

文章编号: 0253-9985(2005)04-0461-06

准噶尔盆地中部原油地球化学特征

尹 伟¹, 郑和荣¹, 孟闲龙², 由伟丰²

(1. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083 2. 中国石化石油勘探开发研究院西部分院, 新疆乌鲁木齐 830011)

摘要: 准噶尔盆地中部 1 区块和 3 区块原油地球化学特征相近, 正构烷烃分布完整, 呈单峰型, 主峰碳为 $C_{17} \sim C_{23}$, 弱姥鲛烷优势 (Pr/Ph 为 1.33~1.75)。生标特征: 三环萜烷含量丰富, 伽马蜡烷含量高, 孕甾烷、升孕甾烷含量较高, 规则甾烷呈“上升型”分布, $\alpha\alpha\alpha 20RC_{27}$ 相对含量高, β -胡萝卜烷和 γ -胡萝卜烷含量高。碳同位素值偏轻 (一般小于 -29‰), 生源构成可能以低等水生生物和菌藻类为主, 母源形成环境为湖相还原环境。原油主要源自二叠系源岩。中部 2 区块和 4 区块原油地球化学特征相近, 正构烷烃分布完整, 呈单峰型, 主峰碳为 C_{13} 和 C_{19} , 明显姥鲛烷优势 (Pr/Ph 为 5.62~7.24)。生标特征: 三环萜烷含量很低, 伽马蜡烷含量较低或缺乏, 孕甾烷、升孕甾烷含量低, C_{29} 甾烷含量很高, 规则甾烷呈“反 L 型”分布, 不含 β -胡萝卜烷和 γ -胡萝卜烷。碳同位素偏重 (一般大于 -27‰), 生源构成可能以高等植物为主, 母源形成环境为氧化环境。原油主要源自侏罗系煤系烃源岩。

关键词: 生物标志化合物; 碳同位素; 地球化学特征; 原油; 准噶尔盆地

中图分类号: TE112.113

文献标识码: A

Geochemical behaviors of crude oils in central Junggar basin

Yin Wei¹, Zheng Herong¹, Meng Xianlong², You Weifeng²

(1. Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing;

2. West branch of Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang)

Abstract Crude oils in the block 1 and 3 in central Junggar basin have similar geochemical behaviors. The distribution of normal alkanes is complete and shows a single peak, with the main peak carbons ranging in $C_{17} \sim C_{23}$ and weak pristane prevalence (the pristane/phytane ratios ranging from 1.33 to 1.75). The characteristics of biomarkers are (1) high contents of tricyclic terpane and gammacerane, (2) relatively high contents of pregnane, (3) “ascending” type homosterane distribution, (4) relatively high content of $\alpha\alpha\alpha 20RC_{27}$ sterane, and (5) high contents of β - and γ -carotanes. The carbon isotope value is generally below -29‰ . It is suggested, therefore, that the biological sources of crude oils would mainly be composed of low-grade aquatic organism and thallophyta and the source rocks would have been deposited in lacustrine and reducing depositional environment. The crude oils are mainly generated from the Permian source rocks.

Crude oils in the block 2 and 4 in central Junggar basin have also similar geochemical behaviors. The distribution of normal paraffin hydrocarbons is complete and shows a single peak, with the main peak carbons being C_{13} and C_{19} and strong pristane prevalence (the pristane/phytane ratios ranging from 5.62 to 7.24). The characteristics of biomarkers are (1) very low content of tricyclic terpane, (2) relatively low content or absence of gammacerane, (3) low content of pregnane, (4) very high content of C_{29} sterane, (5) a “reverse L”-shape homosteranes distribution, and (6) absence of β - and γ -carotanes. The carbon isotope value is generally over -27‰ . Therefore, the biological sources of the crude oils might be mainly composed of higher plants and the source rocks would have been deposited in oxidizing environment. The crude oils are mainly generated from the

基金项目: 国家攻关专题“准噶尔盆地中部油气成藏条件与选区评价”(2003BA613A-03-05)

第一作者简介: 尹伟, 男, 33 岁, 高级工程师 (博士后), 油气成藏与地球化学

收稿日期: 2005-07-29

Jurassic coal measure source rocks

Key words biomarker; carbon isotope; geochemical behavior; crude oil; central Junggar basin

笔者在前人研究的^{[1~7]*}基础上,从原油物性、族组分、饱和烃气相色谱、碳同位素、生物标志物等方面,综合剖析了准噶尔盆地原油地球化学特征。

1 原油物性

中部 1 区块(图 1)下侏罗统三工河组二段原油为中等密度原油,具有低粘度(沙 1 井粘度偏高)、低含硫、高含蜡(除沙 1 井外)和高凝固点(除沙 1 井外)等特征。中部 2 区块下侏罗统八道湾组原油为中等密度原油,具有低粘度、低含硫、低含蜡和高凝固点等特征。中部 3 区块中侏罗统西山窑组原油为中等密度原油,具有低含硫、高含蜡和低凝固点等特征。中部 4 区块中侏罗统头屯河

组原油为低密度原油,具有低密度、低粘度、低含硫和低凝固点等特征(表 1)。总之,准噶尔盆地中部区块已揭示的侏罗系原油具有中-低密度、低含硫、高含蜡、中低凝固点等特点,原油性质普遍较好。

2 族组成

原油的族组成含量一般受源岩的沉积背景、母质组成及类型、原油的演化程度、原油遭受的后期改造作用等因素的影响,因此,原油的族组成具有丰富的地球化学内涵。在有机质性质相近的前提下,成熟度高的原油具有较高的烃类和较低的极性组分^[8]。

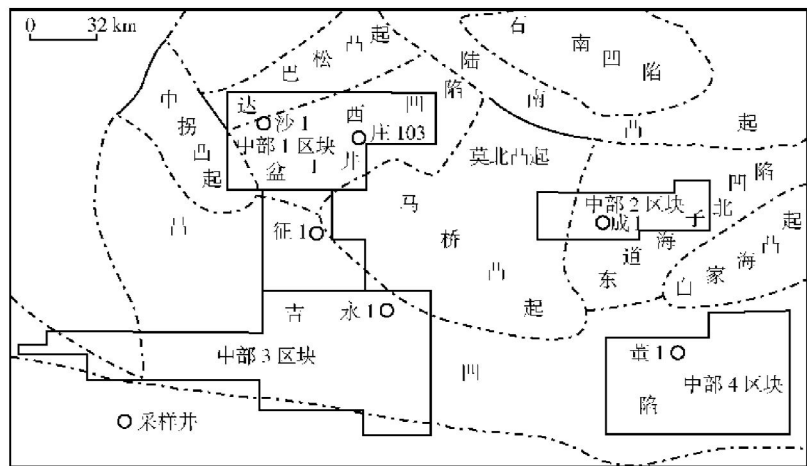


图 1 准噶尔盆地中部区块地理位置及样品分布图
Fig. 1 Location of the blocks in central Junggar basin and distribution of crude oil samples

表 1 准噶尔盆地中部区块原油物性数据
Table 1 Physical properties of crude oil in the central blocks of Junggar basin

区块	井号	井深 /m	层位	密度 / (g·cm ⁻³)	粘度 / (50℃ mPa·s)	含硫量 /%	含蜡量 /%	凝固点 /℃
1 区块	庄 1	4 331~4 374	J ₁ s ₂	0.83	4.94		12.77	15.30
	沙 1	3 673~3 677	J ₁ s ₂ ²	0.89	53.00	0.17	3.62	-1.00
	沙 2	3 378~3 382	J ₁ s ₂ ¹	0.84	4.74	0.11	12.46	10.50
	庄 103	4 378~4 400	J ₁ s ₂ ²	0.87	19.80	0.11	6.08	13.00
2 区块	成 1	5 323~5 328	J ₁ b ₂	0.85	3.40	0.04	3.38	18.00
3 区块	永 1	5 874~5 882	J ₂ x	0.88	28.80	0.08	16.43	4.00
4 区块	董 1	4 871~4 873	J ₂ t	0.79	2.01	0.10	8.32	7.00

注:表中数据成 1 井来源于完井测试报告;永 1 和董 1 井来源于中完测试报告;其他井均来源于试油成果;空格为无数据

* 张枝焕.准噶尔盆地中部 1 区块油气成藏过程地球化学研究. 2004

中部 1 区块下侏罗统三工河组二段 (J_1s_2) 原油饱和烃含量偏低, 非烃、沥青质含量偏高, 饱 / 芳偏低, 非烃 / 芳偏低; 下侏罗统八道湾组 (J_1b) 原油饱和烃含量很高, 芳烃含量偏低, 沥青质含量低, 饱 / 芳比高达 20。三叠系百口泉组 (T_1b) 原油饱和烃含量偏高, 饱 / 芳偏高。中部 2 区块下侏罗统八道湾组原油饱和烃含量高, 非烃和沥青

质含量低, 为 6.83%, 饱 / 芳偏高。中部 3 区块中侏罗统西山窑组 (J_2x) 原油饱和烃含量偏低, 非烃和沥青质含量高达 34.84%, 非烃 / 芳低, 这可能与早期原油遭受生物降解作用有关。中部 4 区块中侏罗统头屯河组 (J_2t) 原油饱和烃含量高, 非烃沥青质含量低, 为 7.38%, 沥青质含量极低, 仅为 0.3%, 非烃 / 芳高 (表 2)。

表 2 准噶尔盆地中部区块原油族组成数据
Table 2 Group composition of crude oil in the central blocks of Junggar basin

区块	井号	深度 /m	层位	饱和烃 /%	芳烃 /%	非烃 /%	沥青质 /%	饱 / 芳	非烃 / 芳
1 区块	沙 1	5 450.0~5 457.8	T_1b	69.89	9.63	11.91	8.57	7.26	1.39
		3 942.0~3 952.5	J_1b_1	90.38	4.52	3.79	1.31	20.00	2.89
		3 673.0~3 677.0	$J_1s_2^2$	54.51	13.64	17.82	14.03	4.00	1.27
	征 1	4 808.5~4 812.5	$J_1s_2^1$	64.70	9.88	15.31	10.11	6.55	1.51
		4 788.0~4 797.0	K_1tg	63.92	14.74	12.03	9.31	4.34	1.29
	庄 103	4 378.2~4 400.2	$J_1s_2^2$	64.43	13.34	15.59	6.64	4.83	2.35
2 区块	成 1	5 326.0	J_1b_2	70.72	12.96	4.75	2.08	5.46	2.28
3 区块	永 1	5 874.0~5 882.5	J_2x	52.67	12.49	13.34	21.50	4.22	0.62
4 区块	董 1	4 871.0~4 873.0	J_2t	72.87	19.75	7.08	0.30	3.69	23.60

3 饱和烃气相色谱

原油的饱和烃色谱特征蕴涵了丰富的沉积环境、生源构成、保存条件和热演化信息。

中部 1 区块征 1 井白垩系吐谷鲁群 (K_1tg) 原油正构烷烃具有单峰型分布, 主峰碳为 C_{19} (图 2a), 奇偶优势不明显, 姥 / 植 (Pr/Ph) 为 1.45。沙 1、征 1 和庄 103 井下侏罗统三工河组二段原油正构烷烃具有单峰型分布, 主峰碳为 C_{19} 和 C_{23} (图 2d 图 2e), 奇偶优势不明显, Pr/Ph 为 1.33~1.48。沙 1 井下侏罗统八道湾组原油正构烷烃具有单峰型分布, 主峰碳为 C_{21} (图 2b), 具有明显的轻碳优势 (C_{21}/C_{21}^+ 为 1.95), 弱奇碳优势, Pr/Ph 为 1.45。沙 1 井三叠系百口泉组原油正构烷烃具有双峰型分布, 主峰碳为 C_{17} , 次主峰碳为 C_{21} (图 2c), 奇偶优势不明显, Pr/Ph 为 1.56。总之, 中部 1 区块各层原油色谱峰型完整、异构烷烃含量低、基本为单峰型 (除沙 1 井 T_1b 外)、主峰碳为 $C_{17} \sim C_{23}$ 、轻碳优势 [$(C_{21} + C_{22}) / (C_{28} + C_{29})$ 大于 2.2] Pr/Ph 为 1.33~1.69, 奇偶优势不明显, 正构烷烃碳优势指数 (CPI) 为 1.03~1.15, 正构烷烃奇偶优势指数 (OEP) 为 1.07~1.09, 表明该区块各层原油为成熟原油, 母源为还原-弱还原沉积环境。

中部 2 区块成 1 井下侏罗统八道湾组原油正构烷烃具有单峰型分布, 主峰碳为 C_{19} (图 2f), 异构烷烃 ($iC_{16} \sim iC_{21}$) 含量偏高, CPI 为 1.16, OEP 为 1.03, 表明原油为成熟油。明显的姥 / 植优势, Pr/nC_{17} 为 0.94, Pr/Ph 为 5.62。对于生油窗内的样品, 高 Pr/Ph 比 (大于 3.0) 指示着氧化条件下陆源有机质输入, 低比值 ($Pr/Ph < 0.6$) 代表缺氧的通常是超盐度环境^[9], 高的 Pr/Ph 指示原油母源为氧化沉积环境, 生源构成以高等植物为主。

中部 3 区块永 1 井中侏罗统西山窑组原油正构烷烃分布完整, 呈单峰型分布, 主峰碳为 C_{23} , C_{23} 以前正构烷烃含量高 (图 2g), 奇偶优势不明显, CPI 为 1.17, OEP 为 1.12, Pr/Ph 为 1.75, 指示原油为成熟原油, 母源为还原-弱还原沉积环境。

中部 4 区块董 1 井中侏罗统头屯河组原油正构烷烃分布完整, 呈单峰态前峰型分布, 主峰碳为 C_{13} (图 2h), 具有明显的轻碳优势 (C_{21}/C_{21}^+ 为 2.10), 奇偶优势不明显, 正构烷烃碳优势指数 (CPI) 为 1.18, 正构烷烃奇偶优势指数 (OEP) 为 1.01, 表明原油为成熟油。具明显的姥 / 植优势 (Pr/Ph 为 7.24), 高的 Pr/Ph 指示中部 4 区块母源为氧化沉积环境, 生源构成以高等植物为主。

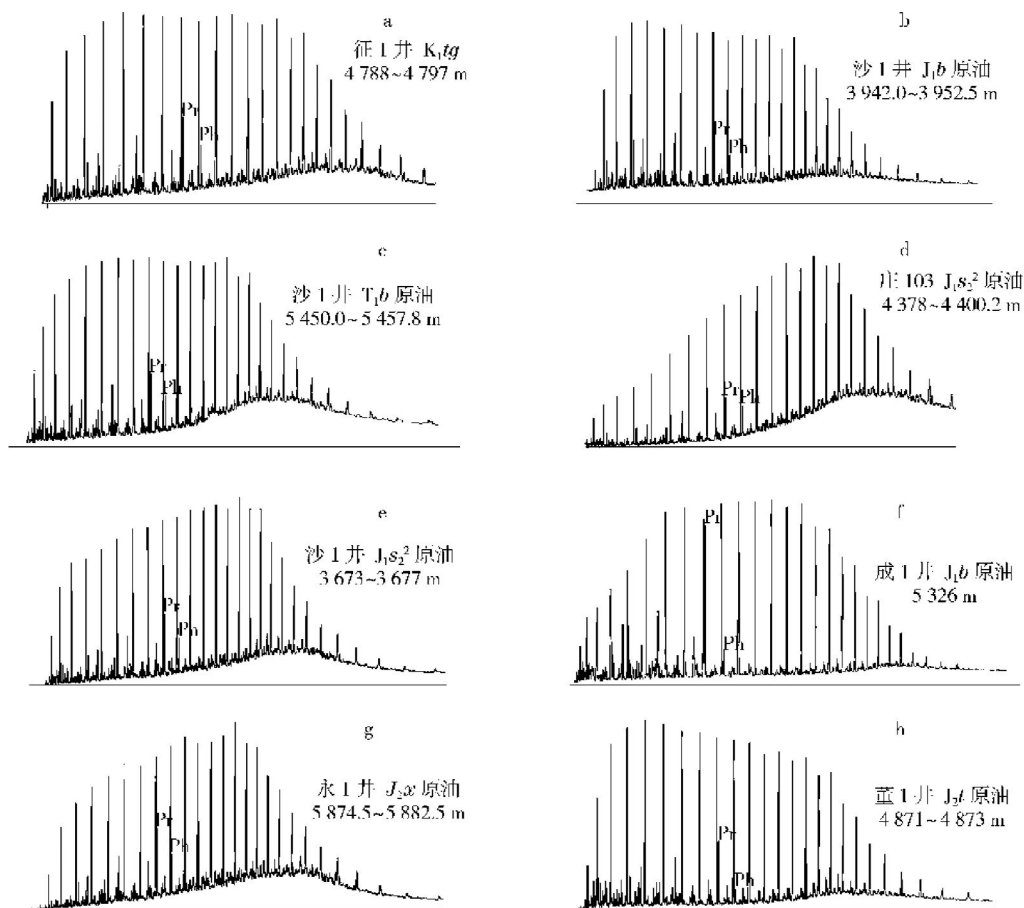


图 2 准噶尔盆地中部区块原油饱和烃色谱图

Fig. 2 Gas chromatograms of saturated hydrocarbon fraction of crude oils in the central blocks of Junggar basin

4 甾、萜类化合物

中部 1 区块白垩系吐谷鲁群、下侏罗统三工河组二段、八道湾组及三叠系百口泉组原油甾、萜分布相似, 具有以下特征 (图 3)。1) 三环萜烷含量丰富, 含有 $C_{19} \sim C_{29}$ 三环萜烷, C_{21} 含量最高, C_{20} , C_{21} 和 C_{23} 三环萜烷分布呈“山峰型”。三环萜 / $17\alpha(H)$ -藿烷为 1.25~2.05 它可用来比较细菌或藻类脂体 (三环萜烷) 和原核生物 (藿烷) 对母源的贡献^[9], 高含量的三环萜指示菌藻类对生源的贡献。2) 伽马蜡烷主要来源于低等水生生物, C_{30} 藿烷主要来于高等植物, 因此, 伽马蜡烷 / C_{30} 藿烷能较客观地反映母质类型^[10]。另一方面, 它还可以指示母源形成环境, 伽马蜡烷 / $\alpha\beta C_{30}$ 藿烷为 0.17~0.20 高的伽马蜡烷含量指示生源中低等水生生物的贡献, 也指示母源为还原环境。3) $18\alpha(H) - (Ts)$ 小于 $17\alpha(H) -$ 三环萜 (Tm), $Ts/(Ts+Tm)$ 为 0.21~0.47。4) 孕甾烷、升孕甾烷含量高, (孕甾烷 + 升孕甾烷) / aaC_{29} (20R) 甾烷为 0.08~0.12 高含量的孕甾烷和升孕甾烷指

示低等水生生物对生源的贡献。5) 规则甾烷呈“上升型”分布, $aaC_{20}RC_{27} / C_{29}$ 为 0.6~1.0 高含量的 $aaC_{20}RC_{27}$ 指示了藻类对生源的贡献; 规则甾烷 / $17\alpha(H)$ -藿烷为 0.76~1.06 它可以反映真核生物 (主要是藻类和高等植物) 与原核生物 (细菌) 对生源的贡献^[9]。高的甾烷含量和高的规则甾烷 / $17\alpha(H)$ -藿烷指示真核生物对生源的贡献; C_{28} 甾烷含量高。6) β -胡萝卜素是全饱和的 C_{40} 双环烷烃, 来源于缺氧的含盐湖相环境中的藻类有机质^[11], 与伽马蜡烷一样, 指示咸水-半咸水环境, 是湖相环境的特征标志。 β -胡萝卜素和 γ -胡萝卜素含量高, 指示母源形成环境为湖相还原环境。

低等水生生物和藻类也能提供丰富的蜡^[12], 陆源高等植物的影响不是高蜡油形成的主要控制因素, 陆源高等植物和低等水生生物都赋存有高蜡油的先体物质^[13], 所以中部 1 区块部分井原油蜡含量高不能指示高等植物生源的贡献, 即有混源的可能。另外, 所有生标特征都指示生源构成以低等水生生物和菌藻类为主, 母源形成环境为湖相还原环境。生物标志物特征

与彩南油田第一类原油^[14]及来源于二叠系的典型原油^[1~6]相似, 推测原油主要来源于二叠系烃源岩。

中部 2 区块成 1 井下侏罗统八道湾组原油甾、萜分布具有以下特征 (图 3)。1) 三环萜烷含量很低, 三环萜 / 17 α -藿烷为 0.1, 指示高等植物对生源的贡献。2) 伽马蜡烷含量较低, 伽马蜡烷 /

量很高, $\alpha\alpha\alpha$ 20RC₂₇ / C₂₉ 为 0.07, 高含量的 C₂₉甾烷指示高等植物生源; 规则甾烷 / 17 α (H)-藿烷为 0.46 指示生源构成中藻类贡献小; C₂₈甾烷含量低。6) 不含 β -胡萝卜素和 γ -胡萝卜素, 指示母源形成环境为非湖相偏氧化环境。结合气相色谱特征 (Pr/Ph 高, 为 5.62), 综合认为中部 2 区块原油生源构成可能以高等植物为主, 母源形成环境

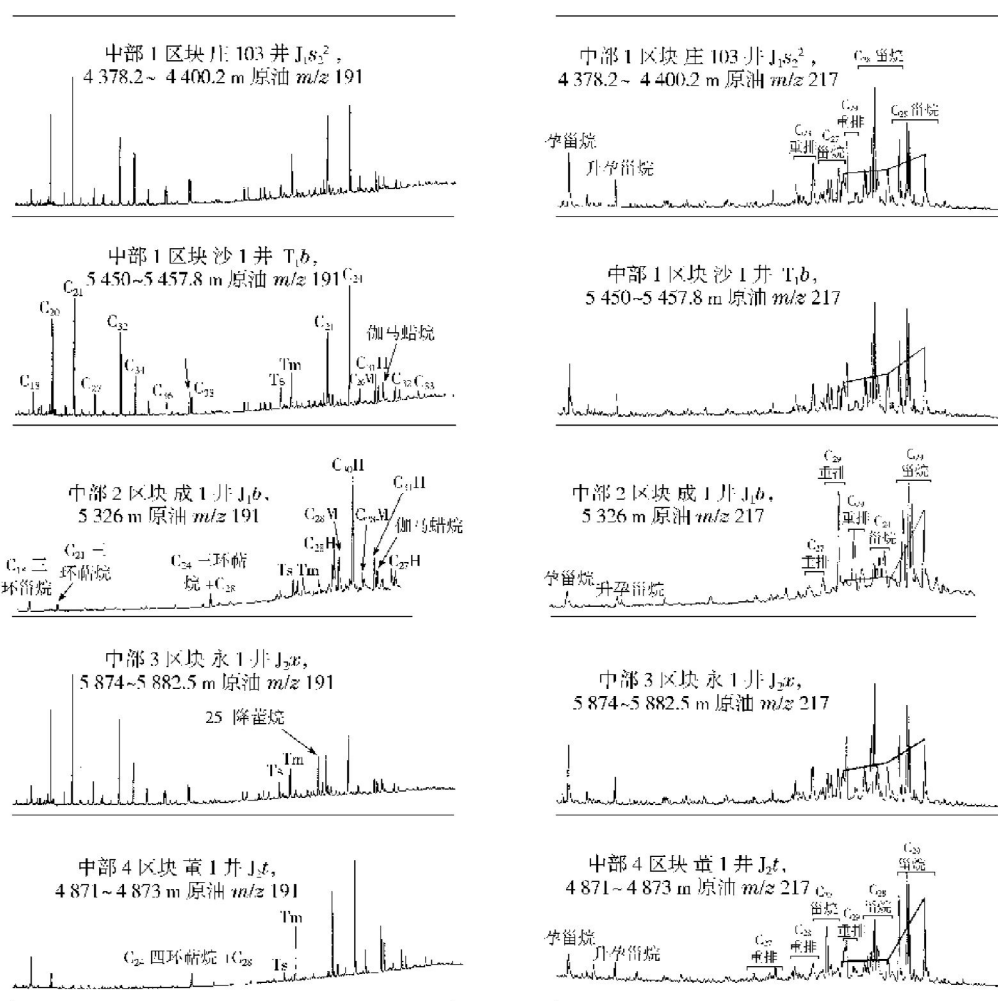


图 3 准噶尔盆地中部区块原油萜烷 (m/z 191) 和甾烷 (m/z 217) 质量色谱图

Fig. 3 Mass chromatograms of terpane (m/z 191) and sterane (m/z 217) of crude oils in the central blocks of Junggar basin

25-降藿烷 C_{29}/C_{30} 藿烷为 0.69, 按照 Peters^[9] 生物降解级别的划分, 达到了中等降解程度, 然而原油中正构烷烃分布系列完整 (图 2g), 表明该油藏至少存在两期原油充注过程, 早期充注的原油遭受生物降解, 晚期又一次原油充注, 现今原油的正构烷烃分布及生标特征主要表现为晚期充注的未降解原油的特征。2) 五环三萜烷含量比中部 1 区块原油低, 可能与生物降解作用有关, 因为三环萜烷抗生物降解能力很强^[9]。

中部 4 区块董 1 井中侏罗统头屯河组原油甾、萜分布与中部 2 区块原油基本一致 (图 3), 所不同的是: 1) 不含伽马蜡烷, 古沉积环境对源岩生成油气的性质有一定的控制作用^[16], 指示母源形成环境比中部 2 区块更偏氧化环境。2) T_s 远小于 T_m , $T_s/(T_s+T_m)$ 为 0.16, 这可能与母源有机相、成熟度差异有关。

中部各区块甾烷异构化成熟度参数 $\alpha\alpha\alpha C_{29}$ 甾烷 $20S/(20S+20R)$ 为 0.47~0.60, $\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha) C_{29}$ 甾烷为 0.43~0.51; 藿烷异构化成熟度参数 $C_{32} 22S/22R$ 为 0.87~1.59, $C_{31} 22S/(22S+22R)$ 为 0.57~0.61, 表明中部各区块原油均为成熟原油。

5 稳定碳同位素

从原油碳同位素指纹特征 (图 4) 可以看出, 中部 1 区块各层系原油稳定碳同位素基本一致, 总体上偏轻 ($-30.1\text{‰} \sim -29.4\text{‰}$), 与二叠系原油 $\delta^{13}C$ 值^[13] ($-32\text{‰} \sim -29.5\text{‰}$) 相近, 推测这些原油来源于二叠系烃源岩。中部 2 区块成 1 井下侏罗统八道组原油稳定碳同位素值偏重 (-26.32‰),

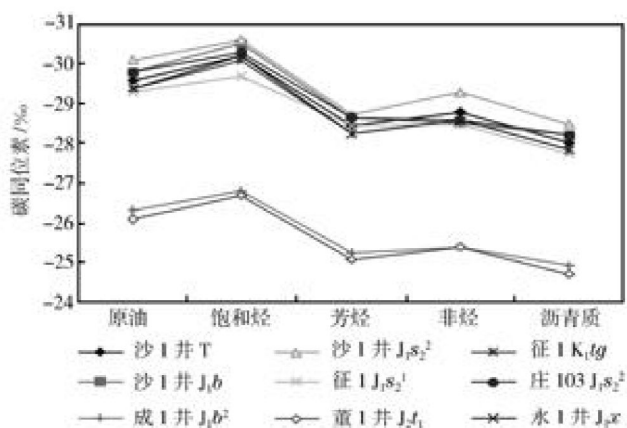


图 4 准噶尔盆地中部区块原油碳同位素指纹特征

Fig. 4 Fingerprint characteristics of carbon isotope of crude oils in the central blocks of Junggar basin

与侏罗系原油 $\delta^{13}C$ 值^[13] (一般大于 -28‰ , 平均为 -27.4‰) 相近, 推测其来源为侏罗系煤系烃源岩。中部 3 区块永 1 井中侏罗统西山窑组原油稳定碳同位素值偏轻 (-29.4‰) 与二叠系原油 $\delta^{13}C$ 值相近, 推测这些原油来源于二叠系烃源岩。中部 4 区块董 1 井中侏罗统头屯河组原油稳定碳同位素值偏重 (-26.1‰), 与侏罗系原油 $\delta^{13}C$ 值相近, 推测其来源为侏罗系煤系烃源岩。

参 考 文 献

- 王绪龙, 刘得光. 准噶尔盆地腹部马桥凸起侏罗系油源分析 [J]. 新疆石油地质, 1995, 16(1): 33~37
Wang Xulong, Liu Deguang. Oil source correlation of Jurassic oil in the hinterland of Junggar basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1995, 16(1): 33~37
- 张年富, 张越迁, 姚新玉, 等. 准噶尔盆地莫北凸起油气成藏条件与分布规律 [J]. 新疆石油地质, 2001, 22(2): 103~106
Zhang Nianfu, Zhang Yueqian, Yao Xinyu, et al. Formation condition and distribution regularity of oil-gas reservoir of Mobei arch in Junggar basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2001, 22(2): 103~106
- 王绪龙, 康素芳. 准噶尔盆地西北缘玛北油田油源分析 [J]. 西南石油学院学报, 2001, 23(6): 6~8
Wang Xulong, Kang Sufang. On the oil source of the Mabei oil field northwest Junggar basin [J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2001, 23(6): 6~8
- 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
Wang Xulong, Kang Sufang. Analysis of crude origin in hinterland and slope of northwestern margin, Junggar basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(2): 108~112
- 廖健德, 康素芳, 李明河, 等. 陆梁油田油藏地球化学研究 [J]. 油气地质与采收率, 2003, 10(4): 29~31
Liao Jiande, Kang Sufang, Li Minghe, et al. Geochemistry research of oil reservoirs in Luliang oilfield [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2003, 10(4): 29~31
- 伍新和, 向宝力, 刘桂凤. 准噶尔盆地石西油田油气藏地球化学研究 [J]. 新疆石油地质, 2001, 22(1): 35~37, 55
Wu Xinhe, Xiang Baoli, Liu Guifeng. Geochemical study for oil-gas pools of Shixi oilfield [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2001, 22(1): 35~37, 55
- 王文军, 何禹斌. 准噶尔盆地 Z1 井油源对比研究 [J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25(增刊)(下): 24~25
Wang Wenjun, He Yubin. Oil source correlation analysis of well Z1 in Junggar basin [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2003, 25(Suppl): 24~25
- 常俊合, 李新军, 吕红玉, 等. 东濮凹陷文留潜山构造文古 2 井原油地球化学特征和油源研究 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 44~48, 69

(下转第 472 页)

- 10 金强, 查明. 柴达木盆地西部第三系蒸发岩与生油岩共生沉积作用研究 [J]. 地质科学, 2000, 35(4): 465~473
Jin Q iang Zha M ing Co-sedimentation of Tertiary evaporates and oil source rocks in the western Qaidam basin [J]. Scientia Geologica Sinica, 2000, 35(4): 465~473
- 11 张枝焕, 杨藩, 李东明, 等. 中国新生界咸化湖相有机地球化学研究进展 [J]. 地球科学进展, 2000, 15(1): 65~70
Zhang Zh huan Yang Fan Li Dongming et al The organic geochemistry research progress in Cenozoic salified lake in China [J]. Advance in Earth Sciences, 2000, 15(1): 65~70
- 12 林腊梅, 金强. 柴达木盆地北缘和西部主力烃源岩的生烃史 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(6): 677~681
Lin Lan mei Jin Q iang Hydrocarbon generation history of major source rocks in the northern edge and western part of Qaidam basin [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(6): 677~681
- 13 Passey Q R, Creaney S, Kulla J B, et al A practical model for organic richness from porosity and resistivity logs [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(12): 1777~1794
- 14 许晓宏, 黄海平, 卢松年. 测井资料与烃源岩有机碳含量的定量关系研究 [J]. 江汉石油学院学报, 1998, 20(3): 8~12
Xu Xiaohong Huang Haiping Lu Songnian A quantitative relationship between well logging information and organic carbon content [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 1998, 20(3): 8~12
- 15 宋宁, 侯建国, 王文军. 利用测井技术评价苏北盆地生油岩 [J]. 海洋石油, 2001, 21(1): 8~13
Song Ning Hou Jianguo Wang Wenjun Well logging application on source rock evaluation in Subei basin [J]. Marine Petroleum, 2001, 21(1): 8~13
- 16 朱光有, 金强, 张林晔. 用测井信息获取烃源岩的地球化学参数研究 [J]. 测井技术, 2003, 27(2): 104~109
Zhu Guangyou Jin Q iang Zhang Lin ye Using log information to analyze the geochemical characteristics of source rocks in Jiyang depression [J]. Well Logging Technology, 2003, 27(2): 104~109
- 17 朱振宇, 刘洪, 李幼铭. $\Delta \lg R$ 技术在烃源岩识别中的应用与分析 [J]. 地球物理学进展, 2003, 18(4): 647~649
Zhu Zhenyu Liu Hong Li Youming The analysis and application of $\Delta \lg R$ method in the source rock's identification [J]. Progress in Geophysics, 2003, 18(4): 647~649
- 18 Jin Q iang Zha M ing Liu Zhen, et al Geology and geochemistry of source rocks in the Qaidam Basin, NW China [J]. Journal of petroleum geology, 2002, 25(2): 219~238
- 19 翟光明. 中国石油地质志 (卷十四: 青藏油气区) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1987. 259~279
Zhai Guangming Petroleum geology of China (Volume 14 Qinghai Tibet) [M]. Beijing Petroleum Industry Press, 1987. 259~279

(编辑 李 军)

(上接第 466 页)

- Chang Junhe, Li Xinjun, Li Hongyu, et al A study on geochemical characteristics and sources of oil produced from Wengu 2 well in W enliu buried hill in Dongpu depression [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(1): 44~48, 69
- 9 Peters K E, Moldovan J M. The Biomarker Guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments [M]. England: Prentice Hall Inc Press, 1993. 106, 116, 123, 126
- 10 张枝焕, 关强, 阳安成. 三塘湖盆地煤层与原油地球化学特征对比 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(3): 207~211
Zhang Zh huan Guan Q iang Yang Ancheng Correlation of geochemical characteristics between coals and crude oils in Santanghu basin [J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(3): 207~211
- 11 Fu Jianq, Sheng Guoying. Application of biological markers in the assessment of paleoenvironments of Chinese nonmarine sediments [J]. Organic Geochemistry, 1990, 16: 769~779
- 12 Wang F Y, He P, Hao S S. Origin of Chinese lacustrine high-wax oils and organic petrology of its source rocks [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81: 1567
- 13 黄海平, 李虹, 马刊创, 等. 大民屯凹陷高蜡油的形成条件 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 64~67, 71
Huang Haiping Li Hong Ma Kan chuang et al Formation condition of high wax oils in Damintun sag [J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(1): 64~67, 71
- 14 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 Jianping 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 ② geochemical characteristics, typing and oil sources of typical crude oils [J]. Petroleum Exploration & Development, 2003, 30(5): 34~38
- 15 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 Jianping 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 & Development, 2003, 30(4): 20~24
- 16 李素梅, 李雪, 张庆红, 等. 牛庄洼陷第三系古沉积环境及其控油作用 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 269~273
Li Sumei Li Xue Zhang Qinghong et al Paleosedimentary environment in Tertiary and its effect on petroleum distribution in Nizhuang subsag Dongying sag [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(3): 269~273

(编辑 高 岩)