

文章编号:1673-5005(2010)04-0033-05

孙吴-嘉荫盆地太平林场组烃源岩生物标志化合物地球化学特征

高福红, 樊 馥, 高红梅

(吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061)

摘要:应用气相色谱和色谱-质谱等分析方法,对孙吴-嘉荫盆地太平林场组湖相暗色泥岩样品的地球化学特征进行研究。结果表明:太平林场组烃源岩可溶烃含量已达到烃源岩标准,族组分中可溶烃类含量高,饱/芳比值高,有机质类型好;正构烷烃及生物标志化合物特征均反映了烃源岩具有未熟-低熟特点;烃源岩有机质具有混合型母质的特点,菌藻类低等生物在成烃母质中含量丰富;烃源岩沉积和保存于盐度较高的还原-弱还原环境,水体存在着化学成分分层,有利于有机质的埋藏保存,可以为孙吴-嘉荫盆地的油气生成提供物质基础。

关键词:孙吴-嘉荫盆地;早白垩世;烃源岩;生物标志化合物

中图分类号:TE 121.1

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1673-5005.2010.04.006

Geochemical characteristics of biomarkers of source rocks from Taipinglinchang formation in Sunwu-Jiayin Basin

GAO Fu-hong, FAN Fu, GAO Hong-mei

(College of Earth Science in Jilin University, Changchun 130061, China)

Abstract: The geochemical characteristics of black mudstone from the lacustrine facies in Taipinglinchang formation, Sunwu-Jiayin Basin were researched by gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometer. The results indicate that the content of soluble hydrocarbon in the black mudstone from Taipinglinchang formation has reached the source rocks standard, with high content of soluble hydrocarbon in the group composition, high ratio of saturated/aromatic hydrocarbons and good organic type. The both properties of the n-pentane and the biomarkers demonstrate the characteristic of prematurity-low maturation of source rocks. The organic material of source rock possesses character of the mixed parent material, with the rich content of thallophyte in the organic sources. The source rocks deposited and preserved in the reductive-weakly reductive circumstance with high salinity. The water with chemistry stratify is better for burial and preservation of organic material, which can provide material foundation for the oil and gas forming in Sunwu-Jiayin Basin.

Key words: Sunwu-Jiayin Basin; Early Cretaceous; source rocks; biomarkers

孙吴-嘉荫盆地位于黑龙江省北部孙吴、逊克和嘉荫三县境内,北隔黑龙江与俄罗斯的结雅-布列雅为同一盆地,总面积为 55 000 km²,呈东西向展布,向南与松辽盆地相接,沉积地层以白垩系为主。该盆地在俄罗斯境内石油地质研究程度较高,并获得工业油流,而在我国境内目前仅开展了古生物、地层、重磁和局部的地震勘探工作^[1-4],对于石油地质方面烃源岩的研究十分薄弱。大庆油田在上白垩统太平林场组野外暗色泥岩所夹砂岩中首次发现含

油^[5],说明有机质已成熟,并且发生过油气的生成和运移。太平林场组野外露头的泥岩中,有机碳含量平均为 0.648%,干酪根类型为 II₂ 型和 III 型,镜质体反射率(R_o)平均值为 0.78%,为中—高级别烃源岩^[6]。笔者对太平林场组野外露头泥岩进行氯仿沥青“A”、族组分、饱和烃气相色谱和生物标志化合物进行色谱-质谱分析,结合嘉 D₂ 井暗色泥岩样品分析数据,讨论烃源岩可溶烃类的有机地球化学特征,为下一步油气勘探提供依据。

收稿日期:2010-01-08

基金项目:国家油气资源战略选区专项课题(XZ-2004-7)

作者简介:高福红(1963-),女(满族),辽宁朝阳人,副教授,博士,从事岩石学和油气地球化学研究。

1 样品特征及分析条件

太平林场组剖面位于黑龙江省嘉荫-萝北公路 4 公里处,发育的岩石类型包括砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥质砂岩和泥岩,并以暗色泥岩为主。泥岩累积厚度为 65 m,零星夹有砂岩透镜体和菱铁矿结核。剖面未见该层位顶底。在剖面中选取了 6 个样品进行分析测试(图 1)。嘉 D₂ 井分析资料由大庆研究院提供。

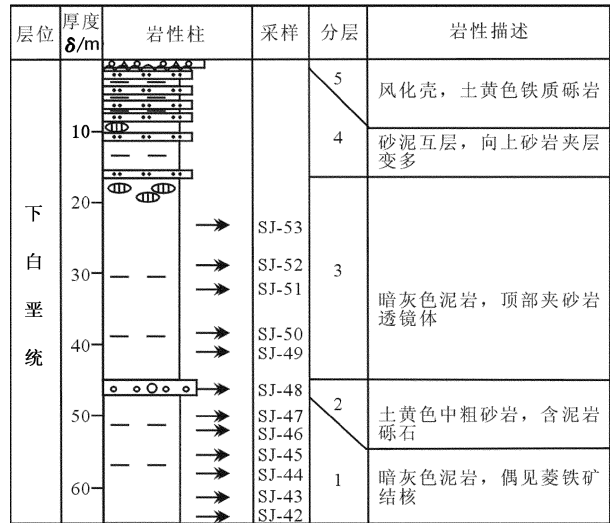


图 1 太平林场组剖面柱状图及采样位置
Fig.1 Column of Taipinglingcang formation profile and sample location

样品测试单位为北京中石油勘探开发研究院。饱和烃气相色谱 GC 分析仪器为美国 HP-5890GC;色谱柱为弹性石英毛细柱 OV-1,规格 30 m×0.22 mm;

表 1 烃源岩饱和烃分析数据

Table 1 Analytical data of saturated hydrocarbon in source rocks											
样品 编号	岩性	峰型	主峰碳	碳数范围	$w(C_{21-})/$ $w(C_{22+})$	$w(C_{21+22})/$ $w(C_{28+29})$	$w(Pr)/$ $w(Ph)$	$w(Pr)/$ $w(nC_{17})$	$w(Ph)/$ $w(nC_{18})$	碳优势 指数 CPI	奇偶 优势 OEP
SJ-42	泥岩	双峰	C ₂₉	12~33	0.41	0.19	1.83	1.09	0.95	2.60	3.75
SJ-44	泥岩	单峰	C ₂₉	12~37	0.45	0.96	1.73	0.79	0.46	1.19	1.48
SJ-46	泥岩	双峰	C ₂₉	14~35	0.42	0.15	2.00	1.18	1.10	2.35	2.85
SJ-49	泥岩	双峰	C ₂₉	13~35	0.39	0.26	1.53	0.97	0.95	2.18	2.71
SJ-51	泥岩	双峰	C ₂₉	12~33	0.40	0.13	1.79	1.15	1.27	2.89	3.82
SJ-53	泥岩	双峰	C ₂₉	12~34	0.59	0.41	1.64	1.22	1.39	2.70	3.55

3.2 异戊二烯烃类分布特征

Peters K E 等^[7-8]认为, $w(Pr)/w(Ph)$ 小于 0.8 为强还原环境,0.8~3 为还原环境,大于 3 为氧化环境下陆源有机质输入。研究区露头样品 $w(Pr)/w(Ph)$ 为 1.64~2,反应暗色泥岩沉积和早成岩期是一般开放的弱还原环境,可能接近沼泽环境; $w(Pr)/w(nC_{17})$ 和 $w(Ph)/w(nC_{18})$ 分别为 0.79~

检测器为氢火焰离子化检测器,330 ℃。色谱-质谱(GC-MS)分析在英国 FISIONS MD800 上进行,色谱柱为 HP-5MS 色谱柱;进样口及接口温度均为 300 ℃。

2 氯仿沥青“A”及族组分特征

样品中氯仿沥青“A”含量为 0.008 5%~0.024 4%,12 个样品平均值为 0.014%。结合嘉 D₂ 井测试数据,52 个样品平均值为 0.015%,已经达到烃源岩标准。饱和烃+芳烃含量为 22.21%~59.19%,饱芳比值为 0.92~2.7,一般都大于 1,反映较好的有机质类型。根据氯仿沥青“A”含量及族组分特征可以看出太平林场组烃源岩较好,有机质类型好,并具有低成熟的特点。

3 饱和烃气相色谱特征

3.1 正构烷烃分布特征

暗色泥岩样品可溶烃中正构烷烃表现为后高双峰型(图 2),碳数分布范围较宽,从 C₁₂ 到 C₃₇,主峰碳为 C₂₉,成熟度指标奇偶优势(OEP)和碳优势指数(CPI)分别为 1.48~3.82 和 1.19~2.87,反映未熟-低熟特征; $w(C_{21-})/w(C_{22+})$ 值为 0.39~0.59, $w(C_{21+22})/w(C_{28+29})$ 为 0.13~0.96,反映生源以陆生高等植物为主,又有低等水生生源贡献的混合型母质。嘉 D₂ 井太平林场组暗色泥岩样品的 OEP 多在 1~1.2,对应 $w(C_{21+22})/w(C_{28+29})>1$,反映低碳数同系物的明显优势,说明成烃母质中以低等水生生物为主(表 1)。

1.22 和 0.46~1.27,说明部分样品发生了一定程度的降解。嘉 D₂ 井样品 $w(Pr)/w(Ph)$ 均小于 0.8,反应了高盐度强还原的环境特征。

4 生物标志化合物特征

4.1 萜烷分布特征

太平林场组暗色泥岩生物标志物色谱-质谱

(GC-MS)分析检测出明显的藿烷系列(五环三萜化合物)、三环萜烷和少量四环萜烷。其含量分布具

有四环萜烷<三环萜烷<五环三萜烷的变化趋势(图 3)。

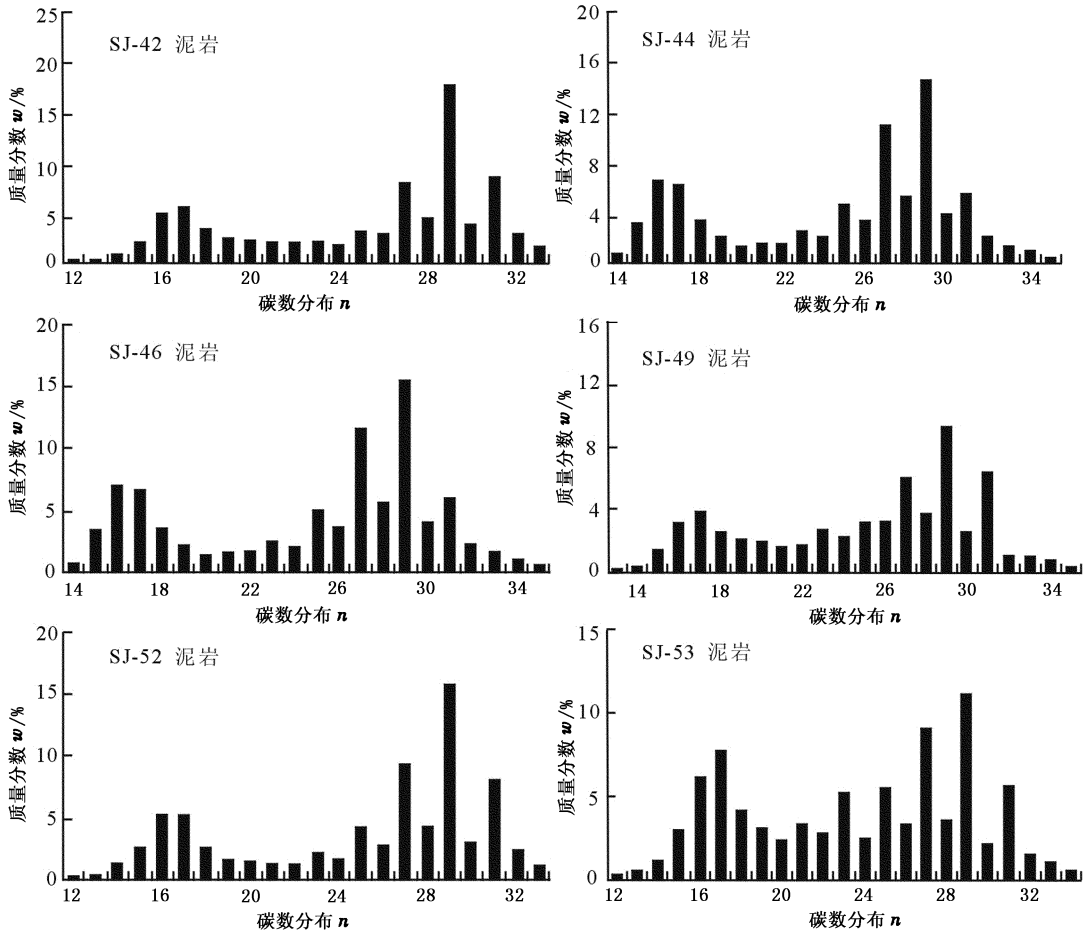


图 2 烃源岩正构烷烃分布

Fig. 2 Distribution of *n*-pentane of source rocks

五环三萜烷多存在于陆相高等植物中,其中藿烷系列存在于细菌、蕨、苔藓和蓝绿藻中^[9]。五环三萜烷含量丰富,碳数分布范围为 27 ~ 36。样品谱峰特征多表现 C₃₀藿烷优势,个别 C₃₀ββ 藿烷占优势。多数样品检测出含量较高的 C₂₉ββ, C₃₀ββ, C₃₁ββ, C₃₂ββ 藿烷系列。大量沉积物和原油分析结果显示,随着温度升高,分子构型由 ββ 向 αβ 和 βα 型转化,因此 ββ 型生物藿烷被认为只存在于未成熟烃源岩中^[10]。上述检测结果显示测试烃源岩样品大都为未熟烃源岩。

$w(Ts)/w(Tm)$ 小于 1 是低熟烃源岩特征^[7]。随着成熟度增高,该比值升高。太平林场组烃源岩 $w(Ts)/w(Tm)$ 大都小于 1,显示未熟特点,与 ββ 藿烷分布相吻合。反映烃源岩成熟度的指标 C₃₁ $w(22S)/w(22(S+R))$ 随着成熟度增加,萜烷 R 结构向 S 型转化,该比值变大^[11]。太平林场组烃源岩该比值分布范围为 0.23 ~ 0.53,反映样品未熟—低熟

特征(表 2)。

伽马蜡烷的存在更多地反应湖泊水体的化学分层情况^[12]。样品的 $w(G)/w(C_{30}H)$ 为 0.1 ~ 0.12,个别极低,反映了太平林场组泥岩沉积时水体较为强烈的化学分层情况。

太平林场组暗色泥岩中 C₂₄ 四环萜烷含量较低,为 0.13% ~ 0.31%,它主要是五环三萜烷的生物降解或热降解的产物,与藿烷类化合物共生^[13],该标志物的含量特征反映了成烃母质中微生物生源的贡献。研究表明,三环萜烷生源母质的微生物不仅包含细菌,也包含藻类,可统称为菌藻生源^[14]。太平林场烃源岩三环萜烷含量较低,碳数分布较宽(C₁₉ ~ C₃₀),以 C₂₁ 和 C₂₃ 为主峰碳。大部分样品检测出 C₁₉, C₂₀, C₂₁ 且呈上升阶梯状分布。 $w(三环+四环萜烷)/w(C_{30}H)$ 变化范围为 0.23 ~ 0.70,说明菌藻类低等生物在成烃母质中含量丰富(表 2)。

暗色泥岩中检出的甾类化合物主要成分为规则

甾烷,重排甾烷,其次为孕甾烷和升孕甾烷。其中规则甾烷含量最高。

表 2 生物标志化合物参数

Table 2 Geochemical parameters of biomarkers

样品	191 类				217 类						
	$w(\text{三+四环萜烷})/w(\text{C}_{30}\text{H})$	$w(\text{Ts})/w(\text{Tm})$	$w(\text{G})/w(\text{C}_{30}\text{H})$	$\text{C}_{31}w(22\text{S})/w(22(\text{S+R}))$	$w(\text{孕+升孕})/w(\text{C}_{27}\text{甾烷})$	$w(\text{C}_{27}\text{重排})/w(\text{C}_{27}\text{甾烷})$	$w(\text{甾})/w(\text{藿})$	$\text{C}_{29}w(\alpha\alpha\text{S})/w(\text{S+R})$	$\text{C}_{29}w(\beta\beta)/w(\alpha\alpha+\beta\beta)$	$\alpha\alpha\text{R}w(\text{C}_{27})/w(\text{C}_{29})$	$\alpha\alpha\text{R}w(\text{C}_{28})/w(\text{C}_{29})$
SJ-42	极低	极低	极低	0.23	0.04	极低	0.35	极低	0.03	0.729	0.542
SJ-44	0.70	0.83	极低	0.34	0.15	0.33	0.30	0.22	0.43	0.387	0.547
SJ-46	0.39	1.12	0.12	0.53	0.13	0.44	0.29	0.38	0.40	0.857	0.745
SJ-49	0.38	0.96	0.10	0.34	0.13	0.39	0.30	0.18	0.42	0.221	0.367
SJ-51	0.38	0.99	0.10	0.48	0.13	0.36	0.31	0.30	0.29	0.699	0.610
SJ-53	0.23	0.45	0.11	0.29	0.09	0.27	0.30	0.15	0.35	0.340	0.370

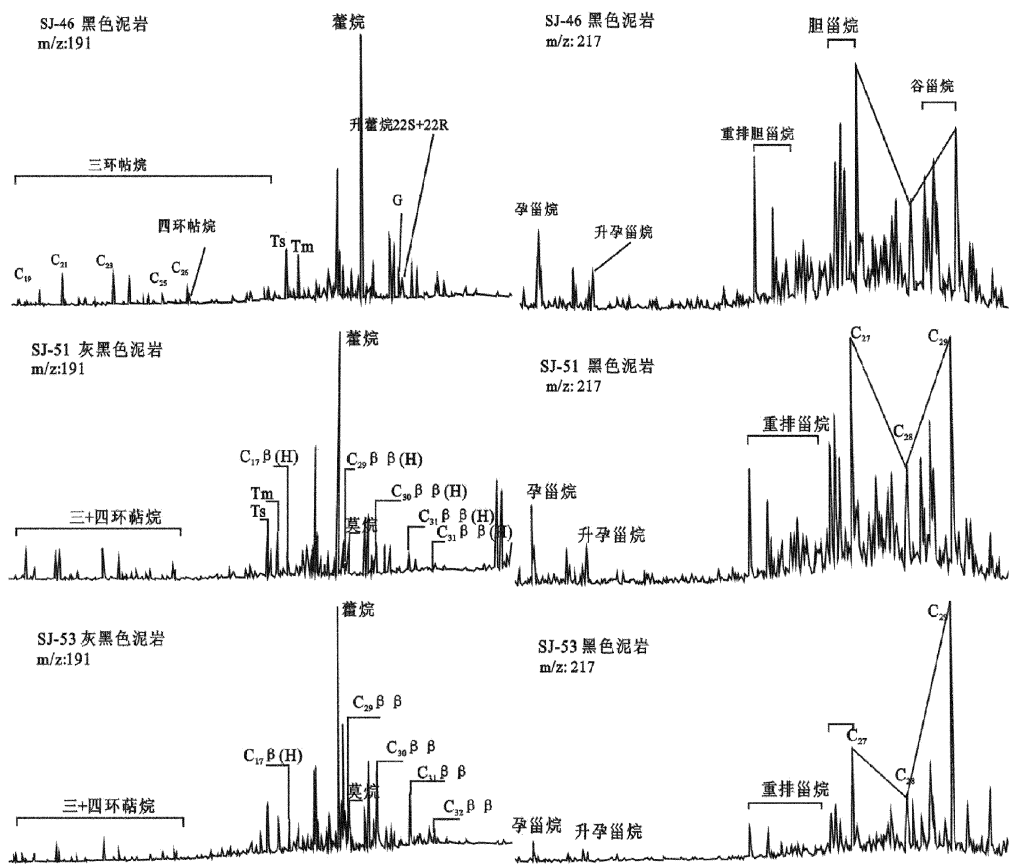


图 3 甾、萜烷质量色谱图

Fig. 3 Triterpane (m/z 191) and sterane (m/z 217) chromatogram

$\text{C}_{29}w(\alpha\alpha\text{S})/w(\text{S+R})$ 被认为是受沉积环境和母源输入影响很小的定量指标^[15]。太平林场组暗色泥岩该值为0.15~0.38。 $\text{C}_{29}w(\beta\beta)/w(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 为0.03~0.43。二者均反映有机质为未熟—低熟。

孕甾烷和升孕甾烷含量代表水体的咸化程度,一般在咸化湖中含量丰富,也可以来源于甾烷类的水解^[15]。该区 $w(\text{孕+升孕})/w(\text{C}_{27}\text{甾烷})$ 为0.04~0.15。重排甾烷的形成与黏土矿物的酸性催化作用有关,并且它在高盐环境的烃源岩和原油中含量少而在煤系地层中含量丰富^[16]。在 $w(\text{Pr})/w(\text{Ph})<$

0.5的强还原环境中,重排甾烷的形成受到抑制^[17]。该区 $w(\text{C}_{27}\text{重排})/w(\text{C}_{27}\text{甾烷})$ 为0.27~0.44,重排甾烷含量较低,反映了盐度较高的还原水体环境。该区 $w(\text{孕+升孕})/w(\text{C}_{27}\text{甾烷})$ 及 $w(\text{C}_{27}\text{重排})/w(\text{C}_{27}\text{甾烷})$ 在剖面的变化情况看,顶底部的盐度稍低。

$w(\text{甾})/w(\text{藿})$ 在该区为0.29~0.35,陆源类脂体具藿烷优势, $w(\text{甾})/w(\text{藿})$ 反映生源母质以陆源为主的混合母质情况。规则甾烷 $\alpha\alpha\text{R}w(\text{C}_{27})/w(\text{C}_{29})$ 为0.34~0.857, $\alpha\alpha\text{R}w(\text{C}_{28})/w(\text{C}_{29})$ 为0.37

~0.745。样品中规则甾烷 C_{27} , C_{28} , C_{29} 含量具有不对称 V 型($w(C_{27}) > w(C_{28}) < w(C_{29})$) 及反 L 型($w(C_{27}) < w(C_{28}) < w(C_{29})$) 两种分布形态,同样体现了混合型母质的特点。

5 结 论

(1) 太平林场组烃源岩可溶烃含量已达到烃源岩标准,族组分中可溶烃类含量高,饱/芳比值高,有机质类型好。正构烷烃及生物标志化合物特征均反映了该区烃源岩具有未熟—低熟特点。

(2) 太平林场组烃源岩具混合型母质的特点,菌藻类低等生物在成烃母质中含量丰富。烃源岩沉积和保存于盐度较高的还原—弱还原的环境。水体存在着化学成分分层,有利于有机质的埋藏保存。

(3) 太平林场组烃源岩生源母质具有生成未熟—低熟油的潜力,可以为孙吴-嘉荫盆地的油气生成提供物质基础。

参考文献:

- [1] 赵海滨,尹志刚,汪岩,等. 黑龙江北部嘉荫盆地中南部原划新近系时代的重新厘定[J]. 地质通报,2006,25(4):460-464.
ZHAO Hai-bin, YIN Zhi-gang, WANG Yan, et al. Re-definition of the original Neogene strata in the south-central Jiayin Basin, northern Heilongjiang, China[J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(4):460-464.
- [2] 李罡. 黑龙江省嘉荫地区晚白垩世太平林场组的俞式链叶肢介[J]. 古生物学报,2005,44(2):322-324.
LI Gang. Halyssetheria yui from the nenjiangian taipinglingchang formation of Heilangjiang Province, China[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2005, 44(2):322-324.
- [3] 乔秀云,孙跃武,万传彪,等. 孙吴-嘉荫盆地嘉 D_1 井孢粉地层学研究[J]. 世界地质,2005,24(1):11-17.
QIAO Xiu-yun, SUN Yue-wu, WAN Chuan-biao, et al. Palynological stratigraphy of Jia D_1 well in Sunwu-Jiayin Basin[J]. Global Geology, 2005, 24(1):11-17.
- [4] 郑玉龙,刘文龙,乔秀云. 黑龙江孙吴-嘉荫盆地白垩纪孢粉组合及地层划分对比[J]. 地层学杂志,2005,29(4):342-346.
ZHENG Yu-long, LIU Wen-long, QIAO Xiu-yun. Cretaceous spore-pollen assemblages in Sunwu-Jiayin Basin and their stratigraphic significance[J]. Journal of Stratigraphy, 2005, 29(4):342-346.
- [5] 万传彪,刘本培,乔秀云,等. 嘉荫盆地太平林场组巴尔姆孢的发现及意义[J]. 地质学报,2004,78(1):1-6.

- WAN Chuan-biao, LIU Ben-pei, QIAO Xiu-yun, et al. The discovery of Balmeisporites and its significance of Taipinglingchang formation in Jiayin Basin, Heilongjiang[J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(1):1-6.
- [6] 樊馥,高福红,刘立,等. 孙吴-嘉荫盆地上白垩统太平林场组烃源岩特征及评价[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2007,37(5):919-923.
FAN Fu, GAO Fu-hong, LIU Li, et al. The characters and evaluation of source rocks of the Late Cretaceous in the Sunwu-Jiayin Basin, NE China[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2007, 37(5):919-923.
- [7] PETERS K E, MOLDOWAN J M. The biomarker guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments[M]. New Jersey:Prentice Hall,1993.
- [8] 苗建宇,周立发,邓昆,等. 新疆北部中二叠统烃源岩有机质与沉积环境的关系[J]. 地球化学,2004,33(6):551-660.
MIAO Jian-yu, ZHOU Li-fa, DENG Kun, et al. Organic matters from Middle Permian source rocks of northern Xinjiang and their relationships with sedimentary environments[J]. Geochimica, 2004, 33(6):551-660.
- [9] 徐伟民. 石油地球化学在油气勘探中的应用[M]. 东营:石油大学出版社,1993:73-74.
- [10] 任军虎,王万春,康晏. 有机地球化学指标分析[J]. 矿物岩石地球化学通报,2006,25(3):266-271.
REN Jun-hu, WANG Wan-chun, KANG Yan. The analysis of organic geochemistry indexes[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2006, 25(3):266-271.
- [11] 许怀先,陈丽华,万玉金,等. 石油地质实验测试技术与应用[M]. 北京:石油工业出版社,2001:91-92.
- [12] 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.
ZHANG Li-ping, HUANG Di-fan, LIAO Zhi-qin. Gam-macerane—geochemical indicator of water column stratification[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(1):136-140.
- [13] 王起琮,李文厚,赵靖舟,等. 陕北地区三叠系延长组长一段烃源岩生物标志化合物特征[J]. 中国西部油气地质,2006,2(2):194-198.
WANG Qi-cong, LI Wen-hou, ZHAO Jing-zhou, et al. Characteristics of saturated hydrocarbon biomarkers of the source rocks in the member 1 of Yanchang formation, upper Triassic in Shanbei, China[J]. West China Petroleum Geosciences, 2006, 2(2):194-198.

(下转第66页)