

文章编号:0253-9985(2010)03-0321-06

# 冀中地区文安油田原油非均质性及其意义

徐 真<sup>1,2</sup>, 张春明<sup>1,2</sup>

(1. 长江大学 油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 湖北 荆州 434023; 2. 长江大学 地球化学系, 湖北 荆州 434023)

**摘要:**通过全油 GC/MS 分析,揭示了冀中地区文安油田分子组成上的非均质性。研究认为,文安油田至少存在两类不同成因类型的原油(Ⅰ类和Ⅱ类)。Ⅰ类原油具有较高的甾/藿比,生物标志化合物(甾烷、伽马蜡烷、4-甲基甾烷)含量相对较高,芳香族化合物(甲基菲、三芳甾烷以及甲基二苯并噻吩)含量相对较低;Ⅱ类原油具有较低的甾/藿比,生物标志化合物含量相对较低,芳香族化合物含量相对较高。两类原油的分布具有规律性:Ⅰ类原油分布于南区的议论堡构造带;Ⅱ类原油分布于北区的史各庄构造带。研究表明,文安油田至少存在两个油气富集体系。

**关键词:**非均质性;成因类型;原油;文安油田;冀中地区

**中图分类号:**TE133.1      **文献标识码:**A

## Heterogeneity of crude oil from Wen'an oilfield in Jizhong area and its implications

Xu Zhen<sup>1,2</sup> and Zhang Chunming<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Oil and Gas Resources and Exploration Techniques, Ministry of Education, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023, China; 2. Department of Geochemistry, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023, China)

**Abstract:** The whole oil GC/MS analysis shows that molecular constituents of oil in the Wen'an oilfield in the Jizhong area have certain heterogeneity. According to this study, it is believed that at least two genetic types of oil (Type I and Type II) occur in the Wen'an oilfield. The Type I oil is characterized by relatively high sterane-hopane ratio, relatively higher content of biomarkers (sterane, gammacerane and 4-methyl sterane) and relatively lower content of aromatic compounds (methylphenanthrene, triaromatic sterane and methyldibenzothio-phenene). In contrast, the Type II oil features in lower sterane-hopane ratio, relatively lower content of biomarkers and relatively higher content of aromatic compounds. The distribution of these two types of oil shows certain regularity, with the type I oil occurring in the Yilunpu structural belt in the southern part and the Type II oil distributed in the Shigezhuang structural belt in the northern part. At least two petroleum systems occur in the Wen'an oilfield.

**Keywords:** heterogeneity, genetic type, crude oil, Wen'an oilfield, Jizhong area

文安油田位于冀中地区文安斜坡南段,具北东展布、东抬西倾的沉积特征,东临大城凸起,北与霸县洼槽、西与任西洼槽及马西- 郑州洼槽相邻(图 1)。渐新世中后期,在区域扭应力持续作用下,发育了向洼槽倾伏的 4 个鼻状构造带以及呈雁行排列的北东向正断层,自南向北依次为议论堡、长丰镇、史各庄、苏桥鼻状构造带,是文安斜坡主要

油气聚集带。断裂体系、鼻状构造与地层超覆、不整合和岩性尖灭相配合,形成了本区以构造岩性为主体,以岩性油藏为辅的油藏模式<sup>[1]</sup>。文安油田含油层系主要是奥陶系、二叠系、古近系沙河街组三段、沙河街组二段、沙河街组一段、东营组、新近系馆陶组。该区物源主要来自大城凸起,由东向西延伸,形成的三角洲多层叠加平行于斜坡分布。

收稿日期:2009-09-28。  
第一作者简介:徐真(1984—),男,硕士研究生,油气地球化学。  
基金项目:国家自然科学基金项目(40772091)。

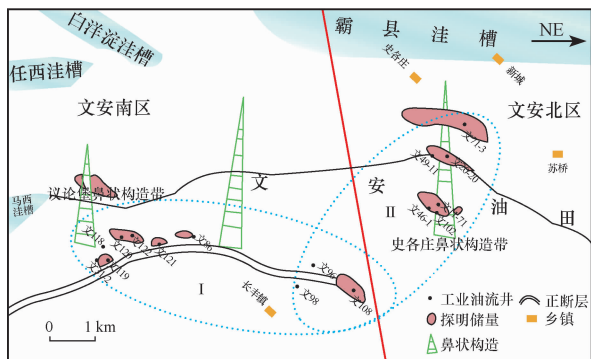


图1 冀中文安地区构造单元划分与油藏分布

Fig. 1 Structural units and distribution of reservoirs in Wen'an, Jizhong area

多年勘探实践证明,文安油田是一个油气资源丰富、由不同层系、不同类型油气藏组成的复合油气聚集区,由于地质条件复杂,油气富集规律有待深入研究<sup>[2]</sup>。本文试图在详细剖析文安油田原油(油砂)样品分子组成的基础上,揭示其非均质性的变化规律,为深入认识该区油气聚集特征提供地球化学依据。

## 1 样品与实验

我们对文安油田采集了11件原油样品和9件油砂样品;本次样品主要分布于古近系沙河街组(Es),东营组(Ed),新近系馆陶组(Ng)油藏(表1)。而样品的分析工作是在长江大学地球化学测试分析研究中心完成的。我们采用原油直接进行色谱/质谱分析技术,即取一定量的原油(或油砂氯仿抽提物)用异辛烷溶解,其次加入标样(饱和烃生物标志物绝对含量的定量标样为D4-C<sub>29</sub>胆甾烷,芳烃绝对含量的定量标样为D8-二苯并噻吩),用超声波使其均匀溶解,静置12 h后,取上部清液,直接进行色谱/质谱(GC/MS)分析。其中GC/MS分析在HP6890/5973MSD上完成;色谱柱为HP-5MS(30 m×0.25 mm×0.25 μm),膜厚为0.25 mm,内径为0.10 μm,载气为氦气;而升温程序为40℃时恒温2 min,然后以4℃/min的升温速率升至300℃,再恒温15 min;然后采用多离子检测。质谱条件为: +EI/QIMS,离子源电离能量70 eV,质量扫描范围为50~550 amu,扫描间隔为2 s。

## 2 结果与讨论

### 2.1 正构烷烃与类异戊二烯烃

经研究样品中正构烷烃和类异戊二烯烃的分布特征显示,文安油田北区东营组和馆陶组原油具有明显的微生物降解作用<sup>[3,4]</sup>,尤其是馆陶组原油类异戊二烯烃遭到严重蚀变;而文安南区埋藏较浅的油砂样品也具有较严重的微生物降解特征(表1;图2)。在图2中主要分布有甾、藿烷类化合物,而看不到明显的正异构烷烃的分布,这是明显微生物降解的特征。

通过对未遭受降解的原油样品分析发现,正构烷烃的碳数分布范围较宽,从C<sub>10</sub>到C<sub>40</sub>均有分布。文安南区样品主峰碳多位于C<sub>23</sub>—C<sub>25</sub>;而北区样品主峰碳数稍有向前移的特征,且具较丰富的低碳数化合物。分析发现所有样品均具较低的Pr/Ph值(<0.71),表明其油源环境具有较强的还原性<sup>[5]</sup>;通过详细对比发现,文安油田南区与北区样品的Pr/Ph值也存在一定的差别(南区为0.05~0.27,北区为0.61~0.71),这表明文安油田南、北两区原油存在一定程度的差异。而Pr/nC<sub>17</sub>与Ph/nC<sub>18</sub>的散点关系常被用来进行原油对比研究(图3)。总体而言,所有样品分布区均属于还原性较强区域,这与Pr/Ph所示一致。相比较而言,文安南区比文安北区原油的还原性更强。这一特征初步说明样品间所存在的联系与区别。

### 2.2 五环三萜类

文安油田样品中均检出具有丰富的五环三萜类化合物,其中伽马蜡烷相对含量具有明显变化特征。在文安南区多数样品中,参数伽马蜡烷/R-C<sub>31</sub>藿烷(G/R-C<sub>31</sub>H)变化范围在1.00~3.42,而文安北区多数样品分布范围小于1.00。总体而言,富伽马蜡烷的样品主要分布于文安南区,而文安北区样品中伽马蜡烷含量相对较低(表1)。由于伽马蜡烷的出现一般表明沉积环境水体的分层性,通常具有较高的盐度,因此伽马蜡烷的这一分布特征表明文安油田南、北区块原油成因上的差异。

表 1 冀中文安地区样品信息及部分地化参数  
Table 1 Information of oil samples and some geochemical parameters of Wen'an, Jizhong area

| 样品信息             |        |                   | 甲基菲-甾烷-藿烷<br>相对含量,%         |                               |    |    |                   |                   |                   |                   |     |       | 典型饱和烃+芳烃相对含量,% |      |      |      |       | 部分地化参数 |      |      |      |      |     |  | 备注 |
|------------------|--------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|----|----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|-------|----------------|------|------|------|-------|--------|------|------|------|------|-----|--|----|
| 地区               | 编号     | 井号                | 井深/m                        | 层位                            | 样品 | MP | C <sub>29</sub> S | C <sub>30</sub> H | C <sub>29</sub> S | C <sub>30</sub> H | Gam | 4-MS3 | MP             | TAS5 | MDBT | A    | B     | C      | D    | E    | F    | G    |     |  |    |
| 文<br>安<br>南<br>区 | 807141 | 文 31-2            | 2 409.58                    | E <sub>s</sub> <sup>2</sup>   | 油砂 | 4  | 71                | 25                | 52.0              | 18.0              | 7.4 | 15.9  | 2.8            | 3.5  | 0.4  | 0.20 | 0.62  | 4.00   | 0.52 | 2.41 | 0.18 | 2.89 | —   |  |    |
|                  | 807142 | 文 31-2            | 2 384.96                    | E <sub>s</sub> <sup>1</sup>   | 油砂 | 5  | 68                | 27                | 50.3              | 19.7              | 7.1 | 15.4  | 3.5            | 3.5  | 0.4  | 0.27 | 0.54  | 2.33   | 0.59 | 2.14 | 0.19 | 2.55 | —   |  |    |
|                  | 807127 | 文 119-13          | 1 621.40~1 853.80           | E <sub>s</sub> <sup>2</sup>   | 原油 | 5  | 60                | 35                | 47.1              | 27.1              | 5.1 | 12.9  | 4.1            | 3.0  | 0.6  | 0.20 | 0.62  | 4.00   | 0.54 | 1.08 | 0.18 | 1.74 | —   |  |    |
|                  | 807128 | 文 118             | 1 845.50~2 017.60           | E <sub>s</sub> <sup>1-2</sup> | 原油 | 9  | 47                | 44                | 36.8              | 35.0              | 4.4 | 11.7  | 7.0            | 4.1  | 1.0  | 0.27 | 0.54  | 2.33   | 0.64 | 0.73 | 0.19 | 1.05 | —   |  |    |
|                  | 807147 | 文 118             | 1 879.15                    | E <sub>s</sub> <sup>1</sup>   | 油砂 | 4  | 69                | 27                | 52.1              | 20.1              | 5.6 | 15.9  | 3.0            | 2.9  | 0.4  | 0.13 | 0.64  | 4.90   | 0.56 | 1.61 | 0.17 | 2.59 | —   |  |    |
|                  | 807129 | 文 120-7           | 2 076.00~2 101.80           | E <sub>s</sub> <sup>2</sup>   | 原油 | 8  | 64                | 29                | 48.5              | 21.8              | 4.8 | 14.7  | 5.9            | 3.5  | 0.9  | 0.19 | 0.56  | 3.57   | 0.58 | 1.27 | 0.18 | 2.22 | —   |  |    |
|                  | 807130 | 文 122             | 2 113.50~2 120.50           | E <sub>s</sub> <sup>2</sup>   | 原油 | 4  | 70                | 26                | 51.8              | 18.9              | 7.0 | 15.0  | 3.2            | 3.5  | 0.6  | 0.16 | 0.7   | 5.48   | 0.49 | 2.25 | 0.18 | 2.74 | —   |  |    |
|                  | 807146 | 文 121             | 2 014.78                    | E <sub>s</sub> <sup>2</sup>   | 油砂 | 2  | 80                | 18                | 58.2              | 13.3              | 6.7 | 18.4  | 1.1            | 2.0  | 0.3  | 0.05 | 0.76  | 13.07  | 0.28 | 3.42 | 0.15 | 4.37 | —   |  |    |
|                  | 807145 | 文 86              | 1 923.10                    | E <sub>s</sub> <sup>2</sup>   | 油砂 | 2  | 78                | 20                | 55.3              | 14.4              | 6.3 | 19.9  | 1.1            | 2.6  | 0.2  | 0.09 | 0.81  | 8.62   | 0.36 | 2.71 | 0.15 | 3.84 | —   |  |    |
|                  | 807144 | 文 96              | 1 413.20                    | E <sub>d</sub>                | 油砂 | 14 | 60                | 26                | 43.6              | 18.9              | 7.3 | 14.1  | 10.3           | 3.4  | 2.3  | 0.15 | 0.4   | 2.47   | 0.60 | 2.11 | 0.20 | 2.30 | —   |  |    |
| 文<br>安<br>北<br>区 | 807143 | 文 98              | 1 644.37                    | E <sub>s</sub> <sup>2</sup>   | 油砂 | 26 | 30                | 44                | 23.6              | 34.4              | 4.4 | 8.6   | 20.3           | 6.4  | 2.3  | —    | —     | —      | 0.98 | 0.69 | 0.27 | 0.69 | 降解  |  |    |
|                  | 807149 | 文 108             | 1 673.08                    | E <sub>s</sub> <sup>2</sup>   | 油砂 | 4  | 23                | 73                | 17.9              | 58.3              | 4.8 | 7.3   | 3.3            | 7.6  | 0.7  | 0.27 | —     | —      | 0.92 | 0.45 | 0.33 | 0.31 | 降解  |  |    |
|                  | 807148 | 文 108             | 1 481.15                    | E <sub>s</sub> <sup>1</sup>   | 油砂 | 15 | 35                | 50                | 25.5              | 36.6              | 4.8 | 8.2   | 11.4           | 11.0 | 2.5  | 0.16 | —     | —      | 1.16 | 0.73 | 0.31 | 0.70 | 降解  |  |    |
|                  | 807131 | 文 71-3            | 2 963.00~2 967.00           | E <sub>s</sub> <sup>1</sup>   | 原油 | 83 | 5                 | 13                | 4.0               | 11.0              | 2.7 | 1.2   | 72.7           | 3.8  | 4.6  | 0.67 | 0.26  | 0.42   | 1.10 | 1.01 | 0.51 | 0.36 | —   |  |    |
|                  | 807132 | 文 20-20           | 2 613.40~2 789.80           | E <sub>s</sub> <sup>1</sup>   | 原油 | 54 | 14                | 31                | 11.4              | 24.5              | 4.0 | 4.0   | 42.9           | 9.3  | 4.1  | 0.71 | 0.32  | 0.48   | 0.85 | 0.71 | 0.40 | 0.47 | —   |  |    |
|                  | 807133 | 文 49-11           | 2 534.00~2 562.20           | E <sub>s</sub> <sup>1</sup>   | 原油 | 63 | 13                | 24                | 10.5              | 19.2              | 3.3 | 3.3   | 50.4           | 8.6  | 4.7  | 0.64 | 0.29  | 0.50   | 0.93 | 0.77 | 0.39 | 0.54 | —   |  |    |
|                  | 807134 | 文 11-71           | 1 759.00~1 893.00           | E <sub>d</sub> <sup>3</sup>   | 原油 | 55 | 17                | 28                | 13.1              | 22.2              | 3.8 | 4.2   | 43.6           | 9.0  | 4.1  | 0.61 | 1.98  | 3.78   | 0.90 | 0.81 | 0.36 | 0.59 | 轻降解 |  |    |
|                  | 807135 | 文 102             | 1 669.50~1 962.00           | E <sub>d</sub> <sup>3</sup>   | 原油 | 56 | 15                | 28                | 12.1              | 22.2              | 3.9 | 4.1   | 44.3           | 9.3  | 4.2  | 0.66 | 1.44  | 2.59   | 0.91 | 0.80 | 0.38 | 0.54 | 轻降解 |  |    |
| 807137           | 苏 71   | 1 651.40~1 659.20 | E <sub>d</sub> <sup>3</sup> | 原油                            | 57 | 15 | 28                | 11.7              | 22.5              | 3.8               | 3.9 | 44.9  | 9.0            | 4.2  | 0.64 | 4.94 | 20.36 | 1.05   | 0.80 | 0.38 | 0.52 | 降解   |     |  |    |
| 807136           | 文 46-1 | 1 518.00~1 528.00 | Ng                          | 原油                            | 18 | 36 | 46                | 25.5              | 32.5              | 6.0               | 7.3 | 12.8  | 12.6           | 3.2  | —    | —    | —     | 0.93   | 0.94 | 0.30 | 0.79 | 降解   |     |  |    |

注:MP为甲基菲;C<sub>29</sub>S为 $\alpha\alpha\alpha$ -R-C<sub>29</sub>甾烷异构体;C<sub>30</sub>H为C<sub>30</sub>藿烷;Gam为伽马蜡烷;4-MS3为4-甲基甾烷3号峰;TAS5为三芳甾烷5号峰;MDBT为甲基二苯并噻吩;A为Pr/Ph;B为Pr/nC<sub>17</sub>;C为Ph/nC<sub>18</sub>;D为Ts/Tm;E为伽马蜡烷/R-C<sub>31</sub>藿烷;F为 $\alpha\alpha\alpha$ -C<sub>29</sub>甾烷 S/(S+R);G为C<sub>29</sub>甾烷/C<sub>30</sub>藿烷。

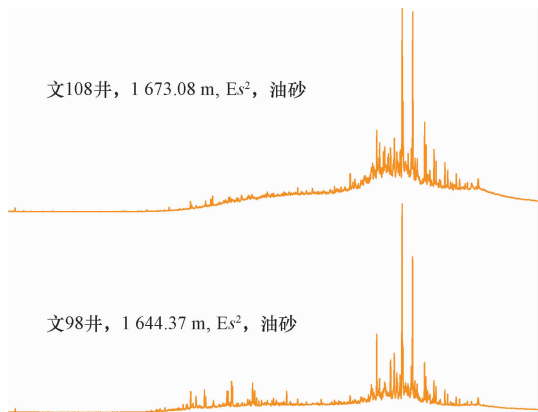


图 2 冀中文安南区微生物降解样品总离子流图  
Fig. 2 Total ion currents of microbial degradation samples from southern Wen'an, Jizhong area

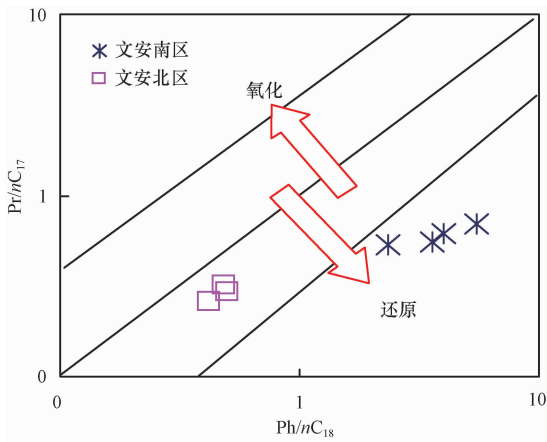


图 3 冀中文安地区原油样品  $Pr/nC_{17}$  与  $Ph/nC_{18}$  散点图  
Fig. 3 Scattergram of  $Pr/nC_{17}$  and  $Ph/nC_{18}$  for crude oil samples from Wen'an, Jizhong area

参数  $Ts/Tm$  值主要受热演化程度和沉积环境特征两因素控制<sup>[6]</sup>。本次分析的样品,其  $Ts/Tm$  值表现出明显变化的特征(表 1)。对于文安南区样品, $Ts/Tm$  值变化较大:最低值仅为 0.28,最高值达 1.16,大多数样品表现出低值( $<0.6$ )。而文安北区样品中, $Ts/Tm$  值总体相对较高(0.85 ~ 1.10)。这一特征表明,文安油田南、北区原油存在明显的非均质性。

通过研究伽马蜡烷参数( $G/R - C_{31}H$ )与  $Ts/Tm$  值的关系发现,两参数具有较好的相关性(图 4)。这一相关关系表明,参数  $Ts/Tm$  值主要受控于源岩的环境,其次才是热演化程度。这也说明,上述有关重排化合物的分布主要受控于源岩沉积环境。也就是说,文安油田分布的原油应具有不同的成因类型。

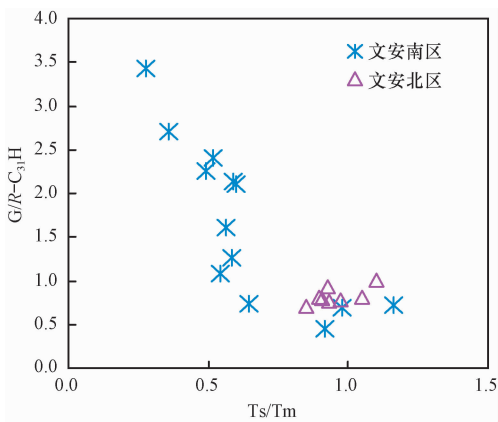


图 4 冀中文安地区原油样品  $Ts/Tm$  值与伽马蜡烷/ $R - C_{31}$  藿烷参数值( $G/R - C_{31}H$ )相关图  
Fig. 4 Correlation between  $Ts/Tm$  and gammacerane/ $R - C_{31}$  hopane for crude oil samples from Wen'an, Jizhong area

2.3 甾类

文安油田样品中均检出丰富的甾烷系列化合物(图 5a),且规则甾烷占主导地位,其丰度远高于重排化合物。从峰高来看,规则甾烷  $C_{27}$ ,  $C_{28}$ ,  $C_{29}$  异构体  $\alpha\alpha\alpha - 20R$  的丰度均呈现出以  $C_{29}$  为主峰的不对称“V”字分布。 $C_{29}$  甾烷异构化参数  $\alpha\alpha\alpha - 20S/(20S + 20R)$  的成熟度指标在文安南区样品中分布于 0.15 ~ 0.33,且多数样品小于 0.20,此外,多数样品均有 5( $\beta$ )-甾烷类化合物的检出,表明南区原油具有低熟-未熟原油的特征<sup>[7]</sup>。而文安北区样品  $C_{29}$  甾烷异构化参数分布于 0.30 ~ 0.51 之间,且大多数样品在 0.36 以上(表 1)。由此可见,文安油田北区原油成熟度明显高于南区。

甾烷与藿烷比值具有明显变化的特征,文安南区样品大多数分布于 2.22 ~ 4.37,表现出相对较高值;北区样品大多数分布在 0.36 ~ 0.59(表 1);表明文安南、北区有机质生物来源的差异。我们对南区样品详细研究发现,文 108 井区两个样品(表 1;图 1)分布于 0.31 ~ 0.70;分布特征偏似于文安北区样品(表 1)。从井位分布来看,文 108 井处在文安油田南、北交界处,可能是因为受到霸县洼槽油气运移的影响,这预示着霸县洼槽油气资源较丰富。

由于样品是直接进行全油 GC/MS 分析,因此在  $m/z$  231 质量色谱上可同时检出 4-甲基甾烷和三芳甾类化合物<sup>[8,9]</sup>(图 5b),可在同一基准上来剖析样品中的饱和烃类与芳香烃类的相对组成

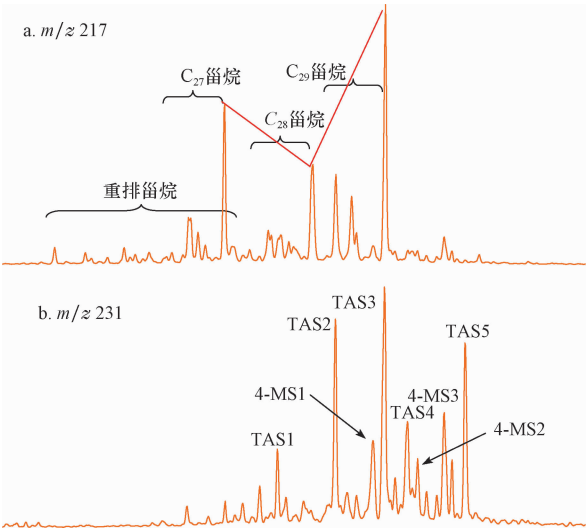


图5 冀中文安地区原油样品质量色谱图  
Fig. 5 Mass chromatograms of crude oil samples from Wen'an, Jizhong area  
4-MS3. 4-甲基甾烷3号峰;TAS5. 三芳甾烷5号峰

特征。从4-甲基甾烷类与三芳甾烷类化合物的相对丰度分布特征来看,文安南区样品普遍富含4-甲基甾烷类,而文安北区原油普遍富含三芳甾烷类化合物。这一分布特征初步表明文安油田南、北区块芳烃类化合物存在明显非均质性。

2.4 分子组成与原油成因类型

对原油(油砂)样品分子组成的剖析表明,文安油田南区 and 北区原油的饱和烃和芳烃分子组成存在明显的非均质性。下面综合分析这两类化合物的分布特征,以期对该区不同成因类型原油有一明确认识。

2.4.1 三组分变化与成因类型

首先分析典型的生物标志化合物 $\alpha\alpha\alpha-20R-C_{29}$ 甾烷、 $C_{30}$ 藿烷以及芳烃中甲基菲三组分相对含量的变化特征(表1)。分析发现,文安南区多数样品甲基菲的相对含量分布于2%~9%,而文安北区多数样品分布于55%~83%;文安南区多数样品甾烷相对含量为60%~80%,而文安北区多数样品为5%~17%;藿烷相对含量变化为13%~73%,文安南、北两区变化不太明显。将三组分相对含量作图加以研究可明显看出样品分别聚集在3个不同的区域(图6):文安南区样品主要集中在富甾烷区,文安北区样品主要集中在富甲基菲区,

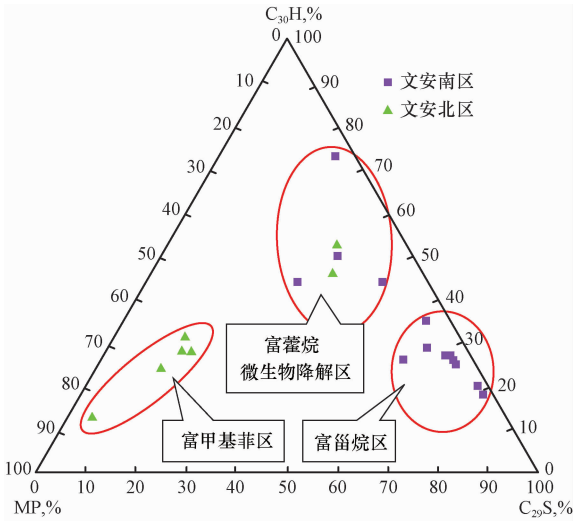


图6 冀中文安地区原油样品甲基菲-甾烷-藿烷相对含量三角图  
Fig. 6 Triangular diagram of the relative content of methylphenanthrene, sterane and hopane in crude oil samples from Wen'an, Jizhong area  
MP. 甲基菲;  $C_{29}S$ .  $\alpha\alpha\alpha-R-C_{29}$ 甾烷异构体;  $C_{30}H$ .  $C_{30}$ 藿烷

而所有微生物降解样品均集中在富藿烷区。这一区域分布特征表明文安油田南、北区具有不同类型的原油,微生物的降解作用似乎具有蚀变甲基菲的同时增大藿烷相对含量的特征。

2.4.2 多组分变化与成因类型

通过对饱和烃和芳烃多组分相对含量变化特征进行分析,以期对本区原油的成因类型作进一步探讨。实验中选择典型的、具有明显变化特征的组分 $\alpha\alpha\alpha-R-C_{29}$ 甾烷( $C_{29}S$ )、 $C_{30}$ 藿烷( $C_{30}H$ )、伽马蜡烷(Gam)、4-甲基甾烷(4-MS,图5)、甲基菲(MP)、三芳甾烷(TAS,图5)、甲基二苯并噻吩(MDBT),其相对百分含量列于表1。

从甾烷的相对含量来看,文安北区所有原油样品分布于4.0%~25.5%,多数样品分布于10.5%~13.1%,表现出相对较低值;而文安南区样品的分布范围为17.9%~58.2%;通过对文安南区样品研究发现,多数样品甾烷相对含量分布于36.8%~58.2%之间,只有位于文108井区三样品(表1;图1)分布于17.9%~25.5%;而文108井区两个样品分布特征似乎介于文安北区样品与南区多数样品的中间(表1)。具有相似变化特征的还有4-甲基甾烷和伽马蜡烷相对含量的变化(表1)。

对甲基菲的相对含量的分析发现,文安南区

样品分布于 1.1% ~ 20.3%, 大多数样品分布于 1.1% ~ 7.0%, 显示出相对较低值特征。文安北区样品分布于 12.8% ~ 72.7%; 馆陶组原油显示最低的甲基菲含量(表 1), 可能与微生物降解相关; 而大多数样品分布于 42.9% ~ 72.7%, 显示相对较高值特征。同样, 在文 108 井区出现异常分布, 最低值为 3.3%, 可能与微生物降解相关; 分布于 11.4% ~ 20.3% 的样品具有介于文安南区与文安北区样品的中间特征。此外, 三芳甾烷类和甲基二苯并噻吩的相对含量也具有相似的变化趋势(表 1)。

由此可见, 文安油田南区、北区存在明显分子组成上的非均质性; 这一非均质性与其成因存在密切关系。选取  $\alpha\alpha\alpha-R-C_{29}$  甾烷、伽马蜡烷、甲基菲、甲基二苯并噻吩的相对百分含量作对比研究, 结果展示了这种非均质性及其与成因类型的关系(图 7)。图中均可以明显看出 I 类区与 II 类

区间有一个交集; 换言之之本区样品可分为 3 个类型: I 区、II 区不具交集的样品似具“端元油”(End-member oil)特征, 而交集区的样品似具混源油特征<sup>[10-14]</sup>。因此, 文安油田至少存在两类不同成因油气的聚集: I 类原油主要分布在文安油田南区的议论堡构造带; II 类原油主要分布在文安油田北区的史各庄构造带。文 108 井区处在文安油田南、北交界, 样品且具有混合油特征, 预示霸县洼槽的原油业已运移到议论堡鼻状构造带, 也从侧面说明霸县洼槽油气资源的丰富。

3 结论

1) 全油 GC/MS 定量分析, 既可减少由于组分分离过程带来的误差, 同时也可在同一基准上获得各化合物的相对含量的变化及分布特征; 在某种程度上为我们提供了另一剖析原油分子组成非均质性的分析研究方法。

2) 文安油田南区、北区至少存在两种不同的成因类型的原油, I 类原油具有较高的甾/藿比, 且芳香族化合物(甲基菲、三芳甾烷以及甲基二苯并噻吩)含量相对较低; II 类原油则具有较低的甾/藿比, 且烃类生物标志化合物(甾烷、伽马蜡烷、4-甲基甾烷)含量相对较低。

3) I 类原油主要分布于油田南区的议论堡构造带, II 类原油主要聚集于油田北区的史各庄构造带, 预示着文安油田至少存在两个油气富集体系。文 108 井区样品具有两类原油混合特征, 预示着霸县洼槽具有丰富的油气资源。

参 考 文 献

1 梁狄刚, 曾宪章, 王雪平, 等. 冀中坳陷油气的生成[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 10 ~ 43

2 杨伟荣, 钱铮, 张欣, 等. 冀中地区文安斜坡带成藏特征研究[J]. 岩性油气藏, 2008, 20(3): 49 ~ 53

3 包建平, 朱翠山, 马安来, 等. 生物降解原油中生物标志物组成的定量研究[J]. 江汉石油学院学报, 2002, 24(2): 22 ~ 26

4 Connan J, Dessort D. Biodegradation of crude oils in reservoirs [A]. In: Brooks J, Welte D H, eds. Advances in petroleum geochemistry [C]. London: Academic Press, 1984. 299 ~ 355

5 傅家谟, 盛国英, 许家友, 等. 应用生物标志化合物参数判识古沉积环境[J]. 地球化学, 1990, 16(4 ~ 6): 769 ~ 779

6 王铁冠. 生物标志物地球化学研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990. 53 ~ 89

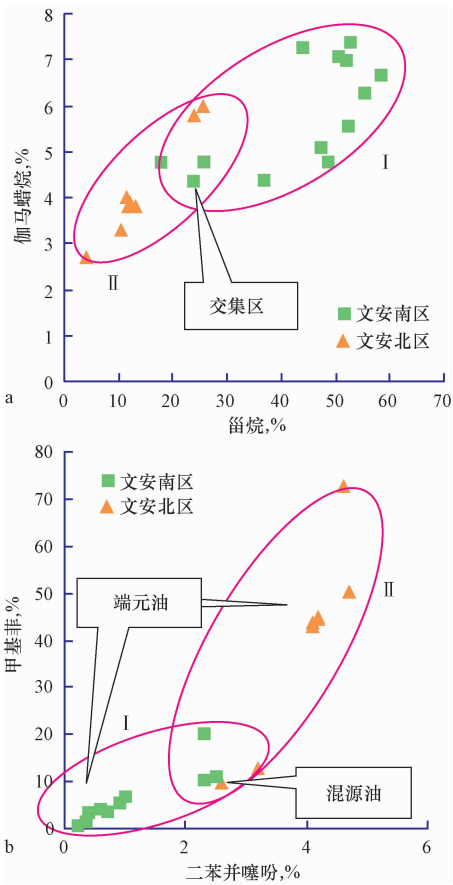


图 7 冀中文安地区原油样品典型饱和烃-芳烃相对含量相关图

Fig. 7 Correlation diagram of the relative amounts of typical saturated hydrocarbons and aromatic hydrocarbons for crude oil samples from Wen'an, Jizhong area

12 Smith L B. Origin and reservoir characteristics of Upper Ordovician Trenton-Black River hydrothermal dolomite reservoirs in New York [J]. AAPG Bulletin,2006,90(11):1 691 – 1 718

13 Malone M J, Baker P A, Burns S T. Hydrothermal dolomitization and recrystallization of dolomite breccias from the Miocene Monterey formation, Tepusquet aera, California[J]. Journal of Sedimentary Research,1996,66(5):976 – 990

14 朱东亚,金之钧,胡文瑄. 塔中地区热液改造型白云岩储层[J]. 石油学报,2009,30(5):698 ~ 704

15 王嗣敏,金之钧,解启来. 塔里木盆地塔中 45 井区碳酸盐岩储层的深部流体改造作用[J]. 地质论评,2004,50(5):543 ~ 547

16 朱毅秀,金之钧,林畅松,等. 塔里木盆地塔中地区早二叠世岩浆岩及油气成藏关系[J]. 石油实验地质,2005,27(1):50 ~ 54,61

17 钱一雄,陈跃,陈强路. 塔中西北部奥陶系碳酸盐岩埋藏溶蚀作用[J]. 石油学报,2006,27(3):47 ~ 52

18 陈代钊. 构造-热液白云岩化作用与白云岩储层[J]. 石油与天然气地质,2008,29(5):614 ~ 622

19 李开开,蔡春芳,蔡缪璐,等. 塔中地区上奥陶统热液流体与热化学硫酸盐还原作用[J]. 石油与天然气地质,2008,29(2):217 ~ 222

20 阚荣举,赵晋明,阚丹. 腾冲火山地热区的构造演化与火山喷发[J]. 地震地磁观测与研究,1996,17(4):28 ~ 33

21 韩新民,周瑞琦,周真恒. 腾冲火山地质研究述评[J]. 地震地磁观测与研究,1996,17(6):20 ~ 29

22 Allard P, Jean-Baptiste P, D’ Alessandro W, et al. Mantle-derived helium and carbon in groundwaters and gases of Mount Etna, Italy [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1997, 148 (3 – 4): 501 – 516

23 Allard P. A CO<sub>2</sub>-rich gas trigger of explosive paroxysms at Stromboli basaltic volcano, Italy[J]. Journal of Volcanology Geothermal Research,2009,189(3 – 4):363 – 374

24 王先彬. 稀有气体同位素地球化学和宇宙化学[M]. 北京:科学出版社,1989. 153 ~ 220

25 上官志冠,白春华,孙明良. 腾冲热海地区现代幔源岩浆气体释放特征[J]. 中国科学(D 辑),2000,30(4):407 ~ 414

26 D’ Amore F, Panichi C. Geochemistry in geothermal exploration [A]. In: Applied Geothermics [C]. Malden: John Wiley & Sons Ltd, 1987. 69 – 90

27 上官志冠. 腾冲热海地热田热储结构与岩浆热源的温度[J]. 岩石学报,2000,16(1):83 ~ 90

28 曾灏辉,吴琼,杨海军,等. 塔里木盆地塔中地区地层水化学特征及其石油地质意义[J]. 石油与天然气地质,2008,29(2):223 ~ 229

29 Chen H L, Yang S F, Dong C W, et al. Geological thermal events in Tarim Basin [J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42 (7): 580 – 584

30 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京:石油工业出版社,1997. 37

31 郭光辉,李启明,肖中尧,等. 塔里木盆地古隆起演化特征及油气勘探[J]. 大地构造与成矿学,2009,33(1):124 ~ 130

32 Qing H, Mountjoy E W. Large-scale fluid flow in the Middle Devonian Presqu’ ile barrier, Western Canada sedimentary basin [J]. Geology, 1992, 20 (10): 903 – 906

33 薛会,张金川,王毅,等. 塔里木盆地塔中低凸起地层水与油气关系[J]. 石油实验地质,2007,29(6):593 ~ 597

34 蔡立国,钱一雄,刘光祥. 阿克库勒及其邻区地层水同位素特征和油气地质意义[J]. 天然气地球科学,2005,16(4):503 ~ 506

35 Zhu D Y, Jin Z J, Hu W X. Hydrothermal recrystallization of the Lower Ordovician dolomite and its significance to reservoir in northern Tarim Basin. Science in China Serial D: Earth Science, 2010, 53 (3): 368 – 381

36 Jin Z J, Zhu D Y, Hu W X, et al. Hydrothermally fluoritized Ordovician carbonates as reservoir rocks in the Tazhong area, central Tarim Basin, NW China [J]. Journal of Petroleum, 2006, 29 (1): 27 – 40

(编辑 张亚雄)

(上接第 326 页)

7 王铁冠,钟宁宁,候读杰,等. 中国低熟油的几种成因机制[J]. 沉积学报,1997,15(2):75 ~ 83

8 王培荣. 生物标志物质量色谱图集[M]. 北京:石油工业出版社,1993. 102 ~ 138

9 Noble R A. A geochemical study of bicyclic alkanes and diterpenoid hydrocarbons in crude oils, sediments and coals [D]. Grawley: Department of Organic Chemistry, University of Western Australia, 1989

10 张敏,王东永,朱翠山,等. 冀中坳陷苏桥-文安地区混源油定量识别模式研究(一):原油成因分类及其地球化学特征[J]. 天然气地球科学,2004,15(2):115 ~ 119

11 武娜,郭秋麟,梁坤,等. 用新思路评价冀中坳陷深县凹陷油气勘探风险[J]. 石油与天然气地质,2008,29(3):326 ~ 341

12 包建平,刘玉瑞,朱翠山,等. 北部湾盆地原油地球化学特征与成因类型[J]. 石油与天然气地质,2007,28(2):293 ~ 298

13 魏东涛,贾东,赵应成,等. 准噶尔盆地南缘原油地球化学特征[J]. 石油与天然气地质,2007,28(3):433 ~ 440

14 Peters K E, Mike J. Mixed marine and lacustrine input to an oil-cemented sandstone breccia from Brora, Scotland [J]. Organic Geochemistry, 1999, 30 (4): 237 – 247

(编辑 张亚雄)