

文章编号: 1009-3850(2006)04-0057-05

鄂尔多斯盆地华池油田延长组 3 油组短期基准面旋回层序分析与等时对比

李玉明¹, 李凤杰², 王多云³

(1. 山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021; 2. 成都理工大学 沉积地质研究院, 四川 成都 610059; 3. 北京师范大学 资源学院, 北京 100875)

摘要: 本文运用高分辨率层序地层学的基准面旋回原理, 以钻井、测井资料的综合研究为基础, 对华池油田长 3 油层组进行短期基准面旋回层序分析, 将其划分为向上“变深”非对称型、向上“变浅”非对称型与对称型 3 种基本层序类型和更多的亚类型。运用旋回等时对比法则对短期基准面旋回层序进行等时对比, 并建立等时地层格架。最后建立了短期基准面旋回层序的分布模式。

关键词: 华池油田; 短期基准面旋回; 三叠系; 延长组; 层序地层; 等时对比; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: P539.2

文献标识码: A

高分辨率层序地层学理论^[1,2]以其精度高、等时性好的优势, 被成功地应用到当前石油勘探与开发过程中急需解决的地层对比^[3,4]、储层预测^[5,6]、储层成因分析^[7]以及砂体等时对比^[8,9]等方面。本文以高分辨率层序地层学的核心理论基准面旋回理论为指导, 在分析鄂尔多斯盆地华池油田三叠系延长组长 3 油组短期基准面旋回层序发育特征的基础上, 进行等时层序地层对比, 以期对油田的勘探和开发提供有意义的指导

华池油田位于鄂尔多斯盆地二级构造单元陕北斜坡的南部。上三叠统延长组是重要的产油地层之一, 自上而下可划分为长 1—长 10 等 10 个油层组, 其中发育于湖泊收缩期、三角洲前缘上的长 3 油层组是主力油层组之一, 可进一步划分出长 3¹、长 3² 和长 3³ 三个油层段。在平面上, 该油层组具有三角洲向湖强烈进积的特征。根据研究华池油田长 3 油组沉积微相主要由水下分流河道、河口坝、复合式坝、远砂坝、分流间湾等微相组成^[10,11]。

1 短期基准面旋回层序

短期基准面旋回层序所记录的地层过程-沉积学响应特征表现为成因上相联系的单一岩相或多个岩相组成的岩石地层单元以及界面组成, 相当于 Vail 的准层序, 是进行层序分析的基础^[3,12]。界面类型由小型冲刷面、水进冲刷面, 或为稳定条件下形成的欠补偿沉积间断面和整合面。通过对取芯段和测井曲线的研究, 华池油田长 3 油层组可以识别出 3 种类型的短期基准面旋回结构类型。

1.1 向上变深的非对称型旋回

该类型旋回以层序中仅保存基准面上升半旋回沉积记录, 下降半旋回则处于侵蚀冲刷状态而使沉积物无法保存为特征, 广泛发育于三角洲前缘水下分流河道沉积区。根据岩性岩相组合和厚度保存状况, 可进一步细分为低可容空间和高可容空间两种亚类型(图 1)。低可容纳空间型是由底部冲刷面和多层砂体相互叠加而成的块状分流河道砂体组成,

收稿日期: 2006-05-15

第一作者简介: 李玉明, 1971 年生, 工程师, 从事沉积与实验测试工作。

资助项目: 中国科学院资环局知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-128-04)。

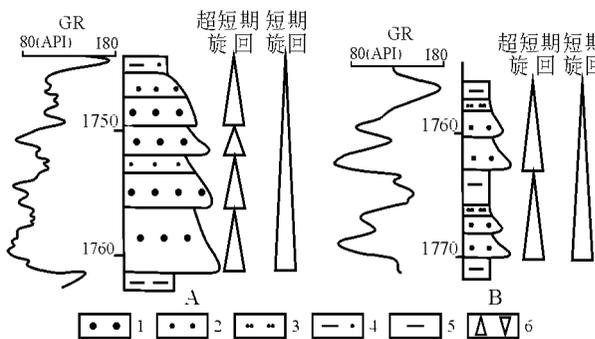


图1 向上变深的非对称型超短期、短期旋回剖面结构

A. 低可容纳空间; B. 高可容纳空间。1. 中砂岩; 2. 细砂岩; 3. 粉砂岩; 4. 粉砂质泥岩; 5. 泥岩; 6. 基准面升降

Fig. 1 Sectional architectures of the deepening-upward asymmetrical supershort and short-term cycles

A. Low accommodation space; B. High accommodation space.

1=medium-grained sandstone; 2=fine-grained sandstone; 3=siltstone; 4=silty mudstone; 5=mudstone; 6=base level rising or falling

是在基准面低幅上升和沉积物供给充分的条件下, 沉积速率大于可容纳空间的增长率, A/S 的比值远小于 1, 注入可容纳空间的沉积物大部分通过强烈的侵蚀或冲刷作用被带走, 仅保留底部分流河道砂体沉积, 因而记录的地层旋回不完整。其主要出现在水下分流河道彼此叠置和侧向迁移活跃的水下平原上游部位。高可容纳空间型旋回特点表现为底部具冲刷面、上部具完整的河流下粗上细的二元结构。该类型层序形成于基准面较大幅度上升引起的可容纳空间递增、沉积物供给量逐渐减小的过程中, 主要出现在水下分流河道侵蚀作用较弱的水下平原中下游部位。

1.2 向上变浅的非对称型旋回

该旋回类型以层序中仅保存基准面下降半旋回的沉积记录, 上升半旋回则以欠补偿或无沉积记录间断面为特征, 主要发育于三角洲前缘河口坝沉积区。根据岩性岩相组合和厚度保存状况, 同样可细分为低可容空间和高可容空间两种亚类型(图2)。低可容纳空间型是由多个向上变粗的河口坝砂体相互叠置构成, 形成于沉积速率较快的河口位置, A/S < 1 的沉积条件下; 而高可容纳空间型是由欠补偿或无沉积记录间断面、较细的远端砂坝夹薄层泥岩以及薄层河口坝组成, 形成于 A/S < 1, 沉积物供给不充分到极不充分的条件下, 即沉积速率较小而且远离河口的位置。

1.3 对称型旋回

对称型旋回对基准面上升和下降半旋回的沉积

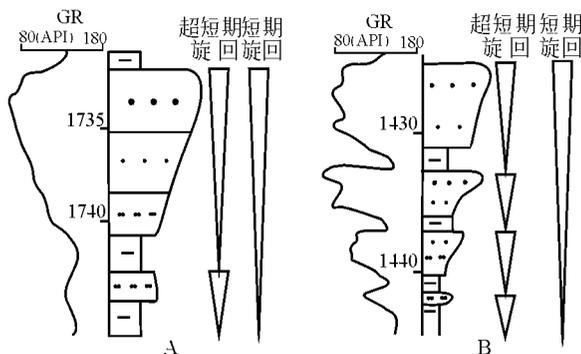


图2 向上变浅的非对称型超短期、短期旋回剖面结构 (图例见图1)

Fig.2 Sectional architectures of the shallowing-upward asymmetrical supershort and short-term cycles (See Fig. 1 for the explanation of symbols)

记录都有保存, 而成为完整的基准面旋回(图3)。其形成于高可容纳空间条件, 沉积物补给较为充分, 或形成于中等可容纳空间, A 值接近或略大于 S 值的沉积条件下, 也就是说成因与基准面上升幅度较大、下降幅度较小, 沉积速率始终低于可容纳空间的增量的沉积过程有关, 发育于水下分流河道和河口坝交替作用的河口及相邻两侧。按二分时间单元中

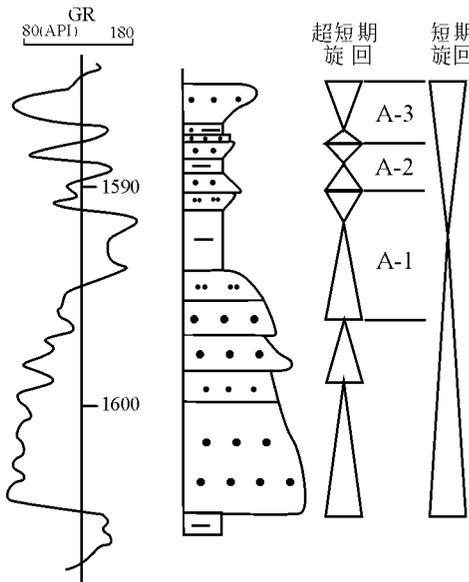


图3 对称型超短期、短期旋回剖面结构

A-1. 以上升半旋回为主不完全对称型; A-2. 近完全对称型; A-3. 以下降半旋回为主不完全对称型(其它图例见图1)

Fig.3 Sectional architectures of the symmetrical supershort and short-term cycles

A-1. Ascending semicycle-dominated incompletely symmetrical type; A-2. Subcompletely symmetrical type; A-3. Descending semicycle-dominated incompletely symmetrical type (See Fig. 1 for the explanation of symbols)

的厚度比例可分为3种对称旋回亚类型,三者均以湖泛面为二分时间单元的转换界面。

1. 以上升半旋回为主的不完全对称型

该亚类型以上升半旋回沉积厚度明显大于下降半旋回为特征,代表基准面缓慢上升—加速下降的非均衡韵律性地层自旋回过程,主要发育于三角洲前缘近河口的部位。上升半旋回以发育向上加深和变细、或泥质组分增多的分流河道砂岩—天然堤粉砂岩—分流间洼地泥岩组成,下降半旋回由分流间湾泥岩—水下决口扇粉—细砂岩组成。

2. 上升与下降半旋回近于相等的完全对称型

该亚类型以上升和下降半旋回沉积厚度近完全或完全相等为特征,自下而上由水下分流河道砂岩—水下天然堤薄层粉砂岩—前三角洲或分流间湾泥岩—水下决口扇砂岩组成。

3. 以下降半旋回为主的不完全对称型

该亚类型以下降半旋回沉积厚度明显大于上升半旋回为特征,沉积微相组合为薄层水下天然堤粉砂岩—分流间洼地泥岩或前三角洲—远砂坝—中厚层河口坝粉、细砂岩组成,主要发育于分流河道与河口坝并存区的下游,水下分流河道的侵蚀冲刷能力较弱,不会对河口坝造成强烈破坏。

延长组长3油层组位于晚三叠世坳陷湖盆延长沙湖的东北缓坡带边缘,处于湖平面快速下降、三角洲强烈进积的基准面下降阶段,储层砂体以水下分流河道和河口坝砂体为主。以钻井、测井资料为基础,在华池油田长3油层中可以识别出5个短期旋回,运用旋回等时对比法则对短期基准面旋回层序进行等时对比,并建立了等时地层格架(图4),各短期旋回的结构及其演化特征分析如下:

(1)SSC1:形成于长期基准面下降的初期,主要以向上变浅的非对称型短期旋回为主,以及下薄上厚、向上变浅的不完全对称型短期旋回。从剖面上可以看出,对称型的短期旋回分布在湖盆向陆方向;而向湖方向,对称型的短期旋回逐渐演变为向上变浅的非对称型旋回。在纵向上,由陆向湖方向,短期旋回的厚度逐渐减薄,沉积物的粒度也逐渐变细。

(2)SSC2:主要以对称型和向上变浅的非对称型为主。对称性短期旋回分布在物源上游,随着向湖方向迁移,由上薄下厚的、向上变浅的不完全对称型过渡到上下厚度相等的完全对称型,之后再变为上厚下薄的、向上变深的不完全对称型,最后演变为向上变浅的非对称型,而且旋回厚度同样表现出向湖方向变薄的趋势。

(3)SSC3:继承了SSC2期的特点,主要以对称型

2 短期基准面旋回层序等时对比

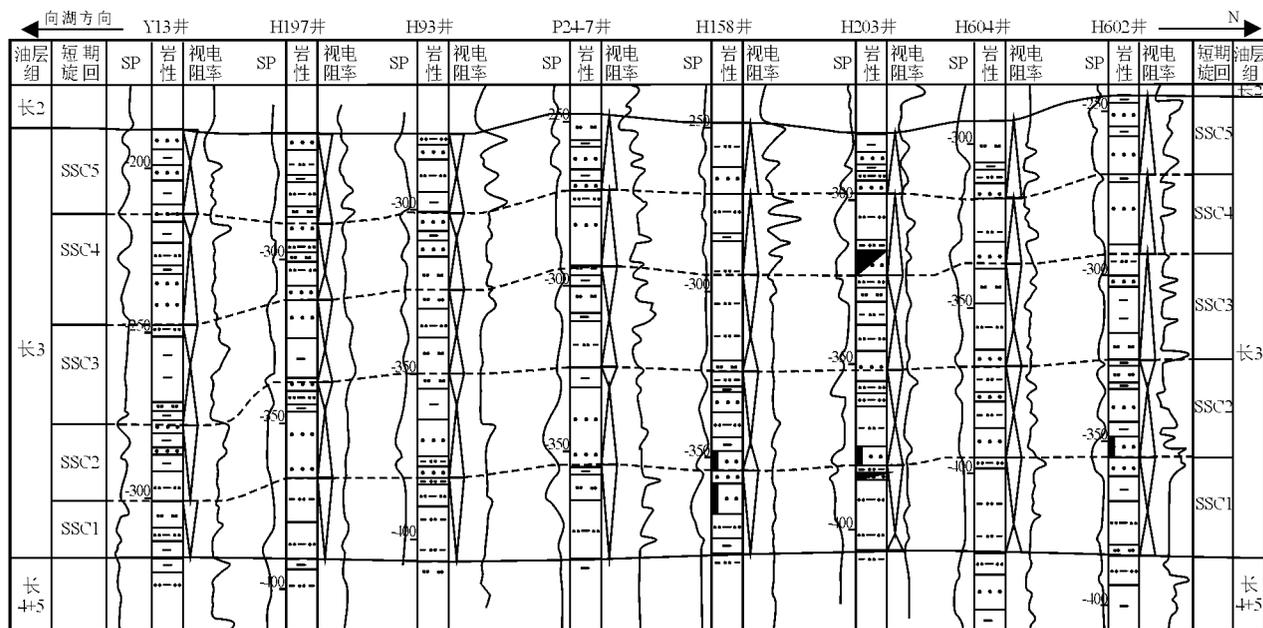


图4 华池油田长3油层组短期旋回层序等时对比及地层格架

Fig. 4 Isochronous correlation and stratigraphic framework of the short-term cyclic sequences in the third oil reservoirs of the Yanchang Formation in the Huachi Oil Field

短期旋回为主,但上升期半旋回的沉积厚度具有逐渐大于下降半旋回的趋势,沉积砂体的粒度向上逐渐变粗。在向陆方向出现了向上变深的非对称型旋回。

(4) SSC4: 随着三角洲的不断前积,湖泊水体逐渐变浅,向上变深的不对称型旋回向湖方向逐渐增多,对称型的短期旋回减少。

(5) SSC5: 主要以向上变深的不对称型旋回为主,分布在上游方向,对称型旋回分布在向湖方向,多以向上变深的不完全对称型为主,表明三角洲前缘的进积作用进一步加强。

3 短期基准面旋回层序分布模式

通过对延长组3油组短期基准面旋回层序类型和垂向分布规律的研究,建立了短期基准面旋回层序的分布模式(图5)。沿三角洲生长方向,在基准面处于上升状态时,有效可容空间向陆方向迁移,三角洲前缘水下分流河道沉积区沉积空间大、物源充

分,沉积厚度较大。水下分流河道砂体的沉积强度自上游向下游方向减弱,沉积厚度减薄。而在河口坝沉积区沉积物的供给量更少,河口坝和湖泊沉积区逐渐进入欠补偿沉积状态,因此湖盆区缺少基准面上升半旋回的沉积记录。当基准面处于下降状态时,伴随着湖水位的下降和有效可容空间向湖盆方向的迁移,水下分流河道上游处的有效可容空间不足以接受沉积,甚至还会对前期的沉积造成侵蚀冲刷,侵蚀强度和幅度向下游随着可容空间的增大而减弱,水下分流河道上游沉积区缺乏基准面下降半旋回的沉积记录。河口坝区的沉积物供给量充分、有效可容空间大,沉积强度逐渐增强,沉积形成厚度较大的河口坝砂体。总体上来看,伴随着长期基准面的下降,三角洲的进积作用逐渐加强。垂向上,短期基准面旋回类型由向上变浅的非对称型逐渐演化为对称型和向上变深的非对称型,沉积物的粒度逐渐变粗;纵向上,则由向上变深的非对称型逐渐过渡到对称型和向上变浅的非对称型。

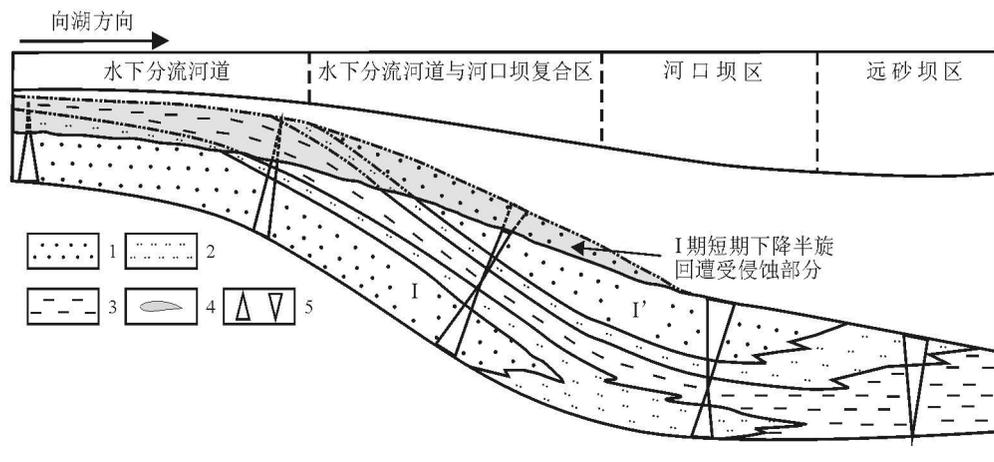


图5 华池油田长3油层组不同沉积相带的短期基准面旋回对称性变化及分布

1. 中细砂岩; 2. 粉砂岩; 3. 泥岩; 4. 遭受侵蚀地层; 5. 基准面上升、下降

Fig. 5 Symmetrical variation and distribution of the short-term base-level cyclic sequences in individual sedimentary facies belts in the third oil reservoirs of the Yanchang Formation in the Huachi Oil Field

1= medium and fine-grained sandstone; 2= siltstone; 3= mudstone; 4= eroded strata; 5= base-level rising or falling

参考文献:

[1] CROSS T A. Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycle, Upper Cretaceous, Western Interior, U.S. A. [A]. Sea-Level Changes - An Integrated Approach [C]. Tulsa: SEPM special Publication, 1988, 42: 371-380.

[2] 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): 87-97.

[3] 郑荣才, 彭军. 陕北志丹三角洲长6油层组高分辨率层序分析与等时对比[J]. 沉积学报, 2002, 20(1): 92-100.

[4] 邓宏文, 王洪亮, 李小孟. 高分辨率层序地层对比在河流相中的应用[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(2): 90-95.

[5] 王洪亮, 邓宏文. 地层基准面原理在湖相储层预测中的应用[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(2): 96-102.

[6] 靳松, 朱筱敏, 钟大康. 基准面旋回对储层宏观非均质性的控制[J]. 西安石油大学学报, 2005, 20(3): 48-52.

[7] 李凤杰, 王多云, 宋广寿, 等. 陕甘宁盆地拗陷型湖盆缓坡带三角洲前缘短期基准面旋回与储层成因分析[J]. 沉积学报,

- 2004, 21(1): 36-40.
- [8] 张明禄, 郑荣才, 达世攀, 等. 砂体等时对比的高分辨率层序分析技术[J]. 矿物岩石, 2004, 24(1): 112-120.
- [9] 郑荣才, 柯光明, 文华国, 等. 高分辨率层序分析在河流相砂体等时对比中的应用[J]. 成都理工学院学报, 2004, 31(6): 641-647.
- [10] 李凤杰, 王多云, 郑希民, 等. 陕甘宁盆地陇东地区长3油组拗陷湖盆岩性油藏成藏模式[J]. 西安石油大学学报, 2005, 19(3): 1-4.
- [11] 李凤杰, 王多云, 郑希民, 等. 陕甘宁盆地华池地区延长组缓坡带三角洲前缘的微相构成[J]. 沉积学报, 2002, 20(4): 582-587.
- [12] 郑荣才, 彭军, 吴朝荣. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义[J]. 沉积学报, 2001, 19(2): 249-255.

Sequence analysis and isochronous correlation of the short-term base-level cycles in the third oil reservoirs of the Yanchang Formation in the Huachi Oil Field, Ordos Basin

LI Yu-ming¹, LI Feng-jie², WANG Duo-yun³

(1. Shandong No. 4 Research Institute of Geology and Mineral Resources, Weifang 261021, Shandong, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 3. Beijing Teachers University, Beijing 100875, China)

Abstract: The short-term base-level cyclic sequences in the third oil reservoirs of the Yanchang Formation in the Huachi Oil Field, Ordos Basin are examined on the basis of well logs and high-resolution sequence stratigraphy. These cyclic sequences may be divided into three types: “deepening”-upward asymmetrical type, “shallowing”-upward asymmetrical type and symmetrical type. The isochronous correlation for the short-term base-level cyclic sequences results in the construction of isochronous stratigraphic framework and model for the distribution of the short-term base-level cyclic sequences.

Key words: Huachi Oil Field; short-term base-level cycle; Triassic; Yanchang Formation; sequence stratigraphy; isochronous correlation; Ordos Basin