

文章编号: 1000-0550(2009) 03-0479-08

松辽盆地北部湖盆萎缩期层序结构与沉积充填¹

韩建辉^{1,2} 王英民^{1,2} 李树青³ 张国田⁴

(1. 中国石油大学资源与信息学院 北京 102249 2 油气资源与探测国家重点实验室 北京 102249;
3 中国石油化工集团国际石油勘探开发有限公司 北京 100083 4 长城钻探录井公司 辽宁盘锦 124010)

摘要 萎缩期是陆相湖盆演化的重要阶段,但和断陷期、拗陷期相比,对湖泊萎缩期的沉积充填和层序构成的认识非常不足,研究也非常薄弱。松辽盆地的四方台期和明水期是典型的湖盆萎缩期,对其沉积充填和层序构成的研究有助于加深学术界和工业界对这一重要阶段的认识和促进油气勘探。将四方台组、明水组划分为一个超层序,六个三级层序。对比分析了松辽盆地拗陷期与萎缩期地质特征,认为盆地萎缩期为地形平缓的浅水盆地,具有构造幅度低、可容空间小、湖平面升降频繁等特点。层序界面多表现为低角度不整合、低幅上超面以及沉积转换面等;沉积上,该段主要发育河流相、浅水湖泊、浅水三角洲等沉积相。层序结构上,由于没有明显坡折带,故采用两分法划分体系域,包括湖侵体系域(TST)和湖退体系域(RST);盆地边缘没有明显的下切谷特征,砂体主要发育于湖侵体系域,很少发育湖底扇。从层序主控因素看,由于构造整体稳定,湖平面变化主要受气候和盆地古地貌影响。

关键词 松辽盆地 萎缩期 层序地层

第一作者简介 韩建辉 男 1976 年出生 博士研究生 层序地层学、盆地分析 E-mail s_l_hanxia@yahoo.com.cn

中图分类号 TE121.3⁺4 **文献标识码** A

层序地层学经过了数十年来的发展,理论不断深入,在地质科学的众多方面进行了实践^[1~6]。其中陆相层序地层学的研究很早就已经开展^[2,7~10],众多学者们分别对陆相层序地层的特征,方法、模式以及前景等等进行了论述^[11,12~14]。对于我国东部张性盆地,许多学者从宏观角度研究整个盆地从裂陷—拗陷—萎缩的整个过程,例如魏魁生将松辽盆地白垩系分为七个超层序^[15];解习农将松辽盆地侏罗系以来的沉积地层划分为三个构造层序,分别对应于引张构造幕、热沉降构造幕以及挤压构造幕^[10]。

对于裂谷盆地各个演化阶段的层序研究,可做如下比较:

(1) 裂陷阶段:

对于断陷湖盆的研究起步早,研究深入,成果丰富^[9,16],这里不再赘述。

(2) 拗陷阶段:

对拗陷湖盆层序地层学的研究中,池英柳论述了层序界面划分的原则^[17];解习农论述了陆相层序地层研究的特点;魏魁生就层序界面在岩心、古生物上的反映做了论述^[15];朱筱敏等对拗陷湖盆体系域划

分,初次湖泛面、最大湖泛面的识别等问题进行了分析^[11]。解习农论述了拉张背景下的构造运动轨迹与层序内部构成的关系^[10];辛仁臣针对松辽盆地拗陷期深水湖盆建立了层序地层模式^[18];蔡希源总结了鄂尔多斯浅水拗陷湖盆的层序地层模式^[12]。

(3) 萎缩阶段:

研究较少,对专门针对萎缩期进行系统研究,笔者尚未查阅到相关文献,多数研究者只是在文中以小篇幅概略介绍^[15,19,20]。

比较裂谷盆地演化的各个阶段(断陷—拗陷—萎缩)的研究,断陷湖盆的研究无疑是最为丰富,拗陷湖盆层序地层学研究次之,而萎缩期的研究则严重不足。而该阶段作为一个特定的盆地演化阶段,具有典型特征。对盆地萎缩期的研究是对陆相湖盆层序地层学研究的有益补充,具有重要的理论和现实意义。

对松辽盆地来说,前人将松辽盆地三叠纪以来的发育过程分为隆起、裂陷、拗陷、萎缩四个阶段^[21],并分别做了不同程度的研究。其中对萎缩阶段至今未做详细、系统的层序划分及沉积体系的研究。

¹ 联合国教科文组织(UNESCO)和国际地球科学计划(IGCP)555“白垩纪温室世界快速环境/气候变化:海洋—陆地作用”、国家重点基础研究发展规划“973”项目(编号:2006CB701400)联合资助。

收稿日期:2008-06-14 收修改稿日期:2008-09-08

针对这一情况,本文在区域地质研究基础上,综合利用地震、岩心、录井、测井等资料,研究了松辽盆地北部浅层萎缩期沉积的明水组、四方台组沉积层序及其界面标志,建立了等时层序地层格架。在此基础上探讨了拗陷湖盆萎缩期层序地层特征及其控制因素。

1 松辽盆地萎缩期地质特征

松辽盆地位于中国东北部,总面积逾 $2.87 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。盆地内分布了大面积的中、新生代地层。中生代泉头组、青山口组、姚家组、嫩江组、四方台组及明水组地层沉积时期为拗陷期,其中白垩纪四方台组、明水组沉积时期,松辽盆地处于拗陷湖盆的萎缩阶段,对应国际地层中坎佩尼阶和马斯特里赫特阶。

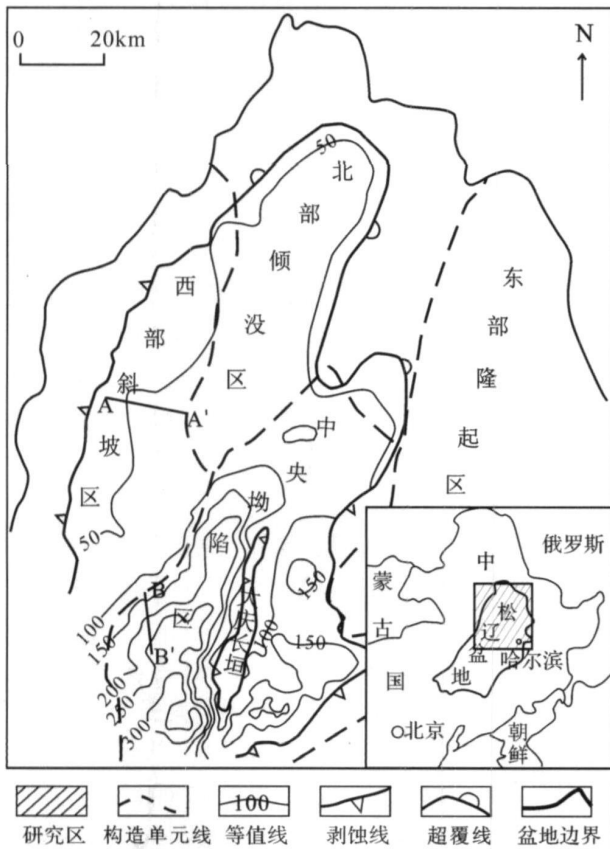


图 1 松辽盆地北部四方台组厚度图

简略反映沉积时起古地形。右下小图显示松辽盆地位置,图中显示了盆地主要一级构造单元。图中 A-A' 及 B-B' 两条短线分别表示下文图 3、图 4 两条地震剖面的位置。

Fig 1 Thickness map of Sifangtai Formation in the northern Songliao Basin

The map shows the ancient landform roughly when Sifangtai Formation sedimented. Location of Songliao Basin was shown in lower right map. Location of Fig 3 Fig 4 are shown for reference.

松辽盆地拗陷萎缩期沉积相带以河流—较为宽阔的三角洲平原—浅水三角洲—滨—浅水湖沉积为主,部分层序发育局部辫状河三角洲沉积。与其前一阶段拗陷湖盆相比,其主要特征表现在以下几个方面:

(1) 碟形盆地,地形平缓,水体浅。

地层厚度图可以大致反映沉积时期的古地貌状况。从图 1 看,除了大庆长垣西侧等值线相对密集,大部分区域等值线稀疏,反映沉积时期古地形平缓,盆地整体表现为一个浅水的碟形盆地。从研究过程中绘制的各个层序的厚度图可得到相同的结果。另外,这部分地层在地震剖面多表现为平行、亚平行,缺乏明显的前积特征,这都说明了该时期地形平缓,坡度小,缺乏明显的大型坡折。

在这种情况下,湖盆水体较浅。根据前人^[22]的研究,松辽盆地在明水组、四方台组沉积期湖水深度不足 10 m,而嫩江组沉积期湖水深度可达 45 m。这种大的湖水深度变化,对沉积的影响十分巨大。

(2) 湖平面升降频繁,构造幅度低,可容空间小,部分层系过补偿特征明显。

盆地萎缩期,构造相对平静,构造作用以小幅垂向升降为主,同时气候对沉积影响加大,湖平面升降频繁。在 8 Ma 期间,至少有六次大的湖平面升降,每次大的升降旋回又包括了多次小型的湖平面升降。从泥岩颜色看,多数层序均表现为紫红色、绿色、灰色泥岩的频繁互层,反映沉积环境的频繁变换。

这种低幅升降形成的可容空间十分有限,使得地层沉积速率仅 26 m/Ma 。这期间物源供应充沛,特别是缓慢沉降阶段的早中期湖侵体系域,盆地过补偿特征明显,主要表现为盆地充填。

2 层序地层

松辽盆地自白垩纪以来经历了断陷期、拗陷期和萎缩期几个主要演化阶段。前人多将四方台组和明水组划为一个超层序,代表湖盆萎缩期。时间跨度 73~65 Ma 约为 8 Ma 笔者同意这种划分。在该超层序内,依据地震、录(测)井、岩芯及露头资料,划分出六个三级层序(图 2)。

2.1 层序界面

a 超层序界面

超层序相当于二级层序,超层序的边界往往与构造运动相关联,其界面在地震剖面上易于识别,层序界面易于追踪。

在该段地层中共识别出两个不整合面, 四方台组的底界 (T_{03}) 和明水组顶界面 (T_{02})。分别对应超层序的顶底边界。在盆地边缘部分地区可见削截现象, 界面之上则以低角度上超为特征 (图 3 4)。

b 三级层序界面

三级层序的界面以上部地层低角度上超为特征 (图 4)。在盆地内部, 尤其是古龙凹陷内, 界面缺乏明显的突变, 常常表现为地层叠加方式的转换面 (图 5)。



注: 井资料来自松科 1 井北孔。

图 2 松辽盆地北部上白垩统地层综合柱状图

Fig. 2 Synthetic column of Upper Cretaceous in northern Songliao Basin (the data from SK-1)

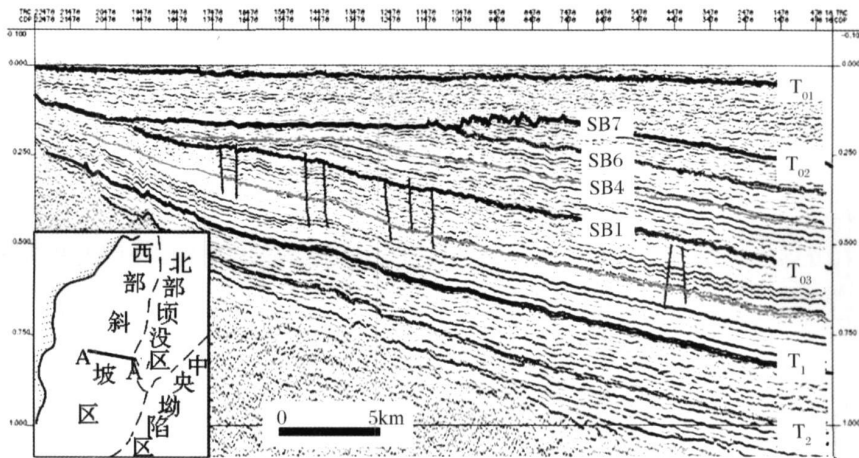


图 3 松辽盆地上白垩统主要构造界面地震反射特征

Fig. 3 An interpreted seismic line shows seismic reflection characters of main tectonic interface in the upper Cretaceous

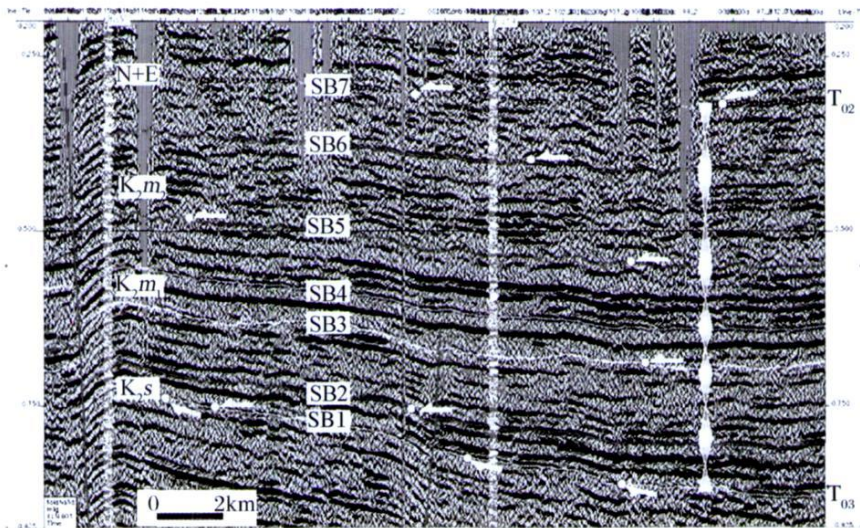


图 4 松辽盆地上白垩统地震剖面层序地层分析 (talaha3d_XLN601, 剖面位置见图 1)

Fig. 4 Sequence boundary of Sifangtai Formation and Mingshui Formation (see Fig. 1 for line location)

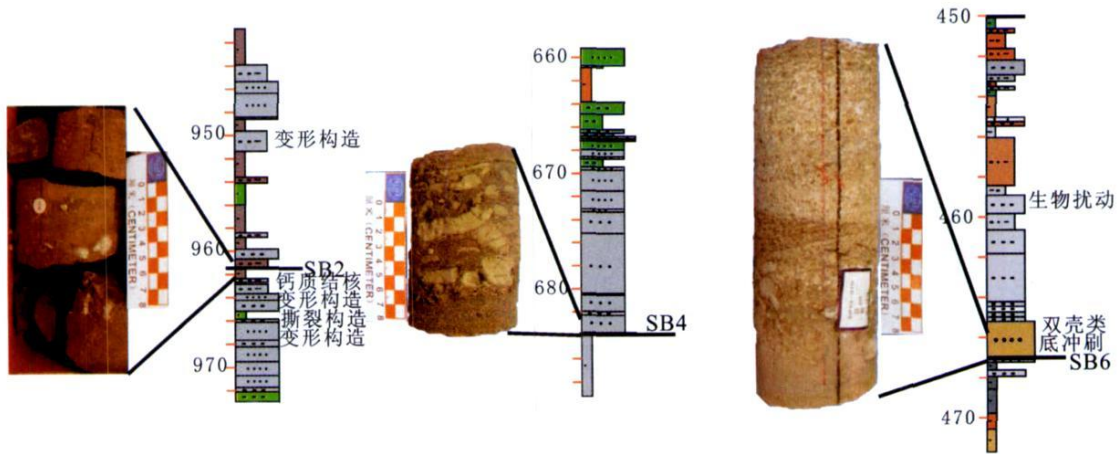


图 5 松辽盆地上白垩统主要构造界面地震反射特征

Fig. 5 The signs of sequence boundaries

从界面特征分析,在这两次构造运动时抬升剥蚀幅度低,地形平缓特点。界面之上的地层中泥岩颜色多为紫红色、红褐色,反映其沉积时期水体浅,多为氧化环境。

其它层序界面标志还有暴露剥蚀面(古土壤、钙质结核等)、河道冲刷面、地层叠加方式转换面等(图 5)。

2.2 层序结构

盆地大部分地区每个层序厚度 40~80 m,沉积所需要的时间约 1 M a 左右。单层砂体厚度 1~10 m 不等,多数为 2~5 m 薄层砂体。在每个三级层序内部,依据盆地萎缩期多数地层无明显坡折的实际情

况,将每个层序两分^[11, 14],包括湖侵体系域(TST)和湖退体系域(RST),中间以最大湖泛面为界。

同样,由于地形平缓以及水平面波动幅度低的原因,盆地边缘没有明显的下切谷特征,也很少发育湖底扇。从地震剖面上看,大多同相轴基本平行。

与拗陷期不同,萎缩期砂体主要发育于湖侵体系域(图 2 6)。湖侵体系域砂体上覆湖泛及湖退期地层,较少遭受剥蚀;而湖退体系域砂体集中于层序顶面附近,在下一个层序沉积前往往暴露遭受侵蚀,因此目前保留的湖退体系域多以细粒沉积为主(图 6)。因此,该段地层多表现为湖侵的砂与湖退期泥岩互层的特点。

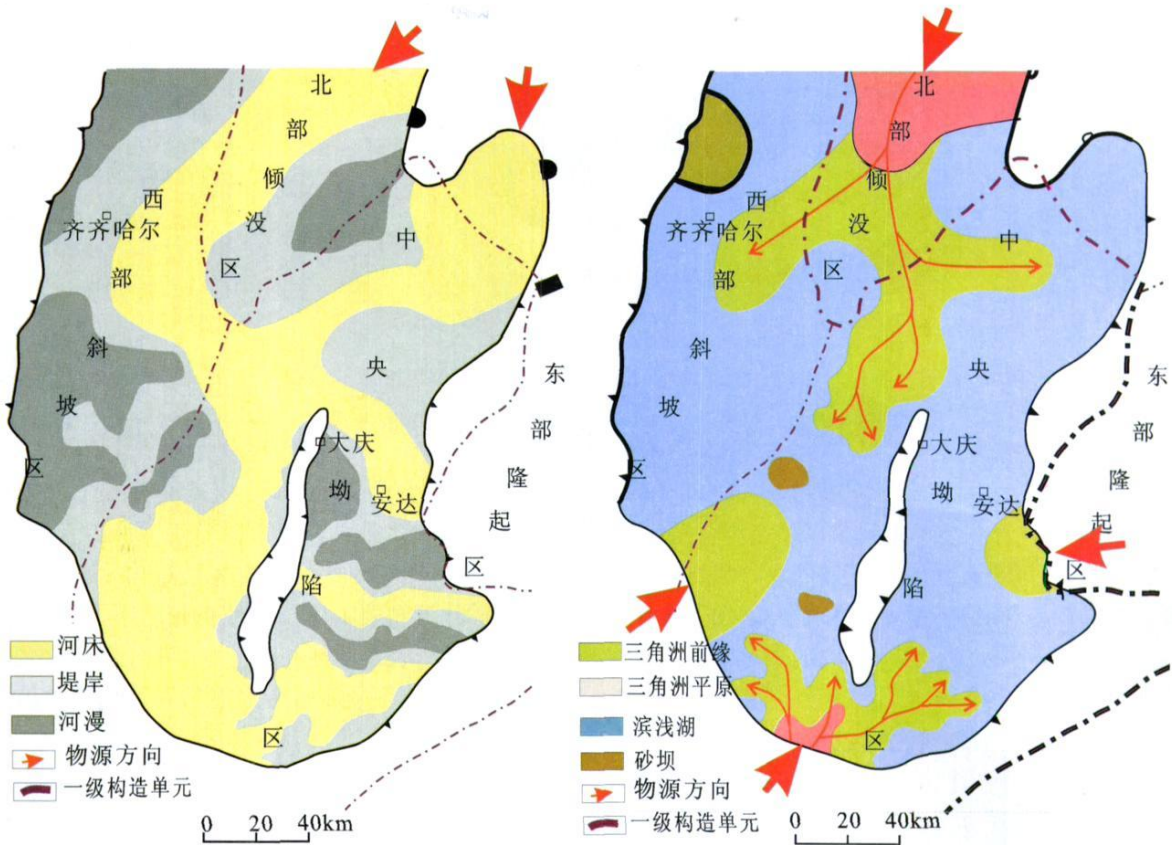


图 6 SQ1 湖侵体系域 (左) 及湖退体系域 (右) 沉积相平面展布图

Fig 6 Sedimentary facies distribution map of lake transgressive system tract (left) and lake regressive system tract (right) in SQ1

3 沉积特征与层序类型

3.1 沉积特征

(1) 沉积中心

该时期沉积充填的一个突出特点是盆地趋于分解, 沉积中心增多。拗陷期盆地沉积中心虽然随时间迁移变化, 但是一般具有统一的沉积中心。而萎缩期早期长垣两侧发育 2~4 个沉积中心, 到 SB4 以后东部抬升, 沉积中心进一步西移, 沉积中心呈线状展布。SQ5 时向北转移, 变换频繁。

(2) 物源

白垩纪松辽盆地拗陷期多具有几套继承性物源方向, 且以北部物源为主^[18]。而萎缩期 SB4 以后东西对峙明显, 从而改变了拗陷期继承性物源主导沉积的历史。

(3) 沉积相

该时期松辽盆地地势平缓, 物源供应充沛, 其直接影响的结果是相带的宽阔。常常出现 1~3 种亚相覆盖全盆地的现象。在部分坡折处相带宽度较小。

另外, 由于水体浅, 河流具有较高的动能, 高建设性的沉积向湖盆中央推进距离大, 常常在湖盆中央见到三角洲分流河道。

在这种环境下, 该时期主要有河流、三角洲和湖泊 3 种沉积相类型, 可以划分出河床、河漫滩、三角洲平原、三角洲前缘等 12 种亚相类型。并且不同层序具有不同的沉积相分布特征。

(4) 沉积演化

松辽盆地该阶段的沉积演化可以分为两个阶段, 以 SB4 为界, 之下的层序 SQ1~SQ3 为湖盆缓慢沉降阶段, 其中的湖侵体系域中发育河流相, 并且尤以 SQ1 湖侵体系域底部最为发育。而湖退体系域多发育浅水三角洲相和湖泊相。在这三个层序中, 盆地以南北向物源为主, 南北向沉积体系发育。在 SB4 以上的 SQ4~SQ6 为湖盆不均衡沉降阶段, 该阶段湖侵体系域主要发育辫状河三角洲, 湖退体系域主要发育湖泊相、三角洲相, 盆地以东西向物源为主, 东西向沉积体系发育。分析认为这种规律反映了明一段沉积期东部抬升加剧, 沉积中心西移的特征。

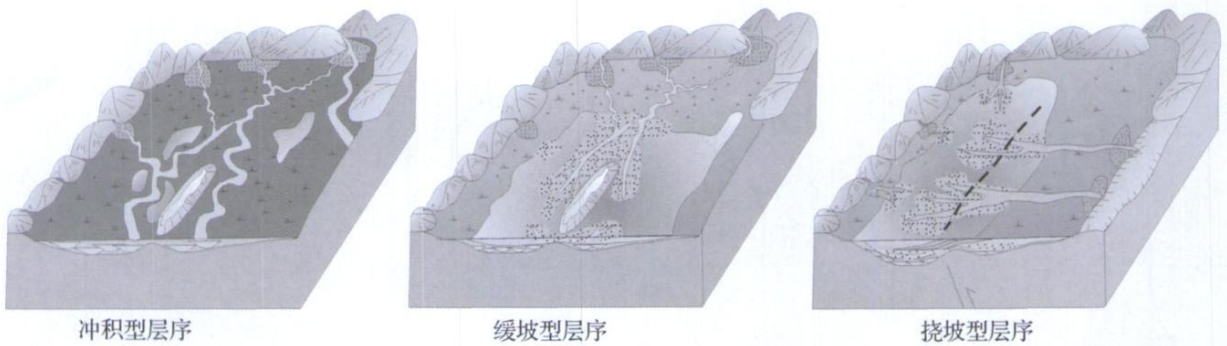


图 7 松辽盆地北部浅层层序类型与沉积模式

Fig 7 Sequence type and depositional model of shallow layers in the northern Songliao Basin

3.2 层序类型

牛嘉玉等^[23]曾总结了我国东部陆相湖盆层序类型,依据沉积环境和古地貌特征,将湖盆发育的层序类型分为冲积型、湖泊型两大类。又依据不同地貌特征的斜坡类型,将湖泊型层序相应地划分为断坡型、挠坡型与缓坡型 3 类。

分析认为松辽盆地萎缩期包括了早期缓慢沉降到晚期不均衡沉降两个演化阶段。随着不同演化阶段,不同盆地部位发育不同的层序类型及沉积相特征(图 6)。

(1) 缓慢沉降阶段

根据我们的研究,经历了嫩江组末期的构造运动,盆地整体抬升,遭受剥蚀之后,四方台组沉积期盆地开始整体缓慢沉降,发育碟形盆地。边坡以缓坡为主。这一时期沉降速率低,可容空间小,加之气候干热,湖侵体系域主要发育冲积平原环境的河流相沉积,属于冲积型层序。湖退体系域主要为缓坡型层序,发育三角洲、滨浅湖沉积。无论湖侵体系域还是湖退体系域,物源均以长轴方向的南北向物源为主。到 SQ3 沉降速率加大,气候转湿,还原环境下的浅湖发育。SQ1~SQ3 总体构成一个湖平面加深的旋回。从界面上看,暴露标志、底冲刷等在下部广泛分布,向上逐渐减少。泥岩颜色也由紫红向灰黑色转变。

(2) 不均衡沉降阶段

该阶段盆地东部抬升而西部沉降,其间的大庆长垣由原来的低幅古隆起演变为挠曲斜坡,在其西侧发育挠曲坡折。从构造图上看该处等值线密集,而在长垣东部斜坡上部则等值线稀疏。SQ4、SQ5 的湖侵体系域在长垣东、西地层的厚度相差幅度稍大,例如 SQ4 的湖侵体系域长垣以东地层厚度仅 20~30 m,而长垣以西多为 60~70 m,长垣东侧岩性多为砂砾

岩,测井曲线为箱形,为辫状河道沉积;而长垣西侧多为粗砂岩,测井曲线表现为箱形或钟形,为辫状河三角洲沉积。SQ4、SQ5 的湖侵体系域均发育挠坡型层序,其砂体展布的主体位于坡折带之下,即长垣西侧的古龙凹陷,长垣西侧在砂体厚度图上往往表现为陡变带。湖侵体系域坡折带之上常湖退体系域坡度减缓,发育缓坡型三角洲,滨浅湖沉积。

4 控制因素分析

陆相湖盆的层序控制因素主要有构造沉降、湖平面、物源供给、古气候和古地形等等。在松辽盆地萎缩期,构造相对平静,控制层序的因素主要为气候变化以及盆地古地貌。

在拗陷期,盆地极度扩张,湖区分布广,湖水深,则气候引起的湖平面变化对层序的控制相对小,而到湖盆萎缩期,短地质时期的气候变化可以引起浅水湖泊水域的巨大变化,并伴随相带的大幅度迁移。由于构造相对稳定,升降幅度小,气候变化对层序的旋回性变化控制权值增加。这也是松辽盆地萎缩期层序界面多表现为沉积地层叠加方式转换面而非高角度不整合的原因。

古地貌对沉积作用的控制作用实际上也是与构造演化息息相关的,因为构造作用在很大程度上控制古地貌格局,但它的控制作用更多的是体现在沉积相的分布上。盆地缓慢沉降阶段(SQ1~SQ3)是在嫩江末构造运动之后,盆地整体平缓,发育大型陆相浅水湖盆。由于地形平缓,相带变化缓慢,发育了宽相带的长轴三角洲。在此期间,大庆长垣以低凸起时隐时现,对沉积有一定分割、控制作用。盆地不均衡升降(SQ4~SQ6)东部隆升加剧,地形坡度加大,由前期面积广大的碟形浅盆向局限于西部的较深盆发展,发育

了短轴方向辫状河三角洲相, 与前期相比, 水深变化对沉积相带的影响减弱。该时期长垣与东部基本融为一体, 对沉积的分割控制减弱, 但由于东隆西降导致在长垣西侧形成坡折, 该坡折对本时期沉积有控制作用。

5 结论

(1) 松辽盆地拗陷湖盆萎缩期地层整体为一个超层序, 其内可以划分为两个三级层序组, 六个三级层序。

(2) 松辽盆地拗陷湖盆萎缩期层序界面主要表现为低角度不整合、底冲刷、古土壤、钙质结核以及地层叠加方式转换面, 而不是区域性高角度不整合。层序结构上, 由于没有明显坡折带, 故采用两分法划分体系域, 包括湖侵体系域 (TST) 和湖退体系域 (RST); 盆地边缘没有明显的下切谷特征, 砂体主要发育于湖侵体系域, 很少发育湖底扇。

(3) 该阶段以 SB4 为界分为早期缓慢沉降到晚期不均衡沉降两个演化阶段。早期缓慢沉降阶段湖侵体系域中发育河流相, 湖退体系域多发育浅水三角洲相和湖泊相, 以冲积型及缓坡型层序为主, 盆地以南北向物源为主。晚期不均衡沉降阶段湖侵体系域主要发育辫状河三角洲, 湖退体系域主要发育湖泊相、三角洲相, 以挠坡型和缓坡型层序为主, 物源方向主要为东西向。

(4) 松辽盆地拗陷湖盆萎缩期由于构造整体稳定, 湖平面变化主要受气候和盆地古地貌影响。

参考文献 (References)

- Vail P R, Mitchum R M, Thompson S, *et al*. Seismic stratigraphy and global changes of sea level (Part 3), relative changes of sea level from coastal onlap (in Seismic stratigraphy, applications to hydrocarbon exploration Payton) [J]. *Memoir - American Association of Petroleum Geologists* 1977 (26): 63-81
- Van Wagoner J C, Mitchum R M, Rahmanian V D, *et al*. Siliclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops. In American Association of Petroleum Geologists Methods in Exploration Series 7, 1990
- Walker Roger G. Facies modeling and sequence stratigraphy [J]. *Journal of Sedimentary Research* 1990 60 (5): 777-786
- Galloway William E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis (I), architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units [J]. *AAPG Bulletin*, 1989 73 (2): 125-142
- Miall Andrew D. Exxon global cycle chart. An event for every occasion [J]. *Geology*, 1992 20 (9): 787-790
- Allen P A, Allen P R. *Basin Analysis Principles and Applications* [M]. London Blackwell 1990
- Shanley Keith W, Peter J McCabe. Predicting facies architecture through sequence stratigraphy: an example from the Kaiparowits Plateau Utah [J]. *Geology*, 1991 19 (7): 742-745
- 徐怀大. 陆相层序地层学中的某些问题 [J]. *石油与天然气地质*, 1997, 18 (2): 83-89 [Xu Huaida. Some problems in study of continental sequence stratigraphy [J]. *Oil & Gas Geology* 1997 18 (2): 83-89]
- 纪友亮, 张世奇. 陆相断陷湖盆层序地层学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996 [Ji Youliang Zhang Shiqi. *Stratigraphic Sequence in Continental Rift Basins* [M]. Beijing Petroleum Industry Press 1996]
- 解习农, 程守田, 陆永潮. 陆相盆地幕式构造旋回与层序构成 [J]. *地球科学: 中国地质大学学报*, 1996 21 (1): 27-33 [Xie Xinnong Cheng Shoutian Lu Yongchao. Episodic tectonic cycles and internal architectures of sequences in continental basin [J]. *Earth Science* 1996 21 (1): 27-33]
- 朱筱敏. 层序地层学原理与应用 [M]. 北京: 中国石油大学出版社, 1998 [Zhu Xiaomin. *Principle and Application of Stratigraphic Sequence* [M]. Beijing Publishing House of China University of Petroleum, 1998]
- 蔡希源, 李思田. 陆相盆地高精度层序地层学 [M]. 北京: 地质出版社, 2003 [Cai Xiuyan Li Sitian. *High-Resolution Sequence Stratigraphy in Non-Marine Basin* [M]. Beijing Geological Publishing House 2003]
- 薛叔浩, 等. 湖盆沉积地质与油气勘探 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002 [Xue Shuhao, *et al*. *Sedimentary Geology and Petroleum Exploration in Non-Marine Basin* [M]. Beijing Petroleum Industry Press 2002]
- 顾家裕, 郭彬程, 张兴阳. 中国陆相盆地层序地层格架及模式 [J]. *石油勘探与开发*, 2005 32 (5): 11-15 [Gu Jiayu, Guo Bincheng Zhang Xinyang. Sequence stratigraphic framework and model of the continental basins in China [J]. *Petroleum Exploration and Development* 2005 32 (5): 11-15]
- 魏魁生. 非海相层序地层学——以松辽盆地为例 [M]. 北京: 地质出版社, 1997 [Wei Kuisheng. *Sequence Stratigraphy in Non-Marine Basin Take Songliao Basin as an example* [M]. Beijing Geological Publishing House 1997]
- 李思田. 断陷盆地聚煤规律 [M]. 北京: 地质出版社, 1988 [Li Sitian. *Coal Accumulation in Continental Rift Basins* [M]. Beijing Geological Publishing House 1988]
- 池英柳, 张万选. 陆相断陷盆地层序成因初探 [J]. *石油学报*, 1996, 17 (3): 19-26 [Chi Yingliu Zhang Wanxuan. Genesis of stratigraphic sequence in continental rift basins [J]. *Acta Petrolei Sinica* 1996, 17 (3): 19-26]
- 辛仁臣, 蔡希源, 王英民. 松辽拗陷深水湖盆层序界面特征及低位域沉积模式 [J]. *沉积学报*, 2004, 22 (3): 387-392 [Xin Renchen Cai Xiuyan Wang Yingmin. Depositional model of lowstand and characteristics of sequence boundary in deep-water lake Songliao Depression Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2004

- 22(3): 387-392]
- 19 王东坡, 刘招君, 等. 松辽盆地演化与海平面升降 [M]. 北京: 地质出版社, 1994 [Wang Dongpo, Liu Zhaojun *et al.* Evolution of Songliao Basin and Sea Level Change [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994]
- 20 沈安江. 松辽盆地南部白垩纪层序地层与岩性地层油气勘探 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2006 [Shen Anjiang. Cretaceous Sequence Stratigraphic and Exploration for Lithologic and Stratigraphic Oil and Gas Reservoirs in Songliao Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2006]
- 21 吉林油田石油地质志编写组. 中国石油地质志 (卷二) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993 [Drafting Group of Petroleum Geology in Jilin Oilfield. China Petroleum Geology (Vol. 2) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993]
- 22 刘振武. 松辽盆地北部构造回返期的油气藏 [J]. 江苏地质, 2005, 29(3): 143-146 [Liu Zhenwu. Oil-gas accumulation in tectonic inversion in North Songliao Basin [J]. Jiangsu Geology, 2005, 29(3): 143-146]
- 23 牛嘉玉, 冯有良, 鲁卫华, 等. 中国东部陆相湖盆层序类型与岩性圈闭发育特征 [J]. 石油学报, 2006, 27(4): 18-22 [Niu Jiayu, Feng Youliang, Lu Weihua *et al.* Sequence type and lithologic trap distribution in lacustrine basin of East China [J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(4): 18-22]
- 24 黄清华, 黄福堂, 侯启军. 松辽盆地晚中生代生物演化与环境变化 [J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(4): 1-4 [Huang Qinghua, Huang Futang, Hou Qijun. The Late Mesozoic bio-evolution and environmental changes in Songliao Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 1999, 26(4): 1-4]

Sequence Structure and Depositional Filling of Northern Songliao Basin During Shrinkage Stage

HAN Jian-Hui^{1,2} WANG Ying-Min^{1,2} LI Shu-Qing³ ZHANG Guo-Tian⁴

(1. School of Resource and Information Technology in China University of Petroleum, Beijing 102249;

2. State Key Laboratory for Petroleum Resource and Prospecting Beijing 102249;

3. International Exploration Corporation, China Petroleum & Chemical Corporation Beijing 100081;

4. Great Wall Drilling Corporation, Mud Logging Company, Panji, Liaoning 124010)

Abstract The shrinkage stage is an important part of basin evolution. The research actuality about the sequence stratigraphy of rift basin among faulting stage, depression stage and shrinkage stage shows that there is very little systematic research about the sequence stratigraphy during shrinkage stage, and there is vague understanding of its sequence boundary, structure, and main control factors. In the view of this problem, we carried out a systematic research about the sequence stratigraphy in Sifangtai formation and Mingshui formation which correspond to the shrinkage stage in Songliao basin. One supersequence was defined by two regional unconformities, and it can be divided into six sequences. The comparison and analysis on the geologic feature between depression stage and shrinkage stage in Songliao Basin shows that it is a shallow lake with smooth topography, and its representative characteristics are low-amplitude structure, low accommodation space, frequently up and down of base level, and so on. The representative characteristics of sequence boundary are gentle angular unconformity, low-angle on-lap and transfer surface between ascending and falling. The sedimentary facies of this region contain meandering river, meandering river delta, braid river delta, lakes and so on. In their sequence structure, they were divided into two system tract: transgressive system tract and regressive system tract. There is no obvious incised valley in basin margin and few sub-lacustrine fan was found. Sands are mainly in the transgressive system tract. Because of stable structural setting, sequences were controlled mainly by palaeoclimate and palaeotopography.

Key words Songliao Basin, shrinkage stage, sequence stratigraphy