

文章编号: 1001-6112(2010)04-0382-05

# 准噶尔盆地腹部 石南 31 井白垩系油气成因与运移方向

陈世加, 展 燕, 路俊刚, 陆林超, 陈 雪, 王 熠

(西南石油大学, 成都 610500)

**摘要:**石南 31 井位于准噶尔盆地腹部陆西地区石西油田之北, 是继石南 21 井侏罗系头屯河组油藏之后的又一重大发现。储层层位为白垩系清水河组, 油气藏气油比高, 油质轻, 但与生物降解的黑油伴生。文章采用全烃地球化学方法确定油气来源, 指出石南 31 井白垩系储层油气来自盆 1 井西凹陷二叠系乌尔禾组源岩。阐明了石南 31 井白垩系与南面石西油田石炭系和侏罗系的油气成因关系, 建立了石南 31 井白垩系的油气运移成藏模式, 指出石西与石南 31 井过渡区可捕获由南向北运移的油气, 是近期主要的勘探目标。

**关键词:** 油气成因; 成藏模式; 白垩系; 石南 31 井; 陆西地区; 准噶尔盆地

**中图分类号:** TE122.1

**文献标识码:** A

## CRETACEOUS HYDROCARBON FORMATION AND MIGRATION DIRECTION IN WELL SHINAN 31 IN THE HINDLAND OF JUNGGAR BASIN

Chen Shijia, Zhan Yan, Lu Jungang, Lu Linchao, Chen Xue, Wang Yi

(School of Resources and Environment, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan 610500, China)

**Abstract:** Well Shinan 31 locates in the north of the Shixi Oilfield, the hindland of Junggar Basin. It's another major discovery after finding the Jurassic Toutunhe Formation reservoir in the Well Shinan 21. The reservoir is in the Cretaceous Qingshuihe Formation with high gas and oil ratio and light oil, while associating with the black biological degradation oil. The article applies entire hydrocarbon geochemical methods to confirm the origin of the oil-gas. It pointed out that the oil and gas was from the Wuerhe Formation source rock in the western Well Pen 1 Sag. It also clarified the oil and gas genetic relationship between Cretaceous oil and gas in Well Shinan 31 and Carboniferous and Jurassic oil and gas in Shixi Oilfield. It established the hydrocarbon formation mode of the Cretaceous reservoir in Well Shinan 31 and pointed out that the chief exploration target in the near future is the oil and gas captured by the transition region between the Shixi Oilfield and Well Shinan 31 during its migrating from south to north.

**Key words:** hydrocarbon formation; accumulation mode; Cretaceous; Well Shinan 31; Luxi area; Junggar Basin

石南 31 井油藏位于准噶尔盆地腹部石南 21 井侏罗系油田以南、石西油气田以北(图 1), 是石南地区继石南 21 井侏罗系头屯河组油藏之后的又一重大发现。发现井为石南 31 井, 层位为白垩系清水河组。石南 31 井油气藏发现以前, 石南地区的油气勘探是建立在油气沿梁(北东向构造)运移聚集的基础上进行的, 认为盆 1 井西凹陷二叠系源岩生成的油气先沿油源断裂垂向运移到侏罗系, 该区油气勘探也是沿北东向构造进行的。2004 年发现石南 31 井白垩系油气藏后, 认识到石南地区油

气不仅存在北东向运移, 而且还存在南北向运移。

本文采用全烃地球化学方法, 通过与石西油田石炭系和侏罗系油气的对比, 指出石南 31 井白垩系油气成因、来源及运移方向, 阐明石南 31 井白垩系油气运移及成藏模式。

### 1 油气成因

#### 1.1 原油物性

石南 31 井白垩系( $K_1q$ )原油密度略高于石西油田石炭系和侏罗系储层原油, 但比北面石南 21 井侏

收稿日期: 2009-07-14; 修订日期: 2010-06-10。

作者简介: 陈世加(1964—), 男, 博士, 教授, 从事油气成藏与地球化学研究工作。E-mail: chensj1964@sina.com。

基金项目: 国家重点基础研究发展计划“973 计划”项目(2006CB202305)和 CNPC 中青年创新基金项目(04E7046)资助。

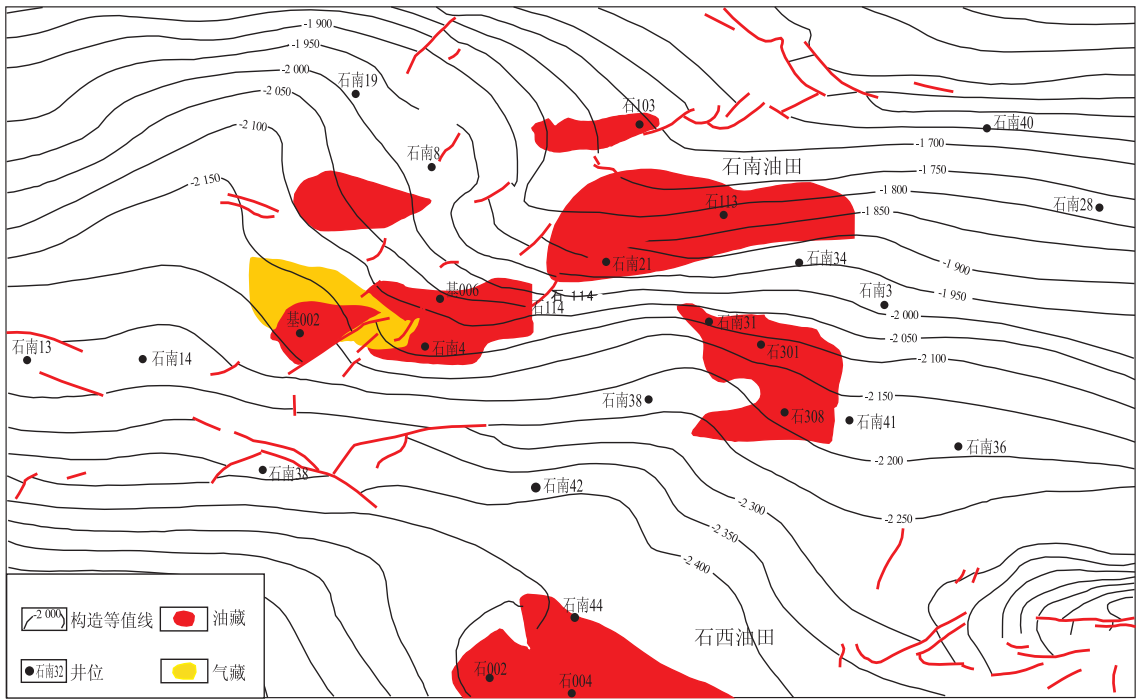


图 1 准噶尔盆地腹部石南 31 井位置

Fig. 1 The location of Well Shinan 31 in the hindland of Junggar Basin

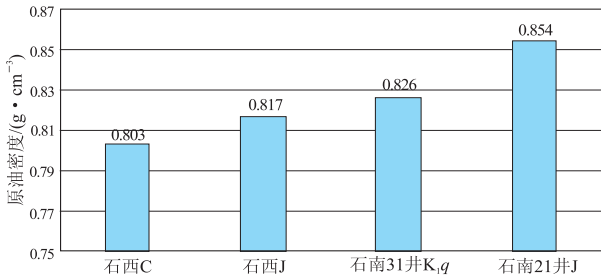


图 2 准噶尔盆地腹部原油物性对比

Fig. 2 Different physical properties of crude oils in the hindland of Junggar Basin

罗系头屯河组原油密度低, 介于石西油田和石南 21 井油田原油密度之间(图 2)。

### 1.2 天然气碳同位素

石南 31 井白垩系天然气乙烷碳同位素为 -25.0‰~-26.6‰, 甲烷碳同位素为 -33.6‰~-35.3‰, 既不同于西北缘二叠系风城组来源的天然气, 也不同于南缘侏罗系及东部五彩湾地区石炭系腐殖型源岩生成的天然气, 属于偏腐殖型天然气(图 3)。盆 1 井西凹陷二叠系乌尔禾组烃源岩为偏腐殖型有机质<sup>[1-2]</sup>, 因此石南 31 井白垩系天然气应来自二叠系乌尔禾组源岩, 其中气油比高的天然气甲烷碳同位素更重, 最重为 -33.6‰, 应为高成熟天然气<sup>[3-4]</sup>。

### 1.3 原油轻烃

不同类型有机质来源的油, 轻烃(C<sub>4</sub>-C<sub>7</sub>)组

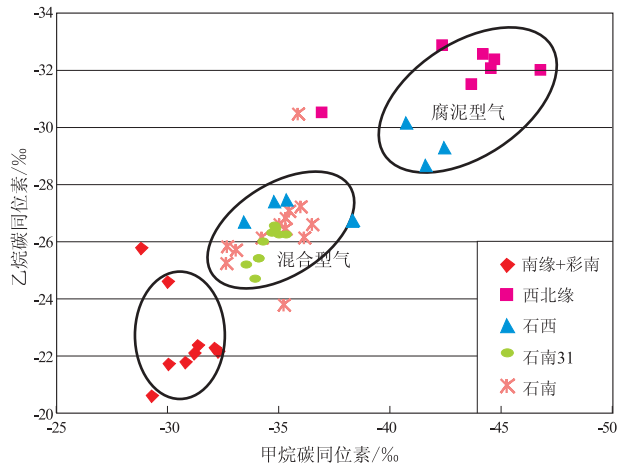


图 3 准噶尔盆地不同类型天然气碳同位素对比  
Fig. 3 The carbon isotope comparison of different types of natural gas in the Junggar Basin

成特征不同。腐殖型有机质来源的油, 甲基环己烷的含量一般高于 50%<sup>[5]</sup>, 而腐泥型有机质来源的油甲基环己烷的含量则低于 50%, 因此根据 C<sub>7</sub> 化合物相对含量可对原油的成因进行分类。

石南 31 井区白垩系原油的甲基环己烷丰度较高, 与石西油田侏罗系原油相似, 但不同于石西石炭系及西北缘典型二叠系风城组来源的腐泥型原油, 也不同于南缘地区侏罗系来源腐殖型原油, 属于偏腐殖型来源的油(图 4), 应来自二叠系乌尔禾组源岩。

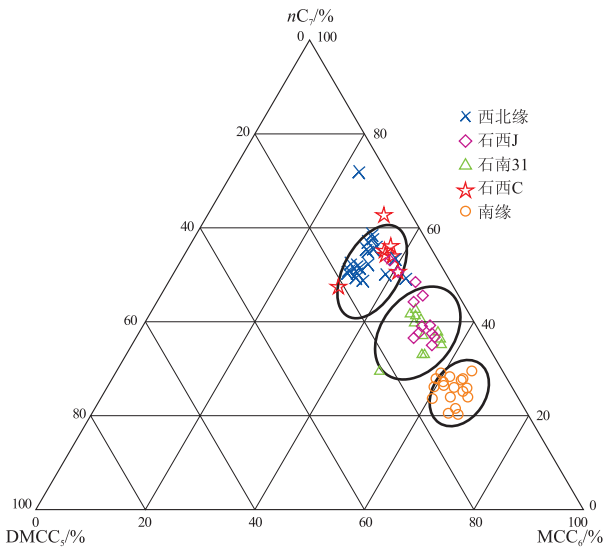


图 4 准噶尔盆地腹部原油轻烃对比

MCC<sub>6</sub>. 甲基环己烷;DMCC<sub>6</sub>. 二甲环己烷;nC<sub>7</sub>. 正庚烷

Fig. 4 The comparison of lighter hydrocarbon of crude oil in the hindland of Junggar Basin

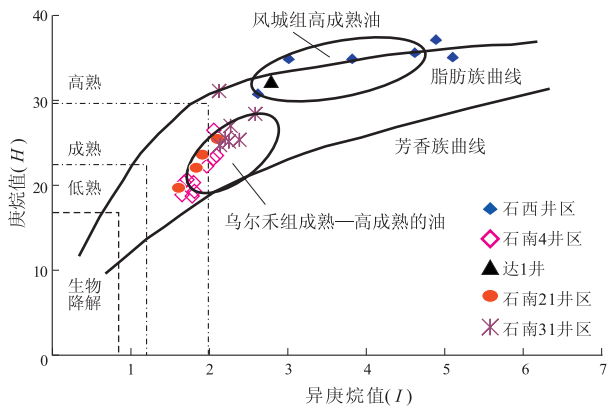


图 5 准噶尔盆地腹部原油轻烃庚烷值和异庚烷值变化

庚烷值 H=正庚烷/(环己烷+甲基环己烷之间的馏出物)×100  
异庚烷值 I=(2-甲基己烷+3-甲基己烷)/(顺-1,3+反-1,3+反-1,2)-二甲甲基环戊烷

Fig. 5 The alteration on heptane and isoheptane of crude oil in the Junggar Basin

图 5 是石南 31 井周缘原油庚烷值和异庚烷值分布图。按 Thompson(1983)<sup>[5]</sup>成因分类,石南 31 井白垩系原油轻烃属于成熟原油。在成因分类图上,与西北缘二叠系风城组来源的油不同(图 5)。

### 1.4 生物标志化合物

#### 1.4.1 原油 Pr/Ph 比值不同

Pr/Ph 比值大小可反映源岩的沉积环境。石南 31 井白垩系原油的 Pr/Ph 比值与石西油田侏罗系原油相似,而与石西油田石炭系的原油不同,前者 Pr/Ph 高于 1.20,后者低于 1.20,说明石南 31 井区白垩系的原油与石炭系原油在成因上存在差异(图 6),分别来自不同沉积环境的源岩。

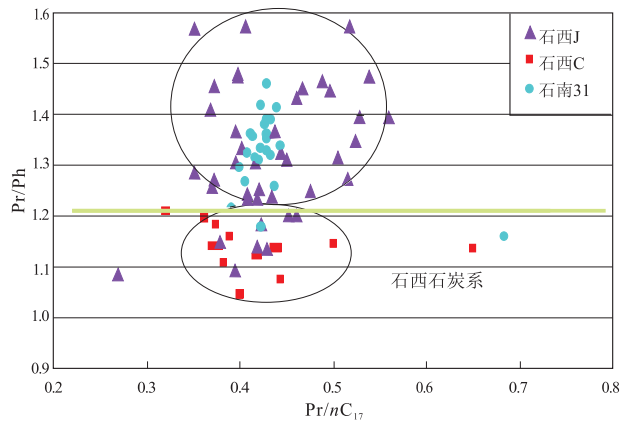


图 6 准噶尔盆地腹部石南 31 井白垩系与石西油田的原油 Pr/Ph 与 Pr/nC<sub>17</sub> 对比

Fig. 6 The differences of the Pr/Ph and Pr/nC<sub>17</sub> between Cretaceous crude oil in the Well Shinan 31 and crude oil in Shixi Oilfield in the hindland of Junggar Basin

#### 1.4.2 原油 β-胡萝卜素和三萜烷

石南 31 井白垩系原油 β-胡萝卜素的丰度低,与二叠系乌尔禾组源岩生成的油相似。根据前人研究报道,二叠系乌尔禾组源岩生成的油 β-胡萝卜素的丰度低,而风城组来源的油 β-胡萝卜素的丰度高<sup>[1]</sup>。石西油田石炭系原油 β-胡萝卜素的丰度高,与西北缘二叠系风城组来源的油相似(图 7)。

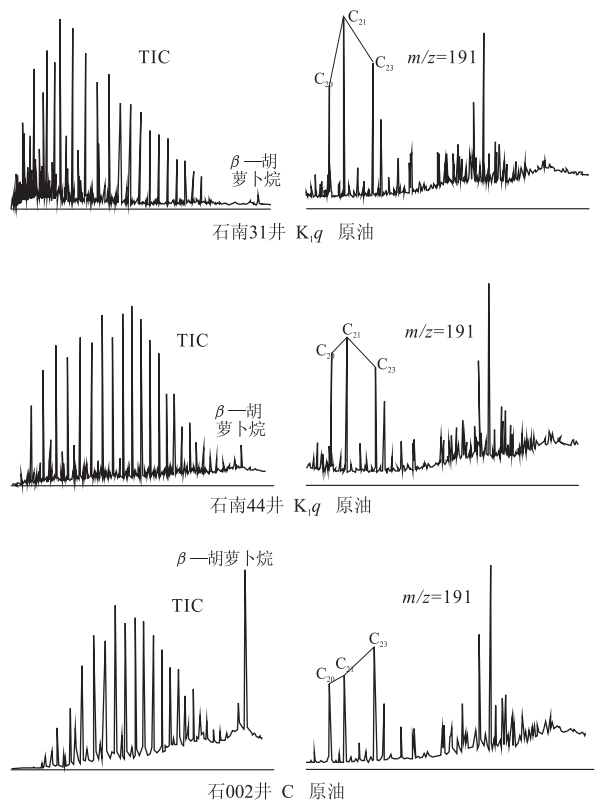


图 7 准噶尔盆地石南 31 井和石西油田石炭系原油色质图

Fig. 7 The chromatogram of crude oils in Well Shinan 31 and Shixi Oilfield, the Junggar Basin

石南 31 井区白垩系原油三环萜烷以  $C_{21}$  为主峰,与石西油田石南 44 井白垩系原油相似,与石西油田石 002 井石炭系原油不同,后者以  $C_{23}$  为主峰(图 7),也反映原油的来源不同。

以上分析表明,虽然石南 31 井白垩系原油与石西石炭系原油物性相似,但来源不同,前者来源于二叠系的乌尔禾组,后者来自风城组源岩。

### 1.4.3 原油 25-降萜烷

石南 31 井白垩系原油中 25-降萜烷十分明显(图 8),但正构烷烃分布完整(图 7)。石南 31 井白垩系原油存在 25-降萜烷,说明原油曾遭受过生物降解<sup>[7-11]</sup>,但正构烷烃分布完整(图 7),说明存在 2 期油气的混合。石西 1 井侏罗系原油也存在 25-降萜烷(图 8),因此石南 31 井白垩系降解油很可能来自石西油田侏罗系储层,它与后期高成熟油气混合形成现有油气分布特征。

## 2 油气运移成藏模式

由于石南 31 井区白垩系的原油与石西油田石炭系原油在物性上存在相似性,因此有人提出石南 31 井白垩系原油是由石西油田石炭系储层油气随第三系地层整体向南掀斜,石炭系的油气向北调整运移到石南 31 井区白垩系储层。通过对比发现石南 31 井区白垩系原油与南面石西油田石炭系的原油成因不同,说明石南 31 井白垩系原油虽然来自南面,但不是来自石西石炭系储层油气转移的结果,即油气没有进入石西油田石炭系储层,而是从石西油田的外围直接通过断裂垂向运移到侏罗系

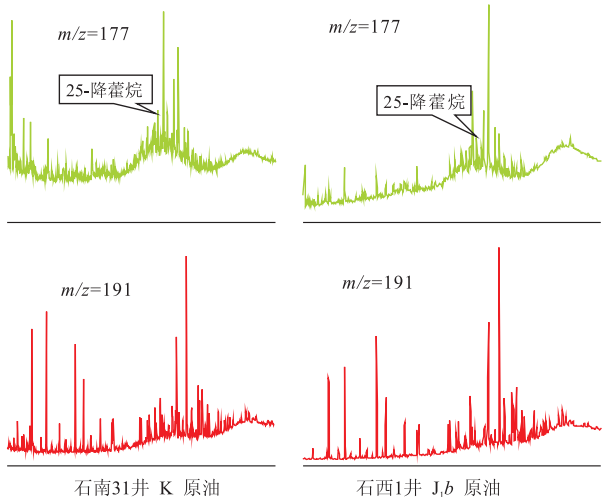


图 8 准噶尔盆地石西石炭系与石南 31 白垩系原油萜烷对比

Fig. 8 The comparison of terpane of Cretaceous crude oil in Well Shinan 31 and Carboniferous crude oil in the Shixi Oilfield, the Junggar Basin

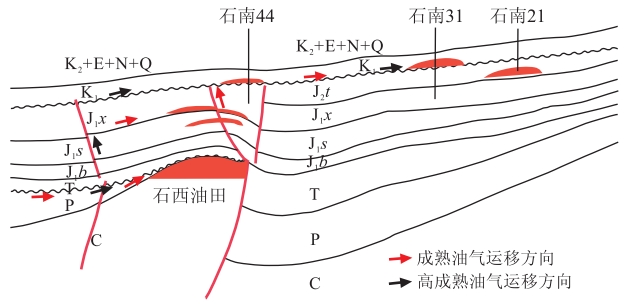


图 9 准噶尔盆地腹部石南 31 井成藏模式

Fig. 9 The reservoir formation of Well Shinan 31 in the hindland of Junggar Basin

或白垩系储层,然后再运移到石南 31 井区白垩系储层(图 9)。运移过程中与石西侏罗系降解原油混合,形成现有的油气分布特征。

石南 31 井区和石西油气田的外围断裂上的侏罗系和白垩系圈闭,不仅可捕获南北向运移的来自乌尔禾组晚期的高成熟油气,而且还可捕获由石西油田白垩系或侏罗系向北转移的成熟油气,具有较好的勘探前景。

## 3 结论

1)石南 31 井白垩系原油与南面石西油田侏罗系原油成因一致,均为高成熟油气,而与石炭系的原油成因不同,前者主要来自二叠系的乌尔禾组源岩,后者主要来自风城组源岩,说明石南 31 井白垩系的油气不是从石西油田石炭系转移而来,而是通过石西油田外围断裂运移而来。

2)石南 31 井为高成熟油与生物降解油混合的结果。第三系乌尔禾组源岩生成的高成熟油气先沿油源断裂运移到侏罗系或白垩系储层,然后顺层或沿断裂运移到石南 31 井白垩系。由于受喜山期构造的影响,盆地整体向南掀斜,先期聚集在白垩系及侏罗系储层遭生物降解的原油向北调整,与晚期高成熟油气混合,形成石南 31 井白垩系油气藏。

3)石南 31 井区与石西油气田外围断裂带上的侏罗系和白垩系圈闭,可捕获南北向运移的来自乌尔禾组晚期的成熟和高成熟油气,具有良好的勘探前景。

### 参考文献:

[1] 王绪龙,康素芳. 准噶尔盆地腹部及西北缘斜坡区原油成因分析[J]. 新疆石油地质,1999,20(2):108-112.  
 [2] 王绪龙,刘得光. 准噶尔盆地腹部马桥凸起侏罗系原油油源分析[J]. 新疆石油地质,1995,16(1):33-37.  
 [3] 陈世加,王绪龙,阿布力米提,等. 呼图壁气田成藏地球化学特征[J]. 天然气工业,2004,24(3):16-18.

[4] 陈世加,付晓文,沈昭国,等. 天然气分步捕获原理及在成藏研究中的作用[J]. 西南石油学院学报,2001,23(5):4-5.

[5] 戴金星,裴锡古,戚厚发. 中国天然气地质学[M]. 北京:石油工业出版社,1992.

[6] THOMPSON K F M. Classification and thermal history of petroleum based on light hydrocarbon [J]. *Geo Chim et Cosmoch Acta*,1983, 47(2):303-316.

[7] BLANC P, CONNAN J, Origin and occurrence of 25-norhopanes: a statistical study [J]. *OrgGeochem*, 1992, 18(6): 813-828.

[8] CURIALE J A, BROMLEY B W. Migration induced compositional changes in oils and condensates of a single field[J]. *Org Geochem*,1996,24(12):1097-1113.

[9] 倪春华,包建平,顾忆. 生物降解作用对芳烃生物标志物参数的影响研究[J]. 石油实验地质,2008,30(4):386-389.

[10] 倪春华,包建平,梁世友. 渤海湾盆地渤中凹陷原油成熟度的多参数综合评价[J]. 石油实验地质,2009,31(4):399-402.

[11] 彼得斯 K E, 莫尔多万 J M. 生物标记化合物指南[M]. 姜乃煌,张水昌,译. 北京:石油工业出版社,1995.

(编辑 黄娟)



(上接第 376 页)

[7] HEAD I M, JONES D M, LARTER, S R. Biological activity in the deep subsurface and the origin of heavy oil[J]. *Nature*,2003,426:344-352.

[8] 张渠,宋晓莹,张志荣. 原油中甾烷的生物降解模拟实验研究[J]. 石油实验地质,2007,29(1):99-103.

[9] 袁莉,包建平. 生物降解作用对原油中烷基萘分布与组成特征的影响[J]. 石油实验地质,2009,31(5):512-515.

[10] 倪春华,包建平,顾忆. 生物降解作用对芳烃生物标志物参数的影响研究[J]. 石油实验地质,2008,30(4):386-389.

[11] PETERS K E, MOLDOWAN J M. The biomarker guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments[M]. New Jersey: Prentice Hall,1993:110-265.

[12] PHILIPPI C T. The deep subsurface temperature controlled origin of the gaseous and gasoline-range hydrocarbons of petroleum [J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1975, 39: 1353-1373.

[13] THOMPSON K F M. Light hydrocarbons in subsurface sediments[J]. *Geochim Cosmochim Acta*,1979,43:657-672.

(编辑 徐文明)



(上接第 381 页)

Bakken-derived oils in Madison Group reservoirs[J]. *Organic Geochemistry*,2002,33(7):761-787.

[18] ZHANG SHUICHANG, LIANG DIGANG, GONG ZAISHENG, et al. Geochemistry of petroleum systems in the eastern Pearl River Mouth Basin: evidence for mixed oils[J]. *Organic Geochemistry*,2003,34(7):971-991.

[19] 王文军,宋宁,姜乃煌,等. 未熟油与成熟油的混源实验、混源理论图版及其应用[J]. 石油勘探与开发,1999,26(4):34-37.

[20] 陈建平,邓春萍,宋孚庆,等. 用生物标志物定量计算混合原油油源的数学模型[J]. 地球化学,2007,36(2):205-214.

[21] 梁狄刚,陈建平. 中国南方高、过成熟区海相油源对比问题[J]. 石油勘探与开发,2005,32(2):8-14.

[22] 杜德文,孟宪伟,王永吉,等. 沉积物物源组成的定量判别方法及其在冲绳海槽的应用[J]. 海洋与湖沼,1999,30(5):532-539.

[23] PETERS K E, RAMOS L S, ZUMBERGE J E, et al. Deconvoluting mixed crude oil in Prudhoe Bay Field, North Slope, Alaska[J]. *Organic Geochemistry*,2008,39(3):623-645.

(编辑 韩或)