

文章编号: 1004—5589 (2013) 01—0077—07

吉林东部中、新生代盆地非常规油气资源及潜力分析

单玄龙¹, 解晓婷¹, 任宇², 陈贵标¹

1. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061;
2. 中化地质矿山总局 浙江地质勘查院, 杭州 310000

摘要: 通过对吉林东部中、新生代区域构造、盆地地质、沉积背景的综合研究, 详细阐述了吉林东部中、新生代盆地非常规油气的类型、分布及其地质特征, 认为研究区非常规油气的主要类型为油页岩和煤层气, 具有一定的页岩气资源潜力。油页岩主要分布在辉桦盆地、罗子沟盆地、松江盆地、延吉盆地和敦化盆地等盆地中, 主要层位为下白垩统大拉子组和古近系桦甸组, 主要沉积环境为半深湖—深湖环境。煤层气的分布范围较广, 主要层位为早、中侏罗世地层和古近纪梅河组、珲春组, 集中在珲春盆地、敦化盆地、双阳盆地等煤层较厚、埋藏较浅的盆地中。伊通盆地具有页岩气潜力。

关键词: 吉林东部; 中、新生代盆地; 非常规油气资源; 地质特征; 资源潜力

中图分类号: P534.5; P618.12 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1004-5589.2013.01.010

Meso-Cenozoic unconventional hydrocarbon resources in eastern Jilin and prospect of development

SHAN Xuan-long¹, XIE Xiao-ting¹, REN Yu², CHEN Gui-biao¹

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China;
2. Zhejiang Geological Prospecting Institute of CHEM, Hangzhou 310000, China

Abstract: The types, distributions and geological characteristics of the unconventional hydrocarbon in eastern Jilin were analyzed by a comprehensive study on the Mesozoic and Cenozoic regional structures, basin geological setting and sedimentary background. The main types were oil shale and the coal bed methane with shale gas potential too. Oil shales are deposited in semi-deep and deep lacustrine environments lay on Huihua-, Luozigou-, Songjiang-, Yanji- and Dunhua basins, and the main strata are the Lower of Cretaceous Dalazi Formation and Paleogene Huadian Formation. The CBM was widely distributed, and yielded mainly in Hunchun-, Dunhua- and Shuangyang basins with thick coal beds and shallow in burial depth. The strata are mainly the Lower and Middle Jurassic, and Paleogene Meihe and Hunchun formations. Yitong Basin displayed a good shale gas potential.

Key words: eastern Jilin; Meso-Cenozoic basins; unconventional hydrocarbon resources; geological characteristics; resources potential

0 引言

非常规油气藏一般是指成藏机理、赋存状态、

分布规律或勘探开发方式等方面有别于常规油气藏的烃类(或非烃类)资源。通常包括重油沥青、油页岩、页岩油等非常规油藏, 以及致密砂岩气

收稿日期: 2012-11-27; 改回日期: 2012-12-10

基金项目: 鸭绿江盆地探矿权有利勘探区带优选(吉林省东部中新生代盆地油气资源战略评价)(2012791)。

(深盆地)、煤层气、浅层生物气、水溶气、页岩气、无机成因气、天然气水合物等^[1-4]。吉林东部地区中、新生代残留盆地广泛分布,非常规油气资源丰富,但是相关油气地质研究起步较晚,阻碍了非常规油气资源未来勘探开发的进程。目前主要研究的非常规油气类型为油页岩和煤层气,具有一定的页岩气资源潜力。笔者对吉林东部地区非常规油气资源的分布情况进行了详细研究,并对资源潜力进行了初步评价,为今后的勘探和开发提供依据。

1 地质特征

吉林省东部位于太平洋西岸岩浆弧及弧后裂谷之上,属于两大构造分区,大致以库伦、海龙、桦甸、和龙一线为界,以南为华北板块北缘,以北为佳—蒙地块南缘^[5](图1)。在地史演化过程中,

经历了多期构造运动,形成了一条超岩石圈断裂即赤峰—开原大断裂,以及伊兰—伊通断裂、敦化—密山断裂和鸭绿江断裂等岩石圈断裂,这几条断裂共同构成了吉林东部的大地构造基本格架,它们的演化对盆地演化影响较为明显^[6,7],控制着非常规及常规油气资源的分布。

吉林东部现已发现的中、新生代盆地以中—小型为主,各盆地的演化程度不同,导致各个盆地的地层发育变化大。总体特征为三叠系以火山岩夹碎屑沉积为主,局部为正常陆相湖泊沉积;侏罗系多发育为一套陆相火山碎屑含煤建造;白垩系地层多为断陷—拗陷盆地沉积,在上白垩统多发育富集油页岩和煤层的地质;古近系地层一般为陆相湖盆沉积,是富集油页岩和煤层的重点层位;新近系底部多为陆相湖盆沉积,上部多分布有火山岩。

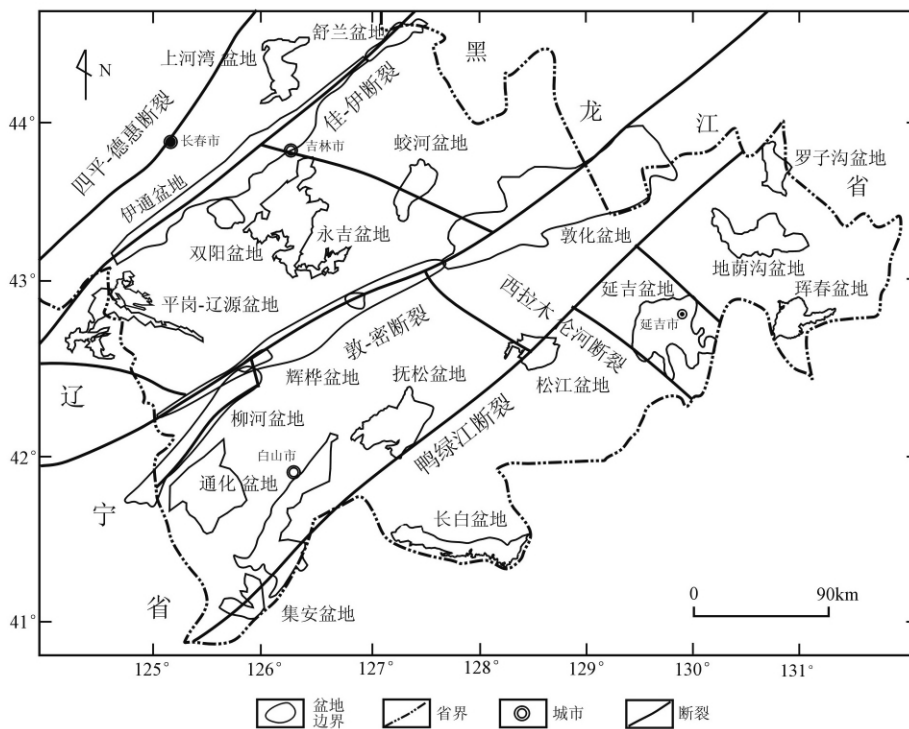


图1 吉林东部构造简图^[6]

Fig. 1 Simplified structure map of eastern Jilin

2 非常规油气资源分布

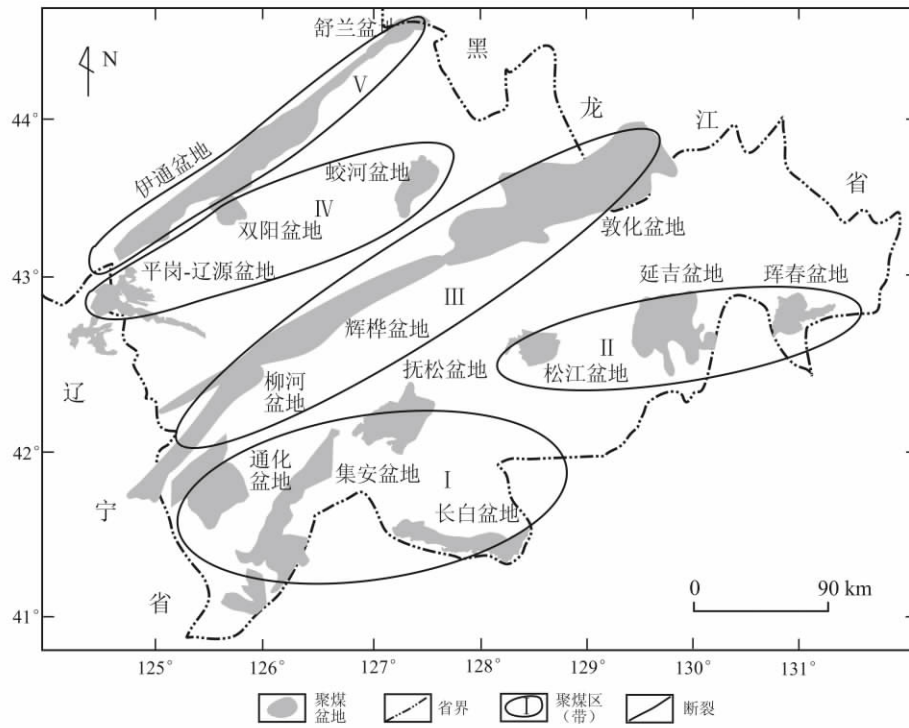
吉林省东部中、新生代盆地具有开采价值的非常规油气资源主要为油页岩和煤层气,页岩气为潜在资源。油页岩资源主要分布在中生界白垩系大拉子组(K_1d)、以及古近系的桦甸组($E_{2-3}h$)中,

包括出露地表和隐伏地下两类。吉林省东部具有多个中小型聚煤盆地,煤层气的分布与煤岩分布相关,含煤地层主要为中—上侏罗统侯家屯组、下白垩统和古近系地层,但是每个盆地的煤层厚度和盖层性质不同,所以只在局部盆地形成了煤层气藏,目前仅辉春盆地进行了开采利用(图2)。

2.1 油页岩

吉林省东部中、新生代盆地的油页岩研究目前主要集中在罗子沟盆地、松江盆地、延吉盆地、辉桦盆地和舒兰盆地等 5 个盆地, 其中辉桦盆地主要的油页岩富集区为其内部的两个二级盆地桦甸盆地

和梅河盆地。盆地的演化过程与区域构造运动、古地形、古气候和基准面变化等因素之间有密切联系, 而这种变化对油页岩发育范围的控制也较为明显, 总体来讲油页岩多形成于盆地的拗陷阶段, 主要发育于半深湖—深湖相沉积中 (表 1)。



I. 南部聚煤区; II. 延边聚煤区; III. 敦密断陷聚煤带; IV. 中部聚煤区; V. 依舒断裂聚煤带

图 2 吉林东部非常规油气分布概况

Fig. 2 Distribution map of unconventional hydrocarbon in eastern Jilin

表 1 吉林东部油页岩分布特征

Table 1 Distribution characteristics of oil shale in eastern Jilin

系	统	含油页岩组	对应标准地层层位	分布盆地	断裂带
古近系	渐新统	桦甸组 (E ₂₋₃ h)	始新统一渐新统	辉桦盆地	敦密断裂带
	始新统	舒兰组 (E ₂ s)		舒兰盆地	依兰-伊通断裂带
白垩系	下统	大拉子组 (K ₁ d)	青山口组	罗子沟盆地, 延吉盆地, 松江盆地 敦化盆地	鸭绿江断裂带 敦密断裂带

下白垩统大拉子组沉积期间, 鸭绿江断裂带和敦密断裂带东北段处于引张断陷期, 盆地均处于拗陷沉积阶段, 到中后期拗陷沉降速度加快, 基准面上升, 到了末期盆地拗陷达到最深并与周边地区水体联通, 此时的半深湖—深湖区分布范围最广, 在半深湖—深湖区沉积了含丰富有机质的泥质沉积物, 有利于暗色泥岩和油页岩的形成, 是吉林东部油页岩

主要赋存层位之一。该组在鸭绿江断裂带附近的罗子沟盆地、松江盆地和延吉盆地等地区分布较为广泛, 但该组在敦密断裂带的敦化盆地则呈北东向狭长带状分布, 属于裂谷盆地发展的初始张裂阶段的产物。

古近系产出油页岩的层位主要为桦甸组和舒兰组。桦甸组主要分布于敦密断裂带西南段辉桦盆地

的两个二级盆地中,即梅河盆地和桦甸盆地,其中梅河盆地为断陷湖泊—沼泽相沉积的油页岩,是典型的煤和油页岩互层沉积,而桦甸盆地则是断陷湖成油页岩,是典型的砂岩、泥岩及油页岩互层沉积^[8]。舒兰组主要分布于依兰—伊通断裂带东北段的舒兰盆地中,其中中段沉积时为盆地的最大扩张期^[9],油页岩产自断陷湖泊相沉积环境中。

2.2 煤层气

吉林东部中、新生代盆地大部分是聚煤盆地,拥有丰富的煤炭资源量,大致可以分为南部聚煤区、延边聚煤区、敦密断陷聚煤带、中部聚煤区和依舒断陷聚煤带等5个聚煤区(图3)。煤层分布层位较多,主要分布在侏罗系高沼型含煤岩系以及古近系低沼型含煤岩系中^[10](表2)。早在1939年就记载有在辽源煤矿发现瓦斯突出的事件,现今矿井中也有巨大的瓦斯涌出量,说明煤层气资源非常丰富。煤层气的赋存需要有较好的封闭条件,煤层气的生成过程中,其运移和排放与煤层盖层和底板的透气性密切相关,所以并不是每个聚煤盆地都

可以成为煤层气的有利勘探区。一般,渗透性差、排替压力大的致密泥岩和胶结好的砂岩是较好的盖层。

侏罗系辽源组的含煤岩系的顶板大部分为厚板状泥岩,底板多为泥岩、凝灰岩等,封闭条件较好。梅河组和舒兰组虽都是古近系含煤岩系,但梅河盆地的含煤岩系的盖层和底板均为泥岩,层理不发育,胶结致密,相对透气性差,有利于煤层气的赋存,舒兰组则主要是胶结松散的砂岩、粉砂岩等,不利于煤层气的保存。珲春组主要分布于珲春盆地,其煤层的顶底板多为泥岩和粉砂岩,具有很好的盖层条件。煤层气具有良好的盖层,有利于保存,同时区域构造的演化对煤层气的分布和聚气作用具有很大的影响,珲春盆地的次一级褶曲构造较发育,明显控制着煤层气的运移和聚集;辽源盆地—平岗盆地内的辽源煤系受北西向构造带和其他构造的复合影响,且煤系地层受玄武岩、辉绿岩侵入影响,煤系含煤系数大等,有利于煤层气聚集^[11]。

表2 吉林东部重要成煤期主要煤层简要特征^[9]

Table 2 Main coal-forming period and main coal seam characteristics in eastern Jilin

聚煤带	含煤地层	对应标准地层层位	可采层数	可采煤层厚度/m	煤类	主要盆地
南部	杉松岗组(J_1s)	土城子组	中部1~3层, 下部1~4层	中部1.60, 下部1~32	烟煤、无烟煤	通化
聚煤区	石人组(J_3sh)		局部可采1~6层	0~3.40 极不稳定		集安 通化 柳河
	三源浦组(J_3s)		局部可采3~5层	0.99~1.29 极不稳定		通化 柳河
	亨通山组(J_3h)		3层局部可采	平均厚1.00		通化柳河
延边聚煤区	珲春组(Ehc)	始新统一渐新统	可采/局部可采 10~15层	总厚12	西部长焰煤; 东部褐煤	珲春
敦密断陷聚煤带	梅河组(Emh)		7层局部可采	3~10	褐煤带	梅河
中部聚煤区	珲春组(Ehc)		5层	0.10~2.89		敦化
聚煤区	二道梁子组(J_3)	土城子组	局部可采	总厚0.20~12.85	长焰煤、 无烟煤	双阳
	辽源组(J_3l)		2层	5~10		辽源、平岗
依舒断陷聚煤带	奶子山组(J_3n)		II号层为主要可采层	0.10~8.70		蛟河
	舒兰组(E_2s)	始新统一渐新统	8~12层	总厚9.49~19.35	褐煤	舒兰

2.3 页岩气

页岩气一般指赋存于富含有机质的细粒碎屑岩,游离于基质孔隙和天然裂缝中,或吸附于有机

质和黏土矿物表面的非常规天然气。国内陆相产出页岩气一般具有埋深大($>2000\text{ m}$),TOC平均值为 $3\% \pm$, R_o 为 $0.50\% \sim 2.00\%$,有机质类型以

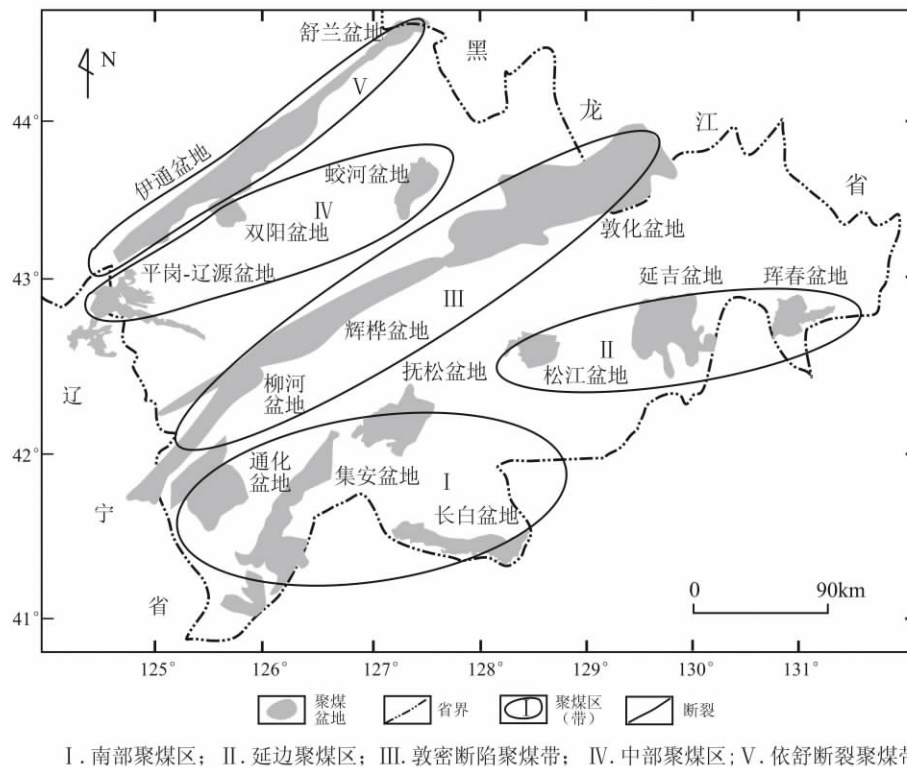


图 3 吉林东部煤田分布简图

Fig. 3 Distribution map of coal fields in eastern Jilin

偏腐泥型混合-腐殖型为主等特征^[12-16]。吉林东部伊通地堑有多套地层中发现油气，主要充填为古近系地层，厚度一般为 2 000 ~ 6 000 m，岩性以砂砾岩、砂岩和黑色、暗色泥岩为主，始新统双阳组 (E_{2s})、始新统奢岭组 (E_{2sh}) 和始新统永吉组 (E_{2y}) 是暗色泥岩的主要发育层位，其中双阳

组和奢岭组是天然气的主要气源岩层位。各组的暗色泥岩有机质特征如表 3，可以看出与页岩油(气)形成的有机质特征类似。伊通盆地地处依舒地堑，断裂活动和火山活动均比较发育，有利于泥质岩石中天然裂缝的发育，可以成为页岩气有效的储集空间，具有页岩气勘探远景。

表 3 伊通盆地古近系泥质岩石有机质特征

Table 3 Characteristics of organic matter of mud rock in Palaeogene of Yitong Basin

层位	TOC (%)	R _o	有机质类型
永吉组 (E _{2y})	0.56 ~ 1.61	0.3 ~ 1.2	II 2 型为主，少量 I 型和 III 型
奢岭组 (E _{2sh})	0.36 ~ 1.48	0.5 ~ 1.1	II 1 型和 II 2 型为主
双阳组 (E _{2s})	0.35 ~ 2.02	0.2 ~ 1.2	III 型和 II 2 型为主

3 非常规油气资源前景及有利带预测

罗子沟盆地和辉桦盆地已经有一定的油页岩开采利用历史，油页岩特征为含油率较高 (> 10%)，埋藏浅，为优质油页岩矿区^[17,18]。松江盆地、延吉盆地等与罗子沟盆地的沉积特征类似，下

白垩统大拉子组具有一定的油页岩资源潜力，敦化盆地也有该组分布，但范围局限，资源潜力较差。桦甸盆地和梅河盆地为优质的油页岩矿区，桦甸组在辉桦盆地其他区域也有所发育，应具有一定的油页岩资源潜力 (表 4)。

表4 吉林东部油页岩的特征及资源量^[17]

Table 4 Characteristics and resource of oil shale in eastern Jilin

盆地	可采厚度 /m	平均含油率 /%	资源量/10 ⁴ t	
			潜在	查明
罗子沟盆地	5~20	6.27	86 036.47	23 090.28
松江盆地	10~66	5.15	232 837.00	-
梅河盆地	-	4.83	55 910.16	-
桦甸盆地	5~35	8.60	134 107.4	57 112.71
舒兰盆地	-	5.5	76 297.160	532.33

延边聚煤区的珲春盆地中,珲春组(Ehc)为煤层气富集层,该层煤阶多为褐煤,煤层气的资源量经过概算为32.68亿m³^[19],目前试验井的单井产气量达3 000 m³以上,商业开发价值较大。敦密断陷聚煤带内梅河盆地梅河组(Emh)、敦化盆地的珲春组(Ehc)等聚煤层位,煤阶与珲春盆地类似,为褐煤,产出层位均为古近系,沉积环境类似,埋藏浅,可以作为勘探目标。中部聚煤区和南部聚煤区也有一定的煤层产出,主要层位均为中上侏罗统,分布零散,火山岩形成时对临近煤层有所影响,可能形成局部的富气区,可以作为次级勘探目标。

伊通盆地内过去作为烃源岩研究的泥质岩石,其有机质特征与页岩油(气)储层的一般特征类似,而该地区火山活动和断裂活动的频繁,虽然会破坏储层,但同时会形成更多的天然裂缝,火山岩既可以是较好的盖层,也可以促进烃源岩进入高成熟-过成熟阶段,所以该区可以作为页岩气的勘探目标。

4 结论及建议

(1) 油页岩资源量较大,分布较广,主要层位为下白垩统大拉子组和古近系桦甸组、舒兰组,勘探有利区包括罗子沟盆地、延吉盆地、松江盆地、辉桦盆地和舒兰盆地等盆地。

(2) 煤层气属于优势资源,资源量可观,珲春盆地是重点开发勘探盆地,其次是辽源盆地、平岗盆地和通化盆地等侏罗系含煤岩系发育的盆地,以及梅河盆地、敦化盆地等古近系煤系发育的盆地。

(3) 页岩气勘探程度最低,应展开一定的勘探研究工作,分析认为,伊通盆地具有勘探前景。

参考文献:

- [1] 张杰,金之钧,张金川. 中国非常规油气资源潜力及分布[J]. 当代石油石化, 2004, 12(10): 17-19, 50.
ZHANG Jie, JIN Zhi-yun, ZHANG Jin-chuan. The potential and distribution of unconventional oil and gas resources in China [J]. Petroleum & Petrochemical Today, 2004, 12(10): 17-19, 50.
- [2] 牛嘉玉,洪峰. 我国非常规油气资源的勘探远景[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(5): 5-7.
NIU Jia-yu, HONG Feng. Exploratory prospects of unconventional oil-gas resources in China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(5): 5-7.
- [3] 李玉喜,张金川. 我国非常规油气资源类型和潜力[J]. 国际石油经济, 2011(3): 61-67, 106.
LI Yu-xi, ZHANG Jin-chuan. Types of unconventional oil gas resources in China and their potential [J]. International Petroleum Economics, 2011(3): 61-67, 106.
- [4] 刘洪林,王红岩,刘人和,等. 非常规油气资源发展现状及关键问题[J]. 天然气工业, 2009, 29(9): 113-116, 146.
LIU Hong-lin, WANG Hong-yan, LIU Ren-he, et al. The present status and essential points of developing the unconventional resources in China [J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(9): 113-116, 146.
- [5] 王成文,金巍,张兴洲,等. 东北及邻区晚古生代大地构造属性新认识[J]. 地层学杂志, 2008, 32(2): 119-136.
WANG Cheng-wen, JIN Wei, ZHANG Xing-zhou, et al. New understanding of the late Paleozoic tectonics in north-eastern China and adjacent areas [J]. Journal of Stratigraphy, 2008, 32(2): 119-136.
- [6] 邓守伟,贺君玲,李本才,等. 吉林外围盆地地质特征及勘探方向[J]. 中国石油勘探, 2009, 4: 13-16.
DENG Shou-wei, HE Jun-ling, LI Ben-cai, et al. Geological characteristics and exploration direction of Jilin peripheral basins [J]. China Petroleum Exploration, 2009, 4: 13-16.
- [7] 张国仁,江淑娥,韩晓平,等. 鸭绿江断裂带的主要特征及其研究意义[J]. 地质与资源, 2006, 15(1): 11-19.
ZHANG Guo-ren, JIANG Shu-e, HAN Xiao-ping, et al.

- The main characteristics of Yalujiang fault zone and its significance [J]. *Geology and Resources*, 2006, 15 (1): 11-19.
- [8] 孙平昌, 刘招君, 李宝毅, 等. 桦甸盆地桦甸组油页岩段地球化学特征及地质意义 [J]. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2012, 42 (4): 948-960.
SUN Ping-chang, LIU Zhao-jun, LI Bao-yi, et al. Geochemical characteristics and their geological implications of oil shale member of Huadian Formation, Huadian Basin [J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2012, 42 (4): 948-960.
- [9] 皮士凤. 吉林省煤炭资源状况及其找煤潜力 [J]. *中国煤炭地质*, 2008, 20 (11): 5-8.
PI Shi-feng. Status of coal resources and look for coal potential in Jilin Province [J]. *Coal Geology of China*, 2008, 20 (11): 5-8.
- [10] 尹德顺, 闫伟, 张长文, 等. 吉林省舒兰盆地第三系沉积与聚煤特征 [J]. *世界地质*, 1999, 18 (4): 47-52.
YIN De-shun, YAN Wei, ZHANG Chang-wen, et al. Tertiary sedimentary environment and coal accumulation characteristic in Shulan Basin of Jilin Province [J]. *World Geology*, 1999, 18 (4): 47-52.
- [11] 刘健. 吉林省煤层气资源赋存的地质特征分析 [J]. *中国煤田地质*, 2007, 19 (4): 33-35.
LIU Jian. Hosting geological characteristics analysis of CBM resources in Jilin Province [J]. *Coal Geology of China*, 2007, 19 (4): 33-35.
- [12] 江怀友, 宋新民, 安晓璇, 等. 世界页岩气资源与勘探开发技术综述 [J]. *天然气技术*, 2008, 2 (6): 26-30, 78.
JIANG Huai-you, SONG Xin-min, AN Xiao-xuan, et al. Global shale gas resources and its E & P technologies [J]. *Natural Gas Technology*, 2008, 2 (6): 26-30, 78.
- [13] 姜文利, 赵素平, 张金川, 等. 煤层气与页岩气聚集主控因素对比 [J]. *天然气地球科学*, 2010, 21 (6): 1057-1060.
JIANG Wen-li, ZHAO Su-ping, ZHANG Jin-chuan, et al. Comparison of controlled factors for coalbed methane and shale gas accumulation [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2010, 21 (6): 1057-1060.
- [14] 邹才能, 董大忠, 王社教, 等. 中国页岩气形成机理、地质特征及资源潜力 [J]. *石油勘探与开发*, 2010, 37 (6): 641-653.
ZOU Cai-neng, DONG Da-zhong, WANG She-jiao, et al. Geological characteristics, formation mechanism and resource potential of shale gas in China [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2010, 37 (6): 641-653.
- [15] 张金川, 薛会, 张德明, 等. 页岩气及其成藏机理 [J]. *现代地质*, 2003 (4): 466.
ZHANG Jin-chuan, XUE Hui, ZHANG De-ming, et al. Shale gas and its hydrocarbon accumulation mechanisms [J]. *Geoscience*, 2003 (4): 466.
- [16] 康玉柱. 中国非常规泥页岩油气藏特征及勘探前景展望 [J]. *天然气工业*, 2012, 32 (4): 1-5, 117.
KANG Yu-zhu. Characteristics and exploration prospect of unconventional shale gas reservoirs in China [J]. *Natural Gas Industry*, 2012, 32 (4): 1-5, 117.
- [17] 贺君玲, 赵占银, 王建东, 等. 吉林省油页岩开发利用前景 [C] // 中国油气勘探潜力及可持续发展论文集. 第二届中国石油地质年会. 2006: 203-208.
HE Jun-ling, ZHAO Zhan-yin, WANG Jian-dong, et al. Prospect of development and utilization of oil shale in Jilin Province [C] // *The Oil-gas Exploration Potential and Sustainable Development of China Collected Papers. The Second China Petroleum Geological Annual Meeting*. 2006: 203-208.
- [18] 刘冬青, 柳蓉, 刘招君, 等. 罗子沟盆地大拉子组油页岩有机地球化学特征及其地质意义 [J]. *世界地质*, 2012, 31 (2): 315-322.
LIU Dong-qing, LIU Rong, LIU Zhao-jun, et al. Organic geochemical characteristics and geological significance of oil shales in Dalazi Formation of Luozigou Basin [J]. *Global Geology*, 2012, 31 (2): 315-322.
- [19] 崔玉环, 王生辉, 马银起, 等. 珲春盆地煤层气赋存特征及其开发前景分析 [J]. *煤炭技术*, 2005, 24 (6): 102-104.
CUI Yu-huan, WANG Sheng-hui, MA Yin-qi, et al. Analyses on preservative feature and exploitation prospect of coal bed gas in Hunchun Basin [J]. *Coal Technology*, 2005, 24 (6): 102-104.