



黑龙江省漠河盆地早白垩世火山岩系 烃源岩生烃潜力研究

高红梅¹, 高福红², 张月巧³

1. 中国石油大学(北京)资源与信息学院; 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249
2. 吉林大学地球科学学院, 长春 130061
3. 中国石油勘探开发研究院, 北京 102249

摘要 漠河盆地依列克得组潜在烃源岩为一套发育在玄武岩系之间的湖沼相沉积岩系。本文利用多种有机地球化学分析手段, 探讨了该套烃源岩的有机质丰度、类型、成熟度及火山岩对该套烃源岩的作用。漠河盆地依列克得组烃源岩有机质丰度较高, 优于中侏罗系烃源岩; 有机质类型以 II_B 型为主, 考虑到风化作用的影响, 该套烃源岩有机质类型可能要优于元素分析的结果; 有机质热演化程度比较低, 处于刚进入生油门限的低成熟阶段, 烃源岩并未受其周围玄武岩的过渡热烘烤作用, 指示火山岩浆溢出的古地理环境应为水下湖盆环境。

关键词 漠河盆地; 依列克得组; 烃源岩; 生烃潜力

中图分类号 TE122

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)02-0081-05

Generation Potential of Source Rocks in Volcanic Series of the Early Cretaceous Period in Mohe Basin, Heilongjiang Province

GAO Hongmei¹, GAO Fuhong², ZHANG Yueqiao³

1. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, School of Resource and Information Technology, China University of Petroleum, Beijing, Beijing 102249, China
2. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China
3. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China

Abstract The Yiliekedede Formation source rock in Mohe Basin belongs to limnetic facies and is the development in basaltic series. Based on various organic geochemical analyses, the abundant sources of the organic materials, the type of organic materials, the organic maturity and the influence of volcanic rocks on source rocks are discussed. The results show that the organic materials in the source rock are more abundant than in Jurassic Formation source rocks. Based on the elemental analysis, the organic materials are shown to be dominant in the type of II_B kerogen. Due to the weathering effect, the organic materials may be better than in II_B. The degree of thermal evolution of organic matter is still in a low mature stage, and has just entered the oil generation threshold. The source rocks are not heated seriously by the basalt, which indicates that the environment of the spilling of magma belongs to lake basin.

Keywords Mohe Basin; Yiliekedede Formation; source rocks; hydrocarbon-generating potential

漠河盆地位于黑龙江省西北部, 为中生代构造残留盆地, 生储盖层均较发育, 具有较好的油气勘探潜力^[1]。该盆地为著名的林区, 露头甚差, 由于受地域偏远和植被发育等条件限制, 盆地研究基础较为薄弱, 相关专题性地质研究几乎

为空白, 致使漠河盆地研究程度极低^[2], 目前仅完成地质浅井两口和几条不规则二维地震剖面。随着对松辽盆地外围各个盆地地质普查的进行, 中生代地层的资源潜力已越来越引起人们关注^[3-4]。漠河盆地为中国东部勘探程度较低的盆地中最

收稿日期: 2009-11-19

基金项目: 国家油气专项(XQ-2004-07)

作者简介: 高红梅, 博士, 研究方向为储层地质学与沉积盆地流体矿产, 电子邮箱: gaohongmei1007@sina.com



具含油气远景的盆地之一^[3],也是松辽盆地外围盆地中具有较大资源潜力的有利含油气远景盆地之一^[5],蕴含较大的资源潜力^[4]。本文在松辽外围盆地野外地质考察的基础上,根据野外露头资料,对漠河盆地早白垩世火山岩系中发育的煤系烃源岩进行系统研究,为漠河盆地下一步勘探方向提供必要的地质依据,同时对整个松辽外围盆地早白垩世火山岩系中发育的煤系烃源岩的研究具有十分重要的指导意义。

1 样品及分析条件

依列克得组在漠河盆地分布于图强、额木尔河南岸、长纓、胜利林场等地。岩性为杏仁状玄武岩及黑灰玄武岩,厚度596.30m^[6]。样品采自六支线胜利煤矿露头剖面,剖面位于漠河盆地阿木尔坳陷早白垩世依列克得组。为一套发育在玄武岩系之间的煤-灰绿色“纸片状”页岩-灰黑色油页岩和灰黑色页岩组成的湖沼相沉积岩系。剖面发育的潜在烃源岩为油页岩、页岩和煤,中间夹有细砂岩和凝灰质砂岩。在该套烃源岩上下均发育玄武岩(图1),作用方式以裂隙式溢出为主^[7]。样

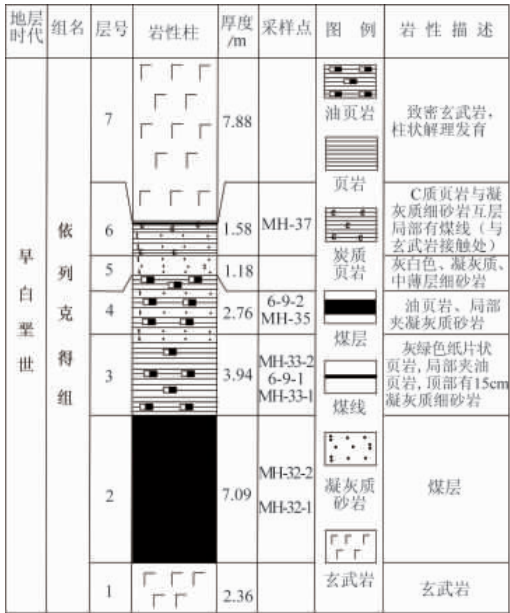


图1 漠河盆地六支线胜利煤矿剖面依列克得组柱状图
Fig. 1 Columnar section of Yiliekedede Formation of Liuzhixian Shengli Coal Mine in Mohe Basin

品采集时尽量选择较新鲜的露头。

样品分析是在中国石油勘探开发研究院石油地质实验中心完成,实验条件为:氯仿沥青“A”抽提:70℃恒温,以氯仿为溶剂,在索氏抽提器中连续抽提72h;有机碳分析:LECOCS-400 碳硫分析仪;热解:ROCK-EVAL 2plus 岩石热解仪;GC 分析是在美国 HP-5890GC 上进行,色谱柱:弹性石英毛细柱 OV-1 (30m×0.22mm);检测器:氢火焰离子化检测器,330℃。

2 有机地球化学特征

2.1 有机质丰度

六支线胜利煤矿烃源岩剖面的岩性组合主要为上部发育深湖相的油页岩-页岩-碳质页岩,下部主要为煤,中间夹有凝灰质细砂岩,上下均发育玄武岩。对该套烃源岩剖面进行系统的地球化学分析测试,根据样品的分析结果(表1),显示有机质丰度很高,煤的有机碳(TOC)含量最高(37.42%),油页岩样品 TOC 含量分布范围在 10.56%~22.58%之间,平均 19.79%,纸片状页岩的 TOC 含量较低(11.04%);产烃潜量(S₁+S₂)油页岩最高,分布范围在 32.1~101.98mg/g 之间。氢指数(IH)油页岩和纸片状页岩含量相对较高,煤相对较低。

另外,在野外地质普查过程中,笔者还针对漠河盆地主力烃源岩层位中侏罗统二十二站组和额木尔河组的烃源岩数据进行了整理(表2),发现依列克得组的烃源岩有机质丰度要远高于中侏罗统。前人研究认为沉积岩发育的中侏罗统为漠河盆地中生代地层最具潜力的烃源岩^[3,6],但通过上面分析发现,早白垩世依列克得组烃源岩其有机碳、生烃潜量及氢指数等参数均指示该套烃源岩有机质丰度较高(表1),要优于中侏罗统烃源岩(表2)。

2.2 有机质类型

对漠河盆地有机质类型的分析选用了氢碳原子比(H/C)、干酪根碳同位素(δ¹³C)等方法,并结合 van Kervelen (H/C-O/C)、IH-Tmax 常用图版对有机质类型进行讨论。

干酪根元素是划分有机质类型的重要指标,主要是因为水生和陆生的生物体中 C、H、O 含量有很大的差别^[8]。干酪根元素分析结果(表1)显示,两个油页岩样品氢碳原子比(H/C)分别为 1.07 和 1.27,均大于 1.0,而煤层和灰绿色纸片状页岩

表1 依列克得组烃源岩有机地球化学分析数据表

Table 1 Data of geochemical analyses of source rocks in Yiliekedede Formation

编号	岩性	TOC/%	S ₁ +S ₂ /(mg·g ⁻¹)	IH /(mg·g ⁻¹)	“A”/%	HC/10 ⁻⁶	H/C	O/C	镜质体 反射率/%	最高热解 温度/℃
Mh-32-1	煤岩	37.42	52.21	133	0.5408	728.46	0.94	0.23	0.59	
Mh-33-1	油页岩	22.58	101.96	435	0.6827	1051.99	1.27	0.17	0.55	427
Mh-35	油页岩	25.28	73.72	273	0.9430	1823.76	1.07	0.22	0.57	433
Mh-33-2	纸片状页岩	11.04	35.33	304	0.1363	335.98	0.96	0.25	0.56	426
06-9-1	油页岩	20.72	51.09		0.6913	343	1.13	0.28	0.57	428
06-9-2	油页岩	10.56	32.10		0.1314	110.64	1.11	0.23		

表 2 漠河盆地有机地球化学分析数据表
Table 2 Data of geochemical analyses of Mohe Basin

产状	层位	TOC/%	(S ₁ +S ₂)/(mg·g ⁻¹)	“A”/%
剖面	秀峰组	(0.07~0.97)/0.39(14)	(0.04~0.13)/0.05(14)	(0.010~0.02)/0.01(6)
	二十二站组	(0.06~23.01)/0.64(20)	(0.04~1.46)/0.16(21)	(0.002~0.30)/0.05(11)
	额木尔河组	(0.091~4.00)/1.05(27)	(0.05~0.67)/0.31(27)	(0.011~0.37)/0.07(10)
	开库康组	0.135	0.05	0.004
	上库力组	0.165	0.12	0.011
	九峰山组	(0.097~1.28)/0.82(4)	(0.04~0.53)/0.17(4)	
漠 D1 井	二十二站组	(0.19~5.147)/1.23(39)	(0.01~-0.16)/0.07(39)	(0.002~0.012)/0.005(39)
(最小值~最大值)/平均值(样品数)				

的 H/C 分别为 0.94 和 0.96, 均小于 1.0。根据中国烃源岩有机质类型划分标准^[9], 六支线胜利煤矿油页岩为 II_B 型, 煤层和灰绿色纸片状页岩有机质类型为 III 型。

在范氏图(van Kervelen)(图2)中也可以明显看出,剖面样品点油页岩主要落在II_B型干酪根附近,而灰绿色纸片状页岩和煤则主要落在III型干酪根附近。利用热解参数划分干酪根类型的IH-T_{max}图版(图3),与范氏图的干酪根分类结果一致。

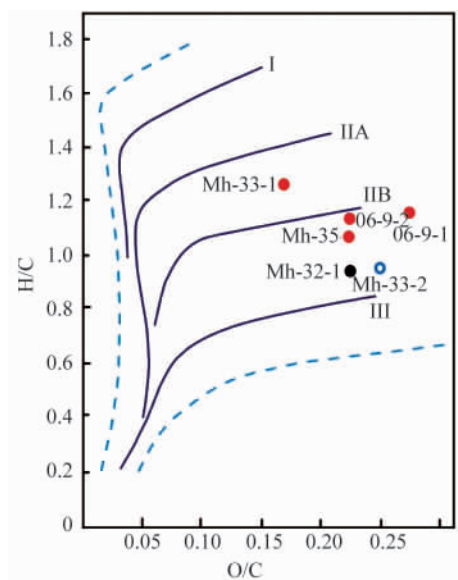


图 2 烃源岩干酪根元素组成范氏图解

Fig. 2 The van Kervelen diagram showing element composition of source rocks kerogen

对该剖面灰绿色纸片状页岩进行显微组分及 $\delta^{13}\text{C}$ 分析。显微组分鉴定结果显示,样品中镜质组、惰性组含量较低,分别为 20% 和 5%,壳质组中的腐殖无定形体含量较高,为 66%,腐泥组含量为 5%,类型系数为 20,有机质类型为 II_B 型。其 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -2.78‰。根据中国干酪根碳同位素划分有机质类型标准^[10],也发现有机质类型为 II_B 型,与显微组分分析结果一致。

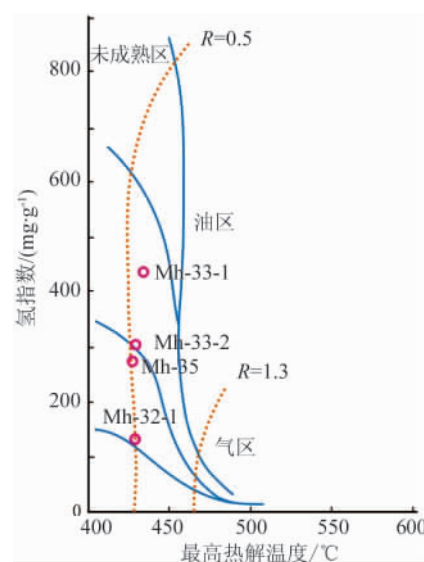
图 3 烃源岩干酪根 IH- $T_{\max}$ 关系图

Fig. 3 IH- $T_{\max}$ diagram of source rocks kerogen

从上述有机质类型分析显示,对于灰绿色纸片状页岩来说,热解参数反映其有机质类型为 III 型,而显微组分及 $\delta^{13}\text{C}$ 分析结果却为 II_B 型。这种差别主要是受风化作用影响的结果。长期受风化作用影响,烃源岩的 C、H 元素流失, O 元素增加,从而使有机质类型变差^[11-13], H/C、I/H 受风化作用影响较大, $\delta^{13}\text{C}$ 主要取决于它的母源物质,受风化作用影响较小。六支线胜利煤矿剖面,长期暴露在外,受风化作用影响比较严重,虽然尽量选择较新鲜的样品进行采集,但风化作用对有机质性质的影响深度可达到 3~5m^[14], 采样位置仍然在风化影响范围内。但 $\delta^{13}\text{C}$ 和显微组分受风化作用影响较小^[11]。所以,该样品有机质类型的划分应以 $\delta^{13}\text{C}$ 和显微组分的划分结果为依据。这种风化作用使有机质类型变差的现象在松辽外围盆地中普遍存在,如拉布达林盆地^[15]、鸡西盆地及勃利盆地等^[16]。综上所述,考虑到风化作用的影响,依列克得组烃源岩有机质类型可能要优于热解参数分析的结果。

2.3 有机质成熟度

该剖面共分析 5 组镜质体反射率 R_o 数据(表 1),分布在

0.55%~0.59%之间,最高热解温度 $T_{\max}$ 主要分布在 426~433℃ 之间,根据中国通用的烃源岩成熟阶段划分标准^[8-9], R_o 分布在 0.5%~0.7%之间为低成熟阶段。综上所述,六支线胜利煤矿剖面有机质热演化程度较低,但烃源岩已进入了生烃门限,处于烃源岩热演化的低成熟生油阶段,应以找油为主。对于六支线胜利煤矿所发育的煤层、油页岩及灰绿色纸片状页岩来说,其 R_o 值并无太大变化,这是因为 R_o 的高低仅与烃源岩经历的历史最高温度有关。

3 讨论

前人认为漠河盆地最有希望的生烃层位主要为中侏罗统二十二站组和额尔木河组^[6,17],而漠河盆地早白垩世依列克得组主要发育火山岩地层^[1]。本次研究在进行野外地质调查时发现在漠河盆地依列克得组火山岩发育的地层中,发育有一套湖沼相烃源岩。该套烃源岩上下均被玄武岩所包围。这种湖沼相沉积岩与火山岩直接接触的关系,说明玄武岩形成的古地理环境应为湖盆环境,即该剖面玄武岩是火山活动时的熔岩溢流到湖盆中形成。对现代熔岩流温度的研究发现,岩浆温度通常为 700~1200℃ (基性熔岩温度为 1025~1225℃),热液流体的温度为 300~400℃^[18],而油气形成研究最重要的热模拟温度阶段是 300~400℃^[19],因此与烃源岩充分接触的岩浆在其固结前必然会促进有机质热演化生烃,甚至会对烃源岩产生过渡烘烤作用,导致烃源岩产生轻微变质^[20]。由此可以看出,漠河盆地与上千度高温岩浆紧密接触的烃源岩并未受到岩浆的烘烤作用,其热演化程度较低(R_o 为 0.57%~0.59%),基本处于刚进入生油窗的低成熟阶段。烃源岩 R_o 有机质演化热模拟试验发现,受热温度范围为 250~350℃,对应的 $R_o=0.6\%$ ^[19],反映有机质热演化经历的最高温度为 350℃。 $T_{\max}$ 分析数据显示有机质热演化经历的最高温度为 433℃,由于有机质热演化具有不可逆的性质,因此反映了依列克得组火山岩经历的最高热演化温度不会高于 433℃,可见岩浆活动带来的高温并未对其产生过渡的热烘烤作用,而导致这种现象的原因,可能与岩浆水下溢出的古地理环境有关。

随着对火山活动对烃源岩影响作用的进一步认识,发现火山岩对烃源岩的热烘烤作用并不是必然的,其与火山岩浆溢出的古地理环境有着很大的关系。对松辽、渤海湾等盆地火山岩发育区烃源岩热演化的研究也发现,其有机质热演化并不高。这是因为,岩浆喷溢的古地理环境为水下环境,水下喷溢的岩浆虽然具有很高的温度,但因湖盆水体是热的良导体,岩浆热量被水体迅速对流,热量很快散失掉,致使湖盆水体温度不会过高,因而对周围烃源岩的热烘烤作用不明显^[20]。这种岩浆不但不会过渡烘烤烃源岩,而且岩浆热液带来的矿物质还有利于优质烃源岩的发育,促进烃源岩的生烃转化。火成岩与烃源岩共生的现象在中国东部裂谷型含油气盆地均有发育,已先后在松辽、渤海湾、苏北—南黄海、南襄—江汉、三水—珠江口和东海、南海等裂谷型断陷盆地的主力生油岩中钻遇了玄武质熔岩及凝灰岩夹层,因此火成岩—烃源

岩组合一般是油气聚集的场所^[20-21]。郭占谦等^[18]对火山岩与油气分布相关性研究的基础上指出,火山岩体、侵入岩体与火山口等火山活动的遗迹,与油气田的分布有一定的相关性,如渤海湾盆地的济阳坳陷和黄骅坳陷、苏北盆地、美国萨拉门托盆地等油气田分布均与火山活动有密切的相关性。

笔者最近几年对松辽外围盆地的研究中发现,这种火山岩与烃源岩共生的现象在早白垩世地层中普遍存在^[15]。因此,该套烃源岩研究对指导松辽外围盆地的油气勘探具有重要的指导意义。

4 结论

1) 漠河盆地依列克得组潜在烃源岩为一套发育在玄武岩系之间的湖沼相沉积岩系,其岩性组合为煤—灰绿色“纸片状”页岩—灰黑色油页岩和灰黑色页岩。

2) 通过镜质体反射率及最高热解温度分析显示,漠河盆地依列克得组烃源岩热演化程度比较低,处于刚进入生油门限的低成熟阶段,并未受到其周围玄武岩过渡的热烘烤作用,指示火山岩浆溢出的古地理环境为水下湖盆环境,这种环境有利于优质烃源岩的形成。

3) 有机碳、生烃潜量及氢指数等参数均指示早白垩世依列克得组烃源岩有机质丰度较高,优于中侏罗统烃源岩。

4) 元素分析及范式图等图版指示,油页岩有机质类型较好,为 II_B 型,煤层和灰绿色纸片状页岩干酪根为 III 型,受风化作用影响较小的显微组分及干酪根碳同位素 $\delta^{13}C$ 分析显示灰绿色纸片状页岩干酪根为 II_B 型,考虑到风化作用的影响,漠河盆地依列克得组烃源岩有机质类型可能优于元素分析的结果。

参考文献 (References)

- [1] 张顺,林春明,吴朝东,等. 黑龙江漠河盆地构造特征与成盆演化[J]. 高校地质学报, 2003, 9(3): 411-419.
Zhang Shun, Lin Chunming, Wu Chaodong, et al. *Geological Journal of China Universities*, 2003, 9(3): 411-419.
- [2] 吴根耀,冯志强,杨建国,等. 中国东北漠河盆地的构造背景和地质演化[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(4): 528-535.
Wu Genyao, Feng Zhiqiang, Yang Jianguo, et al. *Oil & Gas Geology*, 2006, 27(4): 528-535.
- [3] 吴河勇,刘文龙. 外围盆地评价优选 [J]. 大庆石油地质与开发, 2004, 23(5): 20-23.
Wu Heyong, Liu Wenlong. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 2004, 23(5): 20-23.
- [4] 孟祥军,金成志,杨平,等. 从海拉尔盆地勘探历程看大庆外围中小型盆地勘探前景[J]. 中国石油勘探, 2005(3): 22-25.
Meng Xiangjun, Jin Chengzhi, Yang Ping, et al. *China Petroleum Exploration*, 2004(4): 23-31.
- [5] 王世辉,王立民,唐金生. 兴安岭盆地群成盆机制及含油气远景评价[J]. 大庆石油地质与开发, 2001, 20(5): 5-7.
Wang Shihui, Wang Limin, Tang Jinsheng. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 2001, 20(5): 5-7.
- [6] 吴河勇,杨建国,黄清华,等. 漠河盆地中生代地层层序及时代 [J]. 地层学杂志, 2006, 27(3): 193-198.

- Wu Heyong, Yang Jianguo, Huang Qinghua, *et al.* *Journal of Stratigraphy*, 2006, 27(3): 193-198.
- [7] 和政军, 李锦轶, 莫申国, 等. 漠河前陆盆地砂岩岩石地球化学的构造背景和物源区分析[J]. 中国科学 D 辑, 2003, 33(12): 1219-1226.
He Zhengjun, Li Jinyi, Mo Shenguo, *et al.* *Science in China: Series D*, 2003, 33(12): 1219-1226.
- [8] 郭立言, 顾信章, 盛志纬, 等. 生油岩热解快速定量评价 [M]. 北京: 科学出版社, 1986: 2-5.
Wu Liyan, Gu Xinzhang, Sheng Zhiwei, *et al.* Quick evaluation quantitatively on the pyrogenation of source rocks [M]. Beijing: Science Press, 1986: 2-5.
- [9] 秦建中, 等. 中国烃源岩[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 8-78.
Qin Jianzhong, *et al.* The source rocks of China [M]. Beijing: Science Press, 2005: 8-78.
- [10] 黄第藩, 李晋超, 顾信章, 等. 陆相有机质演化和成烃机理 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1984: 109-297.
Huang Difan, Li Jinchao, Gu Xinzhang, *et al.* The evolution and the mechanism of hydrocarbon generation of organic matter of continental facies[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1984, 109-297.
- [11] 王玉华, 侯启军, 孙德君, 等. 柴达木盆地北缘地区中生代地层油气生成与资源评价[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 248-267.
Wang Yuhua, Hou Qijun, Sun Dejun, *et al.* Oil generating and resource evaluation of Mesozoic and Cenozoic stratum in the north of Chaidamu Basin[M]. Beijing: Science Press, 2004: 257-267.
- [12] 孟元林, 肖丽华, 杨俊生, 等. 风化作用对西宁盆地野外露头有机质性质的影响及校正[J]. 地球化学, 1999, 128(1): 42-50.
Meng Yuanlin, Xiao Lihua, Yang Junsheng, *et al.* *Geochimica*, 1999, 128(1): 42-50.
- [13] 张君峰, 王东良, 秦建中, 等. 青藏高原地面露头样品风化校正研究 [J]. 石油实验地质, 2001, 23(3): 297-301.
Zhang Junfeng, Wang Dongliang, Qin Jianzhong, *et al.* *Plateau Petroleum Geology & Experiment*, 2001, 23(3): 297-301.
- [14] 徐伟民. 石油地球化学在油气勘探中的应用 [M]. 北京: 石油大学出版社, 1993: 7-15.
- Xu Weimin. The application of petroleum geochemistry in the oil exploration[M]. Beijing: Petroleum University Press, 1993: 7-11.
- [15] 高红梅, 鲍志东, 高福红. 内蒙古东北拉布达林盆地上库力组烃源岩生物标志物特征及意义 [J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2009, 33(3): 27-33.
Gao Hongmei, Bao Zhidong, Gao Fuhong. *Journal of China University of Petroleum: Natural Edition*, 2009, 33(3): 28-33.
- [16] 高红梅, 高福红, 樊馥, 等. 鸡西盆地早白垩世烃源岩可溶有机质地球化学特征[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2007, 37(1): 86-90.
Gao Hongmei, Gao Fuhong, Fan Fu, *et al.* *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2007, 37(1): 86-90.
- [17] 吴河勇, 王世辉, 杨建国, 等. 大庆为外围盆地勘探潜力[J]. 中国石油勘探, 2004(4): 23-31.
Wu Heyong, Wang Shihui, Yang Jianguo, *et al.* *China Petroleum Exploration*, 2004(4): 23-31.
- [18] 郭占谦. 火山作用与油气田的形成和分布[J]. 新疆石油地质, 2002, 3(3): 183-186.
Guo Zhanqian. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2002, 3(3): 183-186.
- [19] 郑国东, 罗斌杰, 程克明, 等. 源岩镜质体反射率和有机质演化的热模拟研究[J]. 沉积学报, 1996, 14(增刊): 122-130.
Zheng Guodong, Luo Binjie, Cheng Keming, *et al.* *Acta Sedimentologica Sinica*, 1996, 14(Suppl): 122-130.
- [20] 翟庆龙. 火山热液活动对烃源岩生排烃的作用——以东营凹陷西部沙三段为例[J]. 油气地质与采收率, 2001, 23(3): 11-14.
Zhai Qinglong. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2001, 23(3): 11-14.
- [21] 金强. 裂谷盆地生油层中火山岩及其矿物与有机质的相互作用——油气生成的催化和加氢作用研究进展及展望 [J]. 地球科学进展, 1998, 13(6): 542-545.
Jin Qiang. *Advances in Earth Science*, 1998, 13(6): 542-545.

(责任编辑 王芷)

2010年全国冶金物理化学 学术会议

时间: 2010年4月
地点: 安徽·马鞍山

主办单位: 中国金属学会
协办单位: 中国有色金属学会
承办单位: 安徽工业大学

联系电话: 0555-2311879
电子信箱: ywh2010@ahut.edu.cn
通信地址: 安徽省马鞍山市安徽工业大学省冶金重点实验室 (243002)