

文章编号: 1006-6616(2004)02-0165-07

辽河拗陷曙北地区新生代层序地层 及沉积体系发育特征

李文权¹, 刘立², 焦丽娟², 王丽²

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

2. 辽河油田分公司, 辽宁盘锦 124010)

摘要: 曙北地区是辽河拗陷西部凹陷的一个次级单元, 是在太古界和中、晚元古界基底上发育起来的新生代裂谷盆地, 新生界自下而上发育的地层为古近系房身泡组、沙河街组、东营组和新近系馆陶组, 并覆盖第四系的沉积。通过地震、测井和地质资料的综合研究及时频分析技术的应用, 本区新生代裂谷盆地沉积可划分为1个大陆裂谷巨层序、1个大陆裂谷后热沉降超层序和1个同裂谷沉降超层序、4个层序和14个体系域, 并存在I型层序和II型层序。通过研究提出了断陷湖盆缓坡层序地层模式, 揭示了不同的体系域中沉积体系的发育具有的不同特征。在两种不同类型层序的TST和HST之间, 常发育大套的页岩, 构成主要的生油层和盖层, 各体系域的边缘场所构成良好的储层。本区层序地层的划分对于优质储层的寻找和油气富集规律的研究具有重要意义。

关键词: 层序地层; 沉积体系; 裂谷盆地; 曙北地区

中图分类号: P539.1

文献标识码: A

0 引言

辽河盆地大地构造处于华北地台东北部, 东临辽东台隆, 西接燕山沉降带, 北达“内蒙地轴”。最北与松辽盆地相望, 是环渤海湾含油气区的一部分。曙北地区位于辽河拗陷西部凹陷西斜坡北部, 面积110km², 是辽河拗陷西部凹陷的一个次一级单元, 火山活动频繁, 沉积厚度巨大, 断裂控制特征明显。其基底由太古界和部分中上元古界构成, 新生界古近系可分为房身泡组、沙河街组、东营组, 新近系为馆陶组, 并覆盖第四系沉积。是一个以古近系沙河街组四段、三段为烃源岩的含油气系统。

1 层序地层划分

层序是一套有成因联系的, 顶底以不整合或相应整合面为界的地层单元。这一概念也适

收稿日期: 2003-06-28

作者简介: 李文权(1963—), 男, 工程师, 在读博士, 2000年毕业于北京师范大学, 长期从事石油地质研究。

合于陆相湖盆层序。按 VanWagoner 等的观点,层序可划分为 9 级:巨层序、超层序、层序、准层组、准层序、层组、层、纹层组,其中 Vail 狭义层序概念相当于这一分级中的三级层序。层序的基本特征可归纳为等时性、间断性、连续性和分级性^[1]。本次应用地震剖面、测井曲线、时频分析等新方法对本区古近系层序地层格架和沉积体系进行了分析。按层序四分原则,即一个完整的层序应由低水位体系域(LST)、水进体系域(TST)、高水位体系域(HST)和水退体系域(RST)组成,并存在 I 型层序和 II 型层序两种湖盆层序地层类型^[3]。层序地层的“四分原则”在时频剖面上也有清楚的反映,如东营组(层序IV)就有四个次级频档组成。此外,每个层序自下而上同一或相邻频档内能量团的有序变化,可能与准层序组的叠加型式从退积→加积→进积有关,而位于 TST 与 HST 之间向低频延伸带可能反映凝缩层的存在。在 I 型层序间,二级频档界限清晰,而在 II 型层序间,二级频档不如前者清晰。

1.1 巨层序(一级层序)

巨层序以大的区域性角度不整合为界,它往往也是不同成因盆地类型的分界面。这种巨型性的顶底是遭受剥蚀、分布范围很广的层序边界;外力作用主要包括大洋板块碰撞产生的挤压等^[2]。本区新生界顶底即为巨层序界面,它们表现为区域性角度不整合,其内为新生界大陆裂谷盆地充填序列。在地震剖面上显示出明显的不整合和削截(图 1)

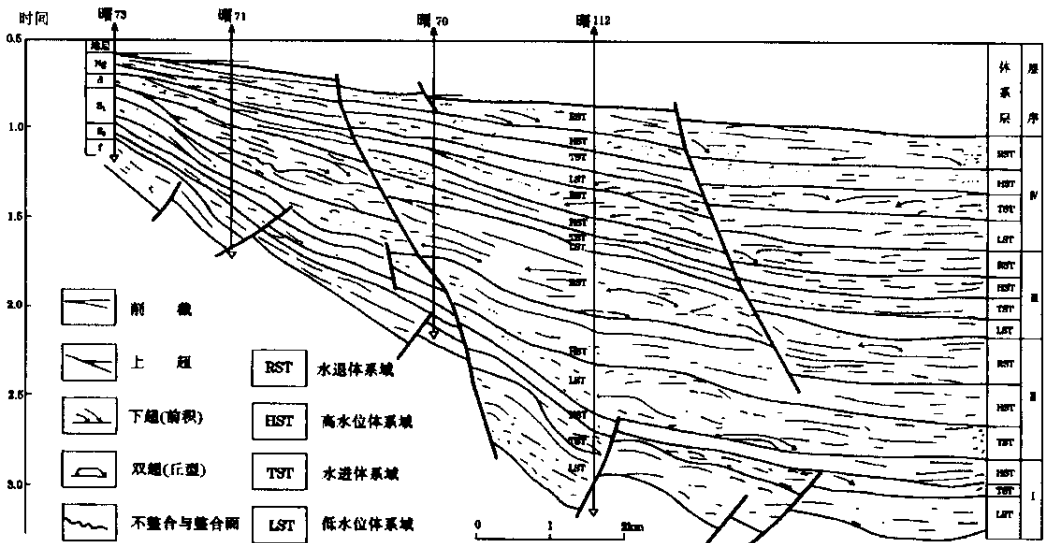


图 1 曙北地区 III 线层序地层格架与地震反射结构剖面图

Fig.1 Sequence stratigraphic frame and seismic reflection structural section of line III in the Shubei area

1.2 超层序(二级层序)

超层序以盆内角度不整合为界,它一般是同一盆地类型中不同演化阶段的产物。本区古近系与新近系之间的界面即属超层序界面,它将新生界盆地充填划分为同裂谷沉降超层序和裂谷后热沉降超层序;其中前者由受同生断裂控制的断陷沉积组成,后者由呈整体沉降的坳陷沉积组成。本次研究的主要目的是古近系即为同裂谷沉降超层序,其中底界面与巨层序界面重叠,顶界面表现出明显削截和区域性上超(图 1),合成记录的声波曲线表现为明显的坎值(图 2)。

在时频剖面中，岩层特征（厚度、夹层厚度、粒度等）由时频能量谱图表征，各谱团的时频频率的大小与地层厚度呈反比，谱团的强度与沉积岩层的速度或阻抗差成正比。在时频剖面上可清楚地看出由多个频档组成，大体可分为 6 个频档。综合对比分析认为一级频档对应于超层序，二档对应于层序，三档对应于准层序组，四档对应于准层序，五、六档对应于更低级别的层序。

1.3 层序（三级层序）

层序是层序地层的基本单元，它由不整合与相应整合面（局部不整合）所限定，在地震剖面近陆源区一侧为不整合，其界面波状起伏，局部表现为下切谷特征，界面之下见削截，界面之上为上超（图 1）。拗陷中心方向逐渐过渡为整合接触关系。合成记录的声波曲线表现为坎值和波组特征的变化（图 2）。

I 型层序由 LST、TST、HST 和 RSI 组成，层序界面以上 I 型层序不整合面和相应整合面（SB₁）为界（图 1）；II 型层序由 TST、HST 和 RST 组成，即缺少 LST，其界面以 II 型层序界面（SB₂）为界（图 1），II 型层序一般形成在前一个层序的 HST 之上，即一般形成在前一个高水位期之后的又一次大的湖侵作用下。本研究区也存在以上两种层序类型。本区 I 型层序由 LST、TST、HST 和 RST 组成，层序界面表现出明显的局部不整合，其位于盆缘一侧，在地震剖面上呈波状起伏，具有下切谷的一般特征（图 1）。界面之下见削截、界面之上见上超，边缘往往缺少 LST。这些均反映出由于湖平面下降后造成基准面之上产生剥蚀，形成不整合，而在基准面之下一般保持持续沉积，表现为整合关系。

本区 II 型层序由 TST、HST 和 RST 组成，即在层序下部缺乏 LST（图 1）。由于该层序界面是在高水位基础上发生水进而成，因此局部不整合现象不太明显，仅在边缘地带可发育上超现象。

1.4 准层序组与体系域（四级层序）

准层序组有一特定叠加形式，通常以主海泛面及其相应界面为界的一套有成因联系的准层序组成。层序的基本建造单元是准层序^[4]。在海相地层中准层序组通常以主海泛面为界，而湖相地层中通常以主湖泛面为界，其中包括首次主湖泛面、最大主湖泛面、最后主湖泛面等。

体系域由同时期形成的沉积体系组成，在层序分级中大体与准层序组相当。准层序组内的准层序有三种主要叠加方式：退积式、加积式和进积式。一般 LST 为小型进积式、TST 为

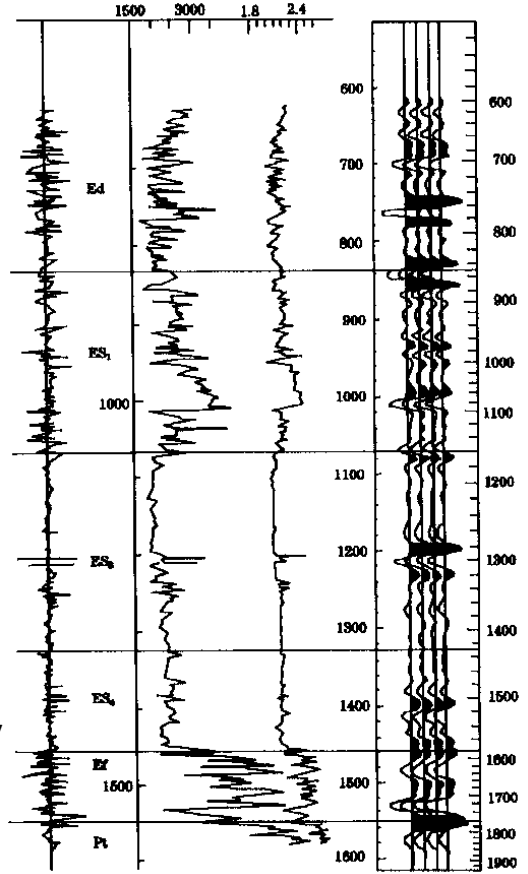


图 2 曙 71 井地震合成记录

Fig.2 Composite seismic record of Shu71 well

退积式、HST为加积式、RST为大型进积式准层序组叠加方式。这是鉴别体系域的重要标志之一。

2 层序地层格架及沉积体系发育特征

通过地质、测井、地震等资料综合分析,在本区识别出一个区域性角度不整合(古近系底界面)、一个盆内角度不整合(新近系底界面)和三个局部不整合(东营组底、沙一段底、沙三段底),其中前者为巨层序界面、中者为超层序界面,后者为层序界面,据此在本区新生界巨层序之中划分出2个超层序(同裂谷沉降超层序和裂谷后热沉降超层序)。在本次研究的主要目的层(古近系)即同裂谷沉降超层序,将其划分出4个层序,其中包括14个体系域(表1)。

表1 曙北地区新生代层序地层格架表

Table 1 Cenozoic sequence stratigraphic frame of the Shubei area

地层				界面关系	体系域	层序	超层序	巨层序
界	系	组	段					
新 生 界	新近系	馆陶组		上超			裂谷后热沉降超层序	大 陆 裂 谷 盆 地 巨 层 序
			东营组		上超	削截		
	HST							
	TST							
	LST							
	古近系	沙一段	上超	局部削截	RST	III		
					HST			
					TST			
					LST			
		沙河街组	上超	局部削截	RST	II		
					HST			
					TST			
					LST			
	沙四段	上超	局部削截	HST	I			
TST								
房身泡组		上超		LST				
前新生代地层				区域前截	基底			

2.1 层序 I (房身泡组 - 沙四段)

层序 I 底界面与巨层序界面重合, 顶界面为沙三段底界面 (为 II 型层序界面), 后者仅在盆地边缘局部地方见上超和削截。该层序由 LST、TST、HST 组成。其中 LST 相当于房身泡组为一套火山岩为主的火山—沉积体系, 具有亚平行、断续、强震幅地震反射结构特征, 主要由玄武岩夹薄层砂泥岩组成, 为裂谷盆地发育期的产物。TST 相当于高生油层, 主要由扇三角洲—湖泊沉积体系组成。在半深湖—深湖区见有丘型反射, 可能为水下重力流沉积。在水进过程中沿 TST 底界面发育有水进砂岩。HST 相当于杜家台油层, 也是由扇三角洲—湖泊沉积体系组成, 但未发现丘型结构的水下重力流沉积 (图 3)。

2.2 层序 II (沙三段)

层序 II 相当于沙三段, 由 TST、HST 和 RST 组成。其底界面为 II 型层序界面 (界面之下为 HST, 界面之上为 TST), 顶界面为 I 型层序界面 (界面之下为 RST, 界面之上为 LST) (图 1、3 及表 1), 其中 I 型界面局部不整合现象明显, 界面波状起伏, 具有下切谷作用的特征, 并在界面上、下见有明显的上超和削截现象 (图 1)。层序 II 中的 TST 和 HST 特征与层序 I 中的大体相似, 而 RST 则表现出前积结构和丘型反射特征, 体现了扇三角洲—湖泊 (含水下重力流沉积) 沉积体系特征, 并具有典型的进积型准层序组叠加方式 (图 3)。

2.3 层序 III、层序 IV (沙一段和东营组)

层序 III、层序 IV 分别相当于沙一段和东营组, 其内体系域发育较全, LST、TST、HST 和 RST 组成, 上下均为 I 型层序界面, 其中层序 IV 的顶界面与超层序界面重叠 (图 1、3 及表 1)。这两个层序也由扇三角洲—湖泊体系组成, 层序内部体系域也有一些共同的特点: LST 分布局限, 仅在盆地中部较发育, 其中层序 III 发育水下重力流沉积; RST 前积结构明显, 发育典型的进积序列的扇三角洲前缘沉积及具丘型结构的水下重力流沉积; HST 中未发现水下重力流沉积 (图 3)。

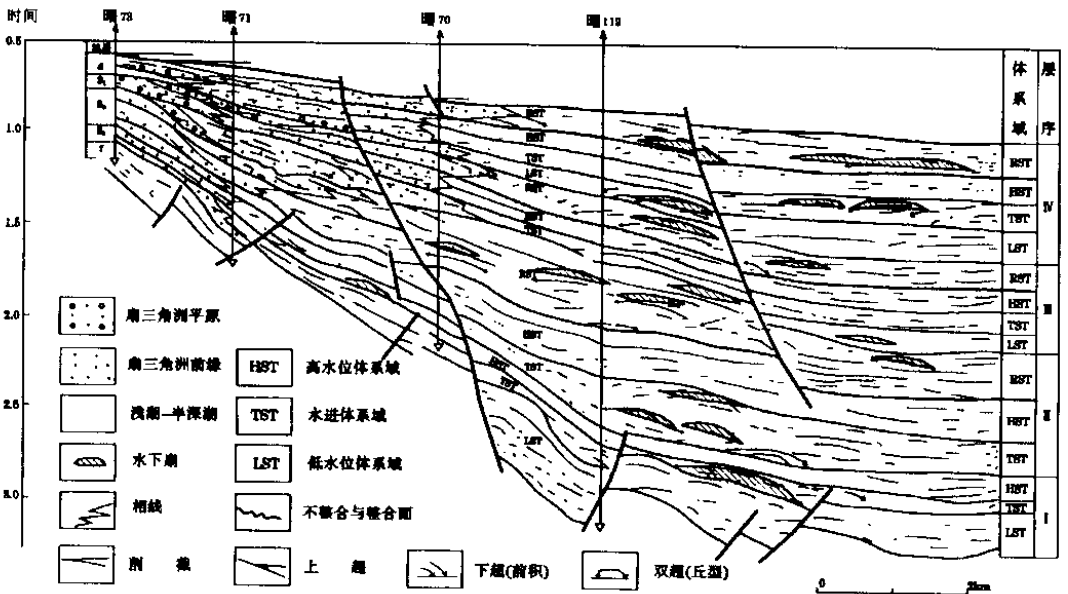


图 3 曙北地区 III 线层序地层格架与沉积体系剖面

Fig.3 Sequence stratigraphic frame and sedimentary system section of line III in the Shubei area

3 断陷湖盆缓坡带层序地层模式

综上所述，本研究区的古近纪为一同裂谷沉降形成的半地堑式断陷盆地，层序地层的划分和层序内沉积体系的发育特征的分析研究，得出本区断陷盆地缓坡带层序地层模式。

I 型层序由 LST、TST、HST 和 RST 组成，其底以 I 型不整合面为界，并发育下切谷。层序内由扇三角洲—湖泊体系组成，其中 LST、TST 和 RST 在深水区可发育水下扇，在 TST 可形成水进扇三角洲和底部水进砂岩，TST 内形成水退扇三角洲沉积（图 4）。

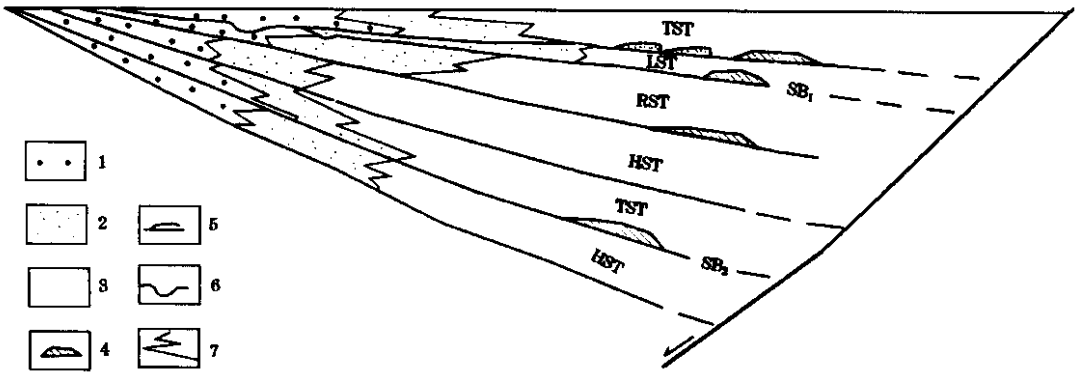


图 4 曙北地区断陷湖盆缓坡带层序地层模式

Fig.4 Sequence stratigraphic model of the gentle zone in the down-faulted Lake basin slope in the Shubei area

- 1. 扇三角洲平原；2. 扇三角洲前缘；3. 湖泊；4. 水下扇；5. 水进砂岩；6. 下切谷；7. 相线
- LRT - 低水位体系域；TST - 水进体系域；HST - 高水位体系域；RST - 水退体系域
- SB₁ - I 型层序界面；SB₂ - II 型层序界面

II 型层序由 TST、HST 和 RST 组成，其底以 II 型层序界面为界，即层序界面之下缺少 RST，界面之上缺少 LST。该层序是在高水位基础上再次发生大规模水进而形成。其各体系域内部特点同 I 型层序，但在 TST 中一般不发育底部水进砂岩（图 4）。

4 结论

本区新生代裂谷盆地可划分为一个大陆裂谷层序、一个大陆裂谷后热沉降超层序和一个同裂谷沉降超层序、4 个层序和 14 个体系域，并存在 I 型层序和 II 型层序。在上述两种类型层序中的 TST 与 HST 之间常发育大段暗色泥岩和油页岩，可视为凝缩层，是形成主要生油层和盖层的时期，各体系域的边缘相（扇三角洲相）均可构成良好储层，其中 RST 可构成规模较大的砂体，水下扇和水进砂岩也可形成岩性圈闭油气藏。

参 考 文 献

- [1] 郑志刚. 琼东南盆地地层及沉积体系分析 [A]. 层序地层及其在油气勘探开发中的应用 [C]. 北京：石油工业出版社，1997，P18.
- [2] 邱荣华，等译. 陆相层序地层学前景 [A]. 层序地层学译文集 [C]. 北京：石油工业出版社，1996，P2.
- [3] 刘招君，董清水，等. 陆相层序地层学导论与应用 [M]. 北京：石油工业出版社，2002，P3.
- [4] 纪友亮，纪世齐，等. 陆相断陷湖盆层序地层学 [M]. 北京：石油工业出版社，1996，P46.

CENOZOIC SEQUENCE STRATIGRAPHY AND CHARACTERISTICS OF THE SEDIMENTARY SYSTEM IN THE SHUBEI AREA , LIAOHE BASIN

LI Wen-quan¹ , LIU Li² , JIAO Li-juan² , WANG Li²

(1. *Institute of Geology and Geophysics , Chinese Academy of Sciences ;*

2. *Exploration & Development Research Institute of Liaohe Oilfield , Branch Company ,
Petro China , Panjin 124010 , Liaojing)*

Abstract : The Shubei area is a secondary unit of the West subbasin of the Liaohe basin and a Cenozoic rift basin that developed on the Archean and Meso- and Neoproterozoic basements. The Cenozoic strata may be divided in ascending order into the Paleogene Fangshenpao Formation , Shahejie Formation and Dongying Formation and the Neogene Guantao Formation , overlain by Quaternary deposits. By an integrated study of the seismic , logging and geological data and application of the time-frequency analytical technique , the Cenozoic rift deposits may be divided into 1 continental rift megasequence , 1 continental postrift heat-sink supersequence , 1 synrift sink supersequence , 4 sequences and 14 systems tracts , and there exist type I sequences and type II sequences. A sequence stratigraphic model of the gentle slope in a down-faulted lake basin has been constructed. The authors propose that the developments of sedimentary systems in different systems tracts have different characteristics. Between the transgressive systems tract (TST) and highstand systems tract (HST) there usually occurs a large suite of shale , which forms the main source rock and sealing rock , and the reservoir rock forms on the margins of various systems tracts. The sequence stratigraphic division in the area has great significance for the search for good-quality reservoirs and the study of the characteristics of petroleum concentration.

Key words : sequence stratigraphy ; sedimentary system ; rift basin ; Shubei area