

# 松辽盆地层序地层学研究新认识

郭少斌 孙少波

(长春科技大学资源学院)

**[内容提要]** 作者在全面了解陆相层序地层学研究现状的基础上,认为陆相层序及体系域发育仍受控于湖平面相对变化。构造、气候及沉积物供给的控制作用最终通过湖平面变化表现出来。而湖平面变化可分完整旋回与不完整旋回两种情况,进而提出了所形成的层序及体系域模式:在完整旋回中形成了湖泊充填、湖泊扩张、湖泛和湖泊萎缩四个体系域,对应层序为I型层序;在不完整旋回中形成了湖泊充填、湖泊扩张、湖泛三个体系域,或者湖泊扩张、湖泛、湖泊萎缩三个体系域,对应层序为II型层序。以松辽盆地西部斜坡实际工作为例,提出了中生代层序及体系域划分方案,较前人研究有新认识。

**关键词** 松辽盆地 层序地层 新认识

## 1 引言

层序地层学是P. R. Vail等在研究被动大陆边缘海相盆地提出的,也是在地震地层学基础上发展起来的一门新兴学科。而陆相盆地与海相被动大陆边缘盆地相比,有许多自身的特点<sup>[1]</sup>:①陆相盆地主要受控于构造因素,而且沉积盆地内构造分区明显,沉降分异大;②陆相盆地具物源近、多物源、多沉积中心、堆积与相变快、相带窄、变化大等;③陆相盆地内湖底扇或深水重力流沉积主要发育于深湖泥岩段,而大陆边缘盆地海底扇则发育于低水位体系域。这些特点势必造成陆相盆地与海相盆地在沉积体系域及沉积体系的分布、配置情况比被动大陆边缘盆地更为多样化、复杂化,因此陆相层序地层学研究不能机械地套用海相层序地层的术语,而只能借鉴其基本思想,这已成为我国广大学者的共识,并为此作了许多探索,取得了可喜的成果,但也存在许多有争议的问题。

## 2 关于超层序、层序

大陆边缘盆地控制层序发育的主要因素是海平面升降变化。P. R. Vail等(1991)认为主要为两类全球海平面升降旋回,包括第一级的大陆海侵旋回和第二到第五级的层序旋回。第一级海平面升降旋回产生的地层是巨层序,它是不同盆地类型的产物,以大的区域角度不整合为界。二级海平面变化旋回的地层标志是超层序,它是在一个大陆上大部分地区可以追踪,并且以区域不整合为界,形成于两次巨大的构造运动之间的一套地层,由若干个层序组成。三级海平面变化旋回形成相应的三级层序,它是层序地层的基本单位,即以不整合或与之相对应的整合面为界的、内部是连续的、成因上有联系的地层序列。由若干体系域或小(准)层序组构成。四级和五级旋回是周期性的或幕式的,地层标志是体系域或小(准)层序组

及小(准)层序。在我国陆相盆地层序地层研究中,也能相应区分出上述不同级次的层序(尽管难以直接与同期海平面变化事件对比)。如在松辽盆地,利用常规地震剖面结合露头、测井可识别出超层序、层序及体系域(小层序组),利用高分辨率地震剖面结合岩芯、测井可识别到小层序。李思田<sup>[2]</sup>多年在致力于沉积盆地分析的基础上,从更广泛意义上讨论了层序地层单元和各级建造块的地质涵意,他以盆地充填序列为I级单元,进而把盆地分级解析为不同级别的建造块,如构造层序—超层序(Ⅰ)、层序(Ⅱ)、小层序组—体系域(Ⅲ)、小层序—体系域单元(Ⅳ)……等。

在陆相盆地层序地层研究中,不加特殊说明,层序指的就是三级层序。在具体划分时,由于层序界面多数以微角度或平行不整合的样式出现,加之地震分辨率所限,往往难以识别,从而造成层序划分过厚、不够精细。反之,也存在把并非区域不整合,而属局部不整合作为超层序界面,进而把本属体系域界面作为层序界面(违背了层序以不整合追踪到与之对应整合面的划分原则),把层序划得过细。上述两种现象在松辽盆地都存在。改进的方法是,前者要在地层中发现古土壤层、根土岩及生物断代标志,后者应认真区分不整合的类型及其规模。

### 3 关于体系域、密集段及下切谷

陆相盆地体系域划分上存在较大分歧。就我国东部盆地而言,笼统可概括为二大学派:一是选择与陆架边缘坡折相对应的参照物,体系域采用固定的三分法。如魏魁生等<sup>[3]</sup>在对华北、冀中、二连及松辽盆地中、新生代层序研究中,以“风暴浪基面”作为“陆架边缘坡折”的参照物,划分出低水位、水进和高水位三种体系域,进而归纳出近海盆地层序地层模式。再如王东坡、刘立<sup>[4]</sup>在对松辽盆地的研究中,选择冲积平原与滨浅湖或三角洲沉积接壤处的滨线坡折作为参照点,划分出湖进(无低水位)、湖泛和湖退三个体系域。另外,顾家裕<sup>[5]</sup>在建立的陆相拗陷及断陷盆地层序地层模式中,体系域也是低水位、湖侵和高水位体系域三分。另一学派,是以陆相冲积体系与湖泊体系的不同比例的组合或者依据控制陆相层序发育主导因素出发,没有选择与陆架坡折对应的参照物,体系域的划分也并非固定三分,前者如解习农、李思田<sup>[1]</sup>根据鄂尔多斯盆地、阜新盆地、伊通地堑等地区的层序地层学研究,认为大陆边缘盆地沉积体系域划分方案不适合于陆相盆地,因为在陆相盆地演化过程中不同时期湖水面变化很大,沉积体系的空间配置受控于冲积体系的进积、加积和退积演化的全过程。从而以小层序组为划分单元,可分进积小层序组、加积小层序组、退积小层序组和湖泛小层序组。后者如纪友亮<sup>[6]</sup>在对华北盆地中的济阳拗陷东部地区下第三系层序地层研究中,依据构造运动、气候变化两个主导因素,首先将层序类型划分为构造层序和气候层序。构造层序又可分为简单断拗层序,只发育巨厚的湖泊收缩体系域(进积式准层序组);同生断拗层序,由低水位体系域,湖泊扩张体系域,湖泊收缩体系域和非湖泊体系域组成(低水位与非湖泊体系域可以不出现),以及多期断拗层序,由多期进积式准层序组组成。气候层序由低水位、湖泊扩张、高水位与湖泊收缩共四个体系域组成。另外,刘招君<sup>①</sup>通过对辽河及其外围盆地的研究,在单条剖面上也提出了低水位、湖进、高水位和湖退体系域的划分方案。

作者认为陆相湖盆难以找到让人信服的与陆架坡折相对应的参照物,所以用低水位、高水位命名体系域不如采用湖泊充填、湖泛体系域更能反映湖盆的特点,且体系域或小(准)层

① 刘招君、程日辉. 下辽河及其外围中新生代盆地层序地层学与盆地演化(科研报告), 1994.

序组发育仍受控于湖平面相对变化,构造、气候及沉积物供应的控制作用最终通过湖平面变化表现出来。湖平面的变化分完整旋回与不完整旋回两种情况(图1),在完整旋回中(图1a),层序从湖泊充填体系域开始,随后是水进形成湖泊扩张体系域(曲线左翼),达到波峰产生湖泛体系域,稳定一段时间,水面开始下降为湖泊萎缩体系域(曲线右翼,在Vail曲线中忽略了该翼部,所以把湖泛与萎缩体系域合而为一,统称为高水位或陆架边缘体系域)。当下降到波谷时,出现 I 型层序面,形成 I 型层序,进而进入下一个层序,仍以湖泊充填开始。

在不完整旋回中(图1b)下部层序仍以湖泊充填开始,随后是湖泊扩张体系域,达到波峰产生湖泛体系域,稳定一段时间产生小规模不整合或沉积间断,为 I 型层序界面,随之大规模湖侵,以湖泊扩张体系域开始了下一个层序,继而出现湖泛,以湖泊萎缩体系域结束(顶为 I 型层序界面)。所以说,一个完整旋回形成的层序可出现湖泊充填、湖泊扩张、湖泛、湖泊萎缩四个体系域,层序为 I 型层序。对不完整旋回,体系域在时空演化上有一定规律,或是以湖泊充填、湖泊扩张、湖泛三个体系域配置,或是以湖泊扩张、湖泛、湖泊萎缩三个体系域配置。层序为 I 型层序。并且湖泊充填与湖泊萎缩体系域之间,湖泊扩张与湖泛体系域之间分别呈镜像关系(由于地层剥蚀造成缺失除外)。由此可见,一个完整湖平面变化由两个状态(湖泊充填、湖泛)和两个过程(湖泊扩张、湖泊萎缩)所构成的水进-水退旋回,控制了沉积体系的发育和时空配置,反映了一个湖盆层序地层发育的全过程。

湖泊充填体系域特点是地层层厚度较薄,沉积速率等于或略大于沉降速率,以加积一小型进积小层序组构成,该体系域以层序界面为底界,首次水进面为顶界。由于不具陆架坡折的地形,下切谷不发育或不明显,在断陷期主要发育冲积扇一扇前洪泛平原沉积,其中可有小面积的湖泊沼泽,有时发育火山岩或火山碎屑岩。在坳陷期以扇三角洲、三角洲和滨湖发育为主,其中分流河道很发育。湖泊扩张体系域特点是厚度相对较薄,沉积速率小于沉降速率,可容纳空间持续增大,湖泊积水面积不断扩大,由退积小层序组构成,砂岩层数及厚度向上减少、减薄。该体系域其底界为首次上超面,顶界为最大湖泛面。在断陷期和坳陷期都以扇三角洲——半深——深湖沉积,其顶部可出现密集段,以油页岩或部分灰岩沉积为特征,坳陷期较断陷期更为发育。湖泛体系域特点是厚度较厚,沉积速率等于或略大于沉降速率,可容纳空间处于稳定,湖泊积水面积不再扩大,有时有小规模缩小,同加积小层序组构成,该体系域以最大湖泛面为

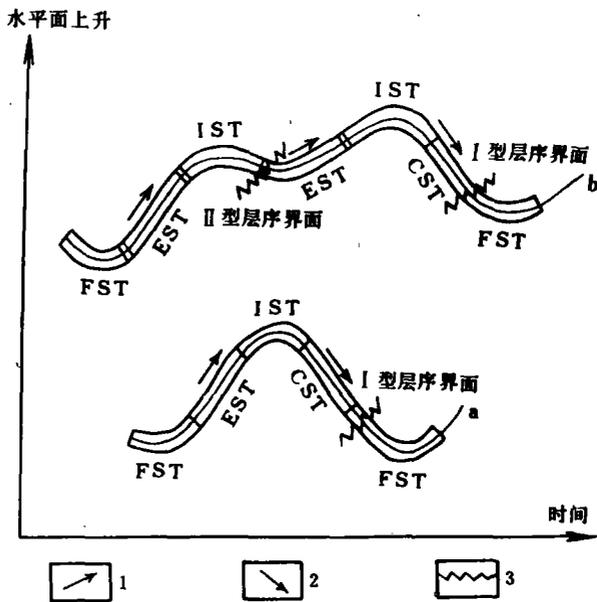


图1 水平面升降与体系域关系示意图  
 a. 完整旋回; b. 不完整旋回; 1. 水平面上升; 2. 水平面下降; 3. 层序边界  
 Fig. 1 Schematic diagram showing the relationship between lake-level changes and systems tracts in the complete cycles (a) and incomplete cycles (b)  
 1=lake-level rise; 2=lake-level fall; 3=sequence boundary

底界,以下超面或层序界面为顶界。以三角洲和扇三角洲—浅水或深水湖相沉积为主,深水部位也可出现密集段。湖泊萎缩体系特点是地层厚度较其它为厚,沉积速率远大于沉降速率,可容纳空间变小,积水面积不断缩小,由进积型小层序组构成,其中冲积体系面积不断扩大,湖泊体系面积不断缩小,砂岩层数及厚度向上增多、增厚。该体系域以下超面为底界,以层序界面为顶界。在断陷期以扇三角洲沉积向湖心迁移,前缘可出现滨浅湖、半深湖沉积,水下重力流沉积常见。上述各体系域的沉积体系构成在盆地不同部位不尽相同。

#### 4 松辽盆地中生代层序地层

松辽盆地中生代根据 $T_1$ 、 $T_2$ 两个区域不整合面可划分为同裂谷沉降、裂谷后热沉降、裂谷后萎缩三个超层序,以 $T_{1-2}$ 、 $T_3$ 、 $T'_1$ 三个I型层序界面, $T_2$ 、 $T_1$ 二个I型层序界面划分出九个层序(表1)(其中层序1在西部斜坡为一套灰绿色、紫红色安山岩,安山质角砾岩,凝灰岩、凝灰质砾岩沉积),一个完整层序包括了湖泊充填(FST)、湖泊扩张(EST)、湖泛(IST)和湖泊萎缩(CST)四个体系域,不完整旋回由湖泊充填(FST)、湖泊扩张(EST)及湖泛(IST)三个体系域,或湖泊扩张(EST)、湖泛(IST)及湖泊萎缩(CST)三个体系域组成。由于西部斜坡地层较薄,地震分辨率所限,体系域的界线确定主要以砂泥比较适中的三角洲前缘相的岩芯标志及测进小层序的叠加型式确定的,通过合成地震记录建立与地震剖面的联系,进而划分地震相类型,恢复沉积体系及生储盖组合关系,达到预测油气之目的。从表1中可以看出,作者的层序及体系域划分方案与前人有所不同<sup>[3][4][7]</sup>,首先是确定了 $T_1$ 、 $T_2$ 反射面是I型层序界面,对于 $T_1$ 界面,何鲤等认为扶余地区有沉积间断<sup>①</sup>,并缺失背角女星介、细小女星介和松花江女星介等化石(王纫兰,1991)。作者在西部斜坡高分辨地震测线上识别出顶超现象,且姚家组与嫩江组地层在岩芯及测井上呈现突变接触,证实 $T_1$ 属于I型层序界面。关于 $T_2$ 界面曾在“七五”松辽盆地找气前景及成藏地质条件研究期间,就已发现界面下部地层存在剥蚀, $T_2$ 界面之上出现地层上超,同时它又是一个区域性速度突变面,根据上述确定属于侵蚀-沉积型不整合界面<sup>②</sup>。作者也在西部斜坡615、618等地震测线发现 $T_2$ 对下伏层有剥蚀现象,说明 $T_2$ 也是一个I型不整合层序界面。作者不否认 $T_1$ 、 $T_2$ 界面上存在密集段,因为上部恰是松辽盆地两次最大湖侵期,由于地震分辨率所限, $T_1$ 、 $T_2$ 形成的强反射是密集段影响的结果,但是它们也毕竟是层序界面,不纯属密集段的反射。

为了辅助测井及地震体系域的划分,对层序V、VI、VII及层序VIII的底部系统取样分析了碳、氧同位素,其中泉1、2段时期,碳、氧同位素值变化较小且平均后较高的特征说明水体较浅,变化不大。向青1段演化时,碳、氧同位素值呈减小的趋势,说明水体不断加深的过程,但在分组界面处,值略有增大,说明盆地有过短期的抬升,青1段向青2、3段演化时,平均碳、氧同位素值升高,反映了水体逐渐变浅,姚1段的碳、氧同位素值最高,表明了此沉积期水位最浅,姚2、3段时期碳、氧同位素值又降低,反映了又一水体加深的沉积旋回。

通过前人作的泉头组、青山口组、姚家组岩相古地理图可见,自泉3段早期至泉4段晚期,湖岸线位置逐渐扩大,进入青1段湖岸线范围又明显扩大,到青2段达到最大。而青3段发生了明显收缩,至姚1段湖盆范围达最小。随后又逐渐扩大,开始了湖盆扩张的又一旋回。

① 何鲤、姚清国. 松辽盆地南部下白垩统泉头组至嫩江组岩相古地理研究总结报告. 1989~1993年。

② 徐怀大、樊太亮. 松辽盆地主要目的层段天然气成藏条件的地震地层学研究. 1989年。

从测井资料利用回剥法计算4口井的沉降速率和沉积速率的比值来看,在青1段、姚2段时期,沉积速率与沉降速率的比值为0.1~0.2,反映了为非补偿沉积,在青2、姚1、3段时期,沉积速率与沉降速率比值为0.6~1.3,反映了为补偿沉积,在青3段时期,其比值为2.2,反映了此时为过补偿沉积,从而造成湖泊萎缩。从孢粉组合以及古地磁等方法获得的古气候资料来看,泉1、2段及姚1段为半干热、干热气候,青1段为温湿气候,青2段为湿热气候。

另外,我们所作青山口组各时期岩相古地理具有以下特征:青1段时期扇三角洲前缘相带最窄,湖湾范围大,表现出沉积物供给不足,青2段时期扇三角洲前缘相带较宽,湖湾范围有所变小,到青3段时期扇三角洲前缘相带最宽,表现向湖盆进积的特点。

综上所述,可把泉1、2段、姚1段划为湖泊充填体系域,泉3、青1、姚2段划为湖泊扩张体系域,泉4、青2、姚3段划为湖泛体系域,青3段为湖泊萎缩体系域,其它层序依次类推(图2),且各层序界面、体系域界面与常规地震剖面有良好的对应关系,关于体系域界线并不完全与前人钻井分层吻合,如青3段顶有一小层序归入姚1段从而消除了原有的穿时现象。层序Ⅵ湖泊萎缩体系域可进一步划分4个小层序与高分辨地震剖面反射同相轴有良好对应关系(进而为高分辨层序地层研究打下了基础。)

## 5 结论及说明

①进一步确定了 $T_1$ 、 $T_2$ 反射面是Ⅰ型层序界面,同时形成的强反射是密集段影响的结果。

②把层序分完整与不完整旋回两种类型,前者体系域可以四分,包括湖泊充填(FST)、湖泊扩张(EST)、湖泛(IST)和湖泊萎缩(CST)四个体系域,后者体系域可以三分,包括湖泊充填(FST)、湖泊扩张(EST)及湖泛(IST),或者湖泊扩张(EST)、湖泛(IST)及湖泊萎缩(CST)三个体系域(由于地层剥蚀造成缺失除外)。在下发育湖泊萎缩、上覆发育湖泊充填的界面为Ⅰ型层序界面,否则为Ⅱ型层序界面。

③通过体系域的划分,调整了松辽南部西部斜坡区原某些分层界线,从而消除了不合理的穿时现象。

需要说明的是,盆地不同方向,即使在同一物源的不同部位,沉积物供给速率不同,便有可能形成不同类型的体系域。另外,同一盆地中不同构造单元间往往存在差异性构造运动,也可能造成同一盆地中同一时期形成不同的体系域的现象。从而为体系域的对比带来困难,这已为广大学者所认识<sup>[6][8]</sup>。松辽盆地也有类似现象,其中姚家组时期北进积南退积就是一例。作者认为应从全盆地积水面积的变化,冲积体系与湖泊体系总体分布的角度上,确定各个时期主体发育的体系域类型作代表,在体系域命名上以湖泊充填比低水位,湖泊扩张比湖进,湖泛比高水位,湖泊萎缩比湖退更能反映湖泊水位的变化全貌。另外,前人对体系域、小层序的识别标准作了很多论述,在此不赘述。

致谢:本文是作者在吉林油田研究院提供的科研项目基础上完成的,参加具体工作的还有董清水等,在此表示衷心的感谢!

表1 松辽盆地中生代层序地层划分

Table 1 Mesozoic sequence stratigraphic division in the Songliao Basin

地 层		反射界面	本文方案(1996)		
组	段		体系域	层序	超层序
明水组	明2	T <sub>5</sub>	CST	IX	裂谷后萎缩
	明1		IST		
四方台组			EST		
			FST		
嫩江组	嫩4-5	T <sub>4</sub>	CST	VIII	裂谷后热沉降
	嫩2-3		IST		
	嫩1		EST		
姚家组	姚3	T <sub>3</sub>	IST	VI	
	姚2		EST		
	姚1		FST		
青山口组	青3	T <sub>2</sub>	CST	VI	
	青2		IST		
	青1		EST		
泉头组	泉4	T <sub>1</sub>	IST	V	
	泉3		EST		
	泉1-2		FST		
登娄库组	登4	T <sub>0</sub>	CST	IV	
	登3		IST		
	登2		EST		
	登1		FST		
高平山组		T <sub>4-1</sub>	CST	II	同裂谷沉降
洮南组			IST		
			EST		
火石岭组		T <sub>4-2</sub>	IST	I	
			EST		
基 底		T <sub>5</sub>	VST	I	

注:以上体系域都指湖泊体系域。FST=filling systems tract;EST=expansion systems tract;IST=inundating systems tract;CST=contraction systems tract;VST=volcanic systems tract

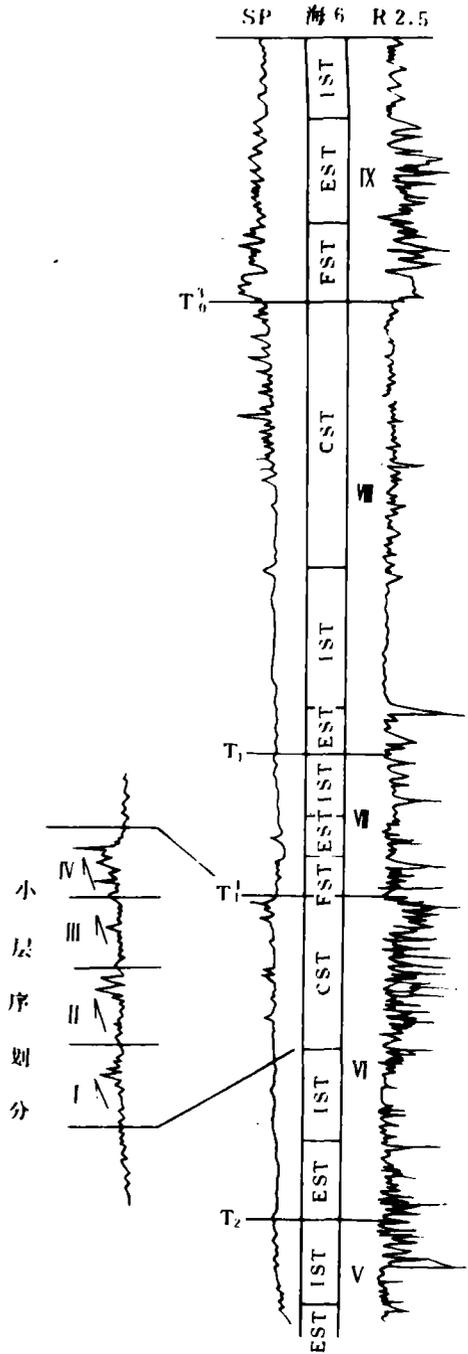


图2 海6井层序地层分析图

Fig. 2 Sequence stratigraphic analysis of the Hai-6 well in the study area

## 参 考 文 献

- 1 解习农、李思田. 陆相盆地层序地层研究特点. 地质科技情报, 1993, 12(1), 22~26
- 2 李思田、杨士恭、林畅松. 论沉积盆地的等时地层格架和基本建造单元. 沉积学报, 1992, 10(4), 11~21
- 3 魏魁生. 非海相层序地层学——以松辽盆地为例. 北京: 地质出版社, 1996, 46~82
- 4 王东坡、刘立. 大陆裂谷盆地层序地层学的研究. 岩相古地理, 1994, 14(3), 1~9
- 5 顾家裕. 陆相盆地层序地层格架概念及模式. 石油勘探与开发, 1995, 22(4), 6~10
- 6 纪友亮、张世奇. 陆相断陷湖盆层序地层学. 北京: 石油工业出版社, 1996, 44~68
- 7 薛良清. 层序地层学在湖泊盆地中的应用探讨. 石油勘探与开发, 1990, 6, 20~34
- 8 薛良清. 层序地层学研究现状、方法与前景. 石油勘探与开发, 1995, 22(5), 8~13

## Recent progress in sequence stratigraphy of the Songliao Basin in northeastern China

Guo Shaobin    Sun Shaobo

*Changchun University of Science and Technology*

### ABSTRACT

Recent progress has been achieved on the Mesozoic sequence stratigraphy of the Songliao Basin in northeastern China. The authors have proposed that the development of the continental sequences and systems tracts are governed by relative lake-level changes. The controls of structures, climates and sediment supply are often expressed by lake-level changes, which, in turn, may be grouped into complete and incomplete cycles resulting in the models for the sequences and systems tracts. They are the lacustrine filling systems tract (FST), lacustrine expansion systems tract (EST), lacustrine inundating systems tract (IST) and lacustrine contraction systems tract (CST) and corresponding type I sequence in the complete cycles of lakes, and the lacustrine filling systems tract (FST), lacustrine expansion systems tract (EST), lacustrine inundating systems tract (IST) and lacustrine contraction systems tract (CST) and corresponding type I sequence in the incomplete cycles of lakes.

**Key words:** Songliao Basin, sequence stratigraphy, recent progress