

# 宁东地区延安组高分辨率层序地层分析

朱守东<sup>1,2</sup>

(1. 山东科技大学地质科学与工程学院, 山东 青岛 266510; 2. 神华宁煤集团公司, 宁夏 银川 75000)

**摘要:**宁东地区位于鄂尔多斯盆地西缘构造带,中生界侏罗系延安组是主要含煤地层,而其高分辨率层序地层划分仍然不清。通过对露头、岩芯、测井资料以及延安组沉积体系与构造演化的详细研究,进行层序界面的识别,建立等时层序地层格架并进行高分辨率层序地层划分。研究表明,宁东地区延安组可划分为一个超长周期旋回、4个长周期旋回、11个中期基准面旋回、至少25个短期基准面旋回。

**关键词:**高分辨率层序地层;基准面;延安组;宁东

中图分类号: P631.84

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2011)03-0021-06

## High-resolution Sequence Stratigraphy of Yan'an Formation in Eastern Ningxia

ZHU Shoudong<sup>1,2</sup>

(1. College of Geological Science & Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266510, China; 2. Shenhua Ningxia Coal Group Co. Ltd., Yinchuan, Ningxia 75000, China)

**Abstract:** The eastern Ningxia area is located at the west margin structural belt of the Erdos basin. The Yan'an formation of Jurassic system, Mesozoic Erathem contains the main coal-bearing strata. However, its high-resolution sequence stratum division is still unclear. Through the detailed study of outcrops, core and logging data as well as the sedimentary system and tectonic evolution of Yan'an formation, this paper made the identification of sequence interface and set up the isochronic sequence stratum framework and divided the high-resolution sequence strata. The research showed that the Yan'an formation in eastern Ningxia could be divided as a super long-periodic cycle, 4 long-periodic cycles, 11 mid-periodic base-level cycles, and at least 25 short-term base-level cycles.

**Key words:** high-resolution sequence stratigraphy; base level; Yan'an formation; eastern Ningxia

鄂尔多斯盆地是我国重要的能源聚积盆地,盆地内发育煤、石油、天然气等多种能源矿产。其中,中生界与古生界是煤以及石油天然气的重要产出层位,前人对该区进行了大量的研究<sup>[1-5]</sup>,但是研究多是集中在古生界,中生界延安组含煤地层层序划分研究较少。近年来,虽有学者对侏罗系进行了进一步的研究,但是,这些研究主要是对大型盆地内部的层序地层研究,而对于西缘(如宁东地区)延安组的层序地层研究很少,且由于研究的角度和范围不同,其划分方案也不一致。

宁东地区位于鄂尔多斯盆地西缘构造带,具有独特的大地构造位置、复杂的构造特征和良好的矿产赋存条件,其中,延安组是侏罗系的主要含煤地层。前人对鄂尔多斯盆地及西缘的构造、层序地层进行过较为深入的研究<sup>[5-7]</sup>,提出了丰富的研究成果,但是对于该区高分辨率层序地层学划分仍然没有统一的方案,而层序划分直接影响到了后期煤炭资源勘探及其他基础地质研究,因此,对该区进行层序地层研究具有重要的理论意义。

收稿日期: 2011-04-06

基金项目: 山东省自然科学基金项目(Y2000E07)。

作者简介: 朱守东(1961—),男,江苏徐州人,研究员,博士研究生,主要从事煤田地质和矿井地质方面的研究。

## 1 宁东地区地质概况

研究区包括磁窑堡、鸳鸯湖和马家滩地区,自北向南包括清水营井田、梅花井田、石槽村井田、红柳井田、麦垛山井田和双马井田。区内大部分被第四纪地层所覆盖,煤系地层被新生代地层所覆盖。根据钻孔揭露的沉积地层由老至新依次为:三叠系上统上田组( $T_3s$ ),侏罗系中统延安组( $J_2y$ )、中统直罗组( $J_2z$ )、上统安定组( $J_3a$ ),古近系渐新统清水营组( $E_3q$ )和第四系( $Q$ )。

侏罗系中统延安组厚度为 91.66~466.54 m,是主要的含煤地层,由灰、灰白色长石石英各粒级砂岩、灰—灰黑色粉砂岩、泥岩、碳质泥岩和煤组成。底部为一套灰或白色、局部黄色带红斑的粗粒砂岩或含砾粗砂岩(简称“宝塔砂岩”)。与下伏三叠系上田组地层呈假整合接触。该组地层按其岩性、岩相组合特征及其含煤性等,自下而上可划分为 5 段,共 9 个煤层,分别为 18,17,16,12,10,8,6,4,3 煤层(图 1)。

地 层		厚 度 /m	岩 性 柱 状	煤 层 编 号	平 均 厚 度 /m
直罗组	下段				
延 安 组	第 V 段 $J_2y^5$	1.95-105.15		3-1	2.98
		46.40		3-2	0.97
	第 IV 段 $J_2y^4$	4.12-109.17 74.52		4-1	1.35
				4-2	1.37
				4-3	1.52
第 III 段 $J_2y^3$	11.69-128.75 76.83		6	2.76	
			10	3-1	
			12	0.82	
$J_2y$	第 I 段 $J_2y^1$	22.56-147.06 71.40		17	1.44
				18-1	1.39
				18-2	2.24
				18 <sub>下</sub>	1.51

图 1 延安组的层段划分图

Fig. 1 The sequence formation division of Yan'an formation

## 2 延安组中、长周期旋回识别与划分

根据钻井观察、实测及前人研究成果,结合高分辨率层序地层学原理,对延安组进行了层序地层划分,通过对短期基准面旋回层序结构和叠加样式的分析,宁东地区延安组整体为一个超长周期,其界面底部具有大的冲刷面。其中,“宝塔砂岩”与下覆的延长组呈沉积间断接触关系,且均缺失富县组沉积,这是富县组沉积受到古地形控制作用的结果;该周期顶部界面与直罗组呈冲刷接触,接触带为一大套粗砂岩。在这个超长期旋回中,宁东地区经历了一个地壳从开始沉降到趋于稳定而后又抬升的旋回过程。在超长期基准面旋回划

分基础上,根据基准面旋回变化和沉积环境的演变,又可以划分出 4 个长期旋回(LSC1,LSC2,LSC3,LSC4)以及 11 个中期旋回(表 1,图 2)。

表 1 宁东地区延安组高分辨率层序地层划分方案表

Tab. 1 High-resolution sequence division of Yan'an formation in eastern Ningxia area

地层系统				沉积体系	区域构造运动	层序地层		
系	统	组	段			中期	长期	超长期
						MSC11		
			五	河流	构造抬升期	MSC10	LSC4	
						MSC9		
			四		开始抬升	MSC8	LSC3	
						MSC7		
						MSC6		
			三	湖泊三角洲	构造稳定期	MSC5	LSC2	SLSC1
						MSC4		
			二		稳定局部抬升	MSC3		
						MSC2	LSC1	
			一	河流	开始沉降	MSC1		

在长期基准面旋回上升或下降过程中,发育了多次次一级的、有较好区域对比性的湖泛面和冲刷面,代表了中期基准面旋回层序界面;短期基准面旋回层序界面常以频繁发育的底冲刷面、岩相转换面或欠补偿沉积面为层序界面。

### 2.1 LSC1 识别

延安组长周期旋回 LSC1 由延一段构成,底部以发育一套厚度较大、粒度粗的“宝塔砂岩”为主要标志,顶界为 16 煤顶,为一广泛沼泽化沉积界面,可以进行区域性地层对比。代表了湖盆扩张初期的沉积,中期旋回的上升半旋回由两个到多个只保存上升半旋回的短期旋回构成。总体上,LSC1 为一个基准面从上升到下降的完整旋回,在宁东地区保存比较完整。

### 2.2 LSC2 识别

延安组长周期旋回 LSC2 由延二段和延三段构成,顶底均为广泛沼泽化沉积界面,可以进行区域性地层对比。代表了湖盆继续扩张的沉积,为一个基准面从上升到下降的完整旋回。该时期,大部分地区稳定下降局部略有抬升,沉积环境由曲流河转变为三角洲平原沉积,主要发育三角洲平原分流河道、天然堤、沼泽及分流间湾等。

### 2.3 LSC3 识别

LSC3 由延四段地层构成,顶底为广泛沼泽化沉积界面,可以进行区域性地层对比。该时期构造开始抬升,并发生水退,主要发育三角洲平原分流河道、天然堤、沼泽及分流间湾等。该旋回为一个基准面从上升到下降的完整旋回。

### 2.4 LSC4 识别

LSC4 由延五段构成,底界为广泛沼泽化沉积界面,即煤 4 顶,顶界为直罗组与延安组的冲刷不整合界面。LSC4 代表了湖盆萎缩的沉积,研究区由三角洲平原转为曲流河沉积。总体上,LSC4 为一个基准面从上升到下降的完整旋回。由于区域构造抬升,盆地内部湖泊萎缩明显,盆地西缘河流进入“回春”期。该旋回发育不完全,在马家滩地区缺失下降半旋回的大部分。

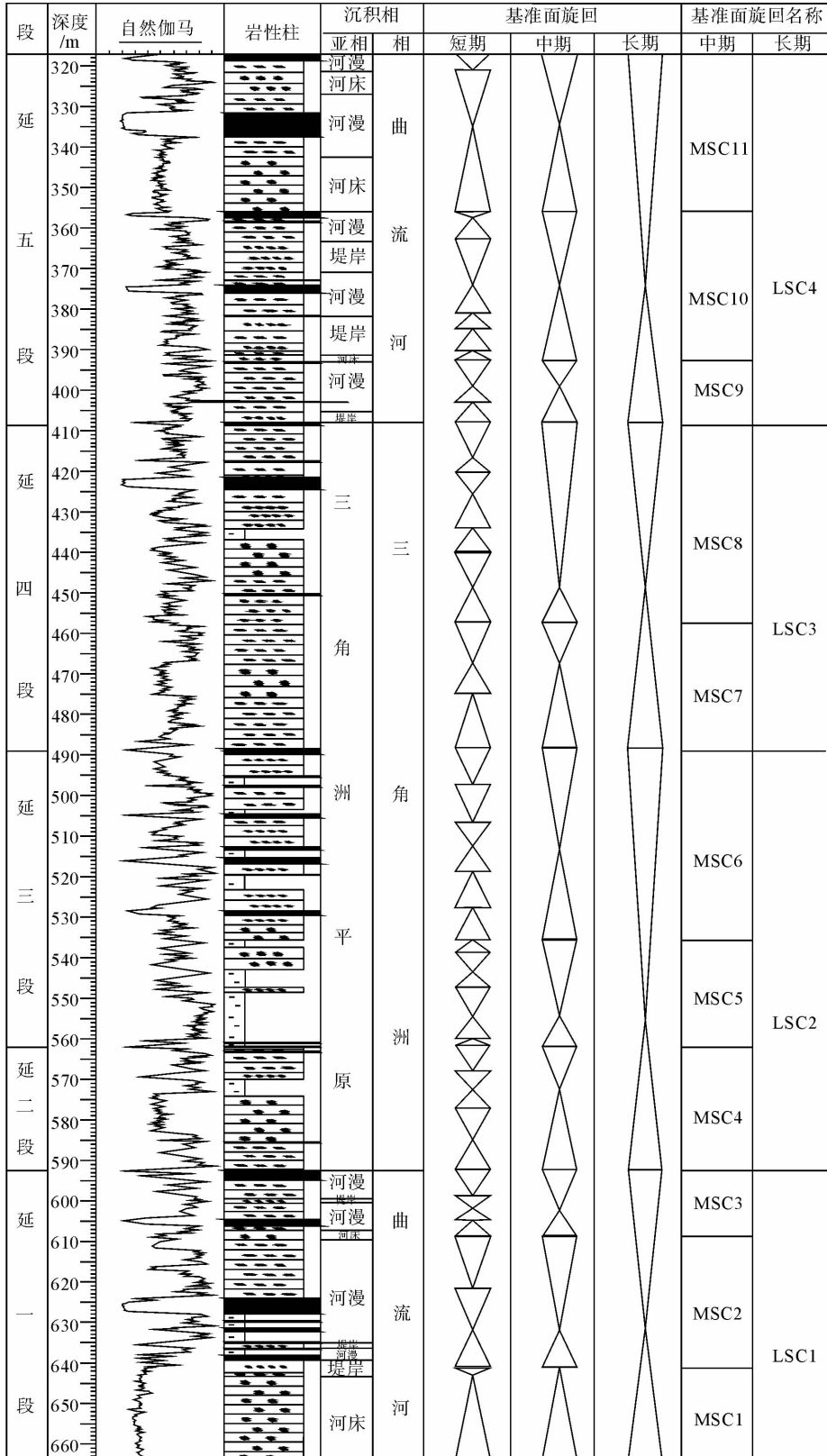


图 2 宁东地区麦垛山井田 1003 井基准面旋回划分图

Fig. 2 The base level cycle division of well No. 1003 in Maiduoshan mine field, in eastern Ningxia area

### 3 延安组高分辨率层序地层格架

延安组地层保存不完整,受后期构造改造的影响,其顶部地层存在不同程度的剥蚀,主要表现在两个方面:第一,直罗组沉积时期对下伏地层的冲刷造成的剥蚀;第二,后期构造作用的改造和剥蚀。这导致了在清水营井田、梅花井田西侧、红柳井田和双马井田南部缺失延安组上部地层。本次利用岩性和测井曲线进行中、长期基准面旋回的对比(图3)。

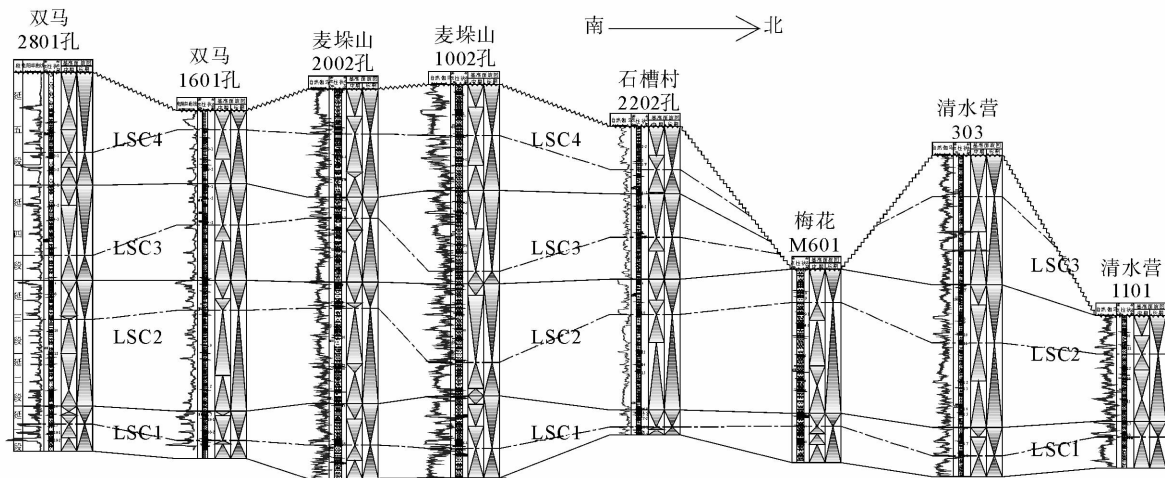


图3 研究区西部南北向剖面长、中期基准面旋回对比图

Fig. 3 The comparison between long-period cycles and middle-period ones from south to north in western part of study area

宁东地区侏罗纪延安期主要发育了一套河流-三角洲沉积体系,延一段主要为河流沉积,延二段开始进入三角洲平原发育阶段,延五段主要发育河流沉积,分流河道在该区内发生不断的交叉与汇合,这些沉积相特点影响了整个地区的层序发育与对比。

#### 1) LSC1 对比

MSC1 对应的是延安组广泛发育的“宝塔砂岩”,该砂岩厚度大,区域分布,能够进行良好的对比。研究区清水营井田和石槽村井田西部的 LSC1 长期基准面旋回大多发育两个中期旋回,局部地区仅发育一个中期旋回,并且地层厚度也小于其他地区,这是因为这个时期该地区处于古地貌高地的边缘。麦垛山井田、红柳井田及双马井田均发育了三个中期旋回,且地层沉积厚度大,说明该时期河道发育。整个中期旋回都表现出基准面上升半旋回十分发育的特点,为不对称型,这也是河流体系中中期旋回的典型特征之一。整体上, LSC1 是上升半旋回与下降半旋回对称的完整旋回。

#### 2) LSC2 对比

该时期,由于湖盆的持续扩张和盆地内部的持续下降,研究区开始进入三角洲环境。此时,整个地区的地层沉积厚度都较大,物源供应充足,从岩芯中可以看到该时期由于河流不断改道迁移而产生的冲刷面和大段粗粒物质。从剖面中可以看出,除清水营井田西部受后期构造剥蚀外,三个中期旋回基本上在全区均发育较为完整。大部分地区长期基准面旋回都发育上升半旋回大于下降半旋回的非对称旋回,多为分流河道—天然堤—沼泽的向上粒度变细的沉积韵律,反映了整体上可容空间逐步增大的趋势。麦垛山 1002 孔和石槽村 2209 孔处该长期旋回的上升旋回略小于下降半旋回,说明此处为三角洲平原上的微隆起处。

#### 3) LSC3 对比

该时期,地壳开始缓慢上升,西部物源仍供应比较充足,大部分地区发育较厚的地层。从剖面上可以看出,红柳井田中东部地区该旋回发育了巨厚的上升半旋回沉积,说明此时该地区构造沉降快。清水营井田和

梅花井田西侧,红柳井田南部及双马井田西南部由于后期构造抬升使该时期地层剥蚀不全。研究区仍处于三角洲平原环境。在各个中期旋回的上升半旋回,分流河道与天然堤微相发育,砂/泥向上减小,A/S向上增大;下降半旋回决口扇与沼泽微相相对发育,砂/泥向上小幅增大,A/S向上缓慢减小。该时期整个湖盆缓慢萎缩,水面逐渐下降,此时,长期基准面旋回也以下降半旋回大于上升半旋回的非对称旋回为特征,反映了可容空间的减小。麦垛山2002孔、清水营303孔、红柳2001孔及红柳2007孔的该长期旋回的上升半旋回大于下降半旋回,说明该地区此时位于凹陷处,所以沉积厚度较大。

#### 4) LSC4 对比

随着湖盆的萎缩和水面的下降,该地区进入河流环境沉积时期。清水营井田及梅花井田西侧的后期剥蚀区稍有扩大,除红柳井田南部、双马井田西南部及中西部小范围受后期构造剥蚀外,其他地区均发育该长期旋回。从剖面上看,研究区中北部三个中期旋回发育较为完全,其南部多发育 MSC9 和 MSC10,缺少 MSC11。这是由于该地区后期抬升较快, MSC11 大多遭受剥蚀的缘故。该时期,由于盆地整体的抬升和湖盆的萎缩,西缘地区物源供应开始减弱,地层厚度较薄。

## 4 结论

宁东地区位于鄂尔多斯盆地西缘,其中生界延安组地层为重要的含煤地层,通过运用高分辨率层序地层学,综合分析研究区钻井岩芯和测井资料,结合原有的岩石地层划分方案和基于基准面旋回的高分辨率层序地层原理,提出了适合研究区的地层层序划分对比标志,将研究区中侏罗统延安组划分为1个超长期基准面旋回和4个长期基准面旋回(LSC1-LSC4),进一步划分为11个中期旋回(MSC1- MSC11),建立了延安组的地层层序划分系统和层序地层格架,为该区煤炭地质勘探提供了一定的理论依据。

### 参考文献:

- [1]李思田,林畅松,解习农,等.大型陆相盆地层序地层学研究:以鄂尔多斯中生代盆地为例[J].地质前缘,1995,2(3-4):133-136.  
LI Sitian, LIN Changsong, XIE Xinong, et al. Approaches of nonmarine sequence stratigraphy: A case study on the mesozoic Ordos basin[J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2(3-4): 133-136.
- [2]蔡忠贤,秦玉娟,贾振远.鄂尔多斯地区南缘寒武纪层序地层和海平面变化[J].地球科学:中国地质大学学报,1997,22(5):485-489.  
CAI Zhongxian, QIN Yujuan, JIA Zhenyuan. Sequence stratigraphy and sea level changes of Cambrian in the southern margin of Ordos basin[J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 1997, 22(5): 485-489.
- [3]陈洪德,侯中键,田景春,等.鄂尔多斯地区晚古生代沉积层序地层学与盆地构造演化研究[J].矿物岩石,2001,21(3):16-22.  
CHEN Hongde, HOU Zhongjian, TIAN Jingchun, et al. Study on sequence stratigraphy of deposits and tectono-sedimentary evolution in Ordos basin during late Palaeozoic[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2001, 21(3): 16-22.
- [4]李文厚,屈红军,魏红红,等.内蒙古苏里格庙地区晚古生代层序地层学研究[J].地层学杂志,2003,27(1):41-44.  
LI Wenhou, QU Hongjun, WEI Honghong, et al. Sequence stratigraphy of late Palaeozoic deposits in Suligemiao area, Inner Mongolia[J]. Journal of Stratigraphy, 2003, 27(1): 41-44.
- [5]梁积伟,李文厚.鄂尔多斯盆地东北部山西组高分辨率层序地层学研究[J].沉积学报,2006,24(2):251-256.  
LIANG Jiwei, LI Wenhou. High-resolution sequence stratigraphy of Shanxi formation (Permian) in northwestern portion of Ordos basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(2): 251-256.
- [6]李斌,孟自芳,宋岩,等.鄂尔多斯盆地西缘前陆盆地构造-沉积响应[J].吉林大学学报:地球科学版,2007,37(4):702-708.  
LI Bin, MENG Zifang, SONG Yan, et al. Tectonic-sedimentary response of foreland basin in western margin of Ordos basin [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2007, 37(4): 702-708.
- [7]赵俊兴,陈洪德,向芳.鄂尔多斯盆地中部延安地区中侏罗统延安组高分辨率层序地层研究[J].沉积学报,2003,21(2):307-312.  
ZHAO Junxing, CHEN Hongde, XIANG Fang. The high-resolution sequence stratigraphy feature of Yanan formation in Yanan area, Ordos basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(2): 307-312.