

沾化凹陷渤南洼陷 沙河街组原油成因类型及分布特征

宋国奇¹, 刘 华², 蒋有录², 谷国翠¹, 刘雅利¹, 卢 浩¹

(1.中国石化胜利油田分公司, 山东 东营 257001; 2.中国石油大学 地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580)

摘要: 利用饱和烃色谱、色-质谱图特征及生物标志化合物指标, 在沙河街组不同层系烃源岩地化特征差异性对比的基础上, 结合原油地化特征, 分析了沾化凹陷渤南洼陷已发现油气的成因类型及其分布规律。分析表明, 渤南洼陷发育沙三段和沙四段 2 套有效烃源岩, 其中沙四段烃源岩按照地化特征差异又细分为膏盐间和膏盐下烃源岩, 三者伽马蜡烷含量、姥植比和成熟度指标上存在明显差异。油源对比表明, 目前已发现的原油存在 5 种成因类型, 且具有一定的分布规律。沙三 I 型和沙三 II 型原油均来源于沙三段烃源岩, 但是在成熟度和分布上明显不同, 沙三 I 型原油分布在洼陷区的沙三中上亚段, 成熟度相对较低; 沙三 II 型原油分布层位较深, 成熟度较高。沙四 I 型原油分布零星, 来源于沙四段膏盐间烃源岩。沙四 II 型原油主要来源于沙四段膏盐下烃源岩, 多为自生自储型油藏; 混源型油气来源于沙三和沙四段烃源岩。油气分布远离油源中心, 多位于断阶带上, 断层作用对其分布影响明显。

关键词: 成因类型; 油源对比; 生物标志化合物; 渤南洼陷; 沾化凹陷

中图分类号: TE122.1⁺1

文献标识码: A

Genetic types and distribution characteristics of crude oils from Shahejie Formation in Bonan Subsag, Zhanhua Sag, Jiyang Depression

Song Guoqi¹, Liu Hua², Jiang Youlu², Gu Guocui¹, Liu Yali¹, Lu Hao¹

(1. SINOPEC Shengli Oilfield Company, Dongying, Shandong 257001, China;

2. School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao, Shandong 266580, China)

Abstract: According to the characteristics of saturated hydrocarbon chromatography, GS/MS and biomarker index, combined with the geochemical features of crude oil, the hydrocarbon genetic types and distribution laws of the Bonan Subsag in the Zhanhua Sag have been analyzed based on the comparison of geochemical features of source rocks from different layers of the Shahejie Formation. The research shows that there are 2 suits of hydrocarbon source rocks in the Bonan Subsag, the 3rd member and the 4th member of the Shahejie Formation. The source rocks in the 4th member of the Shahejie Formation can be further divided into evaporate and sub-evaporate ones. All of the source rocks are obviously different in gammacerane content, Pr/Ph ratio and maturity parameters. Oil source correlation indicates that there are 5 types of oil and they have certain laws in distribution. The crude oils of types I and II in the 3rd member of the Shahejie Formation both originate from the source rocks in the 3rd member of the Shahejie Formation; however, they are obviously different in maturity and distribution. The crude oils of type I in the 3rd member of the Shahejie Formation locate in the middle and upper sections of the 3rd member of the Shahejie Formation in the depression, with relatively lower maturity. The crude oils of type II in the 3rd member of the Shahejie Formation locate in deeper formations, with relatively higher maturity. The crude oils of type I in the 4th member of the Shahejie Formation distribute sporadically, and originate from the evaporate source rocks in the 4th member of the Shahejie Formation. The crude oils of type II in the 4th member of the Shahejie Formation come from the sub-evaporate source rocks in the 4th member of the Shahejie Formation, and are mainly self-generated and self-reserved. Mixed oil and gas come from source rocks in both of the 3rd and 4th members, and locate far away from source center influenced by faults, mainly in step-fault zones.

Key words: genetic type; oil-source correlation; biomarker; Bonan Subsag; Zhanhua Sag

收稿日期: 2012-09-20; 修订日期: 2013-12-03。

作者简介: 宋国奇 (1957—), 男, 教授级高级工程师, 从事油气勘探综合研究和科研管理工作。E-mail: songguoqi.slyt@sinopec.com。

基金项目: 国家科技重大专项 (2011ZX05006-003) 资助。

作为高成熟探区,沾化凹陷渤南洼陷区的油气成因问题一直受到关注,研究成果主要集中于烃源岩地化特征差异和主力层系油气的来源^[1-7],尚缺乏对油气来源整体的认识。目前,各种地化测试手段为精细油源对比提供了依据,可以系统确定出已发现油气的来源层系和归属,明确不同烃源岩所生油气的空间分布,其成果可为含油气系统的划分^[8]、油气运移方向和运移路径的追踪^[9-15]提供有效的预测。据此,笔者以地质背景和大量的地球化学分析数据为基础,对渤南洼陷内有效烃源岩和已发现原油的地化特征进行分析,明确了原油的成因类型及其分布特征,从而为下一步油气勘探提供理论依据。

1 研究区概况

渤南洼陷位于沾化凹陷的中部,构造上为一北陡南缓、东陡西缓的断陷湖盆,北以埕东断层为界与埕子口凸起相连,西以义东断层为界与义和庄凸起相邻,南部紧靠陈家庄凸起,东侧为孤东断层,与孤北洼陷相连(图1)。该区接受了巨厚的中、新生代沉积,自下而上发育孔店组、沙河街组、东营组、馆陶组和明化镇组地层,其中沙河街组是该区主要的生含油层系。沙三段作为渤南洼陷主要的含油层系,油气藏类型众多,油气主要来自本层段的烃源岩,而沙四段沉积特征较复杂,沉积环境变化较大^[16-20],沙四段烃源岩的地球化学特征在纵向上存在一定的

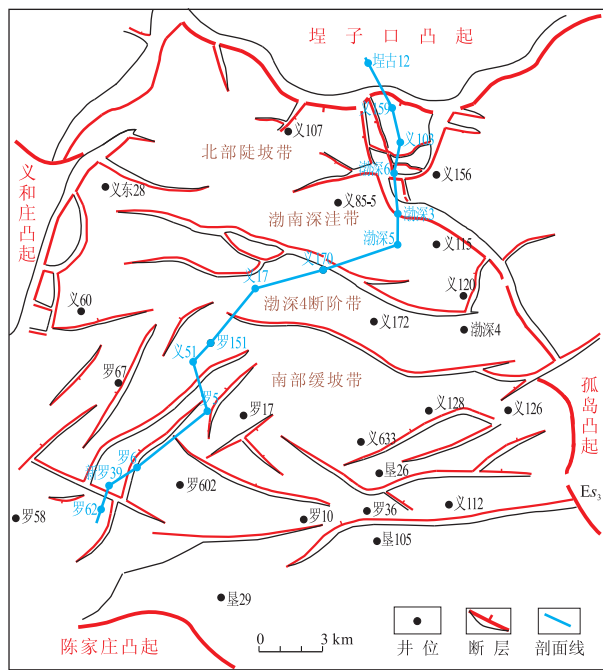


图1 渤海湾盆地渤南洼陷构造位置

Fig.1 Tectonic location of Bonan Subbasin in Bohai Bay Basin

差异,不同层段烃源岩的油源贡献程度不同。

2 烃源岩特征

受构造运动和古气候的共同控制,渤南洼陷古近系经历了多个沉积旋回,发生过多次湖侵过程,形成多套烃源岩。目前,沙河街组烃源岩是主要的研究对象,其中沙三段和沙四段2套主力烃源岩对渤南洼陷的油气生成起着重要的作用。

2.1 沙三段烃源岩

沙三段为深湖至半深湖相沉积,广泛沉积深灰色、灰色泥岩、油页岩、油泥岩,主要集中于洼陷中部偏北。据地化分析,沙三段烃源岩的有机碳含量为3.9%~19%,氯仿沥青“A”为0.3%左右,干酪根类型以I、II₁型为主,其中沙三下亚段烃源岩以页岩、油页岩为主,是本区最为重要的一套优质烃源层。

本次研究所取的烃源岩样品主要分布于沙三下亚段,少数为埋藏相对较深的沙三中亚段。沙三中、下亚段烃源岩分析所得的各项地化指标均较为相似,且纵向上叠置,可看作为同一套烃源岩。总体来说,沙三段烃源岩在地化特征上表现为“一低二高”的特征,即低伽马蜡烷/C₃₀藿烷、高Ts/(Ts+Tm)、高姥植比的特征(图2)。其中,C₃₀甲基萜烷不发育,规则甾烷C₂₇R、C₂₈R、C₂₉R呈不对称的“V”型分布,αααC₂₇20R含量高于αααC₂₉20R含量,说明水生生物和陆源高等植物均有输入,其中水生生物输入占优势;C₂₇-三降藿烷Ts和Tm含量相差较大,成熟度指标C₃₁S/(S+R)主要分布于0.56~0.59,平均在0.58左右,说明该烃源岩已进入生油门限。

2.2 沙四段烃源岩

沙四段为一套浅湖—深湖相沉积,泥灰岩、泥质灰岩和灰质泥岩是主要的烃源岩类型。烃源岩有机碳含量多介于0.93%~1.5%,有机质类型在洼

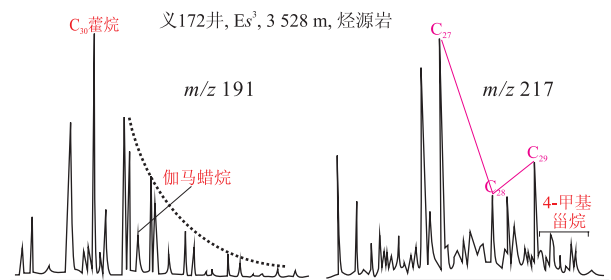


图2 渤海湾盆地渤南洼陷沙三段烃源岩地化指标谱图

Fig.2 Geochemical chromatogram of source rocks in 3rd member of Shahejie Formation, Bonan Subbasin in Bohai Bay Basin

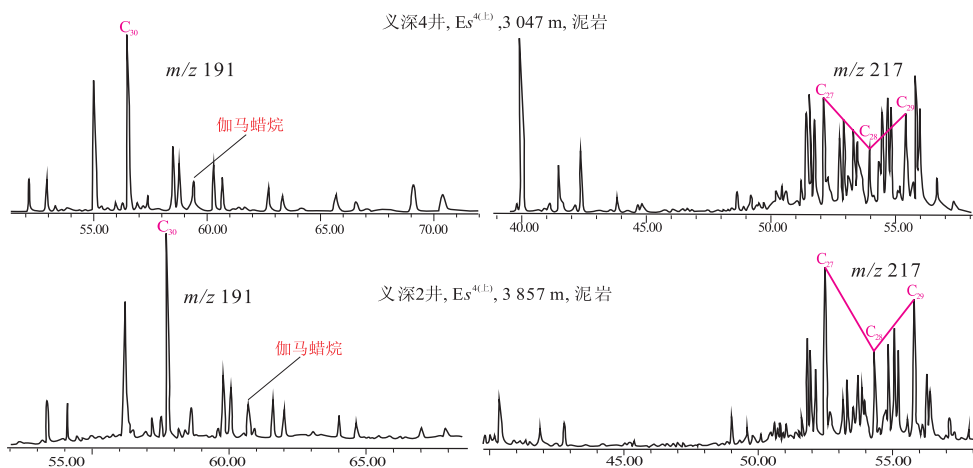


图 3 渤海湾盆地渤南洼陷沙四段膏盐间烃源岩地化指标谱图

Fig.3 Geochemical chromatogram of evaporate source rocks in 4th member of Shahejie Formation, Bonan Subbasin in Bohai Bay Basin

陷以 I、II₁ 型为主,处于成熟—高成熟阶段,具有较大的生烃潜力。由于沙四段含有大量的膏盐,且膏盐间和膏盐下的烃源岩具有不同的地化特征,据此分为 2 类烃源岩。

(1)沙四段膏盐间烃源岩多为暗色泥岩,具有“一低二高”特征,即高伽马蜡烷/C₃₀藿烷(均大于 0.20)、高 Ts/(Ts+Tm)、低姥植比的特征。规则甾烷 C₂₇R、C₂₈R、C₂₉R 的分布呈近似对称“V”型,ααC₂₇20R 含量略高于 ααC₂₉20R 含量,C₂₇-三降藿烷 Ts 与 Tm 含量相差较大(图 3)。

(2)膏盐下烃源岩具有低伽马蜡烷/C₃₀藿烷(均小于 0.20)、高 Ts/(Ts+Tm)、高姥植比的特征,为淡水—微咸水环境沉积,其地化特征与沙三段烃源岩相似。

3 原油地化特征及成因分析

渤南洼陷原油分布广泛,主要储集于沙一段、沙二段、沙三段和沙四段的碎屑岩储集层中。根据 38 块原油样品的饱和烃色谱、色—质谱分析结果,对不同层系的原油特征进行了总结,明确了不同层系、不同地区原油的成因及其来源。

沙一段原油分布较少,主要分布在罗家地区,根据所取样品的地化特征分析,正构烷烃呈双峰分布,后主峰碳明显高于前主峰碳,表明原油遭受轻微的生物降解。沙二段原油样品呈前峰型分布,原油正构烷烃 $\sum C_{21}-\sum C_{22+}$ 介于 0.65~0.94,奇偶优势不明显,CPI 和 OEP 值接近于 1。沙三段原油伽马蜡烷含量偏低,成熟度参数 $\alpha\alpha 20R_{C_{29}}$ 甾烷 $22S/(22S+22R)$ 较高,C₃₁升藿烷 $22S/(22S+22R)$ 值为 0.54~0.60,平均值为 0.58。沙四段原油中伽马蜡烷含量较高,分布于 0.26~1.65,Ts/(Ts+Tm) 分布

于 0.13~0.39,表明原油来源于还原性较强的盐湖环境;成熟度参数 $\alpha\alpha 20R_{C_{29}}$ 甾烷 $22S/(22S+2R)$ 分布于 0.33~3.95,表明成熟度相对偏高。

根据所分析原油的类异戊二烯烷烃、正构烷烃和生物标志物参数等指标的综合对比,可将该地区原油成因类型划分为沙三型、沙四型和混合型 3 大类(图 4)。

3.1 沙三型原油

沙三型原油主要具有“一低二高”的特征,即低伽马蜡烷/C₃₀藿烷、高 Ts/(Ts+Tm)、高 Pr/Ph。其中伽马蜡烷/C₃₀藿烷值较低,分布于 0.05~0.18,主要集中于 0.09 附近;Ts/(Ts+Tm) 值较高,分布于 0.30~0.67,主要集中于 0.45 附近;具有中等偏高成熟度,C₂₉甾烷 $20S/(20S+20R)$ 分布于 0.31~0.44,主要集中于 0.40 附近,Pr/Ph 分布于 0.87~1.36。从原油谱图对比可以发现(图 5),该类型原油 4-甲基甾烷较为发育,规则甾烷 C₂₇、C₂₈、C₂₉ 的分布呈不对称的“V”型,C₂₇ 含量明显高于 C₂₉ 含量,两者含量比值

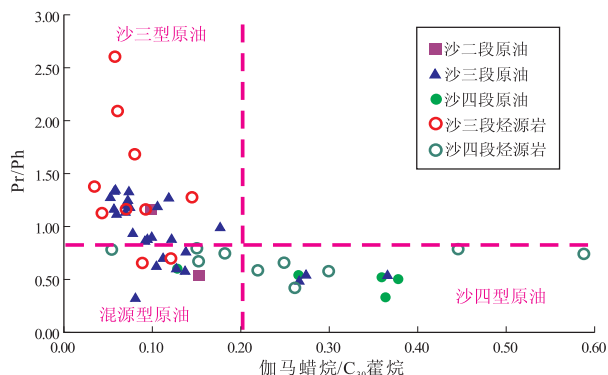


图 4 渤海湾盆地渤南地区原油、烃源岩伽马蜡烷/C₃₀藿烷-Pr/Ph 相关图

Fig. 4 Gammacerane/C₃₀ hopane and Pr/Ph correlation of crude oils and source rocks in Bonan Subbasin, Bohai Bay Basin

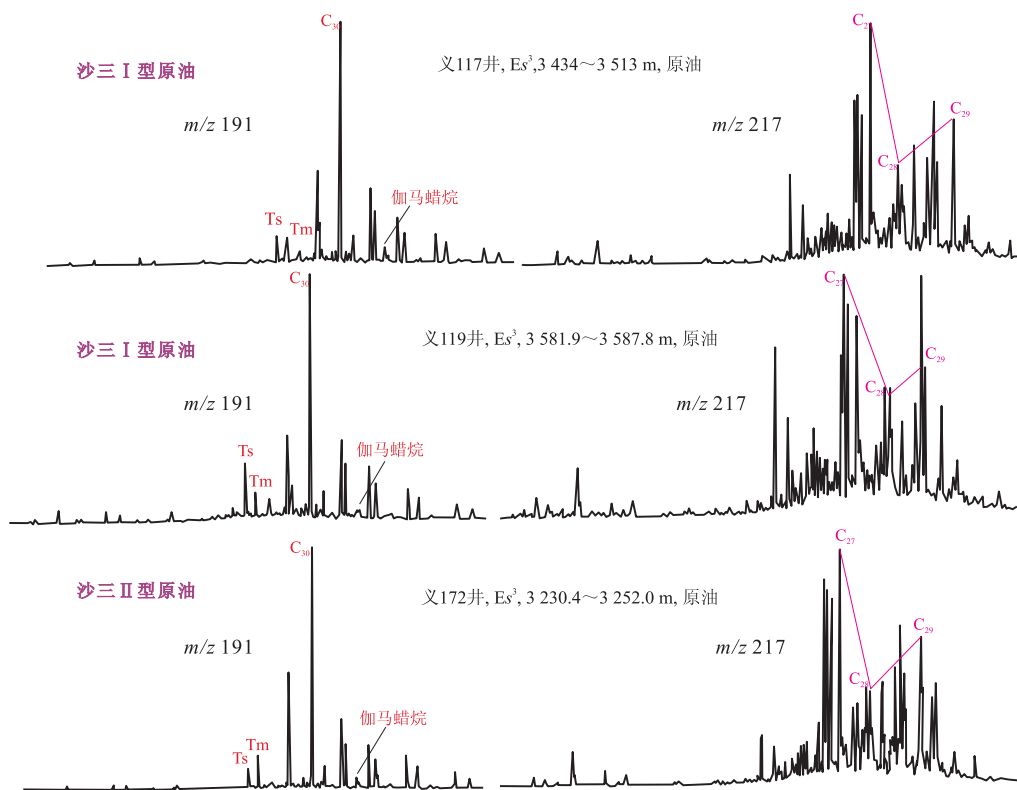


图5 渤海湾盆地渤南洼陷沙三型原油甾萜烷谱图对比

Fig.5 Contrast of sterane and terpane spectra of Es³ crude oils in Bonan Subsg, Bohai Bay Basin

平均为 1.88。该类原油主要分布于洼陷中心及洼陷附近沙三中下亚段储层中,埋藏相对较深。据地化特征推断,沙三型原油来源于沙三段烃源岩。

沙三型原油按照其成熟度特征及分布区域也可细分为 2 个亚类:沙三 I 型原油的成熟度较低, C₂₉甾烷 20S/(20S+20R) 参数均小于 0.4,主要分布于洼陷中心的沙三中上层段中,埋深相对较浅;沙三 II 型原油的 C₂₉甾烷 20S/(20S+20R) 参数介于 0.41~0.44 之间,成熟度相对较高,主要分布于洼陷中心及附近的渤深 4 断阶带上,层系主要位于沙三中下亚段(图 5)。

3.2 沙四型原油

据分析,沙四型原油主要分布在沙四段储层中,零星分布于沙一段和沙二段地层。与沙三型原油相比,沙四型原油具有高伽马蜡烷/C₃₀藿烷值、高成熟度、低 Pr/Ph 值、低 4-甲基甾烷和三环萜烷含量的特点。按照油气来源及分布区域可进一步分为沙四 I 型和 II 型 2 个亚类,这 2 个亚类具有不同的特征及来源。

沙四 I 型原油伽马蜡烷/C₃₀藿烷值相对较高,大于 0.20, C₂₉规则甾烷含量相对较高,孕甾烷、甲基甾烷含量很高,具有很高的 Ts/Tm 值,为强还原成化沉积环境的产物,可推测来源于沙四段膏盐间

烃源岩。主要依据有:①有机质母源以高等植物贡献为主;②伽马蜡烷/C₃₀藿烷值均较高,平均为 0.42,与沙四段膏盐间烃源岩伽马蜡烷/C₃₀藿烷值相似;③沙四 I 型原油 Pr/Ph 值分布于 0.45~0.56,平均为 0.50,沙四段膏盐间烃源岩 Pr/Ph 值平均为 0.85;④沙四 I 型原油与沙四段膏盐间烃源岩均具有较低的孕甾烷、升孕甾烷。

沙四 II 型原油中伽马蜡烷/C₃₀藿烷值较沙四 I 型明显偏低,均小于 0.20,三环萜烷含量偏高, Pr/Ph 和成熟度均较高, Ts、Tm 相对接近, C₂₁、C₂₂ 比 C₂₈、C₂₉ 含量低。该类原油与沙四段膏盐下烃源岩具有很好的相关性,可以推测来源于沙四段膏盐下烃源岩。

3.3 混源型原油

混源型原油主要为沙二段、沙三中上亚段以及沙四段原油,该类原油地化特征介于沙三型和沙四型之间(图 4),推断其来源于沙三段和沙四段膏盐下烃源岩。主要依据:①母源类型相同。根据正烷烃分布特征、主峰碳位、 $\sum nC_{22+}/\sum nC_{22+}$ 值及 C₂₇-C₂₈-C₂₉ 规则甾烷相对含量显示混源型原油与沙三段与沙四段烃源岩均以相同物质输入为主;②混源型原油伽马蜡烷/C₃₀藿烷值中等,介于沙三型和沙四型原油之间,平均为 0.13,表明微咸水环境;③混源型原油中,

C_{29} 胆甾烷 $\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$ 位于 0.43~0.58 之间, $C_{29}20S/(20R+20S)$ 集中在 0.43~0.46 左右, 属于中等成熟度; ④混源型原油 Pr/Ph 值集中在 0.53~0.77, 平均为 0.64, 介于沙三型和沙四型原油之间。该类原油主要分布于距离洼陷较远的靠近罗家缓坡带地区。

4 原油成因分布特征

根据上述原油分类, 结合原油及烃源岩的地化特征在平面和剖面上的分布规律, 对研究区已发现油藏中的油气与烃源岩的空间对应关系进行了分析。

4.1 平面分布关系

渤南洼陷原油甾、萘烷特征分析表明, 生油洼陷附近已发现油藏中原油萘烷、甾烷色谱图的特征与洼陷沙三中、下亚段烃源岩的特征相一致, 表现为低伽马蜡烷、高姥植比的特点; 渤南洼陷断阶带附近原油的谱图特征表现为高伽马蜡烷含量、低孕甾烷、升孕甾烷的特征, 与沙四段膏盐间烃源岩一致; 南部缓坡带原油的谱图特征介于沙三和沙四段烃源岩之间, 表现为混源特征(图 6)。

4.2 纵向分布关系

从原油类型纵向分布来看, 沙三型原油主要分布在沙三段储层中, 来源于沙三段烃源岩所产生的油气; 沙四型原油分布在沙四上亚段及沙三中上亚段, 来源于沙四段烃源岩; 混源型原油则主要分布于离洼陷较远的缓坡地带, 油气来源于沙三和沙四段烃源岩的混合油气(图 7)。纵向各层系上的对应关系也具有一定的差异, 多数沙四上、沙三中下亚段层系中的石油属自生自储型, 即来自本层系; 少数沙三和沙四亚段油藏为混源原油。

5 结论

(1) 地化特征分析表明, 渤南洼陷存在沙三和沙四 2 套有效烃源岩, 其中沙四具体分为膏盐间和膏盐下 2 套烃源岩, 它们在伽马蜡烷含量、姥植比、成熟度参数等指标上存在明显差异。

(2) 与烃源岩相对应, 已发现原油大致分为 5 类, 其中沙三 I 型原油埋藏较浅, 分布在沙三中上亚段, 沙三 II 型原油分布层位较深, 成熟度较高, 与沙三段烃源岩相吻合; 沙四 I 型原油分布零星, 来

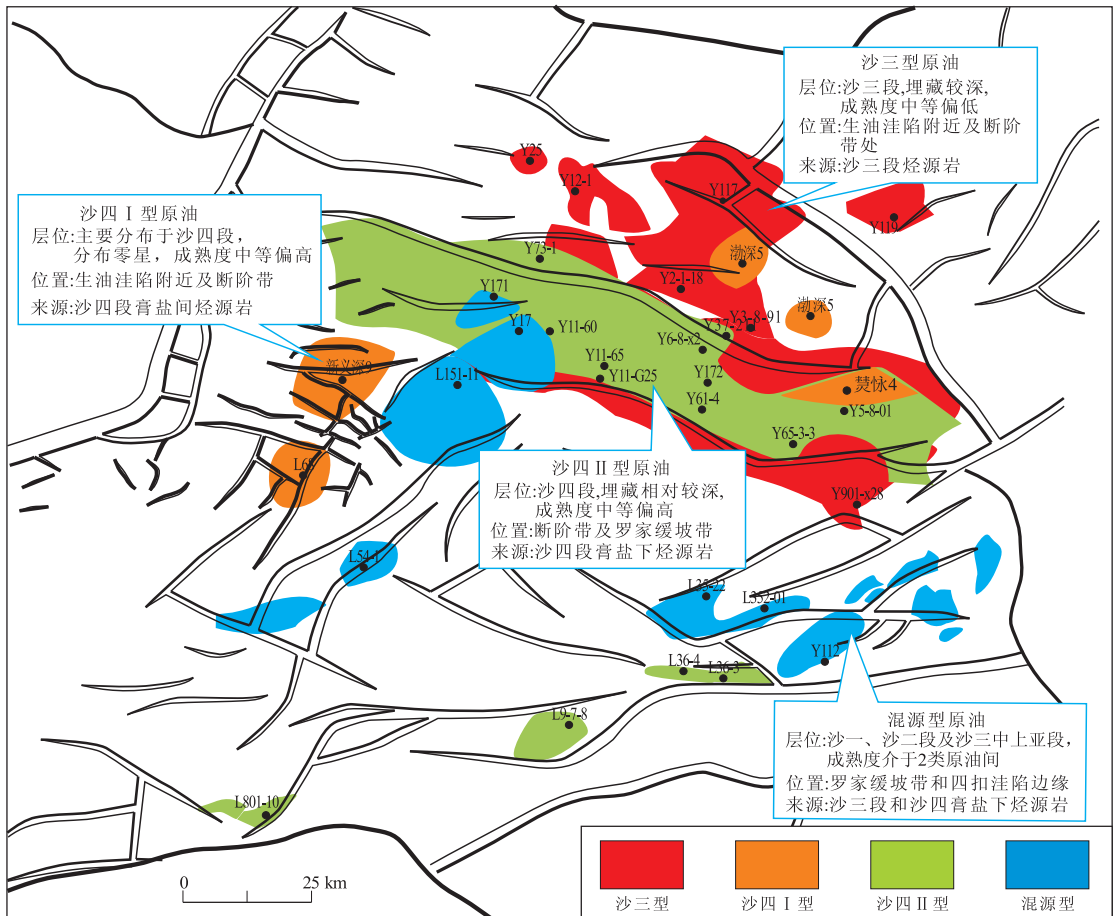


图 6 渤海湾盆地渤南洼陷原油类型平面分布

Fig.6 Plane distribution of crude oil types in Bonan Subbasin, Bohai Bay Basin

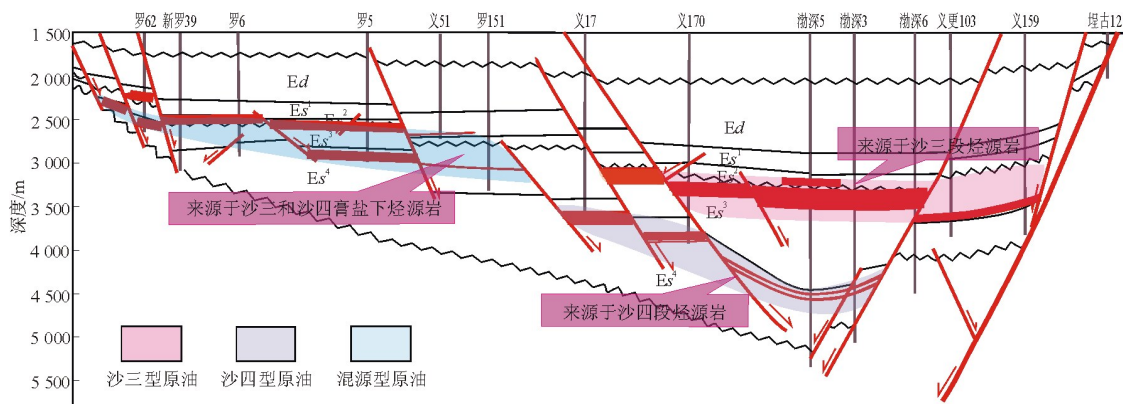


图 7 渤海湾盆地渤南洼陷罗 62-义 159 剖面原油类型分布

Fig.7 Distribution of crude oil type along Luo62-Yi159 section in Bonan Sub-sag, Bohai Bay Basin

源于沙四段膏盐间烃源岩,沙四 II 型原油主要来源于沙四段膏盐下烃源岩;混源型油气来源于沙三和沙四段烃源岩,油气分布远离油源中心。

(3) 油源对比认为渤南洼陷深洼带的沙三、沙四段油藏均为自生自储油藏;断阶带沙四段油藏较少,断阶带沙三段油藏多为沙三、沙四段烃源岩的混源油。

参考文献:

[1] 张枝焕,曾艳涛,张学军,等.渤海湾盆地沾化凹陷渤南洼陷原油地球化学特征及成藏期分析[J].石油实验地质,2006,28(1):54-58.
Zhang Zhihua, Zeng Yantao, Zhang Xuejun, et al. The geochemistry characteristics and accumulation-history of crude oil in the Bonan sub-sag of the Zhanhua sag, the Bohaiwan Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2006, 28(1): 54-58.

[2] 刘士林,李原,郭利果,等.渤南洼陷沙三段原油地球化学特征及油源对比[J].大庆石油地质与开发,2006,25(4):1-3.
Liu Shilin, Li Yuan, Guo Liguang, et al. Geochemical feature and oil source correlation of Sha 3 Member in Bonan Sag [J]. Petroleum Geology & Development in Daqing, 2006, 25(4): 1-3.

[3] 郭瑞超,李延钧,王廷栋,等.胜利油田渤南洼陷古近系油气源与成藏特征[J].新疆石油地质,2009,30(6):674-676.
Guo Ruichao, Li Yanjun, Wang Tingdong, et al. Oil-gas source and accumulation characteristics of paleogene in bonan sub-sag in Shengli oil field [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 30(6): 674-676.

[4] 宫秀梅,金之钧,曾溅辉,等.渤南洼陷深层油气成藏特征及主控因素[J].石油与天然气地质,2005,26(4):473-479.
Gong Xiumei, Jin Zhijun, Zeng Jianhui, et al. Reservoiring characteristics and main controlling factors for deep hydrocarbon accumulations in Bonan sag in Jiyang depression [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(4): 473-479.

[5] 袁东山,张枝焕,曾艳涛,等.沾化凹陷渤南洼陷沙四段烃源岩有机相[J].天然气地球科学,2006,17(1):125-128,132.
Yuan Dongshan, Zhang Zhihua, Zeng Yantao, et al. Organic matter types and organic facies of source rocks in the 4th member of Shahejie formation in Bonan sub-sag, Zhanhua sag [J]. Natural

Gas Geoscience, 2006, 17(1): 125-128, 132.

[6] 卢浩,蒋有录,刘华,等.沾化凹陷渤南洼陷油气成藏期分析[J].油气地质与采收率,2012,19(2):5-8.
Lu Hao, Jiang Youlu, Liu Hua, et al. Study on formation stages of oil-gas reservoirs in Bonan sub-sag, Zhanhua sag [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(2): 5-8.

[7] 王培荣,徐冠军,张大江,等.烃源岩与原油中轻馏分烃的对比;以胜利油田东营、沾化凹陷为例[J].石油与天然气地质,2013,34(1):1-10.
Wang Peirong, Xu Guanjun, Zhang Dajiang, et al. Correlation of light hydrocarbons between source rock and crude oil: an example from Dongying and Zhanhua depressions in Jiyang subbasin, Bohai Bay Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(1): 1-10.

[8] 刘华,蒋有录,任景伦.东营凹陷油—源特征与含油气系统划分[J].高校地质学报,2009,15(1):93-99.
Liu Hua, Jiang Youlu, Ren Jinglun. Characteristics of petroleum system and oil-source in Dongying depression [J]. Geological Journal of China Universities, 2009, 15(1): 93-99.

[9] Hindle A D. Petroleum migration pathways and charge concentration: a three-dimensional model [J]. AAPG Bulletin 1997, 81(9): 1451-1481.

[10] Hao F, Zhou X H, Zhu Y M, et al. Mechanisms of petroleum accumulation in the Bozhong sub-basin, Bohai Bay Basin, China. (Part 1): origin and occurrence of crude oils [J]. Marine and Petroleum Geology, 2009, 26(8): 1528-1542.

[11] 卢浩,蒋有录,谷国翠,等.渤南洼陷沙三段油气运移路径分析[J].油气地质与采收率,2012,19(3):49-52.
Lu Hao, Jiang Youlu, Gu Guocui, et al. Hydrocarbon migration characteristics in Bonan sag [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(3): 49-52.

[12] 谢启超,刘震,李亮,等.渤南凹陷构造演化与超压形成及演化过程的关系分析[J].西安石油大学学报:自然科学版,2004,19(5):6-10.
Xie Qichao, Liu Zhen, Li Liang, et al. Analysis of the relationship between tectonic evolution and the formation and evolution of overpressure in Bonan sag [J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2004, 19(5): 6-10.

- of the composite flower structures in the Qingdong sag[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2012, 36(4): 473-482.
- [12] 郭新安, 吴智平, 李伟, 等. 青东地区新生代断层发育特征及其对沉积的控制作用[J]. *油气地质与采收率*, 2010, 17(4): 13-16.
- Guo Xin'an, Wu Zhiping, Li Wei, et al. Development characteristics of Cenozoic faults and its control over deposition in Qingdong area [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2010, 17(4): 13-16.
- [13] 李春荣, 刘豪, 辛仁臣, 等. 青东凹陷断裂特征及其对沉积的控制作用[J]. *海洋石油*, 2012, 32(1): 13-17.
- Li Chunrong, Liu Hao, Xin Renchen, et al. Characteristics of faults and its control on sedimentation in Qingdong Depression [J]. *Offshore Oil*, 2012, 32(1): 13-17.
- [14] 程艳君, 吴智平, 李伟, 等. 渤海湾盆地青东凹陷古近纪烃源岩热演化史研究[J]. *高校地质学报*, 2013, 19(1): 141-147.
- Cheng Yanjun, Wu Zhiping, Li Wei, et al. Thermal history of Paleogene source rocks in the Qingdong Sag, Bohai Bay Basin [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2013, 19(1): 141-147.
- [15] 王勇, 杨萍. 渤海湾盆地青东凹陷古近系烃源岩生烃潜力分析[J]. *石油化工与应用*, 2011, 30(9): 75-78.
- Wang Yong, Yang Ping. Analysis of eogene carbonate in Shahejie formation in Qingdong sag, Bohai bay basin [J]. *Petrochemical Industry Application*, 2011, 30(9): 75-78.
- [16] 俞家声, 王普伟, 林玉祥. 青东凹陷油气资源潜力[J]. *油气地质与采收率*, 2001, 8(1): 5-8.
- Yu Jiasheng, Wang Puwei, Lin Yuxiang. Potential of oil and gas resource in Qingdong sag [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2001, 8(1): 5-8.
- [17] 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.
- Shi Baohong, Zhang Yan, Zhang Lei, et al. Hydrocarbon accumulation dating by fluid inclusion characteristics in Chang7 tight sandstone reservoirs of Yanchang Formation in Ordos Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2012, 34(6): 599-603.
- [18] 郝建光, 蒋有录, 刘景东, 等. 东濮凹陷胡庆地区油气成藏期及成藏过程[J]. *断块油气田*, 2013, 20(1): 38-42.
- Hao Jianguang, Jiang Youlu, Liu Jingdong, et al. Accumulation period and accumulation process of hydrocarbon in Huqing Area of Dongpu Depression [J]. *Fault-Block Oil & Gas Field*, 2013, 20(1): 38-42.
- [19] 高勇, 牟智全, 王永凯, 等. 流体包裹体在油气成藏研究中的应用[J]. *特种油气藏*, 2012, 19(4): 37-41.
- Gao Yong, Mu Zhiquan, Wang Yongkai, et al. Application of fluid inclusion in hydrocarbon accumulation study [J]. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2012, 19(4): 37-41.
- [20] 宋书君, 刘建民, 王宁. 东营凹陷岩性油藏成藏机制研究[J]. *石油勘探与开发*, 2003, 30(1): 47-48.
- Song Shujun, Liu Jianmin, Wang Ning. Forming mechanism of lithologic reservoirs in Dongying sag [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2003, 30(1): 47-48.
- (编辑 韩 或)
- ~~~~~
- (上接第 38 页)
- [13] 刘鑫金, 宋国奇, 邱贻博, 等. 东营北带中浅层油气运移通道网络及油气分布规律: 以坨 154 块为例[J]. *断块油气田*, 2012, 19(2): 163-166.
- Liu Xinjin, Song Guoqi, Qiu Yibo, et al. Migration pathway network and distribution law of hydrocarbon in medium-shallow layers in the northern zone of Dongying: A case study from Tuo154 Block [J]. *Fault-Block Oil and Gas Field*, 2012, 19(2): 163-166.
- [14] 宋成鹏, 宋国奇, 邱桂强, 等. 王家岗油田断层启闭性的地球化学判别方法[J]. *断块油气田*, 2012, 19(4): 453-457.
- Song Chengpeng, Song Guoqi, Qiu Guiqiang, et al. A geochemical method of fault sealing discrimination in Wangjiagang Oilfield [J]. *Fault-Block Oil and Gas Field*, 2012, 19(4): 453-457.
- [15] 赵利杰, 蒋有录, 刘华, 等. 饶阳凹陷留西—留北地区新近系地层水特征及其与油气分布的关系[J]. *地球科学与环境学报*, 2012, 34(2): 57-63.
- Zhao Lijie, Jiang Youlu, Liu Hua, et al. Characteristics of Neogene Formation Water and Its Response to Hydrocarbon Distribution in Liuxi-Liubei Area of Raoyang Sag [J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2012, 34(2): 57-63.
- [16] 刘华, 蒋有录, 陈涛. 东营凹陷辛东地区有效输导体系及成藏模式[J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2008, 32(4): 13-18.
- Liu Hua, Jiang Youlu, Chen Tao. Effective migration pathways and pool-forming model of Xindong area in Dongying depression [J]. *Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science*, 2008, 32(4): 13-18.
- [17] 罗文生, 张善文, 王永诗, 等. 渤南洼陷古近系—新近系断层活动与油气成藏[J]. *油气地质与采收率*, 2007, 14(3): 34-37.
- Luo Wensheng, Zhang Shanwen, Wang Yongshi, et al. Fault activity and hydrocarbon accumulation in Tertiary of Bonan Subsag [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2007, 14(3): 34-37.
- [18] 康仁华, 刘魁元, 赵翠霞, 等. 济阳拗陷渤南洼陷古近系沙河街组沉积相[J]. *古地理学报*, 2002, 4(4): 19-29.
- Kang Renhua, Liu Kuiyuan, Zhao Cuixia, et al. Sedimentary facies of the Shahejie formation of paleogene in Bonan sag of Jiyang depression [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2002, 4(4): 19-29.
- [19] 王秀红. 渤海湾盆地沾化凹陷富林洼陷油气来源及分布规律研究[J]. *石油实验地质*, 2013, 35(2): 151-156.
- Wang Xiuhong. Hydrocarbon origin and distribution regularity in Fulin sub-Sag, Zhanhua Sag, Bohai Bay Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2013, 35(2): 151-156.
- [20] 刘雅利, 程付启, 庄嘉翠, 等. 渤南洼陷北部陡坡带砂砾岩扇体油气成藏规律[J]. *油气地质与采收率*, 2010, 11(6): 23-26.
- Liu Yali, Cheng Fuqi, Zhuang Jiawei, et al. Hydrocarbon accumulation law of conglomerate bodies on the northern steep slope in Bonan sub-sag [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2010, 17(6): 23-26.
- (编辑 黄 娟)