

文章编号: 1009-3850(2010)04-0050-05

湖岸线演化及砂体分布规律研究

——以大庆长垣湖岸线演化为例

张景军, 柳成志, 张 雁, 刘志舟

(大庆石油学院 地球科学学院, 黑龙江 大庆 163318)

摘要: 利用高分辨率层序地层学、沉积岩石学等方法对研究区 P I—S II、S III 等目的层位各个发育时期的湖岸线位置及其演化规律进行了分析和研究, 总结了湖岸线摆动带内砂体的沉积演化规律及湖岸线附近岩性油气藏形成的有利条件, 为研究区油田进一步挖潜提供了方向和建议。

关键词: 湖岸线; 演化规律; 岩性油气藏; 砂体分布规律

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

随着勘探的日益深入, 油气的勘探方向已由构造油气藏向岩性地层油气藏发展。近几年来有坡折带控油论、三角洲前缘控油论、湖岸线控油论^[1]等岩性地层油气藏理论的提出。湖岸线是湖平面与湖岸的交汇线, 准确来讲它不是一条线而是一个带。由于气候、构造沉降等变化导致湖水涨落, 形成短期水进水退频繁发生, 致使湖岸线不停地来回摆动, 从而形成了湖岸线的一个摆动带。湖岸线附近是岩性地层油气藏发育的有利相带, 由于气候、构造、沉积物供给、河水注入量, 尤其是沿岸流作用的影响, 松辽盆地在白垩纪早期发生了多期次的湖进和湖退^[2~4], 形成了多期次的砂泥岩互层, 其在纵向上叠加, 横向上连片分布。湖岸线的迁移造成岩性地层油气藏的分布具有群带性和规模性的特点, 湖岸线对岩性地层圈闭的分布起着重要的控制作用。

1 湖岸线的变化对砂体形态、规模的影响

湖平面的变化导致了 A/S^[5] 的变化, 进而导致砂体的规模、密度、形态都发生了相应的变化, 这种变化是有规律可循的。在 MSC21(表 1) 沉积早期,

基准面由最低逐渐上升, 至最大湖泛面水域面积最大。在这个过程中, 湖平面总体上升, 其内部的高频旋回的波动规律应该是缓慢上升快速下降, 因此短期旋回的样式是由向上变深的非对称旋回变为以向上变浅为主的对称旋回。在这个旋回发展过程中, 可容纳空间逐渐增多, 沉积物供给逐渐减少, 相应发育的是相互切叠削截式河道、叠加式河道及逐渐分开的复合式河口坝等。同时, 在三角洲外前缘相带内河流能量减弱而湖浪作用增强, 湖浪对砂质沉积进行改造而形成大面积分布的席状砂。

2 湖岸线演化规律

大庆长垣位于松辽盆地北部, 由七个背斜构造组成, 由北向南依次是喇嘛甸油田、萨尔图油田和杏树岗油田。各油田目的层位主要为 P I—S II、S III 油层组。现今, 油田勘探开发以油田边缘表外储层及湖岸线附近岩性油气藏为主要方向, 因此对于本研究区湖岸线位置的确定及其演化规律的研究有着重要的理论和实际意义。

2.1 沉积背景

青山口组二、三段—嫩江组沉积时期盆地处于

收稿日期: 2009-05-14; 改回日期: 2010-02-14

作者简介: 张景军(1973—), 男, 讲师。主要从事层序地层学、沉积岩石学研究

基金项目: 国家自然科学基金项目(40872076)

拗陷深陷期,是松辽古湖发展的全盛期,湖区深而广,湖面范围大。大量岩芯资料揭示,富含陆相淡水生物化石叶肢介、轮藻,具有淡水湖相的地球化学指标和岩石矿物特征,为一大型的内陆淡水湖盆沉积。湖盆周围有 5 个物源向盆内供应碎屑物质,其中以平行盆地长轴方向的北部和保康两个物源为主。

表 1 沉积相与高分辨率层序地层划分
Table 1 Sedimentary facies and high-resolution sequence stratigraphic division

地 层	油层组	砂 岩 组	高分辨率层序地层格架		
			中期旋回		长期旋回
姚二、三段	S II	S II 1-S II 4	MSC32	MSC3	LSC2
		S II 5-S II 16	MSC31		
	S III	S III 1-S III 9+10	MSC22	MSC2	
姚一段	P I	P I 11-P I 33	MSC21		
青二、三段		P I 41-P I 7	MSC1	MSC1	LSC1

2.2 湖岸线位置确定依据

1. 高分辨率层序地层

通过高分辨率层序地层学能够对地层进行旋回划分和体系域分界,进而识别出最大湖泛面、初始湖泛面。

(1) 最大湖泛面与密集段的识别^[5]

最大湖泛面是陆相层序^[6]中最大湖侵所达到的位置而产生的界面,具有沉积间断和无沉积的标志如根土岩和土壤层、相缺失等岩心、露头识别标志。大面积分布的厚层暗色泥岩是这一时期的最主要岩石类型,测井曲线上以低平曲线为特征。在最大湖泛面附近常发育密集段。最大湖泛面为水进体系域与高水位体系域的分界。

(2) 首次湖泛面的识别

首次湖泛面是指湖平面下降到最低点之后,湖平面开始快速回返时的最初位置,为低位体系域与水进体系域的分界,界面之下存在着水深迅速增加的现象,具有区域性的沉积间断和上下侵蚀标志,在岩性上表现为一段泥岩或细粒沉积。

(3) 依据目的层位中各沉积单元发育特征识别湖泛面

FFS1(第一个首次湖泛面):位于 P I 3 小层的底部,相当于姚家组与青山口组交界的区域不整合面,湖域面积最小,为三级层序 X III 与 X IV 界面 SB14 所在的位置,同时也是二级层序的界面。为下降基准面半旋回(P I 7 ~ P I 4)和上升基准面旋回(P I 33b ~ S III 9 + 10)的转换点,其下地层向上变粗,呈现出明显的进积特征,其上地层向上变细,呈现明显的退积特征。

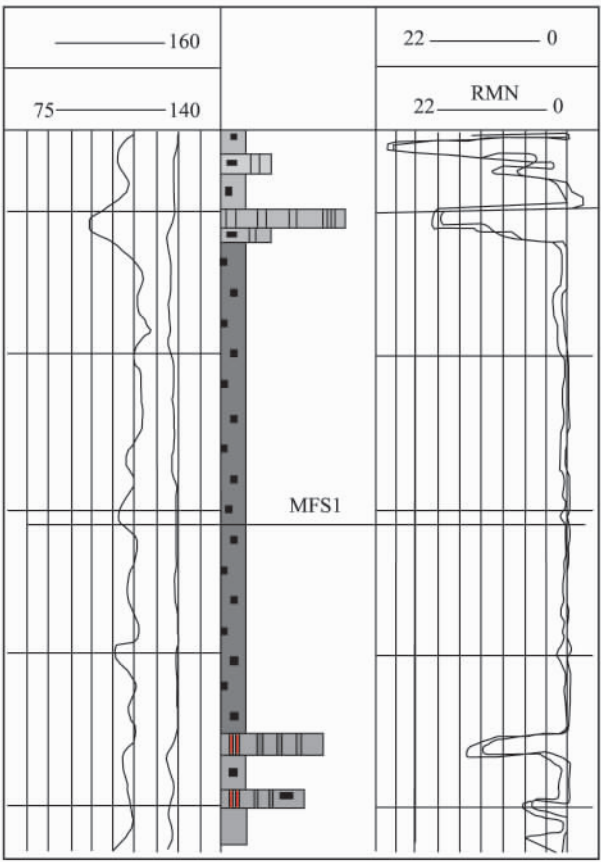


图 1 S III 8 底最大湖泛面
Fig. 1 Maximum lake-flooding surface at the base of S III 8

MFS1(第一个最大湖泛面):为上升基准面半旋回(P I 33b ~ S III 9 + 10)和下降基准面旋回(S III 8 ~ S II)的转换点。首次湖泛面 FFS1 之后沉积了水进体系域;S III 9 + 10 小层以后,继续湖扩的结果是在 S III 8 小层形成稳定分布的厚约 1m 的黑色泥岩,上下均为前缘席状砂,此为第一个最大湖泛面 MFS1 所在(图 1)。

FFS2(第二个首次湖泛面):是下降基准面半旋回(S III 8 ~ S II 底)和上升基准面旋回(S II 16 ~ S II 5a)的转换点,从小层 S III 8 ~ S II 底界,沉积体系由垛状三角洲变为枝状三角洲沉积,此为相变型层序界面。湖岸线在 S II 16 ~ S II 12 小层内近距离反复振荡,至 S II 16 小层迅速湖扩,形成厚约 1m 的泥岩,S II 16 底可作为第二个首次湖泛面 FFS2 的位置(图 2)。

MFS2(第二个最大湖泛面):为上升基准面半旋回(S II 16 ~ S II 5a)和下降基准面旋回(S II 4b ~ S II)的转换点。自 S II 16 开始,湖岸线几经振荡波动,且主要以退积作用为主,至 S II 4 小层底界,湖域面积比较稳定,定为第二个最大湖泛面 MFS2(图 3)。从 S II 4 至 S II 顶水体变浅,且 S II 顶为 X IV 的

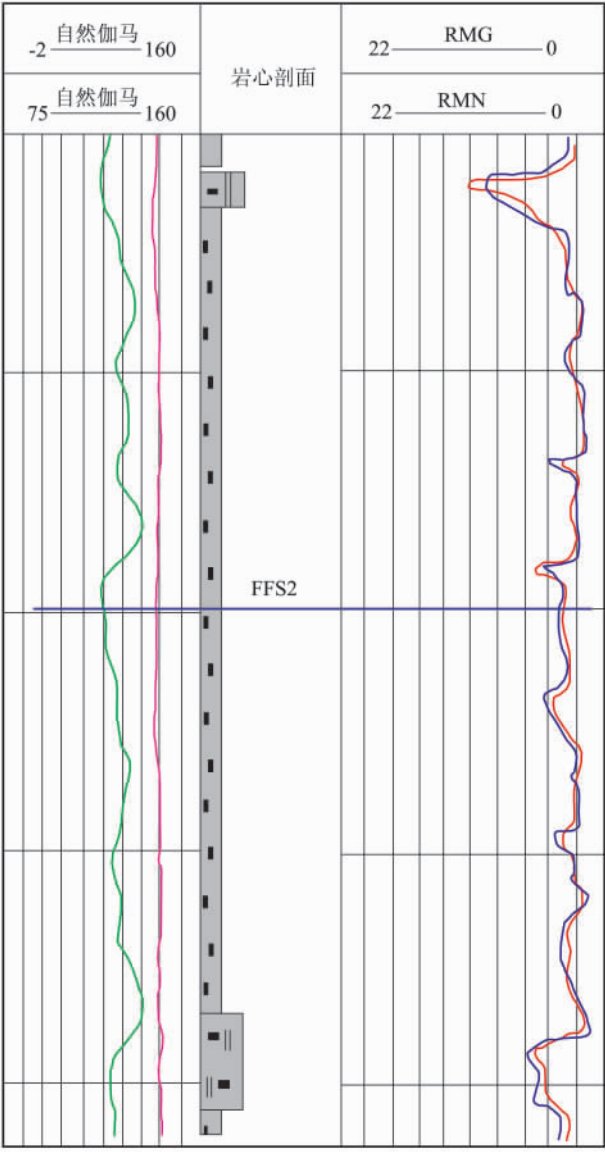


图2 SII16底首次湖泛面
Fig. 2 First lake-flooding surface at the base of SII16

层序界面 SB15。

由高分辨率层序地层学基本原理可知,中期基准面旋回一般可用初次湖泛面或最大湖泛面所限定,短期基准面旋回可用两次明显的湖泛面来限定,所以中期、短期基准面的上下都有可能是湖岸线的位置。MSC1 是一个下降半旋回,在 P I 4 小层发育时期 A/S 值达到最小,之后出现首次湖泛; MSC2 由一个上升半旋回 MSC21 和下降半旋回 MSC22 组成,在 MSC21 中 A/S 值逐渐增大,在 SIII8 小层达到最大,出现最大湖泛面。之后, MSC31 中 A/S 值逐渐变小,到 SII16 小层底达到最小值,从 SII16 小层开始发生首次湖泛; MSC3 由 MSC31 和 MSC32 两个半旋回组成, MSC31 是上升半旋回, MSC31 逐渐增大,在 SII5 小层的顶界达到最大,出现了最大湖泛面。

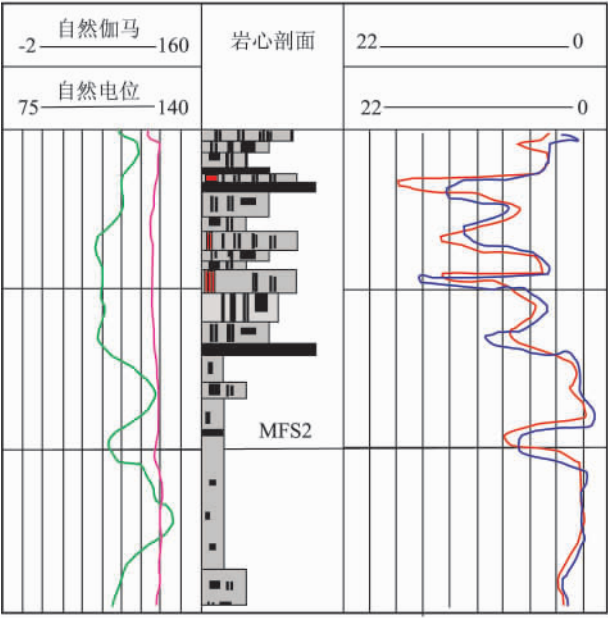


图3 SII4底最大湖泛面
Fig. 3 Maximum lake-flooding surface at the base of SII4

而 MSC32 是下降的半旋回, A/S 值逐渐变小, 在 SII1a 小层顶达到最小, 之后又发生了首次湖泛。

2. 沉积岩石学方面

(1) 沉积环境

在三角洲沉积环境中,湖岸线是划分三角洲分流平原和三角洲前缘的一条关键的界线^[7]。一般在陡坡位置,湖岸线是一条较细的界线;在缓坡上,由于受到天气、季节性等多方面的影响,湖岸线是一条较宽的摆动带。同时三角洲分流平原和三角洲前缘的沉积物有着不同的特点。三角洲分流平原与前缘同属河湖过渡相沉积,其中三角洲分流平原是三角洲的陆上沉积部分,它始于河流大量分叉处,止于湖岸线或湖平面处。在三角洲分流平原沉积中最主要的是分流河道砂沉积与沼泽的泥炭或褐煤沉积,两者共生是三角洲分流平原沉积的典型特征;三角洲前缘沉积位于湖平面与浪基面之间,其中水下分流河道与河口砂坝的砂质沉积以及支流间湾泥质沉积是前缘沉积中的重要特征。从研究中可知,研究区目的层中 P I 31、P I 32、P I 33a、P I 33b 沉积单元(短期旋回)发育三角洲分流平原亚相沉积,而 P I 7—P I 4 发育时期为三角洲前缘沉积,由此可推断在 P I 33b、P I 33a 时期应有湖岸线的存在。

(2) 岩性特征

岩性的变化主要反映在粒度的变化,沉积物由细到粗突变;颜色上泥岩由深到浅,到出现反映氧化环境的紫色、红色。在 X12-3-J3222 井在 1112.75m 处出现了紫红色泥岩错动界面及在 1114.25m 处发

现了黄铁矿,在 1121. 25m 处发育波痕,即在 P133b 发育时期 X12-3-J3222 井附近是湖岸线摆动带(图 4、5)。

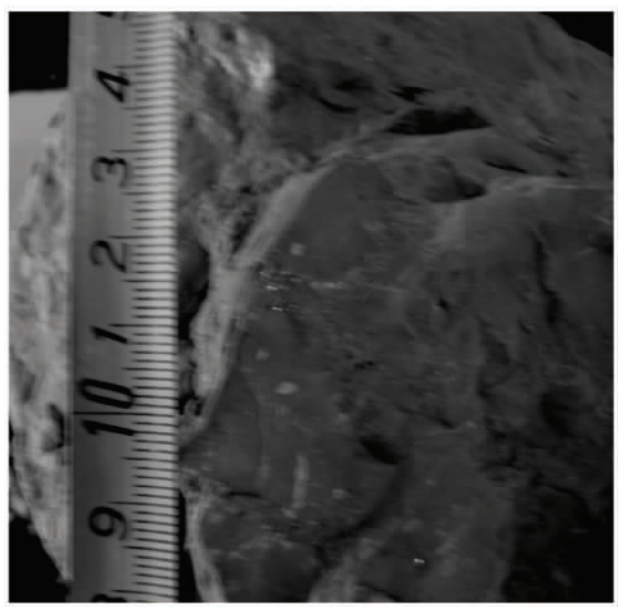


图 4 X12-3-J3222 井 1114. 25m 黄铁矿
Fig. 4 Pyrite from the depth of 1114. 25 m of the X12-3-J3222 well



图 5 X12-3-J3222 井 1112. 75m 紫红色泥岩
Fig. 5 Purplish red mudstone from the depth of 1112. 75 m of the X12-3-J3222 well

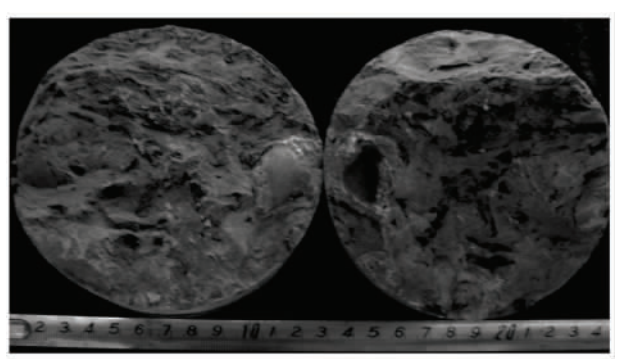


图 6 X8-30-J337 井 1121. 50m 植物碎片、蚌壳
Fig. 6 Plant remains and clams from the depth of 1121. 50 m of the X8-30-J337 well



图 7 X8-30-J337 井 968. 80m 介形虫定向排列
Fig. 7 Oriented arrangement of ostracods from the depth of 968. 80 m of the X8-30-J337 well

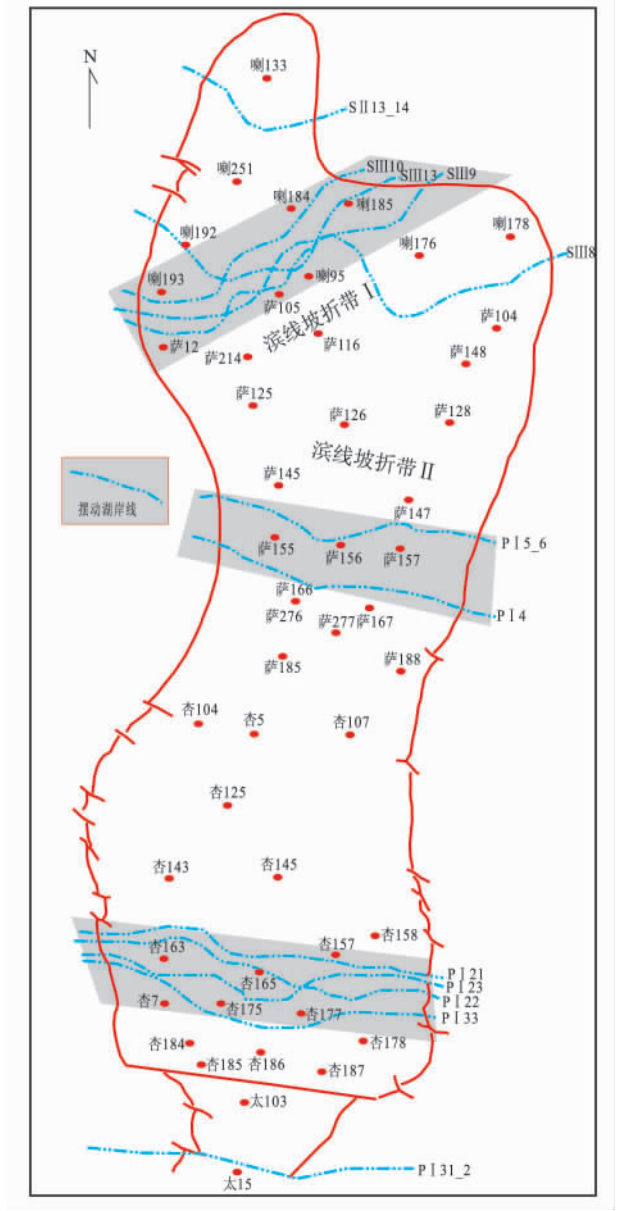


图 8 大庆长垣湖岸线演化图(据杨万里,1985.略有修改)
Fig. 8 Lake strandline evolution in the Daqing placanticline (modified from Yang Wanli, 1985)

(3) 古生态学方面

在一定深度生存的生物化石,能够反映古环境特征,如介形虫、植物根系、碎片化石、鱼化石等。通过动植物化石的研究可以确定研究区的沉积环境,还原古地理特征。在岩心观察中,能够反映湖岸线附近及浅水沉积环境的植物碎片、碳屑、蚌壳、介形虫等动植物化石,都有大量的发现(图6、7)

3 结论

(1) MSC1(P I 7 ~ P I 33b) 发育时期,湖岸线摆动很大,从 P I 7 小层时期的长垣以北到 P I 5、P I 6 小层发育时期的萨中地区中部,再到 P I 42、P I 41 沉积单元时期萨中地区向中部南移(图8)。

(2) MSC2(P I 33a ~ S II 16) 发育时期,P I 33b、P I 33a 沉积单元时期湖岸线在杏十二区附近;P I 31、P I 32 小层发育时期湖岸线继续南移到太平屯油田中部;P I 22 ~ P I 11a 沉积时期其在杏南一区;S III 11 ~ S II 16 小层时期其在喇萨油田分界线附近。

(3) MSC3(S II 16 ~ S II 1a) 发育时间,湖岸线除 S II 13、S II 14 小层时期在喇嘛甸油田南部 ~ 北3区外,其余皆在长垣以北。

(4) 研究区湖水多期次的湖进和湖退,在湖岸

线摆动带内形成了多期次的砂泥岩互层,其在纵向上叠加,横向上连片分布。

(5) 湖岸线的迁移造成岩性地层油气藏的分布具有群带性和规模性的特点,湖岸线对岩性地层圈闭的分布起着重要的控制作用,剩余油多分布于其附近各相态中。

参考文献:

- [1] 卫平生. 论坳陷盆地“坡折带”及“湖岸线”对岩性地层油气藏的控制作用[D]. 中国科学院研究生院(海洋研究所), 2006.
- [2] 魏魁生, 叶淑芬, 郭占谦, 等. 松辽盆地白垩系非海相沉积层序模式[J]. 沉积学报, 1996, 14(04): 50-60.
- [3] 叶淑芬, 魏魁生. 松辽盆地白垩系的密集段及海水进侵的新证[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1996, 21(03): 267-271.
- [4] 黄福堂, 迟元林, 黄清华. 松辽盆地中白垩世海侵事件质疑[J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(03): 104-147.
- [5] 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(02): 89-97.
- [6] 池英柳, 张万选, 张厚福, 等. 陆相断陷盆地层序成因初探[J]. 石油学报, 1996, 17(03): 19-26.
- [7] 纪友亮, 冯建辉, 王声朗, 等. 东濮凹陷古近系沙河街组沙三段沉积期湖岸线的变化及岩相古地理特征[J]. 古地理学报, 2005, 7(02): 145-156.

Lake strandline evolution and sandstone distribution: An example from the Daqing placanticline, Heilongjiang

ZHANG Jing-jun, LIU Cheng-zhi, ZHANG Yan, LIU Zhi-dan

(Geoscience College, Daqing Petroleum Institute, Daqing 163318, Heilongjiang, China)

Abstract: The Daqing placanticline in northern Songliao Basin is composed of seven anticlines, including, from north to south, Lamadian, Sartu and Xingshugang Oil Fields. The target horizons in individual oil fields are significantly made up of PI, SII and SIII oil measures. The present paper deals with the location and evolution of the lake strandline in individual target horizons during individual stages, sandstone evolution within the lake strandline and favourable conditions for the accumulation of the lithologic oil pools on the basis of high-resolution sequence stratigraphy and sedimentary petrography.

Key words: lake strandline; evolution; lithologic oil pool; sandstone distribution