

Geochemical Characteristics and Origin of Natural Gas of Well Hacan 1 in Hari Sag, Yingen-Ejinaqi Basin

Zhijun Chen, Chunchen Zhao, Xiaoduo Wang, Huchuang Liu

Research Institute of Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co. Ltd, Xi'an Shaanxi
Email: chenzhijun2203@aliyun.com

Received: Dec. 18th, 2016; accepted: Apr. 28th, 2017; published: Dec. 15th, 2017

Abstract

It was greatly significant breakthrough of natural gas reservoir in Bayingebi formation of Well Hacan 1, Hari Sag, Yingen-Ejinaqi Basin, which heralded a certain oil and gas exploration potential in the central of basin. However, there was a big controversy for the source of gas between Mesozoic and Paleozoic. This uncertainty of gas source severely affected the understanding of gas reservoir, which constrained the prediction of gas reservoir and the selection of exploration direction as well. This paper mainly concentrated on the research of natural gas geochemistry and gas source correlation analysis. Our results revealed that the drying coefficient of natural gas was between 0.81 and 0.86. It belonged to wet gas, which was oil type gas on the genetic type and high matured gas on the degree of thermal evolution. To contrast the characteristics of carbon isotope and biomarker compounds, there was a high degree of similarity between hydrocarbon source rock and condensate oil in Bayingebi formation. Hence the source rock of the gas should be from Bayingebi formation. Although sterane characteristics of condensate oil showed a certain similarity with outcrop hydrocarbon source rock in Permian, they had obvious differences in other biomarker compounds. Moreover, there was no effective hydrocarbon source rock in Permian as drilling revealed. Thus the gas source contribution of Permian source rocks remained to be studied further.

Keywords

Gas Source Correlation, Geochemical Characteristics, Natural Gas, Well Hacan 1, Hari Sag, Yingen-Ejinaqi Basin

银额盆地哈日凹陷哈参1井天然气地球化学特征及气源对比

陈治军, 赵春晨, 王小多, 刘护创

陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院, 陕西 西安

作者简介: 陈治军(1980-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事石油地质方面的研究工作。

Email: chenzhijun2203@aliyun.com

收稿日期: 2016年12月18日; 录用日期: 2017年4月28日; 发布日期: 2017年12月15日

摘要

哈日凹陷哈参1井巴音戈壁组试气获得突破对银额盆地意义重大, 预示着盆地中部具有一定的油气勘探潜力。但天然气是来自于中生界还是古生界存在争议, 气源的不确定性严重影响了对气藏的认识, 制约了对油气藏的预测和勘探方向的选择。主要开展哈参1井天然气地球化学特征和气源对比研究, 结果表明: 哈参1井巴音戈壁组天然气干燥系数为0.81~0.86, 属于湿气, 成因类型为油型气, 热演化程度为高成熟天然气。碳同位素和生物标志化合物对比结果表明, 哈参1井巴音戈壁组天然气伴生凝析油特征与巴音戈壁组烃源岩相似程度高, 气藏的气源岩推测为巴音戈壁组烃源岩。虽然凝析油的甾烷特征与二叠系露头烃源岩有着相似性, 但其他生物标志化合物特征表现出明显的差别, 且二叠系未钻遇有效烃源岩, 其气源贡献还有待于进一步研究。

关键词

气源对比, 地球化学特征, 天然气, 哈参1井, 哈日凹陷, 银额盆地

Copyright © 2017 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

银额盆地是在前寒武纪结晶地块和古生代褶皱基底基础上发育起来的中新生代沉积盆地[1], 中、新生界有效沉积岩面积约 $10.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ [2], 是中国西北地区一个大型沉积盆地。盆地整体勘探程度较低, 东部查干凹陷勘探程度高、勘探效果好[3] [4], 下白垩统发现三千多万吨石油储量; 盆地西部的天草凹陷、路井凹陷下白垩统巴音戈壁组也有零星的油气发现[5]; 然而盆地中部的油气勘探一直未能取得突破。近期, 哈日凹陷哈参1井巴音戈壁组试气获得了日产 $9 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的工业气流, 预示着盆地中部具有一定的油气勘探潜力。但天然气是来自于中生界还是古生界存在着很大的争议, 气源的不确定性严重影响了对气藏的认识, 制约了对油气藏的预测和勘探方向的选择。笔者通过对哈参1井天然气地球化学特征研究和气源对比分析, 以期为进一步认识该气藏特征和油气资源潜力预测提供依据。

3. 天然气地球化学特征

3.1. 化学组分

测试分析的 7 个天然气样品中, 烃类气体占 92.38%~98.43%, 其中甲烷体积分数为 74.44%~84.16%, C_2^+ 以上重烃体积分数平均值为 16.85%, 干燥系数(C_1/C_{1-5})为 0.81~0.86, 属于湿气(表 1, 图 2)。甲烷含量可以反映天然气成熟度, 成熟度越高, 天然气甲烷含量越高, 重烃含量越低[8] [9]。哈参 1 井巴音戈壁组天然气甲烷含量中等, 指示着天然气成熟度不是很高。非烃气体含量较低, 主要为 N_2 和 CO_2 , 总体积分数为 1.57%~7.62%, 平均为 6.01%。 N_2 体积分数介于 1.57%~6.18% 之间, 平均为 4.84%; CO_2 体积分数介于 0%~0.82% 之间, 平均为 0.26%; 7 个样品中只有 1 个样品检测出 H_2S , 体积分数为 0.35%。按照石油天然气行业标准[10], 天然气为低含 N_2 、低含 CO_2 、微含硫 - 中含硫气藏(表 1, 图 2)。

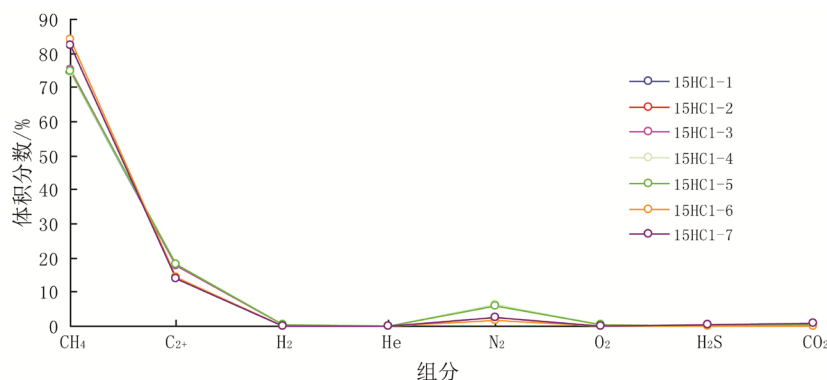


Figure 2. Line chart of natural gas chemical composition in well Hacan 1
图 2. 哈参 1 井天然气化学组分折线图

Table 1. Natural gas chemical composition and parameters in well Hacan 1

表 1. 哈参 1 井天然气化学组分及参数

样品编号	层位	各组分及其体积分数/%								C_1/C_{1-5}
		CH_4	C_2^+	H_2	He	N_2	O_2	H_2S	CO_2	
15HC1-1	K_1b	74.57	17.81	0.44	0.04	6.08	0.40	0.00	0.66	0.81
15HC1-2	K_1b	74.51	18.04	0.38	0.04	6.06	0.40	0.00	0.57	0.81
15HC1-3	K_1b	75.12	17.58	0.56	0.04	5.81	0.27	0.00	0.62	0.81
15HC1-4	K_1b	74.44	17.96	0.36	0.04	6.18	0.47	0.00	0.54	0.81
15HC1-5	K_1b	74.86	18.22	0.39	0.04	5.71	0.24	0.00	0.54	0.81
15HC1-6	K_1b	84.16	14.27	0.00	0.00	1.57	0.00	0.00	0.00	0.86
15HC1-7	K_1b	82.33	14.04	0.00	0.00	2.46	0.00	0.35	0.82	0.85

3.2. 天然气碳同位素组成

测试分析的 5 个天然气样品甲烷碳同位素值变化不大, 为 -38.76‰ ~ -38.73‰ , 平均 -38.75‰ 。乙烷碳同位素值为 -27.12‰ ~ -26.90‰ , 平均 -27.04‰ 。丙烷碳同位素值为 -35.92‰ ~ -25.09‰ , 平均 -27.59‰ 。除 1 个样品外, 其余样品呈现常规天然气 $\delta^{13}C_1 < \delta^{13}C_2 < \delta^{13}C_3$ 的特征(表 2)。 CO_2 具有多种成因和来源, 有碳酸盐岩分解的无机成因, 也有干酪跟热降解、有机酸脱羧、有机质氧化或水解等有机成因。因此, CO_2 碳同位素一般变化范围较大[9]。哈参 1 井 CO_2 碳同位素较重, 平均为 -10.12‰ 。

Table 2. The data table of carbon isotope of natural gas in well Hacan 1
表 2. 哈参 1 井天然气碳同位素数据表

样品编号	层位	碳同位素/‰				R_o /% (据 Sthal)	R_o /% (据戴金星)	R_o /% (据沈平)
		CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	CO ₂			
15HC1-1	K ₁ b	-38.75	-27.12	-35.92	-9.57	1.55	1.65	1.62
15HC1-2	K ₁ b	-38.76	-27.07	-25.80	-10.09	1.55	1.65	1.62
15HC1-3	K ₁ b	-38.73	-27.01	-25.09	-10.33	1.56	1.66	1.63
15HC1-4	K ₁ b	-38.73	-27.08	-25.60	-10.45	1.56	1.66	1.63
15HC1-5	K ₁ b	-38.76	-26.90	-25.53	-10.16	1.55	1.65	1.62

3.3. 天然气成因类型

天然气中烷烃气的组分和烷烃气碳同位素值是判别天然气成因类型的重要依据，油型气甲烷碳同位素值一般在-55‰~-30‰之间，甲苯/苯小于 1；煤成气甲烷碳同位素值一般在-43‰~-10‰之间，甲苯/苯大于 1 [11] [12] [13] [14] [15]。哈参 1 井天然气 $\delta^{13}C_1$ 平均值为 -38.75‰，甲苯/苯为 0.93，倾向于油型气。在图 3 天然气鉴别图版中，除了样品 15HC1-1 由于 $\delta^{13}C_3$ 值较轻而落在混合气区外，其余 4 个天然气样品基本落在油型气区，综合判定天然气为油型气。“Bernard”天然气分类图版[9] [11]表明(图 4)，天然气为热成因气，推测为热降解气。

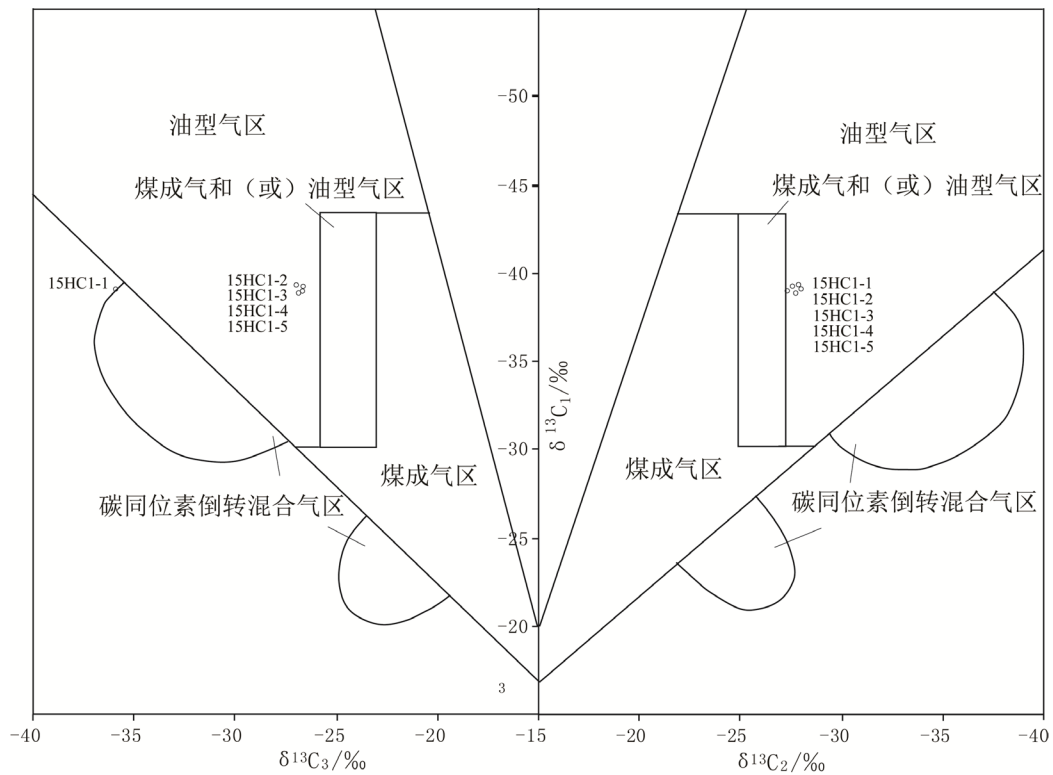


Figure 3. $\delta^{13}C_1$ - $\delta^{13}C_2$ - $\delta^{13}C_3$ identification diagram of natural gas in well Hacan 1 (diagram from reference [11] [15])

图 3. 哈参 1 井 $\delta^{13}C_1$ - $\delta^{13}C_2$ - $\delta^{13}C_3$ 天然气成因鉴别图(底图据文献[11] [15])

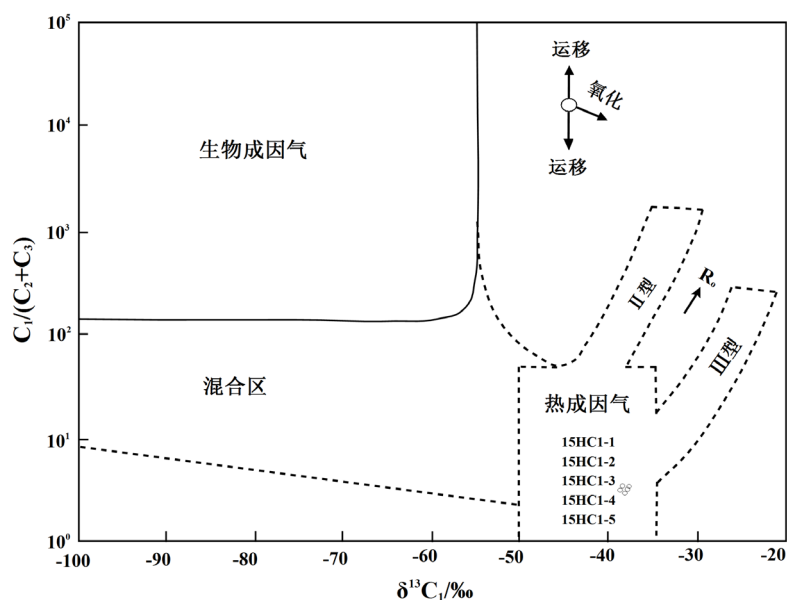


Figure 4. “Bernard” identification diagram of natural gas in well Haca 1 (diagram from reference [9] [11])

图 4. 哈参 1 井天然气 “Bernard” 分类图版(底图据文献[9] [11])

3.4. 天然气成熟度

前人研究表明, 随着热演化程度的增加, 天然气碳同位素值变重, 相邻碳数化合物的碳同位素差值变小, 尤其是甲烷碳同位素值受热成熟作用的影响更大[9] [16]。国内外不少学者开展天然气甲烷碳同位素与气源岩 R_o 相关性研究, 建立了 $\delta^{13}C_1-R_o$ 的回归公式[17] [18]。依据 Sthal、戴金星、沈平等[18]不同学者的研究成果, 计算得出天然气 R_o 为 1.55%~1.65%, 平均为 1.60% (表 2), 属高成熟天然气。

轻烃组中环烷烃的热稳定性低于链烷烃和芳香烃, 它们对热演化的敏感性使之成为成熟度参数的主要选择对象[19]。依据 Thompson 的正庚烷指数和异庚烷指数成熟度判别标准[20], 哈参 1 井凝析油为高 - 过成熟凝析油(图 5)。

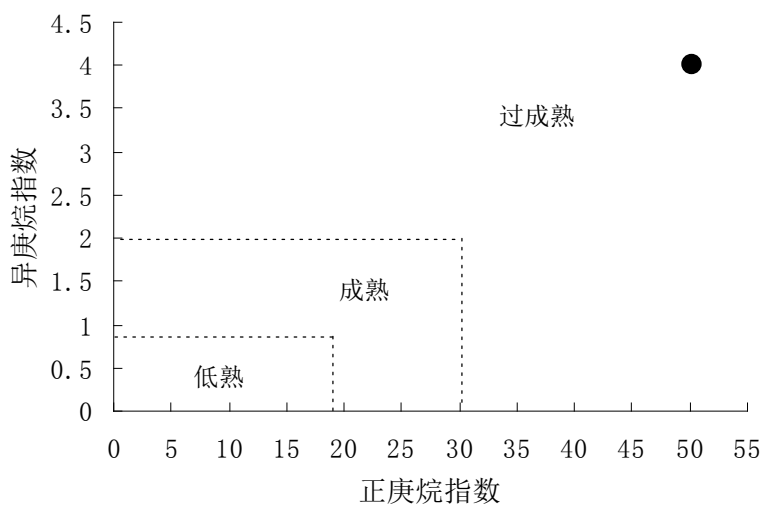


Figure 5. Maturity classification chart from light hydrocarbon component of condensate oil (diagram from reference [20])

图 5. 哈参 1 井凝析油轻烃组成熟度划分图(底图据文献[20])

4. 气源分析

由于天然气组分较轻,可检测的参数较少,而烃源岩轻烃组分缺失,使得天然气气源对比工作往往很难开展[16]。哈参 1 井 K₁b 天然气伴生有少量的凝析油,该次研究试图利用凝析油的碳同位素和生物标志化合物等开展气源对比研究。

4.1. 碳同位素特征及气源

干酪根碳同位素值主要受沉积环境、母质类型及碳同位素的分馏作用的影响,可用于气源对比研究中[21] [22]。哈参 1 井 K₁y 的 9 个烃源岩样品的 $\delta^{13}\text{C}$ 为 -29.9‰ ~ -26.7‰ ,平均为 -28.5‰ 。K₁s 的 6 个烃源岩样品 $\delta^{13}\text{C}$ 为 -28.5‰ ~ -20.4‰ ,平均为 -23.8‰ 。K₁b 的 7 个烃源岩样品 $\delta^{13}\text{C}$ 为 -28.5‰ ~ -23.8‰ ,平均为 -25.9‰ 。K₁b 凝析油样品 1 个, $\delta^{13}\text{C}$ 为 -25.8‰ 。K₁b 凝析油与 K₁b 烃源岩 $\delta^{13}\text{C}$ 值最为接近(图 6),指示着它们之间有着成因上的联系。

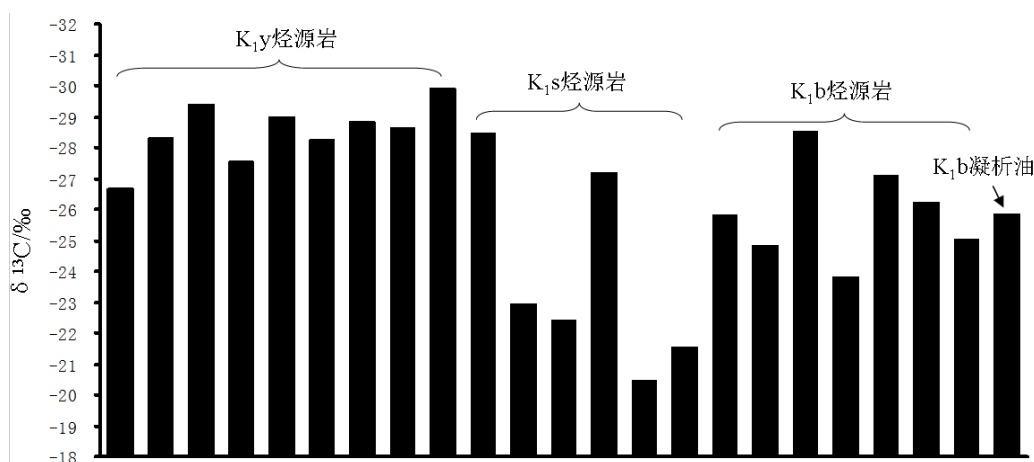


Figure 6. Contrast of $\delta^{13}\text{C}$ between source rocks and condensate oil in Hari Sag
图 6. 哈日凹陷不同层段烃源岩与凝析油 $\delta^{13}\text{C}$ 对比图

4.2. 生物标志物及气源

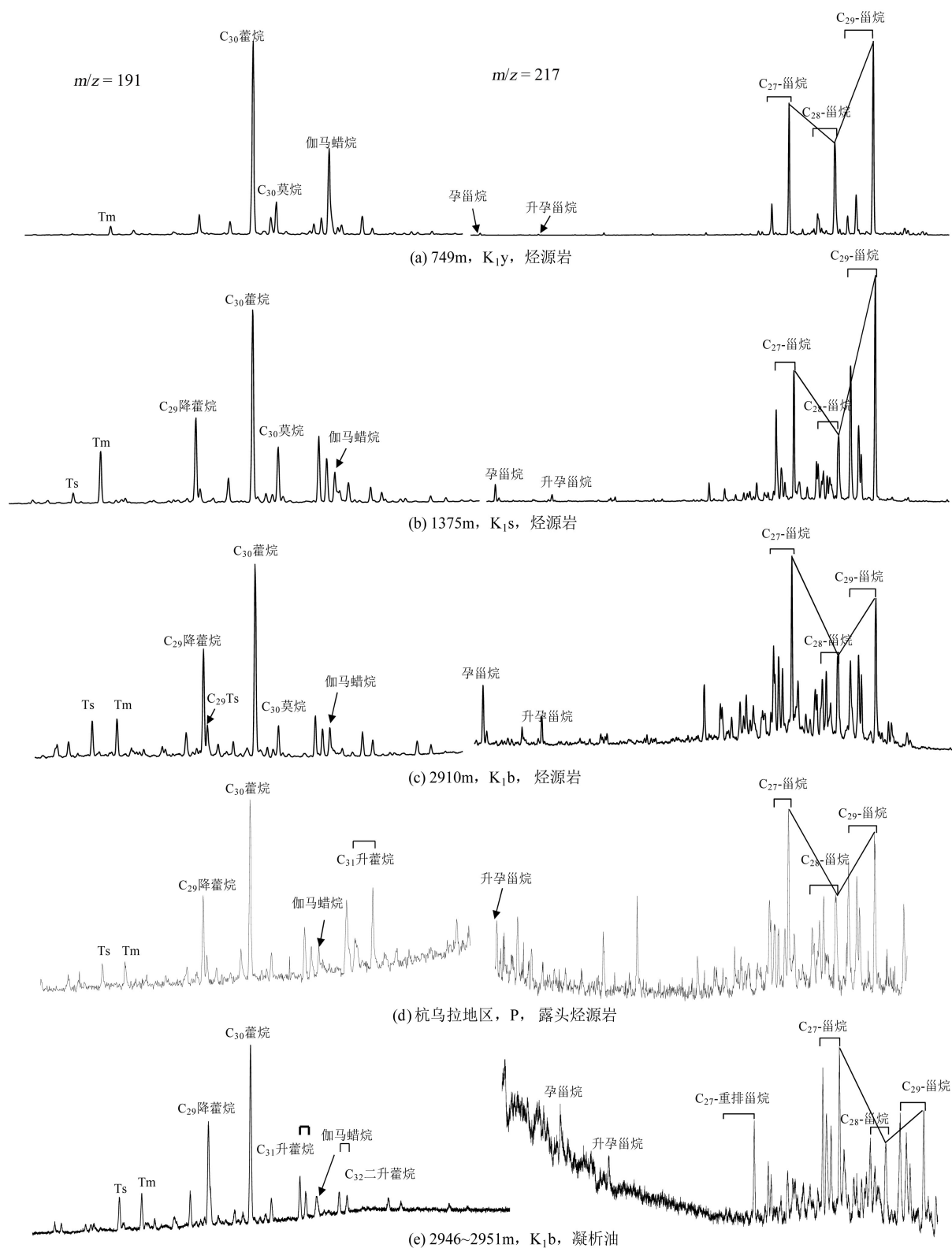
生物标志化合物对油气生成的母质类型、成熟度及演化、油气运移等有很好的指示作用,广泛应用于油/气源对比研究中[23] [24]。

4.2.1. 藿烷类化合物

K₁y 烃源岩藿烷类化合物表现为“高伽马蜡烷、低 Ts 和 Tm、低 C₂₉ 降藿烷”的特征(图 7(a))。伽马蜡烷指数(伽马蜡烷/C₃₀ 藿烷)为 0.40~0.54,平均为 0.50,代表着沉积水体分层、强还原沉积环境。Ts 和 Tm 含量极低,部分样品未检测出 Ts, Ts/Tm 平均为 0.20,表明烃源岩成熟度低。C₂₉ 降藿烷含量较低, C₃₀ 莫烷含量中等。

K₁s 烃源岩表现为“低伽马蜡烷、低 Ts、较高 Tm、高 C₂₉ 降藿烷”的特征(图 7(b))。伽马蜡烷指数为 0.16~0.39,平均为 0.24。Ts 含量极低,但 Tm 含量较高, Ts/Tm 平均为 0.41,表明成熟度较银根组烃源岩高。C₂₉ 降藿烷含量较高, C₃₀ 莫烷含量也较高。

K₁b 烃源岩表现为“低伽马蜡烷、中等 Ts 和 Tm、高 C₂₉ 降藿烷”的特征(图 7(c))。伽马蜡烷指数为 0.18~0.32,平均为 0.22。Ts、Tm 含量均较高, Ts/Tm 平均为 0.75,表明烃源岩成熟度较高。C₂₉ 降藿烷含量较高, C₃₀ 莫烷含量中等。



注: P 为二叠系。

Figure 7. $m/z = 191$ and $m/z = 217$ mass chromatogram of source rocks and condensate oil in Hari Sag
图 7. 哈日凹陷不同层段烃源岩、凝析油 $m/z = 191$ 和 $m/z = 217$ 质量色谱图

P 露头烃源岩表现为“低伽马蜡烷、中等 Ts 和 Tm、中等 C₂₉降藿烷、高 C₃₂二升藿烷”的特征(图 7(d))。伽马蜡烷指数为 0.23~0.27, 平均为 0.24。Ts、Tm 含量均较高, Ts/Tm 平均为 0.79, 表明烃源岩成熟度较高。C₂₉降藿烷含量中等, C₃₀莫烷含量低, C₃₂二升藿烷含量较高, 有别于别的层段的烃源岩。

凝析油藿烷类化合物表现为“低伽马蜡烷、中等 Ts 和 Tm、高 C₂₉降藿烷”的特征(图 7(e))。伽马蜡烷指数为 0.19。Ts、Tm 含量均较高, Ts/Tm 为 0.96, 表明生油母质成熟度较高。C₂₉降藿烷含量较高, C₃₀莫烷含量中等。从藿烷类化合物对比结果来看, K_{1b}凝析油与 K_{1b}烃源岩特征最为相似, 与其他层段的烃源岩特征有着明显的不同。

C₃₁~C₃₅升藿烷的分子生物标志物分布可以用来判断烃源岩的热演化程度, 也能反映沉积环境, 用于油/气源对比研究中[25]。哈日凹陷各层段烃源岩 C₃₁~C₃₅升藿烷分布特征有着明显的差别(图 8): K_{1y}烃源岩表现为“小幅折线型”, C₃₂升藿烷含量高, 与 C₃₁升藿烷含量相当; K_{1s}烃源岩为“下凹型”, C₃₁升藿烷含量很高, C₃₂升藿烷含量很低; K_{1b}烃源岩表现为“均匀降低型”, C₃₁~C₃₅升藿烷含量依次减低; P 的露头烃源岩为“大幅折线型”, C₃₂升藿烷和 C₃₅升藿烷含量为零, C₃₃升藿烷和 C₃₄升藿烷含量相对较高。哈参 1 井 K_{1b}凝析油升藿烷分布特征为“均匀降低型”, 与 K_{1b}烃源岩具有相似性。

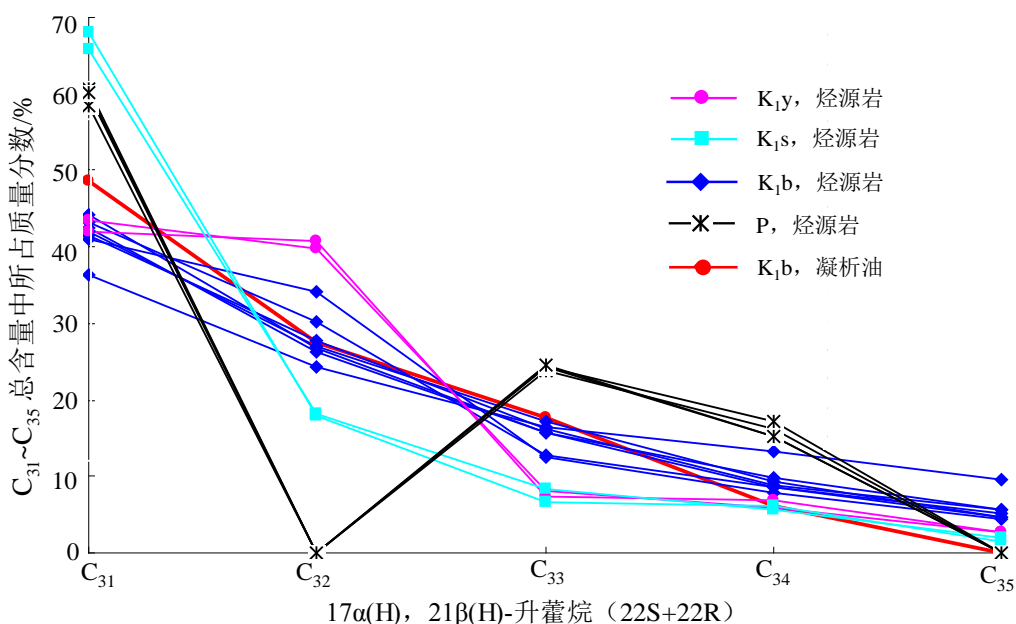


Figure 8. Homohopanes distribution curve of source rocks and condensate oil in Hari Sag

图 8. 哈日凹陷不同层段烃源岩、凝析油升藿烷分布曲线

4.2.2. 甾烷类化合物

K_{1y}和 K_{1s}烃源岩 C₂₇、C₂₈和 C₂₉规则甾烷分布特征呈现反“L”型, K_{1b}为“L”型, P 露头烃源岩呈现不对称“V”字型, K_{1b}凝析油呈现“L”型(图 7)。K_{1b}凝析油与 K_{1b}烃源岩在甾烷分布特征上具有相似性, 表现出成因上的联系。

C₂₇、C₂₈和 C₂₉规则甾烷三角图(图 9)和甾烷相对组成交会图(图 10)均可看出, K_{1b}和 P 烃源岩特征相近, 它们与 K_{1y}、K_{1s}烃源岩特征明显不同, 可以区分开来。哈参 1 井 K_{1b}凝析油与 K_{1b}、P 烃源岩落在同一区域, 特征较为相近。

K_{1b}和 P 烃源岩 C₂₇、C₂₈和 C₂₉甾烷特征相近, 说明其古气候、古沉积环境较为相似, 常规甾烷系列生物标志化合物差别非常小, 需要通过特殊生物标志化合物才可能对其区分[26]。

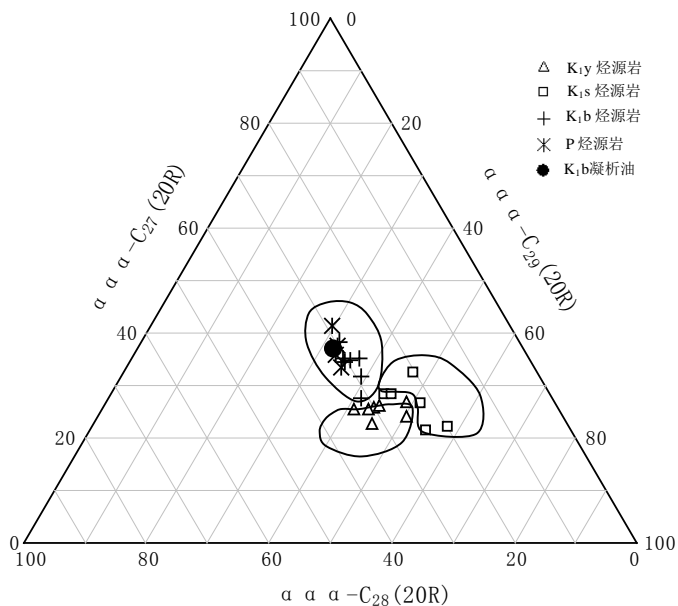


Figure 9. Ternary diagram showing regular sterane distribution of source rocks and condensate oil in Hari Sag
图 9. 哈日凹陷不同层段烃源岩、凝析油甾烷组成三角图

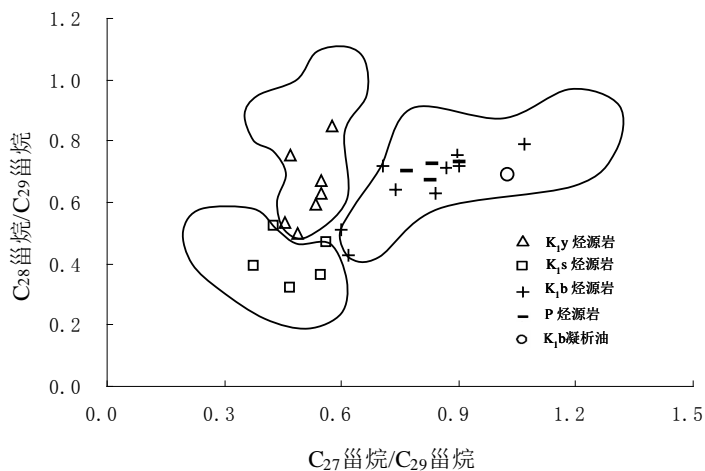


Figure 10. Intersection diagrams of sterane of source rocks and condensate oil in the Hari Sag
图 10. 哈日凹陷不同层段烃源岩、凝析油甾烷相对组成交会图

无论是碳同位素特征，还是生物标志化合物特征，哈参 1 井 K_{1b} 天然气伴生凝析油都表现出与 K_{1b} 烃源岩较高的相似性，表明两者成因上的联系。虽然凝析油在甾烷特征上与 P 露头烃源岩有着相似性，但在其他生物标志化合物上有着明显的差别。同时， P 未钻遇有效烃源岩， P 烃源岩的气源贡献还有待于进一步研究。

5. 结论及认识

1) 哈参 1 井巴音戈壁组天然气干燥系数为 0.81~0.86，属于湿气。按照无机成分划分，气藏为低含 N_2 、低含 CO_2 、微含硫 - 中含硫气藏。天然气成因类型为油型气，热演化程度方面属于高成熟天然气。

2) 碳同位素和生物标志化合物对比结果表明：哈参 1 井巴音戈壁组天然气伴生凝析油与巴音戈壁组烃源岩特征相似性程度较高，气藏的气源岩推测为巴音戈壁组烃源岩。虽然凝析油在甾烷特征上与二叠

系露头烃源岩有着相似性,但在其他生物标志化合物上有着明显的差别,且二叠系未钻遇有效烃源岩,二叠系烃源岩的气源贡献还有待于进一步研究。

参考文献 (References)

- [1] 刘春燕,林畅松,吴茂炳,等. 银根-额济纳旗中生代盆地构造演化及油气勘探前景[J]. 中国地质, 2006, 33(6): 1328-1335.
- [2] 陈建平,何忠华,魏志彬,等. 银额盆地查干凹陷原油地化特征及油源对比[J]. 沉积学报, 2001, 19(2): 299-305.
- [3] 牛子铨,柳广弟,曹喆,等. 银额盆地查干凹陷油藏特征及油气成藏过程[J]. 石油实验地质, 2016, 38(1): 32-39.
- [4] 杨玉娥,许书堂,顾勤,等. 查干凹陷有机包裹体特征及成藏期次探讨[J]. 石油地质与工程, 2011, 25(5): 18-19.
- [5] 陈建平,王东良,秦建中,等. 银根-额济纳旗盆地原油的发现及其主要地球化学特征[J]. 地球化学, 2001, 30(4): 335-342.
- [6] 卢进才,陈高潮,魏仙样,等. 内蒙古西部额济纳旗及邻区石炭系-二叠系沉积建造与生烃条件——石炭系-二叠系油气地质条件研究之一[J]. 地质通报, 2011, 30(6): 811-826.
- [7] 陈践发,卢进才,石正勇,等. 内蒙古西部额济纳旗及其邻区石炭系-二叠系烃源岩的发育特征和生烃潜力评价[J]. 地质通报, 2010, 29(2/3): 346-350.
- [8] 李才学,陈峰. 渤海湾盆地东濮凹陷砾口-白庙地区古近系沙河街组天然气成因[J]. 天然气地球科学, 2015, 26(11): 2114-2121.
- [9] 王积宝. 川东北天然气地球化学特征及气源分析[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [10] GB/T 26979-2011. 天然气藏分类[S]. 北京: 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局&中国国家标准化管理委员会, 2012.
- [11] 戴金星. 利用轻烃鉴别煤成气和油型气[J]. 石油勘探与开发, 1993, 20(5): 26-32.
- [12] Whiticar, M.J. (1999) Carbon and Hydrogen Isotope Systematics of Bacterial Formation and Oxidation of Methane. *Chemical Geology*, **161**, 291-314. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(99\)00092-3](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(99)00092-3)
- [13] 戴金星,秦胜飞,陶士振,等. 中国天然气工业发展趋势和天然气地学理论重要进展[J]. 天然气地球科学, 2015, 16(2): 127-142.
- [14] 刚文哲,高岗,郝石生,等. 论乙烷碳同位素在天然气成因类型研究中的应用[J]. 石油实验地质, 1997, 19(2): 164-167.
- [15] 侯读杰,张林晔. 实用油气地球化学图鉴[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
- [16] 李剑,谢增业,李志生,等. 塔里木盆地库车坳陷天然气气源对比[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(5): 29-41.
- [17] 庞雄奇,周海燕,李建青,等. 判别混源气母质转化程度的定量模式及其应用[J]. 石油学报, 2000, 21(5): 16-20.
- [18] 戴金星. 天然气碳氢同位素特征和各类天然气鉴别[J]. 天然气地球科学, 1993, 3(2): 1-40.
- [19] 卢双舫,张敏. 油气地球化学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2010.
- [20] Thompson, K.F.M. (1983) Classification and Thermal History of Petroleum Based on Light Hydrocarbons. *Geochemistry et Cosmochimica Acta*, **47**, 303-316. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(83\)90143-6](https://doi.org/10.1016/0016-7037(83)90143-6)
- [21] 戴金星,李剑,罗霞,等. 鄂尔多斯盆地大气田的烷烃气碳同位素组成特征及其气源对比[J]. 石油学报, 2005, 26(1): 18-26.
- [22] 王强,付晓文,徐志明,等. 稳定碳同位素在油气地球化学中的应用及存在的问题[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(2): 233-237.
- [23] 彭兴芳,李周波. 生物标志化合物在石油地质中的应用[J]. 资源环境与工程, 2006, 20(3): 279-283.
- [24] 陈世加,张宇,路俊刚,等. 生物标志化合物在油源对比中的局限性[J]. 西南石油学院学报, 2006, 28(5): 11-14.
- [25] 陈中红,查明,金强,等. 东营凹陷古近系升菴烷生物标志物参数分布及演变规律[J]. 沉积学报, 2011, 29(1): 173-183.
- [26] 鲁灵,张枝焕,王顺华,等. 4-甲基甾烷在油源对比中的应用——以渤南洼陷北部陡坡带为例[J]. 沉积学报, 2012, 30(4): 770-778.

[编辑] 宋换新

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2471-7185，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：jogt@hanspub.org