

文章编号: 1009-3850(2014)04-0068-07

鄂尔多斯盆地富县地区延长组长8油藏油源对比研究

蔡 劲¹, 王桂成¹, 张 震²

(1. 西安石油大学 地球科学与工程学院, 陕西 西安 710065; 2. 中石化胜利油田分公司孤岛采油厂, 山东 东营 257231)

摘要:通过对富县地区延长组长6~长9原油及烃源岩的地球化学特征综合对比分析,认为研究区存在长7、长9两套有效烃源岩。长7烃源岩有机质类型为I~II₁型,长9烃源岩的有机类型为II₁~II₂型。长7、长9烃源岩中Ts相对含量高于Tm,均达到成熟阶段。长7烃源岩五环三萜烷中C₃₀藿烷丰度相对高于C₂₉藿烷丰度, C₃₀RH/C₂₉Ts < 2,长7形成于还原环境;长9烃源岩中C₃₀藿烷丰度与C₂₉藿烷丰度基本相似, C₃₀RH/C₂₉Ts > 2,表明长9为弱氧化-弱还原环境。长6原油饱和/芳比值较低,长8原油饱和/芳比值较高,说明长6原油和长8原油不同源。长7烃源岩与长9烃源岩在生物标志化合物特征上有明显区别。规则甾烷C₂₇-C₂₈-C₂₉αααR指纹分布样式上,长7呈现“L”型,长9呈现偏“V”型与反“L”型,长8原油呈现偏“V”型分布。研究区长8原油主要来源于长9烃源岩。

关键词:原油地球化学;油源对比;延长组;富县地区;鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE122.1+14

文献标识码: A

鄂尔多斯盆地中生界的主要油气储层以低渗-特低渗为显著特征,具有面积大、多层段普遍含油气的特点。近年来,随着对中生界浅层含油层系的勘探已到中后期,急需在延长组下组合中寻求资源接替层系。前人对延长组烃源岩的研究取得了一些成果^[1-4],但长期以来对鄂尔多斯盆地上三叠统延长组长8油层组的油源问题一直没有达成共识,不同学者对不同地区、不同油层组石油来源的认识存在较大的差异^[5-6]。

富县直罗油田位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡中南部,是延长油田近年来的有利勘探开发区块(图1)。经过多年的勘探,目前在长3、长6等油层组都不同程度地见到工业油流,预示着良好的石油勘探开发前景。由于该区延长组油藏下组合的研究还处于初级阶段,特别是长8油藏油源问题的不确定性,制约了更深层次的勘探开发工作。本文以富县地区为例,通过对该区延长组原油物理性质、族组

成和生物标志化合物特征及烃源岩地球化学特征的综合分析,结合区域地质背景资料,探究延长组长8石油来源,以便为该区下一步油气勘探,特别是延长组深层石油勘探提供地质依据。原油及烃源岩地球化学分析委托中国石油大学(北京)、长安大学地质实验中心测试完成,分析数据可靠。

1 岩石学特征

根据 Folk 砂岩分类方法,研究区延长组长8主要为细-中粒岩屑长石砂岩和长石砂岩。砂岩的碎屑组成为长石、石英、岩屑及碎屑云母等。岩屑主要为碎屑云母、变质岩岩屑及岩浆岩岩屑,沉积岩岩屑含量较少,此外还含有少量的碎屑绿泥石、铁方解石和燧石。陆源泥质杂基含量低,胶结物主要为方解石、自生粘土矿物绿泥石及水云母,其次有少量硅质、长石质、网状粘土、铁方解石及铁白云石等胶结物。岩石中的沉积岩岩屑、变质岩岩屑及岩

收稿日期: 2014-04-14; 改回日期: 2014-07-10

作者简介: 蔡劲(1989-),男,硕士研究生。研究方向:石油地质、地球化学。E-mail: caijin510@163.com

基金项目: 国家自然科学基金(41173035)

浆岩岩屑含量变化大,显示多物源供给特征^[7]。孔隙胶结类型主要是孔隙式胶结和压嵌式胶结,偶见薄膜-孔隙式胶结和孔隙-加大式胶结。

2 烃源岩评价

研究区位于富县地区,对区内 200 余口钻遇长 7 页岩、长 8 泥岩及长 9₁ 顶部暗色泥岩厚度做了统计,并取样进行了分析(图 1)。

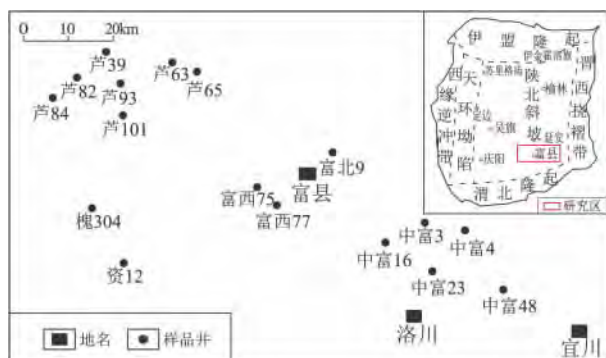


图1 鄂尔多斯盆地富县地区直罗油田位置示意图及样品分布图

Fig. 1 Location of the study area and sampling sites

2.1 烃源岩的有机质丰度

鄂尔多斯盆地中生界烃源岩有机质丰度受控于沉积环境,形成于还原-弱还原环境中的湖相暗色泥、页岩有机质丰度都较高^[8]。富县地区长7烃源岩有机质丰度最高,有机碳含量平均值为5.12%,氯仿沥青“A”平均值为0.485%,生烃潜量($S_1 + S_2$)平均值为13.285,为本区最优质生油岩。长9₁有机质丰度很高,有机碳含量平均为4.4%,本次采集样品其含量全部大于1%,氯仿沥青“A”平均值为0.26%,生烃潜量($S_1 + S_2$)平均值为9.89,是本区另一套优质的烃源岩。

2.2 烃源岩的有机质类型

按照干酪根三类五型的分类方案,依据干酪根显微组分、岩石热解参数(表1)和可溶有机质组成特征3个方面的地化指标,对本区长7、长9烃源岩进行类型划分。富县地区有机质类型相对最好的是长7烃源岩,有机质类型主要为Ⅰ(腐泥型)~Ⅱ₁(腐植-腐泥型)型;其次是长9烃源岩,有机质类型主要为Ⅱ₁(腐泥型)~Ⅱ₂(腐殖-腐泥型)型,相对非烃和沥青质较多。

2.3 烃源岩的有机质成熟度

鄂尔多斯盆地三叠系延长组下部烃源岩除盆地南北边缘局部地区尚未成熟外,盆地内部普遍已

进入成熟阶段,并具有成熟度中南部高、北部低的特点。中南部的吴旗、志丹、延安、甘泉、富县、庆阳、华池一带延长组底部烃源岩成熟度最高, R_o 值达 1.0% ~ 1.14%。由此向南或向北, 烃源岩成熟度逐渐降低。研究区处于生烃中心, 延长组长 7 层烃源岩已成熟, 其 R_o 值较大, 处于生湿气初期^[9]。

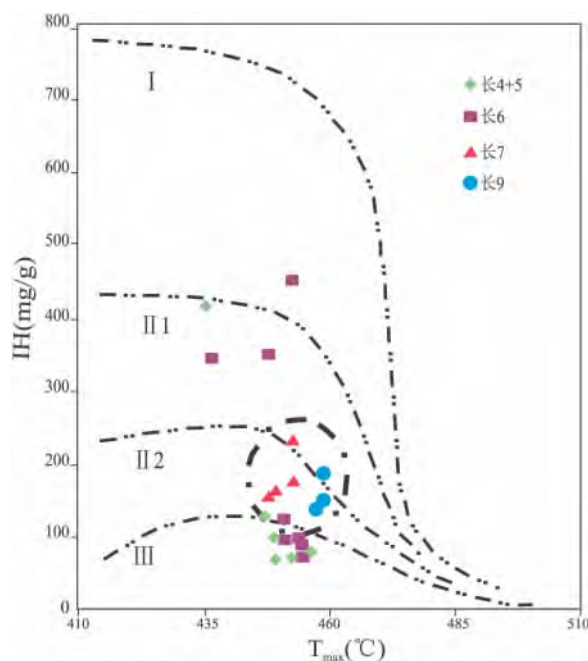
图2 富县地区延长组烃源岩 IH 与 $T_{\max}$ 关系图

Fig. 2 IH-T_{max} plot for the source rocks from the Yanchang Formation in the Fuxian region

时间-温度指数(TTI)值计算表明,延长组烃源岩于早白垩世(118Ma)开始进入生油门限,早白垩世末期(10Ma)石油大量生成^[10];晚白垩世—古近纪以来持续有油生成,部分烃源岩逐渐达到高成熟并有少量气生成。从表1中可以看出,研究区油层组烃源岩的岩石热解最高峰温均高于440℃,均处于低成熟—成熟演化阶段(图2)。

2.4 烃源岩地球化学特征

2.4.1 长7 烃源岩

由分析资料可以看出,长 7 烃源岩正构烷烃碳数分布较宽,一般为 $C_{11} \sim C_{35}$,正构烷烃分布曲线呈单峰型前峰态(图 3a、b), $\Sigma C_{21}^- / \Sigma C_{22}^+$ 值为 2.04 ~ 2.17, C_{21+22} / C_{28+29} 比值范围为 4.12 ~ 4.96, Pr/Ph 值差别不大(表 2)。

三环萜烷主要发育 $C_{19} \sim C_{29}$ 三环萜烷, C_{23} 三环萜烷占主要优势。三环萜烷的含量都比较低(图 4a、b)。五环三萜烷中 C_{30} 藿烷丰度相对高于 C_{29} 藿烷丰度, 伽马蜡烷含量很低, 说明本区泥岩为湖相沉

表 1 研究区三叠系延长组烃源岩最高峰温等热解参数表

Table 1 Pyrolytic parameters for the source rocks from the Yanchang Formation in the Fuxian region

井号	层位	岩性	最高峰温 T_{max} (°C)	产油潜率 (S1 + S2)	产率指数 (PI)	氢指数 (IH)	有效碳 (PC)	降解率 (D)
芦 82	长 7	泥岩	456	6.59	0.3	215	0.55	25.44
芦 39	长 7	泥岩	456	17.84	0.22	235	1.48	24.89
芦 93	长 9	泥岩	464	1.56	0.26	89	0.13	9.88
芦 101	长 9	泥岩	466	21.09	0.14	180	1.75	17.43
芦 84	长 9	泥岩	462	7.03	0.3	195	0.58	23.15

表 2 研究区延长组泥岩全烃气相色谱数据

Table 2 Gas chromatographic data for the mudstones from the Yanchang Formation in the Fuxian region

井号	层位	C_{max}	碳数范围	$C_{21} + C_{22} / C_{28} + C_{29}$	$\Sigma C_{21}^- / \Sigma C_{22}^+$	正构烷烃分布曲线	Pr/Ph	Pr/nC ₁₇	Ph/nC ₁₈
芦 82	长 7	nC ₂₀	11~35	4.26	2.04	单峰型,前峰态	1.12	0.17	0.16
芦 93a	长 7	nC ₁₇	11~35	4.96	2.17	单峰型,前峰态	1.24	0.20	0.18
芦 84	长 9	nC ₁₈	11~35	4.17	2.02	单峰型,前峰态	1.06	0.12	0.11
芦 93b	长 9	nC ₁₉	11~34	4.99	2.18	单峰型,前峰态	1.98	0.14	0.12
芦 101	长 9	nC ₁₉	11~35	5.68	2.87	单峰型,前峰态	2.88	0.17	0.15

积但非强还原环境。 T_s 含量高于 T_m 含量,表明该层段烃源岩已达成熟阶段。甾烷化合物中,孕甾烷和升孕甾烷相对含量较高,规则甾烷中 C_{27} - C_{28} - C_{29} $\alpha\alpha\alpha R$ 构型为偏“L”字型,为湖相泥岩特征(图 5a、b)。

2.4.2 长 9 烃源岩

长 9 烃源岩正构烷烃碳数分布较宽,一般为 $C_{11} \sim C_{35}$ 或 $C_{11} \sim C_{34}$,正构烷烃分布曲线呈单峰型前峰态(图 3c、d), $\Sigma C_{21}^- / \Sigma C_{22}^+$ 值为 2.02 ~ 2.87, C_{21+22} / C_{28+29} 比值范围为 4.17 ~ 5.68,Pr/Ph 值差别较大(表 2)。

三环萜烷主要发育 $C_{19} \sim C_{29}$ 三环萜烷, C_{23} 三环萜烷占主要优势。三环萜烷的含量都比较低(图

4c、d)。五环三萜烷中 C_{30} 藿烷丰度与 C_{29} 藿烷丰度基本发育相似,部分无法检测到。伽马蜡烷含量很低, T_s 含量高于 T_m 含量,表明该层段烃源岩已达成熟阶段。甾烷化合物中,孕甾烷和升孕甾烷相对含量较高,规则甾烷中 C_{27} - C_{28} - C_{29} $\alpha\alpha\alpha R$ 构型呈偏“V”字型和反“L”型(图 5c、d)。

3 长 8 油源对比

由于长 9 黑色泥页岩与长 7 油页岩、长 7 黑色泥岩的有机母质性质较为相似,其沉积水体均为淡水-微咸水^[11,12]。因此,运用稳定碳、氢同位素组成指标难以准确厘定烃源岩与原油之间的亲缘关系。

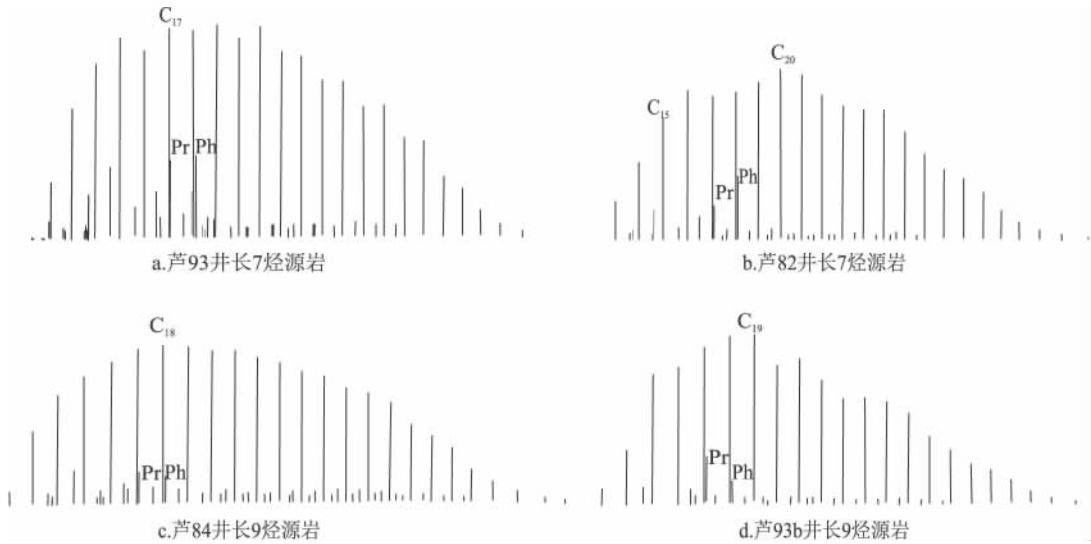


图 3 鄂尔多斯盆地富县地区延长组长 7、长 9 泥岩抽提物烷烃质量色谱图

Fig. 3 Chromatograms of n-alkanes in the Chang-7 and Chang-9 mudstones from the Yanchang Formation in the Fuxian region

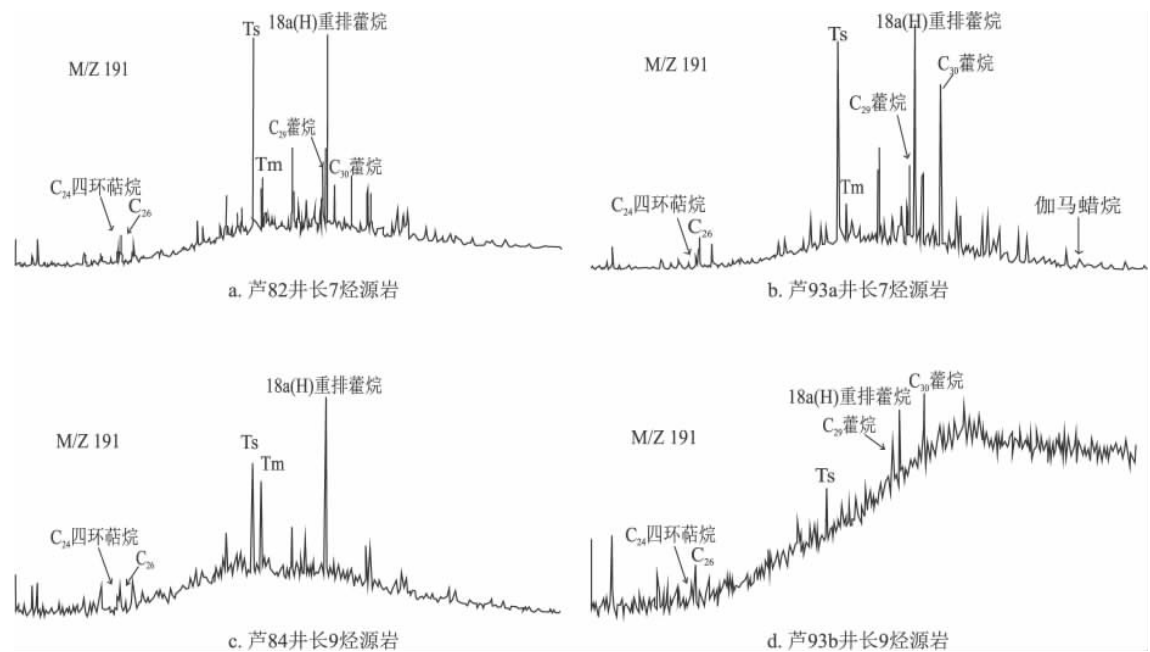


图 4 鄂尔多斯盆地富县地区延长组长 7、长 9 烃源岩萜烷色谱特征

Fig. 4 Chromatograms of terpanes in the Chang-7 and Chang-9 source rocks from the Yanchang Formation in the Fuxian region

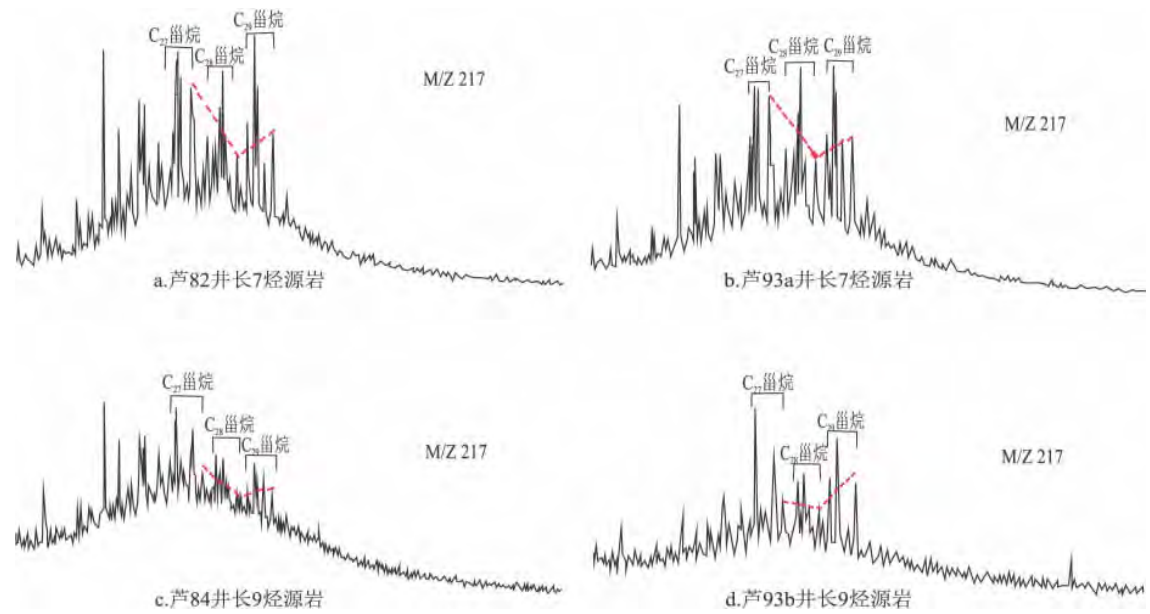


图 5 鄂尔多斯盆地富县地区延长组长 7、长 9 烃源岩甾烷色谱特征

Fig. 5 Chromatograms of steranes in the the Chang-7 and Chang-9 source rocks from the Yanchang Formation in the Fuxian region

从烃源岩的岩石学、微量元素地球化学特征^[12]等的比较来看,长 7 油页岩与长 9 顶部黑色泥岩的组成和沉积、成岩的氧化还原环境存在明显的差异:长 9 顶部黑色泥岩发育于弱氧化-弱还原环境,黏土矿物含量相对较高、莓状黄铁矿(FeS₂)含量相对较低;而长 7 油页岩发育于还原环境、含有丰富的莓状黄铁矿,黏土矿物含量相对较低。

3.1 地质综合分析

前人研究表明,鄂尔多斯盆地长 7 及以上层位

原油主要来源于长 7 烃源岩。鄂尔多斯盆地延长组长 7 生油岩在早白垩世中期进入生油窗,于早白垩世末期达到生烃高峰,白垩纪末期生烃终止,具有持续生烃、连续成藏的特征^[13]。长 9 烃源岩属湖盆发展初期阶段的沉积,其烃源岩的发育在时间上与湖泛作用相伴随,在空间上则明显受控于沉积格局。由于长 9 烃源岩的累计厚度较小、生烃能力较强,因而应该较有利于烃类的排出^[14]。本次对富县地区长 9 段李家畔页岩样品进行分析认为,李家畔

页岩为一套重要的区带性优质油源岩。富县地区长9段李家畔页岩厚度分布在6.35~13.2m之间,平均为7.63m,可以为长8油藏提供油源。

研究区长8分为长8₁与长8₂两个小层,总厚度约95m。从目前已开发的长8油藏来看,主要含油层段为长8₂段,而长8₁段未发现油藏。从对该区长8段的岩性划分上发现,长8₁的底部存在分布均匀、平均厚度10m左右的较厚泥岩隔层。假设长7生油岩生成的油气向下倒灌入长8储层,那么长8₁段应该优先成藏,并且因泥岩隔层的存在,油气无法进入到长8₂储层,这与研究区实际情况不符。因此,从地质角度分析,该区长8原油并非来源于长7烃源岩。

3.2 族组成对比

来自不同类型源岩的石油具有不同的族组成,石油的族组成与原始成因有关^[15]。长6原油芳烃含量平均为15%,饱/芳比值较低,为5.3~7.5;长8原油芳烃含量平均为6.58%,饱/芳比值较高,为11.15;长9层原油,芳烃含量为6.56%,饱/芳比值最高,为13.28。在芳烃含量和饱/芳比值上,长6层原油与长8层原油存在较大的差异,说明长6层原油和长8层原油来源于不同油源;而长9层原油与长8层原油在芳烃含量和饱/芳比值上,差异很小,几乎相近,说明长9原油和长8原油可能来源与同一油源。

3.3 烷烃系列油-岩对比

正构烷烃色谱特征蕴含了丰富的沉积环境、生源构成、保存条件和热演化的信息^[16]。原油与烃源岩色谱分析表明,研究区各层段原油和源岩的色谱峰型较为相似,基本呈单峰型、前锋态,碳数分布范围为C₁₁~C₃₅。将研究区长8原油分别与长7、长9烃源岩正构烷烃分布特征进行对比,可以看出,长8原油与长9₁烃源岩亲缘关系最近(图6),说明长8原油以长9₁烃源岩为主力源岩。

3.4 生物标志物油-岩对比

3.4.1 倍半萜色谱对比

倍半萜类化合物在沉积物中的分布十分广泛,在海相、湖相和沼泽相环境形成的沉积地层和由此沉积地层生成的原油中均可检测出来。但是对于不同的沉积环境而言,由于有机质来源的不同,倍半萜类的分布和组成特征存在显著差异。一般可分成两大类:其一为来源于细菌的补身烷系列,碳数组成为C₁₄~C₁₆;其二是来源于陆源有机质的桉叶油烷等,碳数组成为C₁₅。因此,这类化合物目前

大多用于判断有机质的来源或原油的成因类型^[17]。

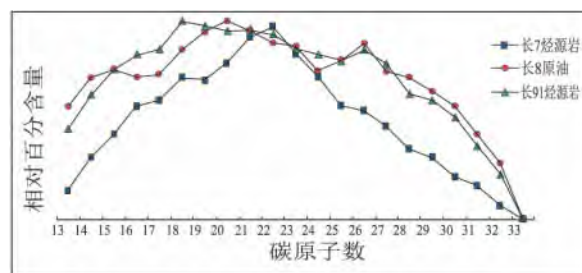


图6 鄂尔多斯盆地富县地区延长组长8原油与长7、长9₁烃源岩正构烷烃分布特征对比

Fig. 6 Correlation of the n-alkanes distribution in the Chang-8 crude oil and Chang-7 and Chang-9₁ source rocks from the Yanchang Formation in the Fuxian region

从图7可以看出,研究区长9₁烃源岩与长8原油相对富含C₁₅二环倍半萜,8β(H)补身烷和8β(H)-升补身烷含量都较低;长6、长2原油与长7₁烃源岩补身烷系列分布相似,8β(H)补身烷和8β(H)-升补身烷也十分相似,油-岩相似性较强。总体看来,直罗油田张家湾区延长组长2、长6原油与长7₁泥岩具有强亲缘关系,长8原油与长9₁泥岩相对长7₁泥岩有较强的亲缘关系。

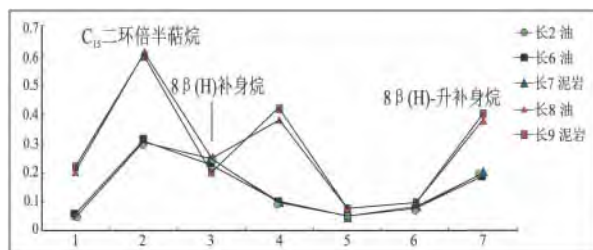


图7 鄂尔多斯盆地富县地区延长组原油和烃源岩二环倍半萜分布对比图

Fig. 7 Correlation of the bicyclic half-terpanes in the crude oil and source rocks from the Yanchang Formation in the Fuxian region

3.4.2 甾、萜烷色谱对比

研究区延长组萜类化合物图谱基本一致,无法展开油源对比,而甾烷化合物变化较为明显,可作为油源对比的主要依据。本区长8原油规则甾烷C₂₇-C₂₈-C₂₉αααR指纹分布样式与该区长9₁烃源岩规则甾烷C₂₇-C₂₈-C₂₉αααR的偏“V”型和反“L”型最为一致(图8),说明延长组长8原油与长9₁烃源岩相似。

3.4.3 重排藿烷与新藿烷特征对比

长9顶部黑色泥岩与长7油页岩的生物标志化合物分布特征具有明显的差异,即长9顶部黑色泥

岩以重排藿烷丰富、重排甾烷含量较高和正常藿烷含量较低为特征,与长 7 油页岩明显不同(图 4)。

烃源岩和原油中 C_{30} 重排藿烷的相对丰度具有重要的指相意义^[18-20]。

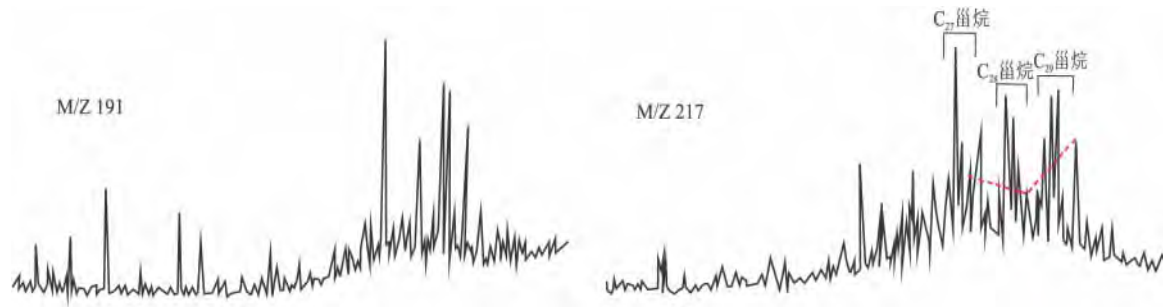


图 8 鄂尔多斯盆地富县地区延长组长 8 原油(中富 4 井) 萜烷、甾烷化合物分布

Fig. 8 Distribution of the terpanes and steranes in the Chang-8 crude oil (ZF-4 well) from the Yanchang Formation in the Fuxian region

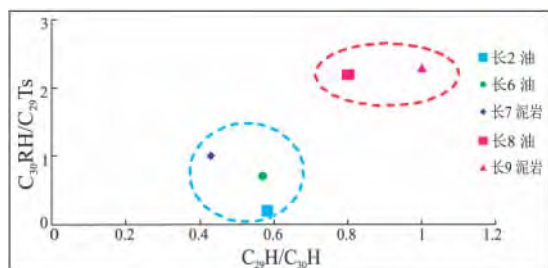


图 9 鄂尔多斯盆地富县地区延长组原油与烃源岩 $C_{29}H/C_{30}H$ 与 $C_{30}RH/C_{29}Ts$ 相关图

Fig. 9 $C_{29}H/C_{30}H$ vs. $C_{30}RH/C_{29}Ts$ plot for the crude oil and source rocks from the Yanchang Formation in the Fuxian region

从研究区延长组原油和烃源岩 C_{30} 重排藿烷($C_{30}RH$)/ C_{29} 新藿烷($C_{29}Ts$)与 C_{29} 藿烷/ C_{30} 藿烷关系(图 9)可以看出,长 2 原油和长 6 原油 $C_{30}RH/C_{29}Ts$ 比值很低(小于 2),与长 7 烃源岩相近,属于还原环境产物;而长 8 原油 $C_{30}RH/C_{29}Ts$ 比值大于 2,与长 9 泥岩相近,属于亚氧化-还原环境产物。区内长 6、长 2 层原油和长 7 烃源岩以 C_{30} 藿烷极为发育为特征,长 8 层原油和长 9 泥岩在 C_{29} 藿烷和 C_{30} 藿烷基本发育相似,且 C_{29} 降藿烷不发育,这与长 7 烃源岩中 C_{29} 降藿烷较发育不一致。该区长 2 层、长 6 层原油主要来自长 7 烃源岩;长 8 层原油主要来自于长 9 烃源岩。

4 结论

(1) 富县地区延长组发育长 7、长 9 两套有效烃源岩,有机质丰度高,其中长 7 有机碳含量平均值为 5.12%,氯仿沥青“A”平均值为 0.485%;长 9 有机碳含量平均为 4.4%,氯仿沥青“A”平均值为 0.26%。有机质类型均主要为 I(腐泥型)~II₁

(腐植-腐泥型)型,烃源岩中 Ts 相对含量高于 Tm ,说明烃源岩的成熟度较高。

(2) 研究区长 7 泥页岩、长 9 顶部泥岩的三环萜烷含量均较低。五环三萜烷中长 7 的 C_{30} 藿烷丰度相对高于 C_{29} 藿烷丰度,长 8 层原油和长 9 泥岩的 C_{29} 藿烷和 C_{30} 藿烷基本发育相似,且 C_{29} 降藿烷不发育,长 7 烃源岩中 C_{29} 降藿烷较发育;规则甾烷 C_{27} — C_{28} — $C_{29}\alpha\alpha\alpha R$ 指纹分布样式上,长 7 烃源岩呈现“L”型,长 9 烃源岩呈现偏“V”型与反“L”型,长 8 原油呈现偏“V”。

(3) 研究区长 8 油层组分为长 8₁与长 8₂两个亚组。长 8₂为主力油层段,长 8₁未见油,且长 8₁底部有分布均匀、厚度 10m 左右的泥岩。从地质角度分析,该区长 8 原油并非来源于长 7 烃源岩。长 8 油层组原油与长 9 泥岩抽提物的地球化学特征表明,长 8 原油与长 9 泥岩具有相似性,表明长 8 原油主要由长 9 烃源岩贡献。

参考文献:

- [1] 张文正,杨华,傅锁堂,等.鄂尔多斯盆地长 9₁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(Supl):33-38.
- [2] 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.
- [3] 赵靖州,白玉彬,刘鹏,等.坪北探区延长组长 8、长 9 石油地质综合研究[R].西安:西安石油大学油气资源学院,2011.
- [4] 郭艳琴,李文厚,陈全红,等.鄂尔多斯盆地安塞-富县地区延长组-延安组原油地球化学特征及油源对比[J].石油与天然气地质,2006,27(2):218-224.
- [5] 罗晓容,张刘平,杨华,等.鄂尔多斯盆地陇东地区长 8₁段低渗油藏成藏过程[J].石油与天然气地质,2010,31(6):770-778.
- [6] 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]. 天然气地球化学, 2011, 22(5): 866–873.
- [7] 田亚铭, 施泽进, 王长城, 等. 鄂尔多斯盆地东南缘延长组成岩作用及储层物性特征[J]. 沉积与特提斯地质, 2009, 29(4): 47–51.
- [8] 张云霞, 陈纯芳, 宋艳波, 等. 鄂尔多斯盆地南部中生界烃源岩特征及油源对比[J]. 石油实验地质, 2012, 34(2): 174–177.
- [9] 陈安定. 陕甘宁盆地中生界生油层特征[A]. 中国含油气盆地烃源岩评价编委会. 中国含油气盆地烃源岩评价[C]. 北京: 石油工业出版社, 1989. 421–437.
- [10] 长庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(长庆油田卷)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992. 198–240.
- [11] 杨华, 张文正. 论鄂尔多斯盆地长7段优质油源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用: 地质地球化学特征[J]. 地球化学, 2005, 34(2): 147–154.
- [12] 张文正, 杨华, 李剑峰, 等. 论鄂尔多斯盆地长7段优质烃源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用—强生排烃特征及机理分析[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(3): 289–293.
- [13] 邹才能, 陶士振, 侯连华, 等. 非常规油气地质[M]. 北京: 地质出版社, 2011.
- [14] 张文正, 杨华, 李善鹏. 鄂尔多斯盆地长9₁湖相优质烃源岩成藏意义[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(5): 557–562, 568.
- [15] 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.
- [16] 尹伟, 郑和荣, 孟闲龙, 等. 准噶尔盆地中部原油地球化学特征[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(4): 461–466, 472.
- [17] 汪立群, 包建平, 马达德, 等. 倍半萜类分布和组成与低熟烃源岩有机质热演化研究[J]. 地球化学, 2005, 34(2): 173–178.
- [18] PETERS K E, MOLDOWAN J M. The biomarker guide: Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments [M]. New Jersey: Prentice Hall, 1993.
- [19] PHILIP R P, GILBERT T D. Biomarker distribution in oils predominantly derived from terrigenous source material [A]. Leythaeuser D, Rullkotter J. Advances in organic geochemistry 1985 [C]. New York: Pergamon Press, 1986. 73–84.
- [20] 赵孟军, 张水昌. 17 α (H)—重排藿烷在塔里木盆地中的指相意义[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(1): 36–38.

Oil-source rock correlation for the Chang-8 oil reservoirs in the Yanchang Formation, Fuxian region, Ordos Basin

CAI Jin¹, WANG Gui-cheng¹, ZHANG Zhen²

(1. School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Petroleum University, Xi'an 710065, Shaanxi, China;
2. Gudao Oil Production Plant, Shengli Oil Field Company, Dongying 257231, Shandong, China)

Abstract: Geochemical correlation of the crude oil and source rocks from the Chang-8 to the Chang-9 oil reservoirs in the Yanchang Formation, Fuxian region, Ordos Basin indicates that there occur the Chang-7 and Chang-9 effective source rocks with higher organic matter abundances. The organic matter in the Chang-7 source rocks belongs to the I-II₁ types, and that in the Chang-9 source rocks belongs to the II₁-II₂ types, both of which have higher Ts contents than Tm contents, suggesting a mature stage of the source rocks. In the Chang-7 source rocks, C₃₀ hopane abundances in pentacycloterpene are larger than C₂₉ hopane abundances and the C₃₀ RH/ C₂₉ Ts ratios < 2, indicating a reduction environment of the Chang-7 source rocks. In the Chang-9 source rocks, a general similarity in C₃₀ hopane abundances and C₂₉ hopane abundances and C₃₀ RH/ C₂₉ Ts ratios > 2 indicates the weak oxidation-weak reduction environments of the Chang-9 source rocks. The saturated hydrocarbons/aromatic hydrocarbons ratios are lower in the Chang-6 source rocks than those in the Chang-8 source rocks, indicating different sources of the crude oil from the Chang-6 and Chang-8 source rocks. As for the biomarkers, the C₂₇-C₂₈-C₂₉ $\alpha\alpha\alpha$ R distribution patterns of regular steranes in the Chang-7 source rocks display the “L” type, those in the Chang-9 source rocks display the “V” or inverse “L” types, and those in the Chang-8 source rocks display the “V” type. The crude oil in the Chang-8 oil reservoirs mainly stemmed from the Chang-9 source rocks in the study area.

Key words: geochemistry of crude oil; oil-source rock correlation; Yanchang Formation; Fuxian region; Ordos Basin