

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

李素梅, 庞雄奇, 金之钧

(石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102249)

摘要: 对渤海湾盆地八面河地区 31 个分别形成于还原性咸化水体和淡水环境的页岩和泥岩样、20 个油样中甾类化合物进行了剖析。结果表明该区烃源岩、原油中的甾类化合物异常丰富, 主要包括 C_{27-29} 规则甾烷、 C_{28-30} 4-甲基甾烷、甲藻甾烷以及芳香甾类; 不同层段烃源岩中甾类化合物的分布各具特色, 发育于牛庄洼陷南斜坡咸化水体的富藻类沙四段页岩富含 4-甲基甾烷及甲藻甾烷, 形成于淡水环境的沙三段泥岩中甲藻甾烷不太发育。烃源岩、原油中规则甾烷的分布型式明显有别于甲基甾烷, 指示两类化合物可能来源于不同的藻类属种。甾类化合物的分布特征受控于古环境、生物先质种类及热成熟度等多种因素。不同层段甾类化合物的特征性分布使其成为该区油源岩确认的关键指标。结果还表明, 甲基甾烷在油源岩识别中比规则甾烷具有更好的应用效果。依据甾类化合物, 可判断埋深超过 2700 m 的 E_{s4} 烃源岩与原油具有较好的相关性, 发育于牛庄洼陷南斜坡的未熟—低熟特殊烃源岩—富藻类页岩与原油没有可比性, 该结论是对近期油源调查结果的进一步确认。

关键词: 湖相沉积; 4-甲基甾烷; 甲藻甾烷; 低熟油; 油源对比; 八面河油田。

中图分类号: P618.130.1; TE122.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2002)06-0711-07

作者简介: 李素梅(1968—), 女, 博士, 主要从事有机地球化学研究。

沉积物、原油中的甾类化合物因保存有生物类脂物的原始基本结构与同位素特征, 因而常用于油源对比及母源识别^[1]。甾类化合物也是确认热成熟度、古环境与古地温^[2]的重要生物标志物。借助于最新的分析测试技术, 近年甾类化合物的研究已取得一系列的进展。甲基甾烷为甾类化合物的重要组成部分, 该类化合物的来源、结构及分布特征可见于诸多报道, 主要包括 4-甲基甾烷(包括 C_{28} — C_{30} 甲藻甾烷), 3-甲基甾烷和 2-甲基甾烷^[3]。其中 C_{30} 4-甲基甾烷(包括甲藻甾烷)及其生物先质主要来自甲藻^[4], 在咸化或淡水湖相及晚三叠纪以来的海相环境^[2]中均有检测。

东营凹陷长期以来, 牛庄洼陷南斜坡的八面河及邻区的多个油田(广利、王家岗等)被认为是未熟—低熟油田, 位于牛庄洼陷南斜坡的富藻类未熟—低熟页岩被认为是八面河等油田的主力烃源岩, 为可溶有机质直接降解成因机制^[5]。如果所谓的特殊

烃源岩—南斜坡富藻类的 E_{s4} 页岩为主力烃源岩, 其可溶抽提物中的来源于藻类的丰富的甾类化合物的组成与分布特征应在相关原油中有所记录。毫无疑问, 相关的对比研究将有助于油源岩的确认。包括甲藻甾烷在内的 4-甲基甾烷因其生物先质具有较强的局限性^[6,7], 在油源对比中可能具有更好的对比效果。本文对该区甾类化合物的分布特征及其应用展开讨论, 作为最近笔者关于该区油源调查的补充^[8,9]。

1 样品与实验

本研究重点分析 31 个岩样、20 个油样(图 1)。有关实验项目与条件可参见文献^[8,9]。

2 结果与讨论

2.1 原油基本地球化学性质

八面河油田原油具有咸化、盐湖相原油的共同特征, 包括较高的甾烷、伽玛蜡烷含量、高 C_{35}/C_{34} —

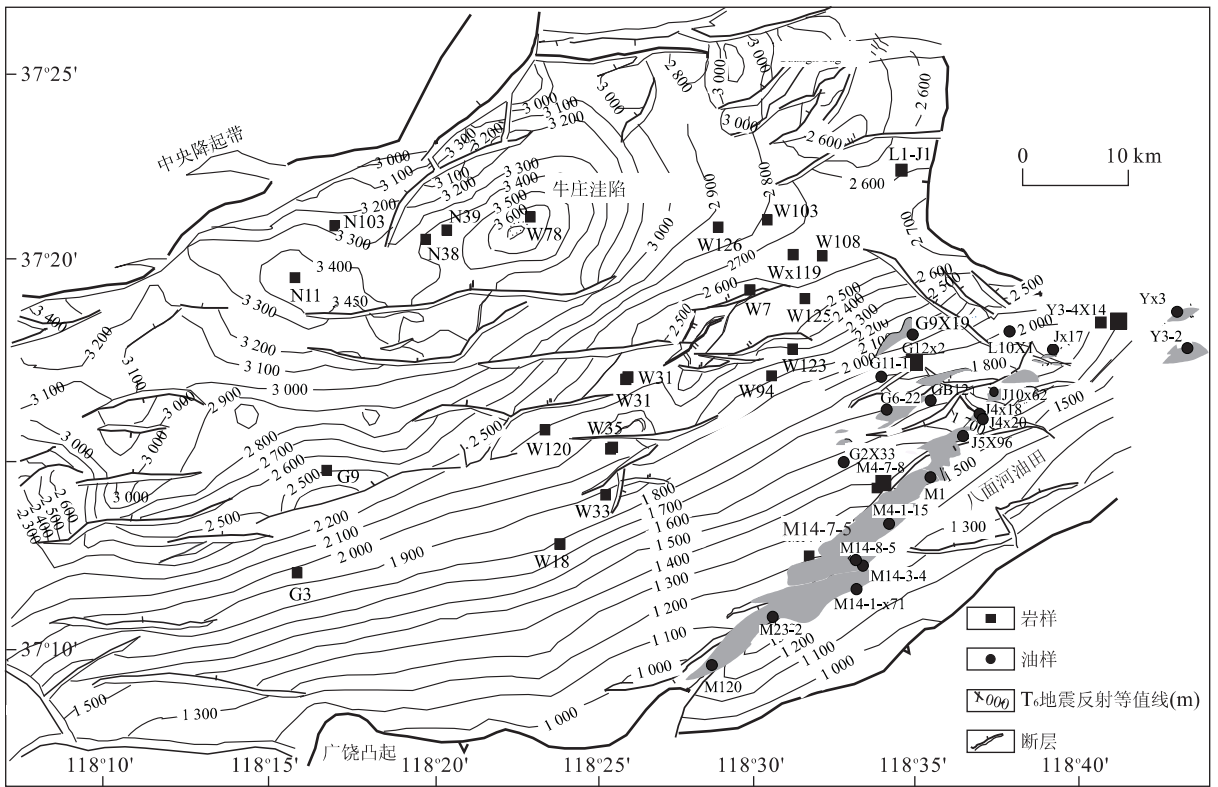


图 1 八面河油田地理位置与样品分布

Fig. 1 Location of Bamianhe oilfield and samples

藿烷值、低重排甾烷含量,以及低 $\omega(\text{Pr})/\omega(\text{Ph})$ 、高甾烷/藿烷值^[9]。原油的 C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha-20\text{S}/(20\text{S}+20\text{R})$, $\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$ 并未达平衡终点 (0.5 及 0.55)^[9], 反映原油在常规生油高峰之前形成, 因甾烷异构化参数值偏低, 八面河油田原油常在文献中作为典型的未成熟经济油被引证。尽管甾烷异构化参数似乎支持未熟—低熟油的说法, 但原油较高的饱芳比与该观点并不一致。此外, CPI、OEP 值接近 1, $n-C_{21+22}/n-C_{28+29}$ 值 >1 , C_{31} 藿烷值 $22\text{S}/(\text{S}+\text{R})$ 达平衡值^[9], 非降解油的石蜡指数值落于常规油的范畴^[10], 均指示原油的成熟性。

与原油性质的一致性相反, 烃源岩表现出较强的分异性^[8], 主要与其形成环境及母源的差异有关。油源对比结果显示, 该区原油与沙四段处于正常生油门窗内的烃源岩有较好的相关性^[9]。

2.2 甾类化合物分布特征

2.2.1 总体组成与分布

原油与源岩抽提物中检测到的甾类化合物主要包括 C_{27-29} 规则甾烷、 C_{28-30} 甲基甾烷、 C_{26-28} 三芳香甾烷, 及少量 C_{20-21} 甾烷、 C_{19-21} 三芳香甾烷、单芳和双芳甾烷。牛庄洼陷南斜坡未熟、低熟烃源岩抽提物大多以生物立体构型 ($R \gg S, \alpha\alpha\alpha \gg$

$\alpha\beta\beta$) 为主, 取自牛庄洼陷沉积中心的样品较高的热成熟度。绝大多数样品的 C_{27} , C_{28} , $C_{29} 5\alpha(\text{H})$, $14\alpha(\text{H})$, $17\alpha(\text{H})$ 都表现出“V”字型的分布特征^[8,9]。

原油中甾烷的指纹分布似乎表现出与浅层烃源岩抽提物类似的未熟—低熟分布特征, 但是, 这种分布型式并不一定反映最初的面貌。据 Li 等^[9] 的研究, 正常油与未熟—低熟油混合和/或运移过程中受储层相邻的未熟—低熟烃源岩抽提物的侵染可导致甾烷表现出未熟特征、 $C_{29} \alpha\alpha\alpha-20\text{S}/(20\text{S}+20\text{R})$ 、 $C_{29} \alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$ 甾烷参数的大幅度降低。该区原油 $C_{29} \alpha\alpha\alpha$ 甾烷 $20\text{S}/(\text{R}+\text{S})$ 值 (八面河油田为 0.31~0.44, 2 个羊角沟油样偏低) 仍然远远高于正常生油窗以上的烃源岩。

甾类化合物绝对定量分析表明, 埋深低于 2 700 m 的 Es_4 页岩具有高丰度的规则甾烷、甲基甾烷和甲藻甾烷含量 (图 2a, 2b, 2c), 反映高丰度的藻类生源输入, 藻类微生物为甾类化合物的主要生物先质。随着成熟度的增加, 甾类化合物的总丰度显著降低, 这主要与热成熟过程中饱和烃类 (如正构烷烃) 的大量形成所导致的稀释作用密切相关。该区原油、烃源岩中亦检测到丰富的三芳香甾烷 (图 2d), 与

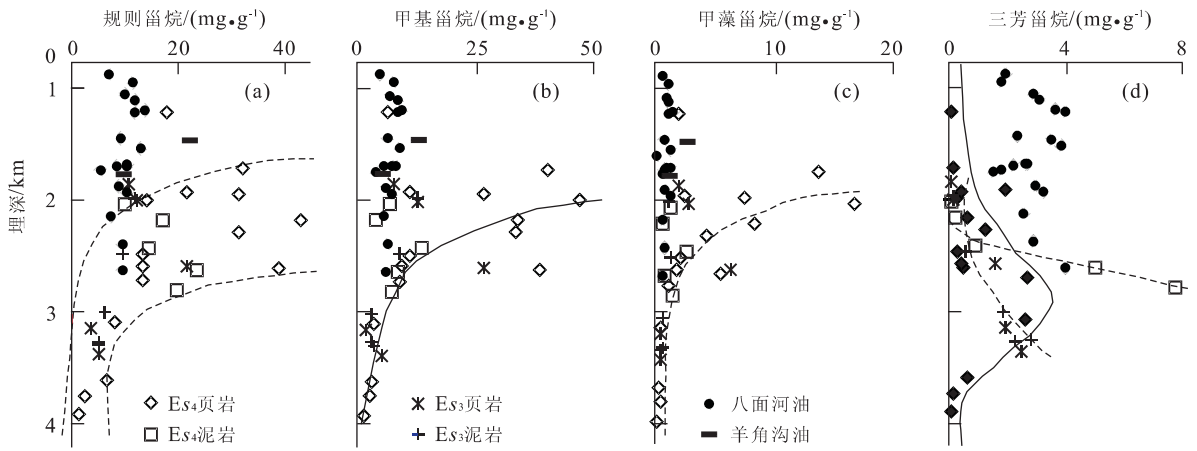


图 2 原油、烃源岩中甾类化合物丰度变化特征

Fig. 2 Absolute abundance of steroids in crude oils and rock extracts

其他甾类化合物具有不同的演化途径,此类化合物极可能是早期成岩作用的产物.与烃源岩不同的是,绝大多数原油具有类似的甾类化合物分布特征(图 2).甾类化合物绝对定量结果显示,原油与正常生油窗内的烃源岩具有更好的相关性(图 2).

2.2.2 甾类热演化特征 甾类异构化参数是最常用的成熟度指标之一.上文结果显示,饱和烃中的甾类化合物总量随成熟度增加而降低,但不同的异构体有不同的变化规律.随成熟度的增加,生物型异构体 $C_{27}, C_{28}, C_{29-\alpha\beta\beta/20(R)}$ 绝对丰度有降低趋势、地质构型 $C_{27}, C_{28}, C_{29-\alpha\beta\beta/20(S)}$ 则呈相反的变化趋势,表明热演化过程中生物构型异构体向地质构型转化.

沉积物中 C_{29} 甾烷 20R 向 20S 的演化似乎是一级反应, Moldowan 等^[11]指出必须认识到存在一些二级反应因素,其对甾烷在 C-20 位的异构化的动力计算精度有限制作用,已经发现强还原相与非还原相 C_{29} 甾烷 20S/20R 值有明显差异,形成于强还原性环境的烃源岩相应参数值偏低.

八面河地区烃源岩形成于不同的原始沉积环境,如沙三段泥岩为淡水相,而沙四段页岩为强还原性咸水相.观察表明,在 C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha/20S/(S+R)$ 值约为 0.3 时, $5\alpha(H)14\alpha(H)17\alpha(H)(R,S)$ 构型开始向 $5\alpha(H)14\beta(H)17\beta(H)(R,S)$ 构型明显转化(图 3a, 3b).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. C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha/20S/(S+R)$ 值超过 0.4 后, E_{33} 岩样与 E_{44} 页岩具有低得多的 $20S-\alpha\alpha\beta/20R-\alpha\alpha\alpha$ 值(图 3). E_{44} 页岩抽提物中 $C_{28}, C_{29-\alpha\beta\beta/20(S)}$ 的绝对丰度总

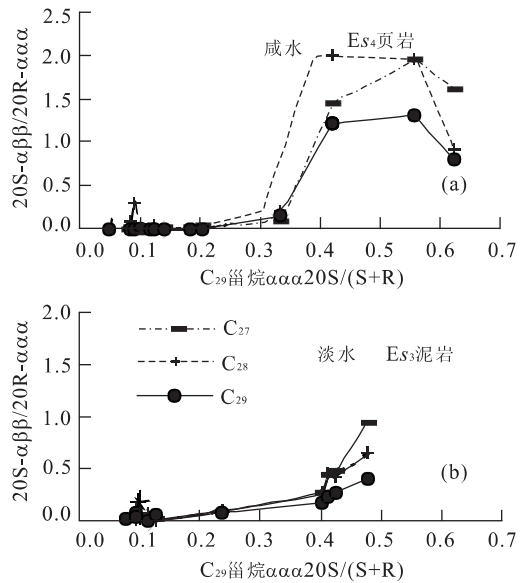


图 3 烃源岩甾类化合物异构化特征

Fig. 3 Isomerization of steroids in rock extracts

体高于 E_{33} 岩样.该特征与前人观察到的盐湖相的 $\alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta+\alpha\alpha\alpha)$ 值异常偏高^[12]相一致.但是,在未进入正常生油门限之前(埋深低于 2 700 m),咸水相的 E_{44} 页岩和泥岩中 $C_{29}\alpha\beta\beta/20S$ 异构体几乎不太发育,而 E_{33} 岩样含少量该化合物(图 4).在达到生油门限前,咸水相环境中 $\alpha\beta\beta/20S$ 构型的形成速率可能较慢,淡水相的 E_{33} 泥岩甾烷的 $C_{29}\alpha\beta\beta/20S/C_{29}\alpha\alpha\alpha/20R$ 值高于咸水相的 E_{44} 页岩(图 4).事实上,在早期成岩作用阶段 $\alpha\beta\beta/20S$ 构型可能不容易形成,但在原始生物先质中可能存在少量该异构体.本研究表明,古环境和/或岩性对甾烷的异构体可能起控制作用,模拟实验表明岩性影响 $\alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta+\alpha\alpha\alpha)$ 参数值^[13].

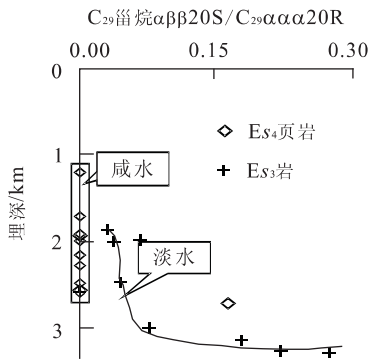


图 4 C_{29} 甾烷 $\alpha\beta\gamma 20S/C_{29}\alpha\alpha\alpha 20R$ 与埋深的关系

Fig. 4 C_{29} steranes $\alpha\beta\gamma 20S/C_{29}\alpha\alpha\alpha 20R$ versus burial depth

2.2.3 甲基甾烷组成与分布 甲基甾烷的组成与分布如图 5 所示,化合物的鉴定依据保留时间与质谱特征^[6,7,14,15],初步确认有 8 个单体甲藻甾烷(图 5)。最近,于膏盐地层与海相地层^[1]中亦检测到相同的化合物。

依据甲基甾烷系列的分布, E_{S_4} 烃源岩可分为 3 组, 一组为发育于南斜坡的埋深小于 2 700 m 的页岩, 以相对较高丰度的甲藻甾烷和 $C_{29} 4(\alpha)$ -甲基甾烷为特征, C_{27} , C_{28} 和 $C_{29} 4\alpha$ - $\alpha\alpha\alpha$ -甾烷相对丰度总体依次增加(图 5); 埋深超过 2 700 m 的 E_{S_4} 泥岩与页岩可划为另一组, 特征是缺少甲藻甾烷(少数样品有痕量分布), 随着成熟度的增加, 地质型甾类异构体丰度增加; 广利洼陷 2 个页岩划为第三组, 甲藻甾烷含量极度低, C_{27} , C_{28} 和 $C_{29} 4(\alpha)$ -甲基 $\alpha\alpha\alpha$ 甾烷呈“V”字型。 E_{S_3} 岩样同样分为 3 组(图 5), 第一组为含有甲藻甾烷的页岩, C_{27} , C_{28} 和 $C_{29} 4\alpha$ - $\alpha\alpha\alpha$ -甾烷的丰度依次增强; 泥岩为第二组, C_{27} , C_{28} 和 $C_{29} 4\alpha$ - $\alpha\alpha\alpha$ -甾烷呈“V”字型分布, 缺少甲藻甾烷, 与广利洼陷的页岩特征相一致; 第三组为岩性有异的岩样, 包括泥灰岩和钙质泥岩, 该组样具有较高丰度的 4β -甲基 $\alpha\alpha\alpha$ 甾烷, C_{27} , C_{28} 和 $C_{29} 4\alpha$ - $\alpha\alpha\alpha$ -甾烷也呈“V”字型分布, 不含甲藻甾烷或含量甚低。

八面河油田油样中缺少甲藻甾烷, 仅羊角沟原油含有少量甲藻甾烷, C_{27} , C_{28} 和 $C_{29} 4\alpha$ - $\alpha\alpha\alpha$ -甾烷相对丰度依次增加。该组化合物的另一特征是 1 号化合物相对丰度高于 C_{27} -甲基 $\alpha\alpha\alpha$ 甾烷(图 5)。不同层段烃源岩有特色的分布可为油源岩的确认提供重要证据。

值得提出的是, E_{S_3} 和 E_{S_4} 页岩 C_{28} - $C_{30} 4$ -甲基甾烷的相对分布完全不同于 C_{27} - C_{29} 规则甾烷, 后者 C_{27} , C_{28} 和 $C_{29} \alpha\alpha\alpha$ 甾烷均呈“V”字型分布, 可能指示两类化合物具有不同的藻类属种。 4-甲基甾烷(包

括甲藻甾烷)主要来自沟鞭藻^[4], 甲藻甾烷和甲藻甾醇几乎仅检测于现代沟鞭藻中^[16], 而规则甾烷具有多种来源。推测甲藻甾类化合物有 2 种可能的来源, 首先, 形成于陆相咸化水体的沟鞭藻可合成甲藻甾烷的先质体; 其次, 可能与海侵有关。依据对古生物如有孔虫、沟鞭藻纲、钙质微古生物等的研究, 裘松余等^[17]提出渤海湾盆地沙河街组、苏北盆地阜宁组发生过海侵作用。因此, 甲藻甾烷可能是海侵作用的产物。八面河地区沙河街组 $24-n$ -丙基胆甾烷的检测似乎可为过去海侵作用的发生提供依据^[5]。

绝大多数烃源岩与原油具有类似的 C_{27} , C_{28} 和 C_{29} 规则甾烷相对分布特征。然而, 甲基甾烷的分布却有显著的差异(图 5)。为讨论影响 C_{28} , C_{29} 和 $C_{30} 4\alpha$ -甲基- $\alpha\alpha\alpha$ -甾烷相对分布的可能因素, 分别作 $C_{28} 4\alpha$ - $\alpha\alpha\alpha 20R/C_{29} 4\alpha$ - $\alpha\alpha\alpha 20R$ 甾烷和 $C_{28} 4\alpha$ - $\alpha\alpha\alpha 20R/C_{30} 4\alpha$ - $\alpha\alpha\alpha 20R$ 甾烷与成熟度参数 $C_{29} \alpha\alpha\alpha 20S/(S+R)$ 的相关性分析, 结果表明前者与后者没有必然的联系, 规则甾烷也有相似的特征, 表明母源特征是控制 C_{28} , C_{29} 和 $C_{30} 4\alpha$ -甲基- $\alpha\alpha\alpha$ -甾烷相对分布的重要因素。因甲基甾烷的生物先质有其局限性, 故在原始生物先质识别上, 甲基甾烷与规则甾烷更具有优越性。

2.3 甾类化合物在油源对比中的应用

将原油与岩样抽提物中的甲基甾烷进行对比分析, 可很容易地将分布于牛庄洼陷南斜坡的位于正常生油门窗以上的所谓的特殊烃源岩—— E_{S_4} 富藻类页岩排除出八面河油田主力生油岩的范畴。该特殊层段富集包括沟鞭藻在内的多种藻类, 这反映于烃源岩抽提物中具有显著高丰度的甾类生物标志物, 尤其是甲藻甾烷。然而, 八面河油田原油中的甲藻甾烷并不太发育。东营凹陷另一套重要的生油岩—— E_{S_3} 泥岩, 同样不太可能为油源岩, 其 C_{27} , C_{28} 和 $C_{29} 4\alpha$ - $\alpha\alpha\alpha$ -甾烷呈“V”字型分布, 而原油呈线型分布(图 5)。上文已排除成熟度对甲基甾烷相对分布的控制作用, 因而该类化合物在油源对比中具有一定的有效性。浅层 E_{S_3} 页岩及其他层段烃源岩(泥灰岩、钙质泥岩)亦不可能为该区重要烃源岩。一方面, 烃源岩的分布非常局限^[8], 另一方面, 有机组分的化学成分(包括甲基甾烷)没有可比性^[8](图 5)。该区位于正常生油门窗内的 E_{S_4} 烃源岩(主要位于牛庄洼陷)为具有重要潜力的主力烃源岩; 广利洼陷不太可能为主要生油灶, 八面河油田原油中甲基甾烷的分布型式不同于广利洼陷。

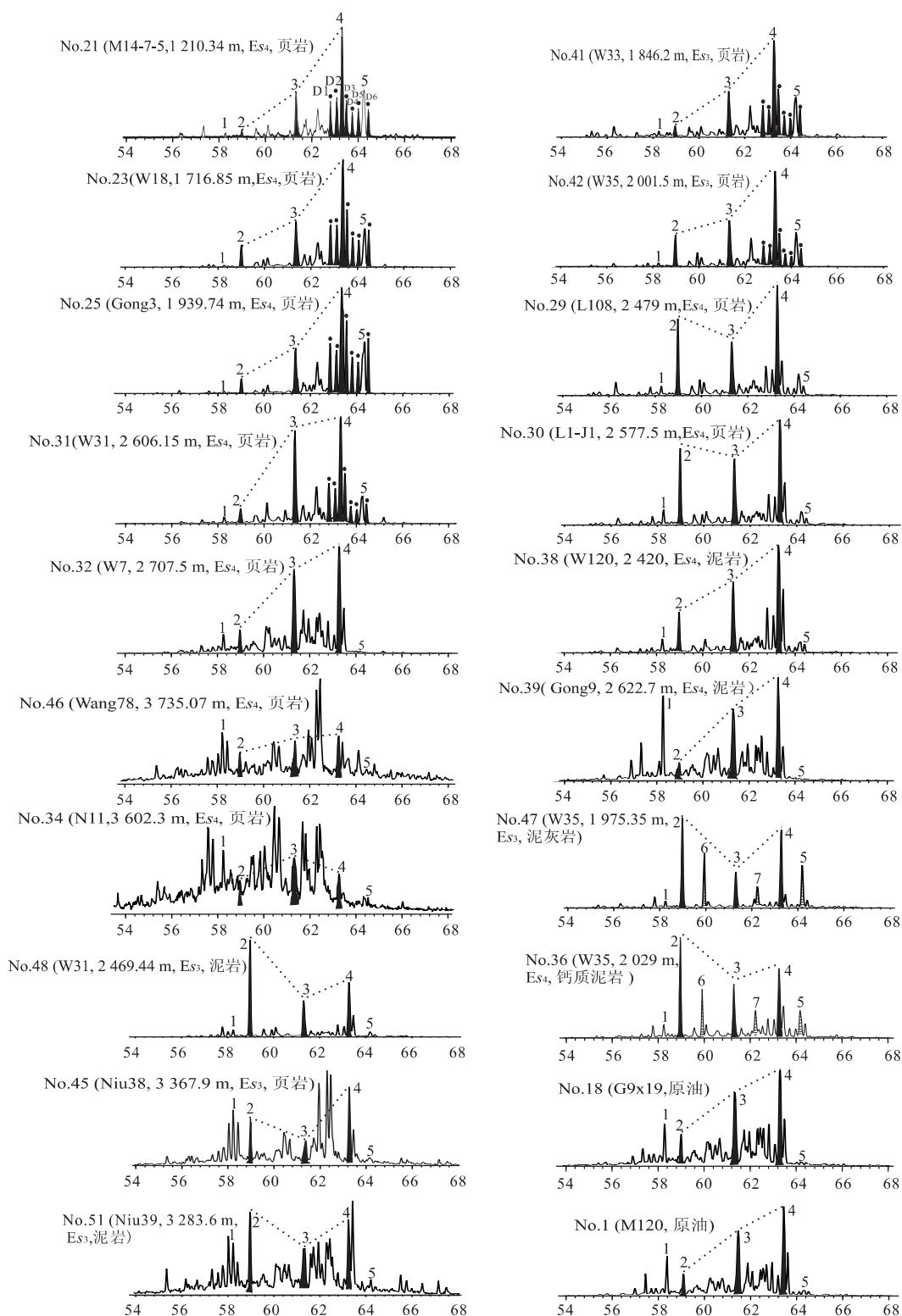


图 5 原油、烃源岩 m/z 231 质量色谱

Fig. 5 m/z 231 mass chromatography of crude oils and rock extracts

1. 未定性化合物; 2, 3, 4. 分别为 C_{28} , C_{29} 和 $C_{30}4\alpha$ -甲基- $\alpha\alpha$ -20R 甾烷; 5. $C_{30}4\beta$ -甲基- $\alpha\alpha$ -20R 甾烷

八面河地区 m/z 217 质量色谱图可应用于油源对比, 但效果不太明显。而甲基甾烷却特别有效, 上

文分析显示: (1) 甲藻甾烷出现与否及其绝对丰度的高低; (2) $C_{28-30}4\alpha, \beta$ -甲基甾烷的相对分布可作为该

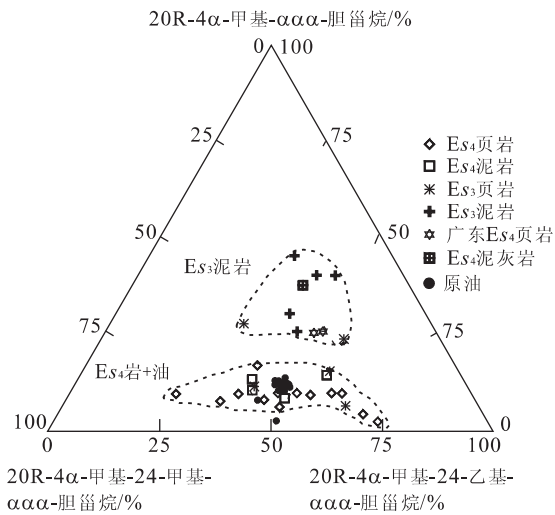


图 6 油-岩聚类相关分析

Fig. 6 Oil-source rock correction using methyl steranes

区油源岩识别的重要指标。甾类生物标志物的绝对定量分析同样显示原油与正常油窗内烃源岩较好的相关性(图 2)。

在 20R-4 α -甲基- $\alpha\alpha\alpha$ -、20R-4 α -甲基-24-甲基- $\alpha\alpha\alpha$ -和 20R-4 α -甲基-24-乙基- $\alpha\alpha\alpha$ -胆甾烷三端元三角图中,所有的样品分成 2 类,一类为 E_{s_3} 泥岩和广利洼陷的 E_{s_4} 页岩以及非均质岩性样品,特征是具有异常高的 4 α - $C_{28}\alpha\alpha\alpha$ 甾烷;另一组为 E_{s_4} 烃源岩(页岩与泥岩)、 E_{s_3} 页岩和原油样(图 6),进一步表明八面河原油与沙四段烃源岩较好的相关性,同时表明 4 α -甲基甾烷的相对分布特征可能与特定生物属种有关。先前笔者已对八面河地区作过详细的油源对比工作^[9],本研究与之完全一致。

3 结论

八面河地区原油、热演化程度与原始沉积环境具有显著差异,烃源岩中甾类化合物的分析表明,甾类化合物的分布型式主要决定于热成熟度、生物先质,藻类生物的不同属种也可导致甾类化合物种类与分布的差异。甲基甾烷与非甲基甾烷可能有完全不同的原始生物先质,表现两类化合物的分布没有可比性。相对于淡水沉积环境(E_{s_3} 泥岩),包括甲藻甾烷在内的甲基甾烷在还原性咸水环境较为发育(E_{s_4} 页岩)。本研究证实甲基甾烷在油源对比中特别有效,依据甲藻甾烷、 C_{28-30} 4 α 、 β -甲基甾烷的分布特征,牛庄洼陷南斜坡特殊烃源岩—沙四段页岩(埋

深低于 2 700 m)并非八面河油田原油的主力烃源岩,与近期该区的油源重新调查结果相吻合。除热成熟度以外,古环境对甾烷的异构化也起限制作用。

参考文献:

- [1] Thomas J B, Marshall J, Mann A L, et al. Dinosteranes (4, 23, 24-trimethylsteranes) and other biological markers in dinoflagellate-rich marine sediments of Rhaetian age [J]. *Organic Geochemistry*, 1993, 20(1): 91—104.
- [2] Summons R E, Thomas J, Maxwell J R, et al. Secular and environmental constraints on the occurrence of dinosteranes in sediments [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1992, 56: 2437—2444.
- [3] Dahl J, Moldowan J M, Summons R G, et al. Extended 3 β -alkyl steranes and 3-alkyl triaromatic steroids in crude oils and rock extracts [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1995, 59(18): 3717—3729.
- [4] Wolff G A, Lamb N A, Maxwell J R. The origin and fate of 4-methyl steroid hydrocarbons. I: Diagenesis of 4-methyl steranes [J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1986, 50: 335—342.
- [5] 张林晔,张春荣. 低熟油生成机理及成油体系——以济阳坳陷牛庄洼陷南部斜坡为例[M]. 北京:地质出版社, 1999. 5—123.
ZHANG L Y, ZHANG C R. Origins of immature oils and related petroleum systems; case studies from the southern slope of Niuzhuang sag, Jiyang depression [M]. Beijing: Geology Publishing House, 1999. 5—123.
- [6] Rubinstein N, Eglinton G, Brassell S C, et al. Dinoflagellate origin for sedimentary 4-methyl steroids and 5 α (H) stanols [J]. *Nature*, 1984, 308: 439—441.
- [7] Summons R E, Volkman J K, Boreham C J. Dinosterane and other steroidal hydrocarbons of dinoflagellate origin in sediments and petroleum [J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1987, 51: 3075—3082.
- [8] Li S, Li M, Pang X, et al. Petroleum systems in the Bohai Bay basin. Part I: Distribution and organic geochemistry of petroleum source rocks in the Niuzhuang south slope [J]. *Organic Geochemistry*, 2002.
- [9] Li M, Pang X, Li S, et al. Petroleum systems in the Bohai Bay basin. Part II: Geochemical evidence for significant contribution of mature source rocks to “immature oils” in the Bamianhe field [J]. *Organic Geochemistry*, 2002.
- [10] 曹叔彬. 胜利油田的天然气[A]. 见: 帅德福, 王秉海. 中

- 国石油地质——胜利油田[C]. 北京:石油工业出版社, 1993, 6: 328—356.
- CAO S B. Natural gas in the Shengli oilfields [A]. In: SHUAI D F, WANG B H, eds. Petroleum geology of China: Shengli oilfields [C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993, 6: 328—356.
- [11] Moldowan J M, Fago F J, Lee C Y, et al. Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks [J]. Bull Amer Assoc Petrol Geol, 1985, 69: 1225—1268.
- [12] Rullkötter J, Marzi R. Natural and artificial maturation of biological markers in a Toarcian shale from northern Germany [J]. Organic Geochemistry, 1988, 13: 639—645.
- [13] Peter K E, Moldowan J M, Sundararaman P. Effects of hydrous pyrolysis on biomarker thermal maturity parameters: monterey phosphatic and siliceous members [J]. Organic Geochemistry, 1990, 15: 249—265.
- [14] Horsfield B, Curry D J, Bohacs K, et al. Organic geochemistry of freshwater and alkaline lacustrine sediments in the Green River Formation of the Washakie basin, Wyoming, USA [J]. Organic Geochemistry, 1994, 22 (3—5): 415—440.
- [15] Volkman J K, Gagosian R B, Wakeham S G. Free and esterified sterols of the marine dinoflagellate gonyaulax polygramma [J]. Lipids, 1984, 19: 457—465.
- [16] Volkman J K, Barrett S M, Dunstan G A, et al. Geochemical significance of the occurrence of dinosterol and other 4-methyl sterols in a marine diatom [J]. Organic Geochemistry, 1993, 20: 7—15.
- [17] 裘松余, 卢兵力, 陈永成. 中国东部早白垩世至晚第三纪海侵[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14: 97—106.
- QIU S Y, LU B L, CHEN Y C. Transgression from Early Cretaceous to Neogene in east China [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 1994, 14: 97—106.

Distribution and Significance of Steroids in Bamianhe Oilfield, East China

LI Su-mei, PANG Xiong-qi, JIN Zhi-jun

(Basin & Reservoir Research Center, University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: 31 samples of shales and mudstones developed in reducing hypersaline and freshwater setting and 20 oil samples of Bamianhe oilfield, Bohai Bay basin were collected for a detailed study of petroleum system. Composition and distribution of specific significance of steroids were discussed as a part of the study. Abundant steroidal biomarkers including C_{27-29} regular steranes, C_{28-30} 4-methyl steranes, dinosteranes and aromatic steranes were detected. The composition and distribution of the steroids in the samples studied were a function of thermal maturity, organic source, paleoenvironment and lithology of potential source rocks. Alga-rich Es_4 shales (brackish water) developed in the south slope of depocenter (Niuzhuang sag) were found particularly rich in steroidal biomarkers including C_{30} 4-methyl steranes and dinosteranes. While Es_3 mudstones (fresh water) displayed devoid of dinosterane, abundant 4- β steranes were only found in argillaceous limestone and calcareous mudstone, clearly distinguished from the other rocks. Distribution patterns of regular steranes are different from methyl steranes completely indicating different origins of specific compound of the fraction. Isomerization of steroids were observed to be determined by paleoenvironment and lithology besides thermal maturity. Methyl steranes were proved much more useful in oil-source rock correlation than regular steranes. It was not possible that alga-rich Es_4 shales located on the south slope were the primary source rock responsible for the oil discovered based on composition and distribution of steroids.

Key words: lacustrine sediment; 4-methyl sterane; dinosterane; immature oil; oil-source correlation; Bamianhe oilfield.