

文章编号: 1000 0747(2005) 06 0064 05

酒西坳陷下白垩统藻纹层灰岩生烃特征

陈建军¹, 程克明², 熊英², 马立元³

(1. 中国石油玉门油田公司; 2. 中国石油勘探开发研究院; 3. 中国科学院地质与地球物理研究所兰州油气资源研究中心)

基金项目: 中国石油勘探开发研究院科技攻关项目“酒西盆地油气生成研究”

摘要: 酒西坳陷下白垩统藻纹层泥质白云岩和白云质泥岩是该区主要烃源岩。碳同位素及各类生物标志化合物研究表明, 酒西坳陷主要原油为成熟度较低(甾烷异构化参数一般为0.45~0.50, 尚未达异构化终点)的原油, 伽马蜡烷、C₃₀甲基甾烷和甲基甾烷含量相对比较高, 重排甾烷含量低, 反映其母源沉积环境是具有一定咸度的微咸水和弱碱性还原条件下藻类较发育的水体。这是该区原油的主要特征, 也是酒西坳陷碳酸盐岩生烃的特色之一。图11参11

关键词: 生物标志化合物; 藻纹层; 湖相碳酸盐; 碳同位素组成; 亲缘圈

中图分类号: TE122.114

文献标识码: A

酒西坳陷是在加里东褶皱基底上发展的中、新生代陆内沉积坳陷。早白垩世, 酒西坳陷近北东向的同生断裂强烈活动, 周边地形高差悬殊, 导致该区多物源、多水系, 沉积物粗细交替, 厚度及岩相变化剧烈。在早白垩世总体沉降背景上, 酒西坳陷存在多期震荡活动, 形成由赤金堡组(K_{1c})、下沟组(K_{1g})和中沟组(K_{1z})构成的3个次级构造沉积旋回, 碎屑岩与湖相碳酸盐岩交互, 沉积物由粗至细再至粗, 最大厚度达3500m^[1,2]。精细的油源研究业已证实, 下沟组及赤金堡组湖相碳酸盐岩中的藻纹层灰岩是酒西坳陷的主力烃源岩^[2]。

1 湖相碳酸盐岩藻纹层的发育特征

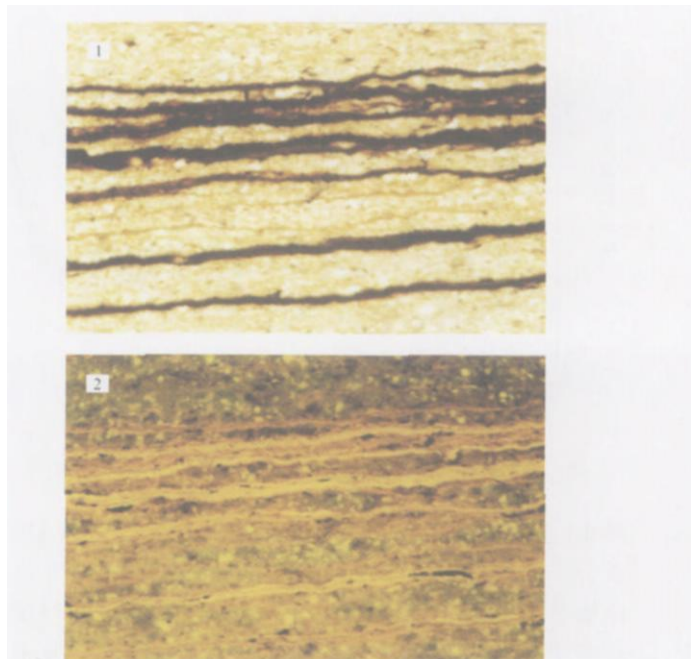
酒西坳陷下白垩统深灰色、黑色白云质泥岩和泥质白云岩季节性纹理十分发育, 纹层厚0.03~10mm, 一般薄于5mm, 且分布极不均匀, 反映陆相碳酸盐岩十分突出的非均质性。纹层分别为富泥晶白云石纹层、富泥质有机质纹层(藻纹层)和泥质黄铁矿纹层, 三者纵向互相叠置, 组成三层式或二层式沉积结构, 即三元纹层或二元纹层^[3]。有机质纹层主要由浮游藻类及其降解产物组成, 一般顺层分布, 形成有机质富集层(见图1)。富含藻纹层的岩石有机碳平均含量在2.0%以上, 生烃潜量平均10mg/g, 属优质烃源岩。

2 原油地球化学特征

为进一步揭示酒西坳陷下白垩统湖相碳酸盐岩与已发现各油田原油的亲缘关系, 本文重点对该区原油的地球化学特征进行了系统研究。

2.1 原油碳同位素组成特征

酒西坳陷各油田原油产出层位不同, 窟窿山和柳沟庄油田为下白垩统下沟组和中沟组的泥质白云岩, 鸭儿峡油田(属新生古储的潜山油田)为志留系泉脑沟



柳4井, K_{1g2}, 4487.7m, 深灰色白云质泥岩中由层状藻聚集而成的有机质纹层; 1—透射光; 2—蓝光激发荧光。层状藻发亮黄色和褐黄色荧光

图1 酒泉盆地白垩统烃源岩中典型的藻纹层

群变质岩, 老君庙、石油沟、白杨河及单北等油田主要是古近系白杨河组和火烧沟组的紫红色砂岩。各油田原油的地球化学性质较为一致, 特别是原油的族组分碳同位素组成和单体烃碳同位素组成极其相似。

酒西坳陷主要原油族组分碳同位素组成分布趋势比较一致(见图2), 全油的 $\delta^{13}C$ 值平均为-31‰, 饱和烃的平均值为-32.3‰, 芳香烃的平均值为-30.0‰, 非烃的平均值-29.3‰, 沥青质的平均值-28.7‰。原油碳同位素组成较轻, 推测其母源前身物应以低等水生生物为主^[4,5]。

总体来看, 酒西坳陷各油田原油的单体烃碳同位素组成具有共同特征(见图3): C₁₈分子碳同位素组成

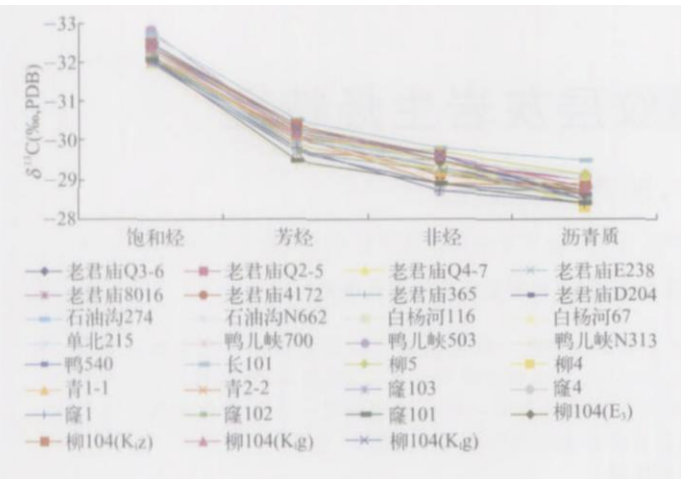


图2 酒西坳陷原油族组成碳同位素组成分布图

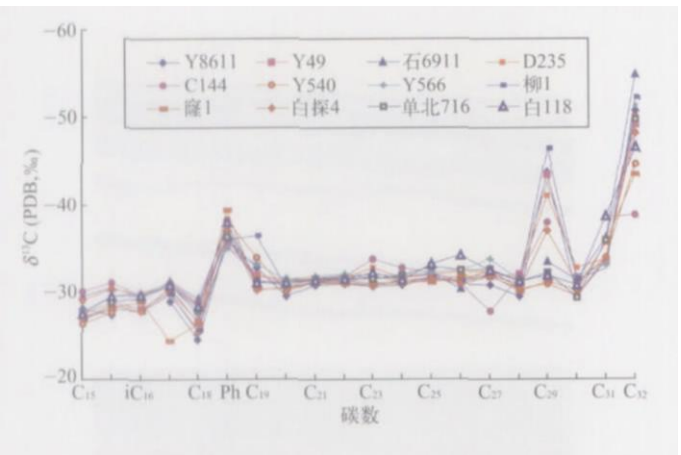


图3 酒西坳陷原油正构烷烃分子碳同位素组成分布图

最重, 植烷(Ph)、C₂₉、C₃₂单体烃碳同位素组成较轻, 其余分子碳同位素组成相差不大, 分布比较稳定, 并具有随碳数增加而有所变轻的特征。本区原油单体烃碳同位素组成分布的一致性说明原油之间的相似性及主体母源前身物的共同性。

2.2 原油的生物标志化合物特征

2.2.1 五环三萜烷

C₂₇三降藿烷 T_s > T_m, T_s/T_m 值在 0.4 左右, 窿 4 井和窿 8 井原油该比值可达 0.76, 而柳 104 井和青 2 7 井该比值仅为 0.25(见图 4), 看来酒西坳陷原油的 T_s/T_m 值大小主要与其成熟度有关。降新藿烷(C₂₉T_s)、C₃₀重排藿烷、C₂₉莫烷不发育。这 3 种化合物的母源前身物主要为细菌, 且其沉积环境偏向于弱氧化-弱还原的黏土催化环境^[6]。

伽马蜡烷相对较发育, 指数一般为 0.2~0.3, 反映原油母源先质的沉积环境介质具有一定咸度, 属微咸水沉积环境。

2.2.2 甾烷

孕甾烷和升孕甾烷不发育, 这与本区烃源岩成熟

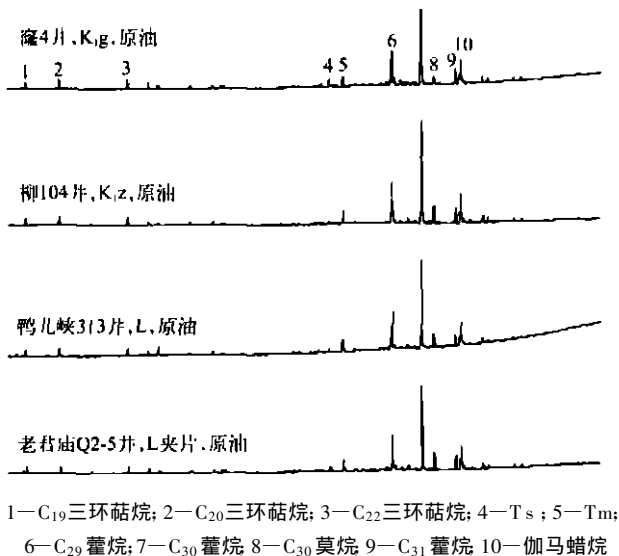


图4 酒西坳陷原油甾烷质量色谱图

度较低有关^[7]。重排甾烷不发育, 各碳数重排甾烷与规则甾烷比值均小于 0.1, 反映其母源先质沉积的偏碱性环境^[8]。各碳数甾烷 ααα20R 呈不对称“V”字型分布, 反映其母源先质是低等浮游藻类和高等植物混源的特点(见图 5)。

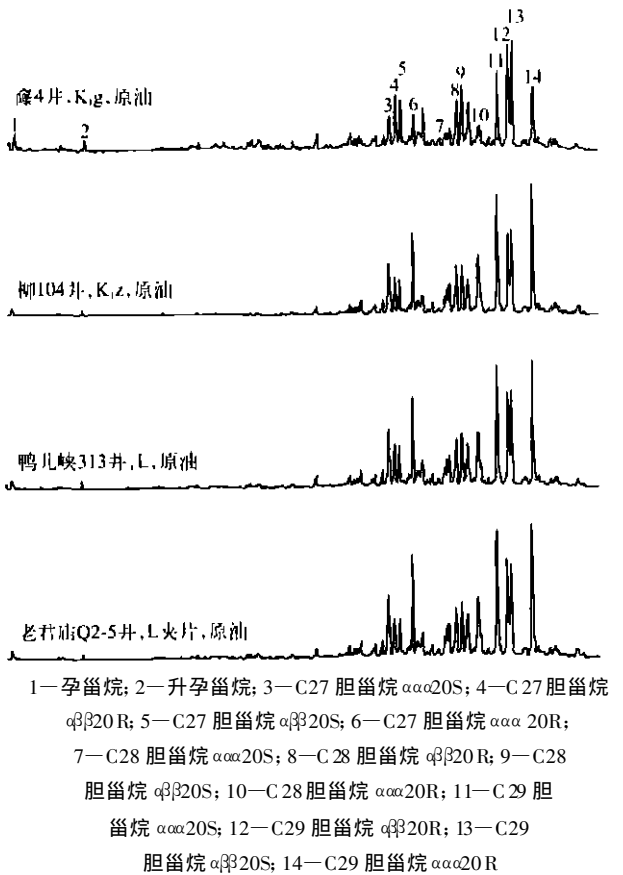


图5 酒西坳陷原油甾烷质量色谱图

本区原油甾烷 C₂₉ 20S / (20S + 20R) 值一般为 0.45

~0.5, 除隆 8 井和隆 4 井原油该比值可达 0.55 ~ 0.56, 显示其成熟度相对较高外, 大部分原油成熟度仍较低, 且尚未达异构化终点。

2.2.3 C₃₀ 甲基甾烷、甲藻甾烷和三芳甾类

酒西坳陷原油的 C₃₀ 甲基甾烷和甲藻甾烷含量较为丰富(见图 6)。C₃₀ 甲基甾烷是菌藻成因, 而甲藻甾烷则主要来源于沟鞭藻⁹。各原油样品的 3 甲基甾烷、4 甲基甾烷和甲藻甾烷分布基本一致, 反映原油主要母源的相似性。

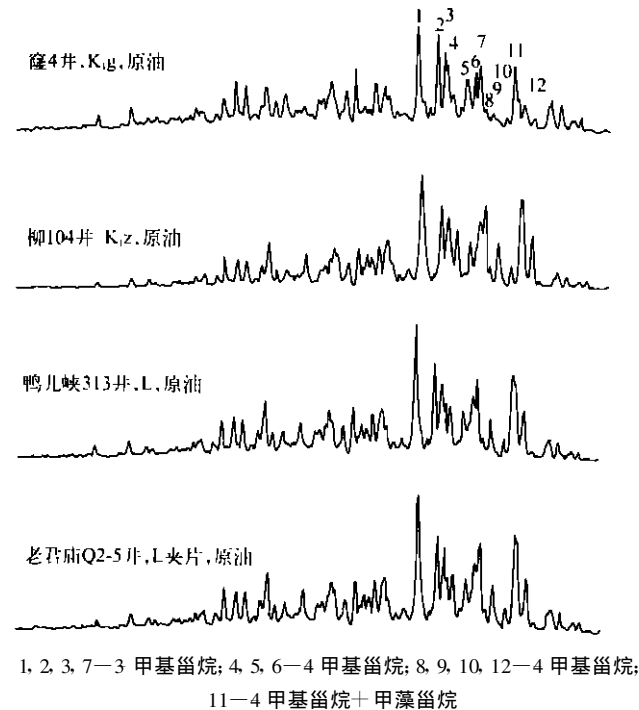
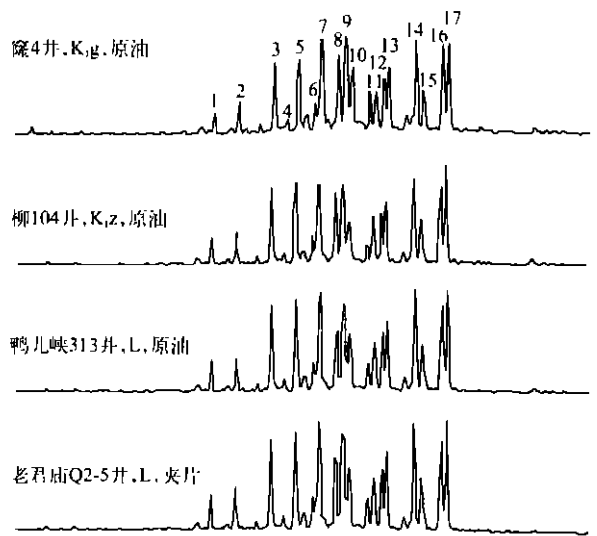


图 6 酒西坳陷原油 m/z 231 质量色谱图

三芳甾类化合物有 C₂₇3 甲基三芳甾烷、C₂₇4 甲基三芳甾烷、C₂₈3 甲基 24 乙基三芳甾烷、C₂₉3 甲基 24 乙基三芳甾烷、C₂₉4 甲基 24 乙基三芳甾烷和 C₂₉4, 23, 24 三芳甲藻甾烷(见图 7)。甲基三芳甾及甲藻三芳甾分布基本相似, 同样反映其母源前身物的一致性^[10, 11]。

根据本区原油的五环三萜烷、甾烷、甲基甾烷和甲藻甾烷以及三芳甾烷等生物标志化合物的组成分布比较, 在表征母源先质、沉积环境介质、咸度和热成熟度等的生物标志化合物方面, 主要原油表现出惊人的相似性, 说明酒西坳陷各油田的原油均来自于沉积环境和母源性质相同的烃源岩, 其沉积环境介质是具有一定咸度的较强还原环境, 且烃源岩成熟度较低。



1—C₂₇3 甲基三芳甾烷; 2—C₂₇4 甲基三芳甾烷; 3—C₂₇3 甲基三芳甾烷 + C₂₈3 甲基 24 甲基三芳甾烷; 10, 11—C₂₈3 甲基 24 甲基三芳甾烷; 4, 6, 8, 12, 13, 15, 17—C₂₉4, 23, 24 三甲基三芳甾烷; 5—C₂₇4 甲基三芳甾烷 + C₂₉4 甲基 24 乙基三芳甾烷; 9, 16—C₂₉4 甲基 24 乙基三芳甾烷; 7, 14—C₂₉3 甲基 24 乙基三芳甾烷

图 7 酒西坳陷原油三芳甾烷(m/z 245) 质量色谱图

3 酒西坳陷的油源对比

3.1 萜烷类

由图 8、图 9 的萜烷类有关参数对比结果可知, 下沟组和赤金堡组所有烃源岩与原油之间并不具有较好的亲缘关系。

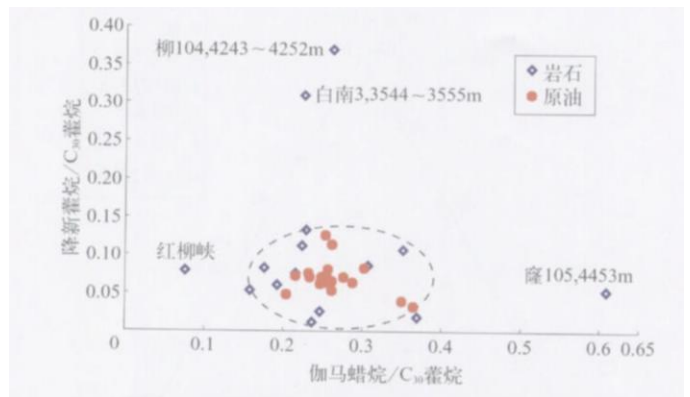


图 8 烃源岩和原油的伽马蜡烷/C₃₀藿烷与降新藿烷/C₃₀藿烷关系图

如红柳峡(地表)赤金堡组和白南 3 井赤金堡组下段等样品与原油的上述生物标志化合物特征有较大差异。在图 8、图 9“亲缘圈”中的烃源岩才是本区的可能烃源岩。

3.2 甾烷类

原油异构化参数仅 0.4 ~ 0.5, 与这类原油热成熟度相近的仅有青西凹陷下沟组中下部烃源岩(如隆 105

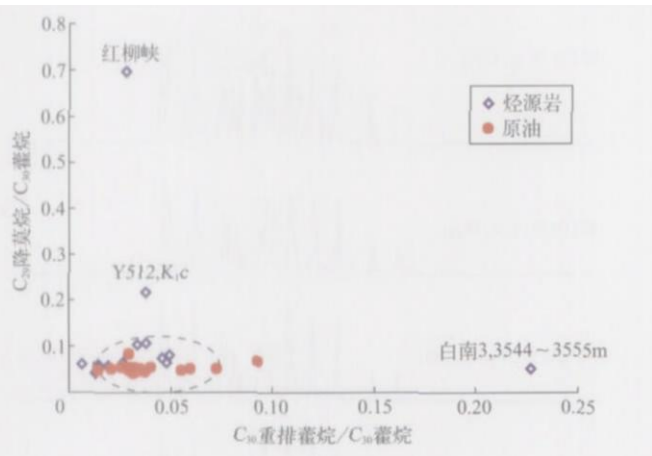


图9 烃源岩和原油 C₃₀重排藿烷/C₃₀藿烷与 C₂₉降莫烷/C₃₀藿烷关系图

井 4929 ~ 4935m) (见图 10)。本区原油以 3 甲基甾烷为主, 含有一定的甲藻甾烷 (见图 11)。

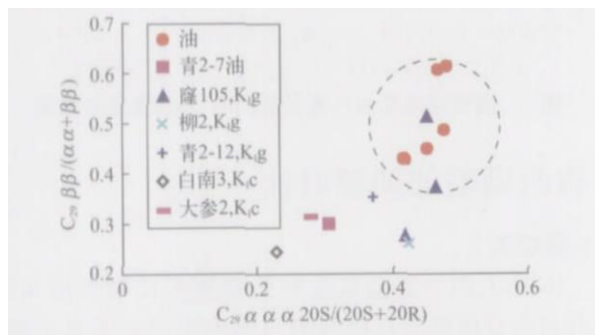


图 10 酒西坳陷主要原油与烃源岩 C₂₉甾烷异构化参数对比图

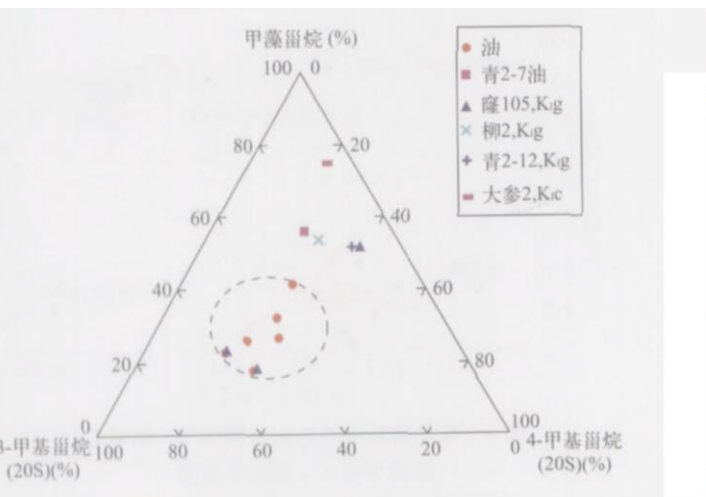


图 11 酒西坳陷原油与烃源岩 C₃₀甲基甾烷和甲藻甾烷分布图

原油与隆 105 井下沟组烃源岩具有很好的亲缘关系, 也说明酒西坳陷下白垩统烃源岩中藻类对生烃的贡献值得注意。

4 结论

酒西坳陷下白垩统是一套藻纹层比较发育的湖相

碳酸盐岩。藻纹层在湖相碳酸盐岩中的发育表现出强烈的非均质性, 但其分布仍与烃源岩的有机质丰度和生烃潜力密切相关。碳同位素组成及各项生物标志化合物的油源对比研究结果已经证明, 酒西坳陷下白垩统藻纹层泥质白云岩 (或白云质泥岩) 是主要烃源岩。

原油中表征菌类生源的降新藿烷 (C₂₉Ts) 和 C₃₀重排藿烷不发育, 这些化合物与 C₃₀藿烷之比值一般小于 0.1; 原油及相应烃源岩中伽马蜡烷较发育 (指数一般是 0.2 ~ 0.3), 表明其母源先质的沉积环境具一定咸度, 属微咸水沉积环境; 原油中重排甾烷不发育, 各碳数重排甾烷与相应碳数规则甾烷之比值均小于 0.1, 这与本区下白垩统源岩发育于弱碱性还原环境相一致; 本区原油中较丰富的甲基甾烷和甲藻甾烷反映母源前身物中菌类及藻类物质占有一定量, 这也是该区下白垩统烃源岩的特色之一。

参考文献:

- [1] 霍永录, 谭试典. 酒泉盆地陆相石油地质特征及勘探实践 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1995. 84 140. (HUO Yong lu, TAN Shi dian. Features of the petroleum geology of continental facies and exploration practice in Jiuquan basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995. 84 140.)
- [2] 陈建平, 梁狄刚, 王绪龙, 等. 彩南油田多源混合原油油源 (三)——油源的地质、地球化学分析 [J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(6): 41 44. (CHEN Jian ping, LIANG Di gang, WANG Xu long, et al. Oil source correlation of mixed oils derived from multiple source rocks in the Cainan Oilfield, Junggar Basin, Northwest China. Part III Geological and geochemical analysis of possible oil sources in the Cainan Oilfield [J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(6): 41 44.)
- [3] 罗平, 杨式升, 马龙, 等. 酒西盆地青西坳陷湖相纹层状泥质白云岩中泥级斜长石成因、特征与油气勘探意义 [J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 32 33. (LUO Ping, YANG Shi sheng, MA Long, et al. Origin, feature and its significance to the petroleum exploration of the clay size plagioclase in lacustrine laminated argillaceous dolomite, Qingxi Depression in Jiuxi Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28(6): 32 33.)
- [4] 黄第藩, 李晋超, 周翥虹, 等. 陆相有机质演化和成烃机理 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1984. 17 152. (HUANG Di fan, LI Jin chao, ZHOU Zhu hong, et al. The evolution and the mechanism of hydrocarbon generation of organic matter of continental facies [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1984. 17 152.)
- [5] 陈建平, 梁狄刚, 王绪龙, 等. 彩南油田多源混合原油的油源 (二)——原油地球化学特征、分类与典型原油油源 [J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(5): 34 38. (CHEN Jian ping, LIANG Di gang, WANG Xu long, et al. Oil source correlation of mixed oils derived from multiple source rocks in the Cainan Oilfield, Junggar Basin, Northwest China. Part II: Geochemical characteristics, typing and oil sources of typical crude oils [J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(5): 34 38.)
- [6] Peters K E, Moldovan J M. The biomarker guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments [M]. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1993. 110 265.

- [7] 黄第藩, 张大江, 李晋超. 论4-甲基甾烷和孕甾烷的成因[J]. 石油勘探与开发, 1989, 16(3): 8-15. (HUNAG Di fan, ZHANG Da jiang, LI Jin chao. On origin of 4-methylsterane and pregnane [J]. Petroleum Exploration and Development, 1989, 16(3): 8-15.)
- [8] Kirk D N, Shaw P M. Backbone rearrangements of steroidal 5-enes[J]. Journal of Chemical Society, 1975: 2248-2294.
- [9] 熊英, 程克明, 杨智明, 等. 酒西坳陷油源对比研究新进展[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(1): 36-39. (XIONG Ying, CHENG Ke ming, YANG Zhi ming, et al. Advances in the correlation of oils and source in the Jiuxi Depression, Northwest China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(1): 36-39.)
- [10] 陈建平, 梁狄刚, 王绪龙, 等. 彩南油田多源混合原油的油源(一)——烃源岩基本地球化学特征与生物标志物特征[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(4): 20-24. (CHEN Jian ping, LIANG Di gang, WANG Xu long, et al. Oil source identification for the mixed oils derived from multiple source rocks in the Cainan Oilfield, Junggar Basin, Northwest China. Part I: Fundamental geochemical features of source rocks [J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(4): 20-24.)
- [11] 王永卓, 徐景祯. 柴北缘中、下侏罗统生、排烃史模拟[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(1): 49-53. (WANG Yong zhuo, XU Jing zhen. The simulation of hydrocarbon generating and hydrocarbon expelling histories in the Middle and Lower Jurassic of the Northern Fringe of Qaidam Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(1): 49-53.)

第一作者简介: 陈建军(1963), 男, 甘肃高台人, 中国石油玉门油田公司教授级高级工程师, 现为西南石油学院博士研究生, 从事玉门油田公司石油勘探与管理工作。地址: 甘肃省玉门市, 玉门油田公司机关, 邮政编码: 735200。E-mail: chenjj@petroym.com.cn

收稿日期: 2005-02-15 修回日期: 2005-07-22

(编辑 王大锐 绘图 李秀贤)

Hydrocarbon generation of laminar algal limestone of Lower Cretaceous in the Jiuxi Depression, NW China

CHEN Jian jun¹, CHENG Ke ming², XIONG Ying², MA Li yuan³ (1. PetroChina Yumen Oilfield Company, Gansu 735200, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083, China; 3. Lanzhou Institute of Geology, CAS, Gansu 730000, China)

Abstract: The laminar algal shaly dolomite and dolomite mudstone of Lower Cretaceous are the main source rocks in the Jiuxi Depression, NW China. Carbon isotopes and all kinds of biomarkers indicate that the main oils in the Jiuxi Depression have low maturity, and the isomerization parameter value of sterane is 0.45-0.50, and does not reach the terminal of isomerization. The oils are abundant of gammacerane, C₃₀-methylsterane and dinosterane, but poor in diasterane, suggesting that the depositional environment is the brackish, alkaline reducing water, in which alga developed flourishingly. This is the main feature of crude oil in the region and also one of the features of the hydrocarbon generation from carbonate rocks in the Jiuxi Depression.

Key words: biomarker; laminar algal; lake facies carbonate; carbon isotope; relative circle

(上接第37页)

第一作者简介: 匡立春(1962), 男, 山东五莲人, 博士, 中国石油新疆油田公司教授级高级工程师, 主要从事油气勘探研究和管理工作。地址: 新疆克拉玛依市, 中国石油新疆油田公司机关, 邮政编码: 834000; 电话: (0990) 6883113。E-mail: klc@petrochina.com.cn

收稿日期: 2005-05-10

(编辑、绘图 王孝陵)

Exploration and targets for lithologic reservoirs in Junggar Basin, NW China

KUANG Li chun, LÜ Huan tong, QI Xue feng, TANG Yong, ZHANG Xin (PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Xinjiang 834000, China)

Abstract: Twelve steep slope fan like reservoirs have been found in Junggar Basin. In the gentle slope depositional system, such petroleum reservoirs as braided channel sandbody in Jurassic Toutunhe Formation in Well Field Shinan 4, Shinan 21 and Shinan 26, and hydrocarbon reservoirs of Sangonghe Formation in Zhongguai High and Xishanyao Formation in Baijiahai High, have also been found. Having experienced polycyclic tectonic movements and multistage vibratory movements of lake planes, Junggar Basin has been provided with good bases for the formation of various lithologic traps. Multitudes of hydrocarbon

sources and kitchens have provided abundant hydrocarbon sources for the formation of lithologic reservoirs. Multistage faulting activities and the development of multi regional unconformable surfaces have constructed an excellent oil and gas transporting system for multi stage hydrocarbon accumulation in the depositional traps. Therefore there is great potential for exploration of lithologic reservoirs. The identifying ratio of the lithologic reservoirs in Junggar Basin only accounts for about 4%. The reserves from such reservoirs account for less than 22% of the total proved hydrocarbon reserves. It is considered that there are currently mainly five provinces for the exploration of lithologic hydrocarbon reservoirs in Junggar Basin: Permian and Triassic steep slope fan body in the NW margin, large gentle slope delta front mouth bar and slumping fan of Jurassic Sangonghe Formation and Xishanyao Formation in the hinterland, channel sand body of Toutunhe Formation (or Shishugou Formation) in Luxi and Fudong slope, Jurassic Cretaceous channel incised valley stratigraphic lithologic trap dominated by Chemo High, and stratigraphic lithologic trap dominated by Jurassic structural slope belt in Western Slope of Mahu.

Key words: Junggar Basin; lithologic reservoirs; fan; channelized lithologic traps; depositional system