

大安沿江地区葡萄花油层油气成藏模式

马世忠¹, 李汝斌¹, 李松源², 潘志超³

1. 东北石油大学地球科学学院, 黑龙江大庆 163318
2. 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院, 黑龙江大庆 163712
3. 大庆油田有限责任公司第四采油厂, 黑龙江大庆 163712

摘要 大安沿江地区是近年吉林油田重要靶区, 其油气成藏模式的剖析是精细地质研究的基础。本文运用源控含油气系统理论, 对生、储、盖、圈闭要素及其生、排、运、聚、散动态过程进行了综合研究, 初步建立了大安沿江地区葡萄花油层的成藏模式。研究了松辽盆地大安沿江地区葡萄花油层烃源岩埋藏史、油气运聚场, 揭示了靶区油气成藏模式及控藏因素。研究表明, 葡萄花油层油气主要来自靶区北部的齐家—古龙凹陷青山口组一段源岩, 由青一段生成并排出的油, 在浮力作用下, 经沟通青一段和葡萄花油层的断裂进入葡萄花油层聚集成藏。

关键词 大安沿江地区; 成藏模式; 古构造演化; 葡萄花油层

中图分类号 TE122

文献标志码 A

doi 10.3891/j.issn.1000-7857.2013.26.008

Petroleum Accumulation of Putaohua Reservoir in Daan Area along the Nenjiang River

MA Shizhong¹, LI Rubin¹, LI Songyuan², PAN Zhichao³

1. Geosciences College, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, Heilongjiang Province, China
2. Exploration and Development Research Institute of Daqing Oilfield Company Ltd., Daqing 163712, Heilongjiang Province, China
3. The No.4 Oil Production Plant of Daqing Oilfield Company Ltd., Daqing 163712, Heilongjiang Province, China

Abstract Daan area along the Nenjiang river is an important area of the Jilin oil field. The analysis of the hydrocarbon accumulation model is the basis of fine geological studies. The petroleum accumulation pattern of Putaohua reservoir in Daan area along the river is established by using the 'source control theory' and a comprehensive study of the static elements, including the source, the reservoir, the cap rocks, and the dynamic processes, including the generation, the expulsion, the migration, the accumulation and the dispersion. The hydrocarbon accumulation patterns and the controlling factors of the hydrocarbon accumulation in the target area are revealed through the study of the buried history of the source rocks, the paleostructural evolution history, the migration and accumulation field of the hydrocarbon, and the oil-water distribution in the Putaohua reservoir in Daan area along the Nenjiang river. It is shown that the hydrocarbon of the Putaohua reservoir is mainly derived from the underlying source rocks of the I segment of the Qingshankou Group, in Qijia-Gulong depression of the north area. The oil is generated and exhausted from the Qingshankou I segment, followed by the accumulation into the Putaohua reservoir which is connected by the fault to the Qingshankou I segment, under the force of buoyancy.

Keywords Daan area along the Nenjiang river; hydrocarbon accumulation models; paleostructural evolution; Putaohua oil layer

0 引言

大安沿江地区位于嫩江两岸的中央拗陷区的大安阶地、齐家凹陷与松南最好的生油凹陷——长岭凹陷交界处, 处于

中央拗陷区和西部斜坡区 2 个相对升降运动的一级构造单元的过渡带^[1], 跨 3 个二级构造单元: 红岗—大安阶地东部、齐家—古龙凹陷南部、长岭凹陷北部(图 1)。

收稿日期: 2012-12-27; 修回日期: 2013-7-19

作者简介: 马世忠, 教授, 研究方向为储层沉积学、油气田开发地质, 电子信箱: szm6503@sina.com; 李汝斌(共同第一作者), 硕士研究生, 研究方向为矿产普查与勘探, 电子信箱: leb0070080433@sina.com

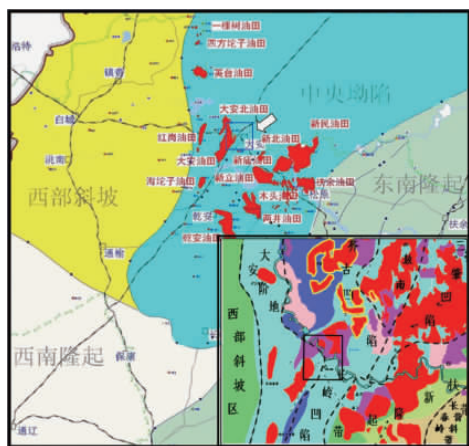


图1 研究区构造位置

Fig. 1 Location map of study area structure

松辽盆地北部含油组合共有3套,本文所研究的目的层段为葡萄花油层,属于中部含油组合,即由青山口组一段深湖相泥岩为生油层,姚家组一段地层(葡萄花油层)三角洲相砂体为储集层,嫩江组一、二段的湖相泥岩为盖层构成(图2)。姚家组(K_{2y})地层与下伏青山口组呈整合—假整合接触^[2]。姚家组地层在盆地南部内分布较广,但在梨树断陷一带被剥蚀,其沉积的时期为滨浅湖相。姚家组地层以棕红色、紫红色、灰绿色泥岩与灰白色砂岩互层为主^[3]。

1 油气来源及成藏期确定

通过生物标志物指纹和参数对比等研究表明,葡萄花油

地层组	地层段	烃源岩	储集层	盖层
嫩江组	五段			
	四段		黑帝庙油层	
	三段			
	二段			
	一段		萨尔图油层	
姚家组	二、三段			
姚家组	一段		葡萄花油层	
	青山口组	二、三段	高台子油层	
青山口组	一段			
	泉头组	四段		扶余油层
三段			杨大城子油层	
二段				
一段			安农油层	

图2 松辽盆地白垩系中统生储盖组合

Fig. 2 Assemblage diagram of source, reservoir, cap rocks in Songliao basin at Middle Cretaceous

层原油与青山口组泥岩分布区域基本一致,预示了它们之间亲缘关系较好^[4,5]。

油气成藏是烃源岩生烃、油气运移和聚集的结果,因此油气的成藏史可以通过烃源岩的生排烃史反映。烃源岩的初始排烃期可认为是油气成藏期的上限,而油气成藏的主要时期为烃源岩的大量排烃期^[6]。本研究运用盆地模拟技术,恢复了研究区北部的齐家—古龙凹陷青一段源岩埋藏史(图3)。青一段泥岩在早期埋深小于1100m时,处于未成熟阶段,主

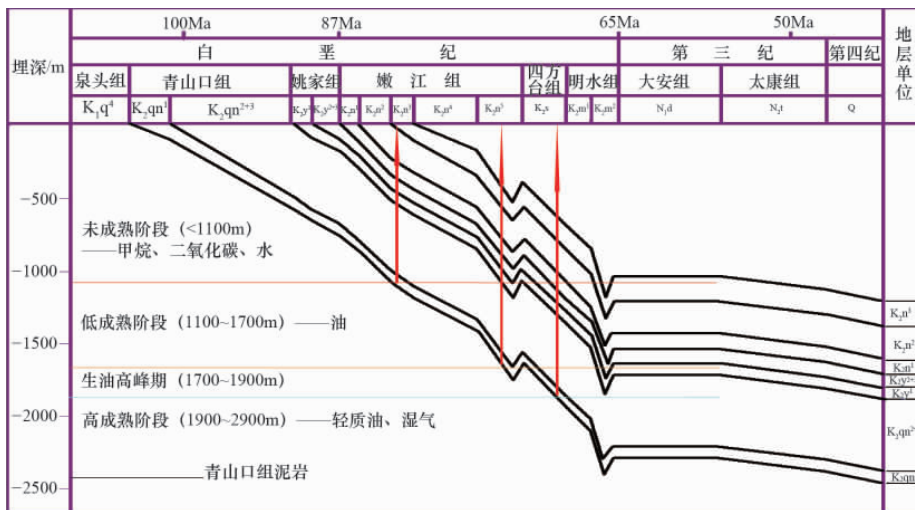


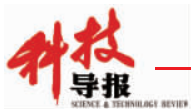
图3 齐家—古龙凹陷青一段源岩埋藏史

Fig. 3 The buried history of the source rock about K_{2qn}¹ member, Qijia-Gulong depression

要产物为甲烷、二氧化碳和水;当进入嫩江组三段中期时,埋深1100m处进入低成熟阶段并开始生油;进入嫩江组五段中期埋深1700m处,进入生油高峰期;于明水组一段达到高成熟阶段,主要产物为轻质油、湿气。

齐家—古龙凹陷青一段主要烃源岩油气初次运移期为

嫩江组三、四段中期,在嫩江组五段中期达到初次运移的鼎盛期;由于油气二次运移通常与第一次构造运动同时发生,或发生于主要生油期之后,本区主要构造运动期为嫩江组末期及明水组末期,明水组末期的构造运动正处于油气的大量生成之后,故本区葡萄花油层油气运聚的关键时期为明水组末期。



2 区域成藏模式

2.1 关键成藏期古油气运聚场

一个地区含油气丰度的高低,取决于该区的油气源条件及其与圈闭的时空匹配关系^[4]。

在精细研究葡萄花油层顶面的古构造基础上,依据烃源

岩的生烃阶段及油气的运移时期,研究关键时期油气运聚场。通过分析姚家组一段顶面各个时期古构造特征对葡萄花油层油气运移、聚集、散失等的控制作用,总结出葡萄花油层顶面古构造演化的5个主要阶段(图4):①姚二、三段末期至嫩四段末期:这一阶段为区域稳定沉积阶段,构造形态基

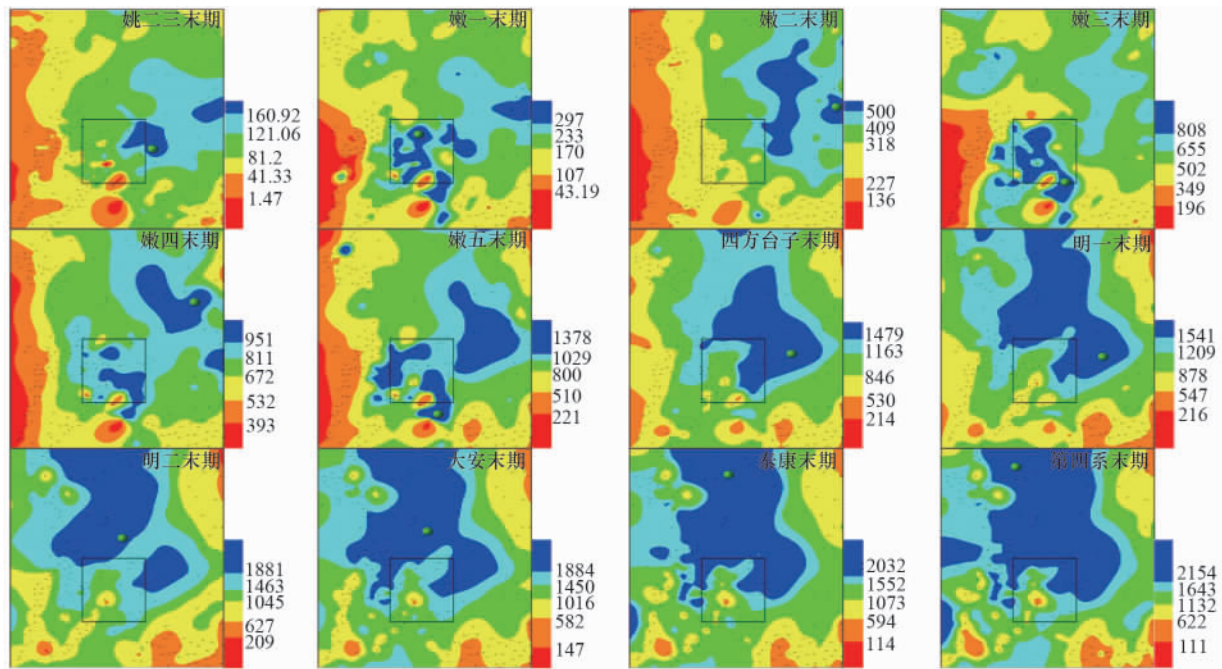


图4 葡萄花油层顶面姚二、三末期至今累计沉积厚度演化(单位:m)

Fig. 4 Accumulated deposition thickness evolution map of Putaohua oil layer top from K_2y^{2+3} members last stage to Quaternary (unit: m)

注:图中黑框内为研究区。

Notes: The studied area is in the black box.

本不变,沉降中心不断迁移,在西南隅发育一鼻状构造。②嫩五段末期:经历第一次构造反转作用(即地层由沉降转变为抬升),嫩江组沉积末期盆地受到近南北向逆时针直扭应力场作用,北东向基底断裂带发生压扭活动,沿断裂带凹陷层中形成一排扭动构造;同时,盆地东部的北东向基底断裂发生逆转,在东南隆起区和东北隆起区形成一些正反反转构造雏形,出现2个鼻状构造。③四方台组末期至明一段末期:在经历构造反转作用之后,整个区域构造形态趋于短暂稳定阶段,整个地区接受短暂的沉积,大安鼻状构造雏形形成。此时大安南鼻状构造与其北边的小鼻状构造合并,形成大安鼻状构造雏形,具宽缓的形态,轴向与之前相比向北偏转,大安鼻状构造整体呈南北向,前端向东北向偏移。④明二段末期:此时受松辽盆地第二次构造反转作用的影响,整个区域再次抬升,明二段地层遭受剥蚀,大安鼻状构造基本定型,其构造特征明显,内部发育一个以大54井附近为构造高点的穹窿构造。⑤大安组末期至今:全区在经历2次较大的构造反转作用之后,进入了稳定、定型阶段,大安鼻状构造逐渐萎缩,稳定发展至今。

综上所述,全区的沉积凹陷从姚二、三末期到嫩五末期表现的较为分散,从四方台末期开始逐渐集中,凹陷中心整

体趋势是由东向北转移。四方台组沉积后,鼻状构造稳定发育。鼻状构造为良好的圈闭类型,有利于捕获油气。在鼻状构造的构造低部位存在2个平面上流体势的高值带,构成流体分割槽,位于大54井~大13井一线、塔10~塔9井一线,南西向(图5)。以分割槽为界,使齐家—古龙凹陷的油气在嫩四末~明二末生成以后,沿凹陷中心向四周运移过程中,被2个低势能区捕获,在南西方向运移至大安鼻状构造。

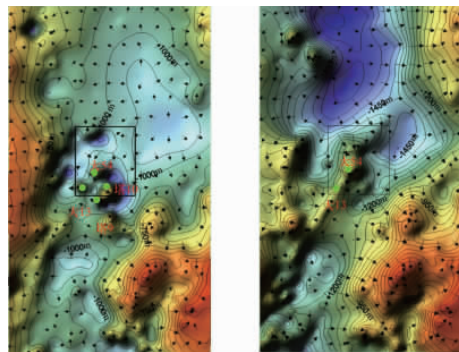


图5 葡萄花油层嫩五段、明二段沉积末期油气运聚场构造
Fig. 5 Migration structure diagram of petroleum field of Putaohua layer at K_2n^5, K_2m^2 last stage

2.2 油气进入葡萄花油层的断裂系统

葡萄花油层形成于盆地拗陷期,同时受反转期影响,葡萄花油层断层系的形成受这2个时期大的断裂背景影响较大。在盆地拗陷期应力场方向为近东西向,因此在葡萄花油层产生大量近南北向断裂;反转期受左旋压扭应力场的作用,主要形成北北西向张扭性正断层,受基底断裂影响,发育北北东向断裂(图6、图7)。

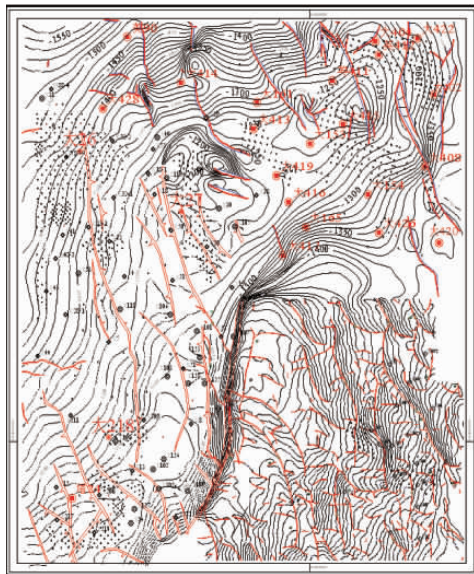


图6 研究区 T_1 断裂平面分布

Fig. 6 Plane distribution map of the T_1 structure in study area

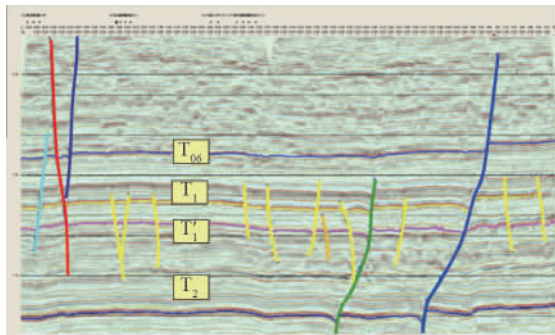


图7 大安沿江地区断裂系统分类

Fig. 7 Classification of the fault system in Daan area along the river

从断裂平面分布图可以看出,多数断层断开了青山口组、姚家组地层。其中断开 T_2-T_{06} 的断层断距较大,主要分布在西部,而断开 T_2-T_1 的断层主要分布在中东部,在平面上相互搭接,构成断层网络。在明末时期垂向封闭性差的断层即为该时期的开启断层,在油气的运移、聚集成藏方面起到了重要的通道作用。凹陷内青一段源岩生成的油气伴随着超压释放,在浮力作用下经沟通青一段和葡萄花油层的断裂进入葡萄花油层聚集成藏。

2.3 成藏模式的建立

传统石油地质学主要是基于生、储、盖、圈、保等静态要素的分析,目前发展出强调各个静态要素和动态要素之间相互作用的含油气系统^[15]分析方法,以及面向成藏过程的成藏动力学系统分析方法^[16]。运用含油气系统理论,对生、储、盖、圈静态要素及其生、排、运、聚、散动态过程进行综合研究,初步建立了大安地区葡萄花油层的成藏模式。

2.3.1 成藏条件综合分析

(1) 良好的烃源岩:研究区葡萄花的烃源岩是青一段深湖—半深湖亚相沉积并广泛发育的暗色泥岩,是本区良好的烃源岩。烃源岩位于葡萄花油层下部,生成的油气在浮力及超压卸载的情况下很容易克服毛细管力向上运移,也可以沿断裂向上运移至大安沿江地区。青一段暗色泥岩属于I型泥岩,是有利的生油母质,潜力大。研究青一段暗色泥岩埋藏史可知,烃源岩在嫩三末期开始进入生油门限,四方台初期开始大量生油,为本区提供了充足的油源。

(2) 良好的储集层:研究区主要为砂岩储层,大型河控浅水三角洲沉积的窄小河道是以薄层砂为主的砂岩储层,主要含有粉砂和细砂岩,为葡萄花油层富油提供了特殊岩性条件。

(3) 良好的区域盖层:研究区的区域盖层是嫩一段、嫩二段泥岩,厚度一般为100~300m,巨厚的区域盖层封盖了青一段生成油气的向上扩散,为油气的聚集和保存提供了良好的条件。

(4) 较好的继承性发育的三级构造:研究区位于齐家—古龙凹陷南坡,基本呈单斜构造,是油气运移的路径,也是良好的油气聚集圈闭。

(5) 油气运移动力:葡萄花油层顶面古构造演化分析表明,处于油气大量生成之后的明二段末期构造反转运动是油气聚集成藏的主要动力之一(图8)^[17-20],同时青一段泥岩内部发育超压,也是油气运移的重要动力来源。

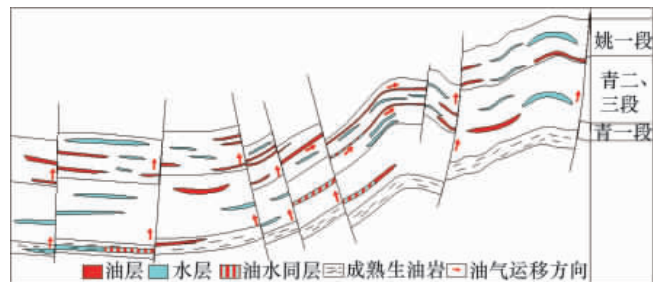


图8 大安沿江地区葡萄花油层成藏模式

Fig. 8 Accumulation model diagram of Putachua oil layer in Daan area along the river

(6) 较好的保存条件:油气藏在明水组末期形成后,盆地进入稳定期,直到第四纪都没有大的构造运动发生,圈闭条件基本没有改变,油气聚集没有遭到破坏,保存条件较好。

2.3.2 成藏模式

对成藏条件综合分析, 本区在明二末所有成藏条件已经具备, 根据油气成藏理论对大安地区的油气成藏模式进行综合分析得出: 大安地区的青山口组一段是主力烃源岩。研究区的青一段源岩埋藏史表明, 在嫩江组五段中期已经进入成熟阶段。而四方台组沉积后, 鼻状构造稳定发育。鼻状构造为良好的圈闭类型, 有利于捕获油气。研究区发育断开 T_2-T_{11} 的断裂, 青山口组生成并排出的油, 在异常压力和浮力作用下, 沿开启的断层进行垂向运移至葡萄花油层, 在后期大量活动的沟通烃源岩和葡萄花储层的油源断层, 成为烃源岩生成的油气向上运移的良好通道。葡萄花油层的窄小型河道砂沉积, 为油气成藏提供了良好的物性条件, 为沿断裂向上运移进入葡萄花储层的油气, 沿输导层二次运移创造了条件。葡萄花油层之上覆盖的萨葡夹层, 为 10~20m 厚的灰黑色泥岩, 是葡萄花油层良好的盖层, 形成“下生上储”式油藏。

3 结论

(1) 古构造演化史分析表明, 研究区主要构造运动期为嫩五末期和主生油期之后的明二末期。因此, 油气运聚成藏的关键时期为明水组末期。

(2) 流体势场分析表明, 研究区油气在嫩四末~明二末生成以后沿凹陷中心向南西方向运移至大安鼻状构造并聚集成藏。

(3) 综合分析大安地区的油气成藏模式得出: 大安地区的青一段源岩已经进入成熟阶段生成并排出油气, 并在浮力作用下经沟通青一段和葡萄花油层的断裂进入葡萄花油层聚集成藏。该区生储盖组合为常见的“下生上储”式。

参考文献 (References)

- [1] 虞云岩. 松辽盆地大安北油田葡萄花油层精细油藏描述及剩余油分布研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2009.
Yu Yunyan. The fine description of reservoir and the distributing of remaining oil of the Putaohua reservoir in Daanbei oil field, Songliao basin[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2009.
- [2] 柳成志. 齐家-古龙地区葡萄花油层层序特征及隐蔽油气藏预测[D]. 大庆: 大庆石油学院, 2006.
Liu Chengzhi. Sequence characteristics and subtle reservoir prediction of Putaohua oil bearing layer in Qijia Gulong area [D]. Daqing: Daqing Petroleum Institute, 2006.
- [3] 刘宗堡. 三肇凹陷扶余油层高分辨率层序地层学及油气成藏规律研究[D]. 大庆: 东北石油大学, 2010.
Liu Zongbao. High resolution sequence stratigraphy and hydrocarbon accumulation model of Fuyu reservoir in Sanzhao depression[D]. Daqing: Northeast Petroleum University, 2010.
- [4] 李延钧, 陈义才, 朱江. 松辽盆地古龙地区葡萄花油层油气成因与凝析气藏形成分布[J]. 西南石油学院学报, 1997, 19(3): 14-19.
Li Yanjun, Chen Yicai, Zhu Jiang. Journal of Southwest Petroleum Institute, 1997, 19(3): 14-19.
- [5] 郭巍. 松辽盆地南部白垩纪构造沉积演化与成藏动力学研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
Guo Wei. The study of Cretaceous tectono-sedimentary evolution and petroleum accumulation dynamics in southern Songliao Basin [D]. Changchun: Jilin University, 2007.
- [6] 侯启军, 冯子辉, 霍秋立. 海拉尔盆地乌尔逊凹陷石油运移模式与成藏期[J]. 地球科学, 2004, 29(4): 397-403.
Hou Qijun, Feng Zihui, Huo Qiuli. Earth Science, 2004, 29(4): 397-403.
- [7] 付秀丽, 庞雄奇. 松辽盆地北部青一段烃源岩排烃特征研究 [J]. 石油天然气学报, 2008, 30(1): 166-169.
Fu Xiuli, Pang Xiongqi. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(1): 166-169.
- [8] 付广, 王有功, 苏玉平. 用超压释放法确定烃源岩排烃期次—以古龙凹陷青山口组为例[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(5): 538-541.
Fu Guang, Wang Yougong, Su Yuping. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 28(5): 538-541.
- [9] 冯子辉, 冯志强, 刘伟, 等. 松辽盆地北部深层凝析油及油型气的成因研究[J]. 沉积学报, 2004, 22(增刊): 45-49.
Feng Zihui, Feng Zhiqiang, Liu Wei, et al. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(S): 45-49.
- [10] 康立明, 任战利, 崔军平, 等. 松辽盆地北部滨参 1 井白垩系烃源岩的认识和评价及其意义[J]. 地学前缘, 2007, 14(6): 257-266.
Kang Liming, Ren Zhanli, Cui Junping, et al. Earth Science Frontiers, 2007, 14(6): 257-266.
- [11] 王占国, 吕茜, 李景坤. 松辽盆地北部黑帝庙油层烃源岩条件初步探讨[J]. 大庆石油地质与开发, 2005, 24(1): 35-37.
Wang Zhanguo, Lv Qian, Li Jingkun. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2005, 24(1): 35-37.
- [12] 马中振, 庞雄奇, 吴河勇, 等. 用生烃潜力法研究松辽盆地北部中浅层烃源岩资源潜力[J]. 中国石油大学学报, 2009, 33(4): 27-32.
Ma Zhongzhen, Pang Xiongqi, Wu Heyong, et al. Journal of China University of Petroleum, 2009, 33(4): 27-32.
- [13] 魏志平, 毛超林, 孙岩, 等. 松辽盆地南部大情字井地区油气成藏过程分析[J]. 石油勘探与开发, 2009, 29(3): 11-16.
Wei Zhiping, Mao Chaolin, Sun Yan, et al. Petroleum Exploration and Development, 2009, 29(3): 11-16.
- [14] 付广, 杜春国, 孟庆芬. 乌尔逊凹陷油气成藏与分布控制因素分析[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2005, 20(1): 8-13.
Fu Guang, Du Chunguo, Meng Qingfen. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2005, 20(1): 8-13.
- [15] Magoon L B. Petroleum systems of the United States [M]. Washington, DC: US Government Printing Office, 1988.
- [16] Perrodon A. Dynamics of oil and gas accumulations [M]. Paris: Editions TECHNIP, 1983.
- [17] 关德师, 李建忠. 松辽盆地南部岩性油藏成藏要素及勘探方向[J]. 石油学报, 2003, 24(3): 24-27.
Guan Deshi, Li Jianzhong. Acta Petrolei Sinica. 2003, 24(3): 24-27.
- [18] 李群. 松辽盆地长岭凹陷隐蔽油气藏勘探研究 [J]. 地球科学, 2002, 27(6): 770-774.
Li Qun. Earth Science, 2002, 27(6): 770-774.
- [19] 沈安江, 王艳清, 陆俊明, 等. 松辽盆地南部岩性地层油气藏勘探理论与实践[J]. 中国石油勘探, 2004, 9(5): 40-44.
Shen Anjiang, Wang Yanqing, Lu Junming, et al. China Petroleum Exploration, 2004, 9(5): 40-44.
- [20] 赵占银, 董清水, 宋立忠, 等. 松辽盆地南部河流相岩性油藏形成机制 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 10-38.
Zhao Zhanyin, Dong Qingshui, Song Lizhong, et al. Forming mechanism of lithologic reservoirs in the fluvial facies in the southern Songliao basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 10-38.

(责任编辑 田恬, 陈广仁)