographic analysis of hydrocarbon compounds in natural gas

| 序号 | 组分名称           | 峰号   | 序号 | 组分名称                | 峰号    | 序号 | 组分名称                | 峰号    |
|----|----------------|------|----|---------------------|-------|----|---------------------|-------|
| 1  | 甲烷             | 1- 1 | 20 | 3, 3- 二甲基戊烷         | 7- 7  | 39 | 1, 反 2, 顺 3- 三甲基环戊烷 | 7- 11 |
| 2  | 乙烷             | 2- 1 | 21 | 环己烷                 | 6- 8  | 40 | 2, 3, 4- 三甲基戊烷      | 7- 12 |
| 3  | 丙烷             | 3- 1 | 22 | 2- 甲基己烷             | 6- 9  | 41 | 甲苯                  | 7- 13 |
| 4  | 异丁烷            | 3- 2 | 23 | 2, 3- 二甲基戊烷         | 6- 10 | 42 | 2, 3- 二甲基己烷         | 7- 14 |
| 5  | 正丁烷            | 4- 1 | 24 | 1, 1- 二甲基环戊烷        | 6- 11 | 43 | 2- 甲基, 3- 乙基戊烷      | 7- 15 |
| 6  | 2, 2- 二甲基丙烷    | 4- 2 | 25 | 3- 甲基己烷             | 6- 12 | 44 | 1, 1, 2- 三甲基环戊烷     | 7- 16 |
| 7  | 2- 甲基丁烷        | 4- 3 | 26 | 1, 顺 3- 二甲基环戊烷      | 6- 13 | 45 | 2- 甲基庚烷             | 7- 17 |
| 8  | 正戊烷            | 5- 1 | 27 | 1, 反 3- 二甲基环戊烷      | 6- 14 | 46 | 4- 甲基庚烷             | 7- 19 |
| 9  | 2, 2- 二甲基丁烷    | 5- 2 | 28 | 3- 乙基戊烷             | 6- 15 | 47 | 3, 4- 二甲基己烷         | 7- 20 |
| 10 | 环戊烷            | 5- 3 | 29 | 1, 反 2- 二甲基环戊烷      | 6- 16 | 48 | 1, 顺 2, 顺 4- 三甲基环戊烷 | 7- 21 |
| 11 | 2, 3- 二甲基丁烷    | 5- 4 | 30 | 正庚烷                 | 7- 1  | 49 | 3- 甲基庚烷             | 7- 22 |
| 12 | 2- 甲基戊烷        | 5- 5 | 31 | 甲基环己烷               | 7- 2  | 50 | 1, 顺 3- 二甲基环己烷      | 7- 25 |
| 13 | 3- 甲基戊烷        | 5- 6 | 32 | 1, 顺 2- 二甲基环戊烷      | 7- 3  | 51 | 1, 反 4- 二甲基环己烷      | 7- 26 |
| 14 | 正己烷            | 6- 1 | 33 | 2, 2- 二甲基己烷         | 7- 4  | 52 | 2, 2, 4, 4- 四甲基戊烷   | 7- 27 |
| 15 | 2, 2- 二甲基戊烷    | 6- 2 | 34 | 乙基环戊烷               | 7- 6  | 53 | 1, 1- 二甲基环己烷        | 7- 28 |
| 16 | 甲基环戊烷          | 6- 3 | 35 | 2, 5- 二甲基己烷         | 7- 7  | 54 | 1, 反 2- 二甲基环己烷      | 7- 35 |
| 17 | 2, 4- 二甲基戊烷    | 6- 4 | 36 | 2, 4- 二甲基己烷         | 7- 8  | 55 | 正辛烷                 | 8- 1  |
| 18 | 2, 2, 3- 三甲基丁烷 | 6- 5 | 37 | 1, 反 2, 顺 4- 三甲基环戊烷 | 7- 9  | 56 | 正壬烷                 | 9- 1  |
| 19 | 苯              | 6- 6 | 38 | 3, 3- 二甲基己烷         | 7- 10 |    |                     |       |

由于天然气的组成是以低分子烃类为主<sup>[2]</sup>, 同时考虑到分析成本, 因此本次分析中重点分析了 C<sub>8</sub> 及其以前的烃类化合物, 对正辛烷以后的异构烷烃未进行鉴定。组分的定量采用峰面积归一划法计算各组分的相对百分含量。

2 参数的选择

根据表 1 所列 C<sub>8</sub> 及其以前化合物物理化学性质的不同, 共确定了 28 种烃类组分, 本文采用聚类分析方法\* 对 28 种烃类组分进行了分类, 在 0. 52 的相似水平下 28 个参数被分为 14 类, 结合参数的地球化学意义, 最后选择了 16 项参数( 表 2) 作为气藏地球化学描述的研究指标。

3 天然气烃指纹特征评价气层的含气性和连通性

新场气田是一勘探、开发程度较高的气田。

表 2 气田地球化学描述研究参数表

| Table 2 Parameters for geochemical description of gas field |                                       |    |                                                 |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----|-------------------------------------------------|
| 序号                                                          | 参数                                    | 序号 | 参数                                              |
| 1                                                           | C <sub>3- 4</sub> / C <sub>5- 6</sub> | 9  | 环己烷/ 甲基环戊烷                                      |
| 2                                                           | C <sub>5- 6</sub> / C <sub>7- 8</sub> | 10 | 苯/ 甲苯                                           |
| 3                                                           | nC <sub>5</sub> / iC <sub>5</sub>     | 11 | 烷烃 C <sub>5- 6</sub> / C <sub>7- 8</sub>        |
| 4                                                           | nC <sub>6</sub> / iC <sub>6</sub>     | 12 | 环戊烷类 C <sub>5- 6</sub> / 环己烷类 C <sub>7- 8</sub> |
| 5                                                           | nC <sub>7</sub> / iC <sub>7</sub>     | 13 | 环己烷类 C <sub>6- 7</sub> / C <sub>8</sub>         |
| 6                                                           | nC <sub>8</sub> / iC <sub>8</sub>     | 14 | 异构单取代/ 异构多取代                                    |
| 7 ( 烷烃 C <sub>5- 8</sub> )                                  | 正构/ 异构                                | 15 | 己烷/ 环己烷                                         |
| 8                                                           | 环己烷类/ 环戊烷类                            | 16 | 苯/ 环己烷                                          |

地处川西平原, 成都市东北 70 km 处的德阳市辖区范围内。在区域构造上, 该气田位于四川盆地西部川西拗陷中段孝泉- 丰谷北东向隆起带的中段, 孝泉背斜构造向东延伸的新场鼻状构造上。至 2002 年, 新场气田已探明天然气地质储量达数百亿立方米, 其中, 蓬莱镇组一段气藏( J<sub>3p1</sub>) 储量大于 100 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。

\* 王铁冠, 张枝焕. 油藏地球化学文献调研报告. 1997

本区包括上侏罗统蓬莱镇组气藏和中侏罗统上、下沙溪庙组以及千佛崖组在内的所有侏罗系气藏的气源主要来自下伏上三叠统的须家河组及马鞍塘组烃源岩层<sup>[3]</sup>。

本文所论述的重点就是本区所发现的埋藏最浅的蓬莱镇组一段气藏( $J_{3p1}$ ),其自上而下分为 $J_{3p1}^1, J_{3p1}^2, \dots, J_{3p1}^7$ 等7个气层,埋藏深度500~1 000 m。

C162井和C223井为同一气层( $J_{3p1}$ )的两口井,均位于构造的中东部,井间距仅2 km。C223井最初测试获得较高产能,但迄今已衰竭停产,累计产气 $270 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。C162井最初产微量气,经酸化压裂后,天然气产量大幅度增加,目前累计产气 $410 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。从宏观上看,两口井的气层不连通,C162井的含气性优于C223井。从烃指纹参数对比结果(表3),说明C162井的含气性明显优于C223井。

表3 C162井与C223井烃指纹参数对比表

Table 3 Comparison of hydrocarbon fingerprint parameters in C162 and C223 wells

| 参 数                            | C162 井 | C223 井 |
|--------------------------------|--------|--------|
| $C_{3-4}/C_{5-6}$              | 3.747  | 3.251  |
| $C_{5-6}/C_{7-8}$              | 2.814  | 1.568  |
| $nC_5/iC_5$                    | 0.561  | 0.599  |
| $nC_6/iC_6$                    | 0.388  | 0.497  |
| $nC_7/iC_7$                    | 0.316  | 0.492  |
| $nC_8/iC_8$                    | 0      | 0.119  |
| 环己烷/甲基环戊烷                      | 2.375  | 2.058  |
| 烷烃 $C_{5-6}$ /烷烃 $C_{7-8}$     | 5.403  | 2.898  |
| 二甲基环己烷/三甲基环戊烷                  | 3.188  | 2.219  |
| 己烷/环己烷                         | 1.275  | 1.121  |
| 苯/环己烷                          | 0.023  | 0.020  |
| 环戊烷类 $C_{5-6}$ /环己烷类 $C_{7-8}$ | 0.211  | 0.267  |
| 环己烷类 $C_{6-7}/C_8$             | 7.390  | 10.920 |
| 异构单取代/异构多取代                    | 2.700  | 3.830  |

首先,C162井天然气 $C_{3-4}/C_{5-6}$ 大于C223井。丙、丁烷常温常压下为气态,较常温常压下呈液态的戊烷和己烷活动性强。其相对量的增加,说明气藏封闭保存条件较好。

其次,C162井正构烷烃/异构烷烃比值低于C223井。从烃类在色谱柱上分离时的保留指数来看<sup>[2]</sup>,在分子量和碳原子数相同的情况下,异构烷烃比正构烷烃沸点低,更容易运移。所以在物质来

源和运移途径基本相同的条件下,异构烷烃的相对增加也应视为气藏聚集保存条件好的象征<sup>[2]</sup>。

另外,环戊烷与环己烷类的比值C162井也低于C223井。从化学角度讲,环烷烃的化学活动性强,容易变化,所以在天然气中含量很低,有时甚至检测不出来。天然气中最常见的环烷烃是环戊烷和环己烷。环戊烷的碳键夹角为 $108^\circ$ ,环己烷为 $109^\circ 28'$ 。从其碳键夹角看环己烷化学性质更稳定。也可以补充说明C162井气藏的聚集条件好于C223井。

其他,如烷烃 $C_{5-6}/C_{7-8}$ 反映了运移过程中,封闭好的砂体轻烃相对富集的特征;环己烷系列中 $C_{6-7}/C_8$ 显示出C223井与深层的连通性差,高分子烃向上运移困难;单取代烃类异构体在碳原子数相同的情况下,其运移速度低于多取代异构体,因而在封闭保存好的条件下,多取代的异构体将相对增加,使异构单取代/异构多取代的比值相对减少;以及在碳原子数相同的情况下,由于环烷烃的粘度大,运移速度低于烷烃,己烷/环己烷比值的增加。这些都显示出C162井气藏的聚集条件好于C223井。

上述两口井气样烃指纹的对比分析表明,两口井尽管相距很近,但彼此之间连通性并不好,成藏条件也有差异。清楚地显示出岩性气藏横向变化大和连通性较差的特点。

$J_{3p1}^2$ 和 $J_{3p1}^3$ 气层各只有一口产气井。虽然还有几口井主产层是 $J_{3p1}^2$ 和 $J_{3p1}^3$ ,但均属混合测试的产气井,横向对比比较复杂,在此不再赘述。

$J_{3p1}^4$ 气层气井的分布范围与 $J_{3p1}^1, J_{3p1}^2, J_{3p1}^3$ 相比明显扩大。其主要生产井多分布在新场构造中西部,受分流河道砂体控制,呈带状分布。从采集的各井气样进行烃指纹分析的结果,该层各产气井之间基本上是不连通的,其含气性差异较大。即使井距只有1 km的C253井、X10井、C255井等,各井天然气产量也相差较大。限于篇幅,这里只列举少数参数(表4)加以说明。

从表4中可以看出,在同一含气层内,轻组分/重组分,环己烷/环戊烷,比值较高的气井含气性较好,与 $J_{3p1}^1$ 气层的变化规律相一致。

如果说在埋深较浅的气层中低分子烷烃比值的变化非常敏感,而到了埋深较大的 $J_{3p1}^5$ 气层中,分子量较大的芳烃比值的变化也可以反映天然气

表 4 J<sub>3</sub>p<sub>1</sub><sup>4</sup> 部分气井烃指纹参数与产量对比表

Table 4 Comparison of hydrocarbon fingerprint parameters with outputs of some gas wells in J<sub>3</sub>p<sub>1</sub><sup>4</sup> gas pool

| 井号   | C <sub>3-4</sub> /<br>C <sub>5-6</sub> | C <sub>5-6</sub> /<br>C <sub>7-8</sub> | 烷烃 C <sub>5-6</sub> /<br>烷烃 C <sub>7-8</sub> | 二甲基环己烷/<br>三甲基环戊烷 | 测试产量/<br>(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> ) | 累计产量/<br>(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> ) |
|------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| X10  | 3.426                                  | 1.727                                  | 4.026                                        | 3.627             | 5.70                                                        | 4 000                                      |
| C253 | 3.183                                  | 1.656                                  | 3.832                                        | 2.780             | 2.20                                                        | 500                                        |
| C255 | 3.013                                  | 1.543                                  | 2.797                                        | 1.915             | 1.10                                                        | 550                                        |

聚集条件的好坏。如苯/甲苯, 比值接近 1 或大于 1 的地区, 含气性一般较好, 产气量也高(表 5)。

即使井距较近的 L2, L3, L4 气井, 该规律也表现得非常清楚。

表 5 J<sub>3</sub>p<sub>1</sub><sup>5</sup> 气井产量与苯/甲苯比值对比表

Table 5 Comparison of gas well output with benzene/phenylmethane ratio in J<sub>3</sub>p<sub>1</sub><sup>5</sup> gas pool

| 井号                                                          | L2 井    | L3 井    | L4 井    | X7 井    | X11 井   | X22 井   | X23 井   | 163-2 井 | 265 井   |
|-------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 苯/甲苯                                                        | 0.359 0 | 1.250 0 | 0.271 0 | 1.000 0 | 0.364 0 | 0.842 0 | 1.300 0 | 0.937 0 | 0.930 0 |
| 测试产量/<br>(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> ) | 0.391 8 | 1.762 9 | 0.391 8 | 1.277 5 | 0.239 5 | 5.024 6 | 1.171 8 | 3.617 3 | 2.280 5 |

J<sub>3</sub>p<sub>1</sub><sup>6</sup> 砂体的分布具有一定的连片性, 各气井的烃指纹参数也非常接近(表 6), 说明气井连通性较好, 天然气日产量普遍较高, 均在 1×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> 以上。但若仔细对比相邻气井的产气量与烃指纹参数, 仍然可以看出它们之间的分隔性, 如 C153 井与 X18 井之间的连通性就相对较差。说明本区气藏具有陆相气藏的特点<sup>[5]</sup>。

表 6 J<sub>3</sub>p<sub>1</sub><sup>6</sup> 主气井产量与烃指纹对比表

Table 6 Comparison of the main gas well output with hydrocarbon fingerprint in J<sub>3</sub>p<sub>1</sub><sup>6</sup> gas pool

| 井号     | 测试产量/<br>(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> ) | 累计产量/<br>(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> ) | C <sub>3-4</sub> /C <sub>5-6</sub> | C <sub>5-6</sub> /C <sub>7-8</sub> |
|--------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| X27    | 6.704 7                                                     | /                                          | 3.818                              | 1.472                              |
| X13    | 3.390 0                                                     | 1 500                                      | 3.764                              | 1.474                              |
| X17    | 3.785 0                                                     | 2 300                                      | 3.661                              | 1.372                              |
| C220   | 3.265 0                                                     | 2 000                                      | 3.782                              | 1.264                              |
| C191   | 2.282 1                                                     | 1 700                                      | 3.754                              | 1.461                              |
| C162-2 | 2.213 0                                                     | 1 700                                      | 3.414                              | 1.420                              |
| C257   | 2.129 7                                                     | 2 200                                      | 3.674                              | 1.097                              |
| C261   | 2.009 6                                                     | 1 200                                      | 3.765                              | 1.340                              |
| C153   | 1.795 2                                                     | 2 300                                      | 3.487                              | 1.384                              |
| X18    | 1.683 5                                                     | 1 300                                      | 3.541                              | 0.972                              |
| X12    | 1.226 2                                                     | /                                          | 3.712                              | 1.583                              |
| C250   | 1.057 0                                                     | 1 200                                      | 3.565                              | 1.446                              |
| L1     | 1.659 0                                                     | /                                          | 3.855                              | 1.543                              |
| L6     | 1.718 8                                                     | /                                          | 3.652                              | 1.306                              |

J<sub>3</sub>p<sub>1</sub><sup>7</sup> 气井的分布受砂体控制, 比较分散。因此, 各气井间的连通性较差。从表 7 可以看出, 烃指纹参数与天然气产量的相互关系, 一般认为 C<sub>3-4</sub>/C<sub>5-6</sub> 和 C<sub>5-6</sub>/C<sub>7-8</sub> 比值的增高和 nC<sub>5</sub>/iC<sub>5</sub>、

nC<sub>6</sub>/iC<sub>6</sub> 比值的降低, 均应视为天然气聚集保存条件较好的象征, 因而天然气产量较高。

表 7 J<sub>3</sub>p<sub>1</sub><sup>7</sup> 主气井产量与烃指纹参数对比表

Table 7 Comparison of the main gas well output with hydrocarbon fingerprint parameters in J<sub>3</sub>p<sub>1</sub><sup>7</sup> gas pool

| 井号   | 产量/<br>(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> ) | C <sub>3-4</sub> /C <sub>5-6</sub> | C <sub>5-6</sub> /C <sub>7-8</sub> | nC <sub>5</sub> /iC <sub>5</sub> | nC <sub>6</sub> /iC <sub>6</sub> |
|------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| C260 | 5.30                                                      | 11.805                             | 7.586                              | 0.305                            | 0.093                            |
| C283 | 4.70                                                      | 9.944                              | 0.794                              | 0.343                            | 0.253                            |
| C263 | 3.93                                                      | 3.513                              | 1.461                              | 0.636                            | 0.454                            |
| L7   | 0.43                                                      | 3.521                              | 1.502                              | 0.659                            | 0.472                            |
| L30  | 0.27                                                      | 3.210                              | 1.671                              | 0.668                            | 0.540                            |
| L10  | 0.42                                                      | 2.765                              | 1.281                              | 0.644                            | 0.479                            |
| L11  | 0.75                                                      | 4.038                              | 1.781                              | 0.645                            | 0.516                            |

天然气的垂向运移过程犹如天然气在色谱柱内的分离过程<sup>[6]</sup>。为了对比天然气在纵向上的烃指纹变化规律, 我们将 J<sub>3</sub>p<sub>1</sub><sup>1</sup>~J<sub>3</sub>p<sub>1</sub><sup>5</sup> 各气层的一些重要指标汇总于表 8(表中数据为各层平均值), 从中可看出, 天然气烃指纹参数由浅到深的变化规律是明显的。它充分反映了天然气运移成藏过程中的色层效应及组分的分离过程。

C<sub>3-4</sub>/C<sub>5-6</sub> 的比值由浅到深逐步增加, 说明天然气的聚集保存条件逐渐变好, 因而被保存下来的低分子烃类增多。

C<sub>6</sub> 以上烃类在地层条件下为液态, 但同时有蒸气。由于它们转化成蒸气时运移加快, 与其伴存的烃类指标变化则与之相反, 出现浅层 C<sub>5-6</sub>/C<sub>7-8</sub> 值增高的现象, 烷烃相关指标增加得更为明

表 8 J<sub>3</sub>P<sub>1</sub><sup>1</sup>~ J<sub>3</sub>P<sub>1</sub><sup>5</sup> 天然气烃指纹对比表

Table 8 Comparison of hydrocarbon fingerprints between J<sub>3</sub>P<sub>1</sub><sup>1</sup> and J<sub>3</sub>P<sub>1</sub><sup>5</sup> gas pools

| 气层                                           | C <sub>3-4</sub> /<br>C <sub>5-6</sub> | C <sub>5-6</sub> /<br>C <sub>7-8</sub> | 烷烃 C <sub>5-6</sub> /<br>C <sub>7-8</sub> | nC <sub>5-8</sub> /<br>iC <sub>5-8</sub> | nC <sub>5</sub> /<br>iC <sub>5</sub> | nC <sub>6</sub> /<br>iC <sub>6</sub> | nC <sub>7</sub> /<br>iC <sub>7</sub> | 环己烷<br>C <sub>6-7</sub> /C <sub>8</sub> | 己烷/ 环己烷 | 苯/ 环己烷 |
|----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|---------|--------|
| J <sub>3</sub> P <sub>1</sub> <sup>1-3</sup> | 3. 385                                 | 1. 735                                 | 3. 498                                    | 0. 489                                   | 0. 581                               | 0. 464                               | 0. 457                               | 8. 100                                  | 0. 954  | 0. 040 |
| J <sub>3</sub> P <sub>1</sub> <sup>4</sup>   | 3. 476                                 | 1. 633                                 | 3. 428                                    | 0. 481                                   | 0. 571                               | 0. 451                               | 0. 456                               | 8. 590                                  | 0. 804  | 0. 065 |
| J <sub>3</sub> P <sub>1</sub> <sup>5</sup>   | 3. 551                                 | 1. 418                                 | 2. 876                                    | 0. 446                                   | 0. 549                               | 0. 431                               | 0. 395                               | 8. 638                                  | 0. 730  | 0. 077 |

显。C<sub>5-6</sub>/C<sub>7-8</sub>随埋藏深度的增加而比值下降,也说明了在较深的含气层中,保留了比浅层更多的重组分。天然气呈现了由深层向上运移的特点<sup>[7]</sup>。

正构烷烃/ 异构烷烃比值也有较强的变化规律,由浅至深逐渐变小。前以述及,正构烷烃/ 异构烷烃比值减小说明天然气聚集保存条件好。

4 结论

(1) 利用天然气烃指纹特征对气藏进行描述研究是可行的。其研究成果可以更深入、全面地分析气藏分隔性和连通性。由于烃指纹参数均采用 C<sub>8</sub> 以前的烃类化合物。不需色谱、质谱(GC/MS)联合测定,大大降低了分析成本,使大批量样本分析成为现实,具有快速、便捷的优势。

(2) 通过各气层天然气的对比研究,证实了川西地区气藏在形成过程中以垂向运移为主。由浅至深天然气的聚集保存条件逐渐变好,预示着在深部地层中还可找到更多的天然气气藏。

(3) 在有利天然气聚集的井区或层段,一些与聚集保存条件相关的烃指纹参数呈现明显的增高

或减小的规律性,对判别天然气含气性具有重要理论和实用价值。结合其他地质资料,利用烃指纹参数,可以确定天然气勘探的范围。

致谢: 本文得到中国石化西南分公司勘探开发研究院李汶国老师的帮助与支持,周文娅为本文提供分析数据,深表谢意。

参 考 文 献

1 詹智玉. C<sub>1</sub>- C<sub>9</sub> 烃类指纹色谱分析[A]. 见: 钱志浩, 曹寅, 王从风, 等. 石油地质实验测试技术新进展[C]. 北京: 地质出版社, 1994. 24~ 31

2 胡炀麟, 戈葆雄. 源岩吸附烃和天然气轻烃指纹参数的开发和应用[J]. 石油实验地质, 1990, 12(4): 375~ 394

3 马新华, 魏国齐. 我国中西部前陆盆地天然气勘探的几点认识[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(2): 114~ 117

4 卫光渡. 天然气中 C<sub>6</sub>- C<sub>13</sub> 重烃的测定及地化浅析[J]. 天然气工业, 1987, 7(1): 42~ 47

5 吴世祥, 汪泽成, 罗启后, 等. 川西前陆盆地勘探思路分析[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(3): 210~ 216

6 卢家烂, 傅家谟, 张惠之, 等. 不同条件下天然气运移影响的模拟实验研究[J]. 石油与天然气地质, 1991, 12(2): 153~ 160

7 谢泽华. 天然气成藏模式与勘探方法——以川西天然气藏为例[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(2): 144~ 147

第六届亚非地区石油地球化学和勘探会议将在北京召开

第六届亚非地区石油地球化学和勘探(6th International Conference on Petroleum Geochemistry and Exploration in the Afro-Asian Region) 会议将于 2004 年 10 月 12~ 14 日在北京举行, 来自世界各国的知名科学家将在会议上介绍他们的最新研究成果。希望广大油气科技人员踊跃参加。

联系方式如下:

地 址: 北京市学院路 20 号 910 信箱( 邮编 100083)

AAAPG- 2004 组委会秘书处

E-mail: aaapg2004@ vip. sina. com

aaapg2004@ petrochina. com. cn

( AAAPG 组委会秘书处)