

文章编号:1001-6112(2012)05-0481-05

南华北盆地谭庄凹陷 巴1井原油地球化学特征及成藏条件

倪春华¹, 徐良发¹, 周小进¹, 严永新², 蒋永福², 杨帆¹

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214126;

2. 中国石油化工股份有限公司 河南油田分公司 石油勘探开发研究院, 河南 南阳 473132)

摘要:通过对南华北盆地谭庄凹陷巴1井下白垩统原油的地球化学特征分析,认为该原油来自于下白垩统烃源岩,为自生自储型油藏。结合埋藏史—热演化史模拟结果分析,推测该原油经历了至少早(K₁)、晚(N+Q)2期充注过程。油气成藏条件综合研究表明,谭庄凹陷下白垩统烃源岩品质较好、盖层封闭能力强、局部圈闭发育、匹配关系良好,但由于下白垩统砂岩为低孔低渗储层,物性整体差,制约了油气勘探的突破。建议开展高精度层序地层学研究和沉积相精细刻画,预测相对有利的储层砂体。

关键词:地球化学特征; 油气充注; 油气成藏; 谭庄凹陷; 南华北盆地

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Geochemical characteristics and accumulation conditions of crude oils in well Ba 1, Tanzhuang Sag, Southern North China Basin

Ni Chunhua¹, Xu Liangfa¹, Zhou Xiaojin¹, Yan Yongxin², Jiang Yongfu², Yang Fan¹

(1. Wuxi Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214126, China;

2. Petroleum Exploration & Development Research Institute of SINOPEC Henan Oilfield Company, Nanyang, Henan 473132, China)

Abstract: The analysis of the biomarker compositional characteristics of crude oils from the Lower Cretaceous of the Tanzhuang Sag in the Southern North China Basin indicated for the Lower Cretaceous origin, and the reservoir was indigenously generated and accumulated. According to the simulation of burial and thermal evolution histories, there were at least two stages of hydrocarbon charging in the study area. The early stage was the Early Cretaceous and the late stage was from the Late Tertiary to Quaternary. The studies of accumulation conditions revealed that the Lower Cretaceous source rocks in the Tanzhuang Sag had good quality, strong sealing capacity and nice allocation of generation-migration-accumulation; however, the Lower Cretaceous sandstones with low porosity and permeability restricted petroleum exploration. High resolution sequence stratigraphy and sedimentary facies studies were advised to predict favorable sandbodies.

Key words: geochemical characteristics; hydrocarbon charging; hydrocarbon accumulation; Tangzhuang Sag; Southern North China Basin

谭庄凹陷位于南华北盆地周口坳陷中带西部,是一个中、新生代断陷,整体呈北西西向展布,包含北部斜坡带、双楼田鼻状构造带和东部断阶带3个次级构造单元^[1-4](图1)。凹陷内沉积岩最大厚度约为12 000 m,主要发育下白垩统、石炭系—二叠系2套烃源岩层系。区内下白垩统砂岩比例达40%以上,平均厚度为1 000 m左右,岩性主要为岩屑砂岩、岩屑长石砂岩,孔隙度平均为6.5%,渗透率平均值小于 $1.7 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,为低孔低渗储

层^[5]。据统计,泥岩单层厚度大于10 m的有近40层,单层最大厚度可达77 m,纵向上以永丰组上段最为发育,可作为较好的区域性盖层。目前的圈闭类型主要为断鼻构造、断块构造及其复合圈闭,其次为岩性圈闭^[6]。新一轮全国油气资源评价结果显示,谭庄凹陷下白垩统油气资源量为 0.71×10^8 t,勘探也证实,该区下白垩统具有良好的生储盖组合和成藏条件,巴1井、周参12井试获低产油流即为最有力的佐证。

收稿日期:2012-03-30;修订日期:2012-07-24。

作者简介:倪春华(1981—),男,硕士,工程师,从事油气地质与地球化学研究工作。E-mail:nichunhua_syky@sinopec.com。

基金项目:中国石化科技部项目(YPH08077)资助。

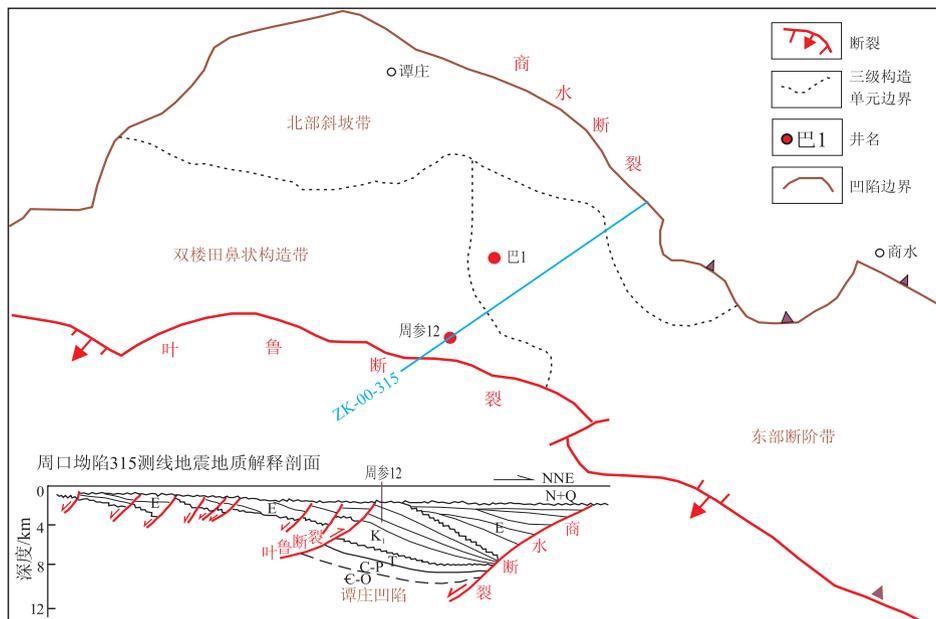


图1 南华北盆地谭庄凹陷构造单元划分
据文献[2-3]修改。

Fig.1 Structural elements of Tanzhuang Sag, Southern North China Basin

1 原油地球化学特征

巴1井位于谭庄凹陷双楼田断鼻贺庄断块,油气显示的层位大多集中在下白垩统永丰组,共有25.5 m/10层油气显示^[5]。对4 399.0~4 407.8 m井段进行压裂试油,累计产油8.81 m³,折算平均日产原油0.48 m³,为低产油流。

1.1 原油物理性质及化学组成

巴1井原油为高蜡、低硫的轻质油,与相邻的沈丘凹陷周参10井原油物理性质相似,均具有我国陆相原油含蜡量高的普遍特点^[7-9](表1)。对于高蜡原油的成因研究,国外学者的观点普遍认为原油中的蜡主要为高等植物来源^[10-11],而国内一些学者研究认为低等水生生物和湖相藻类也是高蜡原油形成的重要母质来源^[12-14]。谭庄—沈丘凹陷沉积相研究表明^[15],早白垩世巴1井位于较深湖相(图2),具备低等水生生物和湖相藻类发育的条件。另外,姥鲛烷/植烷(Pr/Ph)的比值为0.847,反映当时的沉积环境为水体较深的还原条件。

表2为谭庄凹陷巴1井和沈丘凹陷周参10井

原油的族组成分析结果。不难看出,两者均表现为正常的组成特征。同时,仔细对比后发现,巴1井K₁原油具有饱和烃含量高,芳烃、非烃和沥青质含量低的特点,周参10井K₁原油则表现为饱和烃含量较低,芳烃、非烃和沥青质含量较高。

1.2 生物标记化合物特征

从图3可以看出,巴1井K₁原油正构烷烃碳数分布范围为C₁₁-C₂₇,主峰碳为nC₁₉。曲线“鼓包”反映该原油在地质历史过程中曾遭受过生物降解作用。与周参10井K₁原油特征相似^[16],巴1井K₁原油中C₁₅锥满烷<C₁₆升锥满烷,后者丰度是前者的3倍之多(图4a)。其次,该原油富含三环萜烷,且表现为C₂₁<C₂₃,整个三环萜烷系列总体呈现以C₂₃为主峰的近正态分布(图4b)。此外,甾烷C₂₇,C₂₈,C₂₉表现为C₂₇>C₂₈<C₂₉的近“V”形分布,且三者当中C₂₇甾烷丰度最高(图4c)。巴1井K₁原油中藿烷系列碳数分布为C₂₇-C₃₅(图4d),缺失C₂₈,Tm<Ts,反映该原油成熟度较周参10井K₁原油(Ts/Tm<1)高。另外,该原油中检测到一定丰度的伽马蜡烷,伽马蜡烷指数(伽马蜡烷/C₃₀藿烷)为

表1 南华北盆地谭庄凹陷巴1井、周参10井下白垩统原油物理性质

Table 1 Physical properties of crude oils from Lower Cretaceous of wells Ba 1 and Zhoucan 10, Southern North China Basin

井号	埋深/m	密度/(g·cm ⁻³)	含蜡量/%	凝固点/℃	含硫量/%	数据来源
巴1	4 399.0~4 407.8	0.829 0~0.848 8	16.27~21.37	28		文献[5]
周参10	2 262.6~2 266.0	0.880 0	17.00	26	0.52	文献[16]

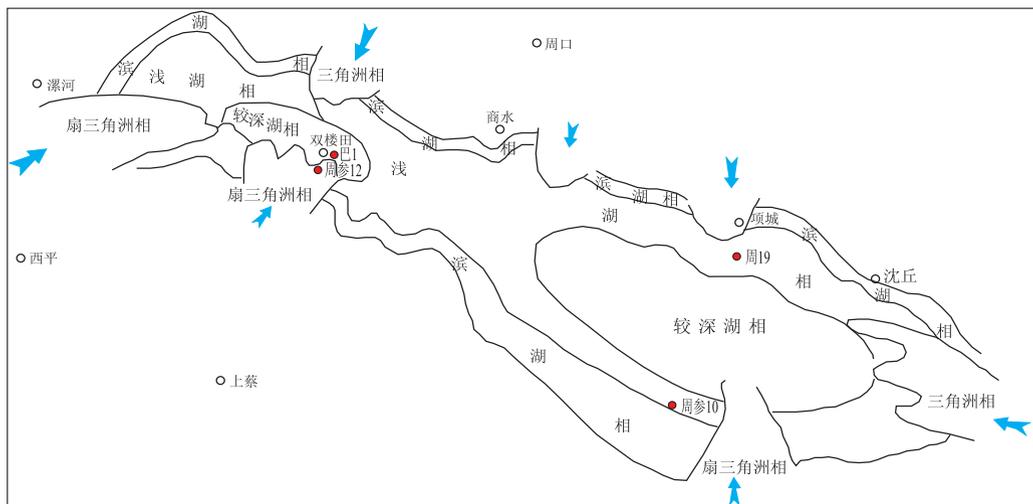


图2 南华北盆地谭庄—沈丘凹陷早白垩世沉积相

据文献[15]修改。

Fig.2 Early Cretaceous sedimentary facies, Tanzhuang–Shenqiu Sags, Southern North China Basin

表2 南华北盆地谭庄凹陷巴1井、周参10井下白垩统原油族组成统计

Table 2 Group-types of crude oils from Lower Cretaceous of wells Ba 1 and Zhoucan 10, Southern North China Basin

井号	埋深/m	饱和烃/%	芳烃/%	非烃/%	沥青质/%	数据来源
巴1	4 399.0 ~ 4 407.8	87.36	6.42	2.66	0.58	本次实测
周参10	2 262.6 ~ 2 266.0	66.64	14.83	9.18	6.09	文献[16]

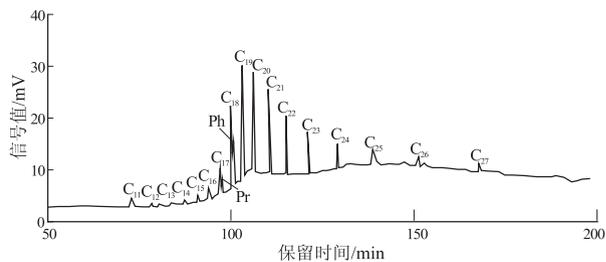


图3 南华北盆地谭庄凹陷巴1井 K₁ 原油全烃色谱

Fig.3 Whole hydrocarbon chromatogram of crude oils from Lower Cretaceous of well Ba 1, Tanzhuang Sag, Southern North China Basin

0.17,而淡水—微咸水沉积环境的松辽盆地原油样品的该参数在0.15~0.30之间^[17],两者较为接近。

2 成烃演化分析

从巴1井埋藏—热演化史模拟曲线可以看出(图5),该井在早白垩世的沉降速率很大,与其邻近的周参12井沉降速率达到了341 m/Ma^[16]。早白垩世中期,下白垩统底部烃源岩的埋深达到2 500~3 000 m左右,进入生油门限($R_o=0.50\%$)。随后从130 Ma开始,在近50 Ma的时间里保持埋藏基本不变的状态。至早白垩世末,由于区域应力场发生转变,盆地发生反转隆升,K₁烃源岩停止生

油,由于反转构造既是油气聚集成藏的主要场所,同时也是油气散失、遭受破坏的主要部位,已生成的原油部分逸散,部分遭受微生物的强烈改造作用,仅有少部分残存。进入新生代以后,由于E和N-Q地层的沉积叠加,K₁烃源岩埋藏深度达到3 500~5 000 m,开始二次生烃,其成熟度 R_o 主体处于0.70%~1.30%,进入生油高峰阶段。

3 成藏条件分析

3.1 烃源岩

早白垩世,谭庄—沈丘凹陷表现为南断北超,沉积了一套灰色碎屑岩,较深湖相主要发育于永丰组下段。研究表明,该地区在早白垩世存在2个沉积中心,分别位于双楼田和高寺地区。据统计,巴1井揭示下白垩统永丰组共发育暗色泥岩150层,累计厚度可达441 m,其中单层最大厚度为13.5 m。分析测试结果显示,永丰组暗色泥岩 $\omega(\text{TOC})$ 均值为1.03%,氯仿沥青“A”均值为0.023 2%, I_H 均值为127 $\mu\text{g/g}$, S_1+S_2 均值为0.83 mg/g,目前主要处于成熟生油阶段,这与利用生物标志化合物参数判别巴1井原油的成熟度所得的结论相吻合^[9]。综合有机质丰度指标和成熟度,评价下白垩统永丰组暗色泥岩为中等品质的烃源岩。巴1井、周参12井、周参10井

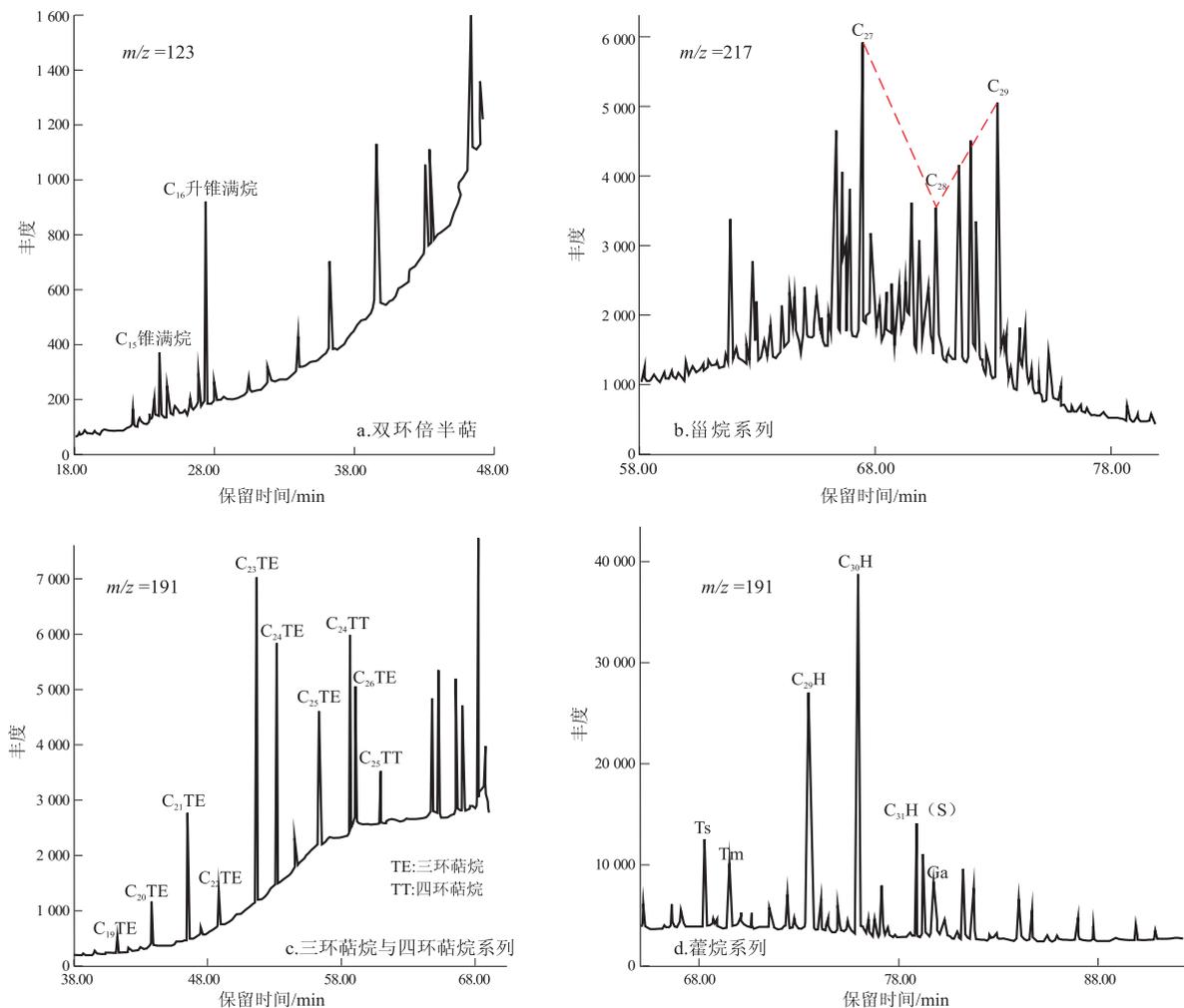


图4 南华北盆地谭庄凹陷巴1井K₁原油生物标记化合物分布特征

Fig.4 Distribution characteristics of biomarkers of crude oils from Lower Cretaceous of well Ba 1, Tanzhuang Sag, Southern North China Basin

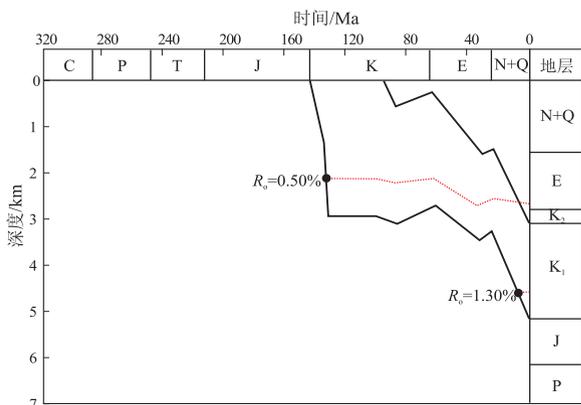


图5 南华北盆地谭庄凹陷巴1井下白垩统埋藏—热演化史曲线

Fig.5 Burial and thermal evolution history curves of Lower Cretaceous of well Ba 1, Tanzhuang Sag, Southern North China Basin

3.2 储层

沉积相研究表明,早白垩世谭庄凹陷存在南、北2个方向的物源区,主要发育三角洲相、扇三角洲相、滨浅湖相,砂岩储层相对比较发育,但物性普遍较差。统计结果显示,谭庄凹陷6口钻井下白垩统砂岩储层样品的孔隙度均值为8.42%左右,渗透率均值不超过 $1.079 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。其中,巴1井三角洲前缘砂体孔隙度仅为1%~5%,渗透率为 $(0.04 \sim 0.23) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储集物性非常差^[2]。纵向层位分布上,以商水组相对较好,孔隙度均值为10.64%,渗透率均值为 $2.38 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ^[5]。

3.3 盖层

谭庄凹陷下白垩统盖层主要为大套泥岩,单层最大厚度可达77 m。纵向上,永丰组上段泥岩最为发育,所占比例一般为16%~52.1%^[5]。另外,气体突破试验结果也表明,永丰组上段对油气的封盖能力最强,是该凹陷下白垩统良好的区域性盖

等探并于下白垩统试获低产油流的勘探成果也证实了这套烃源岩的有效性。

层。因此作为油气成藏要素之一,该地区的盖层条件不是主要问题。

3.4 圈闭

地震资料解释结果表明,谭庄凹陷主要发育NEE和NW2组走向的断裂,圈闭类型以断鼻、断块构造及其复合圈闭为主^[3],钻探的巴1井即位于双楼田鼻状构造带上的贺庄断块。这些圈闭的形成期主要为早白垩世末走滑—裂陷期,随后相继经历了燕山晚期、喜马拉雅早期和喜马拉雅中期3个构造定型期。不难发现,圈闭的定型时间普遍早于古近纪末的生油高峰时间,两者时空关系匹配良好,有利于油气的捕获和聚集成藏。

综合上述成藏要素的条件分析,认为谭庄凹陷下白垩统烃源岩品质较好、盖层封闭能力强、匹配关系良好,但由于储层物性整体较差,进而导致巴1井低产,这也是制约油气勘探突破的关键因素。沈丘凹陷周参10井K₁油流低产的原因与此相似。

4 结论

1)谭庄凹陷巴1井K₁原油具有陆相原油的地球化学特征,且为自生自储型的油藏。结合埋藏—热演化史分析,巴1井K₁原油经历了至少2期充注,早期低熟油大多遭受破坏,晚期高熟油则较好地保存下来。

2)谭庄凹陷下白垩统烃源岩品质较好、盖层封闭能力强、局部圈闭发育、匹配关系良好,但由于下白垩统砂岩大多为低孔低渗储层,物性整体差,制约了油气勘探的突破。

3)巴1井、周参12井等K₁低产油流的发现,证实了谭庄凹陷下白垩统具有形成油气藏的有利条件。明确了制约油气勘探突破的关键因素,建议开展高精度层序地层学研究和沉积相精细刻画,预测相对有利的储层砂体,如此将能够取得谭庄凹陷下白垩统油气勘探的新发现。

致谢:本文在取样和研究过程中得到河南油田分公司石油勘探开发研究院领导的支持和帮助,在

此表示诚挚的感谢。

参考文献:

- [1] 孙自明,熊保贤.周口坳陷的逆冲推覆构造特征[J].石油勘探与开发,1999,26(3):22-26.
- [2] 陈祥,张琴,朱筱敏,等.南华北盆地谭庄凹陷下白垩统储集体成因类型及特征[J].石油实验地质,2010,32(2):124-129.
- [3] 谢其锋,周立发,何明喜,等.南华北盆地谭庄凹陷构造特征与下白垩统勘探前景[J].石油与天然气地质,2009,30(5):643-647.
- [4] 张琴,朱筱敏,陈祥,等.南华北盆地谭庄凹陷下白垩统成岩相分布及优质储层预测[J].石油与天然气地质,2010,31(4):472-480.
- [5] 杜建波,黄晓,马荣芳,等.谭庄—沈丘凹陷下白垩统油气勘探突破关键因素分析[J].石油天然气学报(江汉石油学院学报),2008,30(5):171-177.
- [6] 张功成,徐宏,王同和,等.中国含油气盆地构造[M].北京:石油工业出版社,1999:201-212.
- [7] 梁世友,何将启,倪春华,等.北黄海盆地中生界油源对比及成因分析[J].石油实验地质,2011,33(4):414-418.
- [8] 徐义卫.济阳坳陷八面河地区古近系孔店组油气成藏特征[J].石油与天然气地质,2011,32(3):352-359.
- [9] 白森舒,周小进,倪春华,等.南华北盆地谭庄凹陷巴1井下白垩统原油成因及地质意义[J].石油实验地质,2011,33(6):634-638.
- [10] Tissot B P, Welte D H. Petroleum formation and occurrence [M]. New York: Springer-Verlag,1984.
- [11] Tegelaar E W, Mathezing R M, Jansen J B H, et al. Possible origin of n-alkanes in high wax crude oils [J]. Nature,1989,342(6249):529-531.
- [12] 王飞宇,郝石生,何萍,等.泌阳凹陷湖相藻类体中藻质素作为高蜡油母质[J].科学通报,1997,42(11):1193-1196.
- [13] 黄海平,郑亚斌,张占文,等.低等水生生物:高蜡油形成的重要来源[J].科学通报,2003,48(10):1092-1098.
- [14] 吕慧,陈致林,王忠,等.济阳坳陷东营凹陷南斜坡高蜡原油高分子量烃类分布及高蜡成因[J].石油与天然气地质,2008,29(3):355-360.
- [15] 李文厚,陈景维,邵磊.周口坳陷早白垩世沉积相与沉积格局[J].岩相古地理,1996,16(1):44-50.
- [16] 饶丹,全书进.南华北盆地周口坳陷周参10井低产油流剖析[J].石油实验地质,2005,27(6):612-618.
- [17] 张立平,黄第藩,廖志勤.伽马蜡烷:水体分层的地球化学标志[J].沉积学报,1999,17(1):136-140.

(编辑 黄娟)