

鄂尔多斯盆地吴起一定边地区 延长组下组合油源对比研究

王香增,任来义,张丽霞,贺永红,杨超,段昕婷

(陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院,西安 710065)

摘要:通过对延长组下部地层组合中的长₇、长₉、长₁₀ 烃源岩及原油地化资料的对比分析认为,长₇ 烃源岩碳优势指数CPI为1.2,长₉和长₁₀为1.09;3套烃源岩中碳奇偶优势比均消失;长₇ 烃源岩中T_s相对含量高于T_m,而长₉和长₁₀ 烃源岩中T_s相对含量低于T_m,说明长₇ 烃源岩的成熟度要高于长₉和长₁₀ 烃源岩成熟度;规则甾烷中其 $\alpha\alpha 20R$ 构型C₂₇、C₂₈和C₂₉甾烷的分布类型上,长₇呈现为“V”和“L”型分布,长₉呈现为近“V”字型和反“L”型分布,长₁₀主体呈反“L”型分布。长₈原油在研究区西部来源于长₇ 烃源岩,在东部及南部既来源于长₇又来源于长₉ 烃源岩;长₉原油在研究区西部来源于长₁₀ 烃源岩,在东部及南部既来源于长₉又来源于长₁₀ 烃源岩;长₁₀原油在研究区南部既来源于长₁₀又来源于长₉ 烃源岩。

关键词:下组合;延长组;烃源岩;油源对比;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE122.1⁺14

文献标识码:A

Oil and source rock correlation of lower assemblage of Yanchang Formation in Wuqi and Dingbian areas, Ordos Basin

Wang Xiangzeng, Ren Laiyi, Zhang Lixia, He Yonghong, Yang Chao, Duan Xinting

(Research Institute of Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710065, China)

Abstract: The geochemical correlation of source rock and crude oil from the lower assemblage (Chang₇, 9, 10, respectively) of the Yanchang Formation has indicated that, the carbon preference index (CPI) of the Chang₇ source rock is 1.2, and that of the Chang₉ and Chang₁₀ source rocks is 1.09. The odd-even predominance (OEP) of carbon disappears in the Chang₇, 9, 10 source rocks. In the Chang₇ source rock, the relative content of T_s is higher than that of T_m, while in the Chang₉ and Chang₁₀ source rocks, the relative content of T_s is lower than that of T_m, indicating for higher maturity of the Chang₇ source rock. The C₂₇, C₂₈, C₂₉ $\alpha\alpha 20R$ regular steranes of the Chang₇ source rock distribute in “V” and “L” shapes, and those of the Chang₉ source rock in nearly “V” and anti-“L” shapes, and those of the Chang₁₀ source rock in anti-“L” shape. Crude oil in the Chang₈ strata mainly originated from the Chang₇ source rock in the west of the study area, and from both the Chang₇ and Chang₉ source rocks in the east and south. Crude oil in the Chang₉ strata mainly originated from the Chang₁₀ source rock in the west of the study area, and from both the Chang₉ and Chang₁₀ source rocks in the east and south. Crude oil in the Chang₁₀ strata originated from both the Chang₁₀ and Chang₉ source rocks in the south.

Key words: lower assemblage; Yanchang Formation; source rock feature; oil and source correlation; Ordos Basin

鄂尔多斯盆地三叠系延长组中上部地层长₂、长₆油层组、侏罗系延安组一直是盆地的主力产油层系,目前对上述浅层含油层系的勘探已到中后期,资源面临枯竭,急需寻求资源接替层系。随着长庆油田在西峰地区发现了延长组下部整装大型油田后,延长油田也加强了下部的勘探,并取得了较好的效果。本着“延长下面找延长”的理念,调

整思路重新认识三叠系延长组地层,认为延长组长₇—长₁₀油组具有油源充足、储层较为致密的特征,是一个挑战与潜力共存的勘探领域。

就目前的认识来看,盆地的烃源岩层主要为长₇和长₉ 2套烃源岩层,烃源条件是制约中生界油气勘探前景的决定因素^[1-7]。近几年,前人对盆地中生界油—岩对比研究做了很多工作,也存在着不

同的认识^[8-12]。本文在前人研究成果的基础上,综合以往和最新的地球化学分析资料,剖析延长探区中部地区延长组下部地层烃源岩、原油地球化学特征,旨在从油源对比方面探讨研究区延长组下部油气来源。

1 延长组“下组合”的界定

延长组下组合地层目前还没有统一的界定。李相博等^[13-14]把长₁—长₆作为延长组上组合,长₇—长₈为延长组中组合,长₉—长₁₀为延长组下组合,也只是为研究上的方便而进行的划分。从沉积构造演化来看,长₁₀—长₈沉积时期为湖盆的发育阶段^[15-16],构造活动并不是很强烈;长₇之后湖盆的面积明显增大,深湖相沉积剧增,构造活动对其影响较大,而长₇段底部发育的凝灰岩就是一个佐证^[15-16]。由此可以将长₇作为一个构造转换界面来划分延长组的构造沉积演化。从勘探早期发现的油层来看,主要分布在长₂和长₆及其延安组,都在长₇之上,也可以作为延长组上下的分界线。但从烃源岩角度来看,长₇烃源岩为一套全区主要的生油岩,为延长组下部地层和上部地层的主要源岩,长₇划分在延长组下部和上部都是合适的。就目前的勘探研究工作而言,延长组下部地层为重点的勘探层位,为了区别于早期勘探的含油层系而把

长₇划到下部地层,把长₇、长₈、长₉、长₁₀地层组统称为“下组合”,这种划分为延长油田延长组下部整体有序的勘探开发奠定了基础。

2 烃源岩地化特征

本文研究区主要在吴起—志丹地区(图1)。对区内200余口钻遇长₇油层组高阻泥岩、长₉油层组顶部暗色泥岩及长₁₀油层组顶部泥岩厚度做了统计,并取样进行了分析(样品分布如图1所示)。

2.1 长₇烃源岩地球化学特征

由分析资料可以看出,长₇烃源岩正构烷烃分布形式为双峰态,主峰碳分别为C₁₇、C₁₉和C₂₉(图2a,b),碳数分布范围介于nC₁₃和nC₃₆之间,碳优势指数CPI为1.2,无奇偶优势比,Pr/Ph值差别较大,C₂₁-/C₂₂+和C₍₂₁₊₂₂₎/C₍₂₈₊₂₉₎这2个参数值与Pr/Ph值具有相似的分布规律,样品中未检出β-胡萝卜素。

C₂₀、C₂₁和C₂₃三环萜烷相对含量较低,含有一定量的C₂₄四环萜烷,但丰度不高(图3a,b);伽马蜡烷含量很低,Ts含量高于Tm含量,Ts/(Ts+Tm)均值为0.76,这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,规则甾烷中其αα20R构型C₂₇、C₂₈和C₂₉甾烷呈“V”和“L”型分布(图4a,b)。

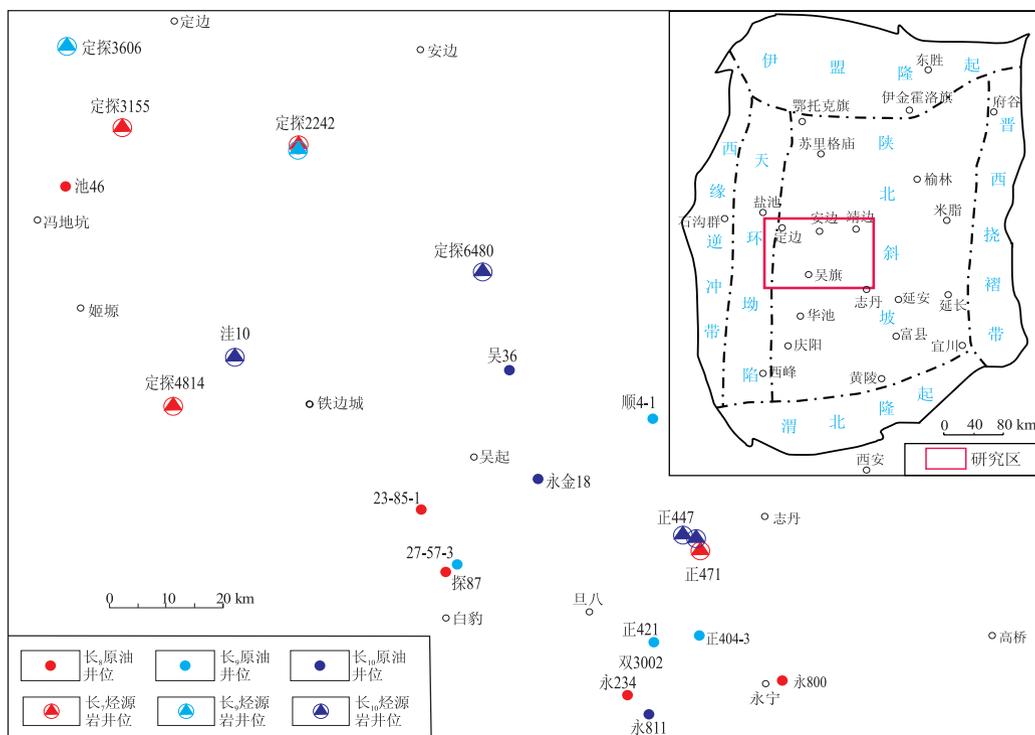


图1 研究区范围及延长组下组合烃源岩样品分布

Fig. 1 Location of study area and source rock sampling of lower assemblage of Yanchang Formation

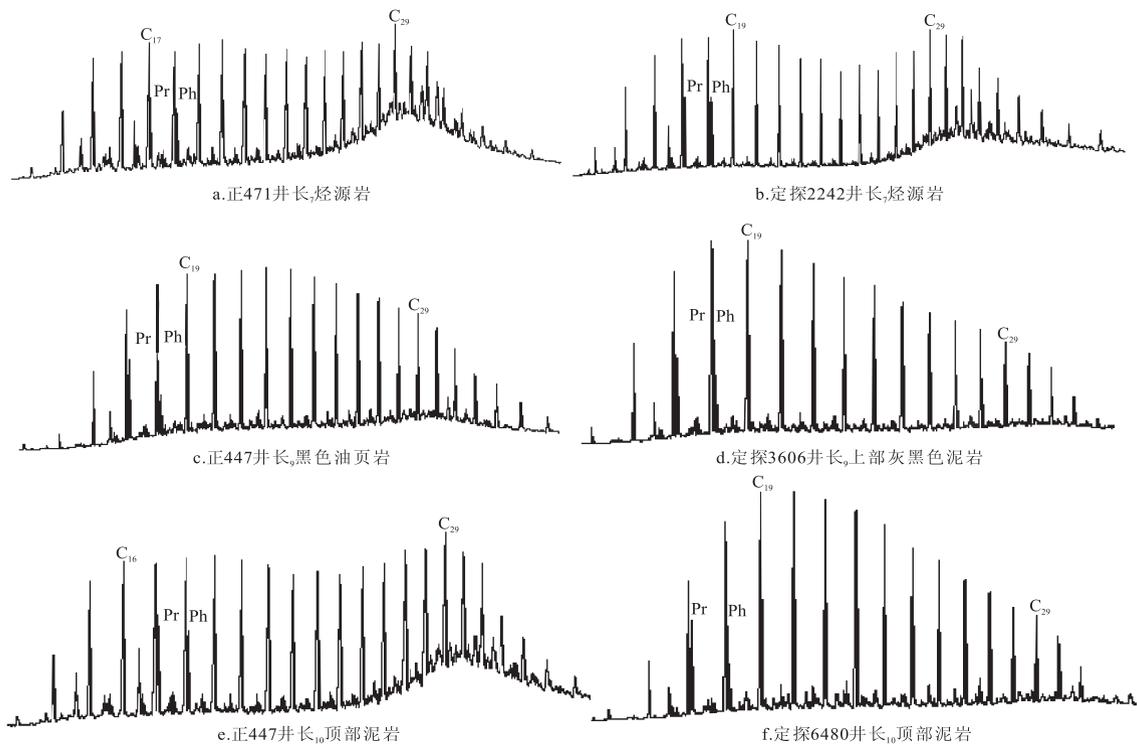


图2 鄂尔多斯盆地吴起一定边地区延长组下组合长₇、长₉、长₁₀ 烃源岩正构烷烃色谱

Fig.2 Chromatogram of *n*-alkanes of Chang₇, 9, 10 source rocks from Yanchang Formation in Wuqi and Dingbian areas, Ordos Basin

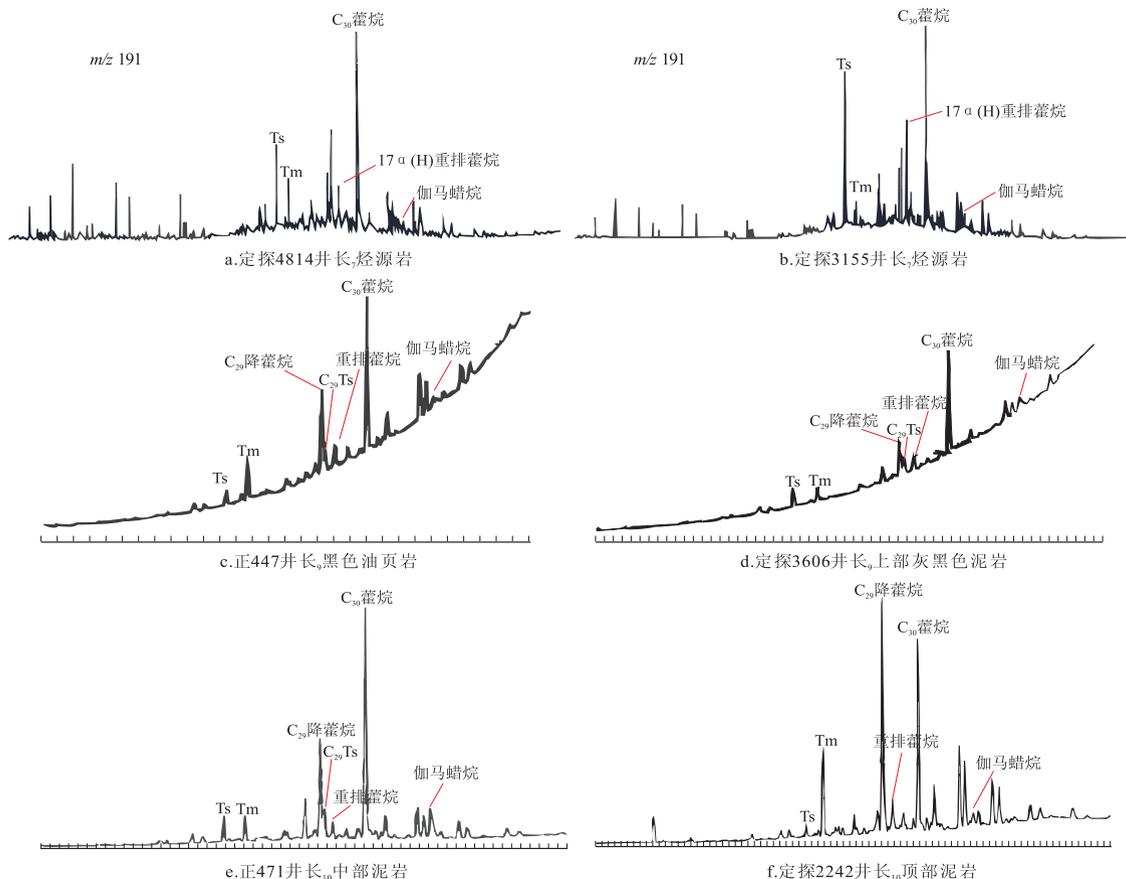


图3 鄂尔多斯盆地吴起一定边地区延长组下组合长₇、长₉、长₁₀ 烃源岩 *m/z* 191 质量色谱

Fig.3 Chromatogram of *m/z* 191 of Chang₇, 9, 10 source rocks from Yanchang Formation in Wuqi and Dingbian areas, Ordos Basin

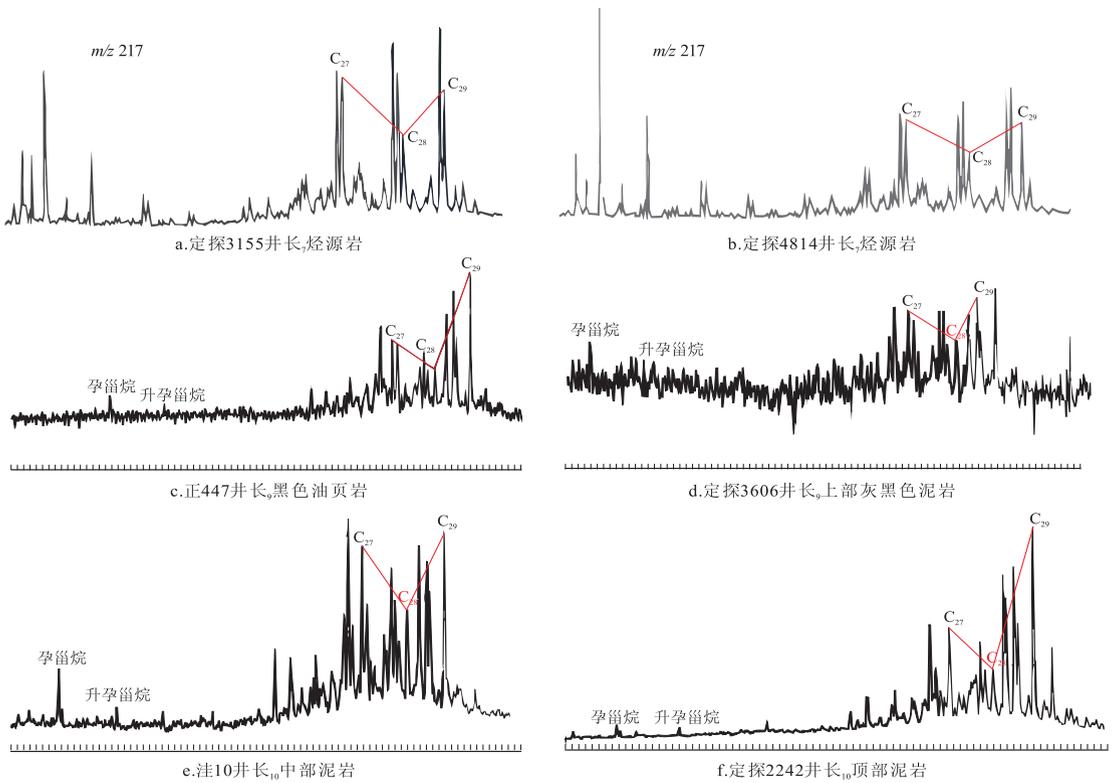


图4 鄂尔多斯盆地吴起一定边地区延长组下组合长₇、长₉、长₁₀ 烃源岩 m/z 217 质量色谱

Fig.4 Chromatogram of m/z 217 of Chang₇, 9, 10 source rocks from Yanchang Formation in Wuqi and Dingbian areas, Ordos Basin

2.2 长₉ 烃源岩地球化学特征

长₉ 烃源岩正构烷烃分布形式包括双峰态和单峰态 2 种类型, 碳数分布范围介于 nC_{13} 和 nC_{35} 之间, 前主峰碳多数为 C_{17} 和 C_{19} (图 2c, d), 后主峰多数为 C_{25} 和 C_{29} , 且前主峰均要高于后主峰, 碳优势指数 CPI 均值为 1.09, OEP 均值为 1.01, 奇偶优势已经消失; Pr/Ph 值有一定差别, 均值为 1.80; C_{21-}/C_{22+} 和 $C_{(21+22)}/C_{(28+29)}$ 这 2 个参数值与 Pr/Ph 值具有相似分布规律, 样品中未检出 β -胡萝卜素。

C_{20} 、 C_{21} 和 C_{23} 三环萜烷相对含量较低, 含有一定的 C_{24} 四环萜烷, 但丰度不高; Ts 相对含量低于 Tm 相对含量或近于相等, $Ts/(Ts+Tm)$ 值基本都小于 0.50, 最小值仅为 0.23, 这表明该层段烃源岩成熟度相对要低; C_{29} 降藿烷相对于 $C_{29}Ts$ 和重排藿烷相对含量明显要高, 含有一定的伽马蜡烷 (图 3c, d)。甾烷化合物中, 孕甾烷和升孕甾烷相对含量较高, 规则甾烷中其 $\alpha\alpha\alpha 20R$ 构型的 C_{27} 、 C_{28} 和 C_{29} 甾烷呈 2 种分布形式, 为近“V”字型和反“L”型分布 (图 4c, d), C_{29} 甾烷 $20S/(20S+20R)$ 比值有一定的差异。

2.3 长₁₀ 烃源岩地球化学特征

长₁₀ 烃源岩正构烷烃分布形式包括双峰态和

单峰态 2 种类型, 碳数分布范围介于 nC_{13} 和 nC_{35} 之间。双峰态其前主峰碳多数为 C_{16} 、 C_{19} 和 C_{20} (图 2e, f), 后主峰多数为 C_{29} , 且前主峰均要高于后主峰; 单峰态正构烷烃其主峰碳数均小于 C_{21} ; 碳优势指数 CPI 均值为 1.09; OEP 均值为 1.04, 奇偶优势已经消失。 Pr/Ph 值有一定差别, 均值为 2.15; C_{21-}/C_{22+} 和 $C_{(21+22)}/C_{(28+29)}$ 这 2 个参数值与 Pr/Ph 值具有相似分布规律, 样品中未检出 β -胡萝卜素。

长₁₀ 烃源岩中 C_{20} 、 C_{21} 和 C_{23} 三环萜烷、 Ts 含量等特征 (图 3e, f) 与长₉ 烃源岩中的特征基本相似。甾烷化合物中, 孕甾烷和升孕甾烷相对含量除定探 2242 井顶部样品相对含量较低外, 其余样品该值均相对较高, 规则甾烷中其 $\alpha\alpha\alpha 20R$ 构型的 C_{27} 、 C_{28} 和 C_{29} 甾烷呈 2 种分布形式, 主体呈反“L”型分布, 个别井呈近“V”字型分布 (图 4e, f)。

3 延长组下组合油源对比

研究区原油中甾烷化合物整体具有较高含量的孕甾烷和升孕甾烷, 规则甾烷中 $\alpha\alpha\alpha 20R$ C_{27} 、 C_{28} 和 C_{29} 从长₈ 到长₁₀ 具有逐渐从“L”型向“V”型再向反“L”型分布过渡的趋势, 说明高等植物的贡献有逐渐增强的趋势, 这种变化与长₇ 到长₁₀ 的烃源岩变化趋势基本一致, 从一个方面反映研究区延长

组下组合原油与对应的延长组下组合源岩具有一定的亲缘关系。

3.1 长₈ 油源对比

3.1.1 正构烷烃分布特征对比

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₇烃源岩亲缘关系最近(图5),与长₉烃源岩次之,说明长₈原油以长₇烃源岩为主力源岩。

3.1.2 甾烷化合物特征对比

研究区延长组下组合原油萜类化合物图谱基本一致,无法开展油源对比,而甾烷化合物变化较为明显,可作为油源对比的主要依据。从长₈段原油抽提物甾烷标志物质量色谱图来看,规则甾烷分布样式分为2类。

第一类为近“V”型偏向“L”型,主要分布在西部定边地区,此类长₈原油规则甾烷中 $\alpha\alpha\alpha 20RC_{27}$ 、 C_{28} 和 C_{29} 分布样式为“V”型、“L”型(图6a),与西部定边地区长₇烃源岩的组合类型非常相似(图4a,b)。这说明在西部定边地区长₈原油来自长₇烃源岩。

第二类为反“L”型,主要分布在南部吴起、志丹地区。此类长₈原油规则甾烷中 $\alpha\alpha\alpha 20RC_{27}$ 、 C_{28} 和 C_{29} 分布样式(图6b)与南部志丹地区长₉烃源岩规则甾烷中 $\alpha\alpha\alpha 20RC_{27}$ 、 C_{28} 和 C_{29} 的反“L”型最为一致(图4c),这说明在南部吴起、志丹地区长₈原油部分来自长₉烃源岩。

3.2 长₉ 油源对比

3.2.1 正构烷烃分布特征对比

将研究区长₉原油分别与长₉、长₁₀烃源岩正构烷烃分布特征进行对比研究(图7a)可知:在南部吴

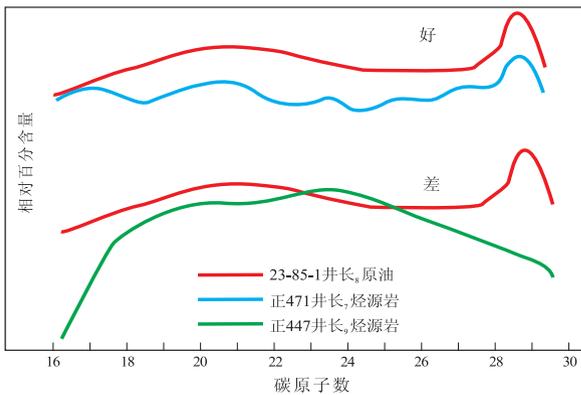


图5 鄂尔多斯盆地吴起一定边地区下组合长₈原油与长₇、长₉烃源岩正构烷烃分布特征对比

Fig.5 Alkane distribution characteristics of Chang8 crude oil and Chang7, Chang9 source rocks from lower assemblage of Yanchang Formation in Wuqi and Dingbian areas, Ordos Basin

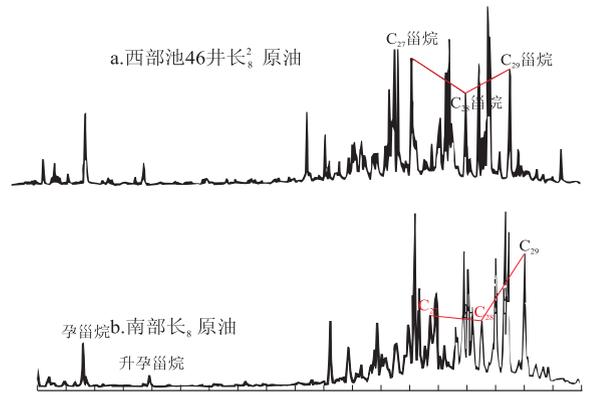


图6 鄂尔多斯盆地吴起一定边地区延长组下组合长₈原油甾烷化合物分布

Fig.6 Sterane compounds of Chang8 crude oil from lower assemblage of Yanchang Formation in Wuqi and Dingbian areas, Ordos Basin

起、志丹地区,长₉原油与长₉烃源岩亲缘关系最近,与长₁₀烃源岩次之,说明长₉原油以长₉烃源岩为主力源岩;在西部定边地区,长₉原油与长₁₀烃源岩亲缘关系较近(图7b),说明西部地区长₉原油来源于长₁₀烃源岩。

3.2.2 甾烷化合物特征对比

从长₉原油抽提物甾烷标志物质量色谱图来看,规则甾烷 $\alpha\alpha\alpha 20RC_{27}$ 、 C_{28} 和 C_{29} 的分布样式基本只有一类,即不对称“V”型偏向反“L”型。

在吴起、志丹地区,长₉原油规则甾烷中 $\alpha\alpha\alpha 20RC_{27}$ 、 C_{28} 和 C_{29} 分布样式与志丹地区长₉烃源岩的反“L”型及吴起南部长₁₀烃源岩的不对称“V”型偏向反“L”型较为一致,这说明长₉段原油与长₉、长₁₀烃源岩均有较好的亲缘关系,此二者均为长₉油组提供油气来源,长₉油组在该区为混源油区。

在西部定边地区,长₉油组规则甾烷中 $\alpha\alpha\alpha 20RC_{27}$ 、 C_{28} 和 C_{29} 分布样式与长₁₀烃源岩最为接近,二者亲缘关系好,此区长₉原油来自长₁₀烃源岩。

3.3 长₁₀ 油源对比

3.3.1 正构烷烃分布特征对比

在吴起、志丹地区,长₁₀原油与长₁₀及长₉烃源岩的亲缘关系均在一定程度上相近(图8),可能更倾向于长₉,需作进一步分析研究。

3.3.2 甾烷化合物特征对比

从志丹地区长₁₀原油样品抽提物甾烷标志物质量色谱图来看,规则甾烷中 $\alpha\alpha\alpha 20RC_{27}$ 、 C_{28} 和 C_{29} 分布样式只有一种类型,即反“L”型,与志丹地区长₉烃源岩的反“L”型、吴起南部地区长₁₀烃源岩的近“V”型偏向反“L”型较为一致,表明长₁₀原油与长₉、长₁₀烃源岩均有较强的亲缘关系。在南部地区,长₉、长₁₀烃源岩均为长₁₀油组提供油气来

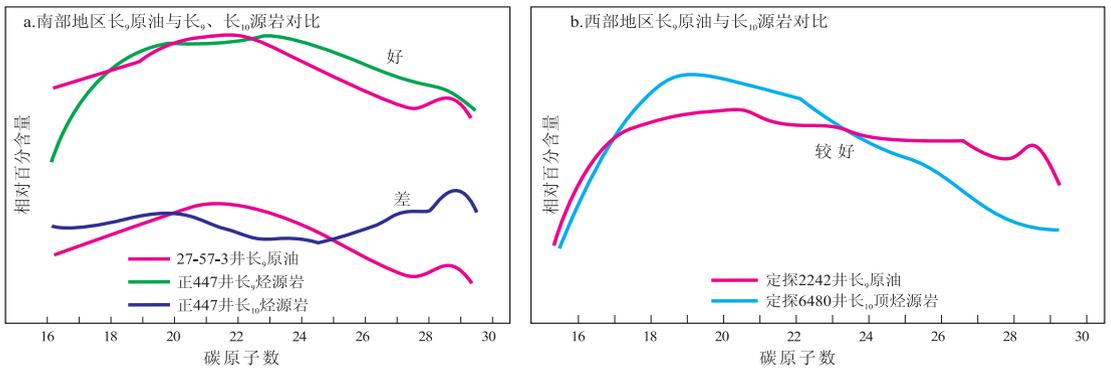


图7 鄂尔多斯盆地吴起一定边地区下组合长₉原油与长₉、长₁₀烃源岩正构烷烃分布特征对比

Fig.7 Alkane distribution characteristics of Chang9 crude oil and Chang9, Chang10 source rocks from lower assemblage of Yanchang Formation in Wuqi and Dingbian areas, Ordos Basin

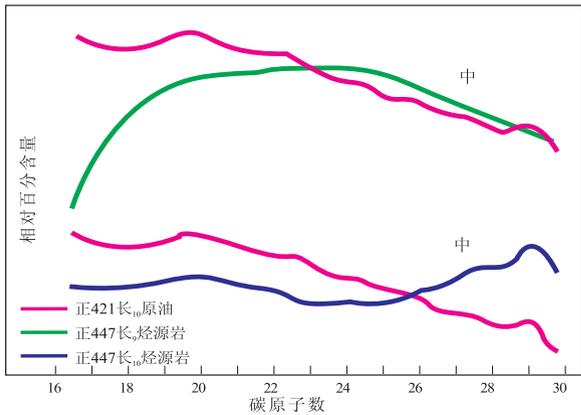


图8 鄂尔多斯盆地吴起一定边地区南部下组合长₁₀原油与长₉、长₁₀烃源岩正构烷烃分布特征对比

Fig.8 Alkane distribution characteristics of Chang10 crude oil and Chang9, Chang10 source rocks from lower assemblage of Yanchang Formation in Wuqi and Dingbian areas, Ordos Basin

源,该地区长₁₀油组为混源油区。

4 结论

1) 烃源岩碳优势指数 CPI 长₇ 为 1.2, 长₉ 和长₁₀ 为 1.09; 3 套烃源岩中碳奇偶优势比消失; 长₇ 烃源岩中 T_s 相对含量高于 T_m , 而长₉ 和长₁₀ 烃源岩中 T_s 相对含量低于 T_m , 说明长₇ 烃源岩的成熟度要高于长₉ 和长₁₀ 烃源岩成熟度; 规则甾烷中其 $\alpha\alpha\alpha 20R$ 构型 C_{27} 、 C_{28} 和 C_{29} 甾烷的分布类型上, 长₇ 呈现为“V”和“L”型分布, 长₉ 呈现为近“V”型和反“L”型分布, 长₁₀ 主体呈反“L”型分布。

2) 长₉ 原油在研究区西部来源于长₇ 烃源岩, 在东部及南部既来源于长₇ 又来源于长₉ 烃源岩, 故在研究区西部为单源区, 在东部及南部地区为混源区; 长₉ 原油在研究区西部来源于长₁₀ 烃源岩, 在东部及南部既来源于长₉ 又来源于长₁₀ 烃源岩, 故在研究区西部为单源区, 在东部及南部地区为混

源油区; 长₁₀ 原油在研究区南部既来源于长₁₀ 又来源于长₉ 烃源岩, 为混源区。

参考文献:

- [1] 陈安定. 陕甘宁盆地中生界生油层特征 [C]//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. 北京:石油工业出版社, 1989:421-437.
- [2] 陈建平, 黄第藩. 鄂尔多斯盆地东南缘煤侏罗系原油油源 [J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 100-104.
- [3] 张文正, 笱川莉. 烃源岩残留沥青中正构烷烃分子的碳同位素研究 [J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 212-215.
- [4] 张文正, 关德师. 液态烃分子系列碳同位素地球化学 [M]. 北京:石油工业出版社, 1997:132-142.
- [5] 罗霞, 李剑, 胡国艺, 等. 鄂尔多斯盆地侏罗系煤生、排油能力实验及其形成煤成油可能性探讨 [J]. 石油实验地质, 2003, 25(1): 76-80.
- [6] 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): 173-177.
- [7] 时保宏, 张艳, 张雷, 等. 鄂尔多斯盆地延长组长₇ 致密储层流体包裹体特征与成藏期次 [J]. 石油实验地质, 2012, 34(6): 599-603.
- [8] 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.
- [9] 张文正, 杨华, 李善鹏. 鄂尔多斯盆地长₈ 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.
- [10] 杨华, 张文正, 蔺宏斌, 等. 鄂尔多斯盆地陕北地区长₁₀ 油源及成藏条件分析 [J]. 地球化学, 2010, 39(3): 274-279.
- [11] 李士祥, 刘显阳, 惠潇, 等. 陕北地区延长组长₁₀ 油层组油源对比研究 [J]. 低渗透油气田, 2010, 15(1/2): 1-7.
- [12] 郑荣才, 牛小兵, 梁晓伟, 等. 鄂尔多斯盆地姬塬油田延长组原油性质与来源分析 [J]. 地球科学与环境学报, 2011, 33(2): 142-145.
- [13] 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.
- [14] 王香增, 高胜利, 张丽霞, 等. 延长油田延长组下部油藏与构造的耦合作用及勘探方向 [J]. 石油实验地质, 2012, 34(5): 459-465.
- [15] 邓秀芹, 蔺萌晓, 刘显阳, 等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组沉积演化及其与早印支运动关系的探讨 [J]. 古地理学报, 2008, 10(2): 159-166.
- [16] 刘化清, 李相博, 颜颜容, 等. 鄂尔多斯盆地长₈ 油层组古地理环境与沉积特征 [J]. 沉积学报, 2011, 29(6): 1086-1095.