

文章编号: 0253-2697(2004)05-0006-05

松辽拗陷深水湖盆层序构成模式 对岩性圈闭分布的控制

蔡希源¹ 辛仁臣²

(1. 中国石化集团公司西部新区勘探指挥部 新疆乌鲁木齐 830000; 2. 中国地质大学 北京 100083)

摘要: 运用层序地层学、沉积学及石油地质学理论,研究了松辽盆地深水拗陷湖盆期(青山口组到嫩江组沉积时期)的层序构成模式对岩性圈闭分布的控制,结果表明,青山口组到嫩江组沉积时期,松辽盆地为深水拗陷湖盆。沿长轴方向为缓坡,三角洲水下分流河道十分发育,在河口的前方形成分布较广、相对较薄的河口坝、远砂坝沉积及湖底扇。沿短轴方向为陡坡,三角洲水下分流河道不发育,而发育河口坝和远砂坝,向湖区方向过渡为前三三角洲和深湖沉积,在前三三角洲和深湖沉积区发育重力流成因的湖底扇。长轴缓坡部位,岩性圈闭主要发育于河流—三角洲复合体靠近深湖区的边缘地带。在盆地陡坡部位,岩性圈闭主要发育于陡坡底部的前三角洲和深湖沉积区多种重力流类型成因的湖底扇。

关键词: 松辽盆地;拗陷湖盆;层序地层学;控制作用;岩性圈闭

中图分类号: TE122.1 **文献标识码:** A

Architectural model of sequence stratigraphy controlling the distribution of litho-trap in deep-water lake of Songliao depressive basin

CAI Xi-yuan¹ XIN Ren-chen²

(1. Headquarter of Prospect for Oil and Gas of Western New Developed Area, China National Petrochemical Corporation, Urumqi 830000, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The sequence stratigraphy, sedimentology and petroleum geology were used to study the architectural model of sequence stratigraphy controlling the distribution of litho-trap in deep-water lake of Songliao depressive basin. It is found that during the depositional period from Qingshankou Formation to Nenjiang Formation, Songliao Basin was a deep-water depressive lake. The slope of the basin was gentle along the long-axis and was steep along the short-axis. Along the long-axis, the distributary channel of delta was developed very well, but the mouth-bar, distal-bar and lake-floor-fan sediments were thin. Along the short-axis, the mouth-bar, distal-bar and lake-floor-fan sediments were developed in the order toward lake-direction and lacking in the sediments of distributary channel of delta. The litho-trap was mainly developed in the depositional area of mouth-bar, distal-bar and lake-floor-fan on the gentle slope, or in the depositional area of lake-floor-fan on the steep slope.

Key words: Songliao Basin; depressive lacustrine basin; sequence stratigraphy; architectural model; control; litho-trap

松辽盆地总面积逾 $28.7 \times 10^4 \text{ km}^2$, 基底为古生代和前寒武纪的变质岩系及火成岩系; 沉积盖层主要由中、新生代碎屑沉积岩系组成, 最大厚度逾万米。中生代自下而上发育有火石岭组、沙河子组、营城组、登娄库组、泉头组、青山口组、姚家组、嫩江组、四方台组及明水组。泉头组、青山口组、姚家组、嫩江组、四方台组及明水组沉积时期为拗陷期, 在青山口组到嫩江组沉

积时期, 松辽盆地处于深水拗陷湖盆阶段^[1~5]。在拗陷深水湖盆阶段, 松辽盆地沿长轴方向为缓坡, 而在短轴方向为陡坡。不同坡降对湖平面升降的敏感性明显不同, 在湖平面变化过程中, 缓坡部位湖岸线的变迁幅度大。而在陡坡部位湖岸线的变迁幅度小。由于盆地边坡地形控制了相应部位的水体条件, 从而决定了不同边坡地形条件下的层序构成模式和沉积体系特征。

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 40272057)“大型拗陷湖盆坡折带的构造—古地貌—剥蚀沉积响应耦合”和国家重点基础研究发展规划“973”项目(G19990433)“中国典型叠合盆地油气形成富集与分布预测”资助。

作者简介: 蔡希源, 男, 1953年3月生, 2000年获中国地质大学(北京)工学博士学位, 现为中石化集团公司西部新区石油勘探指挥部常务副总指挥、教授级高级工程师, 研究方向为含油气盆地分析。E-mail: caixiyuan@sina.com

1 层序格架

以松辽盆地为解剖对象,许多学者对拗陷深水湖盆层序构成特征进行了研究,对层序跨越的地质年龄、地层厚度与海相盆地和断陷盆地的研究经验对比分析认为,存在大范围暴露和侵蚀特征的青山口组和姚家组的分界面为超层序界面^[6-11]。表现形式有:古土壤及根土岩;浅水相直接覆盖在深水相沉积之上;河床滞留砾岩;水进滞留砾岩;钙质结核;界面之上覆盖风暴成因的介屑层及砂质风暴岩;界面之上覆盖三角洲前缘席状流沉积或分流河道与浊积扇;界面之上覆盖滑塌及碎屑流沉积(水下侵蚀);层序边界之上发育鲕粒、生物屑灰岩;沉积旋回突变部位。另外据任延广等^①的研究成果,深水部位在这一不整合面对应的整合面可根据有机碳的含量来确定,其有机碳含量显著降低。

层序界面的测井响应特征表现为:退积-前积渐变型式;退积-加积突变型式;加积-前积型;前积-前积型。在反射地震剖面上,在层序界面之下具有明显的削截结构及顶超结构,在层序界面之上具有滨岸上超、深水沉积向斜坡地带的上超及向盆地方向下超,下切谷发育或仅在近岸局部地区见削截,无下切谷,主要靠沉积滨线向盆地的迁移来识别,层序边界之上地层型式为准加积或准前积式^[12]。

三级层序界面的暴露和侵蚀特征仅发育于盆地的边缘地带,在盆地内部,不同边坡条件三级层序界面的表现特征明显不同。在盆地内部的缓坡条件下,三级层序界面主要表现为沉积相带的迁移,地震剖面上的超削反射终止特征不明显。

图1是盆地缓坡部位(沿盆地长轴方向)青山口组上部和姚家组层序格架分析剖面,图中可见在青山口

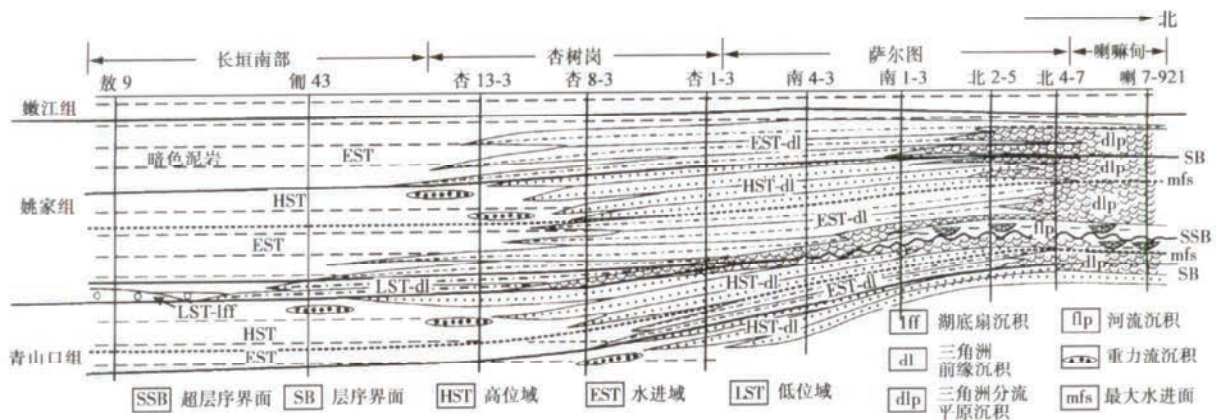


图1 松辽盆地缓坡带剖面层序格架

Fig. 1 Sequence stratigraphic framework of gentle slope of Songliao Basin

组的上部、青山口组与姚家组之间及姚家组层序界面(SB—层序界面,SSB—超层序界面)附近存在明显沉积相带迁移,三级层序界面附近河流—三角洲体系明显向湖区推进,在三级层序界面之间的层序内部存在明显的湖区扩展。盆地缓坡部位层序体系域仅河流—三角洲体系明显向湖区推进的高位域和湖区扩展的水进域。在盆地缓坡部位地震剖面上,深水拗陷期沉积地层地震反射时间厚度近等,内部反射结构为平行、亚平行和波状,超削反射终止特征不明显(图2)。因此在地震剖面上识别三级层序界面较为困难。

在盆地内部的陡坡条件下,三级层序界面不仅表现为沉积相带的迁移,而且还可在层序内部识别出低位域、水进域和高位域,在地震剖面上的超削反射终止

特征十分明显。

图3是盆地陡坡部位(沿盆地短轴方向)青山口组上部和姚家组层序格架的分析剖面,从图中可见,在青山口组的上部、青山口组与姚家组之间及姚家组层序界面(SB—层序界面,SSB—超层序界面)附近存在明显的沉积相带迁移,三级层序界面附近河流—三角洲体系明显向湖区推进,在姚家组2个层序界面之上的低位域,深湖区发育大量的湖底扇沉积,在三级层序界面之间的层序内部存在明显的湖区扩展。青山口组上部层序由水进域和高位域构成,姚家组的2个层序由低位域、水进域和高位域构成。

在盆地缓坡部位地震剖面上,深水拗陷期沉积地层地震反射时间厚度变化较大。高部位地震反射时间

①任延广,朱德丰,杨玉峰,等.松辽盆地中浅层地层层序及沉积相研究.大庆油田研究院,1999.

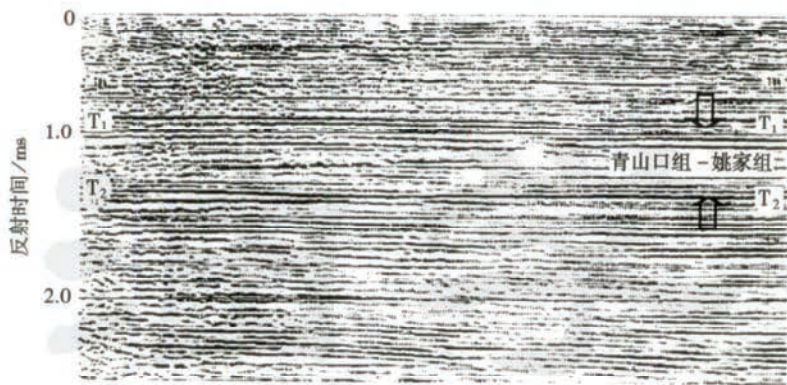


图2 松辽盆地缓坡带地震剖面(大庆长垣北工区,472.0测线,桩号80.0-86.0)

Fig.2 Seismic profile of gentle slope of North Daqing Changyuan in Songliao Basin (Line 472.0, CDP80.0-86.0)

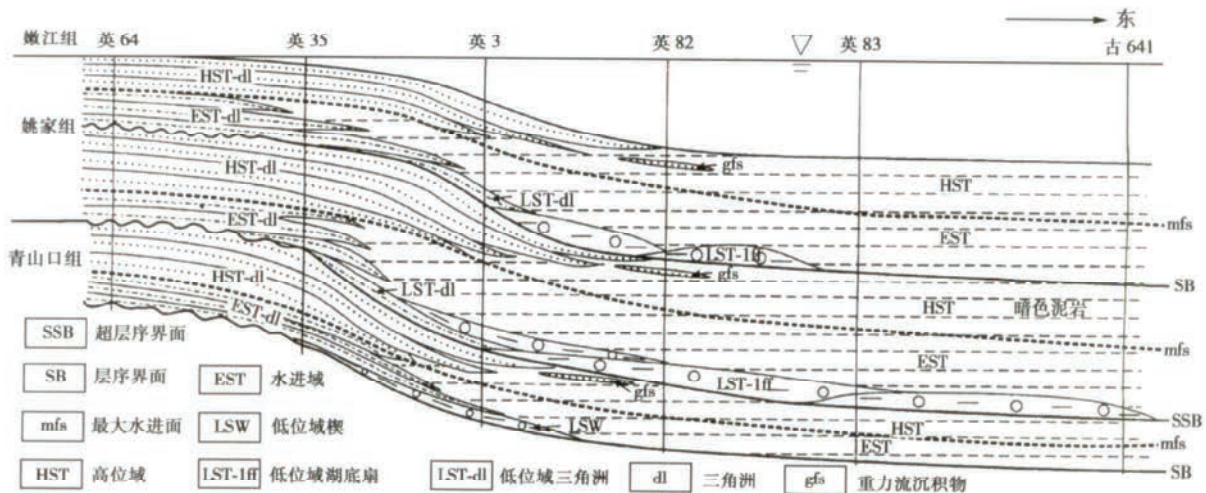


图3 松辽盆地陡坡带剖面层序地层格架

Fig.3 Sequence stratigraphic framework of steep slope in Songliao Basin

厚度小,低部位地震反射时间厚度大,呈明显的楔形体。内部反射结构多变,超削反射终止特征十分明显。在青山口组与姚家组分界的超层序界面之下可见削截反射终止现象,其上可见明显的上超,在青山口组和姚家组内部的三级层序界面上可见明显的上超。

2 沉积体系特征

松辽盆地长轴缓坡和短轴陡坡地带的沉积体系特征存在明显差异。沿盆地长轴方向坡降平缓,集水面积大,河流源远流长,湖泊接纳迳流量与载荷量大,所形成的北部河流—三角洲复合体占据了松辽盆地北部的绝大部分地带。储量和产量居国内各油田之首的大庆油田的储层和产层就是北部河流—三角洲复合体的砂岩体。由于沿盆地长轴方向坡降平缓,湖盆水体由湖盆边缘向湖盆中央缓慢加深,因而湖泊水体不能形成明显的顶托作用以抵消河流能量,故河流入湖后,往

往以水下分流河道形式继续向湖区流动,并逐渐削减河流能量。当河流消失后,在河口的前方形成分布较广、相对较薄的河口坝、远砂坝及重力流沉积,大庆油田的地质人员通常将这种相对较薄的河口坝和远砂坝沉积称为席状砂(图4)。

正因为如此,沿盆地长轴方向缓坡地带各层序的水进域和高位域均呈河流—三角洲分流平原—三角洲前缘席状砂—前三角洲+湖泊的平面相带分布格局。但是,不同层序、不同体系域各沉积相带发育部位存在明显的迁移,垂向上不同体系域的砂体叠覆、连通,在深水拗陷期北部三角洲复合体的主体部位形成巨厚的复合砂体。

沿盆地短轴方向坡降陡,河流源近流短,所形成的三角洲复合体规模较小,如英台三角洲复合体。由于沿短轴方向盆地坡降总体上相对较陡,湖盆水体由湖盆边缘向湖盆中央快速加深,河流入湖后,受湖泊水体

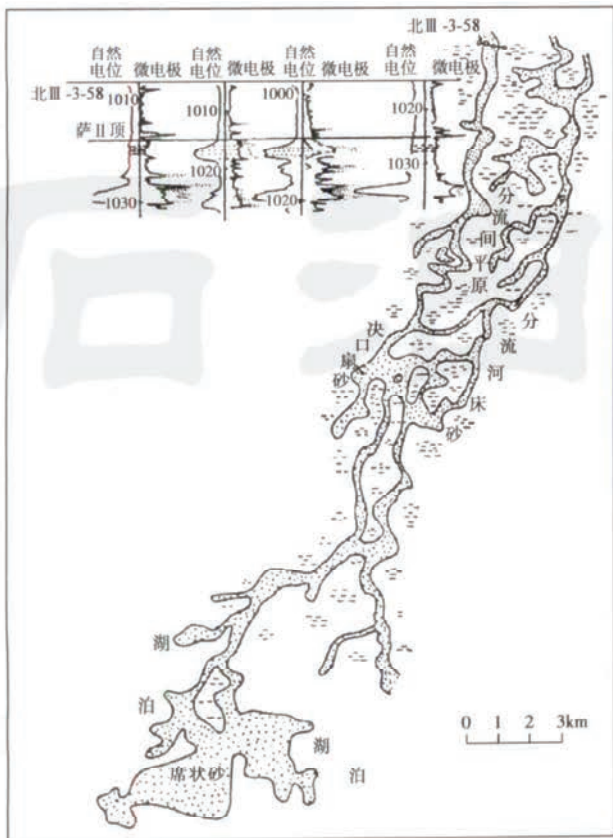


图 4 深水拗陷湖盆缓坡区(大庆长垣地区)姚家组上部层序水进域沉积体系^[13]

Fig. 4 The distribution of depositional systems of transgressive system tract in the gentle slope area of Daqing paleoanticline

顶托作用, 河流能量消失, 河流载荷在河流入湖处大量卸载。河流卸载的碎屑物质往往在河口附近形成河口坝和远砂坝, 向湖区方向, 过渡为前三角洲和深湖沉积, 在前三角洲和深湖沉积区发育重力流成因的湖底扇(图 5)。松辽拗陷深水湖盆陡坡多数层序的低位域、水进域和高位域均为河口坝—远砂坝—前三角洲及深湖(可夹湖底扇)的相带分布格局。英台陡坡部位姚家组下部层序的低位域沉积特征研究结果表明, 当河口盆地边坡的倾角较大, 河流卸载的碎屑物质不能在河口附近堆积时, 碎屑物质则在自身重力作用下沿陡坡向深湖区滑动, 形成湖底扇。

3 岩性圈闭分布

对松辽盆地研究和勘探结果表明, 深水拗陷湖盆岩性圈闭的形成条件和分布规律在盆地的长轴缓坡部位和盆地的短轴陡坡部位存在明显的差异(图 6)。在盆地的长轴缓坡部位, 岩性圈闭主要发育于河流—三

角洲复合体靠近深湖区的边缘地带。在河流—三角洲复合体靠近深湖区的边缘地带, 只有湖平面下降到最

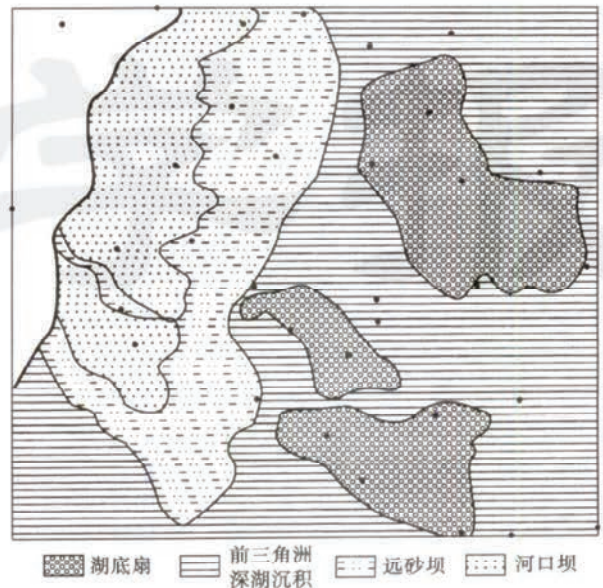


图 5 深水拗陷湖盆陡坡(英台地区)姚家组下部层序低位域晚期沉积体系平面分布

Fig. 5 The distribution of depositional systems of lowstand system tract in the Yingtai area

低时期, 在以深湖沉积为主的地区形成的相对孤立的河口坝、远砂坝、湖底扇砂体具备形成岩性圈闭的条件, 因为这些砂体包裹在前三角洲或深湖泥岩中。在三角洲复合体的主体部位, 不同层序、不同体系域的河道砂体、分流河道砂体、前缘河口坝、远砂坝砂体垂向上叠覆连通, 是良好的构造圈闭的储层, 砂体本身很难具备圈闭条件。

在盆地陡坡部位, 岩性圈闭主要发育于陡坡坡底的前三角洲和深湖沉积区多种重力流类型成因的湖底扇。在陡坡坡底的前三角洲和深湖沉积区, 发育多种重力流类型成因的湖底扇。重力流类型主要有: ① 先期堆积于陡坡高部位的河口坝、远砂坝砂体, 在一定触发条件下顺陡坡滑动形成的重力流; ② 当湖平面下降至陡坡顶部坡脊附近或之下时, 由入湖河流底载荷沿陡坡流动形成的重力流; ③ 洪水型重力流。发育于陡坡坡底的前三角洲和深湖沉积区多种重力流类型成因的湖底扇砂体包裹在前三角洲和深湖沉积的泥岩中, 从而形成岩性圈闭。目前, 松辽深水拗陷期发现的岩性圈闭均分布于盆地的长轴缓坡河流—三角洲复合体靠近深湖区的边缘地带和陡坡坡底的前三角洲和深湖沉积区。



图6 松辽深水拗陷湖盆沉积格架及已发现油气藏类型^①

Fig.6 Depositional framework and discovered hydrocarbon reservoirs

4 结论

(1) 从青山口组到嫩江组沉积时期,松辽盆地为深水拗陷湖盆,沿长轴方向为缓坡,而在短轴方向为陡坡。

(2) 由于坡度控制了层序及沉积特征,沿盆地长轴方向,三角洲水下分流河道十分发育,在河口的前方形成分布较广、相对较薄的河口坝、远砂坝沉积及湖底扇。沿短轴方向,三角洲水下分流河道不发育,而发育河口坝和远砂坝,向湖区方向,过渡为前三角洲和深湖沉积,在前三角洲和深湖沉积区发育重力流成因的湖底扇。

(3) 在长轴缓坡部位,岩性圈闭主要发育于河流—三角洲复合体靠近深湖区的边缘地带断续发育的远砂坝和湖底扇;在盆地陡坡部位,岩性圈闭主要发育于

陡坡坡底的前三角洲和深湖沉积区多种重力流类型成因的湖底扇。

参 考 文 献

- [1] 高瑞祺,萧德铭. 松辽及其外围盆地油气勘探新进展[M]. 北京:石油工业出版社,1995:19-24.
- [2] 叶淑芬,魏魁生. 松辽盆地白垩系的密集段及海水入侵的新证[J]. 地球科学,1996,21(3):267-271.
- [3] 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,1997:47-103.
- [4] 蔡希源,陈章明,王玉华,等. 松辽两江地区石油地质特征分析[M]. 北京:石油工业出版社,1999:35-56.
- [5] 侯读杰,黄清华,黄福堂,等. 松辽盆地海侵地层的分子地球化学特征[J]. 石油学报,1999,20(2):30-34.
- [6] 王东坡,刘招君,刘立. 松辽盆地演化与海平面升降[M]. 北京:地质出版社,1994:28-108.
- [7] 任延广,徐宏. 松辽盆地层序地层特征及含油气性[A]. 见:大庆油田勘探开发研究. 大庆油田勘探开发研究论文集[C]. 北京:石油工业出版社,1995:132-146.
- [8] 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,1996:46-94.
- [9] 刘招君,郭巍,董清水,等. 湖盆层序地层学术语体系及模式—以松辽盆地西部斜坡为例[J]. 长春地质学院学报,1997,27(增刊II):54-60.
- [10] 刘招君,董清水,王嗣敏,等. 陆相层序地层学导论与应用[M]. 北京:石油工业出版社,2002:113-137.
- [11] Xue Liangqing, Galloway W E. Genetic sequence stratigraphic framework, depositional style, and hydrocarbon occurrence of the upper cretaceous QYN formations in the Songliao Lacustrine Basin, Northeastern China[J]. AAPG Bulletin, 1993, 77(10):1792-1808.
- [12] 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(4):50-60.
- [13] 王衡鉴,曹文富. 松辽盆地白垩系沉积相模式[A]. 见:杨万里,主编. 松辽陆相盆地石油地质[C]. 北京:石油工业出版社,1985:127-140.

(收稿日期 2003-07-02 改回日期 2003-07-19 编辑 张占峰)

^①大庆油田研究院. 松辽盆地不同类型油藏分布. 1999.