

鄂尔多斯盆地华庆地区延长组下油层组 原油地球化学特征及油源对比

张晓丽^{1,2}, 段毅¹, 何金先^{1,2}, 吴保祥¹, 徐丽^{1,2}

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所油气资源研究重点实验室, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 华庆地区位于鄂尔多斯盆地的湖盆中心, 是鄂尔多斯盆地超低渗油藏勘探开发的重点地区之一。系统采集了华庆地区延长组长 8、长 9 和长 10 等油层组原油和长 7 段烃源岩、长 8 段烃源岩样品, 分析原油和烃源岩中生物标志化合物, 研究生物标志化合物分布和组成, 探讨原油的成因和油源问题。结果表明长 8、长 9 和长 10 等油层组原油属于同一族原油, 具有相同的成因, 它们的油源均为长 7 段烃源岩。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 华庆地区; 原油地球化学特征; 油源对比; 生物标志化合物

中图分类号: TE122.1⁺13

文献标识码: A

文章编号: 1672-1926(2011)05-0866-08

引用格式: 张晓丽, 段毅, 何金先, 等. 鄂尔多斯盆地华庆地区延长组下油层组原油地球化学特征及油源对比[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(5): 866-873.

0 引言

华庆地区位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡的西南部(图 1), 延长期属于湖盆中部的深水凹陷区。该区发育侏罗系及长 3、长 4 + 5、长 6、长 7、长 8、长 9 和长 10 等多套含油层系, 是鄂尔多斯盆地超低渗油藏勘探开发的重点地区之一。

前人^[1-2]对于华庆地区延长组长 8 油层组、长 9 油层组和长 10 油层组的石油地质研究主要涉及储层和沉积相方面, 尚未见关于原油地球化学方面的系统报道。本文系统采集了华庆地区延长组长 8 油层组、长 9 油层组和长 10 油层组原油及长 7 段烃源岩和长 8 段烃源岩样品, 对原油的地球化学特征进行了研究, 探讨了原油的母质特征、形成环境和原油成熟度, 同时, 进行了油源对比, 为华庆地区的油气成藏研究提供了地球化学证据。

1 样品与分析实验

样品为系统采集的 14 口井的原油和 6 口井的

黑色泥岩, 均来自鄂尔多斯盆地华庆地区近几年开采的油井(图 1)。其中延长组长 8 油层组原油样品 7 个: L22、L84、Y94、B490、B405、W65 和 G59; 长 9 油层组原油样品 4 个: Y427、B38、Z75 和 L95; 长 10 油层组原油样品 3 个: G15、G44 和 G40; 长 7 段黑色泥岩样品 3 个: B241、S145 和 X252; 长 8 段黑色泥岩样品 3 个: B144、B283 和 C67。本文中长 7 段和长 8 段的黑色泥岩样品, 在研究区内的分布较为均匀, 泥岩有机质 TOC 含量均大于 0.6%, 属于陆相淡水环境下中等及以上的烃源岩^[3], 因此这些烃源岩样品, 具有该盆地典型长 7 段烃源岩和长 8 段烃源岩的特征, 有着很好的代表性。原油样品采集时, 对油水进行了分离, 并运回实验室在低温下保存。原油经沉淀沥青质后, 用氧化铝/硅胶柱色谱进行分离。分别用正己烷和苯对饱和烃和芳烃馏分进行冲洗, 用乙醇对非烃馏分进行冲洗。将黑色泥岩样品粉碎至 100 目, 用索氏抽提法进行抽提。氯仿沥青“A”中的沥青质用正己烷沉淀后, 分离出饱和烃。

收稿日期: 2011-05-16; 修回日期: 2011-07-22.

基金项目: 中国科学院地合作局支干项目和国家自然科学基金项目(编号: 40872092)资助.

作者简介: 张晓丽(1983-), 女, 内蒙古赤峰人, 博士研究生, 主要从事岩矿、地球化学研究. E-mail: zhangxiaolidd@163.com.

通讯作者: 段毅. E-mail: duany@lzb.ac.cn.

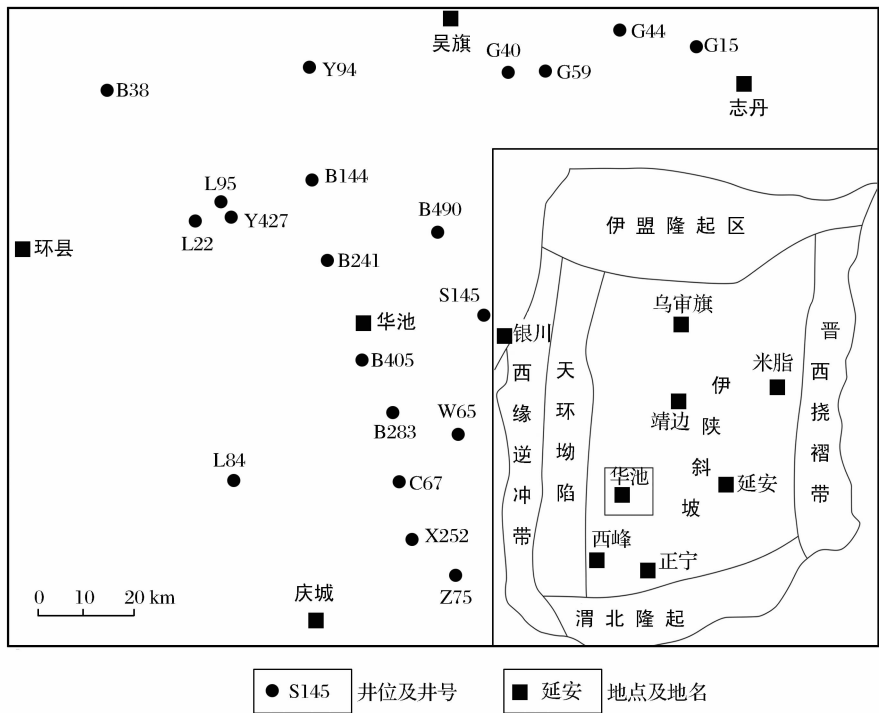


图 1 华庆地区位置及样品采集位置示意

饱和烃馏分分析采用美国安捷伦科技公司制造的色谱—质谱联用仪(GC-MS)进行分析鉴定。MS 为 5 973 N, 离子源温度为 250℃, 电离电压为 70eV。GC 为 6 890 N, 色谱柱为 HP-5MS 柱(30m×0.32mm), 固定相涂膜厚度为 0.25 μm, 载气为 He, 起始温度为 80℃, 以 4℃/min 升温至 300℃, 然后恒温 30 min。

2 结果与讨论

2.1 正构烷烃和类异戊二烯烷烃特征

鄂尔多斯盆地华庆地区延长组长 8 油层组、长 9 油层组和长 10 油层组原油具有相似的正构烷烃

分布特征(图 2)。碳数分布范围为 C₁₂—C₃₈, 奇偶优势不明显, 主峰碳数为 C₁₉—C₂₁, 反映原油母质为混合型, 水生生物和陆源高等植物均有重要贡献; $\sum C_{21-} / \sum C_{21+}$ 值分布范围为 0.85~1.41(表 1), 高碳数与低碳数正构烷烃的丰度几乎相当, 高碳数的正构烷烃略占优势, 说明原油的母质类型为混合型, 且陆生高等植物具有重要贡献。原油中 Pr/nC₁₇ 值和 Ph/nC₁₈ 值分布在一个较窄的范围内, 反映它们来自一个类似的生物源^[4-5](图 3)。原油正构烷烃不存在奇偶优势, OEP 值分布范围为 0.95~1.11(表 1), 接近于 1.0, 反映原油为成熟原油。原油中姥鲛烷(Pr)和植烷(Ph)的丰度可以很好地反映沉积环境。

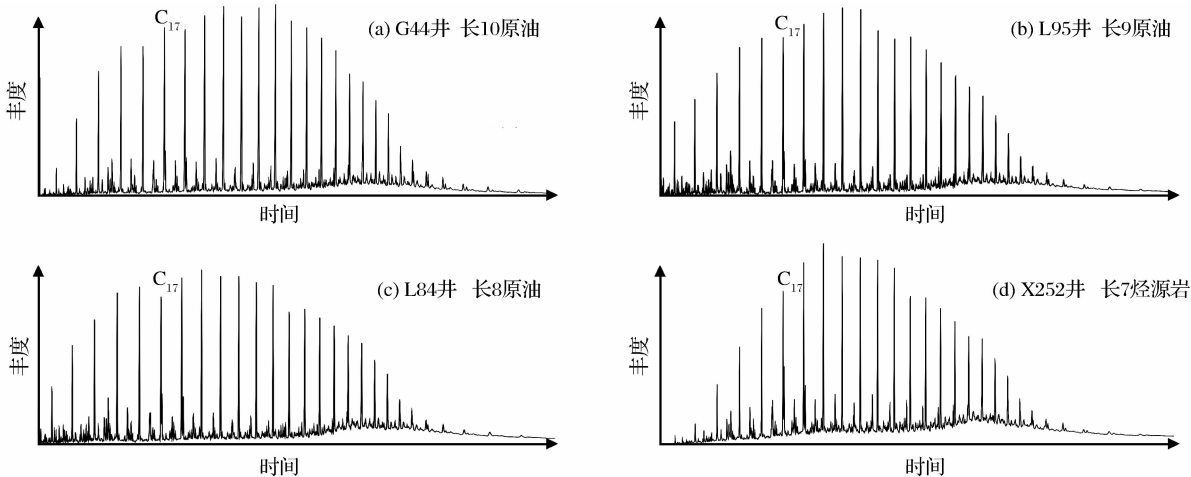


图 2 华庆地区原油和烃源岩样品质量色谱特征(TIC)

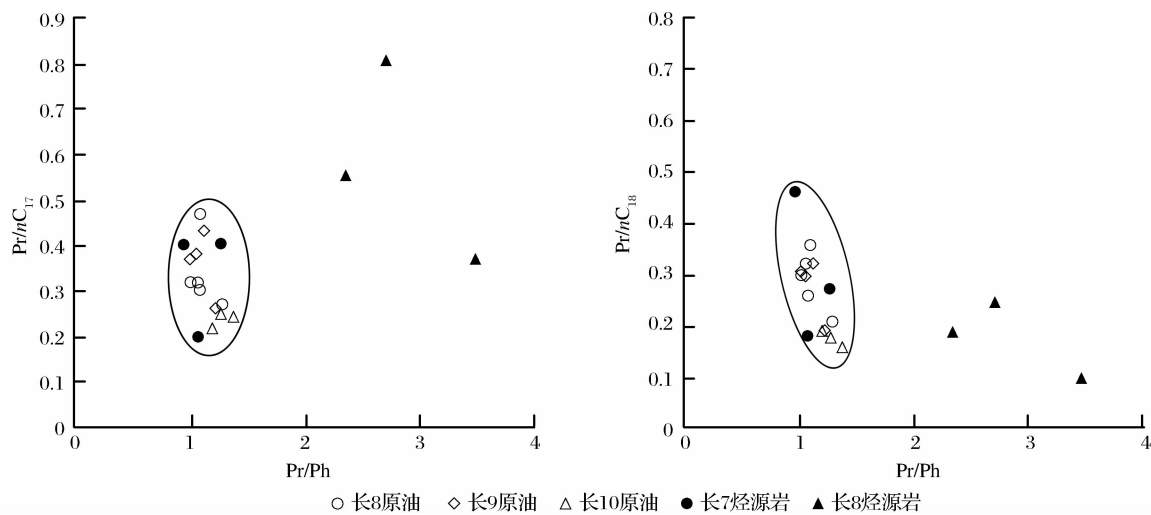


图 3 华庆地区原油和烃源岩 $\text{Pr}/n\text{C}_{17}$ 值与 Pr/Ph (a) 值以及 $\text{Ph}/n\text{C}_{18}$ 值与 Pr/Ph (b) 值相关特征

表 1 华庆地区原油与生油岩样品正构烷烃和类异戊二烯烷烃分析数据

样品号	层位	碳数范围	OEP	$\Sigma\text{C}_{21-}/\Sigma\text{C}_{21+}$	Pr/Ph	Pr/ $n\text{C}_{17}$	Ph/ $n\text{C}_{18}$
原油样品	L22	长 8	1.03	1.40	1.04	0.32	0.30
	L84	长 8	1.07	1.33	1.28	0.27	0.21
	Y94	长 8	1.11	0.94	1.09	0.30	0.26
	B490	长 8	0.95	0.85	1.06	0.32	0.32
	B405	长 8	1.08	1.19	1.08	0.32	0.26
	W65	长 8	1.05	1.41	1.01	0.32	0.30
	G59	长 8	1.03	0.95	1.10	0.47	0.36
	Y427	长 9	1.02	0.99	1.12	0.43	0.32
	B38	长 9	1.00	1.11	1.06	0.38	0.30
	Z75	长 9	1.01	1.10	1.01	0.37	0.31
	L95	长 9	1.00	1.20	1.22	0.26	0.19
	G15	长 10	1.08	1.20	1.27	0.25	0.18
	G44	长 10	1.01	0.97	1.38	0.24	0.16
烃源岩样品	G40	长 10	1.04	1.06	1.20	0.22	0.19
	B241	长 7	0.99	1.46	1.07	0.20	0.18
	S145	长 7	1.02	1.23	0.95	0.40	0.46
	X252	长 7	1.02	0.98	1.27	0.40	0.27
	B144	长 8	1.02	1.21	2.35	0.55	0.19
	B283	长 8	1.04	0.56	3.48	0.37	0.10
	C67	长 8	1.02	0.98	2.70	0.81	0.25

一般认为, $\text{Pr}/\text{Ph} < 0.5$ 反映了强还原沉积环境^[4], $\text{Pr}/\text{Ph} = 0.5 \sim 1.0$ 反映还原环境, $\text{Pr}/\text{Ph} = 1.0 \sim 2.0$ 反映弱还原—弱氧化环境, $\text{Pr}/\text{Ph} > 2$ 反映氧化环境^[6-7]。华庆地区原油和长 7 段烃源岩样品中 Pr/Ph 值分布范围为 0.95~1.28, 数值分布比较集中, 姥鲨烷和植烷的优势均不明显, 反映原油和长 7 段烃源岩均形成于弱还原—弱氧化的沉积环境; 长 8 段烃源岩样品 Pr/Ph 值分布范围为 2.35~3.48, 反映氧化的沉积环境。原油中的 $\text{Pr}/n\text{C}_{17}$ 值和 $\text{Ph}/n\text{C}_{18}$ 值, 通常用来研究母质类型、形成环境和成熟度^[8-10]。由图 4 可知, 华庆地区原油的 $\text{Pr}/n\text{C}_{17}$

值和 $\text{Ph}/n\text{C}_{18}$ 值分布在一个比较窄的数值范围内, 反映它们具有相似的母质来源, 母源为混合型, 形成环境为混合相。由图 4 还可知, 原油的数据落点和长 7 段烃源岩的落点范围一致, 环境均处于弱还原—弱氧化的混合相中, 而长 8 段烃源岩则处于氧化的陆相环境中, 这反映了原油主要来源于长 7 段烃源岩, 而长 8 段烃源岩对其贡献则不明显。

2.2 甾烷组成特征

原油中甾烷的分布特征可以反映原油的母质来源^[11-16]。华庆地区原油和长 7 段烃源岩中的规则甾烷的分布特征相似, 与长 8 段烃源岩样品中规则甾烷

分布特征差别较大。华庆地区原油和长7烃源岩中的规则甾烷中 C_{29} 甾烷的含量最多(44%~50%),而 C_{27} 甾烷(27%~32%)、 C_{28} 甾烷(19%~31%)的含量较为相似(表2),三峰呈反“L”型,反映原油母质为混合来源^[17](图5),陆源高等植物贡献大,这与长7段烃源岩具有可比性,而与长8段烃源岩差别较大。 Σ 规则甾烷/ Σ 藿烷值通常用以表征原油母质中真核生物(主要是藻类和高等植物)与原核生物(细菌)的输入量。高的规则甾烷/藿烷值(≥ 1)是源于藻类生物的海相有机质特征^[10],而低的规则甾烷/藿烷值是陆源或者被微生物改造过的有机质特征^[18]。华庆地区原油样品中的绝大部分具有低的规则甾烷/藿烷值,规则甾烷/藿烷的值为0.17~0.81(L22和Y427分别为3.15和1.92),反映陆源高等植物对母源有重要贡献,同时可能存在一定的微生物改造作用。华庆地区

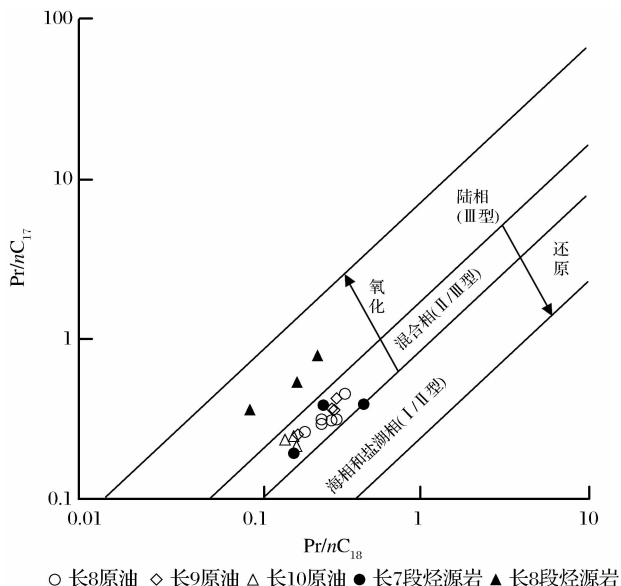


图4 华庆地区原油与烃源岩 Pr/nC_{17} 和 Ph/nC_{18} 关系

原油中含有较为丰富的4-甲基甾烷, Σ 4-甲基甾烷/ Σ 规则甾烷值为0.08~0.14。4-甲基甾烷一般来自甲藻类^[19]和细菌之中^[11]。这说明甲藻类和细菌对研究区原油的形成也作出了一定的贡献。在图6中上述这些比值分布十分集中,说明他们具有类似的母质来源,原油母质类型为混合型。

重排甾烷含量随原油的成熟度增加而增加,因此原油中重排甾烷/规则甾烷值可以用来评价原油的成熟度^[20-21]。华庆地区原油中 C_{29} 重排甾烷 $20S/(20S+20R)$ 值为0.59~0.77,重排甾烷/规则甾烷值为0.04~0.75,均反映原油为成熟原油。原油中 C_{29} 甾烷 $20S/(20S+20R)$ 值分布范围为0.51~0.58, $\beta\beta/(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 值分布范围为0.48~0.63(表2),在图7中分布在较为狭窄的范围内,说明华庆地区原油成熟度相近,均属于成熟原油。

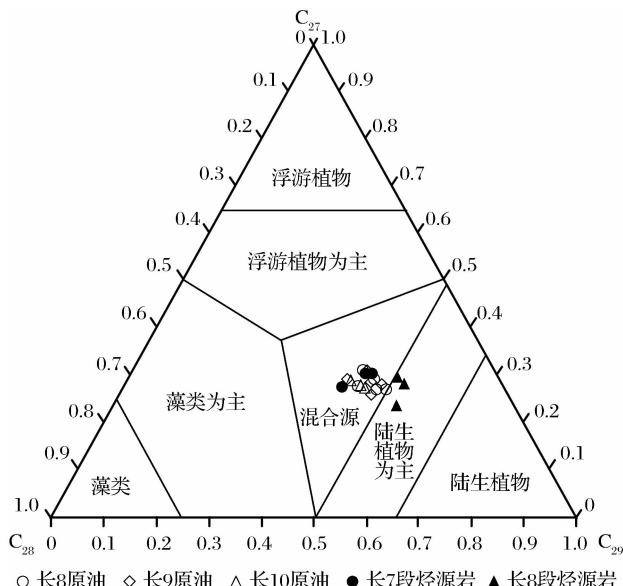


图5 原油和烃源岩样品中不同碳数规则甾烷分布三角关系

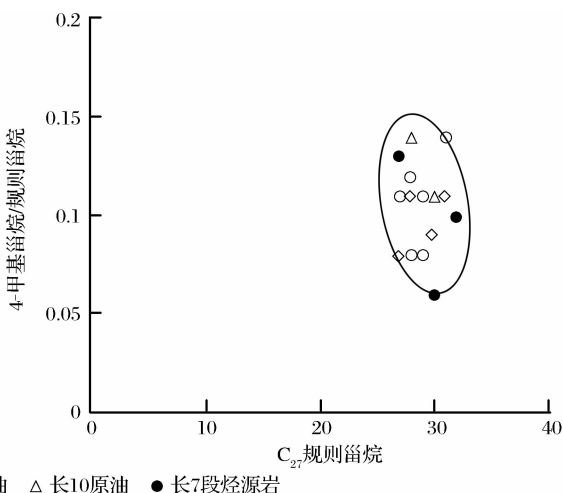
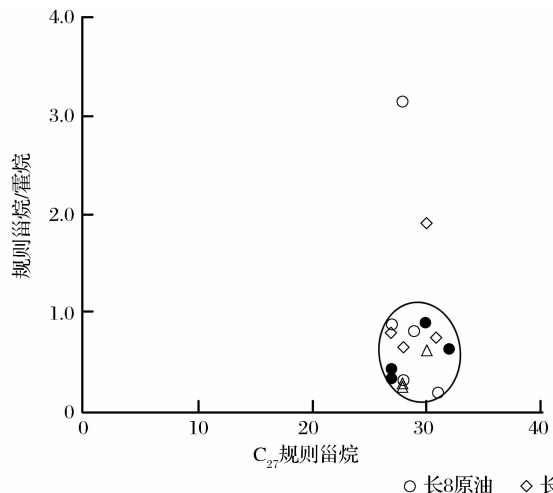


图6 原油和烃源岩样品中 C_{27} 规则甾烷与规则甾烷/藿烷(a)以及 C_{27} 规则甾烷与4-甲基甾烷/规则甾烷(b)相关关系

表 2 华庆地区原油与生油岩样品甾烷生物标志化合物数据

	样号	层位	规则甾烷相对含量/%			重排甾烷/	4-甲基甾烷/	C ₂₉ 20S/	C ₂₉ ββ/	规则甾烷/	Dia-C ₂₉ 20S/
			C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	规则甾烷	规则甾烷	(20S+20R)	(αα+ββ)	藿烷	(20S+20R)
原油样品	L22	长 8	28	26	46	0.46	0.08	0.56	0.55	3.15	0.59
	L84	长 8	27	25	48	0.15	0.11	0.53	0.55	0.87	0.73
	Y94	长 8	31	25	44	0.20	0.14	0.58	0.58	0.17	0.72
	B490	长 8	27	23	50	0.06	0.13	0.51	0.48	0.38	0.77
	B405	长 8	29	29	47	0.17	0.11	0.54	0.54	0.78	0.75
	W65	长 8	29	24	47	0.73	0.08	0.57	0.58	0.81	0.76
	G59	长 8	28	25	47	0.04	0.12	0.56	0.52	0.30	0.74
	Y427	长 9	28	23	49	0.10	0.11	0.55	0.55	0.64	0.73
	B38	长 9	30	24	44	0.29	0.09	0.54	0.58	1.92	0.64
	Z75	长 9	27	27	50	0.07	0.08	0.53	0.63	0.80	0.62
	L95	长 9	31	31	45	0.34	0.11	0.54	0.56	0.74	0.69
	G1524	长 10	30	30	45	0.21	0.11	0.53	0.54	0.64	0.69
烃源岩样品	G44	长 10	28	28	48	0.18	0.14	0.57	0.53	0.28	0.77
	G40	长 10	28	28	46	0.75	0.14	0.54	0.51	0.25	0.68
	B241	长 7	27	31	42	0.02	0.15	0.48	0.51	0.31	0.71
	S145	长 7	30	24	46	/	0.13	0.52	0.62	0.38	0.63
	X252	长 7	32	19	49	0.17	0.06	0.5	0.45	0.89	0.78
	B144	长 8	23	23	54	0.06	0.10	0.5	0.51	0.63	0.72
	B283	长 8	28	19	53	0.29	0.15	0.46	0.46	0.67	0.79
	C67	长 8	29	19	52	0.24	0.14	0.47	0.47	0.68	0.73

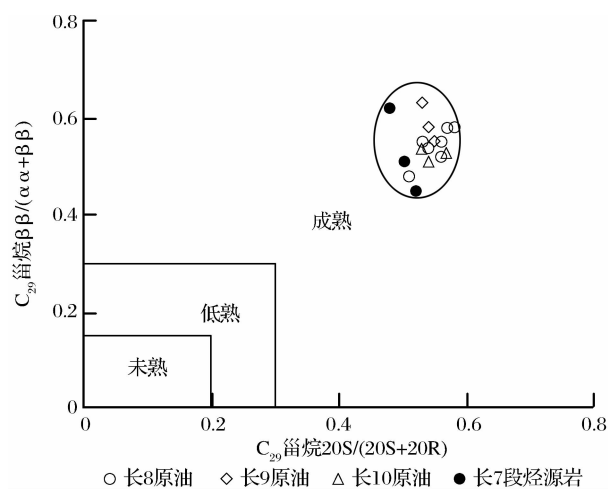


图 7 原油和烃源岩样品中 C₂₉ 甾烷 20S/(20S+20R) 值和 ββ/(αα+ββ) 值相关关系

2.3 萜烷组成特征

原油中三环萜烷和四环萜烷的丰度可以很好地反映母源的性质^[22]。三环萜烷的(C₁₉+C₂₀)/C₂₃值和 C₂₅/C₂₆值可用来判断原油母质^[10,23]。在海相原油中,三环萜烷 C₂₅/C₂₆>1;在陆相原油中,三环萜烷 C₂₅/C₂₆<1^[24]。

华庆地区原油中三环萜烷(C₁₉+C₂₀)/C₂₃值和 C₂₅/C₂₆值分布集中,分别为 0.54~1.03 和 0.42~0.57(表 3,图 8),说明原油母质来源相似,均为混合型,陆源有机质贡献大。C₂₄ 四环萜烷/(C₂₄ 四环萜

烷+C₂₆ 三环萜烷)值分布范围为 0.17~0.46,同样反映了原油中高等植物母质的贡献大。

华庆地区原油中含有低丰度的 β-胡萝卜素,说明原油形成环境为弱还原—弱氧化的环境。伽马蜡烷的相对含量与沉积古盐度具有正相关关系^[12-13,25-26],是表征水体盐度的重要指标。华庆地区原油中伽马蜡烷/αβ-C₃₀ 藿烷值和 C₃₀+ 藿烷相对含量的分布范围分别为 0.03%~0.11%和 19%~33%,并且在图 9 中分布较为集中,说明华庆地区原油形成于相似的低盐度环境。

C₃₁ 藿烷 22S/(22S+22R)可以很好地反映原油成熟度^[10,23,26-27]。华庆地区原油中 C₃₁ 藿烷 22S/(22S+22R)值为 0.42~0.60(表 3,图 10),达到平衡值 0.57~0.64^[22,28],该值说明华庆地区原油为成熟原油^[29]。原油中 Ts/Tm 值均>1,也同样反映原油均为成熟原油。

2.4 油源分析对比

通过上述的资料可知,华庆地区延长组长 8 油层组、长 9 油层组和长 10 油层组原油来自一个类似的母质来源,且多项分析测试数据表明这些原油和延长组长 7 段烃源岩的地球化学特征具有非常好的对比性,具有相似的母质来源、成烃环境、成熟度,而与长 8 段烃源岩在重要油源对比指标(Pr/Ph)和 C₂₉ 甾烷相对含量上则有较明显的区别。

表 3 华庆地区原油与生油岩样品萜烷数据

	样号	层位	(C ₁₉ +C ₂₀)三环萜 /C ₂₃ 三环萜	C ₂₅ 三环萜 /C ₂₆ 三环萜	C ₂₄ 四环萜/(C ₂₄ 四环 萜烷+C ₂₆ 三环萜烷)	C ₃₀ ⁺ 藿烷 相对含量/%	Ts/Tm	伽马蜡烷 /αβ-C ₃₀ 藿烷	C ₃₁ 22S /(22S+22R)
原油样品	L22	长 8	0.86	0.53	/	29	7.04	/	0.60
	L84	长 8	0.81	0.53	0.35	24	12.04	0.11	0.47
	Y94	长 8	0.64	0.5	0.46	33	3.78	0.03	0.61
	B490	长 8	0.61	0.47	0.36	25	4.69	0.05	0.55
	B405	长 8	0.73	0.47	0.26	27	6.48	0.07	0.48
	W65	长 8	0.85	0.57	0.28	32	5.53	0.07	0.46
	G59	长 8	0.54	0.51	0.42	25	1.92	0.04	0.57
	Y427	长 9	0.69	0.44	0.26	28	5.86	0.04	0.42
	B38	长 9	1.00	0.55	0.17	30	13.40	/	0.60
	Z75	长 9	1.03	0.47	0.23	24	1.23	0.02	0.54
	L95	长 9	0.94	0.48	0.27	27	5.47	0.06	0.46
	G15	长 10	0.98	0.45	0.25	19	6.46	0.04	0.45
	G44	长 10	0.78	0.45	0.35	22	4.26	0.05	0.55
	G40	长 10	0.68	0.42	0.35	23	9.79	0.04	0.52
烃源岩样品	B241	长 7	1.00	0.52	0.52	20	3.74	0.07	0.58
	S145	长 7	0.72	0.56	0.32	24	7.15	0.12	0.53
	X252	长 7	0.95	0.53	0.47	26	1.71	0.08	0.57
	B144	长 8	1.05	0.58	0.48	20	0.96	0.10	0.60
	B283	长 8	2.30	0.48	0.43	24	9.13	0.08	0.51
	C67	长 8	1.96	0.46	0.23	26	4.45	0.10	0.47

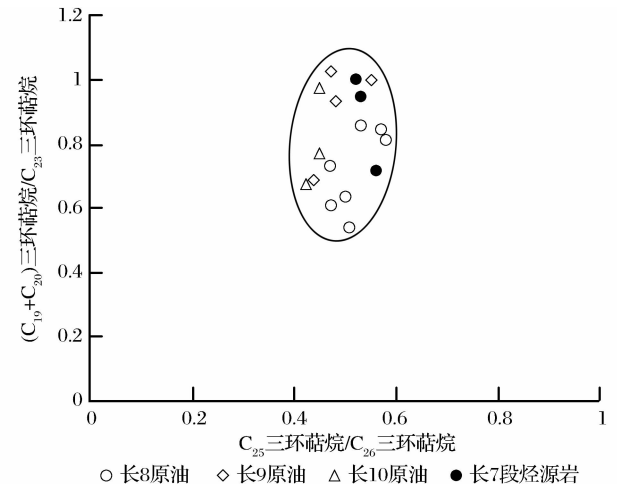


图 8 C₂₅ 三环萜烷/C₂₆ 三环萜烷值和

(C₁₉+C₂₀) 三环萜烷/C₂₃ 三环萜烷值相关关系

正构烷烃的姥鲛烷/植烷(Pr/Ph)值和规则甾烷中 C₂₇、C₂₈ 和 C₂₉ 相对含量是一个重要且可靠的油源对比指标,而 Pr/nC₁₇值和 Ph/nC₁₈值的相关图可以直观反映母质类型和形成环境,也可以作为油源对比的指标。由图 4 和图 11 可直观看出生 8 油层组、长 9 油层组和长 10 油层组原油及长 7 段烃源岩分布在较狭窄的区域,而与长 8 段烃源岩有较大差别,这表明原油和长 7 段烃源岩两者之间具有亲缘关系。此外,原油与长 7 段烃源岩的正构烷烃和类异戊二烯烷烃组成与分布相似,碳数分布范围广、单

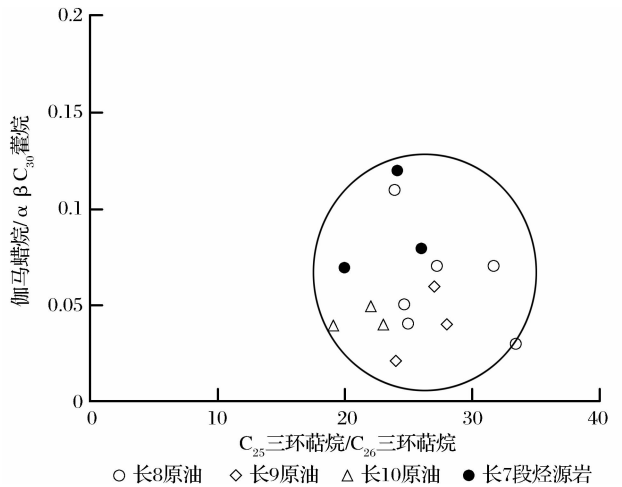


图 9 伽马蜡烷/αβ-C₃₀ 藿烷值和

C₃₀+ 藿烷值相关关系

峰型分布;萜类化合物与甾族化合物组成与分布都明显相似,四环萜含量高、高碳数升藿烷成对出现、三环萜较低,甾族化合物规则甾烷 C₂₉ 含量高于 C₂₇,在质量色谱图中也可直观看出生原油与长 7 段烃源岩具有相似的分布特征,具有混源母质特征,并且高等植物占有重要的地位,形成于弱还原-弱氧化的淡水环境,具有成熟度原油的地球化学特征,这都说明两者之间具有可比性。

从上述资料都可以看出,华庆地区及其他地区长 8 油层组、长 9 油层组和长 10 油层组原油与长 7

段烃源岩具有可比性,这说明研究区的原油主要来自长7段烃源岩。

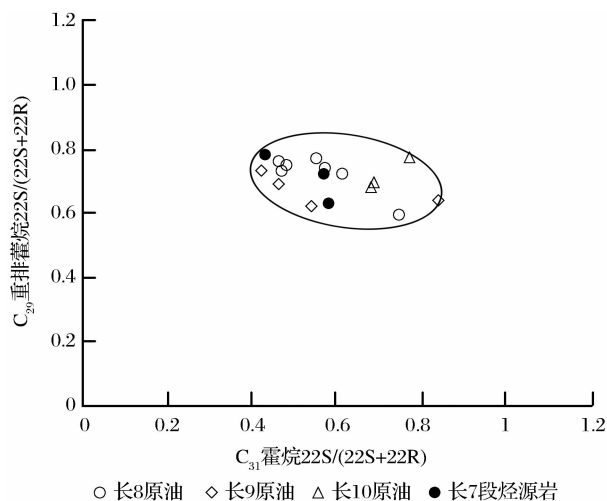


图 10 C_{29} 重排甾烷 $20S/(20S+20R)$ 值和 C_{31} 藿烷 $22S/(22S+22R)$ 值相关关系

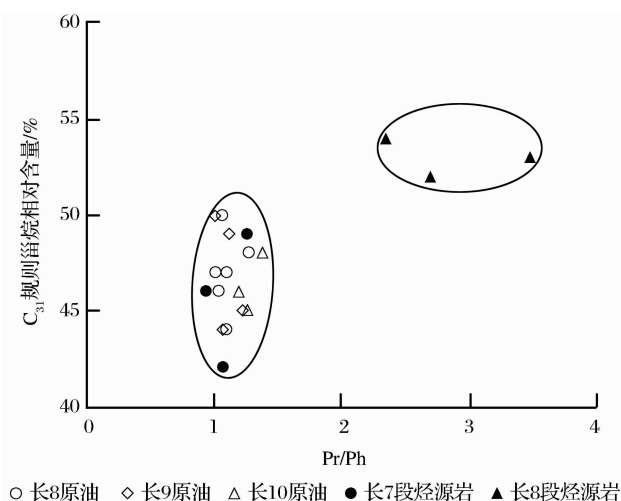


图 11 C_{29} 规则甾烷相对含量和 Pr/Ph 值相关关系

3 结论

(1)原油中高碳数的正构烷烃优势明显,规则甾烷中 C_{29} 含量相对于 C_{27} 和 C_{28} 含量高,藿烷系列中的四环藿烷含量较高,三环藿烷中 $(C_{19}+C_{20})/C_{23}$ 值和 C_{25}/C_{26} 值分别为 $0.54\sim 1.03$ 和 $0.42\sim 0.56$, C_{24} 四环藿烷/ $(C_{24}$ 四环藿烷 + C_{26} 三环藿烷)值分布范围为 $0.17\sim 0.46$,这些都反映了原油母质来源为混合型,并且陆源高等植物做出了重要的贡献。原油中含有低丰度的 β -胡萝卜素, Pr/Ph 值的范围为 $1.01\sim 1.38$,二者均反映了原油为弱还原—弱氧化环境的产物。原油中含有低丰度的伽马蜡烷和 C_{30+} 藿烷,反映原油的母质形成于淡水或微咸水湖泊环境。

(2)原油中正构烷烃奇偶优势不明显, OEP 值接近 1.0,原油中重排甾烷/规则甾烷值为 $0.04\sim 0.75$, C_{29} 甾烷 $20S/(20S+20R)$ 值分布范围为 $0.51\sim 0.57$, C_{29} 甾烷 $\beta/(\alpha\alpha+\beta)$ 值分布范围为 $0.48\sim 0.63$, C_{29} 重排甾烷 $20S/(20S+20R)$ 值为 $0.59\sim 0.77$, C_{31} 藿烷 $22S/(22S+22R)$ 值为 $0.42\sim 0.61$,达到平衡值, Ts/Tm 值大于 1.0,均反映了原油为成熟原油。

(3)通过对华庆地区延长组长8油层组、长9油层组和长10油层组原油以及长7段烃源岩、长8段烃源岩地球化学特征的研究,发现长8油层组、长9油层组和长10油层组原油的地球化学特征相近,反映原油来自于同一油源。通过油源对比分析,认为华庆地区长8油层组、长9油层组和长10油层组原油的源岩为延长组长7段烃源岩。

参考文献(References):

- [1] Dang Ben, Zhao Hong, Yan Zhouquan, *et al.* Aracteristics of Mesozoic reservoirs in the southwest of Zhidan district, Ordos basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2007, 18(3): 356-364. [党奔, 赵虹, 燕洲泉, 等. 鄂尔多斯盆地志丹探区西南部延安组和延长组储层物性比较研究[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(3): 356-364.]
- [2] Wang Zhikun, Wang Duoyun, Zheng Ximin, *et al.* Depositional characteristics and physical behavior analysis of the Chang 6-8 reservoir of Triassic Yanchang Formation in Longdong area, Shangannning [J]. Natural Gas Geoscience, 2003, 14(5): 380-385. [王志坤, 王多云, 郑希民, 等. 陕甘宁盆地陇东地区三叠系延长统长6—长8储层沉积特征及物性分析[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(5): 380-385.]
- [3] Lu Shuangfang, Zhang Min. Oil and Gas Geochemistry [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008. [卢双舫, 张敏. 油气地球化学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008.]
- [4] Li Maowen, Lin Renzi, Liao Yongsheng, *et al.* Organic geochemistry of oils and condensates in the Kekeya field, southwest depression of the Tarim basin, China [J]. Organic Geochemistry, 1999, 30(1): 15-371.
- [5] Duan Yi, Wu Baoxiang, Zhang Hui, *et al.* Geochemistry and genesis of crude oils of the Xifeng oilfield in the Ordos basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(2): 302-310. [段毅, 吴保祥, 张辉, 等. 鄂尔多斯盆地西峰油田原油地球化学特征及其成因[J]. 地质学报, 2006, 80(2): 302-310.]
- [6] Ten Haven H L, De Leeuw J W, Rullkotter J. Restricted utility of the pristene/phytane ratio as a paleoenvironmental indicator [J]. Nature, 1987, 330: 641-643.
- [7] Mei Bowen, Liu Xijiang. The distribution of isoprenoid alkanes in China, crude oil and its relation with the geologic environment [J]. Oil & Gas Geology, 1980, 1(2): 99-115. [梅博文, 刘希江. 我国原油中异戊间二烯烷烃的分布及其与地质环境的关系[J]. 石油与天然气地质, 1980, 1(2): 99-115.]
- [8] Connan J, Cassou A M. Properties of gases and Petroleum liq-

- uids derived from terrestrial kerogen at various maturation levels [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1980, 44: 1-23.
- [9] Peters K E, Fraser T H, Amris W, *et al.* Geochemistry of crude oils from eastern Indonesia[J]. *American Association of Geologists Bulletin*, 1999, 83(12): 1927-1942.
- [10] Hanson A D, Zhang S C, Moldwan J M, *et al.* Molecular organic geochemistry of the Tarim basin, northwest China[J]. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 2000, 84: 1109-1128.
- [11] Huang W Y, Meinschein W G. Sterols as ecological indicators [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1979, 43: 739-745.
- [12] Moldowan J M, Seifert W K, Gallegos E J. Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks[J]. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 1985, 69: 1255-1268.
- [13] Philp R P, Fan P, Lewis C A, *et al.* Geochemical characteristics of oils from Chaidamu, Shannan and Jiangnan basins, China[J]. *Journal of Southeast Asian Earth Science*, 1991, 5: 351-358.
- [14] Duan Y, Ma L H. Lipid geochemistry in a sediment core from Ruergai marsh deposit, Eastern Qinghai-Tibet plateau, China [J]. *Organic Geochemistry*, 2001, 32: 1429-1442.
- [15] Grantham P J, Wakefield L L. Variations in the sterane carbon number distributions of marine source rocks derived crude oils through geological time[J]. *Organic Geochemistry*, 1988, 12: 61-73.
- [16] Berkaloof C, Casadevalle, Largeau C, *et al.* The resistant polymer of the cell walls of the hydrocarbon-rich algae *Botryococcus braunii*[J]. *Photochemistry*, 1983, 22: 389-397.
- [17] Bao Jianping, Liu Yurui, Zhu Cuishan, *et al.* The geochemical properties of natural gas and crude oil from Xuwen X1 well, Maicheng sag, Beibuwan basin[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2006, 17(3): 300-304. [包建平, 刘玉瑞, 朱翠山, 等. 北部湾盆地迈陈凹陷徐闻 X1 井油气地球化学特征[J]. *天然气地球科学*, 2006, 17(3): 300-304.]
- [18] Tissot B P, Welte D H. *Petroleum Formation and Occurrence* [M]. New York: Springer-Verlag, 1984: 1-699.
- [19] Robinson N, Eglinton G, Brassell S C, *et al.* Dinoflagellate origin for sedimentary 4-methylsteroids and 5 α (H) stanols[J]. *Nature*, 1984, 308 (29): 439-442.
- [20] Zhu Yangming, Zhang Chunming, Zhang Min, *et al.* The effect of oxidation reduction nature of depositional environments on the formation of diasteranes[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15(4): 104-108. [朱扬明, 张春明, 张敏, 等. 沉积环境的氧化还原性对重排甾烷形成的作用[J]. *沉积学报*, 1997, 15(4): 104-108.]
- [21] Hou Dujie, Zhang Linye. *Practical Field Guide of Oil and Gas Geochemistry* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003: 129-130. [侯读杰, 张林峰. *实用油气地球化学图鉴* [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003: 129-130.]
- [22] Seifert W K, Moldowan J M. Application of steranes, terpanes and monoaromatics to the maturation, migration and source of crude oils[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1978, 42: 77-95.
- [23] Zhang S C, Hanson A D, Moldowan J M, *et al.* Paleozoic oil-source rock correlations in the Tarim basin, NW China[J]. *Organic Geochemistry*, 2000, 31: 273-286.
- [24] Burwood R, Leplat P, Mycke B, *et al.* Rifted margin source rock deposition: A carbon isotope and biomarker study of a west african lower Cretaceous "Lacustrine" section[J]. *Organic Geochemistry*, 1992, 19(1/3): 41-52.
- [25] Fu Jiamo, Xu Fenfang, Chen Deyu, *et al.* Biomarker composition of biological inputs in Maoming oil shale[J]. *Geochimica*, 1985, (2): 99-114. [傅家谟, 徐芬芳, 陈德玉, 等. 茂名油页岩中生物输入的标志化合物[J]. *地球化学*, 1985, (2): 99-114.]
- [26] Duan Yi, Wang Zhiping, Zhang Hui, *et al.* Geochemical characteristics of hydrocarbons in crude oils from the Qaidam basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2004, 26(4): 359-364. [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.]
- [27] Li M W, Yao H X, Fowler M G, *et al.* Geochemical constraints on models for secondary petroleum migration along the upper Devonian rimbeey-meadowbrook reef trend in central alberta, Canada[J]. *Organic Geochemistry*, 1998, 29: 163-182.
- [28] Peters K E, Moldowan J M. *The biomarker guide: Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments* [J]. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1993: 363.
- [29] Huang D F, Li J C, Zhang D J. Maturation sequence of continental crude oils in hydrocarbon basins in China and its significance[J]. *Organic Geochemistry*, 1990, 16(1/3): 521-529.

Geochemical Characteristics of Crude Oil in Lower Part of Yanchang Formation and Correlation of Oil Source in Huaqing Area of Ordos Basin

ZHANG Xiao-li^{1,2}, DUAN Yi¹, HE Jin-xian^{1,2}, WU Bao-xiang¹, XU Li^{1,2}

(1. Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Huaqing area, located in central Ordos basin, is one of the main areas of ultra-low permeability reservoirs to be explored and developed. In this study, we collected the samples of crude oil produced from the Chang 8, 9, 10 Formations and source rocks in Chang 7, 8 in this area and measured the crude oil and extractable organic matter in source rocks. We used the distribution and constituents of biomarkers of the crude oil and extractable organic matter in source rocks to determine the possible oil source. The results showed that crude oil in the Chang 8, 9, 10 Formations have the same source of Chang 7 Formation.

Key words: Ordos basin; Huaqing area; Organic geochemistry; Crude oil; Oil-source correlation; Biomarkers.