

试论陆相层序地层学 及其在油气勘探开发中的意义

刘 豪 王英民 王 媛

(成都理工学院石油系)

[内容提要] 根据陆相层序地层的自身特点,对其层序界线、层序级别、层序界面等特征进行了分析,并把陆相层序地层分成断陷和坳陷两种盆地层序模式。最后根据层序模式特征阐述了陆相层序地层学在油气勘探开发中的实际意义。

关键词 陆相层序地层学 体系域 层序地层模式

层序地层学起源于被动大陆边缘海相盆地,它是“研究一系列以侵蚀面或无沉积作用间断面和与之可以对比的整合面为界的、具有旋回性的、成因上有联系的并可置于年代地层框架内的沉积岩层关系”的科学。作为现代地质学的热门课题之一,层序地层学已被广泛地应用于海相地层为主的沉积盆地分析之中^[1],并得到广大地质学家的认可。能否用于或完全用于陆相盆地的研究,仍然存在巨大分歧。笔者认为,经典的海相层序地层学可以适用于陆相层序地层的研究,尤其对于大型内陆湖泊盆地,则完全可以借用海相层序地层学原理进行研究。

1 关于陆相层序地层

古内陆湖泊演化早期是一些小的、分隔的断陷湖盆,后期则发展成为大的、统一的坳陷湖盆。在坳陷湖盆发育阶段,地形分异大,各种地貌区分明显。因此,可以将湖泊汇水面积和积水面积视为一个整体,即沉积盆地,其地形示意图见图1。

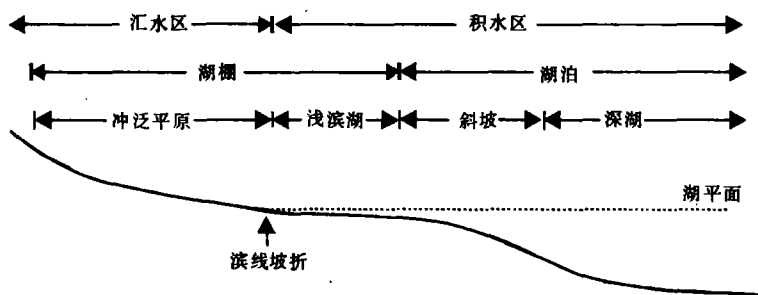


图1 古湖泊盆地地形示意图

Fig. 1 Sketch of palaeo-lacustrine basin topography

1.1 陆相盆地层序地层学术语

1.1.1 层序界线 (边界)

由于陆相受构造作用影响大,其边界的识别比海相相对困难得多。吴英业^①根据在测井横剖面或露头剖面上,对不整合层序标志识别为:①地表削蚀作用,以古土壤层或植物根须层为标志的侧向可对比的地表出露面,侧向上方对比的底部侵蚀;②上覆地层上超于深切谷边缘(上超现象);③沉积相朝盆地方向移动;④深切谷存在。

1.1.2 层序界面特征

根据上面层序边界识别标志,把陆相层序界面分为古构造运动面、构造应力场转换面、沉积间断界面和大面积超覆界面。古构造运动面代表盆地基底面或湖盆萎缩阶段古风化剥剖面,通常为—区域不整合。由于盆地构造应力场转换导致盆地沉积速率的急剧变化,进而使得充填沉积物发生较大变化,形成构造应力场转换面。沉积间断界面在盆缘带表现为陆上沉积间断,坳陷中央则为水下沉积间断。大面积超覆界面是由于构造机制的转变,导致全盆范围内出现大面积的超覆,这种界面在盆地周缘为多角度不整合,在中央则可能为不连续整合沉积或为平行不整合面。

1.1.3 层序地层级别

在陆相层序级别划分中,往往也以时间为准则,尤其对于大型的陆相湖泊盆地,我们也可以划分出相当于 Vail 的四级—五级层序。例如,我们对大陆裂谷盆地层序地层可划分为三级(表 1)。

表 1 大陆裂谷盆地层序地层级别划分
Table 1 Classification of sequence hierarchy in continental rift basins

旋 回	层 序	成 因
I 级	超 层 序	在拉张沉降的断陷阶段和热沉降的坳陷阶段
II 级	层 序	与构造、气候、沉积物供应有关
III 级	准层序 (体系域)	由湖泛面、湖退面所决定

1.1.4 沉积作用方式和区域性水进事件对陆相盆地准层序组的影响

陆相盆地每个层序内部包括了不同类型的沉积体系域,准层序是体系域的基本单元。因为陆相盆地面积比之于海相盆地小得多,绝大多数陆相盆地也就很难进行全球范围内的准层序对比,只能进行准层序组的对比。由于陆相盆地沉积体系的空间配置取决于冲积体与湖泊体系不同比例的组合,因而准层序组的划分主要依赖于冲积体系的沉积作用方式和区域性水进事件,可划分为下列准层序组^①(图 2)。

(1) 退积准层序组 沉积速率小于沉降速率,反映了沉积体系不断后退,其形成既可以是由水进所致,也可以是由沉积物供应减少所致。

(2) 湖泛准层序组 沉积速率大大小于沉降速率,湖盆范围很大,多发育于深水环境。

(3) 进积准层序组 沉积速率大于沉降速率,反映了沉积体系不断向湖盆方向进积。

(4) 加积准层序组 沉积速率等于或接近沉降速率,反映了冲积体系不断地垂向加积过程。

① 吴英业, 1994, 新疆侏罗系油气盆地层序地层学与储层研究, 博士后研究报告。

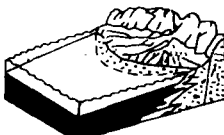
小层 序组	沉积速率/ 沉降速率	沉积体系空间配置	示 意 图
进 积 准 层 序 组	>1	进积于深水环境构成周缘扇三角洲或 三角洲-深水湖盆型体系域 进积于浅水环境构成冲积扇-扇三 角洲或三角洲-浅水湖盆型体系域	
加 积 准 层 序 组	$=1$	扇三角洲或三角洲-浅水湖盆型体系 域, 湖盆中央可能出现较深湖沉积	
退 积 准 层 序 组	<1	扇三角洲或三角洲-深水湖盆型体系 域	
湖 泛 准 层 序 组	$<<1$	周缘小型扇三角洲或三角洲-深水湖 盆型体系域; 深湖中往往夹有重力流 沉积	

图 2 陆相盆地准层序组类型 (据吴英业, 1994, 有修改)

Fig. 2 Types of prasequence sets in nonmarine basins (modified from Wu Yingye, 1994)

1.2 陆相盆地的层序地层模式

1.2.1 断陷盆地层序地层模式

断陷盆地发育 I 型层序, 层序内部所含体系域与海相相似, 但其沉积体系则有所不同。

(1) 低水位体系域 (LLST)

在湖盆仅存在滨浅湖甚至干枯时形成的沉积, 包括低水位期冲积扇体系、由洪水事件引发的沉积 (洪积岩、泥石流等)、伴随水域扩大形成的低水位斜坡扇体系和水体进一步扩大而形成的低水位期缓坡楔状体 (图 3)。

(2) 湖侵体系域 (LTST)

以三角洲为主, 发育有其它体系域, 如沙滩坝体系、碳酸盐浅滩体系、湖底扇体系以及其它沉积等。具有较窄的滨浅湖沉积和深湖沉积 (图 4)。

(3) 高水位体系 (LHST)

缓坡发育三角洲, 而陡坡发育扇三角洲。此外还发育滨岸砂体及滨岸平原沉积 (图 5)。

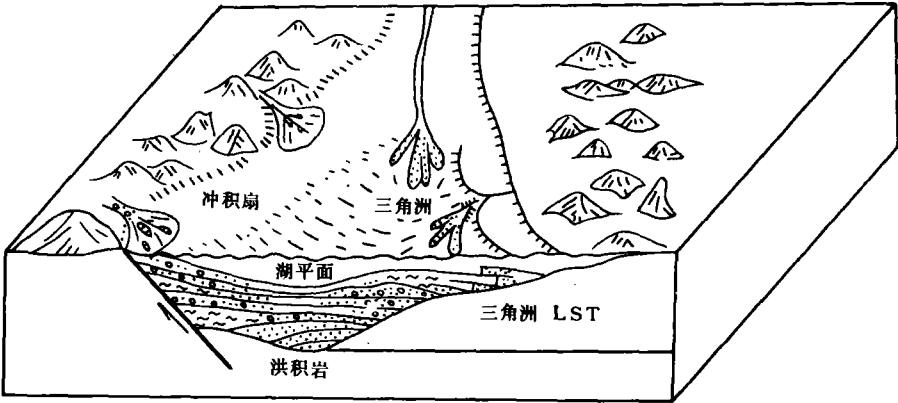


图 3 断陷期的低水位体系域 (LLST) (据魏魁生、徐怀大, 1993, 有修改)
Fig. 3 The lake lowstand systems tract during the rift faulting
(modified from Wei Kuisheng and Xu Huaida, 1993)

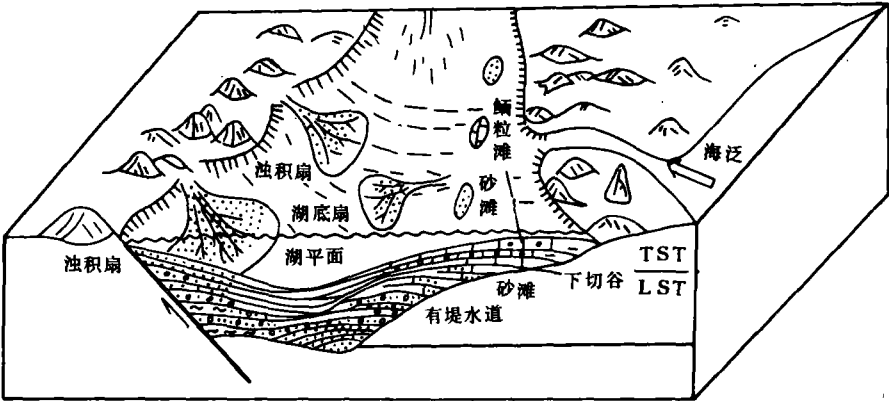


图 4 断陷期的湖侵体系域 (LTST) (据魏魁生、徐怀大, 1993, 有修改)
Fig. 4 The lake transgressive systems tract (LTST) during the rift faulting
(modified from Wei Kuisheng and Xu Huaida, 1993)

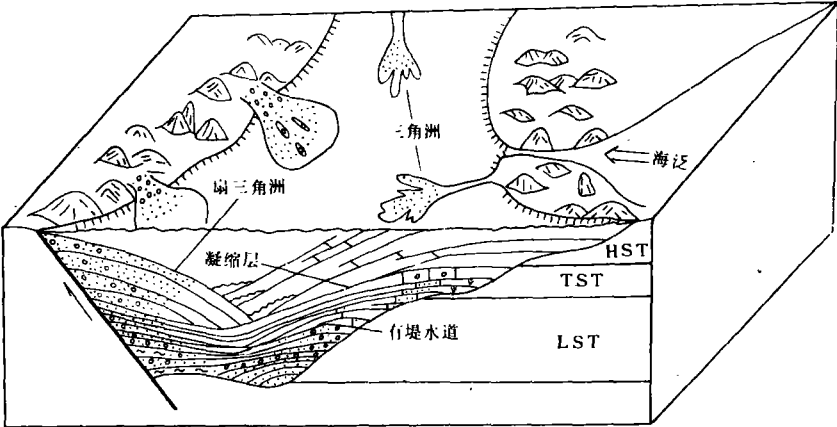


图 5 断陷期的高水位体系域 (LHST) (据魏魁生、徐怀大, 1993, 有修改)
Fig. 5 The lake highstand systems tract (LHST) during the rift faulting
(modified from Wei Kuisheng and Xu Huaida, 1993)

体系域与油气圈闭的关系 (表 2)。

表 2 体系域与油气圈闭的关系 (据魏魁生、徐怀大, 1993, 有修改)

Table 2 The relationship between systems tracts and oil and gas traps
(modified from Wei Kuisheng and Xu Huaida, 1993)

埋藏深度 (m)	孔隙性质	储集层	生油	封闭	运移	圈闭
<1700	原生孔隙发育	LST; 辫状河道 TST; 滩、坝、网状河道 HST; 曲流河道三角洲	来自深部生油岩	顶部有泥岩封闭 侧向封闭多变	垂向二次运移 (通过断层)	构造圈闭为主
1700 } 2800	混成成因孔隙发育	LST; 改造的冲积扇、水道及河道砂 TST; 滩、坝、浊积砂颗粒流砂、浅滩 HST; 扇三角洲及三角洲前缘河道砂	来自下方生油层	LST、TST; 孤立砂体封闭性好, 连续砂体顶部凝缩层为盖层, 侧底多变 HST; 洪泛面为盖层, 侧向渗漏	垂向运移	LST、TST; 孤立砂体形成地层圈闭, 连续砂体配置构造圈闭 HST; 构造圈闭最佳
2800 } 3800	次生孔隙发育	LST; 某些重力流沉积洪积岩 TST; 浊积扇、湖底扇、碳酸盐浅滩 HST; 扇三角洲及三角洲前缘	LST、TST; 顶部及侧向生油层良好 HST; 产气和贫油的同期生油气岩, 一般好油源在深、底部	LST、TST; 顶部封闭好, 侧向及底部多变 HST; 底部封闭好, 洪泛面为顶部盖层, 侧向渗漏	凝缩层生油向下或侧向运移 HST; 好油源为垂向运移	LST、TST; 地层圈闭或复合圈闭 HST; 与构造圈闭相关
3800 } 5600	次生孔隙少, 可见裂隙	LST; 某些重力流沉积洪积岩 TST; 浊积扇、湖底扇、碳酸盐浅滩 HST; 扇三角洲及三角洲前缘	LST、TST; 顶部及侧向生油层良好 HST; 产气和贫油的同期生油气岩, 一般好油源在深、底部	LST、TST; 顶部封闭好, 侧向及底部多变 HST; 底部封闭好, 洪泛面为顶部盖层, 侧向渗漏	凝缩层生油向下或侧向运移 HST; 好油源为垂向运移	LST、TST; 地层圈闭或复合圈闭 HST; 与构造圈闭相关
>5600	次生孔隙渐次消亡, 裂隙局部发育	裂缝可形成于各种岩石中	生湿气或凝析油	封闭好	侧向或垂向	构造或非构造圈闭

由表 2 可知, 含油气盆地中的生储盖层的组合发育与层序中的体系域具有一定的成因联系。湖侵体系域的冲积体系或发育于陡坡的冲积扇一般距油源近, 封闭条件好, 可以形成地层圈闭油藏, 在陡坡一侧的同生断层附近则可以形成断层封闭油藏或复合油藏。高水位体系域中的退积—加积作用形成的砂泥互层, 作为良好的生油条件。浊积砂体、湖底扇体等靠近油源, 可构成良好的地层圈闭油藏。低水位体系域以发育三角洲或扇三角洲沉积为特征, 在三角洲、扇三角洲前缘和河道砂体是最佳储集层。值得注意的是, 随着油气勘探开发的步伐不断加快, 除了寻找构造圈闭外, 富砂的“盆底扇”将具有十分巨大的前景。

3 结束语

总之, 无论在新区或老区, 我们都要尽可能地把层序地层学理论用于油气勘探开发中。对于老区, 将不断探讨和详细研究地层圈闭中含油气远景, 利用填图和沉积相分析对比, 研制高分辨率的年代地层学来更好地进行地层圈闭和成藏组合的研究。对于新区, 应确定新

的成藏组合,圈定出有经济价值但最难以预测的地层圈闭,结合地层圈闭中的延伸性更为精确地预测油气藏趋势以及潜在的生储盖层,不断提高、延长油气田开发年限和增加储量^[7]。

在文章编写过程中,陈洪德教授提供了部分资料并给予了很大帮助和支持,在此表示深深谢意!

参 考 文 献

- 1 陈洪德、刘文钧、郑荣才、钱奕中. 层序地层学理论和研究方法. 成都:四川科技出版社, 1994
- 2 魏魁生、徐怀大. 华北典型箕状断陷盆地层序地层模式及其与油气赋存关系. 地球科学. 中国地质天文学学报, 1993, 18 (2)
- 3 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)
- 4 薛良清. 层序地层学在湖相盆地中的应用探讨. 石油勘探与开发, 1990, 7 (6)
- 5 Keith W. Shanley. 肖敬斌等译. 陆相地层的层序地层学前景. 世界石油科学, 1994, 第 10 期
- 6 覃建雄、吴勇. 层序地层学在油气勘探领域中的应用. 天然气地球科学, 1995, 6 (6)
- 7 徐怀大. 层序地层学理论用于我国断陷盆地分析中的问题. 石油与天然气地质, 1991, 第 1 期

The nonmarine sequence stratigraphy and its implications for oil and gas prospecting and exploration

Liu Hao Wang Yingmin Wang Yuan

Department of Petroleum, Chengdu University of Technology

ABSTRACT

The sequence boundary, sequence hierarchy and sequence bounding surface in the non-marine strata are discussed in this paper. Two sequence models are presented for two types of basin; fault and depression basins. The relationship between systems tracts and oil and gas traps indicates that there is a genetic affiliation between the source-reservoir-caprock associations and systems tracts in stratigraphic sequences. For example, the stratigraphic trapped oil and gas deposits may occur in the alluvial systems of the lake transgressive systems tract; the sand-mud intercalations generated in the retrogradation and progradation in the highstand systems tract may be the sites for oil generation, and the deltas and fan deltaic sediments characteristic of the lowstand systems tract may serve as the best oil and gas reservoirs. It follows that the nonmarine sequence stratigraphy has important implications for the prospecting and exploration of oil and gas deposits.

Key words: nonmarine sequence stratigraphy, systems tract, sequence stratigraphic model