

文章编号: 1009-3850(2004)02-0083-04

# 坪北油田上三叠统延长组长 6<sub>2</sub> 油层组 高分辨率层序地层研究

淡卫东, 张昌民, 张尚峰, 罗顺社, 庞锦莲

(江汉石油学院 地球科学系, 湖北 荆州 434023)

摘要: 本文对坪北油田长 6<sub>2</sub> 油层组 3 种主要类型的短期基准面旋回结构特征及分布进行了详细描述。在高分辨率层序地层划分对比的基础上, 建立了长 6<sub>2</sub> 油层组高分辨率等时地层格架, 分析了沉积演化过程、沉积相演化序列及砂体的空间展布规律。

关键词: 高分辨层序地层; 上三叠统; 延长组; 坪北油田; 陕北

中图分类号: P539.2

文献标识码: A

## 1 概述

笔者应用高分辨率层序地层学原理和方法<sup>[1]</sup>, 对坪北油田上三叠统延长组长 6<sub>2</sub> 油层组的沉积进行了中期和短期的基准面旋回划分, 归纳总结出 3 种主要类型的短期基准面旋回, 分析他们代表的沉积环境。建立等时地层对比格架, 并在此基础上分析沉积演化过程、沉积相演化序列及砂体分布规律, 以及有利储层的分布。

研究区位于陕北斜坡中部, 构造为近南北走向的西倾单斜, 地层近于水平, 局部因沉积差异压实发育一些低缓的鼻状隆起; 构造极为简单, 无断层发育。区内长 6<sub>2</sub> 油层组岩性具由细变粗后复变细的韵律性, 底部以韵律薄互层的暗色泥岩、页岩、粉砂质泥岩、粉砂岩为主; 下部具有滑塌枕状构造和包卷层理的灰色块状粉砂岩和富含泥质的细砂岩; 中部则以浅灰色中细砂岩为主; 顶部则以薄层黑色页岩、泥岩为主。研究区长 6<sub>2</sub> 油层组主要发育三角洲前缘的水下分流河道、水下天然堤、河口坝、河道间及

湖湾等微相。

## 2 长 6<sub>2</sub> 油层组高分辨率层序地层学特征

### 2.1 短、中期基准面旋回的划分

用来识别基准面旋回的沉积与地层特征可以概括为: (1) 单一相物理性质的变化; (2) 相序与相组合变化; (3) 旋回叠加样式的改变; (4) 地层几何形态与接触关系<sup>[2]</sup>。本次研究首先根据岩性以及沉积构造特征, 对取心井段进行了精细的沉积微相划分和相组合分析, 识别出 3 种主要的层序界面, 然后根据相序、相组合以及层序界面进行短期、中期基准面旋回层序划分, 建立起了高分辨率层序地层测井响应模型; 以此为指导, 结合单井测井相分析, 对于非取心井进行单井短期基准面旋回划分, 然后根据短期基准面旋回的叠加样式进而划分中期基准面旋回。

### 2.2 短期基准面旋回层序特征

短期基准面旋回层序是根据实际资料所划分的最小成因层序, 它记录了短期基准面旋回可容纳空

间由增大到减少的地层响应过程,因而为成因上有联系的岩相组合<sup>[3]</sup>。在长<sub>62</sub> 油层组中,所识别的短期基准面旋回层序基本类型有如下3种。

### 1. 向上“变深”的非对称旋回(A型)

该类型发育于水下分流河道沉积区,为长<sub>62</sub> 油层组中最常见的基本层序类型(图1a, b)。层序中仅保存上升半旋回沉积记录,下降半旋回则表现为地表间歇暴露而遭受河道下切的侵蚀作用,因而具有向上“变深”的非对称旋回性质。按基准面上升半旋回保存的沉积厚度和岩相组合特征,以及下降期对沉积物的侵蚀冲刷程度,又可分为高可容空间和低可容空间两种短期旋回亚类型。高可容空间(A<sub>1</sub>)的短期旋回结构自下而上为冲刷面(或砂泥岩性突变面)→水下分支河道→水下天然堤→河道间,显示伴随基准面上升和可容纳空间增大时,具有向上变细变薄和由进积向加积和退积转化的特征(图1a)。成因与沉积速率接近基准面上升速率而基准面下降时对沉积物的冲刷侵蚀作用较弱有关,因而由粗变细的上升半旋回沉积记录能得到较完整的保存,并且微相类型齐全,成序递变明显;低可容空间(A<sub>2</sub>)的短期旋回结构主要由两期的叠置河道砂体组成,单个砂体发育向上变细的正粒序性,砂体间被侵蚀冲刷面分隔,上覆河道砂体有变薄的趋势(图1b)。成因或与沉积速率大于基准面上升速率引起的强烈进积作用有关;或沉积速率虽小于基准面上升速率,但因基准面下降幅度大,对上升半旋回上部细粒的水下堤泛沉积有强烈的侵蚀作用,因而只能保存下部的砂体。除上述高或低两种可容纳空间短期基准面旋回极端类型,长<sub>62</sub> 油层中还常见介于这两种类型之间的过渡类型,特点为上升半旋

回上部的细粒水下堤沉积仅遭受部分侵蚀,短期基准面旋回由相对较厚的水下分流河道砂体和薄的水下天然堤及冲刷面组成。

### 2. 向上“变浅”的非对称旋回(B型)

该类型发育于远河口砂坝沉积区,为长<sub>62</sub> 油层中较常见的基本层序类型之一(图1c)。层序中以出现下降半旋回的沉积纪录为主,上升半旋回表现为欠补偿沉积的饥饿面或无沉积作用的间断面,因而具有向上“变浅”的非对称旋回性质。垂向上由一个或数个叠置的远河口砂坝砂体组成,单个砂体具有粒度向上变粗的逆粒序性,或由泥岩与粉砂岩的韵律薄互层逐渐过渡为块状粉砂岩或细砂岩,显示伴随基准面下降和可容纳空间减少时,溢出河口的沉积物增多变粗,沉积速率加快、水深变浅和能量趋于增高的进积特征。其顶部的无沉积作用间断面或饥饿面,成因与基准面下降到最低点时仍处于水下,然后基准面突然上升,水体迅速加深,导致湖域快速向陆方向扩大而造成沉积物补给减少或终止供给的作用有关。也有人认为非沉积作用间断面的形成,与基准面快速上升引起的湖水洪泛侵蚀作用有关,因此又可称之为水进侵蚀面。事实上,自基准面突然上升初期至上升幅度达最高点位置的期间,远河口砂坝沉积区的沉积作用始终在连续进行,只不过此时的沉积物粒度细(以泥岩为主),沉积速率很低、厚度薄,并难以与下降半旋回的早时沉积相区分,因而在进行岩芯观察或测井解释时将其归并到下降半旋回的早期沉积中,并以其与下部砂岩的岩性突变面确定为“无沉积”作用的层序分界面。

### 3. 向上“变深”又“变浅”的对称旋回(C型)

该类型于距河口近的水下分流河道和河口砂坝

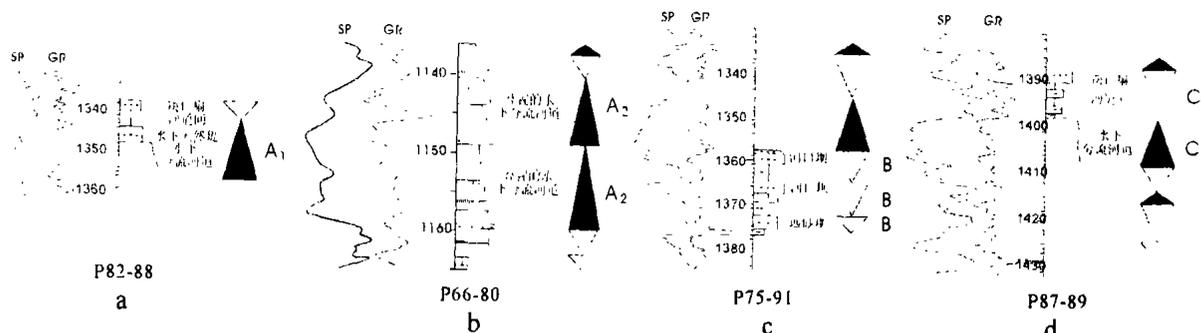


图1 坪北油田长<sub>62</sub> 油层组短期基准面旋回

Fig. 1 Three types of short-term base-level cycles in the Chang-62 oil beds of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Pingbei Oil Field, northern Shaanxi

沉积区都有发育,但因难以保存而在长 6<sub>2</sub> 油层组中较为少见。层序中同时具基准面上升半旋回和下降半旋回的沉积记录。如在水下河道沉积区,由水下分流河道→水下堤泛组成上升半旋回,下降半旋回由河口坝组成。而在近河口的河口砂坝沉积区,上升半旋回由水下分流河道→水下天然堤→分流间洼地→前三角洲的退积系列组成,下降半旋回由水下决口扇或河道间沉积组成(图 1d)。另外,由于所处的地理位置不同,更常见的则是不完全对称型的旋回,或者是上升半旋回较发育,或者是下降半旋回较发育。但完全对称型的旋回也可见到。

上述几种短期基准面旋回基本层序类型及其变化,在剖面上具一定规律性,在长 6<sub>2</sub> 油层组的底部以发育向上变浅的非对称旋回为主,在中部以发育向上变深的非对称旋回为主,向上变深复变浅的对称旋回主要发育于长 6<sub>2</sub> 中上部多期河道叠置时侵蚀冲刷较弱部位。

### 2.3 中期基准面旋回层序特征

中期基准面旋回的识别建立在短期基准面旋回层序的叠加样式和中期基准面旋回界面的识别的基础之上<sup>[4]</sup>。通过研究,研究区长 6<sub>2</sub> 油层组对应一个中期基准面旋回层序,下部为下降半旋回,上部为上升半旋回(图 2)。上升半旋回主要由一系列代表水体逐渐加深的短期基准面旋回层序叠加而成,下降半旋回则主要由一系列代表水体逐渐变浅的短期基准面旋回层序叠加而成。整个中期基准面旋回层序相应的沉积演化序列自下而上为最大洪泛面(基准面上升最大处)→叠置的远河口砂坝(顶部的冲刷面代表基准面下降达最大处)→叠置的水下分流河道

(局部发育水下天然堤和分流间洼地)→湖湾或前三角洲泥→河口坝→湖湾→最大洪泛面。显而易见,长 6<sub>2</sub> 油层组中期基准面旋回层序具有完整的进积→退积→加积的短期基准面旋回层序叠加样式。并且,中期基准面上升半旋回沉积厚度较大,相类型发育较齐全,而下降半旋回的进积作用因遭受上覆水下分流河道的下切侵蚀冲刷作用影响厚度较薄,相类型较单一。

### 2.4 高分辨率层序地层对比与地层格架

每一个基准面由下降到上升或由上升到下降的转换位置,记录了相应级次的基准面旋回可容纳空间从增大到最大值,或减少到最小值的单向变化极限位置,即基准面旋回层序分界面和相转换面二分时间单元分界线,都是时间地层对比的优选位置<sup>[2,5]</sup>。本次研究以单井剖面上相序、相组合及短期和中期基准面旋回划分为基础,运用等时地层对比法则,选择连井剖面,进行了基准面旋回等时对比,建立了短期基准面旋回地层格架,并在剖面基准面旋回对比格架的约束控制下,建立了剖面上的成因砂体展布(图 2)。

从连井骨架对比剖面可以看出,该区长 6<sub>2</sub> 油层组中的基准面旋回具明显的演化规律:底部以发育远砂坝→河口砂坝微相为主,再向上演变为以发育水下分流河道为主,向上以发育决口扇和河道间微相为主,顶部发育湖湾微相;横向上,各相带延伸较稳定,可对比性强。

此外,水下分流河道砂体剖面上厚度大,横向分布较稳定。在某些部位,纵向上为多期河道砂体的叠置,砂岩更厚,并且处于基准面较浅的低可容纳空

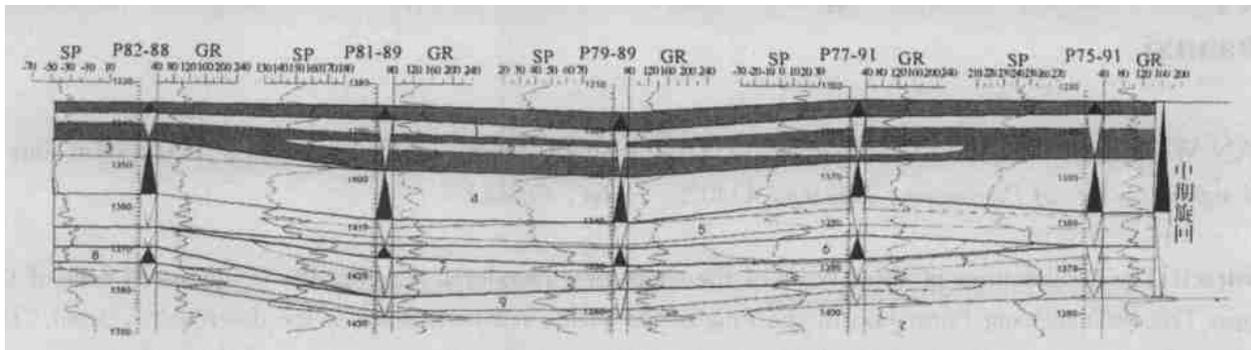


图 2 坪北油田长 6<sub>2</sub> 油层组高分辨率基准面旋回对比及地层格架

1, 2. 决口扇砂体; 3. 天然堤砂体; 4, 6, 8. 水下分流河道砂体; 5, 7. 河口坝砂体; 9. 远砂坝砂体

Fig. 2 Correlation and stratigraphic framework of the high resolution base-level cycles in the Chang-62 oil beds of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Pingbei Oil Field, northern Shaanxi

1 and 2= crevasse splay sandstone; 3= natural levee sandstone; 4, 6 and 8= subaqueous distributary channel sandstone; 5 and 7= channel-mouth bar sandstone; 9= offshore bar sandstone

间,为最有利的储集砂体。发育于长 $6_2$ 油层组中期基准面旋回下降半旋回的河口坝砂体,其顶部被水下分流河道砂体的底部粗粒物质冲刷侵蚀,从而与水下分流河道砂体叠置在一起,且处于较低可容纳空间部位,也具有有利的储集条件。发育于长 $6_2$ 油层组中期基准面下降半旋回底部的远砂坝砂体,横向上有一定的延伸,但厚度薄,且处于较高可容纳空间部位,储集物性较差。决口扇砂体厚度薄,发育于中期基准面上升半旋回的顶部,储集物性也较差。

长 $6_2$ 油层组沉积微相的分布和沉积序列的变化,主要受水体深度的变化影响,即湖进或湖退的影响,形成相应的退积或近积层序,使剖面上的相组合具相应的特征。由于构造平缓,水下分流河道的位置不稳定,分流汇合和侧向迁移频繁,使得同一时期发育的水下分流河道在平面上常呈宽带状和网状分布,具有成层性好和可对比性强的特点,形成该区长 $6_2$ 油层组的骨架砂体。

### 3 结 论

通过对研究区长 $6_2$ 油层组进行高分辨率层序地层学的研究,得出以下几点结论。

(1)长 $6_2$ 油层组短期基准面旋回以向上变浅的非对称旋回、向上变深的非对称旋回和向上变深又变浅的对称旋回(包括完全对称和不完全对称两种)

3种类型为主,剖面上底部以发育向上变浅的非对称旋回为主,中部以发育向上变深的非对称旋回为主,顶部以发育向上变深又变浅的对称旋回为主。

(2)在剖面上沉积微相分布具规律性:底部以发育远河口砂坝相为主,中部发育以水下分流河道为主的相,向上以发育决口扇和河道间微相为主,顶部发育为湖湾微相。这表明从底部到顶部为一进积—退积—加积的完整沉积序列。

(3)长 $6_2$ 油层组中发育的储集砂体以水下分流河道砂体、远河口砂坝砂体和决口扇砂体为主,其中水下分流河道砂体是最有利的储集体。

### 参考文献:

- [1] CROSS T A. Stratigraphic architecture, correlation concepts, volumetric partitioning, facies differentiation, and reservoir compartmentalization from the perspective of high-resolution sequence stratigraphy [R]. Research report of the genetic stratigraphy research group, DGGE, CSM, 1994: 28-41.
- [2] 邓宏文,等.层序地层地层基准面的识别、对比技术及应用[J].石油与天然气地质,1996,17(3):177-184.
- [3] 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):90-97.
- [4] 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.
- [5] 邓宏文,等.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.

## High-resolution sequence stratigraphy of the Chang- $6_2$ oil beds of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Pingbei Oil Field, northern Shaanxi

DAN Wei-dong, ZHANG Chang-min, ZHANG Shang-feng, LUO Shun-she, PANG Jin-lian  
(Jiangnan College of Petroleum, Jingzhou 434023, Hubei, China)

**Abstract:** The architectures of three types of the short-term base-level cycles in the Chang- $6_2$  oil beds of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Pingbei Oil Field, northern Shaanxi are described in detail. The high-resolution sequence stratigraphic division and correlation result in the construction of the isochronous stratigraphic framework, and the examination of the depositional evolution, sedimentary facies sequences, and spatial distribution of sandstones in the study area.

**Key words:** high-resolution sequence stratigraphy; Upper Triassic; Yanchang Formation; Pingbei Oil Field; northern Shaanxi