

大庆萨尔图油田北部萨一油层组沉积微相再认识

文慧俭, 范广平, 马世忠, 杨成, 耿冬云

东北石油大学地球科学学院, 黑龙江大庆 163318

摘要 大庆萨尔图油田北部萨尔图油层组是重要的含油层段。以前一直认为萨一油层组是三角洲外前缘亚相, 发育大面积的席状砂, 水下分流河道砂体不发育。随着勘探开发的深入和井网的加密, 本文根据岩心、测井曲线等特征认为, 萨一油层组具有明显水下分流河道特征, 为三角洲内前缘亚相; 主要发育水下分流河道微相、席状砂间微相、席内缘微相、席外缘微相。水下分流河道微相是区分三角洲内、外前缘亚相的重要标志, 本文通过分析研究区沉积特征, 建立测井相模式, 给出了萨一油层组平面微相中典型水下分流河道的特征。水下分流河道砂体与外前缘席状砂在砂体形态、规模、分布面积、连续状况及储油物性等方面具有非常大的差别, 在开发方案及开发效果上具有不同特征。这一认识上的转变将为萨一油层组的开发提供重要的地质依据, 为油田剩余油评价提供一个新的增长点。

关键词 萨尔图油田; 沉积微相; 三角洲内前缘; 水下分流河道; 席状砂

中图分类号 TE111.3

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.07.006

Study of Sedimentary Microfacies of Sayi Reservoir in North Saertu Oil Field

WEN Huijian, FAN Guangping, MA Shizhong, YANG Cheng, GENG Dongyun

College of Earth Sciences, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, Heilongjiang Province, China

Abstract Sayi Reservoir is one of the most important oil layers in the northern Saertu oil field. For a long time, Sayi Reservoir used to be considered to belong to external delta front microfacies with the front sheet sand well developed, but the underwater distributary channel has not been found. With a further exploration and development and well pattern infilling, the distinct underwater distributary channels are found so it is established that Sayi Reservoir belongs to inner delta front microfacies, which include the underwater distributary channel, the front sheet sand, the inner front sheet sand and the external delta front microfacies. Because the underwater distributary channel is an important mark for identifying external and inner delta front microfacies, the typical underwater distributary channel is recognized from the sedimentary facies maps of Sayi Reservoir through analyzing deposition character and establishing logging facies models. The underwater distributary channel sand and the front sheet sand are distinct in sand shape, scale, distribution area, continuous condition and physical property, which decide the development plan and effect. This study can offer not only a new viewpoint for the remaining oil evaluation but also an important geologic evidence for Sayi Reservoir.

Keywords Saertu oil field; sedimentary microfacies; inner delta front microfacies; underwater distributary channels; sheet sand

0 引言

大庆油田自 1960 年投入开发, 至今已有 50 年历史。目前, 全油田的综合含水率已达 91.4%, 油田早已进入高含水开采期。通过开发调整保持了 27 年 5000 万 t 长时间稳产。赵翰卿 1992 年对大庆长垣萨、葡、高油层组各小层的相带分界进

行了精细研究, 为后人研究奠定了坚实的基础。他提出的松辽盆地大型叶状三角洲沉积模式及大型河流-三角洲相储层精细研究方法^[1-4], 对大庆油田的勘探开发有着重要贡献。随着开发的深入, 井网的加密, 使人们对地下储层又有了更精细的认识。萨北开发区萨一油层组(简称 SI), 原来认为是三

收稿日期: 2012-01-05; 修回日期: 2012-02-18

基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(11521010)

作者简介: 文慧俭, 副教授, 研究方向为沉积学和油气田开发地质, 电子信箱: whjdqpi@163.com

角洲外前缘表外储层为主^[5],现在认为是内前缘水下分流河道发育。这一认识上的转变,将成为剩余油挖潜的一个新的增长点,为大庆油田的稳产提供新的保障。

1 区域地质概况

松辽盆地是中国东北地区的大型中生代陆相沉积盆地,全盆地分为7个一级构造单元:中央坳陷区、西部斜坡区、东南隆起区、东北隆起区、北部倾没区、西南隆起区和开鲁坳陷区^[6]。大庆长垣是松辽盆地北部的一个二级构造单元,萨尔图油田位于大庆长垣北部(图1,取自文献[6])。萨尔图油田储层岩性主要是砂岩和泥岩,剖面上砂泥岩交替频繁,是一个陆相碎屑岩多油层油田,发育萨、葡、高3个油层,7个油层组,属松辽盆地拗陷期的最大沉积体系—北部河流—三角洲沉积体系^[7-8]。萨、葡、高油层沉积时期松辽盆地经历了一个完整的由湖侵→湖退→最大湖退→湖侵→最大湖侵的构造—沉积旋回。萨尔图油层为一湖侵沉积过程,该期主要为一套湖侵三角洲沉积,沉积物以细—粉砂为主。萨二、萨三油层组正是在最大湖退期后的湖进初期沉积形成的,萨一油层组是湖进末期即接近湖侵最大期的背景下形成的^[9-10]。

2 沉积特征

2.1 泥岩颜色

泥岩颜色是恢复古沉积环境的重要标志,萨尔图油田北部萨一油层组的泥岩颜色以绿色、灰绿、绿灰色泥岩和粉砂质泥岩为主,为弱还原环境。

2.2 沉积构造

沉积构造是水动力条件的直接反映,不同沉积环境条件下形成的沉积构造类型是截然不同的。萨一油层组沉积构造

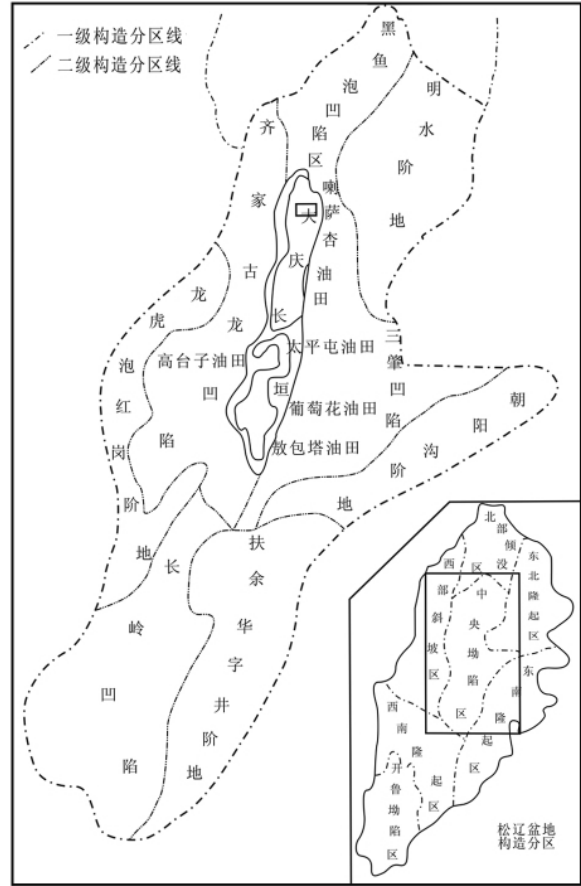


图1 大庆油田构造分区图

Fig. 1 Structural unit of Daqing Oilfield

类型丰富,水下分流河道底部发育有冲刷面,内部发育交错层理、波状层理、虫孔构造、生物扰动构造和滑塌变形构造,显示相对较弱的水动力条件,如图2所示。

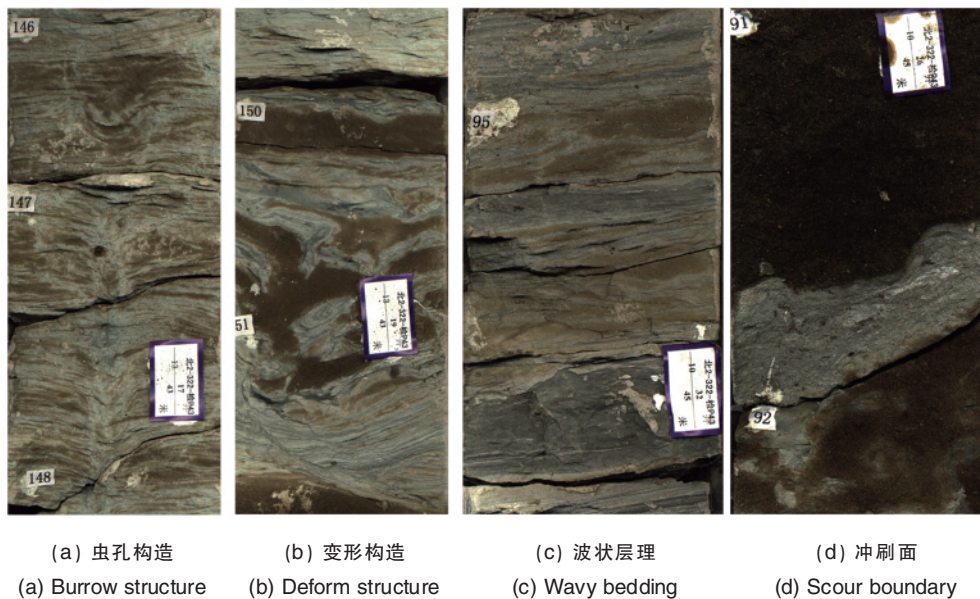


图2 萨一油层组岩心沉积构造特征

Fig. 2 Deposition structure character of S1 reservoir in the core

2.3 生物化石和自生矿物

研究区的生物化石较发育, 可见生物介壳和植物碎片。岩心中可见黄铁矿晶体和钙质矿物, 黄铁矿一般形成于弱还原环境, 钙质矿物多以钙质胶结的形式存在粉砂岩中。

2.4 沉积物粒度

岩性有粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩和泥岩, 水下分支河道微相和席状砂微相以粉砂岩为主, 远离物源区。

3 沉积微相类型和测井相模式

3.1 沉积微相类型

三角洲前缘亚相处于水下稳定的还原环境, 受河能和湖能双重作用, 其沉积特征完全不同于仅受河能作用且长期处于氧化环境的分流平原亚相。其总体特征为: (1) 泥岩颜色明显以灰、灰绿为主, 氧化色大大减少或缺少; (2) 与陆上分流平原亚相相比, 其层理发育、明显、微细、且具较为发育的湖能层理, 如波状、搅动、柔皱构造等; (3) 岩性细, 以粉砂岩为主; (4) 整体具砂岩、泥岩极薄互层特征; (5) 还原性自生矿

物发育, 如黄铁矿、菱铁矿; (6) 化石增多, 见蚌壳、鱼、介形虫等淡水动物化石和植物碎屑或碳屑; (7) 水下分流河道薄、窄、冲刷弱, 有湖能层理; (8) 与前三角洲和三角洲分流平原相邻。以上特征与分流平原亚相截然不同, 综合研究区的沉积背景、沉积特征及密井网测井曲线的特征认为, 萨尔图油田北部萨一油层组为三角洲内前缘亚相沉积^[11-12], 发育水下分流河道微相, 席状砂微相和席状砂间微相。本文根据砂体厚度、储层物性和测井曲线形态特征将席状砂微相细分为席状砂主体微相和席状砂微相, 又把岩性、物性比席状砂差, 比席间泥好的储层细分为席内缘微相和席外缘微相。

3.1.1 水下分流河道微相

具底部冲刷或突变面、底部滞留、正韵律及河道垂向层序等河道特征, 以及 (1) 与明显的水下分流间伴生; (2) 冲刷能力减弱、底部滞留无或薄; (3) 砂薄粒细; (4) 道内薄夹层具水下层理且发育、微细; (5) 具湖能层理等有别于分流河道。测井曲线特征为极高幅度、高幅差; 典型钟形 (或箱形); 中厚层 (多 3—5m); 底部突变、顶部渐变; 光滑—微齿测井相特征, 见图 3。

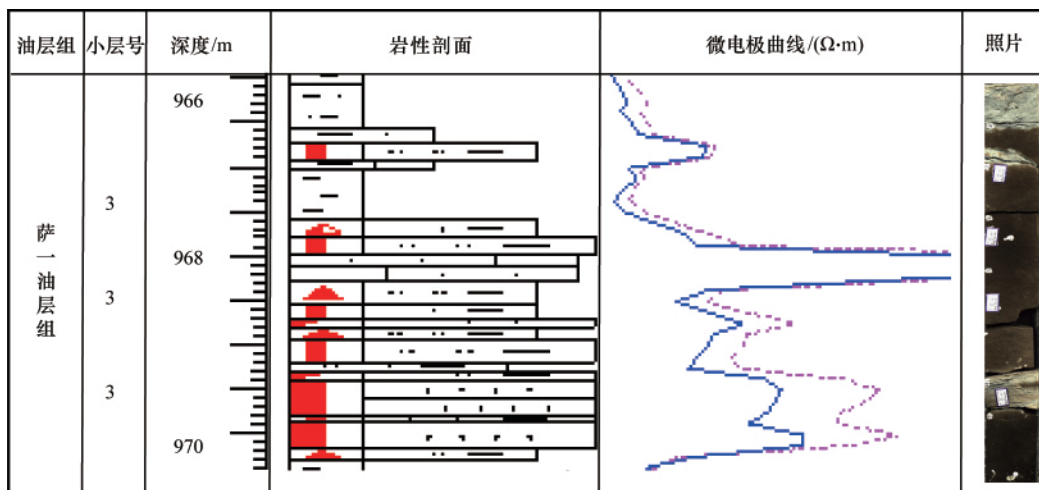


图 3 水下分流河道微沉积特征

Fig. 3 Characteristics of underwater distributary channel microfacies

3.1.2 席状砂主体和席状砂微相

以粉砂岩、泥质粉砂岩为主, 呈明显小反韵律或指状, 具波状、透镜状、水平波状、平缓交错层理; 多顶部突变。根据其砂体发育程度, 把物性好、砂体厚度大定为席状砂主体微相。测井曲线特征为中幅 (差)、多指或极扁漏斗或极扁钟形、极薄—薄层 (<2m) 特征。自然伽玛为单指或极扁漏斗形。

3.1.3 席内缘微相

薄层, 具湖能层理的泥质粉砂岩, 与席状砂相似, 物性较略差; 呈小反韵律或指状。测井曲线特征为中低幅 (差)、单指或极扁漏斗或极扁钟形、极薄—薄层 (<2m) 特征。

3.1.4 席外缘微相

薄层, 具湖能层理的粉砂质泥岩, 与席内缘相比, 物性略差; 呈小反韵律或指状。测井曲线特征为中低幅 (差)、单指或极扁漏斗或极扁钟形、极薄—薄层 (<1m) 特征。

3.1.5 席状砂间微相

以灰绿、绿灰、灰甚至黑灰色水平, 水平波状、块状层理泥岩为主, 有具湖能层理的粉砂质泥岩、泥质粉砂岩等。测井曲线特征为低幅度 (差); 直线或直线夹齿形; 薄—厚层特征。

3.2 测井相模式

在岩性相分析基础上, 据测井曲线可很好反映“三性” (岩性、物性、含油性) 关系, 泥质含量, 岩性界面和顶底接触关系, 旋回性以及各井普遍性和高精度要求, 经过在取心井精细岩电对比, 优选出测井响应较明显的自然电位 SP、自然伽玛 GR、微电位 RMN、微电极等测井曲线组合。通过多井同一微相的测井相要素特征, 总结该微相所共有的测井相要素特征, 由此建立该微相的测井微相模式。通过以上方法建立了三角洲内前缘亚相 6 微相的测井微相模式, 见图 4。图中, RLLD 为深三侧向曲线, RLLS 为浅三侧向曲线。

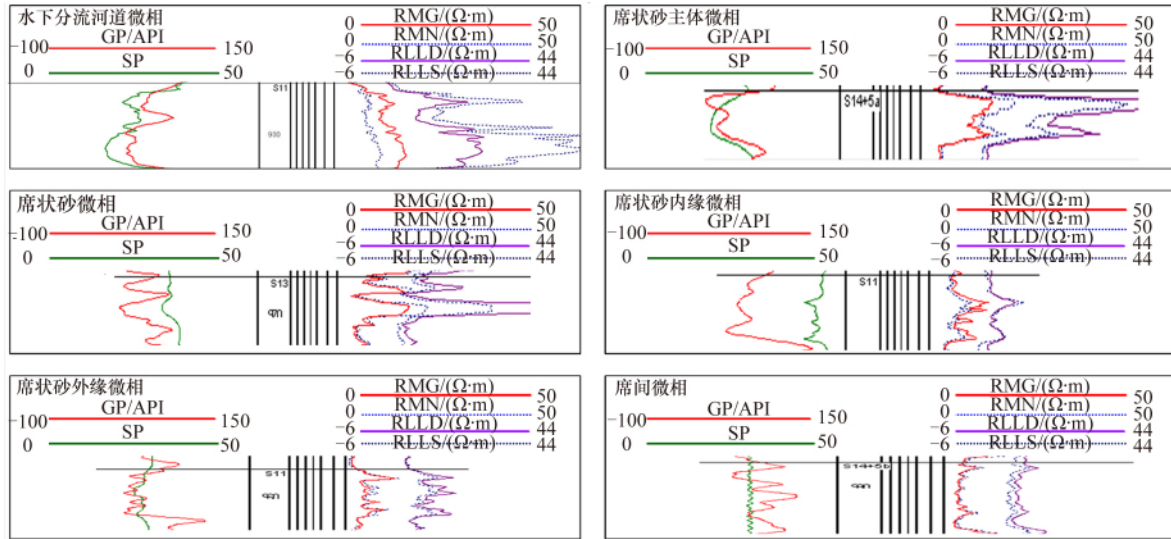


图 4 萨一组三角洲内前缘亚相测井微相模式

Fig. 4 Inner delta front logging facies models of SI reservoir

4 沉积微相平面分布

前文通过岩性、构造及生物化石等方面认为萨一油层组具有三角洲前缘亚相的沉积特征,通过岩心观察,证实了确实存在水下分流河道微相。水下分流河道到底是否发育,还得从平面分布特征上分析。据所建立的测井微相模式,进行研究区同一小层的测井微相识别,利用优势相组合和单砂体平面分布预测原理,得到萨一油层组各小层的平面微相图,萨一油层组共 5 个小层(SI1,SI2,SI3,SI4+5a,SI4+5b),各小层平面分布图上都明显可以识别出多支连续小型水下分

流河道,由此可以确定萨一油层组为三角洲内前缘亚相沉积。下面以 SI3 小层为重点解剖对象。

SI3 小层发育小型水下分流河道、席状砂主体、席状砂、席内缘、席外缘和席间微相,见图 5。分流河道发育。在大面积席内缘发育的背景下发育 9 支近北南走向的小型水下分流河道砂体,图 6 为其中一条河道中顺河流走向 4 口井的测井曲线特征,从测井曲线可以看出具有明显的河道特征,河道两侧为席状砂主体和席状砂微相,席外缘和席间微相零星分布其间。

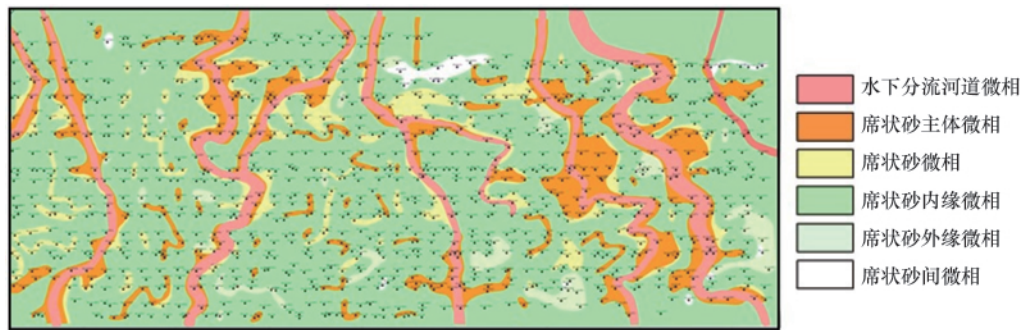


图 5 SI3 小层沉积微相图

Fig. 5 Sedimentary microfacies of SI3 reservoir

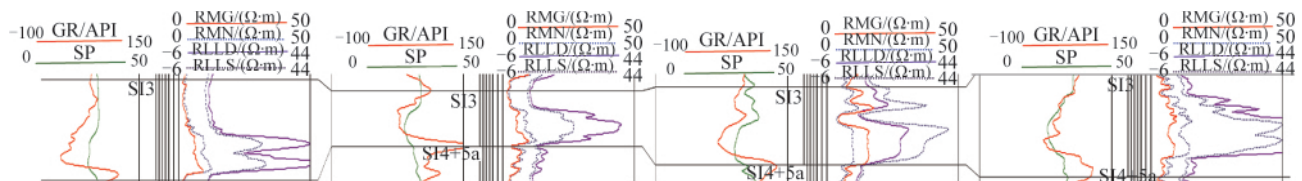


图 6 SI3 小层典型水下分流河道剖面

Fig. 6 Typical underwater distributary channel profile of SI3 reservoir

5 结论

本文利用岩芯、测井等地质资料,通过精细沉积微相研究分析了研究区萨一组储层沉积特征,得出如下结论。

(1) 岩心资料表明,研究区的岩性以灰绿、绿灰色泥岩和灰色粉砂岩、泥质粉砂岩为主,沉积构造类型丰富,发育交错层理、波状层理、虫孔构造、生物扰动构造等,生物化石较发育,可见生物介壳和植物碎片及黄铁矿等自生矿物,表明研究区萨一油层组为三角洲内前缘沉积。

(2) 通过岩心、测井资料的综合分析认为萨一油层组三角洲内前缘亚相,发育水下分流河道微相、席状砂微相、席状砂内缘微相、席状砂外缘微相及席状砂间微相。

(3) 小层平面沉积微相研究表明,萨一油层发育的主要砂体为窄小型水下分流河道砂体,砂体呈近南北向展布,水下分流河道砂体的存在为油田开发提供了新的思路。

参考文献 (References)

- [1] 隋军, 吕晓光. 大庆油田河流-三角洲相储层研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000: 5-11.
Sui Jun, Lu Xiaoguang. Reservoir research of fluvial delta facies of Daqing oilfield[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000: 5-11.
- [2] 赵翰卿. 松辽盆地大型叶状三角洲沉积模式[J]. 大庆石油地质与开发, 1987, 6(4): 1-9.
Zhao Hanqing. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 1987, 6(4): 1-9.
- [3] 赵翰卿, 付志国, 吕晓光, 等. 大型河流-三角洲沉积储层精细描述方法[J]. 石油学报, 2000, 21(4): 109-113.
Zhao Hanqing, Fu Zhiguo, Lu Xiaoguang, et al. *Acta Petrolei Sinica*, 2000, 21(4): 109-113.
- [4] 赵翰卿. 松辽盆地北部大型河流-三角洲体系砂体沉积模式和非均质性特征研究(油田内部资料)[R]. 大庆: 大庆石油管理局勘探开发研究院, 1992, 9: 1-45.
Zhao Hanqing. A sedimentary scheme and heterogeneous character for a large scale fluvial delta sand in the north of Songliao Basin (internal

- document)[R]. Daqing: Exploration and Development Academy, Daqing Petroleum Administrative Bureau, 1992, 9: 1-45.
- [5] 大庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志卷二(上册): 大庆油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 9-114, 155-160.
Compiling Group for the Petroleum Geology of Daqing Oilfield. *Petroleum geology of China (Vol. 2): Daqing Oilfield* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993: 9-114, 155-160.
- [6] 刘丁曾, 王启明, 李伯虎. 多油层砂岩油田开发 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996: 1-4.
Liu Dingzeng. Sandstone oilfield development within the multi-pays[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996: 1-4.
- [7] 高瑞祺, 蔡希源. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 103-106.
Gao Ruiqi, Cai Xiyuan. Oil and gas fields formation conditions and distribution of the Songliao Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997: 103-106.
- [8] 焦养泉, 李思田, 杨世恭, 等. 湖泊三角洲前缘砂体内部构成及不均一性露头研究[J]. 地球科学·中国地质大学学报, 1993, 18 (4): 441-451.
Jiao Yangquan, Li Sitian, Yang Shigong, et al. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 1993, 18(4): 441-451.
- [9] 赵澄林. 沉积-储层论文集[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000: 56-70.
Zhao Chenglin. Deposition-reservoir symposium [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000: 56-70.
- [10] 李玉兰, 陈国俊, 吕成福. 松辽盆地南部月亮泡地区萨尔图油层 I 砂组沉积微相研究及有利区带预测[J]. 沉积学报, 2008, 26(2): 265-270.
Li Yulan, Chen Guojun, Lu Chengfu. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2008, 26(2): 265-270.
- [11] 杨明达, 杨明辉, 刘鸿友, 等. 松辽盆地南部海坨子地区姚家组二、三段沉积微相研究[J]. 石油实验地质, 2002, 24(4): 348-353.
Yang Mingda, Yang Minghui, Liu Hongyou, et al. *Petroleum Geology & Experimental*, 2002, 24(4): 348-353.
- [12] 窦洪武. 三角洲前缘亚相储层单砂体识别方法的研究 [J]. 石油天然气学报, 2011, 33(5): 165-167.
Dou Hongwu. *Journal of Oil and Gas Technology*, 2011, 33(5): 165-167.

(责任编辑 朱宇)

· 学术动态 ·

“中国环境科学学会 2012 年学术年会”征文

由中国环境科学学会主办,2012年6月1日在南宁市召开“中国环境科学学会2012年学术年会”。

征文范围:绿色经济与绿色转型的理论与实践;水污染控制与流域水环境质量改善;大气污染物减排与区域环境质量改善;固体废物污染防治及资源化利用支撑技术;环境监测与预警;土壤污染防治及生态修复;重金属污染风险评估与治理修复新技术;持久性有机污染物污染防治;环境健康与环境风险评估;城市环境保护与可持续发展;生态环境保护与新农村建设。

论文截止日期:2012年4月10日。

联系电话:010-62259894。

通信地址:北京市海淀区红联南村 54 号 (100082)。

电子信箱:xueshunanhui@126.com。

会议网站:http://www.chinaces.org/c/cn/news/2012-01/12/news_3650.html。