

# 准噶尔盆地中部III区块原油甾烷异常分布特征与成因

秦黎明<sup>1</sup>, 张枝焕<sup>1</sup>, 杨永才<sup>1</sup>, 李 伟<sup>2</sup>, 刘洪军<sup>1</sup>, 梅 岭<sup>1</sup>

(1 中国石油大学 石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249; 2 中国石油化工股份有限公司 国际勘探开发公司, 北京 100083)

**摘要:** 对准噶尔盆地中部III区块的3类原油或油砂样品抽提物饱和烃进行了气相色谱-质谱分析, 研究了原油饱和烃中甾烷类化合物的分布特征, 并对其成因做了初步探讨。结果表明: 3类原油的甾烷分布特征具有一定的相似性,  $C_{27}$ 规则甾烷相对丰度明显低于 $C_{28}$ 、 $C_{29}$ ;  $C_{27}$ 、 $C_{28}$ 、 $C_{29}$ 异构体 $\alpha\beta$ 型相对丰度明显高于 $\alpha\alpha$ 型( $C_{28}\alpha\beta(20S)$ 或 $C_{29}\alpha\beta(20R)$ 丰度最高); 但这3类原油的成因是不一致的, 其影响因素主要包括热演化、生物降解、运移分馏以及古环境或岩性4个方面, 其中第1、3类原油主要以热演化作用与运移作用为主, 第1类原油还可能受到古环境或岩性影响, 两者均不受生物降解的影响, 第2类原油则受到热演化、运移作用及生物降解的共同影响。

**关键词:** 原油; 甾烷类化合物; 分布特征; 成因; 准噶尔盆地

中图分类号: P618.130.1 文献标志码: A 文章编号: 1672-6561(2008)04-0373-07

## Abnormal Distribution and Its Origin of Steroids in the Block III of Central Junggar Basin

QIN Li-ming<sup>1</sup>, ZHANG Zhi-huan<sup>1</sup>, YANG Yong-cai<sup>1</sup>, LI Wei<sup>2</sup>, LIU Hong-jun<sup>1</sup>, MEI Ling<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory For Hydrocarbon Accumulation, Ministry of Education, China University of Petroleum, Beijing 102249

China; 2. International Petroleum Exploration Company, China Petroleum and Chemical Corporation, Beijing 100083 China)

**Abstract** The geochemical characteristics of saturated hydrocarbons from three types of crude oils or core extracts in the block III in central Junggar basin were investigated by gas chromatography-mass spectrometry and the distribution and origin of steroids were studied. It is found that the distribution of steroids of the three types of crude oils or core extracts are similar to each other. The relative abundance of regular steranes of  $C_{27}$  is lower than that of  $C_{28}$  and  $C_{29}$ . It is also showed that the relative abundance of  $C_{27}$ ,  $C_{28}$  and  $C_{29}$  of  $\alpha\beta$ -type isomers is higher than that of  $\alpha\alpha$ -type ( $C_{28}$  of  $\alpha\beta$ -type (20S) or  $C_{29}$  of  $\alpha\beta$ -type (20R) is the highest). However, the sources of three types of oils are inconsistent. The influential factors are thermal maturity, biodegradation, migrated fractionation and palaeoenvironment or lithology. The first and third types of oils are mainly affected by thermal maturity and migrated fractionation except biodegradation, and the first type of oil is possibly influenced by palaeoenvironment or lithology. The second type of oils is mainly impacted by biodegradation beside thermal maturity and migrated fractionation.

**Key words:** crude oil; steroid; distribution; origin; Junggar basin

## 0 引言

甾烷族化合物是一类以环戊烷并氢化菲结构为母核的重要天然产物, 此类化合物母核含有4个稠合环, 在 $C_{10}$ 、 $C_{13}$ 、 $C_{17}$ 位上带有3个侧链, 是普遍

存在于化石燃料和沉积物中的重要生物标志化合物<sup>[1]</sup>。甾烷族化合物主要来源于植物、动物和细菌中的甾醇类, 特别是真核生物隔膜中的类脂化合物成分, 对判断原油和沉积物有机质沉积环境、有机质输入类型以及成熟度等具有重要意义<sup>[2]</sup>。实际

收稿日期: 2008-01-08

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2006CB202303)

作者简介: 秦黎明(1984), 男, 山东潍坊人, 理学博士研究生, 从事油气地球化学研究。E-mail: qinliming2006@yahoo.com.cn



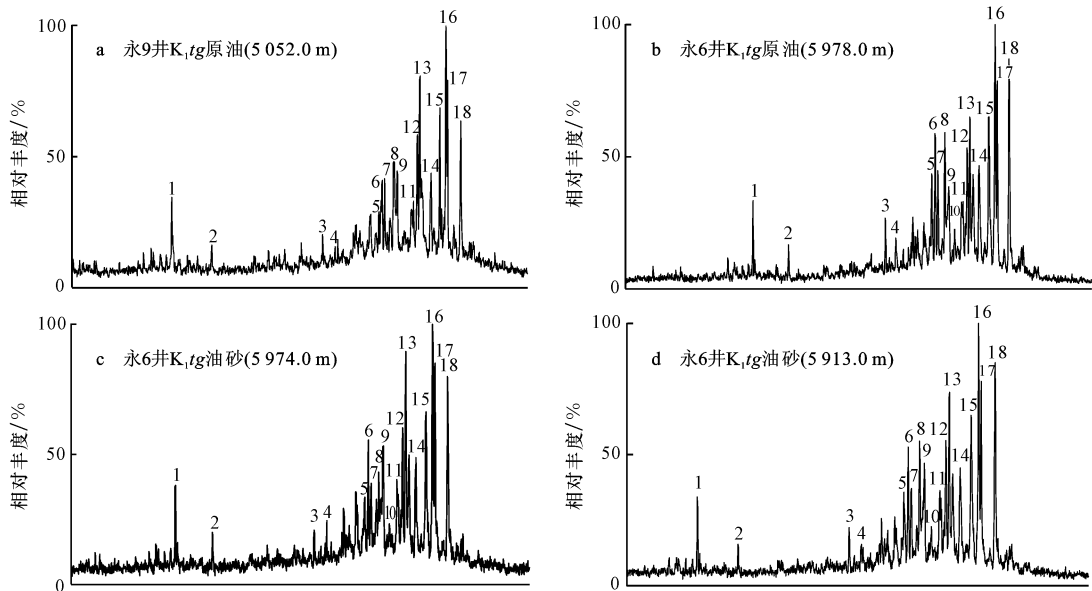
2 井侏罗系下部)与侏罗系烃源岩有较好的一致性, 主要来源于侏罗系的烃源岩, Pr/Ph 大于 2, C<sub>20</sub>、C<sub>21</sub>、C<sub>23</sub> 三环萜烷相对丰度呈下降型分布, 丰度较低, 几乎不含伽马蜡烷和 β-胡萝卜素。

3 3 类原油中甾烷异常分布特征

准噶尔盆地中部 III 区块第 1 类原油或油砂抽提物来源于二叠系源岩, 从甾烷的质量色谱图看(图 2), 孕甾烷、升孕甾烷丰度较高, (孕甾烷+升孕甾烷)/规则甾烷值为 0.04~0.09, (孕甾烷+升孕甾烷)/αα20RC<sub>29</sub> 值为 0.36~0.74, 重排甾烷丰度不高, 重排甾烷/规则甾烷值为 0.09~0.15, 规则甾烷中 αα20RC<sub>27</sub>~C<sub>29</sub> 甾烷呈“V”型分布, C<sub>27</sub> 规则甾烷具有 αα20SC<sub>27</sub>< αβ20RC<sub>27</sub>< αβ20SC<sub>27</sub>< αα20RC<sub>27</sub> 或 αα20SC<sub>27</sub>< αβ20RC<sub>27</sub>> αβ20SC<sub>27</sub>< αα20RC<sub>27</sub> 的分布特征, 而 C<sub>28</sub> 规则甾烷具有 αα20SC<sub>28</sub>< αβ20RC<sub>28</sub>< αβ20SC<sub>28</sub>> αα20RC<sub>28</sub> 的分布特征, C<sub>29</sub> 规则甾烷具有 αα20SC<sub>29</sub>< αβ20RC<sub>29</sub>> αβ20SC<sub>29</sub>> αα20RC<sub>29</sub> 的分布特征。以上特征显示规则甾烷具有 β 构型丰度较高的特征, 尤以 αβ20RC<sub>29</sub> 甾烷的丰度最高, 几乎不含甲

基甾烷。  
准噶尔盆地中部 III 区块第 2 类原油或油砂抽提物存在严重的生物降解, 原油存在两期充注, 而甾烷的分布特征仍然保持早期来源于二叠系源岩的原油特征, 甾烷整体丰度不高, 从甾烷质量色谱图看(图 3), 孕甾烷、升孕甾烷丰度较高, (孕甾烷+升孕甾烷)/规则甾烷值为 0.10~0.12, (孕甾烷+升孕甾烷)/αα20RC<sub>29</sub> 值为 0.56~1.19, 重排甾烷不高, 重排甾烷/规则甾烷值为 0.09~0.19, 规则甾烷中 αα20RC<sub>27</sub>~C<sub>29</sub> 甾烷呈上升型分布, C<sub>27</sub> 规则甾烷具有 αα20SC<sub>27</sub>< αβ20RC<sub>27</sub>> αβ20SC<sub>27</sub>> αα20RC<sub>27</sub> 或 αα20SC<sub>27</sub>< αβ20RC<sub>27</sub>> αβ20SC<sub>27</sub>< αα20RC<sub>27</sub> 分布特征, C<sub>28</sub> 规则甾烷具有 αα20SC<sub>28</sub>< αβ20RC<sub>28</sub>< αβ20SC<sub>28</sub>> αα20RC<sub>28</sub> 的分布特征, C<sub>29</sub> 规则甾烷具有 αα20SC<sub>29</sub>< αβ20RC<sub>29</sub>> αβ20SC<sub>29</sub>> αα20RC<sub>29</sub> 的分布特征, 规则甾烷也具有 β 构型丰度高的特点, 尤以 αβ20SC<sub>28</sub> 甾烷的丰度最高, 几乎不含甲基甾烷。

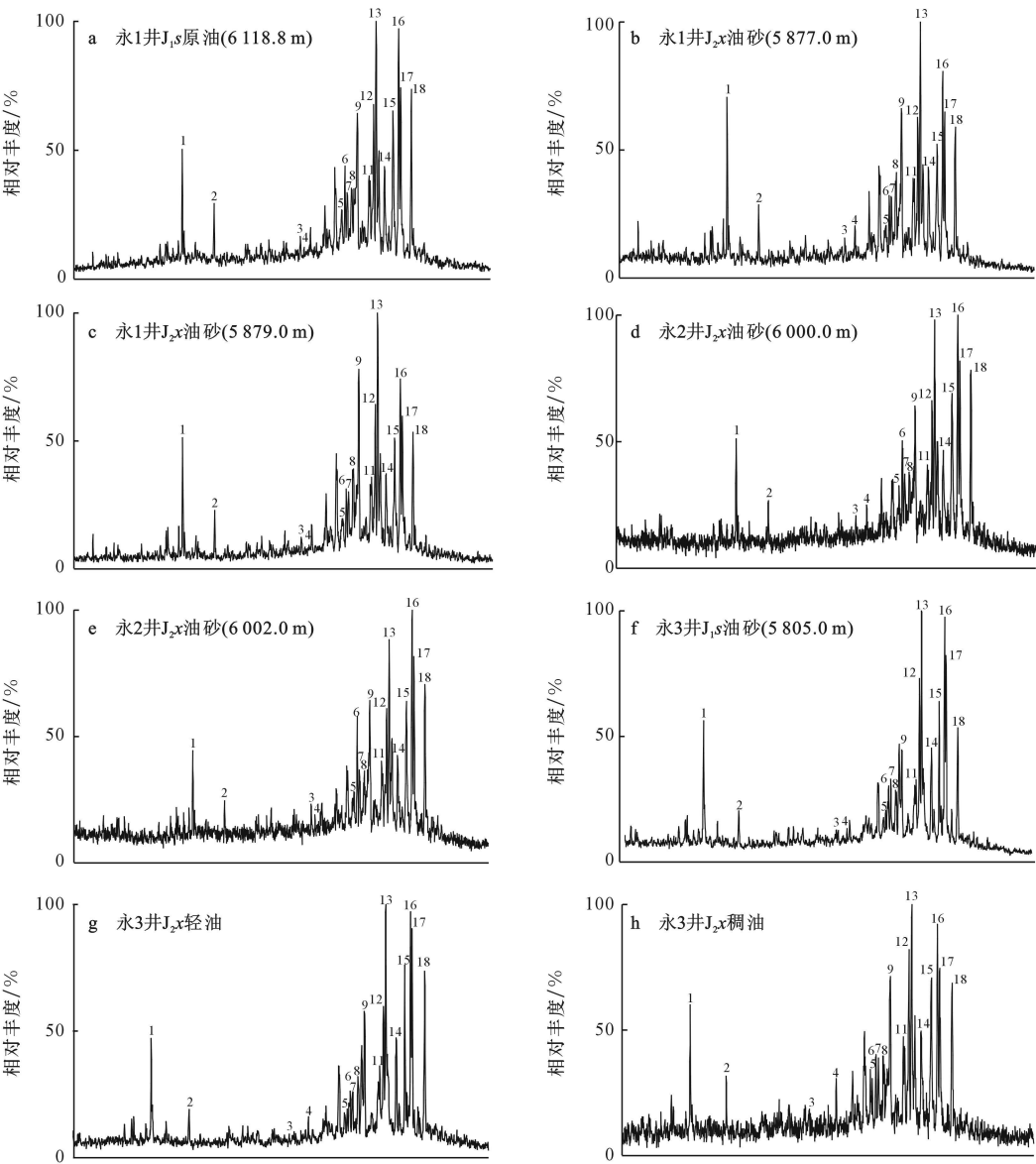
准噶尔盆地中部 III 区块第 3 类原油或油砂抽提物来源于侏罗系烃源岩, 甾烷的整体丰度较低, 其甾烷/正构烷烃值为 0.001~0.002, 从甾烷的质



1—孕甾烷; 2—升孕甾烷; 3—20S-10α(H)、13(β)、17(α)-重排胆甾烷; 4—20R-10α(H)、13(β)、17(α)-重排胆甾烷; 5—20S-5(α)、14(α)、17(α)-胆甾烷; 6—20R-5(α)、14(β)、17(β)-胆甾烷; 7—20S-5(α)、14(β)、17(β)-胆甾烷; 8—20R-5(α)、14(α)、17(α)-胆甾烷; 9—20R-24-乙基-10(α)、13(β)、17(α)-重排胆甾烷; 10—20S-24-乙基-10(α)、13(α)、17(β)-重排胆甾烷; 11—20S-24-甲基-5(α)、14(α)、17(α)-胆甾烷; 12—20R-24-甲基-5(α)、14(β)、17(β)-胆甾烷; 13—20S-24-甲基-5(α)、14(β)、17(β)-胆甾烷; 14—20R-24-甲基-5(α)、14(α)、17(α)-胆甾烷; 15—20S-24-乙基-5(α)、14(α)、17(α)-胆甾烷; 16—20R-24-乙基-5(α)、14(β)、17(β)-胆甾烷; 17—20S-24-乙基-5(α)、14(β)、17(β)-胆甾烷; 18—20R-24-乙基-5(α)、14(α)、17(α)-胆甾烷

图 2 准噶尔盆地中部 III 区块第 1 类原油甾烷质量色谱图(M/Z=217)

Fig. 2 Mass Chromatogram of Steroids from Type I Oil in the Block III of Junggar Basin(M/Z=217)



1—孕甾烷; 2—升孕甾烷; 3—20S-10 $\alpha$ (H)、13( $\beta$ )、17( $\alpha$ )-重排胆甾烷; 4—20R-10 $\alpha$ (H)、13( $\beta$ )、17( $\alpha$ )-重排胆甾烷; 5—20S-5( $\alpha$ )、14( $\alpha$ )、17( $\alpha$ )-胆甾烷; 6—20R-5( $\alpha$ )、14( $\beta$ )、17( $\beta$ )-胆甾烷; 7—20S-5( $\alpha$ )、14( $\beta$ )、17( $\beta$ )-胆甾烷; 8—20R-5( $\alpha$ )、14( $\alpha$ )、17( $\alpha$ )-胆甾烷; 9—20R-24-乙基-10( $\alpha$ )、13( $\beta$ )、17( $\alpha$ )-重排胆甾烷; 10—20S-24-乙基-10( $\alpha$ )、13( $\alpha$ )、17( $\beta$ )-重排胆甾烷; 11—20S-24-甲基-5( $\alpha$ )、14( $\alpha$ )、17( $\alpha$ )-胆甾烷; 12—20R-24-甲基-5( $\alpha$ )、14( $\beta$ )、17( $\beta$ )-胆甾烷; 13—20S-24-甲基-5( $\alpha$ )、14( $\beta$ )、17( $\beta$ )-胆甾烷; 14—20R-24-甲基-5( $\alpha$ )、14( $\alpha$ )、17( $\alpha$ )-胆甾烷; 15—20S-24-乙基-5( $\alpha$ )、14( $\alpha$ )、17( $\alpha$ )-胆甾烷; 16—20R-24-乙基-5( $\alpha$ )、14( $\beta$ )、17( $\beta$ )-胆甾烷; 17—20S-24-乙基-5( $\alpha$ )、14( $\beta$ )、17( $\beta$ )-胆甾烷; 18—20R-24-乙基-5( $\alpha$ )、14( $\alpha$ )、17( $\alpha$ )-胆甾烷

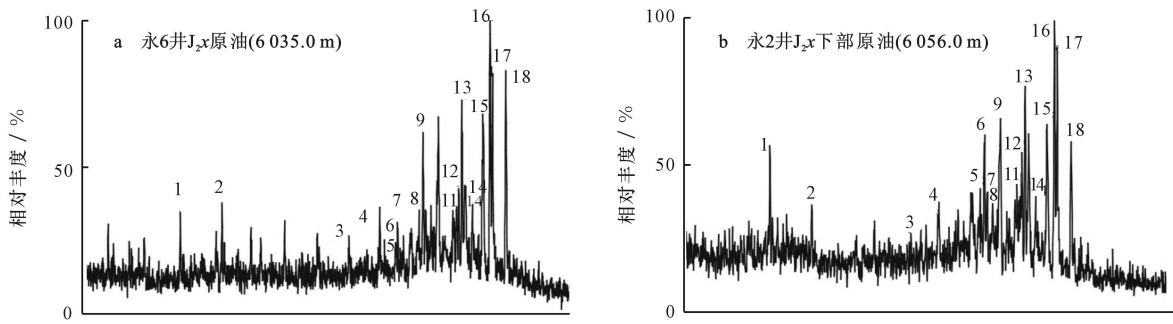
图 3 准噶尔盆地中部Ⅲ区块第 2 类原油甾烷质量色谱图(M/Z=217)

Fig. 3 Mass Chromatogram of Steroids from Type II Oil in the Block III of Junggar Basin (M/Z=217)

量色谱图看(图 4), 孕甾烷、升孕甾烷丰度很低, (孕甾烷+升孕甾烷)/规则甾烷值为 0.08~0.09, (孕甾烷+升孕甾烷)/ $\alpha\alpha\alpha$ 20RC<sub>29</sub> 值为 0.47~0.79, 重排甾烷含量很低, 重排甾烷/规则甾烷值为 0.12~0.25, 规则甾烷中  $\alpha\alpha\alpha$ 20RC<sub>27</sub>~C<sub>29</sub> 甾烷呈上升型分布,  $\alpha\alpha\alpha$ 20RC<sub>29</sub> 丰度最高, C<sub>27</sub> 规则甾烷具有  $\alpha\alpha\alpha$ 20SC<sub>27</sub>< $q\beta\beta$ 20RC<sub>27</sub>> $q\beta\beta$ 20SC<sub>27</sub>> $\alpha\alpha\alpha$ 20RC<sub>27</sub> 的

分布特征, C<sub>28</sub> 规则甾烷具有  $\alpha\alpha\alpha$ 20SC<sub>28</sub>< $q\beta\beta$ 20RC<sub>28</sub>< $q\beta\beta$ 20SC<sub>28</sub>> $\alpha\alpha\alpha$ 20RC<sub>28</sub> 的分布特征, C<sub>29</sub> 规则甾烷具有  $\alpha\alpha\alpha$ 20SC<sub>29</sub>< $q\beta\beta$ 20RC<sub>29</sub>> $q\beta\beta$ 20SC<sub>29</sub>> $\alpha\alpha\alpha$ 20RC<sub>29</sub> 的分布特征, 尤以  $q\beta\beta$ 20RC<sub>29</sub> 甾烷的丰度最高, 几乎不含甲基甾烷。

总体上看, 准噶尔盆地中部Ⅲ区块原油甾烷的分布特征有所差异, 但原油或油砂抽提物 C<sub>27</sub>~C<sub>29</sub>



1—孕甾烷; 2—升孕甾烷; 3—20S-10 $\alpha$ (H)、13( $\beta$ )、17( $\alpha$ )-重排胆甾烷; 4—20R-10 $\alpha$ (H)、13( $\beta$ )、17( $\alpha$ )-重排胆甾烷; 5—20S-5( $\alpha$ )、14( $\omega$ )、17( $\alpha$ )-胆甾烷; 6—20R-5( $\alpha$ )、14( $\beta$ )、17( $\beta$ )-胆甾烷; 7—20S-5( $\alpha$ )、14( $\beta$ )、17( $\beta$ )-胆甾烷; 8—20R-5( $\alpha$ )、14( $\alpha$ )、17( $\alpha$ )-胆甾烷; 9—20R-24-乙基-10( $\alpha$ )、13( $\beta$ )、17( $\alpha$ )-重排胆甾烷; 10—20S-24-乙基-10( $\alpha$ )、13( $\alpha$ )、17( $\beta$ )-重排胆甾烷; 11—20S-24-甲基-5( $\alpha$ )、14( $\alpha$ )、17( $\alpha$ )-胆甾烷; 12—20R-24-甲基-5( $\alpha$ )、14( $\beta$ )、17( $\beta$ )-胆甾烷; 13—20S-24-甲基-5( $\alpha$ )、14( $\beta$ )、17( $\beta$ )-胆甾烷; 14—20R-24-甲基-5( $\alpha$ )、14( $\alpha$ )、17( $\alpha$ )-胆甾烷; 15—20S-24-乙基-5( $\alpha$ )、14( $\alpha$ )、17( $\alpha$ )-胆甾烷; 16—20R-24-乙基-5( $\alpha$ )、14( $\beta$ )、17( $\beta$ )-胆甾烷; 17—20S-24-乙基-5( $\alpha$ )、14( $\beta$ )、17( $\beta$ )-胆甾烷; 18—20R-24-乙基-5( $\alpha$ )、14( $\alpha$ )、17( $\alpha$ )-胆甾烷

图 4 准噶尔盆地中部 III 区块第 3 类原油甾烷质量色谱图(M/Z=217)

Fig. 4 Mass Chromatogram of Steroids from Type III Oil in the Block III of Junggar Basin(M/Z=217)

规则甾烷中 $\beta\beta$ 构型的丰度明显比 $\alpha\alpha$ 构型的要高很多,  $C_{27} \sim C_{29} \alpha\beta 20S$  丰度明显高于  $C_{27} \sim C_{29} \alpha\alpha\alpha 20R C_{29}$ , 以上分布特征具有重要的成因意义。

4 成因分析

4.1 热演化成因

在有机质热演化过程中, 规则甾烷会发生异构化作用。由于 $\alpha\beta$ 甾烷异构体明显比 $\alpha\alpha\alpha$ 异构体更加稳定, 故  $C_{27} \sim C_{29} 5\alpha, 14\alpha, 17\alpha(20S)$  与  $C_{27} \sim C_{29} 5\alpha, 14\alpha, 17\alpha(20R)$  向  $C_{27} \sim C_{29} 5\alpha, 14\beta, 17\beta(20S)$  与  $C_{27} \sim C_{29} 5\alpha, 14\beta, 17\beta(20R)$  转化, 最终达到一种化学平衡状态。另外, 规则甾烷中 C-20 位碳原子支链的差异形成了两种差向异构体, R 型(生物构型)与 S 型(地质构型), 在成岩作用中生物构型(20R)的热稳定性要差,  $C_{27} \sim C_{29} 5\alpha, 14\alpha, 17\alpha(20R)$  转化为  $C_{27} \sim C_{29} 5\alpha, 14\alpha, 17\alpha(20S)$ ,  $C_{27} \sim C_{29} 5\alpha, 14\beta, 17\beta(20R)$  转化为  $C_{27} \sim C_{29} 5\alpha, 14\beta, 17\beta(20S)$ , 最终也达到化学平衡<sup>[3-8]</sup>。通常石油地球化学研究中利用  $C_{29}$  甾烷  $20S/(20S+20R)$  的比值与  $C_{29}$  甾烷  $\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$  的比值来研究原油与源岩成熟度更为准确<sup>[3]</sup>。准噶尔盆地中部 III 区块原油的  $\alpha\beta\beta$  构型丰度明显比  $\alpha\alpha\alpha$  构型要高很多, 地质构型(20S)的丰度亦较高,  $C_{29} \alpha\alpha\alpha 20S/(20S+20R)$  值为 0.42~0.57,  $C_{29} \beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$  值为 0.46~0.57, 表明原油或油砂抽提物达到较高的成熟度(图 5)。准噶尔盆地中部 II 区块原油来源于高成熟的源岩, 形成了独特的甾烷分布特征, 但从图 6 可看出, 永 6 井西山窑组泥

岩  $\beta\beta$  型甾烷相对丰度较低, 而来源于侏罗系源岩的第 3 类原油  $\beta\beta$  型甾烷丰度明显高于  $\alpha\alpha$  型, 因此, 较高热演化程度并不是造成准噶尔盆地中部 3 类原油甾烷分布特征的唯一成因。

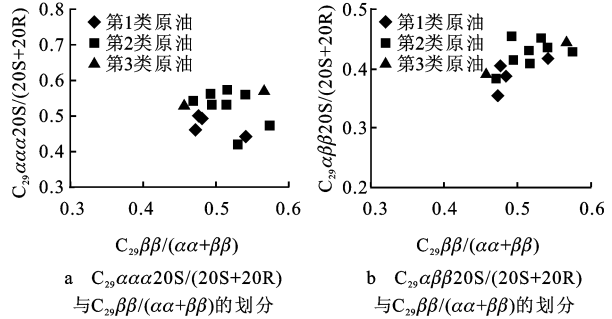


图 5 准噶尔盆地中部 III 区块 3 类原油成熟度划分

Fig. 5 Classification of the Three Types of Oils in the Block III of Junggar Basin

4.2 生物降解成因

原油组分受生物降解程度的差异导致分布特征有很大差别, 其难易顺序为正构烷烃(最易)大于无环异戊二烯烷烃类大于藿烷(有 25-降藿烷)大于等于甾烷大于藿烷(无 25-降藿烷)~重排甾烷大于芳香甾烷类大于卟啉。甾烷的生物降解在藿烷开始破坏之后,  $C_{27} \sim C_{30}$  依次降解, 而在相同碳数下, 由易到难为  $\alpha\alpha\alpha(20R) \gg \alpha\beta\beta(20R) > \alpha\alpha\alpha(20S) > \alpha\beta\beta(20S) > \text{重排甾烷}$ , 因此  $\alpha\alpha\alpha(20R)$  最容易降解<sup>9</sup>。文献[10-11]认为甾烷开始发生生物降解之后, 生物构型  $C_{27} \sim C_{29} \alpha\alpha\alpha(20R)$  甾烷比  $\alpha\beta\beta(20R)$  与  $\alpha\beta\beta(20S)$  异构体更容易破坏, 而对于  $\alpha\alpha\alpha(20S)$  的降解顺序为  $C_{27} > C_{28} > C_{29}$ ,

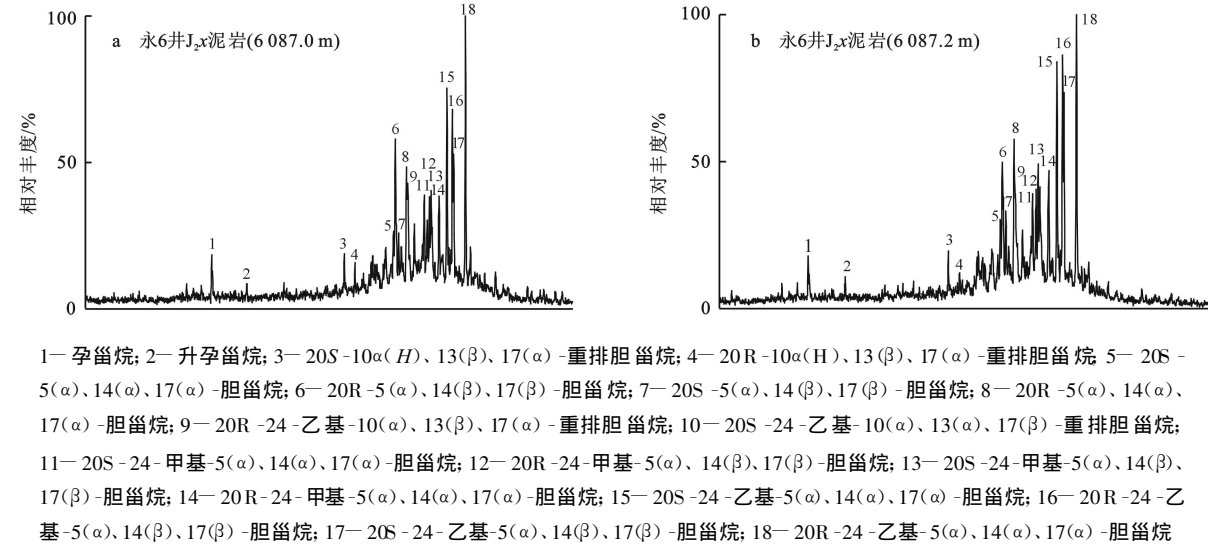


图 6 永 6 井侏罗系西山窑组泥岩甾烷类质量色谱图 ( $M/Z=217$ )

Fig 6 Mass Chromatogram of Steroids from Mudstone in Jurassic Xishanyao Formation in Well Yong 6 ( $M/Z=217$ )

并且发现当  $C_{27} \sim C_{29} \alpha\alpha\alpha$  (20R) 异构体完全损失时,  $C_{27} \sim C_{29} \alpha\alpha\alpha$  (20S) 甾烷异构体部分损失, 而  $\alpha\beta\beta$  (20R) 与  $\alpha\beta\beta$  (20S) 异构体没有明显的减少。准噶尔盆地中部 II 区块第 1 类与第 3 类原油不存在生物降解的迹象, 而第 2 类原油存在 25-降藿烷的生物降解。与其余两类原油相比, 第 2 类原油中  $C_{27}$  规则甾烷丰度明显偏低, 总体上  $C_{27}$  规则甾烷丰度低于  $C_{28}$ 、 $C_{29}$  规则甾烷, 但是重排甾烷的丰度较低, 因此甾烷中  $\alpha\beta\beta$  构型甾烷丰度比  $\alpha\alpha\alpha$  构型甾烷高。由此看见, 生物降解对原油甾烷的异构体也有重要的影响。

4.3 运移分馏成因

实验室模拟研究表明, 原油在运移过程中要发生地质色层效应, 运移作用势必也会造成甾烷指纹的变化。戴卿林等<sup>[12]</sup> 利用未混油或混油源岩样品 (指在源岩样品中加入一定量石油) 进行低温排烃模拟实验, 系统研究了煤与泥岩排烃过程中甾烷和萜烷的色层效应, 结果表明: 在排烃过程中, 煤岩排出烃相对于残留烃的  $C_{27}$ 、 $C_{28}$  甾烷相对丰度均明显增加, 而  $C_{29}$  甾烷相对丰度则明显下降; 然而, 沼泽相或湖相块状泥岩的残留烃与排出烃规则甾烷的分布特征则未见明显变化, 两者分布特征相似。陈中红等<sup>[13-14]</sup> 也得到了同样的结果。对于甾烷的异构体,  $\alpha\beta\beta$  构型比  $\alpha\alpha\alpha$  构型更容易运移, 可以综合运用不同构型甾烷的比值分析油气运移, 克服成熟效应对运移中地质色层作用判断的干扰<sup>[15-16]</sup>。Seifert 等<sup>[17]</sup> 利用甾烷  $\alpha\beta\beta$  (20R)/ $\alpha\alpha\alpha$  (20R) 的比值研究了 Etive 组砂岩中残留油, 其比值随油气运移距离的增大而增大。

准噶尔盆地中部 II 区块的原油推测主要来源于昌吉凹陷深部的二叠系源岩, 部分原油来源于侏罗系源岩, 而至今并未钻遇二叠系的烃源岩。从目前揭示的油藏剖面看, 源岩埋藏深, 断层不发育, 主要靠腹部超压诱导的微裂缝或者砂体运移, 垂向运移效果差, 以形成地层与岩性油气藏为主<sup>[18]</sup>, 因此, 原油的地质色层效应明显, 可能是受到运移的影响。

4.4 古环境或岩性成因

甾烷类化合物在判断古环境与有机质输入类型方面具有重要的意义, 通常利用  $C_{27} \sim C_{29}$  规则甾烷三角图判断有机质的输入类型, 孕甾烷与升孕甾烷丰度高可以指示盐湖相沉积环境<sup>[3]</sup>。前人研究表明, 不同沉积相类型会影响甾烷异构体的变化。Rullkötter J 等<sup>[19]</sup> 观察到盐湖相的  $\alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta + \alpha\alpha\alpha)$  值异常偏高; Peters 等<sup>[20]</sup> 通过模拟实验表明, 岩性影响  $\alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta + \alpha\alpha\alpha)$  参数值; 李素梅等<sup>[4]</sup> 研究了八面河地区不同沉积环境的烃源岩, 观察表明, 在  $C_{29} \alpha\alpha\alpha/20S/(S+R)$  值约为 0.3 时,  $5\alpha(H)$ 、 $14\alpha(H)$ 、 $17\alpha(H)$  (R,S) 构型开始向  $5\alpha(H)$ 、 $14\beta(H)$ 、 $17\beta(H)$  (R,S) 构型转化, 过了该临界点后, 咸水相烃源岩比淡水相更易形成  $5\alpha(H)$ 、 $14\beta(H)$ 、 $17\beta(H)$  构型异构体, 古环境和 (或) 岩性对甾烷的异构体可能起控制作用。准噶尔盆地中部 II 区块第 1、2 类原油的甾烷分布具有二叠系烃源岩的特征, 伽马蜡烷、孕甾烷与升孕甾烷以及  $\beta$ -胡萝卜烷丰度高, 以盐湖相为主, 从甾烷异构化参数 (图 7) 看, 原油或油砂抽提物进入高成熟阶段后,  $\alpha\beta\beta$  (20S)/ $\alpha\alpha\alpha$  (20R) 明显达到

一个高值, 因此, 可能受沉积古环境与岩性的影响, 其成因机理仍需进一步探讨。

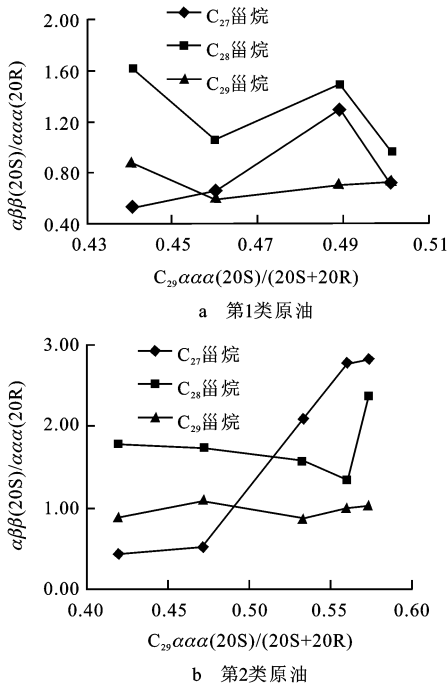


图 7 准噶尔盆地中部 III 区块第 I、II 类原油甾烷类异构化特征

Fig. 7 Isomerization of Steroids from Type I and II Oils in the Block III of Junggar Basin

## 5 结语

准噶尔盆地中部 II 区块 3 类原油甾烷分布特征具有一定的共性,  $C_{27}$ 、 $C_{28}$ 、 $C_{29}$  规则甾烷的异构体  $\alpha\beta\beta$  型相对丰度明显高于  $\alpha\alpha\alpha$  型, 尤以  $C_{28} \alpha\beta(20S)$  或  $C_{29} \alpha\beta(20R)$  丰度最高, 但这 3 类原油的油源不同, 因此, 甾烷分布特征具有特殊性。准噶尔盆地中部原油明显受到热演化程度、生物降解作用、运移分馏效应以及沉积古环境或岩性等因素的影响, 其中第 1、3 类原油受热演化作用与运移作用影响为主, 第 1 类原油还可能受到古环境或岩性作用的影响, 但两者均不受生物降解的影响; 第 2 类原油主要受热演化与运移作用影响, 同时存在生物降解的迹象。

### 参考文献:

[ 1 ] Mackenzie A S, Brassell S C, Eglinton G, et al. Chemical Fossils: the Geological Fate of Steroids[ J ]. Science, 1982, 217 (4559): 491-504.

[ 2 ] Tissot B P, Welte D H. Petroleum Formation and Occurrence [ M ]. Berlin: Springer-Verlag, 1978.

[ 3 ] Peters K E, Walters C C, Moldowan J M. The Biomarker

Guide: Biomarkers and Isotopes in Petroleum and Earth History[ M ]. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

[ 4 ] 李素梅, 庞雄奇, 金之钧. 八面河地区原油、烃源岩中甾类化合物的分布特征及其应用[ J ]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(6): 711-717.

[ 5 ] Mackenzie A S, Quirke J M E, Maxwell J R. Molecular Parameters of Maturation in the Toarcian Shales, Paris Basin, France- II. Evolution of Metaloporphyrins[ C ] // Douglas A G, Maxwell J R. Advance in Organic Geochemistry. Oxford: Pergamon Press, 1979: 239-248.

[ 6 ] Mackenzie A S, Hoffmann C F, Maxwell J R. Molecular Parameters of Maturation in the Toarcian Shales, Paris Basin, France- III. Changes in Aromatic Steroid Hydrocarbon[ J ]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1981, 45(8): 345-355.

[ 7 ] Mackenzie A S, Lewis C A, Maxwell J R. Molecular Parameters of Maturation in the Toarcian Shales, Paris Basin, France- IV. Laboratory Thermal Alteration Studies[ J ]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1981, 45(12): 2369-2376.

[ 8 ] Mackenzie A S, Lamb N A, Maxwell J R. Steroids Hydrocarbons and Thermal History of Sediments[ J ]. Nature, 1982, 295: 223-226.

[ 9 ] 张枝焕. 准噶尔盆地有效烃源岩分布特征、演化历史和油源贡献[ R ]. 北京: 中国石油大学, 2007.

[ 10 ] Seifert W K, Moldowan J M. The Effect of Biodegradation on Steranes and Trepanes in Crude Oils[ J ]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1979, 43(1): 111-126.

[ 11 ] Seifert W K, Moldowan J M, Demaison G J. Source Correlation of Biodegraded Oils[ J ]. Organic Geochemistry, 1984, 6: 633-643.

[ 12 ] 戴卿林, 郝石生, 卢双舫, 等. 煤与泥岩排烃过程中甾萜烷色层效应差异[ J ]. 地球化学, 1996, 25(4): 400-408.

[ 13 ] 陈中红, 查明. 烃源岩地质色层效应的模拟实验[ J ]. 地球化学, 2006, 35(2): 157-176.

[ 14 ] 陈中红, 吴孔友, 赵卫卫. 柴达木盆地东部第四系低丰度高效气源岩地球化学特征及成藏机理[ J ]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(1): 41-46.

[ 15 ] 曾宪章, 刘淑珍, 马顺平. 运移对生物标志物的影响[ J ]. 石油与天然气地质, 1987, 8(1): 38-44.

[ 16 ] 李政, 徐兴友, 宋来亮, 等. 伊朗卡山区块原油地球化学特征[ J ]. 石油勘探与开发, 2005, 32(5): 130-133.

[ 17 ] Seifert W K, Moldowan J M. Paleoreconstruction by Biological Markers[ J ]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1981, 45(6): 783-794.

[ 18 ] 邹华耀, 郝芳, 张柏桥, 等. 准噶尔盆地腹部油气充注与再次运移研究[ J ]. 地质科学, 2005, 40(4): 499-509.

[ 19 ] Rullkter J, Marzi R. Natural and Artificial Maturation of Biological Markers in a Toarcian Shale from Northern Germany[ J ]. Organic Geochemistry, 1988, 13(4/6): 639-645.

[ 20 ] Peters K E, Moldowan J M. The Biomarker Guide: Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments [ M ]. New Jersey: Prentice Hall, 1993.