

文章编号: 1000-0550(2003)02-0313-05

江陵浅水—半深水坳陷湖盆层序地层学特征^①

卢明国^{1,2} 林畅松¹ 廖忠礼¹ 张建华²

1(中国地质大学能源地质系 北京 100083)

2(中国石化江汉油田分公司研究院 湖北潜江 433124)

摘 要 以层序地层学理论为指导,系统研究了江陵浅水—半深水坳陷湖盆的层序地层学特征。研究表明:区域不整合界面和沉积转换界面是Ⅲ级层序的主要界面;层序内虽均发育低位、湖侵和高位体系域,但各体系域发育程度是不同的,致使层序的旋回性以非对称为主;层序内各体系域的沉积相构成均以河流三角洲和浅水湖泊为主,而冲积扇、扇三角洲不发育,湖泊水体基本没有发生过明显的扩张、收缩,湖平面的波动没有造成沉积相带的区域性变化,在此基础上,建立了江陵浅水—半深水坳陷湖盆特有的两种层序地层充填模式。

关键词 浅水—半深水坳陷盆地 层序地层划分 沉积充填演化 层序地层模式 江陵凹陷

第一作者简介 卢明国 男 1965年出生 高级工程师(博士研究生) 沉积盆地分析

中图分类号 P539.2 **文献标识码** A

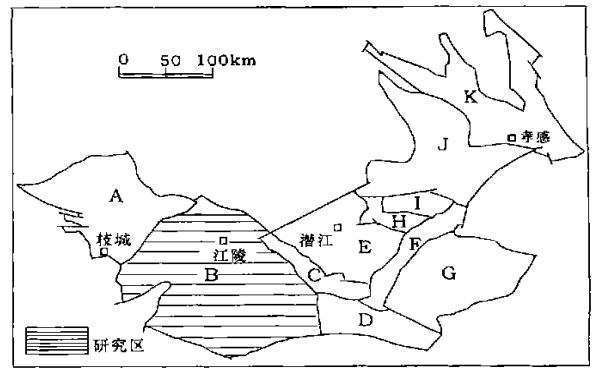
1 前言

起源于被动大陆边缘海相沉积地层的层序地层学理论自 20 世纪 80 年代末引入我国以来^[1],在陆相盆地中得到了广泛的应用和发展。如在东部裂谷盆地进行了广泛的层序地层学研究^[2,3,4],提出了裂谷盆地和断陷湖盆层序地层的发育模式及其主控因素^[5-9];引入 Cross 的高分辨层序地层的概念^[10];开展了层序地层学模拟研究^[11,12];进行了前陆盆地的层序地层及其发育机制的探讨等^[12],极大地丰富和发展了层序地层学理论。本文以江陵坳陷湖盆为例,分析我国陆相湖盆中另一种有代表性的浅水—半深水坳陷湖盆的层序地层学特征,因此,这一问题的探讨无疑具有重要的意义。

江陵凹陷位于江汉盆地西部(图 1),面积 6 500 km²,是江汉盆地的最大次级构造单元,也是江汉盆地的一个富烃凹陷。在主要勘探层系—始新世新沟咀组沉积时期属浅水—半深水坳陷型湖泊沉积盆地,发育三角洲—滨浅湖—半深湖相沉积,沉积较稳定。纵向上细分为上段和下段,上段为区域性盖层,厚度 200~300 m;下段是盆地内主要生油层段和主要勘探目的层,厚度一般为 500 m,自上而下进一步细划为 I 油组、II 油组、泥隔层和 III 油组。

2 新沟咀组高精度层序地层格架

依据层序界面特征,新沟咀组可划分为一个构造层序(Ⅱ级层序),其顶、底均以区域性不整合面为界,



A: 枝江凹陷; B: 江陵凹陷; C: 丫角新沟低凸起; D: 陈沱口凹陷
E: 潜江凹陷; F: 通海口凸起; G: 沔阳凹陷; H: 岳口低凸起
I: 小板凹陷; J: 龙赛湖低凸起; K: 云梦凹陷

图 1 江陵坳陷区域构造位置示意图

Fig. 1 The tectonic position of the Jiangling Depression

时间跨度约为 5Ma,厚度最大为 800 m,由 7 个Ⅲ级层序组成(图 2)。在本次研究中,采用了初始湖泛面和最大湖泛面作为界面,在Ⅲ级层序内细划出低位体系域、湖进体系域以及高位体系域。研究表明,新沟咀组内各层序的三分性较明显,即初始湖泛和最大湖泛面较容易确定和对比。下面对新沟咀组Ⅲ级层序的体系域的沉积组成特征作简要的阐述。

层序 S_{x1}大体相当于Ⅲ油组中下部。底界面为区域不整合面,顶界面为沉积转换界面。低位域和水进体系域以发育河流三角洲沉积为主,一般发育 3~4 个准层序组;高位体系域以滨浅湖为主,局部发育河流三角洲沉积,一般显示为进积的准层序组,由 2~3 个向

① 中国石化股份有限公司“江陵凹陷高精度层序地层及岩性油藏勘探”研究项目(2-4/6)研究成果

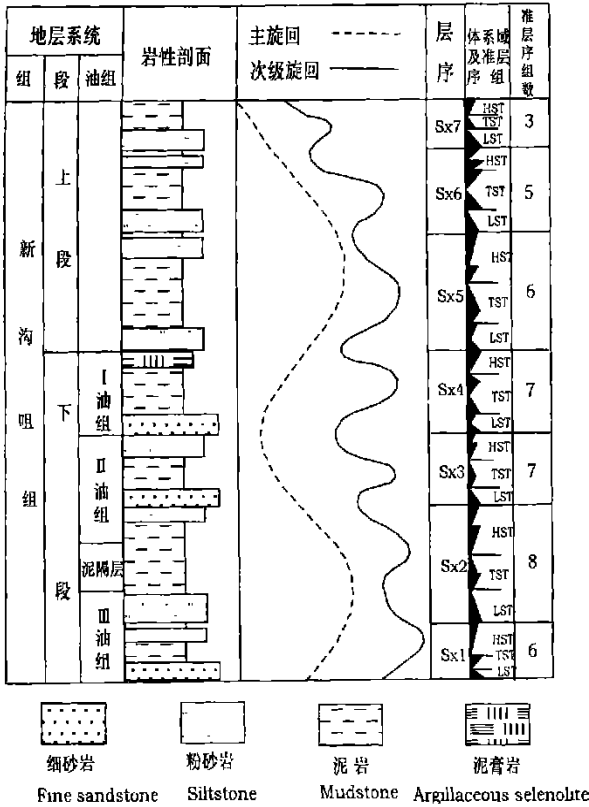


图 2 始新世新沟组高分辨率层序地层序列

Fig. 2 High-resolution sequence stratigraphic framework of Eocene Xingouzui Formation in Jiangling Depression

上变粗的准层序组组成。

层序 Sx2 相当于 III 油组上部至 II 油组下部, 顶、底界面均为沉积转换界面。一般可划分出低位、湖进和高位体系域。最大水进期沉积是区内分布稳定的“泥隔层”, 以浅湖—半深湖暗色泥岩沉积为主。该层序的低位体系域主要由下切的河道、三角洲水下分流河道、干旱浅湖沉积等组成, 发育 2~3 个向上变细的准层序组; 湖进体系域以三角洲沉积为主, 由 2~3 个向上变粗的准层序组组成; 高位体系域以滨浅湖沉积为主, 发育薄层的三角洲前缘砂质沉积, 在凹陷南部高水位体系域晚期发育较厚的含膏泥岩等干旱盐湖沉积。

层序 Sx3 与 II 油组上部大体相当, 顶、底界面均为沉积转换界面。沉积粒度较细, 最大湖侵面可追索对比, 而初始湖泛面在研究区不十分明显, 不易追踪对比。因此, 总体上可划分为低位—湖进体系域和高位体系域两部分。低位—湖进体系域主要由水进期滨浅湖泥岩和三角洲前缘沉积等组成, 由 3~4 个准层序组构成; 高位体系域发育有向盆地明显推进的河流—三角洲体系, 形成明显变粗的进积式高水位沉积序列, 发育 3~4 个向上变粗(河口坝)的准层序组。该层序以高位体系域的河流三角洲体系较发育为特征。

层序 Sx4 大体相当于 I 油组, 可划分出低位、湖进和高位三个体系域, 最大湖泛面和初始湖泛面均可追踪对比。低位体系域广泛发育砂质沉积, 可观察到下切谷或河道充填以及低位的三角洲体系, 由 2~3 个向上变粗的准层序组组成; 湖进体系域一般发育 2~3 个准层序组, 也以河流三角洲、滨浅湖沉积为主; 高位体系域的河流三角洲等粗碎屑体系明显衰退, 以滨浅湖沉积为主, 顶部发育干旱盐湖含膏泥质沉积。该层序的低位体系域代表了新沟组内的一次较大的水退期, 湖泊由三角洲体系大面积充填淤浅。

层序 Sx5 底界为风化壳、古土壤层, 顶界为沉积转换界面。低位体系域以滨浅湖和泛滥平原的沉积为特征; 湖进体系域为浅湖的灰色泥岩、褐灰色泥岩沉积; 高位体系域以灰色、红色滨浅湖和河流细粒沉积为主。

层序 Sx6、Sx7 主要由泥质沉积组成, 受剥蚀作用的影响, 发育不完整。

总之, 虽然作为浅—半深湖沉积环境形成的新沟组的各层序均发育低位、湖侵和高位体系域, 但各体系域发育程度明显不同, 如 Sx1、Sx4 低位体系域相对较发育, 而 Sx2、Sx3 高位体系域发育, 致使层序的旋回性明显不同, 以非对称性为主。

3 沉积特征与砂体展布

地质相、测井相和地震相的综合分析表明, 新沟组总体以河流—湖泊三角洲和浅水—半深水湖泊沉积为主, 夹有干旱盐湖沉积。发育的沉积相主要有: 河流、三角洲平原分支河道、河道间湾沉积, 三角洲前缘近端河口坝和分流河道、远端砂坝、分流间湾沉积, 湖岸砂坝沉积、滨浅湖泥质沉积、干旱盐湖含膏泥岩和盐岩沉积、浅湖—半深湖泥岩沉积等, 显示河流推进到半干旱浅湖—半深湖盆的沉积组合特征。总体上, 盆地西北、北、北东边缘以河流和三角洲平原沉积组合为主, 中北部以三角洲前缘沉积组合为主, 湖盆中心以浅湖—半深湖泥岩和含膏泥岩沉积为主, 南部可能存在来自南缘的少量陆源碎屑供给, 以滨浅湖和湖岸砂坝、局部的小型三角洲沉积为主。以重点层序 Sx4 沉积体系域和砂体分布为例:

该层序是区内重要的含油层段。以初始和最大湖泛面为界划分低位、湖进和高位体系域三个层序地层单元, 三个体系域分布既显示出较明显的相似性, 也显示出一定的差异性(图 3)。

低位体系域总体可划分出三个带。砂岩厚度大于 20 m 的砂岩带主要沿凹陷现今北部边缘分布, 其沉积相由下切水道、三角洲平原分支河道和近端河口坝等组成; 第二带砂岩的厚度为 10~20 m, 主要分布于中

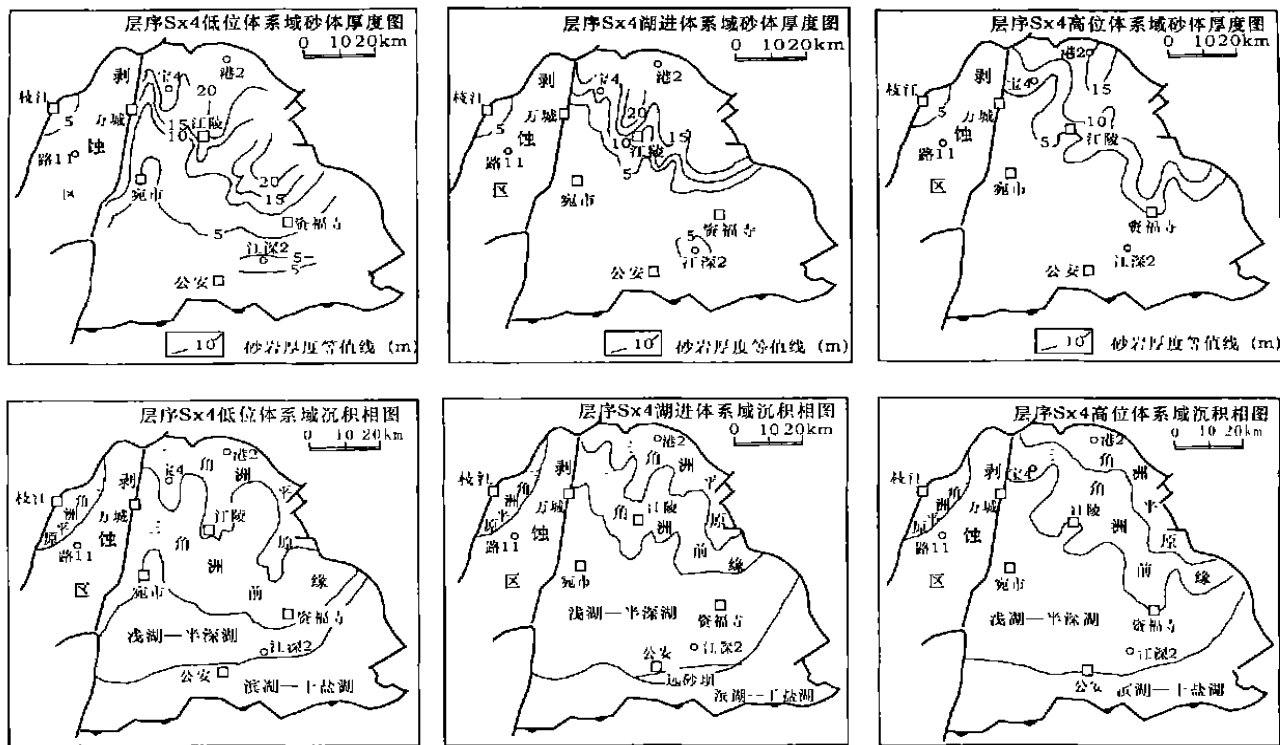


图 3 江陵凹陷新沟咀组层序 Sx4各体系域砂岩厚度及沉积相图

Fig. 3 Distribution of sandstone thickness and sedimentary facies for different system tracts of sequence Sx4 of Xingouzui Formation in Jiangling Depression

北部,该带以三角洲前缘和滨浅湖沉积为主;第三带砂岩的厚度一般小于 10 m,在中部以前三角洲和浅湖—半深湖沉积为主,在南部以滨湖—干盐湖沉积为主,该带可能有来自南侧的局部物源,形成小型的三角洲朵体和沿岸砂坝。

湖进体系域的砂体分布与低位体系域的砂体分布格局大体相似。但三角洲前缘带沉积明显向北后退,浅湖沉积区扩大。河流—三角洲沉积带的砂岩厚度大于 10 m,三角洲沉积体系已向北部收缩,在凹陷北缘仅存在部分三角洲平原沉积组合。整个湖进体系域的砂体呈席状分布,朵体之间的界线不明显,这与湖进期的改造和朵体迁移有关。

高位体系域以泥质沉积为主,砂岩厚度主要在 5 ~ 15 m 之间,呈席状分布,河流体系明显衰退。以河流三角洲、滨浅湖、间湾和湖湾充填沉积为主。

其它层序内的各体系域的相带展布与砂体分布也具有类似的规律。

总之,江陵凹陷二级层序界面和沉积旋回的发育与盆地构造阶段性演化有关,即构造幕控制二级层序的发育,而三、四、五级层序的形成与气候和物源供给变化引起的湖平面或沉积基准面的变化有密切的关

系,湖平面的波动导致了高频的沉积旋回和复杂的层序结构,这与国内外其它陆相湖盆类似^[5,6,7,8,13],但江陵凹陷新沟咀组沉积期是断裂活动相对静止期,沉积主体形成于相对浅水的内陆拗陷湖盆环境,总体处于半干旱的气候背景,层序内各体系域的沉积相构成均以河流三角洲和浅水湖泊沉积为主,而冲积扇、扇三角洲不发育,湖泊水体基本没有发生过明显的扩张、收缩,湖平面的波动没有造成沉积相带的区域性变化,这又与其它断陷湖盆明显不同。

4 层序地层充填模式

根据低位、湖进和高位体系域相对位置和层序结构样式,建立新沟咀组层序地层充填模式(图 4),其内部可划分出下列两种层序构成类型。

4.1 A型层序

这种层序内的低位体系域和高位体系域均发育河流—三角洲体系,但高位体系域的三角洲体系更向盆地方向推进,最大水进期偏于层序的下部,低水位体系域的碎屑沉积体系规模相对较小,总体具有进积型的构成特点。典型的实例是新沟咀组的层序 Sx2,其低位体系域砂体不十分发育,而高域体系域明显向盆地

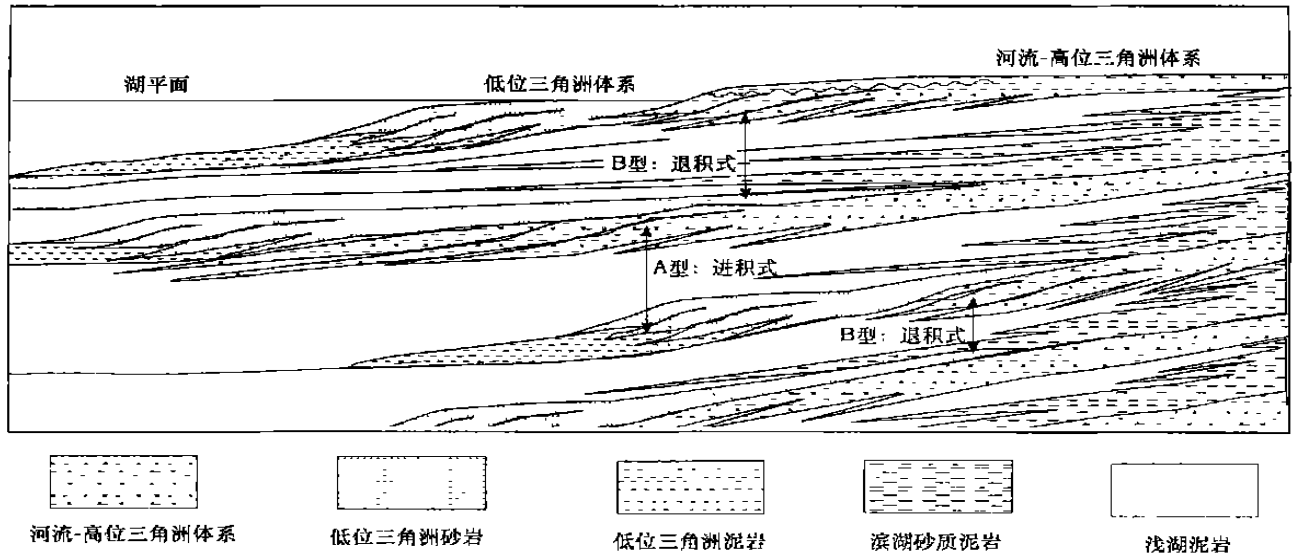


图 4 新沟组浅水—半深水湖盆层序地层充填模式图

Fig. 4 Map of the filling model of sequence stratigraphy for Xingouzu Formation shallow to semi-deep water lake basin

方向推进。显然,这种类型层序高位体系域的河流—三角洲体系砂体较为发育。

4.2 B型层序

这类层序中的高位体系域相对于低位体系域呈退积型,即低位体系域的河流—三角洲体系更向盆地方向推进。因此,低位体系域的河流—三角洲体系砂体发育好,厚度大,往往构成主要的储集砂体。区内的新沟组层序 S_{x4} 为典型例子。

总之,浅水湖盆 A型层序的结构特征是层序内的高位体系域碎屑体系比低位体系域更向湖盆方向推进,这意味着盆地的可容纳空间是不断减少的,即构造沉降和湖平面的上升产生可容纳空间的速率比沉积充填减少空间速率小;而 B型结构的层序则相反。

5 结论

(1) 区域不整合界面和沉积转换界面是 III 级层序的主要界面,且层序内初始湖泛和最大湖泛面一般较容易确定和对比,各层序的三分性较明显。

(2) 虽然各层序均发育低位、湖侵和高位体系域,但各体系域发育程度明显不同,致使层序的旋回性以非对称性为主。

(3) 构造幕控制二级层序的发育,三、四、五级层序的形成与气候和物源供给变化引起的湖平面或沉积基准面的变化有密切的关系。目的层系的各 III 级层序沉积主体形成于相对浅水的内陆拗陷湖盆环境,湖泊水体基本没有发生过明显的扩张、收缩,湖平面的波动没有造成沉积相带的区域性变化。

(4) 通过层序结构和体系域沉积相构成的综合研究,建立了江陵浅水—半深水拗陷湖盆层序地层充填模式。A 型层序内的高位体系域相对于低位体系域更向盆地方向推进,具有进积的特点;B 型层序内的低位体系域相对于高位体系域更向湖盆中心推进,具有退积的特点,这与我国东部中生代断陷湖盆沉积层序构成样式有明显的差异。

参考文献 (References)

- 1 威尔格斯特著,徐怀大等译. 层序地层学原理 [M]. 北京:石油工业出版社,1993 [Translated by Xu Huaida, et al. Sequence stratigraphic principles [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993]
- 2 李阳,蔡进功,刘建民. 东营凹陷下第三系高分辨率层序地层研究 [J]. 沉积学报, 2002, 20(2): 210~ 215 [Li Yang, Cai Jingong, Liu Jianmin. High-resolution sequence stratigraphy of paleogene in Dongying Depression [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20 (2): 210~ 215]
- 3 李继红,魏魁生,历大亮等. 非海相沉积层序的成因和构型特征 [J]. 沉积学报, 2002, 20(3): 409~ 415 [Li Jihong, Wei Kuisheng, Li Daliang et al. Genetic & architectural characteristics of non-marine depositional sequence [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20 (3): 409~ 415]
- 4 林畅松,潘元林,肖建新等. 构造坡折带—断陷湖盆层序和油气预测的重要概念 [J]. 地球科学, 2000, 25(3): 260~ 267 [Lin Changsong, Pan Yuanlin, Xiao Jianxin, et al. The structural break zone—the importance conception of sequence and hydrocarbon predicting in faulted lake-basin [J]. Earth Science, 2000, 25(3): 260~ 267]
- 5 杨明慧,刘池阳. 陆相伸展盆地的层序类型、结构和序列与充填模式—以冀中拗陷下第三系为例 [J]. 沉积学报, 2002, 20(2): 222~ 228 [Yang Minghui, Liu Chiyang. Types, textures and series of the

- continental sequences and model of sedimentary basin-fill in rift basin A case study from Jizhong Basin, China [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20(3): 222~ 228]
- 6 池英柳,张万选,张厚福等. 陆相断陷盆地层序成因初探 [J]. *石油学报*, 1996, 17(3): 19~ 25 [Chi Yingliu, Zhang Wanxuan, Zhang Houfu *et al.* Genesis of stratigraphic sequence in terrestrial rift-subsidence basins [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1996, 17(3): 19~ 25]
- 7 顾家裕. 陆相层序地层学格架概念及模式 [J]. *石油勘探与开发*, 1995, 22(4): 6~ 10 [Gu Jia-yu. Framework concepts and models of sequence stratigraphy in nonmarine petroliferous basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1995, 22(4): 6~ 10]
- 8 王龙樟,刘海兴. 基准面变化与层序地层—以塔里木盆地陆相地层为例 [J]. *岩相古地理*, 1998, 18(3): 1~ 6 [Wang Longzhang, Liu Haixing. Base-level changes and nonmarine sequence stratigraphy: an example from the Tarim basin, Xinjiang [J]. *Sedimentary Facies and Palaeogeography*, 1998, 18(3): 1~ 6]
- 9 王鸿祯,史晓颖. 沉积层序及海平面旋回的分类级别—旋回周期的成因讨论 [J]. *现代地质*, 1998, 12(1): 1~ 6 [Wang Hongzhen, Shi Xiaoying. Hierarchy of depositional sequences and eustatic cycles—a discussion on the mechanism of sedimentary cycles [J]. *Geoscience*, 1998, 12(1): 1~ 6]
- 10 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派—高分辨率层序地层学 [J]. *石油与天然气地质*, 1995, 16(2): 89~ 97 [Deng Hongwen. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U. S.: high-resolution sequence stratigraphy [J]. *Oil and Gas Geology*, 1995, 16(2): 89~ 97]
- 11 林畅松,解习农,张燕梅等. 二维沉积层序计算机模拟研究 [J]. *沉积学报*, 1998, 16(2): 68~ 74 [Lin Changsong, Xie Xinong, Zhang Yanmei *et al.* Two-dimensional depositional sequence simulation [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1998, 16(2): 68~ 74]
- 12 刘少峰,李思田. 鄂尔多斯西南缘前陆盆地沉降和沉积过程模拟 [J]. *地质学报*, 1996, 70(1): 12~ 22 [Liu Shaofeng, Li Sitian. Simulation of the subsidence and deposition of the foreland basin on the southwestern margin of Ordos [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1996, 70(1): 12~ 22]
- 13 Shanley K W, McCabe P J. Perspective on the sequence stratigraphy of continental strata [J]. *AAPG Bulletin*, 1994, 78(4): 544~ 568

Characteristics of Sequence Stratigraphy of Jiangling Shallow to Semi-deep Water Depressional Lake Basin

LU Ming-Guo^{1,2} LIN Chang-Song¹ LIAO Zhong-Li¹ ZHANG Jian-Hua²

¹(China University of Geosciences, Beijing 100083)

²(Jiangnan Oilfield Company of China Petroleum & Chemical Corporation, Qianjiang Hubei 433124)

Abstract Guided with the theory of sequence stratigraphy, the characteristics of sequence stratigraphy of Jiangling shallow to semi-deep water depressional lake basin has been studied systematically. The study indicates that the regional unconformable and sedimentary transformation interfaces are the main interfaces of III-order sequence. Though lowstand, highstand and lake transgressive system tracts developed in the studied sequence, the development degrees of different system tracts are quite different, which result in the asymmetric distribution of sequential cycles. The sedimentary facies in different system tracts consist of mainly fluvial delta and shallow lake facies, with alluvial fan and fan delta underdeveloped. The lake water body has experienced no obvious expansion and shrinkage. The fluctuation of water level of the lake has caused no regional changes of sedimentary facies belts. Two particular filling model of sequence stratigraphy have been constructed on the basis of the study results.

Key words shallow to semidepth water depressional lake basin, division of sequential stratigraphy, evolution of sedimentary fillings, model of sequence stratigraphy, Jiangling Depression