

文章编号: 1000-0550(2008)03-0531-09

溱潼凹陷红庄油田凝析油的油源及成藏期^①

杨永才¹ 陆黄生² 张枝焕¹ 方朝合³ 刘 军⁴ 王月杰⁵ 胡 瑛¹

(1. 中国石油大学油气资源与探测国家重点实验室 北京 102249 2. 南京大学地球科学系 江苏南京 210093
3. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院 河北廊坊 065007; 4. 胜利油田地质科学研究所 山东东营 257015
5. 中国海洋石油有限公司天津分公司技术部 天津塘沽 300452)

摘 要 根据原油和烃源岩中三芳甾烷及甲基三芳甾烷组成特征, 结合稳定碳同位素值, 分析了苏北盆地溱潼凹陷红庄油田古近系凝析油的油源特征。结果表明, 红庄油田凝析油主要来源于溱潼凹陷深部烃源岩, 而非来自于古近系烃源岩。应用储层岩石流体包裹体测试技术, 根据油气包裹体特征及盐水包裹体均一化温度, 结合地层埋藏史, 分析了红庄油田 S245 井戴一段砂岩储层流体成藏期次。研究表明, 与烃类包裹体共生的盐水包裹体均一化温度分布范围主要介于 80~110°C, 油气充注时期为新近纪中新世晚期, 开始充注的时间大约为 6 Ma

关键词 三芳甾烷 稳定碳同位素 油—源对比 成藏期 溱潼凹陷 苏北盆地

第一作者简介 杨永才 男 1978 年出生 在读博士生 石油地球化学 E-mail yangyc2003@126.com

中图分类号 P593 **TE 122.1** **文献标识码** A

芳构化甾烷主要是由浮游藻类的甾醇、甾酮、甾酸生物类脂物在成岩作用早期去官能团芳构化而成的。三芳甾烷通常被认为是单芳甾烷在地层深度受热后芳构化产物^[1], 具有甾烷碳骨架特征, 来源于海相疑源类(未确定种属的光合浮游藻类), 其祖先是作为古生代海洋原始生产力的沟鞭藻^[2]。三芳甾烷在油气勘探中主要作为热成熟度指标^[1, 3~12], 也可反映母源输入^[13, 14]、分析有机质沉积环境^[8, 9, 15]以及进行油—源对比^[16]。

油气成藏期是石油地质学研究的重点之一, 成藏期是油气流体运移、聚集、成藏的时限。在油气成藏研究方法上, 以前主要从生、储、盖、运、聚、保各项参数有效配置关系, 并结合构造演化史、圈闭形成史与烃源岩生排烃史来推测油气藏形成时间, 常用的四个方法分别是根据烃源岩主生油期、圈闭形成期、地层区域倾斜发生时间、油藏饱和压力来分析油气藏形成期^[17~19]。中国许多含油气盆地, 特别是叠合含油气盆地具有多套烃源层、多个烃源区、多期油气生成、多个油气系统控油、多期油气成藏, 同时又遭受多期破坏的特点, 仅从上述间接推断的方法常难以准确认识油气藏形成期次和演化史, 缺乏指示油气成藏期的有力证据^[20]。油气成藏是历史的动态过程, 储层成岩矿物及其中流体包裹体直接记录了沉积盆地油气成

藏条件和过程^[21~25], 通过这些成藏化石记录研究可确定油气成藏的时限, 并用于重塑油气藏形成与演化史^[26~28]。近年来流体包裹体已经成为油气成藏期研究的重要手段, 比如根据流体包裹体均一化温度分布, 结合构造演化史与地层埋藏史, 李慧莉等^[29]研究了塔里木盆地克拉 2 气田克拉 201 井储层油气成藏期次, 李伟等^[30]确定了沁水盆地石炭—二叠系煤层气的充注期次。

1 研究区地质概况

溱潼凹陷是苏北盆地东台坳陷中部的一个负向三级构造单元, 位于东台坳陷区吴堡低凸起与泰州凸起之间, 整体呈北东东向展布(图 1)。具有南超北断、南陡北缓、南深北浅的典型箕状凹陷的特征。自南向北划分为断阶带、深凹带、斜坡带三个构造带。

溱潼凹陷自下而上可分为白垩系浦口组(K₂p)和赤山组(K₂c)古近系泰州组^②一段(E_t)、二段(E_t)、阜宁组一段(E_f)、二段(E_f)、三段(E_f)、四段(E_f)、戴南组一段(E_d)、二段(E_d)、三垛组一段(E_s)、二段(E_s)、新近系盐城组一段(N_y)、二段(N_y)及第四系东台组(Qd), 最大厚度约 5 800 m 烃源岩主要为泰州组、阜二段、阜四段泥岩, 油层则包括泰州组、阜一段、阜三段、戴一段、戴二段、垛一段、

① 国家自然科学基金项目(批准号: 40172056)资助

② 本文根据中石化华东分公司的分层方案划归为古近系, 另一种方案将泰州组划归为上白垩统。

收稿日期: 2007-07-02 收修稿日期: 2007-09-06

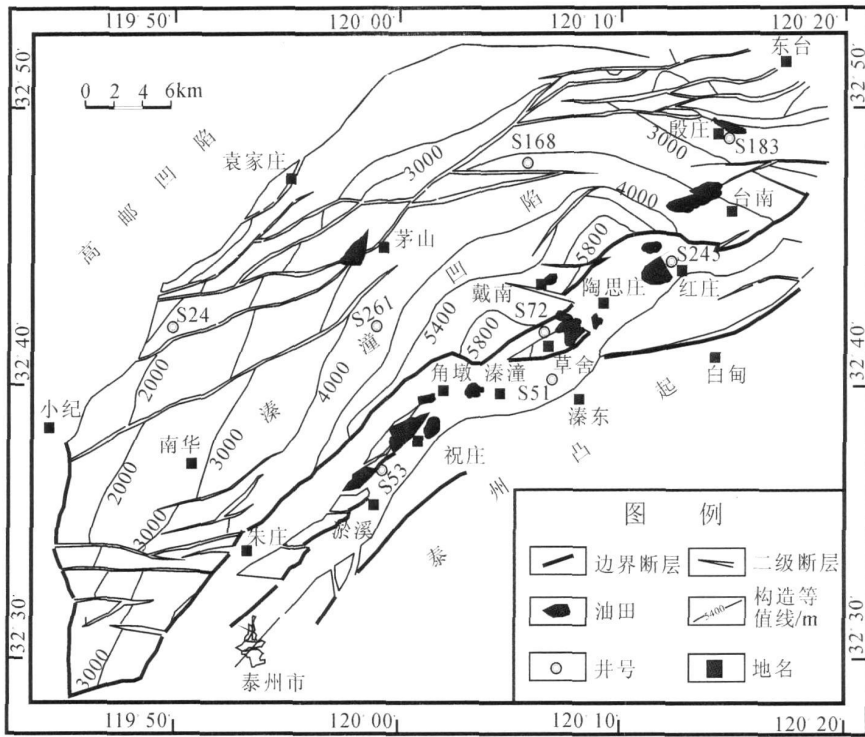


图 1 苏北盆地溱潼凹陷区域构造图

Fig 1 Regional structure of Qintong Sag North Jiangsu Basin

垛二段砂岩。

红庄构造带位于苏北盆地溱潼凹陷断层带东段 I 号断层上盘,处于时堰深凹与小凡庄次凹之间的构造高带上,是在 I 号断层断面隆起背景上,由同生断层的牵引形成的断鼻,其南侧紧靠 I 号断层。由于红庄构造西侧紧邻供烃能力强的时堰次凹和小凡庄次凹,油源丰富,油气运移条件良好。该含油构造戴南组分布有 CO_2 气层,并伴生有凝析油气,其上下部均分布有正常原油。已有 S203、S245 井等多口井见油气显示。S203 井为红庄构造上的一口探井,已在戴南组和三垛组发现油气层,并在戴一段 (E_2^d) 和垛一段 (E_2^s) 发现含凝析油的 CO_2 气层。S245 井位于红庄构造阜三段 3 号断块的高部位,在阜三段砂岩中见良好油气显示,在戴一段发现了含凝析油气的 CO_2 气层。

2 凝析油芳香甾烷及稳定碳同位素组成特征

2.1 三芳甾烷

溱潼凹陷红庄油田古近系凝析油中 C_{20} ~ C_{22} 三芳甾烷、 C_{21} 甲基三芳甾烷、 C_{22} 甲基三芳甾烷的含量均较高,而 C_{26} ~ C_{28} 三芳甾烷、 C_{27} ~ C_{29} 甲基三芳甾烷的含量均较低(图 2a)。 C_{26} 三芳甾烷的丰度较低,

C_{28} 三芳甾烷的丰度较高(图 2a)。

凝析油的三芳甾烷 $C_{26} 20S/C_{28} 20S$ 高达 1.44。三芳甾烷 $(C_{20} + C_{21}) / (C_{20} + C_{21} + C_{26} + C_{27} + C_{28})$ 比值较高,为 0.45。三芳甾烷 $(C_{20} + C_{21}) / (C_{26} + C_{27} + C_{28})$ 较高,介于 0.82。三芳甾烷 $C_{20} / (C_{20} + C_{28} 20R)$ 介于 0.76。三芳甾烷 $C_{20} / (C_{20} + C_{28} 20S + C_{28} 20R)$ 介于 0.66。 C_{28} 三芳甾烷 $20S / (20S + 20R)$ 介于 0.34,表明其处于高成熟阶段。

红庄油田凝析油的三芳甾烷特征与其它油田的原油存在明显的差别(图 2)。溱潼凹陷其它油田正常原油中 C_{20} ~ C_{22} 三芳甾烷、 C_{21} 甲基三芳甾烷、 C_{22} 甲基三芳甾烷的含量均较低,而 C_{26} ~ C_{28} 三芳甾烷、 C_{27} ~ C_{29} 甲基三芳甾烷的含量均较高(图 2b)。 C_{26} ~三芳甾烷的相对丰度均明显低于 C_{28} 三芳甾烷(图 2b)。 $C_{26} 20S/C_{28} 20S$ 主要介于 0.27~0.70,表明原油生烃母质形成于微咸水、半咸水及咸水湖相沉积环境。三芳甾烷 $(C_{20} + C_{21}) / (C_{20} + C_{21} + C_{26} + C_{27} + C_{28})$ 较低,介于 0.02~0.24。三芳甾烷 $(C_{20} + C_{21}) / (C_{26} + C_{27} + C_{28})$ 较高,介于 0.02~0.31。三芳甾烷 $C_{20} / (C_{20} + C_{28} 20R)$ 介于 0.06~0.46。三芳甾烷 $C_{20} / (C_{20} + C_{28} 20S + C_{28} 20R)$ 介于 0.03~0.28。 C_{28} 三芳甾烷 $20S / (20S + 20R)$ 介于 0.37~0.56,表明其处

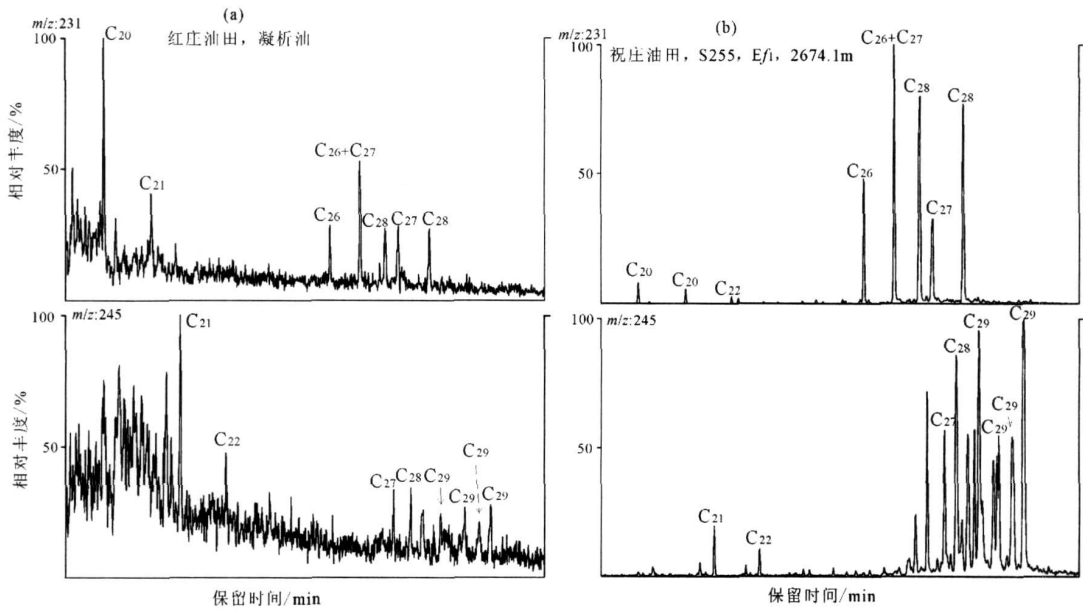


图 2 红庄油田凝析油与溱潼凹陷其它油田正常原油三芳甾烷质量色谱图对比 (m/z 231, 245)

Fig 2 Mass chromatograms of m/z 231 and 245 showing the distributions of Triaromatic Steranes between the condensates in Hongzhuang Oilfield and the crude oils in the other fields Qintong Sag

于低熟—成熟阶段。目前, 溱潼凹陷所发现的部分原油显示出低熟油特征^[29]。

烃源岩中三芳甾烷和甲基三芳甾烷丰度较高, 检测出的三芳甾烷有 C_{20} 、 C_{21} 、 $C_{26} \sim C_{28}$ 。甲基三芳甾烷有 C_{21} 、 C_{22} 、 $C_{27} \sim C_{29}$ 。 C_{26} 三芳甾烷的丰度较 C_{28} 三芳甾烷低 (图 2a), 三芳甾烷 $C_{26} 20S/C_{28} 20S$ 主要介于

0 ~ 0.75。三芳甾烷 $(C_{20} + C_{21}) / (C_{20} + C_{21} + C_{26} + C_{27} + C_{28})$ 较高, 主要介于 0.02 ~ 0.94。三芳甾烷 $(C_{20} + C_{21}) / (C_{26} + C_{27} + C_{28})$ 比值较低, 介于 0.02 ~ 14.9。三芳甾烷 $C_{20} / (C_{20} + C_{28} 20R)$ 比值 0.06 ~ 1.0。其特征与红庄油田凝析油亦存在较大的差异 (图 2a 3)。

红庄油田凝析油与溱潼凹陷正常原油在成熟度

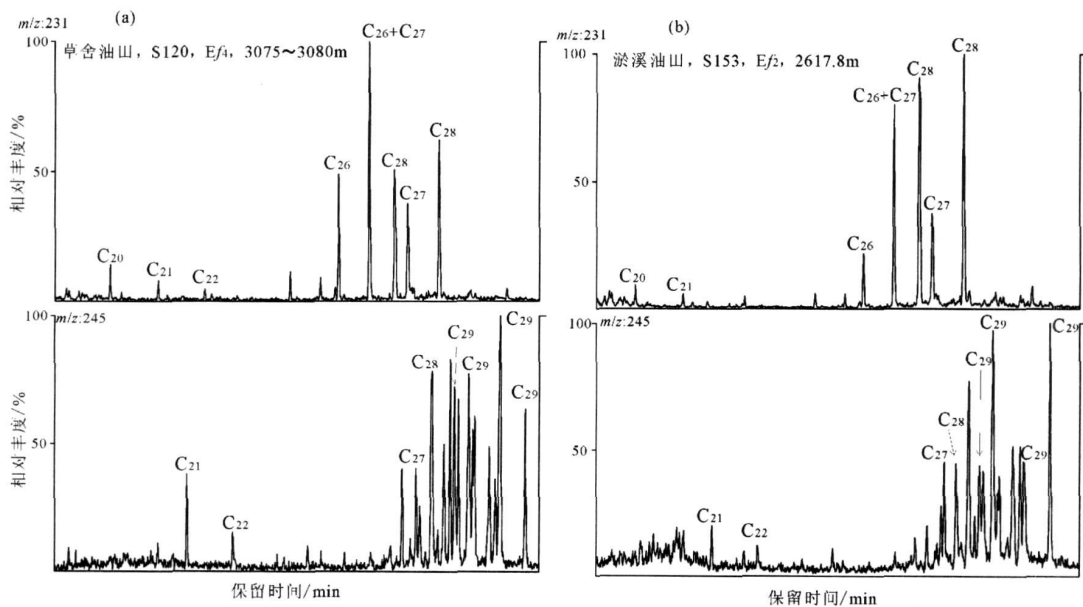


图 3 溱潼凹陷部分烃源岩三芳甾烷质量色谱图 (m/z 231, 245)

Fig 3 Mass chromatograms of m/z 231 and 245 showing the distributions of Triaromatic Steranes in source rocks in Qintong Sag

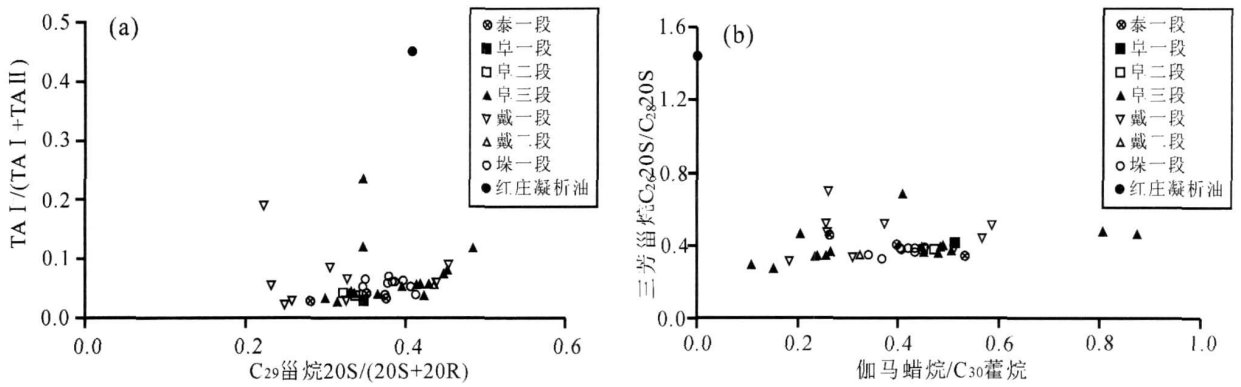


图 4 漆潼凹陷原油分子标志物参数相关图

TAI / (TAI + TAI I) : 三芳甾烷 (C₂₀ + C₂₁) / (C₂₀ + C₂₁ + C₂₆ + C₂₇ + C₂₈)

Fig 4 The cross-plots of molecular parameters for crude oils in Qintong Sag

和沉积环境均亦存在很大的差异(图 4)。这均表明红庄油田凝析油与漆潼凹陷原油不具有成因联系,不是来源于漆潼凹陷古近系烃源岩。

2.2 碳同位素特征

稳定碳同位素组成和分子标志物已被用于鉴别油气的成因以及进行油—油对比和油—源对比^[13 14 32 33]。红庄油田凝析油饱和烃、芳烃、非烃的碳同位素值均较重,与漆潼凹陷正常原油、烃源岩干酪根的碳同位素值均存在显著的差别(图 5),同样表明红庄油田凝析油与漆潼凹陷原油不具有成因联系,

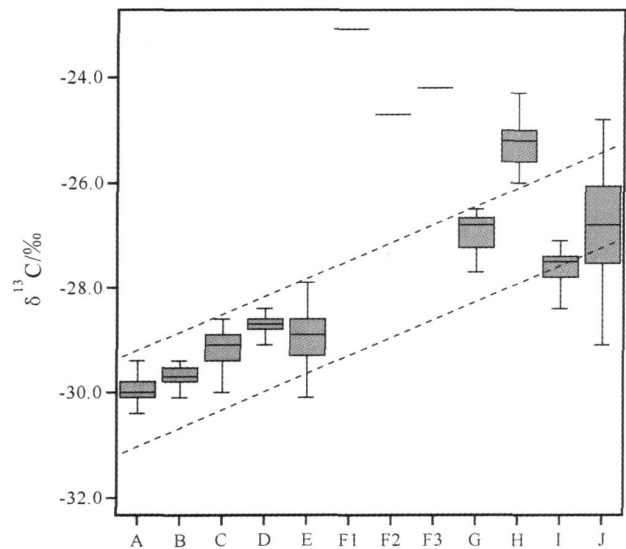


图 5 漆潼凹陷原油族组分—干酪根稳定碳同位素值对比图

A. 原油饱和烃; B. 全油; C. 原油芳烃; D. 原油非烃; E. 原油沥青质; F1 红庄凝析油饱和烃; F2 红庄凝析油芳烃; F3 红庄凝析油非烃; G 泰一段干酪根; H. 阜三段干酪根; I. 阜四段干酪根; J. 阜二段干酪根

Fig 5 The correlation plots of the oil fractions

不是来自于漆潼凹陷古近系烃源岩。

红庄油田凝析油与 CO₂相伴生,主要来源于漆潼凹陷深部烃源岩生成的油气^[34],并可能混入了部分古近系阜三段烃源岩生成的油气。由于深部 CO₂气体向上运移过程中,经过前第三系烃源岩或储层时,对烃源岩中的沥青或原先存在于储层中原油发生“气洗”(超临界萃取)作用,导致原油或储层沥青中低分子量烃类化合物选择性地溶解在 CO₂中,并随 CO₂气体向上运移进入古近系储层。当溶解在 CO₂中的天然气向上部运移过程中,由于地层的温度、压力的降低,造成溶解于 CO₂中的烃类化合物析出形成了高蜡凝析油。

3 凝析油成藏期次分析

3.1 烃源岩生烃史分析

烃源岩在地质历史的不同时期的生排烃量对油气的运移和聚集成藏具有重要作用。烃源岩中油气生成并排出的主要时期,是油气藏形成时间的下限^[18 19]。研究区不同层段烃源岩的生烃时限有一定差别,其中阜二段烃源岩从戴南组沉积期开始生油,阜四段烃源岩从三垛组沉积期开始生油,其生油高峰期均分布在新近纪(图 6)。

3.2 流体包裹体特征与均一化温度

流体包裹体是指在矿物结晶生长时,被捕获并且封存在矿物晶格的缺陷或裂隙内的部分成矿液体^[35],是地质流体的化石记录。在沉积盆地中,由于地质流体的流动对成岩矿物的结晶有很强的控制作用^[36],因此矿物将优先在流体流动带结晶,油气运移过程中特别是油气充注圈闭过程中,矿物周围的地层

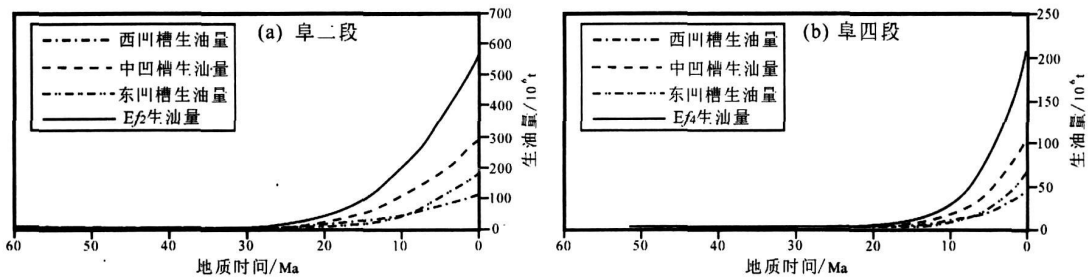


图 6 溱潼凹陷烃源岩不同时期的生烃量曲线

Fig 6 The curve for hydrocarbon generation quantity of source rocks in different periods in Qintong Sag

水、油、气等流体以包裹体的形式被捕获, 往往形成于碳酸盐岩和碎屑岩中的方解石脉、石英脉、石英次生加大边、石英颗粒裂缝愈合处或与其同期形成的萤石、硬石膏等自生矿物中^[37]。这些流体包裹体记录了盆地油气生成、运移和演化的信息^[26~28, 38]。

按照成岩序列, 硅质胶结物和石英次生加大边是储层成岩作用早期形成的, 石英愈合裂缝是成岩作用后期形成的。根据成岩矿物序次可确定流体包裹体的期次。对红庄油田 S245 井戴一段砂岩储层样品中的流体包裹体进行了显微镜观察和描述, 鉴别出液烃包裹体、气烃包裹体和盐水包裹体, 并且根据各种包裹体的产状, 来区分流体包裹体形成的期次和共生关系。本区流体包裹体具有以下几个特征:

(1) 流体包裹体的大小分布不均匀, 气液比均较低, 均小于 5%。

(2) 第一期发育于石英矿物次生加大的早期, 发育丰度较高 (GOI 为 4% 士), 包裹体主要沿环石英加大边内侧成带分布, 或沿未切穿加大边内侧的石英矿物微裂隙面分布 (图版 I -a b)。包裹体中液烃在单偏光下呈深褐色。第二期发育于石英矿物次生加大期后, 发育丰度高 (GOI 约为 7% ~ 8%), 包裹体沿切穿石英颗粒及其加大边、或沿切穿多个石英颗粒的矿物微裂隙分布, 包裹体中液烃、气烃均呈淡黄色, 显示浅蓝绿色荧光 (图版 I -c ~f)。

样品 GOI 值均较高, GOI 指标可以表征砂岩储集层含油饱和度, $GOI < 1.0\%$ 时, 储集层为水层, $GOI > 5\%$ 时为油层, $1.0\% < GOI < 5\%$ 时为油水过渡带^[16]。表明 S245 井戴一段砂岩储层为油层。

(3) 盐水包裹体多与液烃包裹体共生在一起, 在荧光下不发光, 形状多呈椭圆或圆形, 个体较大, 盐水包裹体的气液比较大, 均一化温度均小于 120 °C (图版 I -c ~f)。

在以上研究的基础上, 对与油气包裹体共生的不同期次的盐水包裹体, 进行均一化温度的测定。测定储层流体包裹体的均一化温度, 并结合盆地热演化史和埋藏史特征, 可确定油气运移时间和成藏期次^[26~28]。采用苏北盆地 ZC1 井的各地质时期的古地温梯度数据, 其中 $E_{as}R_o$ 与实测 R_o 具有很高的吻合程度^[39] (表 1), 此 ZC1 井的古地温梯度可代表这口井的古地温梯度演化模式^[40], 根据红庄油田 S245 井的地层分层数据 (含剥蚀厚度), 利用 BasinMod 软件模拟了 S245 井古近系的埋藏史和热演化史。

S245 井戴一段砂岩储层 (2 715 m) 中与烃类包裹体共生的盐水包裹体均一化温度分布范围主要介于 80 ~ 110 °C (图 7)。结合盆地热演化史和埋藏史研究表明, 油气充注时期为新近纪中新世晚期, 开始充注的时间大约为 6 Ma (图 8)。

表 1 苏北盆地 ZC1 井古地温梯度变化特征^[39]

Table 1 Characteristics of the paleogeothermal gradient in Well ZC1, North Jiangsu Basin

层号	地层	ZC1 井				
		底界深度 /m	古地温梯度 / (°C / 100m)	埋深 /m	实测 R_o /%	$E_{as}R_o$ /%
1	东台组	100	3.0 (现今)	886	0.46	0.42
2	盐城组	368	3.4	918	0.47	0.43
3	三垛组	(缺失)	3.7	1094	0.48	0.45
4	戴南组	846	3.8	1174	0.50	0.46
5	阜宁组	1364	4.0	1208	0.51	0.48

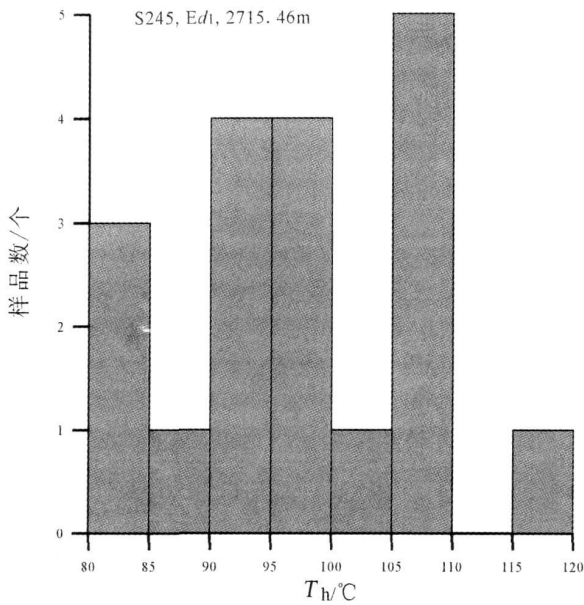


图 7 S245 井戴一段砂岩流体包裹体均一化温度直方图
Fig. 7 The histogram for homogenization temperatures of fluid inclusions in Well S245

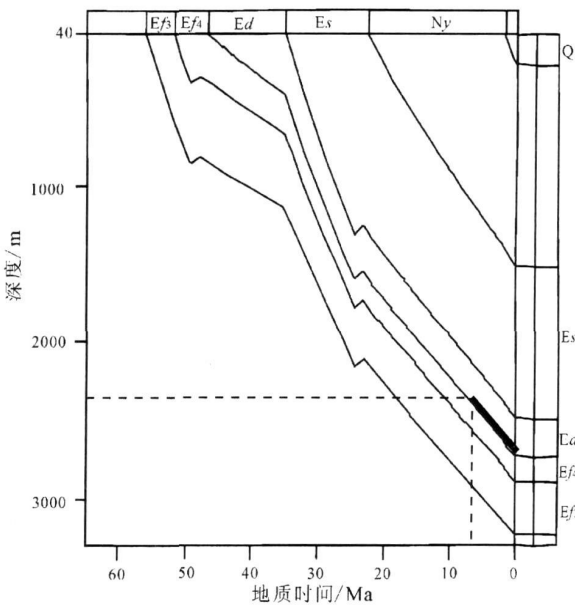


图 8 S245 井地层演化史及烃类流体充注期

Fig. 8 The diagram of the strata evolution history and hydrocarbon filling time in Well S245

4 结论

(1) 苏北盆地红庄油田古近系凝析油与溱潼凹陷烃源岩和常规原油在三芳甾烷和碳同位素组成均存在显著的差别, 表明红庄油田凝析油与溱潼凹陷原油不具有成因联系, 不是来自于溱潼凹陷古近系烃源

岩。推测红庄凝析油主要为溱潼凹陷深部烃源岩生成的油气。

(2) 根据 S245 井戴一段砂岩储层中与烃类包裹体共生的盐水包裹体均一化温度分布范围主要介于 80~110 °C, 推测红庄油田油气为一期成藏, 充注时期为新近纪中新世晚期, 开始充注的时间大约为 6 Ma

参考文献 (References)

- Ludwig B, Hussler G, Wehrung P, et al. C₂₆-C₂₉ triaromatic steroid derivatives in sediments and petroleum [J]. *Tetrahedron Letters* 1981, 22: 3313-3316
- Zhang Shuichang, Moldovan JM, Li M, et al. The abnormal distribution of the molecular fossil in the Pre-Cambrian and Cambrian: its biological significance [J]. *Science in China (Series D)*, 2001, 31(4): 34-37
- Mackenzie A S, Hoffmann C F, Maxwell JR. Molecular parameters of maturation in the Toarcian shales, Paris Basin, France-III. Changes in aromatic steroid hydrocarbons [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1981, 45(8): 1345-1355
- Mackenzie A S, Lewis C A, Maxwell JR. Molecular parameters of maturations in the Toarcian shales, Paris Basin-IV: Laboratory thermal alteration studies [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1981, 45(12): 2369-2376
- Shi Jiyang, Mackenzie A S, Alexander R, et al. A biological marker investigation of petroleum and shales from Shengli Oil Field, the People's Republic of China [J]. *Chemical Geology* 1982, 35(1-2): 1-31
- Lewan M D, Bjorøy M, Doherty D L. Effects of thermal maturation on steroid hydrocarbon as determined by hydrous pyrolysis of Phosphoria retort shale [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1986, 50(9): 1977-1987
- Beach F, Peakman T M, Abbott G D, et al. Laboratory thermal alteration of triaromatic steroid hydrocarbon [J]. *Organic Geochemistry* 1989, 14(1): 109-111
- Bjorøy M, Williams J A, Doherty D L, et al. Maturity assessment and characterization of Big Horn Basin Palaeozoic oils [J]. *Marine and Petroleum Geology* 1996, 13(1): 3-23
- 宋一涛, 吴庆余, 周文. 未熟-低熟油的形成与成因机制 [M]. 山东东营: 石油大学出版社, 2004, 158-200 [Song Yitao, Wu Qingyu, Zhou Wen. The Formation and Origins of the Immature Oils [M]. Dongying Shandong: the Press of University of Petroleum, 2004, 158-200]
- Mackenzie A S, Lamb N A, Maxwell JR. Steroid hydrocarbons and the thermal history of sediments [J]. *Nature* 1982, 295: 223-226
- Seifert W K, Moldovan JM. Application of steranes, terpanes and monoaromatics to the maturation, migration and source of crude oils [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1978, 42(1): 77-95
- Sajó Cs. Organic geochemistry of crude oils from Southeast Hungary [J]. *Organic Geochemistry* 1984, 6: 569-578

- 13 Peters K E, Moldovan J M. The Biomarker Guide: Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments [M]. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1993
- 14 Peters K E, Walters C C, Moldovan J M. The Biomarker Guide: Biomarkers and Isotopes in Petroleum and Earth History [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2005
- 15 Li Maowen, Jiang Chunqing. Bakken/Madison petroleum systems in the Canadian Williston Basin. Part I: C_{21} - C_{26} 20-n-alkylpregnanes and their triaromatic analogs as indicators for Upper Devonian Mississippian epicontinental black shale derived oils? [J]. Organic Geochemistry, 2001, 32(5): 667-675
- 16 梁狄刚, 陈建平. 中国南方高、过成熟区海相油源对比问题 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(2): 8-14 [Liang Di gang, Chen Jianping. Oil-source correlation for high and over-matured marine source rocks in South China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(2): 8-14]
- 17 潘钟祥. 石油地质学 [M]. 北京: 地质出版社, 1986, 203-206 [Pan Zhongxiang. Petroleum Geology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1986, 203-206]
- 18 张厚福, 张万选. 石油地质学 (第二版) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1989, 187-191 [Zhang Houfu, Zhang Wanxuan. Petroleum Geology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1989, 187-191]
- 19 张厚福, 方朝亮, 高先志, 等. 石油地质学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1999, 183-188 [Zhang Houfu, Fang Chaoliang, Gao Xianzhi, et al. Petroleum Geology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999, 183-188]
- 20 王飞宇, 金之钧, 吕修祥, 等. 含油气盆地成藏期分析理论和新方法 [J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 754-762 [Wang Feiyu, Jin Zhijun, Lv Xiuxiang, et al. Timing of petroleum accumulation: theory and new methods [J]. Advance in Earth Sciences, 2002, 17(5): 754-762]
- 21 Glasman J R, Clark R A, Larter S, et al. Diagenesis and hydrocarbon accumulation, Brent Sandstone (Jurassic), Bergen High Area, North Sea [J]. AAPG Bulletin, 1989, 73(11): 1341-1360
- 22 Eadington P J, Lisk M, Krieger F W. Identifying oil well dies [P]. US Patent No 5543616, 1996
- 23 Horbury A D, Robinson A G. Diagenesis and basin development [M]. Tulsa: AAPG Studies in Geology, 36, 1993
- 24 Cubitt J M, England W A. The Geochemistry of Reservoirs [M]. Geological Society Special Publication 86, London, 1995
- 25 Painell J J. Dating and Duration of Fluid Flow and Fluid-Rock Interaction [M]. Geological Society Special Publication 144, London, 1997
- 26 Eadington P J, Hamilton P J, Bai G P. Fluid history analysis: a new concept for prospect evaluation [J]. APEA Journal, 1991, 31: 282-294
- 27 Karlsen D A, Nedkvitne T, Larter S R, et al. Hydrocarbon composition of authigenic inclusions: application to elucidation of petroleum reservoir filling history [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1993, 57(15): 3641-3659
- 28 Nedkvitne T, Karlsen D A, Bjørlykke K, et al. Relationship between reservoir diagenetic evolution and petroleum emplacement in the Ula Field, North Sea [J]. Marine and Petroleum Geology, 1993, 10(3): 255-270
- 29 李慧莉, 邱楠生, 金之钧, 等. 塔里木盆地克拉 2 气田储层流体包裹体与油气成藏研究 [J]. 沉积学报, 2003, 21(4): 648-653 [Li Huili, Qiu Nansheng, Jin Zhijun, et al. Study on hydrocarbon entrapment in Kela 2 gas field, Tarim Basin: evidence from reservoir fluid inclusion [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(4): 648-653]
- 30 李伟, 张枝焕, 朱雷, 等. 山西沁水盆地石炭—二叠系煤层生排烃史分析 [J]. 沉积学报, 2005, 23(2): 337-345 [Li Wei, Zhang Zhihua, Zhu Lei, et al. The history analysis of hydrocarbon expulsion from the coal beds in the Carboniferous-Permian in Qinshui Basin, Shanxi [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2005, 23(2): 337-345]
- 31 胡瑛, 张枝焕, 方朝合. 漆潼凹陷低熟油生物标志物特征及成熟度浅析 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(4): 512-517 [Hu Ying, Zhang Zhihua, Fang Chaohu. Biomarker features of low-mature oil in Qingtong Sag and maturity analysis [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(4): 512-517]
- 32 Sofer Z. Stable carbon isotope compositions of crude oils: application to source depositional environments and petroleum alteration [J]. AAPG Bulletin, 1984, 68(1): 31-49
- 33 Galimov E M. Isotope organic geochemistry [J]. Organic Geochemistry, 2006, 37(10): 1200-1262
- 34 张枝焕, 王瑶, 吴聿元, 等. 漆潼凹陷红庄构造凝析油气地化特征 [J]. 天然气工业, 2006, 26(9): 8-11 [Zhang Zhihua, Wang Yao, Wu Yuyuan, et al. Geochemical behaviors of condensates in Hongzhuang Structure in Qingtong Sag [J]. Natural Gas Industry, 2006, 26(9): 8-11]
- 35 覃建雄. 矿物包裹体在沉积学中的应用 [J]. 矿物岩石, 1992, 12(2): 103-111 [Qin Jianxing. Applications of mineral inclusion in sedimentology [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 1992, 12(2): 103-111]
- 36 覃建雄. 矿物流体包裹体研究在油气资源评价和油气勘探远景预测中的应用 [J]. 地质科技情报, 1993, 12(1): 47-52 [Qin Jianxing. Application of mineral fluid inclusions to the evaluation of oil-gas resource and petroleum exploration [J]. Geological Science and Technology Information, 1993, 12(1): 47-52]
- 37 Goldstein R H. Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems [J]. Lithos, 2001, 55(1-4): 159-193
- 38 Munz I A. Petroleum inclusions in sedimentary basins: systematic analytical methods and applications [J]. Lithos, 2001, 55(1-4): 195-212
- 39 邹华耀, 常象春. 苏北盆地和三塘湖盆地中、新生代古地温特征及其石油地质意义 [J]. 江汉石油学院学报, 1997, 19(3): 15-19 [Zou Huayao, Chang Xiangchun. Paleogeothermal gradients of Mesozoic-Cenozoic in Subei Basin, Eastern China and Santanghu Basin, Western China: Implications for petroleum exploration [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 1997, 19(3): 15-19]
- 40 Sweeney J J, Burnham A K. Evaluation of a simple model of vitrinite reflectance based on chemical kinetics [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(10): 1559-1570

Source and Accumulation Time of Condensates in Hongzhuang Oilfield, Qintong Sag, North Jiangsu Basin

YANG Yong-cai¹ LU Huang-sheng² ZHANG Zhi-huan¹ FANG Chao-he³
LIU Jun⁴ WANG Yue-jie⁵ HU Ying¹

(1 State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249;

2 Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093;

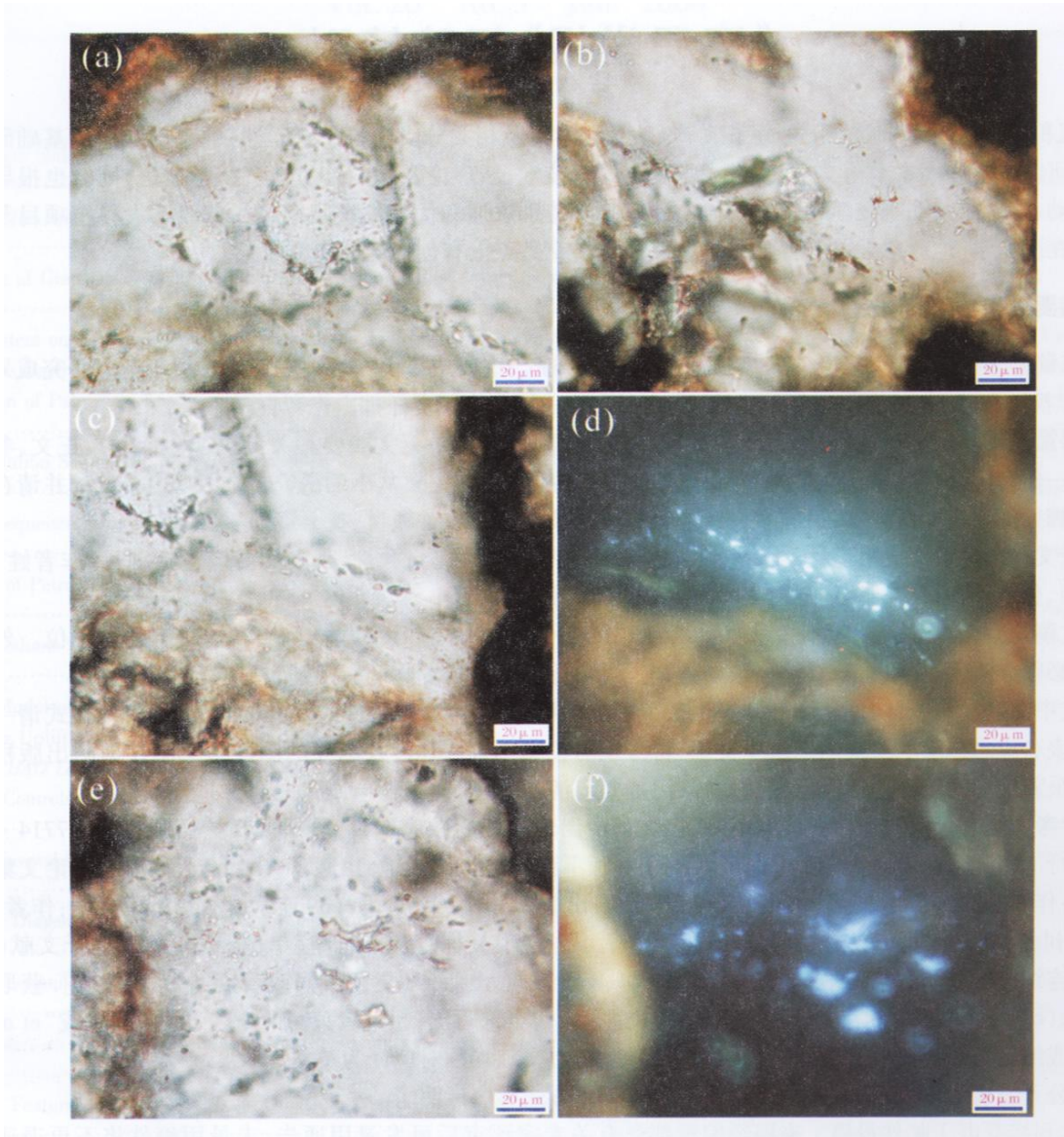
3 Langfang Branch, China Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Langfang, Hebei 065007;

4 Geological Scientific Research Institute, Shengli Oilfield, Dongying, Shandong 257015;

5 Technical Department of Tianjin Branch of CNOOC Limited, Tanggu, Tianjin 300452)

Abstract Based on the characteristics of triaromatic steranes, alkyl triaromatic steranes and stable carbon isotopes, the sources of the condensates were analyzed in Paleogene in Hongzhuang Oilfield in Qintong Sag, Northern Jiangsu Basin. It shows that the condensates have not genetic affinity with Paleogene source rocks and were mainly sourced from the deep sources rock in Hongzhuang Oilfield. Based on the characterizations of hydrocarbon inclusions and homogenization temperatures, combining with the strata burial history, the time of hydrocarbon accumulation were confirmed in Ed₁ reservoirs in Qintong Sag, North Jiangsu Basin. The result shows that cogenetic aqueous inclusions from quartz in sandstone in Well S245 show homogenization temperatures ranging from 80 to 110 °C and petroleum filling began Late Miocene, approximately 6 Ma ago.

Key words triaromatic steranes, stable carbon isotopes, oil-source correlation, hydrocarbon accumulation time, Qintong Sag, Northern Jiangsu Basin



图版 I 说明: a 宿主矿物为石英碎屑, 液烃包裹体沿石英加大边内侧成带分布 (加大早期原生) 呈深褐色。单偏光照。S245井, Ed¹, 2 715. 46 m b 宿主矿物为石英次生加大边, 液烃包裹体沿石英加大边内侧成带分布 (加大早期原生) 呈深褐色。单偏光照。UV激发荧光。S245井, Ed¹, 2 715. 46 m c 宿主矿物为石英碎屑, 液烃、气液烃包裹体沿切穿石英加大边及多个颗粒的微裂隙分布, 呈淡黄色。单偏光照。S245井, Ed¹, 2 715. 46 m d 视域同上, 液烃、气液烃包裹体沿切穿石英加大边及多个颗粒的微裂隙分布, 呈浅蓝绿色荧光。UV激发荧光。S245井, Ed¹, 2 715. 46 m e 宿主矿物为石英碎屑, 液烃包裹体沿切穿石英颗粒的微裂隙分布, 呈淡黄色。单偏光照。S245井, Ed¹, 2 715. 46 m f 视域同上, 液烃包裹体沿切穿石英颗粒的微裂隙分布, 呈浅蓝绿色荧光。UV激发荧光。S245井, Ed¹, 2 715. 46 m