

文章编号: 1001- 6112(2003)06- 0769- 04

伊朗卡山地区侏罗系 Shemshak 组 烃源岩特征研究

王世虎^{1,2}, 李 政², 夏 斌¹, 陈根文¹, 闫 义¹, 于俊峰¹, 陈志勇¹

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 胜利油田 地质科学研究所, 山东 东营 257001)

摘要: 该文通过对伊朗卡山地区侏罗系 Shemshak 组烃源岩有机质丰度、干酪根镜鉴结果、干酪根碳同位素特征、生物标志化合物特征等的分析, 提出 Shemshak 组烃源岩干酪根类型主要为腐泥- 腐殖型(⊖₂)和腐殖(⊖)型。有机质演化大部分样品已达到过成熟阶段。Shemshak 组烃源岩除了极少部分属好烃源岩以外, 大部分为中等烃源岩。

关键词: 烃源岩; 干酪根; 卡山地区; 伊朗

中图分类号: TE122. 1

文献标识码: A

卡山区块位于中伊朗盆地库姆—卡山坳陷的东南收敛部分, 属于中央山间盆地的一部分。区内古生界、中生界、新生界均有不同程度的发育, 但以中、新生界为主。根据与周围已经探明地区的对比分析, 推测侏罗系、白垩系和第三系是本区 3 套主要的烃源岩。本文是侏罗系 Shemshak 组烃源岩的有机岩石学和有机地球化学的研究结果。

1 有机质丰度

卡山区块侏罗系 Shemshak 组为一套正常碎屑岩的三角洲相沉积, 工区内 Shemshak 组泥岩岩性主要为深灰—灰黑色中厚层状粉砂质泥岩, 砂质含量较高。残余有机碳含量在 0.032%~0.8% 之间, 平均为 0.46%, 主要分布在 0.2%~0.76% 范围内, 最为稳定的分布范围是 0.4%~0.6% (图 1)。 T_{max} 范围为 451~589℃, 中值为 520℃。生油潜量 S_1+S_2 值在 0.001~0.032mg/g 之间, 平均为 0.0037 mg/g。氯仿沥青“A”分布在 0.001%~0.0034% 范围内, 平均为 0.0021%。

经有机质丰度恢复后的有机碳含量为 0.38%~1.09%, 占恢复样品总数的 76.7%。由于有机质丰度恢复后样品有机碳含量大部分在 0.6%~1.0% 之间 (图 2), 所以综合起来看, 除了极少部分属好烃源岩以外, 大部分为中等烃源岩。

2 有机质类型

2.1 干酪根镜鉴

卡山区块侏罗系 Shemshak 组岩石样品干酪根

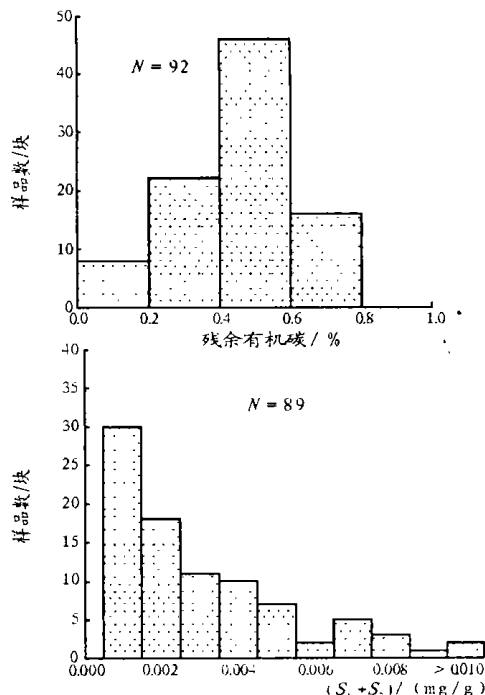


图 1 侏罗系 Shemshak 组岩石样品有机碳、生烃潜力频率图

Fig. 1 Histogram of organic carbon and potential hydrocarbon-production for the rock samples from the Jurassic Shemshak Formation

收稿日期: 2003- 05- 28; 修订日期: 2003- 10- 11.

基金项目: 中科院重大知识创新项目(KZCX2- SW- 117, KZCX2- 101- 04); 国家自然科学基金项目(40072022).

作者简介: 王世虎(1966—), 男(汉族), 山东人, 高级工程师、博士生, 主要从事石油地质方面的研究.

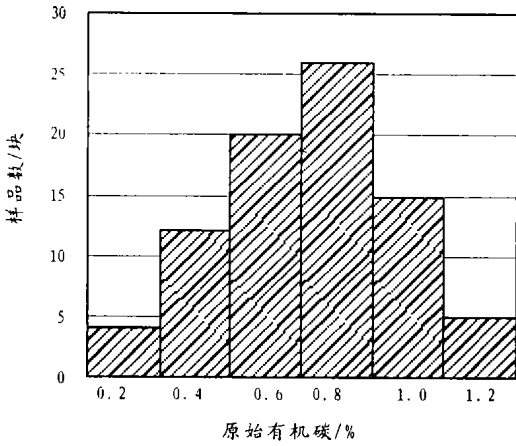


图 2 侏罗系 Shemshak 组岩石灰岩、泥岩原始有机碳含量频率图
Fig. 2 Histogram of original organic carbon content in the limestone and mudstone of the Jurassic Shemshak Formation

显微组分分析如表 1 所示。侏罗系 Shemshak 组镜质组镜下外形均以碎屑状、团块状为主，较少有条带状。微组分以陆生高等植物来源的镜质组和惰质组为主，含量占有有机质的 90% 以上，低等水生生物来源的显微组分很少，且经过降解后主要以碳质残渣的形式存在，为腐泥-腐殖型(㉔₂)和腐殖(㉔)型。

2.2 干酪根碳同位素

热模拟实验研究表明，原始生烃母质在热演化过程中，干酪根碳同位素变化很小^[1, 2]，因此它在高

一过成熟烃源岩有机质的判别中十分重要。侏罗系 Shemshak 组岩石样品通过干酪根 $\delta^{13}C$ 值划分的有机质类型见表 2。由表中可以知道，侏罗系岩石样品干酪根 $\delta^{13}C$ 值分布在 -23.1‰~ -26.0‰ 之间，平均值为 -24.28‰，也为腐泥-腐殖型(㉔₂)和腐殖型(㉔)。

2.3 生物标志化合物特征

我们知道，利用生物标志化合物的某些性质可以表征油气及地层沉积环境的某些特性。不同生油岩体具有不同的生物标志化合物，在转化过程中其特征碳骨架未遭受破坏，仍保留其稳定结构进入石油成分。因此，利用不同烃源岩层的生物标志化合物特征可以进行油油对比、油源对比及沉积环境分析。

侏罗系的可能烃源岩主要为灰色粉砂质泥岩，其饱和烃参数见表 3。该套岩石的饱和烃色谱分布有两种类型：a) 单峰型；b) 后单峰型。其中，以第一种单峰类型为主，占样品总数的 90%。正烷烃碳数分布范围多为 C₁₀—C₃₄，主峰碳为 C₂₃，低、高碳数比值 C₂₁⁻ / C₂₂⁺ 平均为 0.83，OEP 为 1.07，无奇偶优势，表现出水生和陆生生物的混相特征。由于富含高位甲基支链烷烃，因而在色谱图上 C₁₈—C₂₅ 区出现“驼峰”(图略)，这种类型的化合物主要来源于菌

表 1 侏罗系 Shemshak 组粉砂质泥岩干酪根显微组分含量表

Table 1 Maceral content of kerogen from the silty mudstone of the Jurassic Shemshak Formation

样号	含量/%				类型	样号	含量/%				类型
	腐泥组	壳质组	镜质组	惰质组			腐泥组	壳质组	镜质组	惰质组	
17- B2/2	53.3	0.0	13.3	33.3	㉔ ₂	22- B6	0.7	0.0	2.0	97.3	㉔
4- B2/1	9.3	0.0	14.3	76.3	㉔	22- B11	0.0	0.0	2.3	97.7	㉔
4- B2/2	3.3	0.0	8.3	88.3	㉔	22- B12	0.0	0.0	3.7	96.3	㉔
4- B4	0.0	0.3	9.0	90.7	㉔	22- B16	5.7	0.0	17.0	77.3	㉔
4- B5	0.0	0.0	2.3	97.7	㉔	23- B6	1.3	0.0	16.3	82.3	㉔
4- B9/1	0.0	0.0	1.3	98.7	㉔	23- B6/1	3.7	0.0	67.0	29.3	㉔
4- B10	0.0	0.0	2.3	97.7	㉔	23- B8/1	27.7	0.0	13.0	58.7	㉔
4- B12	0.0	0.0	7.3	92.7	㉔	23- B11	0.0	0.0	40.0	60.0	㉔
4- B14	0.0	0.0	2.7	97.3	㉔	5- B8/4	43.7	0.0	15.0	41.3	㉔
4- B22	2.3	0.0	12.3	85.3	㉔	5- B10	0.0	0.0	5.3	974.7	㉔

表 2 侏罗系 Shemshak 组干酪根 $\delta^{13}C$ 值划分有机质类型表

Table 2 Carbon isotopic composition and organic matter types of kerogen from the Jurassic Shemshak Formation

样号	20- B7	7- B12/1	22- B11	20- B2	4- B2/1	22- B12	4- B2	4- B9/1	20- B8/1	20- B8/2	5- B10	17- B3/2	23- B8/1
$\delta^{13}C/‰$	-26	-25.1	-25	-25	-24.9	-24.9	-24.7	-24.6	-24.6	-24.6	-24.5	-24.5	-24.3
类型	㉔ ₂	㉔ ₂	㉔ ₂	㉔ ₂	㉔ ₂	㉔ ₂	㉔ ₂	㉔ ₂	㉔ ₂	㉔ ₂	㉔ ₂	㉔ ₂	㉔
样号	20- B2/1	4- B18/1	22- B4	22- B16	4- B12	4- B18/3	23- B11	23- B11/1	17- B4/3	23- B6/3	23- B6/4	17- B4	23- B6/1
$\delta^{13}C/‰$	-24.3	-24.2	-24.2	-24.1	-23.9	-23.9	-23.9	-23.7	-23.6	-23.3	-23.3	-23.3	-23.1
类型	㉔	㉔	㉔	㉔	㉔	㉔	㉔	㉔	㉔	㉔	㉔	㉔	㉔

注：测试单位为胜利油田地质研究院测试中心。

表3 侏罗系粉砂质泥岩饱和烃参数

Table 3 Parameters of saturated hydrocarbon in the Jurassic silty mudstone

样号	主峰碳	OEP	C ₂₁ ⁻ / C ₂₂ ⁺	Pr / C ₁₇	Ph / C ₁₈	Pr / Ph	样号	主峰碳	OEP	C ₂₁ ⁻ / C ₂₂ ⁺	Pr / C ₁₇	Ph / C ₁₈	Pr / Ph
4- HB2	C ₂₃	1.07	1.10	0.57	0.59	0.90	23- HB6	C ₂₀	1.06	1.00	0.43	0.51	0.61
4- HB4	C ₂₃	1.07	0.84	0.57	0.62	0.81	5- B8/4	C ₂₃	1.08	0.62	0.36	0.47	0.45
4- HB9/1	C ₂₃	1.09	0.79	0.52	0.54	0.62	5- B10	C ₂₃	1.07	0.52	0.44	0.53	0.64
4- B12	C ₂₃	1.07	0.97	0.52	0.64	0.71	17- HB1	C ₂₂	1.08	0.81	0.49	0.57	0.52
4- B14	C ₂₃	1.06	0.94	0.45	0.52	0.69	17- HB3/1	C ₂₃	1.05	0.62	0.32	0.48	0.56
4- HB18/1	C ₂₅	1.03	0.38	0.53	0.55	0.92	7- HB12/1	C ₂₇	1.05	0.23	0.19	0.30	0.90
4- HB28/1	C ₂₂	1.06	0.98	0.47	0.57	0.60	20- HB2	C ₂₃	1.05	0.61	0.44	0.47	0.68
22- HB4	C ₂₁	1.08	0.75	0.41	0.18	0.66	20- HB6	C ₂₃	1.22	0.70	0.44	0.54	0.63
22- HB11	C ₂₀	1.10	1.57	0.43	0.52	0.53	20- HB8	C ₂₃	1.36	0.62	0.39	0.49	0.62

注: 测试单位胜利油田地质研究院测试中心。

藻类物质。类异戊二烯烃中 Pr 占优势, Pr 多于 Ph, Pr/Ph 平均为 0.64。后单峰型色谱分布的样品量只占 10%, 碳数分布范围较宽, 为 C₉—C₃₇, 主峰碳为 C₂₅ 和 C₂₇, 低碳数化合物减小, C₂₁⁻ / C₂₂⁺ 只有 0.23~ 0.38, 显示出高等植物有机质丰富的特征。OEP 为 1.06, 也无奇偶优势。Pr/Ph 较高, 但小于 3, 为 0.91。同样富含高位甲基支链烷烃, 显示当时为强氧化的海生特征。

虽然侏罗系样品的色谱分布有所不同, 但甾、萜烷类生物标志物的分布特征却极其相似, 成熟度相近(表 4)。甾烷中以规则甾烷为主, C₂₇—C₂₉ 化合物呈“V”字型分布, C₂₇> C₂₈< C₂₉, 一般情况下 C₂₇ 略大于 C₂₉, 显示出以低等水生生物为主的混合型有机质性质。重排甾烷含量不高, C₂₇ 重排/ 规则甾烷之比为 0.10~ 0.15, 4- 甲基甾烷与重排甾烷含量相当, 高于甲基甾烷, C₂₈、C₂₉、C₃₀ 4- 甲基甾烷呈反“L”型分布, 表明其沉积环境不具备咸化、强还原条件。低碳数的妊甾烷、高妊甾烷比较发育, 平均占 C₂₇—C₂₉(20R) 甾烷的 6.3%。表征成熟度参数的 C₂₉ 甾烷 20S/20(S+R) 为 0.35~ 0.42, 平均 0.39, 说明该层位可能烃源岩已具备了临界成熟度。

萜烷中, 以五环萜烷为主, 其中又以 17 α (H) - 藿烷系列为主要成分, 莫烷系列含量低。三环萜烷比较发育, 碳数分布范围为 C₁₉—C₂₉, 缺失 C₂₇, 多以 C₂₃> C₂₁ 为特征。C₂₄ 四环萜烷不发育, C₂₄ 四环/ C₂₆ 三环萜烷之比均小于 1, 具有典型泥质岩的特征。在五环萜烷中, Ts、C₃₀ 重排藿烷和 γ - 蜡烷具有一定的含量。C₃₀ 重排藿烷一般在具有粘土的亚氧化沉积环境的沉积物中比较发育, 由低等的细菌和蓝绿藻和低等植物(蕨类、苔藓)生成, 在强还原的海相环境中很难检测出这种化合物。Ts 在同样的沉积

环境中发育, 但受成熟度的影响较大, 一般随成熟度增高而增加。Ts/T_m 比值在该层位为 0.62~ 0.81, γ - 蜡烷指数为 0.21~ 0.27。> C₃₁ 的升藿烷呈“阶梯状”分布, C₃₅ 小于 C₃₃ 和 C₃₄, 再次证实侏罗系样品具有正常的海相水体沉积环境。

3 有机质演化

镜质体反射率是一种有效的有机质指标^[3]。侏罗系共分析样品 44 块, 都为泥岩类, 随机反射率值在 1.17%~ 3.98% 之间。泥岩样品的 T_{max} 在 451~ 589 °C 之间, 中数为 520 °C, 位于高一过成熟阶段, 大部分样品已达到过成熟阶段(表 4)。

另外, 从该区侏罗系的热演化看, 南部地区的样品成熟度略低, 为高成熟阶段, 部分样品热演化为成熟阶段, 总的趋势是由南向北成熟度逐渐升高。在工区中部深埋在 7 000m 以上的侏罗系源岩成熟度可能更高, 为干气阶段。整个工区侏罗系 R_o 值约为 2.07%~ 3.85%。工区南部沉积岩多为生屑泥晶灰岩及泥质粉沙岩, 可以看出该区是良好的成烃源岩, 生油岩层即中下组大约 2 600m 具有很大的生油潜力。

综上所述, 侏罗系主要为一套正常碎屑岩的三角洲相沉积, 其原始物质为浅水沉积的低等水生生物及大量的陆地高等植物的混合相, 大部分地区的

表 4 侏罗系泥岩成熟度数据统计表

Table 4 Maturity statistics of the Jurassic silty mudstone

指标	范围	中值	样品数
T _{max} /°C	451~ 589	520	50
R _o /%	1.17~ 3.98	2.96	44

烃源岩已经达到过成熟阶段, 经过恢复后的有机质含量比较高, 为 0.38% ~ 1.09%。由于该套地层沉积了巨厚的泥质烃源岩, 所以侏罗系应该是良好的目的层。

参考文献:

- [1] 程克明, 王兆云, 钟宁宇, 等. 碳酸盐油气成藏理论与实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 29- 90.
- [2] 郝石生, 高岗, 刚文哲, 等. 高过成熟海相碳酸盐岩[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 101- 108.
- [3] 蒋国豪, 胡瑞忠, 方维萱. 镜质体反射率(R_o)推算古地温研究进展[J]. 地质地球化学, 2001, 29(4): 40- 45.

CHARACTERISTICS OF HYDROCARBON SOURCE ROCKS IN THE JURASSIC SHEMSHAK FORMATION OF KASHAN AREA, IRAN

WANG Shi-hu^{1,2}, LI Zheng², XIA Bin¹, CHEN Gen-wen¹, YAN Yi¹, YU Jun-feng¹, CHEN Zhi-yong¹

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, China;
2. Shengli Oilfield, Dongying, Shandong 257001, China)

Abstract: By analyses on the organic matter abundance of hydrocarbon source rocks, the vitrinite composition and carbon isotopic features of kerogen and the features of biomarkers in the Jurassic Shemshak Formation of Kashan area, Iran, it was suggested that the kerogen types of the Shemshak source rocks be mainly sapropel-humic (Ⅲ) and humic (Ⅳ). Most samples have evolved to overmature stages. Except for a few good source rocks, most source rocks of the Shemshak Formation are middle grade.

Key words: hydrocarbon source rock; kerogen; Kashan area; Iran

(continued from page 768)

METHOD STABILITY AND ANOMALY REPRODUCIBILITY ANALYSIS IN SURFACE GEOCHEMICAL EXPLORATION FOR OIL AND GAS —A CASE STUDY OF THE SHIWU FAULT DEPRESSION IN SONGLIAO BASIN

YAO Jun-mei, XIA Xiang-hua, REN Chun

(Research Institute of Petroleum Geochemical Exploration, RIPEP, SINOPEC, Hefei, Anhui 230022, China)

Abstract: Based on the results of repetitive tests above the existing oil and gas fields in Shiwu fault depression in southeastern uplifted area in Songliao Basin, the method stability of acid-digestion hydrocarbon, heat-release hydrocarbon, headspace gas and ΔC and reproducibility of the anomalies determined by these indicators are discussed. The results showed that the concentrations of the geochemical indicators in repetitive tests had stability to a certain extent. And in special distribution, the anomalous zones defined by the geochemical indicators in repetitive tests had reproducible features. The medium-value and high-value anomalies of the indicators had better reproducibility above oil and gas fields. The concentrations of the indicators in background areas were lower.

Key words: oil and gas geochemical exploration; methods; stability; reproducibility