

文章编号: 1001-6112(2006)05-0467-05

焉耆盆地原油物理化学特征及油源对比研究

严永新^{1,2}, 袁光喜², 马蓉芳², 古哲², 白云飞²

(1. 中国地质大学, 北京 100083;

2. 中国石油化工股份有限公司 河南油田分公司 石油勘探开发研究院, 河南 南阳 473172)

摘要:在焉耆盆地侏罗系三工河组和八道湾组均发现原油, 目前关于侏罗系产层原油的油源问题存在不同的认识。对研究区原油的物理、化学性质进行系统的研究, 认为侏罗系三工河组和八道湾组原油不仅在物理性质上有一定的差别, 而且在地球化学组成及生物标记化合物上也有一定的差异, 应具有不同的来源。侏罗系三工河组原油属于典型腐殖型干酪根成因, 而侏罗系八道湾组原油除了具有腐殖型干酪根成因的某些特征外, 还具有湖相泥岩生烃的特点。通过原油与各类源岩生物标志物进一步对比分析发现, 侏罗系三工河组原油与西山窑、三工河组烃源岩及石炭系、三叠系烃源岩地球化学特征均存在明显差异, 与侏罗系八道湾组烃源岩对比性较好。侏罗系八道湾组原油与八道湾组、三叠系源岩有一定相似性, 因此认为八道湾组源岩为其主要源岩, 三叠系源岩也有一定的贡献。目前勘探生产主要以八道湾组烃源岩为目标, 下一步应加强对三叠系烃源岩贡献区带的勘探部署。

关键词:原油特征; 生物标记化合物; 烃源岩; 油源对比; 焉耆盆地

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

焉耆盆地位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州境内, 横跨在库鲁克塔格褶皱带和南天山褶皱带之上, 为一长轴呈北西西向延伸的菱形盆地^[1], 东西长 160 km, 南北宽 60~90 km, 面积 $1.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。自 1994 年焉参 1 井首钻获高产工业油流后, 相继探明宝中、宝北、本布图和本布图东 4 个含油区块(图 1)^[1,2], 探明石油地质储量 $4.172 \times 10^4 \text{ t}$ (油当量)。

1 原油物性及地球化学特征

1.1 原油物性特征

在焉耆盆地侏罗系三工河组和八道湾组均发现原油。焉耆盆地的原油性质好, 具有“五低三中”的基本特征, 即低密度、低粘度、低胶质沥青质含

量、低含硫、低初馏点和中高含蜡、中等凝固点、中高馏分, 属于轻质油。

从侏罗系八道湾组(J_1b)原油与侏罗系三工河组(J_1s)原油的密度和胶质沥青质含量来看, 八道湾组原油稍重。三工河组原油的密度分布峰值在 $0.80 \sim 0.82 \text{ g/cm}^3$ 之间, 而八道湾组原油密度的分布峰值在 $0.80 \sim 0.84 \text{ g/cm}^3$; 胶质沥青质含量也表现出相似的特征, 三工河组原油的胶质沥青质含量主要集中在分布于 2%~4%, 而八道湾组原油的胶质沥青质含量主要集中在分布于 4%~5%。

纵横向上, 侏罗系三工河组各油组之间的原油性质差异不明显。宝北地区各油组之间原油密度没有差别, 平均为 0.80 g/cm^3 ; 宝中地区三工河组上部第一油组为轻质油, 密度稍大, 下部 3 个油组为凝析油, 密度较小, 但 3 个凝析油组的密度基本无差别。八道湾组原油密度高于三工河组。

不同区块之间原油性质的变化具有一定的规律性。宝浪油田以宝北区块的轻质油密度最低, 宝中区块轻质油密度稍高, 宝南地区试油层原油密度最高^[3]。

1.2 原油地球化学特征

1.2.1 族组成特征

焉耆盆地侏罗系原油具有饱和烃含量高、芳香烃及非烃含量中等、沥青质含量很低的特点, 侏罗系三工河组和八道湾组原油族组成没有明显的差别(表 1)。

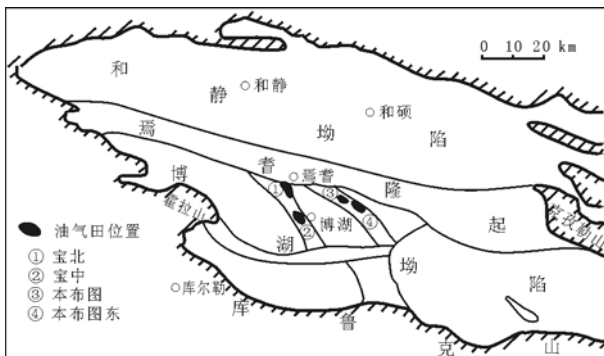


图 1 焉耆盆地油气田分布

Fig. 1 Distribution of oil and gas fields in the Yanqi Basin

收稿日期: 2006-03-21; 修订日期: 2006-08-19。

作者简介: 严永新(1968—), 男(汉族), 湖北荆门人, 硕士、高级工程师, 主要从事石油地质综合研究工作。

表 1 焉耆盆地侏罗系原油族组成特征

Table 1 Componental characteristics of the Jurassic crude oil groups in the Yanqi Basin

层 位	族组分含量, %		
	饱和烃	芳香烃	非烃+沥青质
三工河组	46.75—84.44/70.17(17)	5.06—14.81/9.37(17)	0.59—4.14/2.07(17)
八道湾组	71.28—85.38/78.33(2)	9.88—11.61/10.75(2)	2.57—2.71/2.61(2)

注:表中数值含义为最小值—最大值/平均值(样品数)。

1.2.2 正构烷烃组成特征

焉耆盆地侏罗系原油中正构烷烃主峰碳一般为 C₁₅—C₂₅, 具有较明显的奇偶优势, CPI 为 1.03~1.79。焉参 1 井原油以轻组分为主, 主峰碳数为 C₈—C₁₅, C₂₁⁻/C₂₂⁺ 为 1.68~27.84, (C₂₁+C₂₂)/(C₂₈+C₂₉) 为 3.45~29.47。其它井区的原油 C₂₁⁻/C₂₂⁺ 为 0.4~1.87, (C₂₁+C₂₂)/(C₂₈+C₂₉) 为 1.35~5.49 [4,5]。

1.2.3 类异戊间二烯烷烃组成特征

原油中姥鲛烷含量比较高, 与植烷相比具明显的优势, Pr/Ph 为 1.01~9.03, 平均值为 4.13。但除个别样品外, 姥鲛烷和植烷的含量一般小于 nC₁₇, nC₁₈ 的含量。

1.2.4 生物标志物组成特征

侏罗系三工河组各油组原油生物标志物组成特征不存在明显的差别, 各项地球化学参数比较接近(表 2), 其中甾烷系列化合物以规则甾烷为主, 重排甾烷含量很低。规则甾烷内组成分布具有明显的 C₂₉ 优势, 分布型式呈“反 L 型” [6,7] (图 2), C₂₇:C₂₈:C₂₉ 规则甾烷的平均比值为 25:19:56, 具有典型的腐殖型干酪根成烃的特点。萜烷系列化合物以三萜烷为主, 三环、四环萜烷含量很低; 三萜烷具有 C₃₁ 升藿烷含量较高、伽马蜡烷含量较低、伽马蜡烷/C₃₁ 藿烷比值很小的特点, 伽马蜡烷/C₃₁ 藿烷分布范围为 0~0.18, 平均值 0.02。Ts 含量相对较低, Ts/(Ts+Tm) 为 0.19。

表 2 焉耆盆地侏罗系原油生物标志物参数

Table 2 Biomarker parameters of the Jurassic crude oil in the Yanqi Basin

生标参数	层 位	
	三工河组(J _{1s})	八道湾组(J _{1b})
αααC ₂₉ S/(S+R)	0.47—0.53/0.49(16)	0.43—0.47/0.45(2)
C ₂₉ ββ/(αα+ββ)	0.43—0.50/0.46(16)	0.39—0.42/0.40(2)
C ₂₉ 藿烷/莫烷	10.21—14.49/12.97(16)	10.54—10.65/10.60(2)
Ts/(Ts+Tm)	0.11—0.44/0.19(16)	0.26—0.33/0.29(2)
伽马蜡烷/C ₃₁ 藿烷	0—0.18/0.02(16)	0.08—0.46/0.27(2)

注:表中数值含义为最小值—最大值/平均值(样品数)。

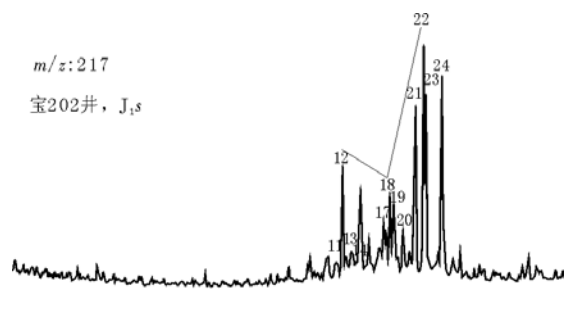


图 2 焉耆盆地宝浪油田原油甾烷组成分布

11. ααα 20SC₂₇ 甾烷+αβ20SC₂₈ 重排甾烷; 12. αβ 20RC₂₇ 甾烷+βα 20SC₂₈ 重排甾烷; 13. αβ 20SC₂₇ 甾烷+αβ 20RC₂₈ 重排甾烷; 14. ααα 20RC₂₇ 甾烷; 17. ααα 20SC₂₈ 甾烷; 18. αβ 20RC₂₈ 甾烷; 19. αβ 20SC₂₈ 甾烷; 20. ααα 20RC₂₈ 甾烷; 21. ααα 20SC₂₉ 甾烷; 22. αβ 20RC₂₉ 甾烷; 23. αβ 20SC₂₉ 甾烷; 24. ααα 20RC₂₉ 甾烷

Fig. 2 Sterane composition in crude oil and its distribution in Baolang oil field in the Yanqi Basin

侏罗系八道湾组原油中规则甾烷仍具有 C₂₉ 优势, 分布样式仍为“反 L 型”, 但 C₂₇, C₂₈ 甾烷含量相对增大, C₂₇:C₂₈:C₂₉ 规则甾烷的平均比值为 20:30:50。与侏罗系三工河组原油相比, 八道湾组原油中 Ts 含量和伽马蜡烷含量明显增高, 其中伽马蜡烷/C₃₁ 藿烷为 0.08~0.46, 平均值为 0.27, Ts/(Ts+Tm) 为 0.26~0.33, 平均值为 0.29。

2 油/油对比

根据原油中三萜烷指纹分布特征及生物标志物综合参数指纹分布特征对比 [6~9] (图 3), 侏罗系三工河组原油与八道湾组原油存在一定的差别, 属于 2 类具有不同成因的原油。主要表现为: 三工河组原油 Ts 含量相对较低, Ts/Tm 比值较小, 而八道湾组原油 Ts/Tm 值相对较大; 三工河组原油中伽马蜡烷含量相对较低, 八道湾组原油中伽马蜡烷含量相对较高; 三工河组原油与八道湾组原油规则甾烷的内分布有明显差别, C₂₇, C₂₈, C₂₉ 3 种甾烷的平均比值三工河组原油为 25:19:56, 而八道湾组原油为 20:30:50; 三工河组原油成熟度相对较低, 八道湾组原油成熟度相对较高。

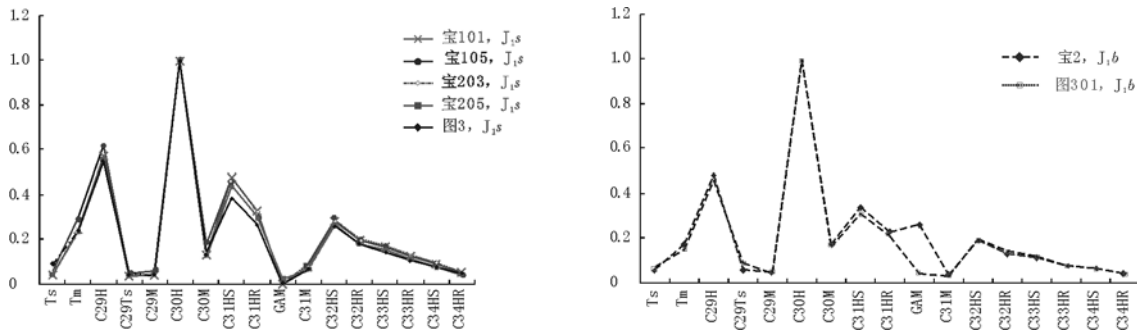


图 3 焉耆盆地侏罗系原油三萜烷指纹分布特征对比

Fig. 3 Contrast of fingerprint distribution characteristics of triterpane in the Jurassic oil in the Yanqi Basin

3 油/源对比

3.1 源岩生物标志物组成特征

侏罗系西山窑组烃源岩规则甾烷组成分布具有明显的 C₂₉ 优势,呈“反 L 型”^[4,10], C₂₇ : C₂₈ : C₂₉ 规则甾烷比值为 7 : 20 : 73。萜烷以三萜烷为主,三环、四环萜烷含量很低,C₃₁ 升藿烷含量较高,伽马蜡烷、Ts 含量较低(表 3,图 4)。伽马蜡烷/C₃₁ 藿烷分布范围为 0~0.03,平均值为 0.01。Ts/(Ts + Tm) 分布范围为 0~0.04,平均值为 0.01。

侏罗系三工河组烃源岩规则甾烷组成特征与西山窑组烃源岩相近,C₂₉ 优势明显,分布呈“反 L 型”, C₂₇ : C₂₈ : C₂₉ 规则甾烷平均比值为 13 : 21 : 66。三萜烷也具有 C₃₁ 升藿烷含量较高、伽马蜡烷含量较低、Ts 含量相对较低的特点。伽马蜡烷/C₃₁ 藿烷分布范围为 0~0.14,平均值为 0.04。Ts/(Ts + Tm) 分布范围为 0~0.31,平均值为 0.09。

侏罗系西山窑组与三工河组烃源岩中其它各项生物标志物参数也比较接近。

侏罗系八道湾组烃源岩生物标志化合物组成特征与西山窑组、三工河组存在一定相似性。规则甾

烷内组成具有明显的 C₂₉ 优势,分布呈“反 L 型”, C₂₇ : C₂₈ : C₂₉ 规则甾烷的平均比值为 13 : 22 : 66; 三萜烷中 Ts、伽马蜡烷相对含量较低,伽马蜡烷/C₃₁ 藿烷分布范围为 0~0.06,平均值为 0.03,Ts/(Ts + Tm) 为 0.03~0.24,平均值为 0.09(图 4),仍表现为典型的腐殖型干酪根生烃的特点^[6,7]。但八道湾组烃源岩有机质成熟度相对较高,ααC₂₉ 20S/(20S + 20R) 平均值为 0.44,C₂₉β/(α + β) 平均值为 0.42。

三叠系和石炭系烃源岩抽提物中生物标志物组成特征比较相近,但与侏罗系烃源岩抽提物中生物标志物组成特征存在较大的差别。规则甾烷内组成也具有 C₂₉ 优势,但优势并不十分明显,三叠系和石炭系 C₂₇ : C₂₈ : C₂₉ 规则甾烷的平均比值均为 21 : 31 : 47;三萜烷中 Ts、伽马蜡烷相对含量都较高,三叠系伽马蜡烷/C₃₁ 藿烷分布范围为 0.14~0.29,平均值为 0.22,Ts/(Ts + Tm) 为 0.13~0.29,平均值为 0.21;石炭系伽马蜡烷/C₃₁ 藿烷为 0.31,Ts/(Ts + Tm) 为 0.28~0.46,平均值为 0.37。这些表明具有湖相泥岩生烃的特点。

3.2 油源分析

根据原油地球化学特征分析,宝浪构造不同井

表 3 焉耆盆地烃源岩生物标志物参数分布特征

Table 3 Distribution of the biomarkers markers in the hydrocarbon source rocks in the Yanqi Basin

生物标志物参数	地 层				
	侏罗系三工河组	侏罗系西山窑组	侏罗系八道湾组	三叠系	石炭系
ααC ₂₉ S/(S+R)	0.22-0.47/0.37	0.20-0.41/0.30	0.30-0.50/0.44	0.41-0.46/0.44	0.41-0.46/0.43
C ₂₉ 藿烷/莫烷	2.11-11.20/4.43	2.06-3.77/2.56	4.14-14.74/9.44	4.84-8.98/6.90	7.50-14.67/11.09
Ts/(Ts+Tm)	0-0.31/0.09	0-0.04/0.01	0.03-0.24/0.09	0.13-0.29/0.21	0.28-0.46/0.37
伽马蜡烷/C ₃₁ 藿烷	0-0.14/0.04	0-0.03/0.01	0-0.06/0.03	0.14-0.29/0.22	0.31
(藿烷+莫烷)C ₂₉ /C ₃₀	0.53-1.03/0.74	0.86-1.14/0.92	0.48-0.81/0.65	0.51-0.67/0.59	0.49-0.53/0.51

注:表中数值含义为最小值-最大值/平均值

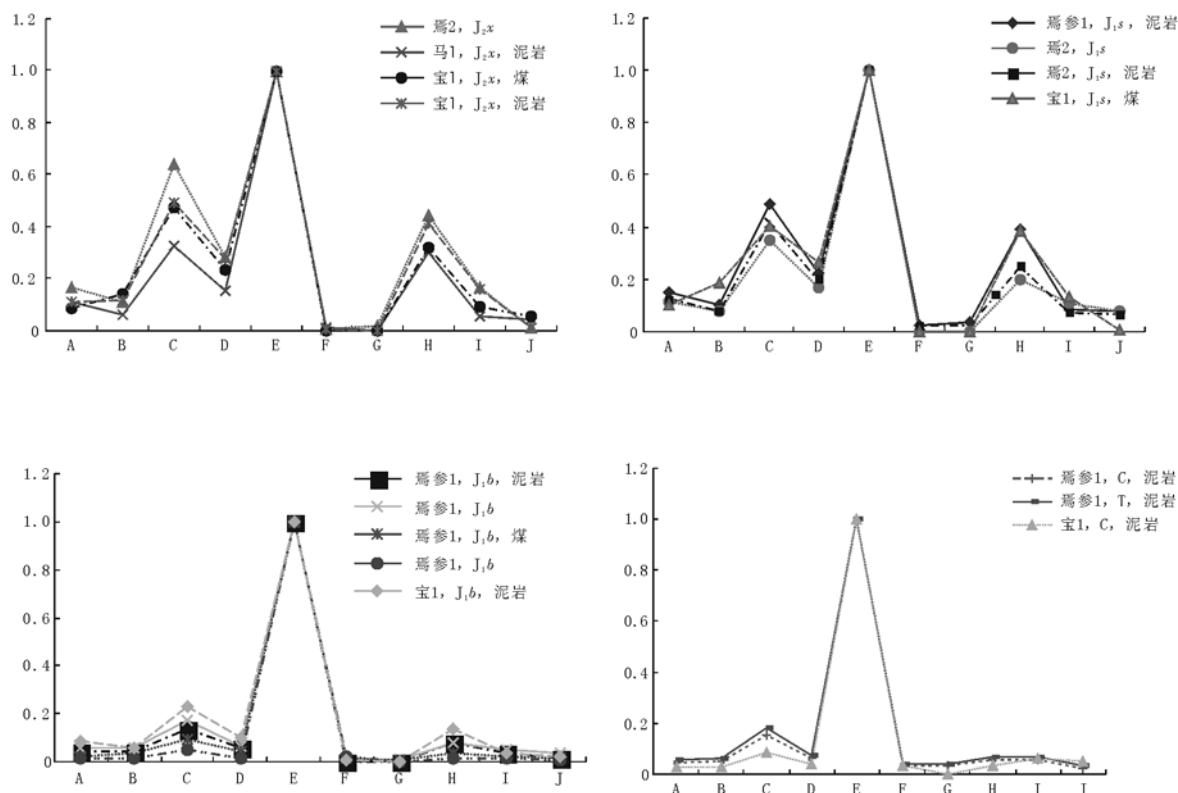


图4 焉耆盆地烃源岩生物标志物对比

A. $\alpha\alpha C_{29}S/(S+R)$; B. $C_{29}\beta\beta/(\alpha\alpha+\beta\beta)$; C. $C_{32}S/R$; D. $C_{31}S/(S+R)$; E. C_{29} 藿烷/莫烷; F. $Ts/(Ts+Tm)$; G. 伽马蜡烷/ C_{31} 藿烷; H. (藿烷+莫烷) C_{29}/C_{30} ; I. $\alpha\alpha 20RC_{28}/C_{29}$; J. $\alpha\alpha 20RC_{27}/C_{29}$

Fig. 4 Contrast of biomarkers markers in the hydrocarbon source rocks in the Yanqi Basi

区、不同深度侏罗系三工河组油层原油生物标志物组成特征一致,认为原油的生源条件、成熟度和成藏后保存条件基本一致。侏罗系八道湾组原油与三工河组原油生物标志物特征存在一定的差别。

根据三萜烷分布特征及生物标志物多项参数综合对比,本区侏罗系原油与侏罗系西山窑组、三工河组烃源岩存在较大差别,油—源相关性较差。侏罗系三工河组原油与八道湾组烃源岩生物标志物组成特征比较接近,认为原油主要来源于侏罗系八道湾组烃源岩。

根据宝2井、图301井八道湾组原油样品分析,侏罗系八道湾组原油与三工河组原油存在较大的差别,认为存在不同的油源。三工河组原油属于典型腐殖型干酪根成因,而八道湾组原油除了具有腐殖型干酪根成因的某些特点外,还具有湖相泥岩生烃的特点,如伽马蜡烷、 Ts 含量均较高,与三叠系、石炭系烃源岩具有一定的可比性,但是石炭系生烃能力差,综合评价为非生油岩。因此八道湾组原油除来源于自身外,也不可忽视三叠系烃源岩的贡献。

4 结论

通过焉耆盆地侏罗系原油与石炭系、三叠系和侏罗系西山窑组、三工河组、八道湾组烃源岩抽提物生物标志物对比分析,侏罗系三工河组原油与西山窑组、三工河组烃源岩及石炭系、三叠系烃源岩地球化学特征均存在明显的差异,而与八道湾组烃源岩对比性较好。八道湾组原油与八道湾组、三叠系烃源岩有一定相关性,认为八道湾组烃源岩为其主要源岩,三叠系烃源岩也有一定的贡献,应加强该套烃源岩的研究和勘探。

参考文献:

- 1 袁正文,何明喜,宋建华等. 新疆焉耆挤压逆冲型残留盆地与油气勘探[J]. 石油实验地质,2004,26(1):11~16
- 2 李永林,陈文学. 焉耆盆地含油气系统的演化[J]. 石油与天然气地质,2000,21(4):357~359
- 3 南红丽,李永林,赵德力等. 焉耆盆地含氮化合物分布与油气运移特征[J]. 石油实验地质,2004,26(5):488~491
- 4 赵孟军,赵陵,张水昌等. 南盘江盆地主要烃源岩地球化学特征研究[J]. 石油实验地质,2006,28(2):162~167
- 5 段毅,王智平,张辉等. 柴达木盆地原油烃类地球化学特征[J]. 石油实验地质,2004,26(4):359~364

