

文章编号: 0253-9985(2005)04-0487-07

潍北凹陷孔店组烃源岩评价及油源分析

宋一涛, 廖永胜, 王 忠

(中国石化胜利油田地质科学研究院, 山东东营 257015)

摘要: 潍北凹陷孔店组二段既有好、较好、较差烃源岩, 也发育有机质富集层烃源岩 (又称为优质烃源岩)。有机质富集层烃源岩沉积环境为亚热带型湿热古气候条件下的滨浅湖相淡-微咸水沉积, 古生物以被子、裸子植物孢粉组合为主, 含有介形类及少量藻类化石, 干酪根类型为 III_1 、 III_2 及 III_3 型, 岩性为碳质泥岩及深灰色泥岩, 有机碳含量大于 4.5%, 氯仿沥青“*A*”含量大于 0.17%。依据原油的物理性质将潍北凹陷原油分为稠油、中密度油和低密度油, 根据原油的生物标志物特征又可将本区原油分为低熟油和成熟油。大部分低熟油样品具有高 *Pr/Ph* 比值, 低伽马蜡烷/*C*₃₀ 藿烷比值及高 *C*₂₉ 甾烷含量的特征。稠油及大部分中密度油属于低熟油, 油源对比表明主要来源于孔店组二段有机质富集层烃源岩。部分中密度油及低密度油属于成熟油, 其油源与低熟油相同。

关键词: 有机质富集层; 低熟油; 成熟油; 油源对比; 潍北凹陷

中图分类号: TE112.1 文献标识码: A

Evaluation of source rocks in Kongdian Formation and analysis of oil sources in Weibei sag

Song Y itao, Lao Yongsheng, Wang Zhong

(Research Institute of Geological Science, Shengli Oilfield Co. Ltd., SINOPEC, Dongying, Shandong)

Abstract Source rocks of various qualities including very good (with rich organic matters), good, relatively good and relatively poor source rocks are developed in the 2nd member of Kongdian Fm in Weibei sag. The source rocks with rich organic matters were deposited in fresh-brackish water of coastal shallow lake under humid subtropical palaeoclimate. Fossils are mainly sporopollen assemblage of angiosperm and gymnosperm, and there are also ostracoda and a few algae. The kerogens are of types III_1 , III_2 and III_3 and the lithologies are carbonaceous mudstone and dark grey mudstone, with *TOC* over 4.5% and chloroform bitumen “*A*” over 0.17%. Crude oils in Weibei sag can be classified as heavy oil, medium density oil and low density oil according to their physical properties, and they can also be classified as low mature oil and mature oil according to the characteristics of biomarkers. Most of the low mature oil samples have high pristane/phytane ratio, low gammacerane/*C*₃₀ hopane ratio and high *C*₂₉ sterane content. The heavy oil and most of the medium-density oil are of low mature oil, and oil-to-source correlation show that they have been sourced mainly by the source rocks in the 2nd member of Kongdian Fm with rich organic matters. Low density oil and some medium density oil are of mature oil, and they have the same oil source as that of low mature oil.

Key words organic-rich layer; low mature oil; mature oil; oil-to-source correlation; Weibei sag

近年来在油气的成烃、成藏机理研究中, 石油地质及地球化学家已注意到有机质含量丰富的优质烃源岩对湖相沉积盆地油气的形成起重要作用

用^[1-3]。优质烃源岩又称为有机质富集层烃源岩, 石油勘探实践表明, 我国渤海湾盆地许多大、中型油气田的形成与湖盆中有机质富集层烃源岩

基金项目: 中国石油化工股份有限公司重点科技攻关项目 (200198)

第一作者简介: 宋一涛, 女, 60岁, 高级工程师, 油气地球化学

收稿日期: 2005-08-03

的发育有关^[4~12], 因此在对湖相沉积盆地烃源岩进行生烃评价时, 不仅要考虑烃源岩是否具备生烃条件, 更重要的是盆地中是否存在有机质富集层烃源岩。在以往对湖相烃源岩的研究中, 对以高等植物为主要生源的淡—微咸水湖相优质烃源岩或有机质富集层烃源岩研究较少。

1 样品及地质背景

潍北凹陷是昌潍拗陷的一个次级陆相断陷凹陷, 面积约 880 km², 位于沂沭断裂带内。凹陷的北部、西部与潍北凸起相邻, 南至潍县凸起, 东与鲁东隆起相接 (图 1)。潍北凹陷是以第三系沉积为主的箕状凹陷, 第三系自下而上为孔店组 (Ek)、沙河街组四段 (缺失沙河街组三段~一段)、馆陶组及明化镇组。孔店组可分为三段, 孔店组二段 (以下简称孔二段) 为本区主要烃源岩层, 厚 100~700 m, 下部主要是灰色泥岩、深灰色泥岩夹粉砂岩、含砾砂岩及碳质泥岩。上部岩性为灰色、深灰色泥岩与砂岩、钙质粉砂岩呈不等厚互层, 中间夹有碳质泥岩、油页岩及煤层。本次研究中, 于孔二段采集烃源岩样品 20 个, 埋深 1 230~3 002 m, 岩性为深灰色泥岩、碳质泥岩、灰色泥岩等。20 个原油样品采集于孔店组三段—孔店组一段, 埋深 850~3 541 m。对所采集的烃源岩及原油样品进行了有关地球化学分析。

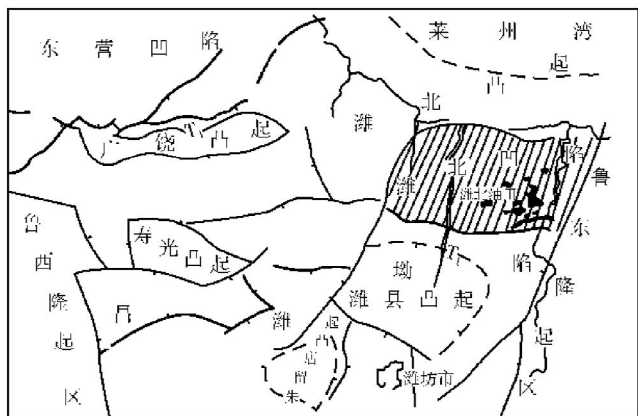


图 1 潍北凹陷区域位置图

Fig. 1 Regional location map of WeiBei sag

2 烃源岩特征

2.1 生物组合及沉积环境

对烃源岩样品的古生物鉴定表明, 孔二段下

部含孢粉及少量藻类化石, 其组合特征为: (16)被子植物居多, 裸子植物次之, 蕨类植物约占 15%; 被子植物以温带具孔类榆科、桦科植物居多, 约占 50%, 还发现古老的被子植物花粉; 20.裸子植物以沼生类型破隙杉粉较多, 蕨类植物以沼生的水龙骨科单缝孢属较为常见; (8)淡水盘星藻属经常出现。孔二段上部的孢粉组合特征与下部相似, 但又有差异, 如被子植物中具孔类虽然仍占优势, 但含量下降, 栎粉属则有所增加。此外孔二段上部的淡水介形类生物化石比下部增多, 如鉴定出介形类的五图真星介、潍县湖花介、中华扁卷螺、沼泽拟星介等, 轮藻为常见藻类化石。孔二段的孢粉组合特征反映了古气候的特点是热湿, 属于亚热带型。孔二段的某些碳质泥岩的沼泽拟星介化石可指示淡水湖沼相, 而中华卷扁螺、潍县湖花介等介形类与轮藻、盘星藻的古生物组合则指示了水质较淡的滨浅湖相沉积环境^[9]。

2.2 有机质类型与丰度

对 20 个烃源岩样品进行了干酪根显微组分分析, 除 1 个样品的干酪根类型为 iv 型外, 其余样品的干酪根类型均为 Ⅲ₁ Ⅲ₂ 及 Ⅲ₁ 型, 并以 Ⅲ₂ 型和 Ⅲ₁ 型居多。

根据黄第藩、王铁冠等建立的陆相烃源岩有机质丰度的分级评价标准^[1,2], 20 个烃源岩样品的有机质丰度差别较大, 评价结果为较差烃源岩样品 10 个、较好烃源岩的样品 5 个、好烃源岩样品 5 个。好烃源岩的岩性为深灰色碳质泥岩、泥岩等。较差烃源岩样品的有机碳含量小于 0.77%, 氯仿沥青“A”含量小于 0.065%, 对本区油气的生成贡献较小 (表 1)。好烃源岩样品的有机碳含量为 0.86%~15.90%, 氯仿沥青“A”含量为 0.129 0%~0.429 8%。已有的研究表明^[4~12], 有机质富集层烃源岩的有机质丰度比一般好烃源岩要高得多。笔者对济阳拗陷下第三系沙河街组 400 多个湖相烃源岩样品的有机碳含量、氯仿沥青“A”含量及总烃转化率等参数进行了相关分析, 提出了有机质富集层烃源岩的有机质丰度分级评价标准 (表 2)*, 有机质富集层烃源岩的有机碳含量大于或等于 2.0%, 氯仿沥青“A”含量大于或等于 0.15%。根据表 1 的评价标准, 本区烃源岩 2 3 5 和 6 号样品为有机质

* 宋一涛, 吴庆余, 周文. 胜利油田生物成烃机理及低熟油成因分析. 中国石化胜利油田重点科技攻关成果, 1998

富集层烃源岩, 岩性为碳质泥岩及深灰色泥岩, 单层厚度最厚可达 4 m, 累计厚度数十米。有机质富集层样品的干酪根类型为 Ⅳ、Ⅲ₂ 及 Ⅲ₁ 型, 有机碳含量为 4.58% ~ 15.90%, 氯仿沥青“A”含量为 0.174 1% ~ 0.429 0%。总烃含量为 0.97~ 2.41 mg/g 均达到有机质富集层烃源岩的标准, 而总烃转化率由于受有机质成熟演化的影响, 只有 5 和 6 号样品达到有机质富集层烃源岩标准, 埋藏较浅的 2 号和 3 号样品只达到好烃源岩标准, 但由于 2 号和 3 号样品的有机碳、氯仿沥青“A”含量特别高, 因此仍可评价为有机质富集层烃源岩。综上所述, 本区有机质富集层烃源岩的有机质丰度与济阳拗陷沙河街组有机质富集层烃源岩相近, 但有机质类型及生源构成差别很大^[4-5], 反映了孔店组与沙河街组有机质富集层烃源岩形成的沉积环境及生物发育的差异。

表 1 淮北凹陷孔店组烃源岩有机质丰度标准评价

Table 1 Standard evaluation of abundances of organic matters in Kongdian Fm source rocks in Weibei sag

编号	井名	井深 /m	岩性	干酪根类型	有机碳 /%	氯仿沥青“A” /%	总烃 / (mg·g ⁻¹)	总烃转化率 / (mg·g ⁻¹)	R _o /%	综合评价结果
1	昌 29	1 265.00	灰色泥岩	Ⅲ ₂	1.51	0.017 2	0.07	4.6		较好烃源岩
2	昌 25	1 314.00	深灰碳质泥岩	Ⅳ	15.80	0.259 3	1.10	6.9	0.40	好有机质富集层
3	昌 3-1	1 760.41	褐色碳质泥岩	Ⅲ ₂	15.90	0.395 1	1.78	11.2	0.40	好有机质富集层
4	昌 3-1	1 836.20	褐色泥岩	Ⅲ ₁	1.52	0.076 8	0.31	22.5		较好烃源岩
5	昌 52	2 115.00	深灰色泥岩	Ⅲ ₁	4.58	0.174 1	0.97	21.1		较好有机质富集层
6	昌 52	2 124.00	深灰色泥岩	Ⅲ ₁	9.99	0.429 8	2.41	24.1		好有机质富集层
7	昌 52	2 278.00	深灰色泥岩	Ⅲ ₂	2.20	0.083 1	0.45	20.1	0.50	较好烃源岩
8	昌 64	2 443.25	黑灰色泥岩	Ⅲ ₁	1.10	0.071 5	0.40	36.4	0.51	较好烃源岩
9	昌 13	2 655.00	深灰色泥岩	Ⅲ ₂	0.86	0.129 0	0.40	46.6	0.52	好烃源岩
10	昌 51	3 002.00	深灰色泥岩	Ⅳ	0.95	0.085 0	0.48	50.6	0.59	较好烃源岩
11	昌 19	1 370.00	灰色泥岩	Ⅲ ₂	0.40	0.031 8	0.36	36.3		较差烃源岩
12	昌 19	1 620.00	灰色泥岩	Ⅳ	0.61	0.019 7	0.05	7.6		较差烃源岩
13	昌 23	1 611.00	灰色泥岩	Ⅲ ₂	0.77	0.011 6	0.04	5.2		较差烃源岩
14	昌 19	1 691.00	灰色泥岩	Ⅳ	0.76	0.011 9	0.05	6.8		较差烃源岩
15	昌 19	1 740.00	灰色泥岩	Ⅲ ₂	0.71	0.013 9	0.06	8.4		较差烃源岩
16	昌 5	2 225.00	灰色泥岩	Ⅲ ₂	0.47	0.046 5	0.07	15.2		较差烃源岩
17	昌 10	2 343.00	灰色泥岩	Ⅳ	0.47	0.062 4	0.08	17.9		较差烃源岩
18	昌 14	2 490.50	灰色泥岩	iv	0.46	0.065 1	0.12	56.8		较差烃源岩
19	昌 9	2 592.00	灰色泥岩	Ⅲ ₂	0.47	0.030 8	0.09	19.6		较差烃源岩
20	昌 9	2 725.00	灰色泥岩	Ⅲ ₂	0.59	0.018 2	0.05	9.1		较差烃源岩

注: 表中空格为无资料

表 2 淮北凹陷孔店组烃源岩有机质丰度评价标准

Table 2 Evaluation criteria of abundances of organic matters in Kongdian Fm source rocks

有机质富集层级别	有机质丰度参数			
	有机碳 /%	氯仿沥青“A” /%	总烃 / (mg·g ⁻¹)	总烃转化率 / (mg·g ⁻¹)
好有机质富集层	> 3.0	> 0.30	> 1.50	> 40.0
较好有机质富集层	3.0~ 2.0	0.30~ 0.15	1.50~ 0.50	40.0~ 20.0
好烃源岩	< 2.0~ 1.0	< 0.15~ 0.10	< 0.50	< 20.0

2.3 生物标志物

2.3.1 正构烷烃与类异戊二烯烷烃

Ⅳ型及 Ⅲ₂ 型干酪根烃源岩样品的正构烷烃主峰碳为 nC₂₇, nC₂₉, nC₂₅, Pr/Ph 比值高, 为 1.46~ 3.37。Ⅲ₁ 型干酪根样品的主峰碳为 nC₂₅, nC₁₇, nC₂₉, nC₂₇, Pr/Ph 比值略低, 为 0.85~ 1.40。由上

可以看出 Ⅳ型及 Ⅲ₂ 干酪根烃源岩中有较多的高等植物生源输入。烃源岩样品的奇偶优势 (OEP) 值随埋深增加呈降低趋势, 在 1 314 m 处奇偶优势 (OEP) 值达 3.48 至 3 002 m OEP 值降低为 1.07, 反映了烃源岩有机质由低成熟逐渐演化为成熟烃源岩。

2.3.2 甾、萜类化合物

烃源岩样品可检测出 $C_{27} \sim C_{29}$ 规则甾烷, 部分埋藏浅于 2 200 m 的样品还可检测出甾烯及 $5\beta(H)$ -粪甾烷。 $C_{27} \sim C_{29}$ 甾烷的组成特征与生烃母质有关, $\textcircled{2}$ 型及 $\textcircled{2}_2$ 型干酪根烃源岩样品中 C_{29} 甾烷占明显优势(图 2), 昌 25 井有机质富集层烃源岩样品的 $C_{29} \alpha\alpha\alpha(20R)$ 甾烷相对含量可高达 57.5%, 丰富的 C_{29} 甾烷主要来源于高等植物。在 $\textcircled{2}_1$ 型干酪根烃源岩样品中, 以 C_{27} 甾烷与 C_{29} 甾烷含量接近或 C_{27} 甾烷略占优势为特征, 呈“V”形分布。烃源岩样品均可检测出 $C_{28} \sim C_{30}$ 4-甲基甾烷, 其中, $\textcircled{2}_1$ 型干酪根烃源岩中含量较为丰富, 4-甲基甾烷主要来源于藻类和细菌。

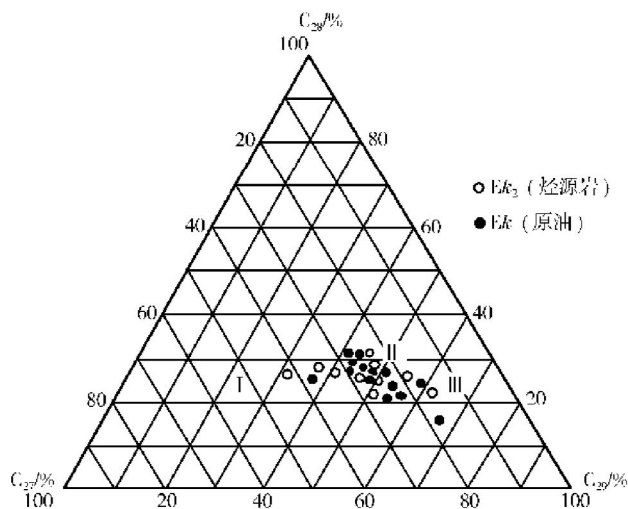


图 2 烃源岩及低熟油的 $\alpha\alpha\alpha(20R)$ 甾烷组成
Fig. 2 $\alpha\alpha\alpha(20R)$ sterane components of low mature oil and source rocks

烃源岩样品检测出的倍半萜烷主要有 $C_{14} \sim C_{16}$ 补身烷系列, 在 $\textcircled{2}$ 型、 $\textcircled{2}_2$ 型干酪根烃源岩样品中还可检测出桉叶油烷。补身烷系列化合物主要来源于细菌和藻类。检测出的二萜烷有松香烷、降海松烷等, 是高等植物树脂类生源化合物^[10]。三萜烷为常见的 $C_{19} \sim C_{26}$ 三环二萜烷系列, 五环三萜烷主要有 C_{27} , $C_{29} \sim C_{35}$ 藿烷系列及奥利烷、伽马蜡烷等化合物, 浅层样品还可检测出 $17\beta(H)$ -三降藿烷和 $\beta\beta$ -藿烷系列。烃源岩样品中伽马蜡烷含量虽然较低, 但变化较大, 伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷比值为 0.15~0.40 其中 7 个样品的伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷比值小于 0.30 Pr/Ph 比值大于 1.5 因此烃源岩样品的沉积环境应属于淡-微咸水。

3 原油的地化特征

3.1 物理性质

原油的密度、粘度及含硫量等物理性质, 与生烃母质、成烃环境、成熟度及次生作用密切相关。本区原油样品的密度为 0.786 3~0.945 1 g/cm^3 , 随埋藏深度加深, 原油密度变轻。根据原油的密度可将本区原油分为稠油、中密度油及低密度油(表 3)。1 个样品的密度为 0.945 1 g/cm^3 , 属于稠油。稠油样品埋深 850.00~857.40 m, 较高的密度、粘度及含硫量可能与原油遭受过生物降解有关。16 个样品为中密度油, 3 个样品为低密度油。中密度油样品的埋深在 871.00~3 000.00 m, 具低含硫、低粘度及高含蜡的特征, 主要与淡-微咸水环境及较多的高等植物生源输入有关。低密度原油样品的埋深为 2 990.0~3 541.0 m, 较低的密度、粘度和含硫量可能与生烃母质及成熟度有关。

表 3 原油的物理性质参数

Table 3 Physical property parameters of crude oil

原油类型	样品块数	密度 / $(g \cdot cm^{-3})$	粘度 / $(mPa \cdot s)$	凝固点 / $^{\circ}C$	含硫量 / %
稠油	1	0.945 1	1 055.0	28	0.49
中密度油	16	0.810 6~ 0.864 7 (0.842 6)	5.08~ 61.5 (25.9)	30~42 (36)	0.03~ 0.29 (0.13)
低密度油	3	0.786 3~ 0.802 4 (0.792 3)	3.10~ 5.17 (4.0)	24~33 (29)	0.01~ 0.13 (0.05)

注: (0.842 6) 为平均值

3.2 生物标志物

3.2.1 正构烷烃及类异戊二烯烷烃

稠油样品的正构烷烃部分损失, 但仍可检测出 $iC_{15} \sim iC_{21}$ 类异戊二烯烷烃, 样品的 Pr/Ph 比值为 3.2 具有高 Pr/Ph 比值特征。16 个中密度油样品的正构烷烃主峰碳为 nC_{27} , nC_{29} , nC_{25} , nC_{23} , nC_{19} 和 nC_{17} 等。有意义的是 6 个埋深为 780~1 700 m 的中密度油样品具有完整的正构烷烃分布, 说明未遭受生物降解或次生氧化作用。所有中密度油样品的 Pr/Ph 值都很高, 比值范围为 2.6~5.0 奇偶优势(OEP)值范围在 1.05~1.20 说明原油的成熟度不高。3 个低密度油样品的正构烷烃主峰碳为 nC_{15} , nC_{17} , Pr/Ph 比值仍然很高, 为 3.8~

4.6 奇偶优势(OEP)值小于1.0由此可见低密度油样品的成熟度明显高于前两类油。

3.2.2 甾、萜类

根据原油的 $C_{27} \sim C_{29}$ 甾烷($20S$)/($20R + 20S$)和 $\alpha\beta\beta$ ($\alpha\alpha\alpha + \alpha\beta\beta$)两项异构化参数及 $5\beta(H)$ (-粪甾烷丰度可以对原油成熟度进行判别。我国学者^[4]通常将两项 C_{29} 甾烷异构化参数值在0.20~0.40的原油判别为低熟油,20个原油样品的两项 C_{29} 甾烷异构化参数值范围在0.20~0.65,因此本区存在低成熟及成熟原油。1个稠油样品和12个中密度油样品属于低熟油,4个中密度油及3个低密度油样品属于成熟油。

原油样品的 $C_{27} \sim C_{29}$ $\alpha\alpha\alpha$ ($20R$)甾烷组成特征与 ②③ 及 ④ 型干酪根烃源岩相同,大部分样品以 C_{29} 甾烷占优势(图2-3),少数样品的 $C_{27} \sim C_{29}$ 甾烷分布呈“V”形。在原油样品中均可检测出 $C_{28} \sim C_{30}$ 4-甲基甾烷,但在低熟油中含量较丰富,随成熟度的增加,4-甲基甾烷含量减少。

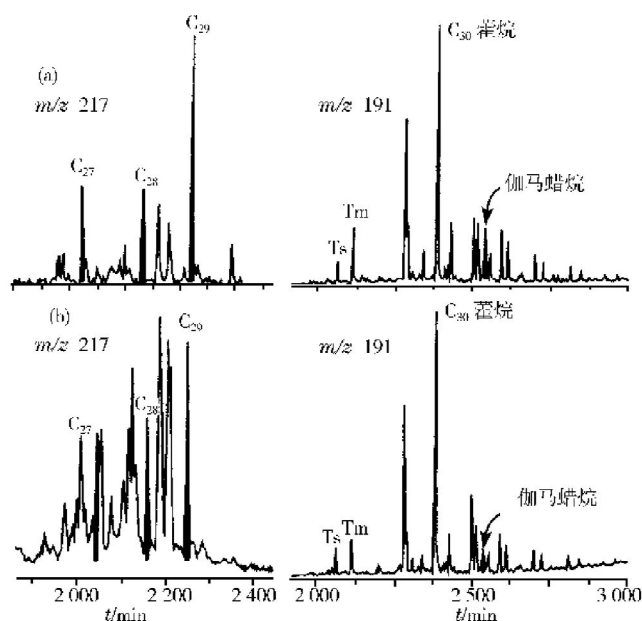


图3 低熟油的甾烷、萜烷类生物标志物特征图

(a) 昌62井, E_{k_1} 175 990~1 766.00 m
(b) 昌36井, E_{k_2} 2 009 55~2 001.95 m

Fig. 3 Features of sterane and terpane biomarkers in low-mature oil

低熟油样品可检测出 $C_{14} \sim C_{16}$ 补身烷系列、桉叶油烷等倍半萜烷,还有松香烷、降海松烷等二萜烷,这说明原油的生源中可能有高等植物、藻类、细菌等输入。低熟油样品的五环三萜烷组成特征

也与烃源岩大致相同,检测出 C_{27} , $C_{29} \sim C_{35}$ 藿烷系列,奥利烷含量低,伽马蜡烷含量较低,而且变化较大(图3 m/z 191),伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷比值范围为0.08~0.38,说明伽马蜡烷含量不同的烃源岩对低熟油的生成均有贡献。在成熟油样品中主要检测出 $C_{14} \sim C_{16}$ 补身烷系列,倍半萜烷及二萜烷类化合物含量低,奥利烷及伽马蜡烷含量也很低,伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷 <0.25 。成熟油与低熟油样品萜烷类化合物组成特征的差异可能主要受有机质成熟演化作用的影响。

3.2.3 芳烃类

原油样品的芳烃馏分色谱-质谱分析结果表明,低熟油样品芳烃馏分中烷基苯系列、萘系列及菲系列化合物较丰富。在 m/z 106的烷基甲苯系列中1-甲基-3-植烷基苯含量很低,具有淡-微咸水环境烷基甲苯的分布特征,而与济阳凹陷八面河油田沙河街组四段半咸-咸水低熟油的烷基甲苯分布特征完全不同(图4)。低熟油样品含氧芳烃脱

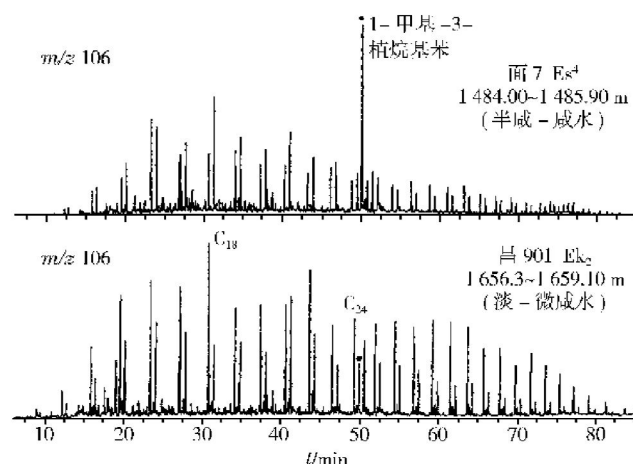


图4 低熟油的烷基甲苯 m/z 质量色谱图

Fig. 4 m/z mass chromatograms of alkyl toluene in low-mature oil

羟基维生素E的分布型式为 α 远大于 δ 型(图5), α/δ 值越高,反映沉积时期水介质盐度越低^[11],因此脱羟基维生素E所指示的沉积环境与1-甲基-3-植烷基苯相同。低熟油样品还可检测出蒽烯、芳构化脱A三萜烷等化合物。这些芳烃类化合物也指示了高等植物生源的输入。低熟油样品中含硫芳烃为微量或未检出。成熟油样品的芳烃类化合物特征与低熟油有所不同,脱羟基维生素E及芳构化脱A三萜烷类化合物含量很低或

未检出,芳烃馏分主要成分为萘系列、菲系列和烷基苯系列化合物。成熟油与低熟油样品芳烃类化合物特征的差异反映了成熟度的差别。

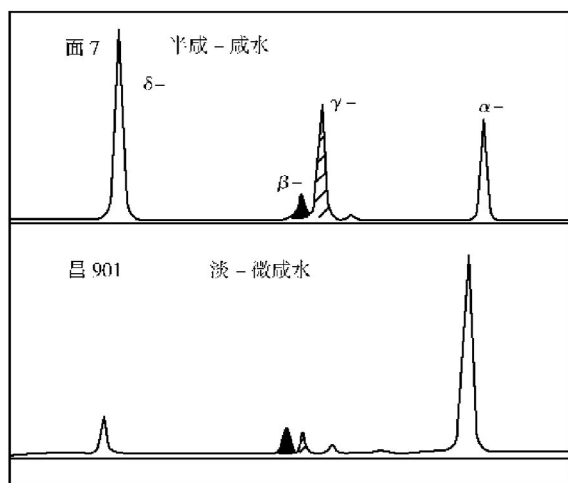


图 5 低熟油的脱羟基维生素 E 分布特征

Fig. 5 Distribution feature of dehydroxyl tocopherol in low mature oil

4 油源分析

对原油饱和烃和芳烃的馏分生物标志物的研究表明,低熟油的沉积环境为淡-微咸水。大部分低熟油样品的生物标志物特征与孔二段④型及⑤型干酪根烃源岩相同,这类原油主要来源于孔二段④型及⑤型干酪根烃源岩。部分低熟油样品的生物标志物特征与孔二段⑥型干酪根烃源岩相似,因此这类低熟油可能来源于⑥型干酪根烃源岩,也可能是几种不同类型干酪根烃源岩形成的混源油。由于孔二段发育有④⑤及⑥型有机质富集层烃源岩,而且烃源岩评价结果表明,有机质富集层烃源岩的有机质比好烃源岩及较好烃源岩丰富,因此低熟油主要来源于孔二段有机质富集层烃源岩。对昌 25 井 2 号样品有机质富集层烃源岩作了生烃热模拟试验^[16],证实有机质富集层烃源岩对低熟油形成有重要贡献。热模拟样品达到生油高峰时热解油产率是未模拟样品的 13.6 倍,热解烃产率高达 170 mg/g。达生油高峰时热解油的 C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha(20S)/(20R+20S)$ 、 $\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$ 比值分别为 0.32 和 0.29。甾烷系列中 17 $\alpha(H)$ -22,29,30 三降甾烷(Tm)及 17 $\beta(H)$ -三降甾烷较丰富,而且热解油的 Pr/Ph 比值为 2.8。 C_{27} $\alpha\alpha\alpha(20R)$ 甾烷相对含量为 50%,伽马蜡烷/ C_{30} 甾烷比值为 0.25,可见生油高峰的

热解油甾、萜类生物标志物具有低熟油的特征。低熟油大量生成阶段对应烃源岩埋深为 2 000~3 000 m, R_o 为 0.42%~0.60%。由于潍北凹陷地质构造复杂而且断层发育,在孔二段中部还发育有多个砂岩体,早期生成的油气既可能沿斜坡作侧向运移,也可能直接运移并聚集于孔二段砂岩体中,因此形成的低熟油藏多分布于凹陷边缘及南部和东部斜坡带。

成熟油包括 4 个中密度油及 3 个低密度油样品。4 个中密度油样品的主要生物标志特征与低熟油基本相同,只是成熟度不同,因此这类成熟油的油源也主要是孔二段④⑤及⑥型干酪根烃源岩。3 个低密度油样品的甾、萜类生物标志物特征与低熟油差别较大,但与中密度成熟油生物标志物特征接近,因此低密度油的油源与中密度成熟油相同,只是其对应的烃源岩埋深要大于中密度油。成熟油通常分布于凹陷中部,埋深为 2 990.00~3 541.00 m。

参 考 文 献

- 王铁冠,钟宁宁,侯读杰,等.低熟油形成机理与分布[M].北京:石油工业出版社,1995:84~91.
Wang Tieguan, Zhong Ningning, Hou Dujie, et al. Genetic mechanism and distribution of immature oil and gas[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995: 84~91.
- 黄第藩,张大江,王培荣,等.中国未成熟石油成因机制和成藏条件[M].北京:石油工业出版社,2003:12~62.
Huang Difan, Zhang Dajiang, Wang Peirong, et al. Genetic mechanism and accumulation condition of immature oil in China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003: 12~62.
- 李丕龙.陆相断陷盆地油气地质与勘探(卷三)[M].北京:石油工业出版社,地质出版社,2003:11~24.
Li Pilon. Petroleum geology and exploration of continental fault basin(Volume ③)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press Geological Publishing House, 2003: 11~24.
- 宋一涛,李树青,李素娟.孤东油田含颗石藻生油岩的地化特征及生油机理探讨[A].见:胜利石油管理局地质科学研究院编.陆相石油地质论文集[C].北京:石油工业出版社,1994:14~21.
Song Yitao, Li Shuqing, Li Sujuan. Geochemical characteristics and petroleum generation mechanism of source rock containing Coccolithophorids in Gudong oilfield[A]. In: Geological Research Institute of Shengli Oilfield ed. Selected research papers on oil geology of terrestrial facies[C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994: 14~21.
- 张林晔,孔祥星,张春荣,等.济阳坳陷下第三系优质烃源岩的发育及意义[J].地球化学,2003,32(1):35~42.
Zhang Linye, Kong Xiangxing, Zhang Chunrong, et al. Develop-

- ment and significance of the high-quality source rocks from Lower Tertiary in Jiyang depression [J]. *Geochimica* 2003, 32(1): 35–42
- 6 林松辉, 王华, 张桂霞, 等. 东营凹陷西部潜山油气藏特征 [J]. *石油与天然气地质*, 2000, 21(4): 360–363
Lin Songhui, Wang Hua, Zhang Guixia, et al. Hydrocarbon pool features of buried hill in western part of Dongying depression [J]. *Oil & Gas Geology*, 2000, 21(4): 360–363
 - 7 蒋有录, 刘华, 张乐, 等. 东营凹陷油气成藏期分析 [J]. *石油与天然气地质*, 2003, 24(3): 215–218
Jiang Youlu, Liu Hua, Zhang Le, et al. Analysis of hydrocarbon accumulation time in Dongying sag [J]. *Oil & Gas Geology*, 2003, 24(3): 215–218
 - 8 王永诗, 金强, 朱光有, 等. 济阳拗陷沙河街组有效烃源岩特征与评价 [J]. *石油勘探与开发*, 2003, 30(3): 53–55
Wang Yongshi, Jin Qiang, Zhu Guangyou, et al. Characterization of effective source rocks in Shahejie Formation of Jiyang depression [J]. *Petroleum Exploration & Development*, 2003, 30(3): 53–55
 - 9 周荔青. 中国陆相含油气盆地斜坡区大中型岩性油气田形成条件 [J]. *石油与天然气地质*, 2003, 24(4): 362–366
Zhou Liqing. Forming factors of large and medium lithologic fields in the slope area of continental petroliferous basins in China [J]. *Oil & Gas Geology*, 2003, 24(4): 362–366
 - 10 朱光有, 金强, 周建林, 等. 济阳拗陷胜坨油田原油物性及其成因探讨 [J]. *石油与天然气地质*, 2004, 25(1): 9–13
Zhu Guangyou, Jin Qiang, Zhou Jianlin, et al. Physical properties and genesis of oil in Shenguo oilfield in Jiyang depression [J]. *Oil & Gas Geology*, 2004, 25(1): 9–13
 - 11 刘华, 蒋有录, 杨万琴, 等. 东营凹陷中央隆起带油-源特征分析 [J]. *石油与天然气地质*, 2004, 25(1): 39–43
Liu Hua, Jiang Youlu, Yang Wangan, et al. An analysis of oil-source characteristics of central uplift belt in Dongying depression [J]. *Oil & Gas Geology*, 2004, 25(1): 39–43
 - 12 朱光有, 金强, 戴金星, 等. 东营凹陷油气成藏期次及其分布规律研究 [J]. *石油与天然气地质*, 2004, 25(2): 209–215
Zhu Guangyou, Jin Qiang, Dai Jinxing, et al. A study on periods of hydrocarbon accumulation and distribution pattern of oil and gas pools in Dongying depression [J]. *Oil & Gas Geology*, 2004, 25(2): 209–215
 - 13 李丕龙. 陆相断陷盆地油气地质与勘探 (卷二) [M]. 北京: 石油工业出版社, 地质出版社, 2003, 19–23
Li Pilon. *Petroleum geology and exploration of continental fault basin (Volume 2)* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, Geological Publishing House, 2003, 19–23
 - 14 王铁冠. 生物标志物地球化学研究 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990, 12–24
Wang Tieguan. *Geochemical studies of biomarkers* [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1990, 12–24
 - 15 Sinnighe Damste JS, Dalen A C, de Leeuw JW, et al. The identification of mono-, di- and trimethyl-2-methyl-2-(4,8,12-trimethyltridecyl) chromanes and their occurrence in the geosphere [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1997, (51): 2393–2400
 - 16 王新洲, 宋一涛, 王学军. 石油成因与排油物理模拟 [M]. 东营: 石油大学出版社, 1996, 58–66
Wang Xinzhou, Song Yitao, Wang Xuejun. *Physical simulation of petroleum genesis and hydrocarbon expulsion* [M]. Dongying: Petroleum University Press, 1996, 58–66

(编辑: 李树森)

第五届全国石油地质实验技术学术交流会在牡丹江举行

2005年8月7日~10日,第五届全国石油地质实验技术交流会在北国名城牡丹江市举行。来自中国石油、中国石化、中国海油、中国科学院、高等院校等近30个科研院所的170多名代表参加会议,戴金星院士、黄第藩教授、梁狄刚教授等应邀出席会议。大会由中国石油学会石油地质专业委员会、中国石油学会科技装备专业委员会主办,中国地质学会石油地质专业委员会协办、中国石油勘探开发研究院石油地质实验中心和大庆油田有限责任公司勘探开发研究院承办。会议共收到学术论文130多篇,大会报告21篇,分会交流60余篇,涉及石油实验地质理论、技术、方法和实验管理等方面。会议就有机地球化学、油气成藏、沉积储层、油气开发、地层古生物和模拟实验等实验技术及其应用;新仪器设备介绍、实验室管理经验和地质实验方法标准化建立等进行了深入交流与热烈讨论。经大会学术委员会提议,全体代表讨论,大会通过了倡议。一方面希望三大国家油田公司和科研院所的领导和决策部门,更进一步重视和支持石油地质实验学科的发展,充分发挥其在油气勘探中的重要作用。同时号召从事石油地质实验的工作者们紧密结合生产、狠抓质量、规范管理、发挥优势,确保安全、建立团队,为我国石油地层古生物、油气地球化学、沉积储层、油气成藏与提高油气采收率等重大技术领域取得重大突破,多出创新成果。大会主席团确定,在2008年适当的时候由中国石油新疆油田分公司的塔里木油田分公司共同承办(暂定在乌鲁木齐举行)第六届全国石油地质实验技术学术交流会。

(刘文汇供稿)