

鄂尔多斯盆地杏子川油田长 9 烃源岩特征 及油气勘探意义

白玉彬¹, 赵靖舟¹, 高振东², 李忠锋², 张志升², 朱 杰², 郭 郁¹, 郑 卉¹

(1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 陕西西安 710065; 2. 延长油田股份有限公司, 陕西延安 716000)

摘要:应用岩石热解、干酪根镜检、同位素、气相色谱及色谱-质谱等分析方法,对鄂尔多斯盆地杏子川油田延长组长 9 暗色泥岩有机地球化学特征及油气勘探意义进行研究。结果表明:杏子川油田延长组长 9 烃源岩主要为长 9¹ 顶部的李家畔页岩,长 9² 暗色泥岩地球化学特征表明其为非油源岩;长 9 烃源岩主要由粉砂质或含粉砂泥岩组成,并非真正意义上的黏土岩;有机碳质量分数平均为 3.05%,干酪根类型主要为 II₁ 型,最高热解峰温平均为 450 ℃,反映烃源岩达到好的级别,处于成熟演化阶段;烃源岩母质类型主要以低等水生生物和高等植物共同输入为特征,湖盆水体环境总体以淡水还原条件为主;长 9 烃源岩具有较好的生烃条件,以生油为主,烃源岩厚度大于 10 m 地区为长 8 ~ 长 10 油藏有利勘探区。

关键词:烃源岩;地球化学;长 9 油层组;杏子川油田;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE 121.1 **文献标志码:**A

Characteristics of Chang 9 member source rocks and its significance of hydrocarbon exploration in Xingzichuan Oilfield, Ordos Basin

BAI Yu-bin¹, ZHAO Jing-zhou¹, GAO Zhen-dong², LI Zhong-feng²,
ZHANG Zhi-sheng², ZHU Jie², GUO Yu¹, ZHENG Hui¹

(1. School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China;

2. Yanchang Oilfield Corporation, Yan'an 716000, China)

Abstract: By using rock pyrolysis, microscopic examination of kerogen, isotope, gas chromatography, GC-MS and other analysis methods, the organic geochemical characteristics of the dark mudstone of Chang 9 member in Upper Triassic of Xingzichuan Oilfield in Ordos Basin and its significance of hydrocarbon exploration were studied. The results show that the main source rocks in study area are Lijiapan shale at the top of Chang 9¹, and the geochemical characteristics of the dark mudstone of Chang 9² show that they are not the petroleum source rocks. The source rocks on Chang 9 mainly consist of silty or silt-bearing mudstone, which are not the real clay rocks. The average organic carbon content is 3.05%, and the main kerogen type is type II₁, and the average highest pyrolysis peak temperature is 450 ℃. These show that the source rocks rank is good ones and in the mutual stage. The types of parent materials are characterized by the common input of the lower aquatic organisms and higher plants, and the water environment of lake basin is the fresh water reduction condition as a whole. The comprehensive evaluation shows that Chang 9 develops the better hydrocarbon-generating condition, which tends to generate oil. The region whose thickness is over 10 m is the favorable exploration target area of Chang 8 to Chang 10 petroleum accumulations.

Key words: source rocks; geochemistry; Chang 9 member; Xingzichuan Oilfield; Ordos Basin

一般认为,鄂尔多斯盆地三叠系延长组中部 长 8 ~ 长 4+5 烃源岩,特别是长 7 烃源岩为中生界

收稿日期:2012-12-21

基金项目:陕西省教育厅专项科研计划项目(12JK0491);国家科技重大专项(2011ZX05018001-004);国家自然科学基金项目(41272138);陕西省自然科学基金基础研究计划资助项目(2013JM5007)

作者简介:白玉彬(1981-),男,讲师,博士研究生,主要从事致密油气成藏机理及分布规律研究。E-mail:baiyubin@xsyu.edu.cn。

$T_i = (100a + 50b - 75c - 100d) / 100$. 组含量。

式中, a, b, c, d 分别为腐泥组、壳质组、镜质组、惰质

表 1 长 9 烃源岩有机质丰度地化参数

Table 1 Geochemical parameter of Chang 9 source rocks

井号	深度/km	层位	岩性	TOC/%	$S_1 + S_2 / (mg \cdot g^{-1})$	氯仿沥青“A”/%	HC/ 10^{-6}
杏 2008	1. 518 04	长 9 ¹	深灰色含泥粉砂岩	1. 81	5. 69	0. 296	2046. 5
	1. 518 56	长 9 ¹	黑色泥岩	5. 07	20. 95	0. 484	1 782. 6
	1. 518 74	长 9 ¹	黑色粉砂质泥岩	3. 59	13. 89	0. 224	985. 6
	1. 519 03	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	4. 79	17. 62	0. 277	1 238. 2
	1. 520 44	长 9 ¹	深灰色粉砂质泥岩	1. 21	2. 99	0. 132	906. 3
	1. 521 05	长 9 ¹	深灰色粉砂质泥岩	1. 21	2. 40	0. 156	1 175. 6
杏 3023	1. 644 11	长 9 ¹	黑色泥岩	3. 00	10. 71	2. 472	8 748. 4
	1. 644 17	长 9 ¹	黑色泥岩	2. 17	6. 43	0. 222	666. 0
杏 2002	1. 611 43	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	3. 53	12. 97	0. 320	2 006. 0
	1. 610 78	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	1. 07	13. 09	0. 245	1 501. 9
	1. 614 21	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	1. 82	4. 97	0. 286	2 252. 1
杏 1035	1. 592 00	长 9 ²	深灰色泥岩	4. 99	13. 51	0. 161	805. 0
	1. 592 87	长 9 ²	深灰色泥岩	5. 45	19. 28	0. 180	966. 4

表 2 长 9 烃源岩干酪根有机显微组分及有机质类型

Table 2 Kerogen organic maceral and type of Chang 9 source rocks

井号	深度/km	层位	岩性	w (腐泥组)/%	w (壳质组)/%	w (镜质组)/%	w (惰质组)/%	类型指数 T_i /%	有机质类型	备注
杏 2008	1. 518 04	长 9 ¹	深灰色含泥粉砂岩	77. 3	6. 0	13. 4	3. 3	67. 0	Ⅱ ₁	李家畔
	1. 518 56	长 9 ¹	黑色泥岩	34. 4	36. 0	18. 5	11. 1	27. 4	Ⅱ ₂	李家畔
	1. 518 74	长 9 ¹	黑色粉砂质泥岩	55. 6	23. 0	9. 5	11. 9	48. 1	Ⅱ ₁	李家畔
	1. 519 03	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	53. 1	32. 0	10. 6	4. 3	56. 9	Ⅱ ₁	李家畔
	1. 520 44	长 9 ¹	深灰色粉砂质泥岩	52. 3	8. 5	17. 8	21. 4	21. 8	Ⅱ ₂	李家畔
	1. 521 05	长 9 ¹	深灰色粉砂质泥岩	61. 3	9. 0	26. 4	3. 3	42. 7	Ⅱ ₁	李家畔
杏 3023	1. 644 11	长 9 ¹	黑色泥岩	30. 1	65. 0	1. 7	3. 2	58. 1	Ⅱ ₁	李家畔
	1. 644 17	长 9 ¹	黑色泥岩	50. 0	41. 0	5. 0	4. 0	62. 8	Ⅱ ₁	李家畔
杏 2002	1. 611 43	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	33. 3	54. 8	4. 0	7. 9	49. 8	Ⅱ ₁	李家畔
	1. 610 78	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	35. 0	53. 0	4. 0	8. 0	50. 5	Ⅱ ₁	李家畔
	1. 614 21	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	52. 1	28. 0	11. 6	8. 3	49. 1	Ⅱ ₁	李家畔
杏 1035	1. 592 00	长 9 ²	深灰色泥岩	28. 2	2. 5	69. 3	0	-22. 5	Ⅲ	
	1. 592 87	长 9 ²	深灰色泥岩	15. 0	12. 5	70. 5	2. 0	-33. 6	Ⅲ	

根据类型指数确定的干酪根类型,Ⅰ型为 $T_i > 80\%$;Ⅱ₁型为 $T_i = 40\% \sim 80\%$;Ⅱ₂型为 $T_i = 0 \sim 40\%$;Ⅲ型为 $T_i < 0$ 。

长 9 暗色泥岩除杏 1035 井 2 个长 9² 样品为Ⅲ型有机质外,总体以Ⅱ₁型有机质为主,个别为Ⅱ₂型有机质,特别是李家畔页岩以Ⅱ₁型有机质为主,具有较强的生油能力。

干酪根元素分析也可判断有机质类型。H/C 值较高,O/C 值较低,则有机质类型好,否则类型较差。长 9 烃源岩 H/C 原子比大都比较低,分布范围较大,比值为 0.47~1.07,平均值为 0.88。O/C 原子比分布范围较窄,为 0.03~0.06,平均值为 0.04。烃源岩有机质类型主要以Ⅱ₁型干酪根为主,演化程度高,显示出长 9 烃源岩具有很好的生油潜力。 T_{max} 与 I_H 关系(图 2)也显示长 9 烃源岩有机质类型主要以Ⅱ₁型为主,其次为Ⅱ₂型,总体上有机质类型较好,以生油为主。干酪根碳同位素($\delta^{13}C_{PDB}$)反映有机质类型^[17],Ⅰ型有机质: $-35\text{‰} < \delta^{13}C_{PDB} < -30\text{‰}$;Ⅱ₁型有机质: $-30\text{‰} < \delta^{13}C_{PDB} < -27.5\text{‰}$;Ⅱ₂型有机质: $-27.5\text{‰} < \delta^{13}C_{PDB} < -25\text{‰}$;Ⅲ型有机质: $\delta^{13}C_{PDB} > -25\text{‰}$ 。长 9 烃源岩干酪根碳同位素为 $-26.5\text{‰} \sim 29.76\text{‰}$,平均为 -28.54‰ ,总体表现为Ⅱ₁型干酪根性质。长 9¹ 干酪根碳同位素分布于 $-28.05\text{‰} \sim 29.76\text{‰}$,为Ⅱ₁型干酪根;长 9² 干酪根碳同位素分布于 $-26.5\text{‰} \sim 27.13\text{‰}$,为Ⅱ₂型干酪根。

2.3 有机质成熟度特征

最高热解峰温(T_{max})是烃源岩中有机质热解烃峰的峰顶温度,其数值的高低与有机质热演化程度密切相关。一般成熟度越高,岩石热解的 T_{max} 值越

大,但不同类型有机质界限有所不同。Ⅱ型有机质成熟阶段 $T_{\max}$ 值为 435 ~ 455 $^{\circ}\text{C}$ ^[18],根据长 9 烃源岩 13 块样品的 $T_{\max}$ 值统计,全部分布在 445 ~ 456 $^{\circ}\text{C}$,平均为 450 $^{\circ}\text{C}$,均达到成熟阶段。

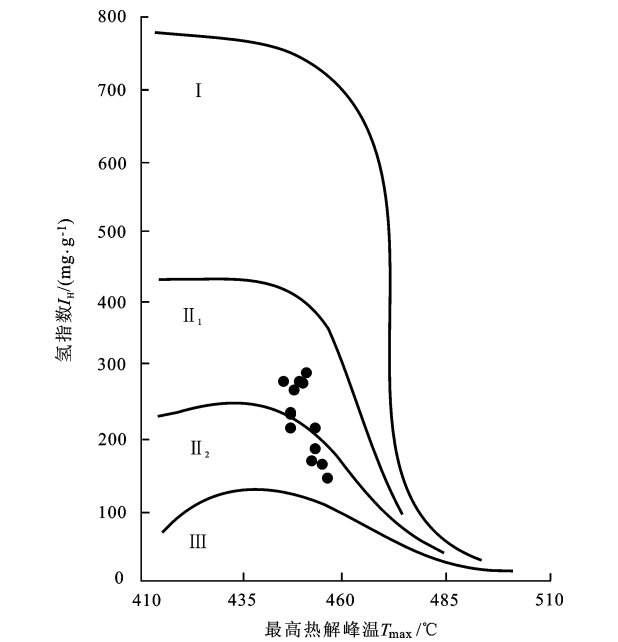


图 2 烃源岩有机质类型

Fig. 2 Type of organic matter of source rock

2.4 饱和烃气相色谱特征

长 9 烃源岩抽提物饱和和烃色谱峰型和主峰碳位置差别较小(图 3),主峰碳位置分布在 C_{15} - C_{19} 之间,主峰碳位置靠近低碳数一端,且均呈单峰分布,说明主要为水生生物来源。姥鲛烷/植烷 (Pr/Ph) 是母源及沉积环境较好的指示。一般认为姥鲛烷形成于较氧化环境,植烷形成于较还原环境, $\text{Pr}/\text{Ph} < 0.8$ 为强还原环境, 0.8 ~ 3.0 为还原环境, 大于 3.0 为氧化环境下陆源有机质输入 ^[19]。长 9 李家畔页岩 Pr/Ph 为 1.24 ~ 1.96,而 $\text{Pr}/n\text{C}_{17}$ 和 $\text{Ph}/n\text{C}_{18}$ 平均值分别为 0.16 和 0.12,反映有机质类型好且演化程度高;长 9 非李家畔泥页岩样品 Pr/Ph 为 2.14 ~ 3.29,且 $\text{Pr}/n\text{C}_{17}$ 和 $\text{Ph}/n\text{C}_{18}$ 平均值分别为 0.65 和 0.27,反映为腐殖型干酪根特点,演化程度较低,以氧化环境为主。CPI 值分布在 1.06 ~ 1.16,平均为 1.09;OEP 值分布在 0.95 ~ 1.15,平均为 1.03,说明长 9 烃源岩已经成熟 ^[20]。 $(n\text{C}_{21} + n\text{C}_{22}) / (n\text{C}_{28} + n\text{C}_{29})$ 为 1.55 ~ 4.71,平均为 2.78,说明长 9 烃源岩已达成熟演化阶段。 $(n\text{C}_{21-}) / (n\text{C}_{22+})$ 为 0.98 ~ 3.50,平均为 1.80,主要为水生生物生源,非李家畔页岩样品(杏 1035 井)其值约为 1,说明为高等植物生源(表 3)。

表 3 长 9 烃源岩饱和烃气相色谱参数

Table 3 Parameters of saturated hydrocarbon chromatogram in Chang 9 source rocks

井号	深度 H/km	层位	岩性	碳优势 指数 CPI	奇偶优 势比 OEP	$(n\text{C}_{21-}) /$ $(n\text{C}_{22+})$	$(n\text{C}_{21} + n\text{C}_{22}) /$ $(n\text{C}_{28} + n\text{C}_{29})$	$(\text{Pr}) /$ $(n\text{C}_{17})$	$(\text{Ph}) /$ $(n\text{C}_{18})$	$(\text{Pr}) /$ (Ph)	主峰 碳数
杏 2008	1.518 04	长 9 ¹	深灰色含泥粉砂岩	1.08	1.01	1.48	2.55	0.16	0.11	1.50	C_{18}
	1.518 56	长 9 ¹	黑色泥岩	1.16	0.95	3.50	4.71	0.14	0.12	1.29	C_{16}
	1.518 74	长 9 ¹	黑色粉砂质泥岩	1.11	1.01	2.23	3.47	0.14	0.12	1.24	C_{17}
	1.519 03	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	1.06	0.99	2.72	3.83	0.14	0.13	1.26	C_{17}
	1.520 44	长 9 ¹	深灰色粉砂质泥岩	1.06	1.03	1.20	1.81	0.21	0.11	1.96	C_{17}
	1.521 05	长 9 ¹	深灰色粉砂质泥岩	1.06	1.01	1.10	1.99	0.19	0.10	1.83	C_{19}
杏 3023	1.644 11	长 9 ¹	黑色泥岩	1.10	1.03	2.10	3.31	0.14	0.11	1.25	C_{17}
	1.644 17	长 9 ¹	黑色泥岩	1.09	1.06	2.86	3.40	0.15	0.13	1.37	C_{15}
杏 2002	1.611 43	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	1.13	1.02	1.56	2.78	0.16	0.11	1.41	C_{19}
	1.610 78	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	1.11	1.01	1.47	2.85	0.15	0.11	1.38	C_{18}
	1.614 21	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	1.12	1.02	1.12	1.91	0.15	0.10	1.40	C_{19}
杏 1035	1.592 00	长 9 ²	深灰色泥岩	1.07	1.04	1.12	1.94	0.68	0.21	3.29	C_{17}
	1.592 87	长 9 ²	深灰色泥岩	1.07	1.15	0.98	1.55	0.61	0.33	2.14	C_{17}

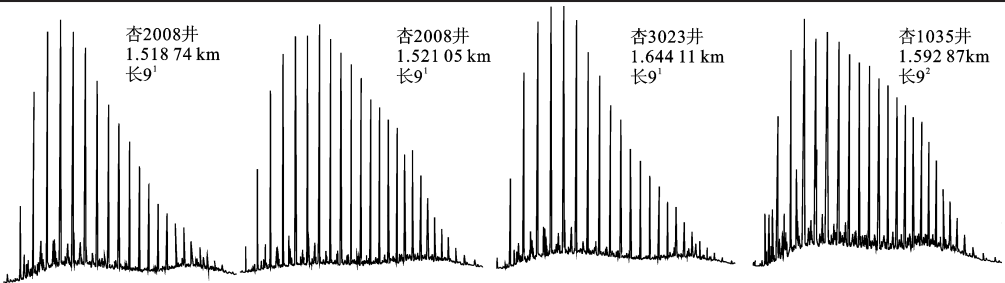


图 3 长 9 烃源岩饱和和烃气相色谱图

Fig. 3 Saturated hydrocarbon chromatogram of Chang 9 source rocks

2.5 萜烷和甾烷生物标志化合物特征

2.5.1 萜烷分布特征

长 9 烃源岩萜类化合物的共同特征为:以细菌和蓝绿藻为主要烃源母质的各类五环三萜烷含量较高,其中以 C_{30} -藿烷和 C_{29} -降藿烷峰型最为突出,其次含有较多的 C_{27} -三降藿烷(表 4、图 4)。伽马蜡烷是反映环境水体盐度高低的良好的生物标志化合物之一^[21],常用(伽马蜡烷)/($C_{30}H$)(伽马蜡烷指数)表示其相对含量。长 9 烃源岩(伽马蜡烷)/($C_{30}H$)为 0.071~0.120,分布区间窄,反映低盐度水体环境。长 9¹和长 9²烃源岩差异性主要体现在:以菌藻类为主要烃源母质的三环萜烷含量长 9¹烃源岩较低,长 9²烃源岩较高;长 9 烃源岩 Ts/Tm 为 3.08~11.07,平均为 5.47,说明长 9 烃源岩成熟度很高^[22];但 Ts/Tm 可能与岩性具有重要关系,含粉砂或粉砂质泥岩 Ts/Tm 分布于 3.53~11.07,平均为 6.68,而泥岩 Ts/Tm 分布于 3.08~4.00 之间,平均为 3.53。 C_{31} 藿烷($22S$)/($22R+22S$)异构化参数对于评估从未成熟到生油早期阶段的成熟度具有很高的专属性,当 C_{31} 藿烷($22S$)/($22R+22S$)为

0.50~0.54 时,表明勉强进入生油阶段;当该比值为 0.57~0.62 时,则表明已达到或超过主要的生油阶段^[19,23]。长 9 烃源岩 C_{31} 藿烷($22S$)/($22R+22S$)平均为 0.53,说明已经进入生油阶段。

2.5.2 甾烷分布特征

长 9 烃源岩规则甾烷 C_{27} 、 C_{28} 、 C_{29} 均呈“偏反 L”型分布,表明其生源主要以陆源高等植物与低等浮游生物的双重输入为特征(表 4、图 4)。长 9¹烃源岩中孕甾烷和升孕甾烷含量高,指示了低等水生生物对生源的贡献;长 9²烃源岩中孕甾烷和升孕甾烷含量较低,说明高等植物为主要母质输入。反映有机质成熟度的生物标记化合物参数 C_{29} 甾烷($\beta\beta$)/($\beta\beta+\alpha\alpha$)的平衡点为 0.67~0.71,其进入早期生油阶段的比值大约为 0.25, C_{29} 甾烷($20S$)/($20S+20R$)的平衡点为 0.52~0.55^[24],相当于 R_o 约为 0.8%。长 9 烃源岩 C_{29} 甾烷($\beta\beta$)/($\beta\beta+\alpha\alpha$)为 0.46~0.57,平均为 0.54,均达到成熟阶段。 C_{29} 甾烷($20S$)/($20S+20R$)为 0.51~0.67,超过平衡点,失去成熟度指示意义。

表 4 长 9 烃源岩生标参数统计

Table 4 Hydrocarbon source rock biomarker parameters statistics of Chang 9 member

井号	深度/km	层位	岩性	Ts/Tm	C_{31} 藿烷	(伽马蜡烷)/	C_{29} 甾烷	C_{29} 甾烷	规则甾烷组分相对含量/%		
					($22S$)/ ($22R+22S$)	($C_{30}H$)	($\beta\beta$)/ ($\beta\beta+\alpha\alpha$)	($20S$)/ ($20S+20R$)	C_{27} 甾烷	C_{28} 甾烷	C_{29} 甾烷
杏 2008	1.51804	长 9 ¹	深灰色含泥粉砂岩	6.29	0.54	0.087	0.56	0.67	22.20	31.54	46.26
	1.51856	长 9 ¹	黑色泥岩	3.35	0.54	0.096	0.55	0.66	24.26	27.28	48.46
	1.51874	长 9 ¹	黑色粉砂质泥岩	3.53	0.54	0.088	0.54	0.64	20.02	25.46	54.52
	1.51903	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	3.66	0.55	0.094	0.55	0.62	25.06	24.88	50.06
	1.52044	长 9 ¹	深灰色粉砂质泥岩	8.39	0.49	0.095	0.52	0.66	15.84	29.74	54.42
	1.52105	长 9 ¹	深灰色粉砂质泥岩	11.07	0.48	0.113	0.46	0.63	25.73	25.29	48.99
杏 3023	1.64411	长 9 ¹	黑色泥岩	4.00	0.54	0.071	0.55	0.63	23.57	30.28	46.15
	1.64417	长 9 ¹	黑色泥岩	3.61	0.54	0.071	0.55	0.60	21.35	30.68	47.97
杏 2002	1.61143	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	5.11	0.53	0.075	0.57	0.66	22.02	34.54	43.44
	1.61078	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	5.34	0.54	0.075	0.55	0.63	21.01	25.88	53.11
	1.61421	长 9 ¹	黑色含粉砂泥岩	10.08	0.46	0.106	0.53	0.59	23.53	25.97	50.50
杏 1035	1.59200	长 9 ²	深灰色泥岩	3.63	0.56	0.117	0.55	0.53	21.20	22.46	56.34
	1.59287	长 9 ²	深灰色泥岩	3.08	0.59	0.120	0.56	0.51	18.85	26.22	54.92

3 长 9 烃源岩油气勘探意义

杏子川油田延长组长 9 烃源岩有机质丰度高,有机质类型主要为 II₁ 型,热演化程度已达生油高峰阶段,为有效烃源岩。目前,杏子川油田已在坪桥北部地区发现长 9¹ 油藏,其原油来自于李家坪页岩贡献,与本区以及湖盆中部长 7 烃源岩没有亲缘关系,地质上也无法解释。该区星 28 井获得日产 2.14 m³ 的工业油流,其他产油井日产油均小于

1.00 m³,控制含油面积约 20 km²,含油面积外钻井仅见油花显示,且远离星 28 井仅产水,长 9² 砂层组未见油气显示。分析认为,杏子川油田长 9 烃源岩虽然地化指标显示为好烃源岩,但由于烃源岩单层厚度平均仅为 2.5m,单井累积平均厚度仅为 8.6 m,一方面生烃潜力有限,另一方面由于长 9 储层孔隙度平均为 6.84%,渗透率中值为 0.418×10⁻³ μm²,储层非常致密,源储压差小,油气初次运移动力不足,排烃量小,运移聚集量少。

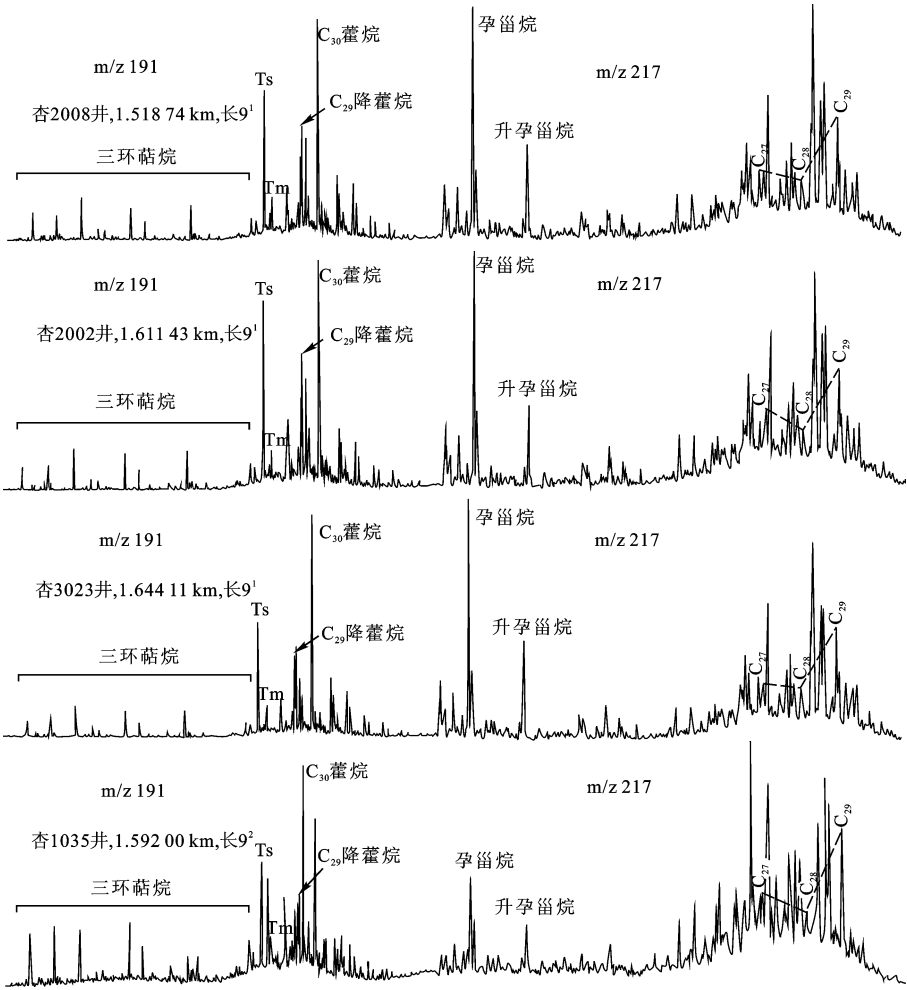


图 4 长 9 暗色泥岩典型井 m/z 191 和 m/z 217 质量色谱图

Fig. 4 m/z 191 and m/z 217 mass chromatograms of source rock in Chang 9 member

杏子川油田长 9 有效烃源岩的发现对鄂尔多斯盆地长 8 ~ 长 10 油藏勘探起到重要的推动作用。目前,鄂尔多斯盆地延长组深层(长 8 ~ 长 10 油层组)石油勘探获得重大突破,在定边、吴起、志丹、富县等地区初步形成遍地开花之势。延长组深层油藏分布与长 9 油层组顶部李家畔页岩分布具有十分密切的关系,李家畔页岩沉积时期湖盆长轴呈北西-南东向展布,最大分布面积约为 $4 \times 10^4 \text{ km}^2$,厚度大于 10 m 分布面积约为 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$,最大沉积厚度位于志丹地区(34.6 m),这与志丹地区发现长 8 ~ 长 10 油藏的数量成正比(图 5)。姬塬-西峰长 8 油藏分布地区李家畔页岩不发育,油源对比表明该区长 8 油藏主要为长 7 烃源岩贡献^[25]。鄂尔多斯盆地延长组油藏分布具有近源运移聚集特征,有效烃源岩分布层位控制了石油聚集层位,其平面分布最大外边界基本控制了油藏分布范围^[26],这与鄂尔多斯盆地特殊的地质条件有关。延长组长 8 ~ 长 10 油藏勘探应优选烃源岩厚度大于 10 m 地区,以勘探定

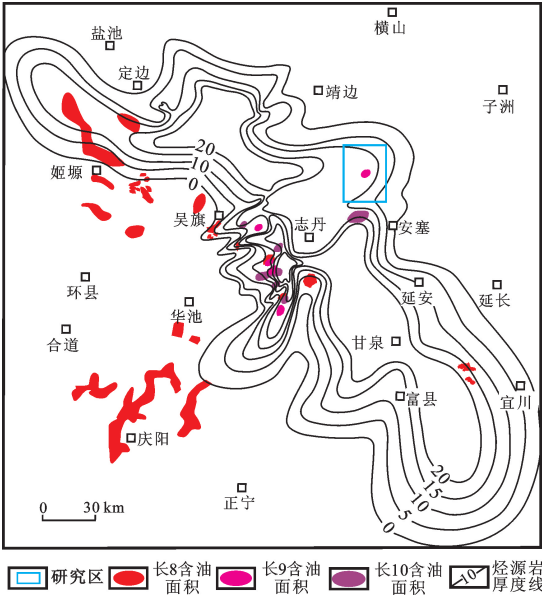


图 5 长 9 李家畔页岩分布与长 8 ~ 长 10 油藏叠合图

Fig. 5 Overlay map of Chang 9 source rock and Chang 8 ~ Chang 10 reservoir distribution

边-志丹-富县一线地区为主。作为一套新的含油层系,延长组深层石油勘探将有效缓解鄂尔多斯盆地石油增储上产的紧张局面。随着延长组深层石油勘探的不断深入,鄂尔多斯盆地将迎来储产量增长的高峰。

4 结 论

(1)杏子川油田长 9^1 烃源岩有机质丰度高,有机质类型主要为 II_1 型,达到成熟演化阶段,为一套有效的油源岩;长 9^2 本区有机质类型以 II_2 型或 III 型为主,不是有效油源岩。由于本区长 9^1 李家畔页岩累积厚度小,排烃动力弱,虽然在星28井区已发现长 9^1 油藏,但总体该区勘探潜力有限。

(2)杏子川油田延长组长 9^1 烃源岩的发现,平面上拓展了长8~长10油藏勘探区域,油藏具有近源分布的特点,烃源岩累积厚度大于10 m的定边-志丹-富县一线地区为最有利勘探区。

参考文献:

- [1] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京:石油工业出版社,2003.
- [2] 张文正,杨华,傅锁堂,等. 鄂尔多斯盆地长 9^1 湖相优质烃源岩的发育机制探讨[J]. 中国科学(D辑):地球科学,2007,37(sup1):33-38.
ZHANG Wen-zheng, YANG Hua, FU Suo-tang, et al. On the development mechanism of the lacustrine high-grade hydrocarbon source rocks of Chang 9^1 member in Ordos Basin[J]. Science in China (ser D): Earth Sciences, 2007, 37(sup1):33-38.
- [3] 张文正,杨华,李善鹏. 鄂尔多斯盆地长 9^1 湖相优质烃源岩成藏意义[J]. 石油勘探与开发,2008,35(3):557-562.
ZHANG Wen-zheng, YANG Hua, LI Shan-peng. Hydrocarbon accumulation significance of Chang 9^1 high-quality lacustrine source rocks of Yanchang formation, Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(3):557-562.
- [4] 白玉彬,罗静兰,刘新菊,等. 鄂尔多斯盆地吴堡地区上三叠统延长组原油地球化学特征及油源对比[J]. 沉积学报,2013,31(2):374-383.
BAI Yu-bin, LUO Jing-lan, LIU Xin-ju, et al. Geochemical characteristics of crude oil and oil-source correlation in Yanchang formation (Upper Triassic) in Wubao area, Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2013, 31(2):374-383.
- [5] 胡友洲,何奉朋,张龙,等. 安塞地区长10段原油地球化学特征及油源探讨[J]. 西安石油大学学报:自然科学版,2010,25(3):15-18.
HU You-zhou, HE Feng-peng, ZHANG Long, et al. Study on the geo-chemical characteristics and the oil source of Chang 10 member oil in Ansai Oilfield[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2010, 25(3):15-18.
- [6] 李相博,刘显阳,周世新,等. 鄂尔多斯盆地延长组下组合油气来源及成藏模式[J]. 石油勘探与开发,2012,39(2):172-180.
LI Xiang-bo, LIU Xian-yang, ZHOU Shi-xin, et al. Hydrocarbon origin and reservoir forming model of the Lower Yanchang formation, Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(2):172-180.
- [7] 周进高,姚根顺,邓红婴,等. 鄂尔多斯盆地延长组长9油层组勘探潜力分析[J]. 石油勘探与开发,2008,35(3):289-293.
ZHOU Jin-gao, YAO Gen-shun, DENG Hong-ying, et al. Exploration potential of Chang 9 member, Yanchang formation, Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(3):289-293.
- [8] 张晓晓,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.
ZHANG Xiao-li, DUAN Yi, HE Jin-xian, et al. Geochemical characteristics of crude oil in lower part of Yanchang formation and correlation of oil source in Huaqing area of Ordos Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2011, 22(5):866-873.
- [9] 王传远,段毅,杜建国,等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组原油中性含氮化合物的分布特征及油气运移[J]. 油气地质与采收率,2009,16(3):7-10.
WANG Chuan-yuan, DUAN Yi, DU Jian-guo, et al. Neutral nitrogen compounds distribution and petroleum migration of Yanchang formation, Triassic system, Ordos Basin[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2009, 16(3):7-10.
- [10] 王传远,段毅,车桂美,等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组原油地球化学特征及油源分析[J]. 高校地质学报,2009,15(3):380-386.
WANG Chuan-yuan, DUAN Yi, CHE Gui-mei, et al. Geochemical characteristics and oil-source analysis of crude oils in the Yanchang formation of Upper Triassic from Ordos Basin[J]. Geological Journal of China Universities, 2009, 15(3):380-386.
- [11] 吴保祥,段毅,郑朝阳,等. 鄂尔多斯盆地古峰庄——王洼子地区长9油层组流体过剩压力与油气运移研究[J]. 地质学报,2008,82(6):844-849.

- WU Bao-xiang, DUAN Yi, ZHENG Zhao-yang, et al. Fluid overpressure and migration of oil and gas from Chang 9 member in Gufengzhuang-Wangwazi area, Ordos Basin [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2008, 82 (6): 844-849.
- [12] 段毅, 于文修, 刘显阳, 等. 鄂尔多斯盆地长9油层组石油运聚规律研究[J]. *地质学报*, 2009, 83 (6): 855-860.
- DUAN Yi, YU Wen-xiu, LIU Xian-yang, et al. Oil migration and accumulation rules of Chang-9 oil-bearing formation in the Ordos Basin [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2009, 83 (6): 855-860.
- [13] 黄晨, 潘保芝. 利用测井资料识别与评价大庆外围盆地烃源岩[J]. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2006, 36 (sup): 162-165.
- HUANG Chen, PAN Bao-zhi. Using general log information to evaluate hydrocarbon source rocks of Basins in Daqing periphery [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2006, 36 (sup): 162-165.
- [14] 柳广弟. 石油地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2009.
- [15] 黄飞, 辛茂安. SY/T5735-1995 陆相烃源岩地球化学评价方法[S]. 北京: 中国石油天然气总公司, 1995.
- [16] 陈建渝, 郝芳. 有机岩石学研究有机质类型和成熟度的改进[J]. *石油实验地质*, 1990, 12 (4): 426-431.
- CHEN Jian-yu, HAO Fang. Improvement on study of organic types and maturation with organic petrology [J]. *Experimental Petroleum Geology*, 1990, 12 (4): 426-431.
- [17] 黄籍中. 干酪根的稳定碳同位素分类依据[J]. *地质地球化学*, 1988 (3): 66-68.
- HUANG Ji-zhong. The classification basis of carbon isotope of Kerogen [J]. *Geology Geochemistry*, 1988 (3): 66-68.
- [18] 郭立言, 顾信章, 盛志纬, 等. 生油岩热解快速定量评价[M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [19] PETERS K E, MOLDOWAN J M. The biomarker guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments [M]. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1993: 363.
- [20] 任拥军, 周瑶琪, 查明, 等. 东营凹陷古近系烃源岩成熟度特征[J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2006, 30 (2): 6-10.
- REN Yong-jun, ZHOU Yao-qi, ZHA Ming, et al. Maturity of Low Tertiary source rocks in Dongying depression [J]. *Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science)*, 2006, 30 (2): 6-10.
- [21] MARYNOWSKI L, NARKIEWICZ M, GRELOWSKI C. Biomarkers as environmental indicators in a carbonate complex, example from the middle to Upper Devonian, Holy Cross Mountains, Poland [J]. *Sedimentary Geology*, 2000, 137: 187-212.
- [22] 高福红, 樊馥, 高红梅. 孙吴-嘉荫盆地太平林场组烃源岩生物标志化合物地球化学特征[J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2010, 34 (4): 33-37.
- GAO Fu-hong, FAN Fu, GAO Hong-mei. Geochemical characteristics of biomarkers of source rocks from Taipinglingchang formation in Sunwu-Jiayin Basin [J]. *Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science)*, 2010, 34 (4): 33-37.
- [23] SEIFERT W K, MOLDOWAN J M. The effect of thermal stress on source-rock quality as measured by hopane stereochemistry [J]. *Physics and Chemistry of the Earth*, 1980, 12: 229-237.
- [24] SEIFERT W K, MOLDOWAN J M. Use of biological markers in petroleum exploration//methods in geochemistry and geophysics [J]. Elsevier, Amsterdam, 1986, 24: 261-290.
- [25] 侯林慧, 彭平安, 于赤灵, 等. 鄂尔多斯盆地姬塬-西峰地区原油地球化学特征及油源分析[J]. *地球化学*, 2007, 36 (5): 497-506.
- HOU Lin-hui, PENG Ping-an, YU Chi-ling, et al. Geochemical characteristics and oil-source analysis of crude oils in Jiyuan-Xifeng Oilfield, Ordos Basin [J]. *Geochimica*, 2007, 36 (5): 497-506.
- [26] 白玉彬, 赵靖舟, 方朝强, 等. 优质烃源岩对鄂尔多斯盆地延长组石油聚集的控制作用[J]. *西安石油大学学报: 自然科学版*, 2012, 27 (2): 1-5.
- BAI Yu-bin, ZHAO Jing-zhou, FANG Chao-qiang, et al. Control effect of high-quality source rocks on petroleum accumulation in Yanchang formation, Ordos Basin [J]. *Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition)*, 2012, 27 (2): 1-5.

(编辑 徐会永)