

松辽盆地东部物源的发现及其石油地质意义

潘树新^{1,2}, 卫平生², 王天琦², 梁苏娟², 赵志魁³, 赵占银³, 唐振兴³, 崔海娜³

(1. 成都理工大学沉积地质研究所, 四川 成都 610059;

2. 中国石油勘探开发研究院西北分院, 甘肃 兰州 730020;

3. 中国石油吉林油田公司, 吉林 松原 138001)

摘要:松辽盆地白垩纪发育六大物源及11条主要水系,但对是否存在东部物源一直存在很大的争议。通过对分析化验、钻井及露头等资料的综合研究,在东南隆起带发现一支来自榆树方向的水系并命名为榆树水系。研究表明,榆树水系母岩来源于张广才岭印支期及加里东期花岗岩,该水系从泉头组到嫩江组一致继承性发育,主要以河流和三角洲沉积为主。榆树水系的发现彻底改变了前人关于松辽盆地东部无物源及无水系的认识。因此,这一发现为在松辽盆地东部寻找石油天然气储层开辟了新的领域,具有极为重要的石油地质意义。

关键词:榆树水系;东部物源;张广才岭;石油地质意义;松辽盆地

中图分类号:TE122

文献标识码:A

文章编号:1672-1926(2011)06-1021-07

引用格式:潘树新,卫平生,王天琦,等. 松辽盆地东部物源的发现及其石油地质意义[J]. 天然气地球科学,2011,22(6):1021-1027.

0 引言

松辽盆地白垩系泉头组—嫩江组沉积时期,盆地形成了统一的汇水中心,也是盆地发展的鼎盛时期。前人^[1-8]通过相带展布、砂体延展和轻重矿物组合等数据的综合分析,表明松辽盆地白垩系泉头组—嫩江组有东北、北部、西部、南部、东南等六大物源及绥化、青岗、北安、讷河、齐齐哈尔、英台、白城、通榆、保康、怀德及长春等11支水系(图1)。其中北部物源、南部物源和西部物源为松辽盆地最主要的物源区。

松辽盆地六大物源及主要的11条水系均来自松辽盆地周缘的小兴安岭、大兴安岭、古铁法丘岭和张广才岭等山脉,但对盆地东侧是否存在山脉及是否存在东部物源一直存在争议。黄第藩等^[9]认为松辽盆地东侧没有高山将松辽古湖盆和海完全隔离,因此为湖海沟通提供了有利的地质条件。王衡鉴等^[10]、吴崇筠等^[1]、石国平等^[11]、王东坡等^[2]和王永春等^[3]认为松辽盆地东部以平原淤积相、浅湖淤积

相和湖岸泥盐坪相沉积为主,盆地东部不发育大型物源。目前松辽盆地东部勘探程度极低,有无东部物源是影响松辽盆地东部石油勘探的主要因素之一,因此研究松辽盆地东部物源具有重要的石油地质意义。

笔者最近几年在东南隆起带发现了一条来自榆树方向的水系并命名为榆树水系。本文主要论证了发现东部物源的证据,探讨了松辽盆地东部物源及其形成的大地构造背景,分析了其石油地质意义。

1 东南隆起带区域地质概况

东南隆起区属松辽盆地一级构造单元(图2),面积为52 192 km²,东达松辽盆地边界,西为扶新隆起带、登娄库背斜带及双坨子背斜带,南至四平以北,北抵绥化凹陷。东南隆起带主要有长春岭背斜带、王府凹陷、登娄库背斜带、钓鱼台隆起带、榆树凹陷、德惠凹陷、双辽凹陷、梨树凹陷、青山口背斜带及九台阶地等10个二级构造单元。东南隆起区主要由中新生代断、坳2套地层组成。自晚侏罗世到新

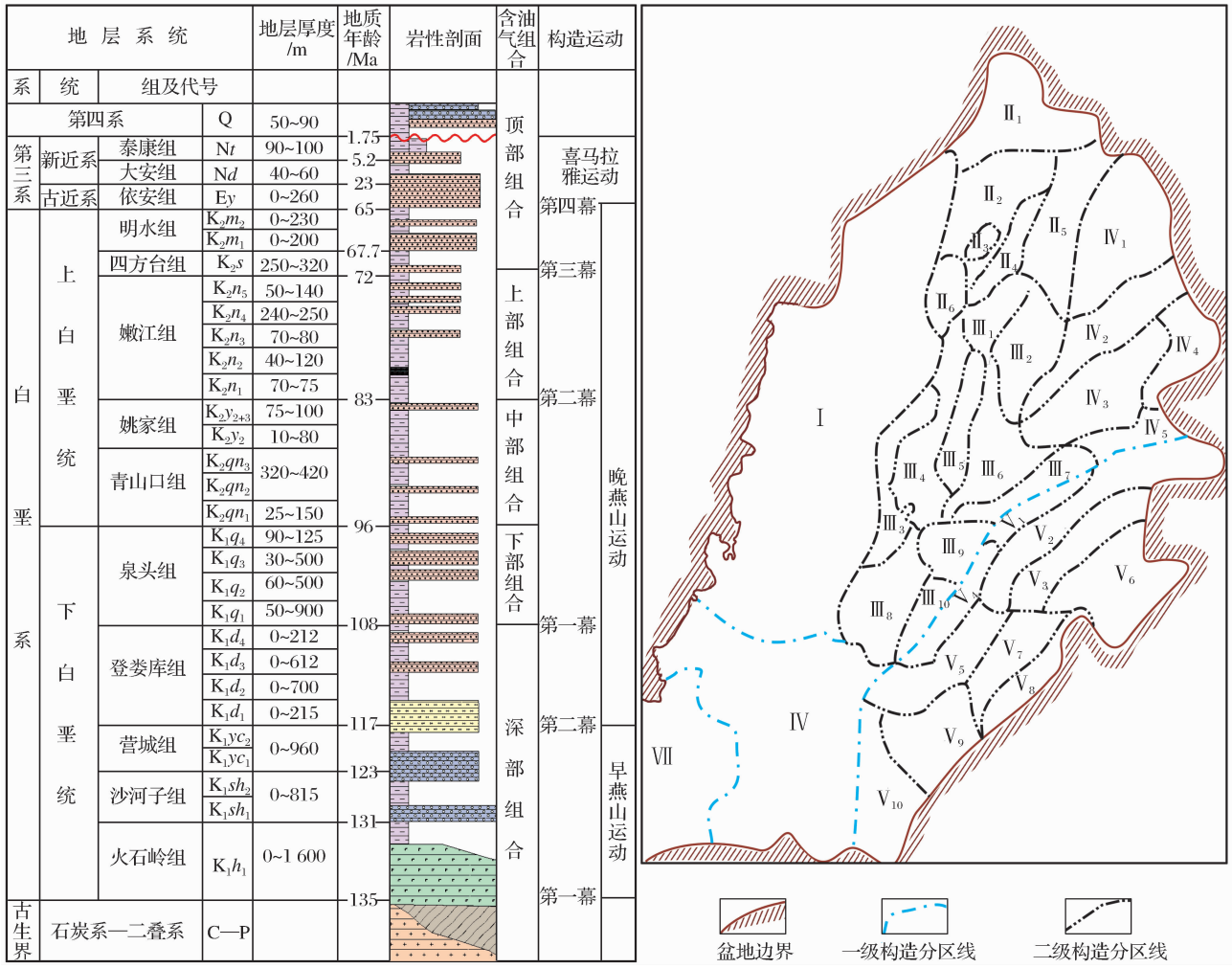


图 2 松辽盆地构造区划与沉积柱特征^[15-16]

I 西部斜坡区; II 北部倾没区; II₁ 嫩江阶地; II₂ 依安凹陷; II₃ 三兴背斜带; II₄ 克山依龙背斜带; II₅ 乾元构造带; II₆ 乌裕尔凹陷; III 中央坳陷区; III₁ 黑鱼泡凹陷; III₂ 明水阶地; III₃ 龙虎泡红岗子阶地; III₄ 齐家古龙凹陷; III₅ 大庆长垣; III₆ 三肇凹陷; III₇ 朝阳沟阶地; III₈ 长岭凹陷; III₉ 扶新隆起带; III₁₀ 华字井阶地; IV 东北隆起区; IV₁ 海伦隆起带; IV₂ 绥棱背斜带; IV₃ 绥化凹陷; IV₄ 庆安隆起; IV₅ 呼兰隆起带; V 东南隆起区; V₁ 长春岭背斜带; V₂ 王府凹陷; V₃ 青山口背斜带; V₄ 登娄库背斜带; V₅ 钓鱼台隆起; V₆ 榆树凹陷; V₇ 德惠凹陷; V₈ 九台阶地; V₉ 梨树凹陷; V₁₀ 双辽凹陷; VI 西南隆起区; VII 开鲁坳陷区

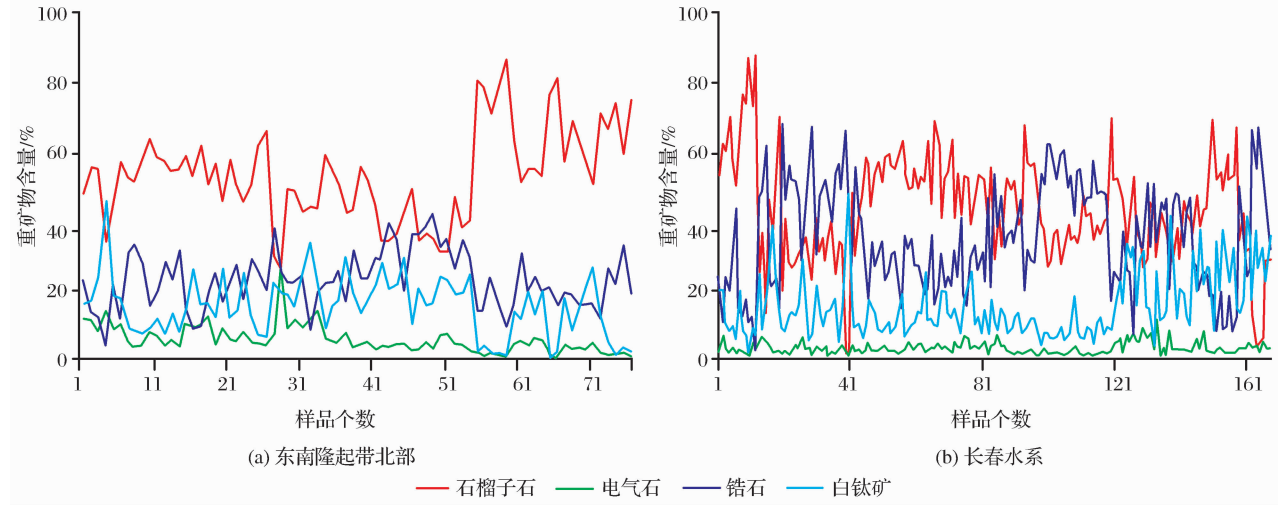


图 3 泉头组重矿物组成

的证据。其中最为典型的是黑龙江省五常地区的剖面(图 5),该露头位于北纬 $45^{\circ}15'09.4''$ 和东经 $126^{\circ}56'33''$ 处,海拔高程为 217m,青山口组—姚家组红色地层中大量发育洪积形成的砂砾岩,母岩主要为花岗岩、变质岩及部分沉积岩。古流向玫瑰图分析表明,该露头主水流方向为 $SW65^{\circ}$,表明其物源来自东部张广才岭山地。

2.6 稀土元素证据

稀土元素(REE)在母岩风化、剥蚀、搬运、沉积及成岩过程中不易迁移,几乎被等量地转移到碎屑沉积物中^[17],因而可被作为沉积物物源的示踪剂,通常是从稀土元素的配分模式图的相似性来判别物源。

根据东部物源轻重矿物的组成,推测东部物源

主要来自松辽盆地东侧的张广才岭造山带,母岩类型主要为花岗岩及少量变质岩。稀土元素证明,东部物源的稀土分布模式与张广才岭花岗岩基本相似,表明他们都为同源演化的产物。

东南隆起带及庆安地区稀土元素分析结果见表 1。从表 1 可以看出,东南隆起带表现为轻稀土(LREE)富集,出现较强的 Eu 负异常(δEu 为 0.537 0~0.558 2)和 Ce 弱负异常或正异常(δCe 为 0.999 6~1.092 9)。对样品作球粒陨石标准化分析(图 6),可见东南隆起带白垩系泉头组泥岩的稀土分布模式基本相似,呈单斜曲线,表现为重稀土变化不大,轻稀土明显富集。另外,这些泥岩稀土分布模式与基底花岗岩基本相似,推测应为同源物质的演化产物。

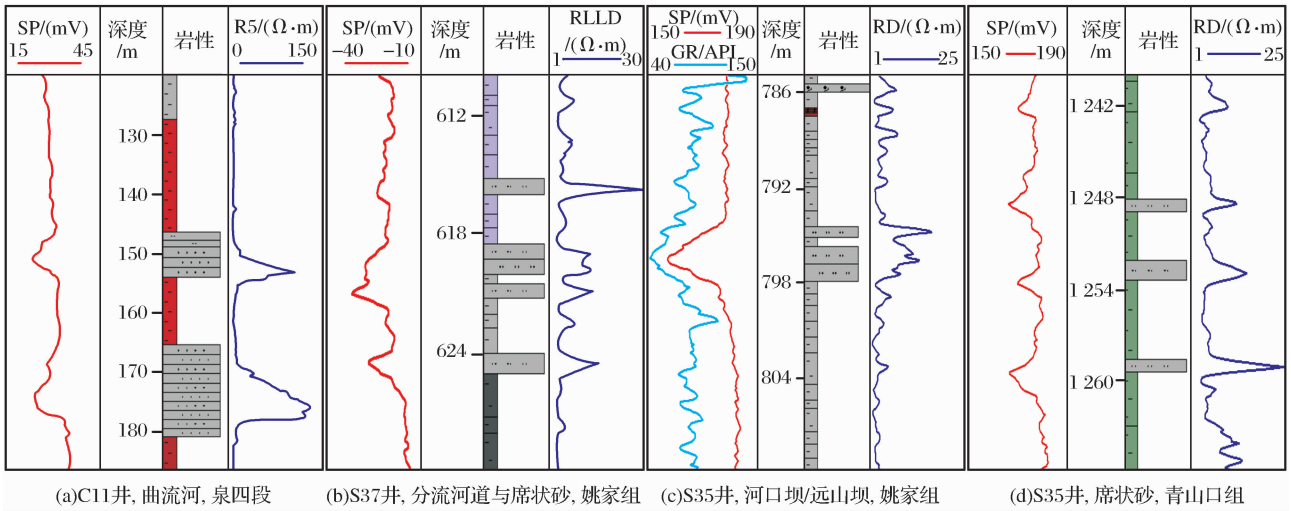


图 4 河流相和三角洲前缘相测井响应特征

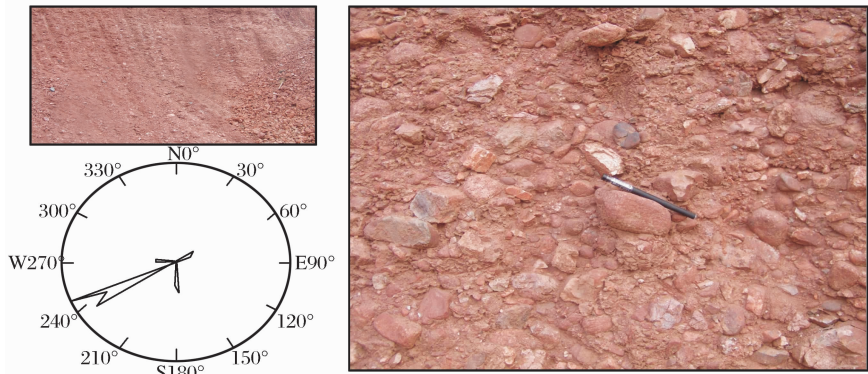


图 5 黑龙江五常地区青山口组—姚家组洪积扇特征

3 讨论

研究区白垩系泉头组碎屑沉积岩的稀土元素总量分布在 $(129\sim180)\times10^{-6}$ 之间、LREE/HREE 值较高, δEu 中等亏损;与 Bhatia^[18] 所提出的不同构造背景 REE 参数相比较,表明研究区具有活动大陆

边缘和大陆岛孤的沉积物特点。

另外,王敢等^[19]通过微量元素分析,表明松辽盆地东部源区物质分异程度较高,以花岗质岩类为主而缺乏超镁铁质组分。在稀土元素标准化曲线图上(图 6),可以看出,白垩系泉头组碎屑沉积岩稀土曲线与松辽盆地基底花岗岩的稀土曲线也相近,这

表 1 东部物源稀土元素分析结果(×10⁻⁶)

样品 及编号	地 区							
	庆安地区					东南及扶新隆起带泉头组		
	泉头组	泉头组	泉头组	黑云母	似斑状	长 20	长 108	检 20
	泥岩 103-6	泥岩 103-8	粉泥 114-2	花岗岩 101-1	花岗岩	泥岩	泥岩	泥岩
La	97.488	90.24	57.652	24.045	33.03	37.029	24.734	24.275
Ce	162.82	136.8	106.18	44.703	65.61	76.826	53.075	57.515
Pr	22.911	17.93	13.013	4.738	7.24	8.787	6.569	6.608
Nd	82.661	67.74	47.773	16.297	24.85	32.488	24.572	25.012
Sm	14.72	12.47	8.412	2.778	3.945	6.024	4.719	4.947
Eu	1.75	1.554	1.419	0.454	0.698	1.165	0.871	0.907
Gd	12.581	11.28	6.938	2.313	3.418	6.587	5.085	5.324
Tb	1.564	1.459	0.926	0.3	0.46	0.793	0.621	0.672
Dy	9.567	9.931	5.985	1.989	2.94	4.204	3.52	3.71
Ho	1.903	2.245	1.259	0.41	0.643	0.795	0.669	0.685
Er	5.66	7.088	3.95	1.422	2.158	2.162	1.852	1.926
Tm	0.852	1.06	0.586	0.223	0.339	0.32	0.28	0.281
Yb	5.352	6.821	3.675	1.612	2.246	2.094	1.777	1.79
Lu	0.816	1.094	0.601	0.268	0.363	0.314	0.252	0.268
ΣREE	421	368	258	102	148	180	129	134
LREE	382	327	234	93	135	162	115	119
HREE	38	41	24	9	13	17	14	15
δEu	0.383 3	0.392 9	0.551 4	0.532 3	0.567 4	0.562 4	0.540 3	0.537 0
δCe	0.815 5	0.785 0	0.912 6	0.965 4	0.994 6	1.009 4	0.999 6	1.092 9
备注	据王敢等 ^[19]						本次测量	

注:样品由国土资源部宜昌地质研究所采用 ICP-MS 质谱仪分析测试

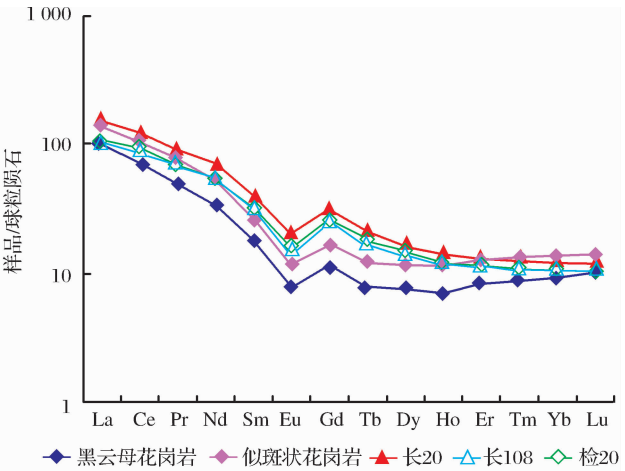


图 6 稀土元素球粒陨石标准化分布模式

表明白垩系泉头组碎屑沉积与花岗岩同源,且物质来源于上地壳。

岩相古地理研究综合分析表明,东南隆起带的这条物源可能来自松辽盆地东侧的张广才岭造山带。张广才岭造山带是古生代时期佳木斯地块向松嫩地块俯冲形成的构造杂岩带,经历了由被动陆缘到活动陆缘的转变,并最终沿小兴安岭至张广才岭发育长达 800km 的具陆缘岛弧性质的早古生代花岗岩^[20],元古代晚期张广才岭运动开始,并伴有同构造期的中酸性花岗岩侵入,早古生代以来该区一直处于隆升状态^[21]。

张广才岭地区主要分布有 4 期花岗岩(图 7):第 1 期为零星出露的晚元古代花岗岩,其岩石组合为花岗闪长岩和二长花岗岩;第 2 期为加里东期花岗岩,其岩石组合为混染花岗岩—花岗闪长岩—二长花岗岩和钾长花岗岩;第 3 期为印支期钾长花岗岩和碱长花岗岩;第 4 期为燕山期石英闪长岩、花岗闪长岩和花岗斑岩。其中加里东期花岗岩和印支期花岗岩是研究区出露面积最大的 2 期花岗岩,呈 SN 向带状分布^[22]。因此,东南隆起带发育的这支来自张广才岭山脉的水系,根据松辽盆地钻孔资料等综合判断可能来自榆树方向,故命名为榆树水系,其母岩主要为印支期及加里东期花岗岩。图 1 中箭头方向为榆树水系的主要延伸方向。最新研究表明,张广才岭造山带在白垩纪不仅是西部松辽盆地的重要物源,而且还是东侧鸡西、勃利等盆地的重要物源^[23-24]。

4 东部物源发现的石油地质意义

松辽盆地东部榆树水系发现于 2005 年,近几年已经成为吉林探区增储上产的重要领域,表明该水系有极高的勘探价值。目前该水系在大庆双城地区也获得了一定的突破,在吉林探区王府凹陷勘探程度还非常低,值得积极探索。另外,青山口背斜带面

- teristics of the Cretaceous Songliao basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 1992, 66(2): 327-338. [刘招君, 王东坡, 刘立, 等. 松辽盆地白垩纪沉积特征[J]. *地质学报*, 1992, 66(2): 327-338.]
- [13] Wu Yougui. *Reservoirs Geology*[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000. [吴友桂. *油藏地质学*[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000.]
- [14] Pan Shuxin, Guo Weihua, Ma Fengliang, *et al.* Sedimentary facies and exploratory potential of Quantou-Nenjiang Formations of Yushu river system in Songliao basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2010, 31(1): 47-50. [潘树新, 郭维华, 马凤良, 等. 松辽盆地榆树水系泉头组—嫩江组沉积相特征及勘探潜力[J]. *新疆石油地质*, 2010, 31(1): 47-50.]
- [15] Feng Zhiqiang, Zhang Shun, Xie Xinong, *et al.* Discovery of a large-scale lacustrine subaqueous channel in the Nenjiang Formation of the Songliao basin and its implication on petroleum geology[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(8): 1226-1232. [冯志强, 张顺, 解习农, 等. 松辽盆地嫩江组大型陆相拗陷湖盆湖底水道的发现及其石油地质意义[J]. *地质学报*, 2006, 80(8): 1226-1232.]
- [16] Zhai Guangming, Wang Zhiwu. *Petroleum Geology of China: Volume 2*[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993. [翟光明, 王志武. *中国石油地质志: 卷 2*[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.]
- [17] Zhang Hui. Some problems of quantitative tracer model of REE and its solutions[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 1994, 14(3): 313-314. [张辉. 稀土元素定量示踪模型存在问题及解决方向[J]. *矿物学报*, 1994, 14(3): 313-314.]
- [18] Bhatia M R. Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywackes and mud rocks: Provenance and tectonic control[J]. *Sedimentary Geology*, 1985, 45(1/2): 97-113.
- [19] Wang Gan, Zhang Bangtong, Shi Shaohua, *et al.* Petrological-geochemical characteristics of coarse-grained clastic sedimentary rocks of Quantou Formation, Cretaceous in Songliao basin and their geological significance[J]. *Uranium Geology*, 2005, 21(1): 32-36. [王敢, 章邦桐, 石少华, 等. 松辽盆地白垩系泉头组碎屑沉积岩岩石地球化学特征及其地质意义[J]. *铀矿地质*, 2005, 21(1): 32-36.]
- [20] Li Jinyi, Niu Baogui, Song Biao, *et al.* Formation and Evolution of North Changbai Mountain Crust[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999. [李锦轶, 牛宝贵, 宋彪, 等. 长白山北段地壳的形成与演化[M]. 北京: 地质出版社, 1999.]
- [21] Bureau of Geology and Mineral Resources of Heilongjiang Province. *Regional Geology of Heilongjiang*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993. [黑龙江省地质矿产局. *黑龙江省区域地质志*[M]. 北京: 地质出版社, 1993.]
- [22] Yin Bingchuan, Ran Qingchang. Metallogenic evolution in Xiaohingganling-Zhangguangcailing region, Heilongjiang province[J]. *Mineral Deposits*, 1997, 16(3): 235-242. [尹冰川, 冉清昌. 小兴安岭—张广才岭地区区域成矿演化[J]. *矿床地质*, 1997, 16(3): 235-242.]
- [23] Wang Jie, He Zhonghua, Liu Zhaojun, *et al.* Geochemical characteristics of Cretaceous detrital rocks and their constraint on provenance in Jixi basin[J]. *Global Geology*, 2006, 25(4): 341-348. [王杰, 和钟铎, 刘招君, 等. 鸡西盆地白垩纪碎屑岩地球化学特征及其对物源的制约[J]. *世界地质*, 2006, 25(4): 341-348.]
- [24] Wen Quanbo, Liu Yongjiang, Li Junjie, *et al.* Provenance analysis and tectonic implications for the Cretaceous sandstones in the Jixi and Boli basins, Heilongjiang[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2008, 28(3): 52-59. [温泉波, 刘永江, 李俊杰, 等. 鸡西、勃利盆地白垩纪砂岩的物源分析及构造意义[J]. *沉积与特提斯地质*, 2008, 28(3): 52-59.]
- [25] Huo Qiuli, Feng Zihui, Fu Li. Oil source and geochemical characteristics of crude oil in Wangfu depression[J]. *Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing*, 1996, 15(4): 22-25. [霍秋立, 冯子辉, 傅丽. 王府凹陷油源与原油地球化学特征[J]. *大庆石油地质与开发*, 1996, 15(4): 22-25.]

Discovery of Easter Provenance in Songliao Basin and Its Implications on Petroleum Geology

PAN Shu-xin^{1,2}, WEI Ping-sheng², WANG Tian-qi², LIANG Su-juan²,
ZHAO Zhi-kui³, ZHAO Zhan-yin³, TANG Zheng-xing³, CUI Hai-na³

(1. *Sedimentary Institute of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;*

2. *Northwest Branch of Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Lanzhou 730020, China;*

3. *Jilin Oil Field Company, CNPC, Songyuan 138001, China)*

Abstract: Cretaceous Songliao basin developed 6 large provenance and 11 major river systems, but the existence of the eastern provenance was much controversy. By heavy minerals, sorting coefficient and REE analysis of laboratory data, a new river named Yushu river was discovered in the southeast uplift. Studies showed that native rock of Yushu river came from Caledonian and Indosinian granite in Zhangguangcai Mountain. The river system developed from the Quantou Formation to the Nenjiang Formation is dominated by fluvial and delta deposits. The discovery of Yushu river completely changed the previous cognition that the eastern part of Songliao basin has no provenance and no river systems. At present, the Yushu river system plays an important role in Jilin oilfield production. Therefore, the discovery of eastern provenance and Yushu river will provide a new target for hydrocarbon reservoir exploration and development.

Key words: Yushu river system; Eastern provenance; Zhangguangcailing; Petroleum geology; Songliao basin.