

# 黑龙江鸡西盆地北部穆棱组高分辨率层序地层

李仰春<sup>1,2</sup>, 娄本军<sup>3</sup>, 杨晓平<sup>2</sup>, 赵焕力<sup>2</sup>, 郝永鸿<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 黑龙江省地质调查研究院 齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161005; 3. 中国地质大学 水资源与环境学院, 北京 100083)

**摘要:** 采用钻孔资料对鸡西盆地北部含煤岩系中穆棱组进行了高分辨率层序地层划分, 共识别出3个长期、7个中期、58个短期基准面旋回。中、长期基准面旋回由上升、下降2个半旋回构成对称型结构, 短期基准面旋回分为对称型和非对称型结构。通过各种级别基准面旋回特征分析, 讨论了穆棱组的沉积动力学特征和沉积延续时间。认为穆棱组在鸡西盆地北部条带经历了3次盆地范围内较大规模的湖侵—湖退沉积和7次中等规模、58次小的湖侵—湖退沉积作用, 延续时间为5.8 Ma。

**关键词:** 穆棱组; 高分辨率层序地层; 鸡西盆地; 含煤岩系

**中图分类号:** P539.2 TE121.3<sup>+</sup>4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)03-0263-06

## High Resolution Sequence Stratigraphy of Muling Formation in Jixi Basin of Northern Heilongjiang Province

LI Yang chun<sup>1,2</sup>, LOU Ben jun<sup>3</sup>, YANG Xiao ping<sup>2</sup>, ZHAO Huan li<sup>2</sup>, HAO Yong hong<sup>2</sup>

(1. School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Qiqihar Branch, Heilongjiang Institute of Geological Survey, Qiqihar 161005, Heilongjiang, China; 3. School of Water Resources and Environment, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract** Using the data of drill hole in the northern coal formation of the Jixi basin in the eastern Heilongjiang Province, the high resolution sequence stratigraphy subdivision of Muling Formation is made, and cycles of datum plane of three long terms, seven medium terms and fifty eight short terms are identified. The medium term and the long term cycles of datum plane are made of symmetry structures by the two half cycles of rising and falling, and the short term cycle of datum plane are divided into two basic types of symmetry and non symmetry. The characteristics of sediment dynamics and the continued sediment time are discussed through analysis of various cycles of datum plane. By detail study, it is considered that the Muling Formation had undergone three large scale sedimentations from transgression to regression with the basin, seven medium scale and fifty eight small scale sedimentations from transgression to regression in the northern coal formation of the Jixi basin, and the continued time of sedimentation of Muling Formation is 5.8 Ma.

**Key words:** Muling Formation; high resolution sequence stratigraphy; Jixi basin; coal formation

## 0 引言

高分辨率层序地层学是以基准面旋回划分为原理, 以岩心、露头、测井和高分辨率地震反射剖面为基础, 通过精细层序划分和对比技术, 建立各种

级别的成因地层格架, 为地层旋回的更精细对比及精确预测油气、煤等储层的分布和时空演化提供强有力分析的一门新兴的层序地层学理论<sup>[1,2]</sup>。该理论自创建以来, 以其全新的技术方法和显著的实际应用效果, 引起了国内众多学者的高度重视<sup>[1,2,4]</sup>, 在

收稿日期: 2006-09-30

基金项目: 中国地质调查局项目(200113000042)

作者简介: 李仰春(1968), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 高级工程师, 博士研究生, 从事区调及沉积盆地研究。E-mail: liyangchun999@sohu.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

中国广泛分布的中、新生代油气盆地及含煤盆地研究中取得了巨大成功<sup>[4,6]</sup>,并且已经证实该理论体系及技术方法,相对 Wail P R 等沉积层序地层学及 Galloway 等成因层序地层学理论更适合陆相盆地的层序地层学分析<sup>[1,9]</sup>。

鸡西盆地是黑龙江东部中生代最重要的含煤盆地之一,以往地质勘探工作对该盆地的岩石地层、生物年代及煤层分布研究较详细,但对盆地的成生演化、高精度地层划分对比等方面涉及很少,层序地层研究程度低。目前该盆地内已完成了大部分煤田勘探工作,取得了丰富的钻孔(井)及露头资料,为层序地层研究和盆地分析积累了大量基础素材。笔者在鸡西地区从事 1:25 万区调时,对鸡西群进行了高分辨率层序地层划分和对比,发现高分辨率层序与沉积动力学之间存在密切的联系。以鸡西盆地北部含煤条带中东海 67 186 钻孔资料为基础,对穆棱组进行了高分辨率层序地层划分,并讨论了穆棱组在该地区的沉积动力学特征及形成时限。

1 地质概况

鸡西盆地位于中国东北前中生代佳木斯地块之上,介于依舒断裂和敦密断裂之间,为典型的断陷盆地,盆地内主要沉积了鸡西群含煤岩系。穆棱组是鸡西群中最重要的煤系地层之一,分布于鸡西盆地靠近盆地中心一带,相当于鸡西群中上部层位,总体呈北东东向条带状展布,厚 400~850 m。底界呈平行不整合覆盖在鸡西群城子河组之上,盆地内过渡为整合接触,顶部被鸡西群东山组整合覆盖。岩石组合以细粒砂岩、粉砂岩、泥岩为主,夹煤层及凝灰岩,局部发育粗砂岩、中砂岩等,发育煤层 5~20 层,属于滨、浅湖-三角洲相沉积。总体地层结构为进积型,组内产有丰富的 *Ruffordia Ony-*

*chiopsis* 植物群化石,同时伴生有陆相双壳、腹足、半咸水沟鞭藻等化石,时代为早白垩世巴列姆早期-阿尔布早期。

2 高分辨率层序划分

东海 67 186 钻孔位于鸡西盆地北缘东海煤矿中心部位,钻孔剖面控制了鸡西群城子河组、穆棱组和东山组含煤岩系,基本代表了鸡西盆地北部含煤条带的地层层序特征,其中穆棱组的顶、底和层序控制较为齐全。笔者在研究鸡西盆地内含煤岩系的主要层序界面的基础上,在东海 67 186 穆棱组钻孔剖面中识别出 3 种可以作为层序边界的构造-沉积界面,即区域性平行不整合面及相当的整合面、盆内主要为侵蚀-冲刷间断面、冲刷面与煤层。这 3 种界面在高分辨率层序划分中分别对应着长期基准面旋回、中期基准面旋回、短期基准面旋回的界面,其识别标志、成因及对应层序类型等见表 1。

穆棱组顶、底界在区域上分别由整合界面或平行不整合面限定,其中底部的平行不整合面上部发育砾岩层,底部具有强烈的冲刷侵蚀构造,顶部整合界面表现穆棱组砂岩与上覆东山组火山岩之间的岩相突变,这 2 个界面代表了穆棱组长期基准面旋回的顶界与底界。穆棱组内部发育 2 个大型侵蚀-冲刷界面,界面附近表现明显的岩相超覆,发育砾岩层和明显的冲刷侵蚀构造,盆内可大范围追踪,相当于盆内平行不整合面,其将整个穆棱组分成 3 个长期基准面旋回(图 1)。在 2 个长期基准面旋回上升或下降过程中,发育了多个具有次一级的且有一定区域可对比性的主要冲刷面、洪泛面及煤层,冲刷面上部多为粗砂岩层,下部多见煤层和古土壤层,界面上下岩相明显不同,相当于中期基准面旋回界面。第 1 个长期基准面旋回内发育 3 个中期基准面旋回界面,将该长期基准面旋回分成 4

表 1 高分辨率层序特征

Tab.1 Features of High Resolution Sequences

层序级别 <sup>[4,6-8]</sup>	基准面旋回 <sup>[4,6,8]</sup>	旋回时限/ Ma <sup>[1]</sup>	界面成因 <sup>[4,6,8]</sup>	界面特征 <sup>[4,6,8]</sup>	对应沉积层序 <sup>[1,4,6,8]</sup>	对应岩石地层 <sup>[7]</sup>	对应天文周期 <sup>[1]</sup>
3 级	长期基准面旋回	2~5	同一构造旋回中,受构造活动强度和沉积作用双重因素控制的侵蚀不整合及整合面	露头、岩心中大型侵蚀不整合面、整合面	层序	段	太阳接近小行星的周期
4 级	中期基准面旋回	0.4~1.5	受气候和构造双重因素控制的沉积间断面和与之可对比的整合界面	露头、岩心中的主要冲刷面、古土壤(煤层)、洪泛面	准层序组	亚段	地球轨道长偏心率周期
5 级	短期基准面旋回	0.1	受气候和沉积物供给量变化控制的局部冲刷面、无沉积面及整合面	洪泛面、冲刷面、古土壤(煤层)	准层序	韵律层	地球轨道短偏心率周期

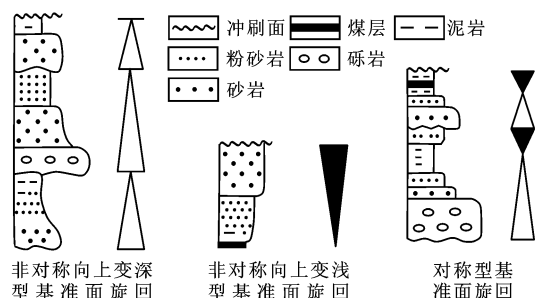


图1 穆棱组短期基准面旋回主要类型

Fig. 1 Main Types of Short Term Cycle of Datum Plane of Muling Formation

个中期基准面旋回;第2个长期基准面旋回内发育1个中期基准面旋回界面,将该长期基准面旋回分成2个中期基准面旋回;第3个长期基准面旋回由1个中期基准面旋回组成。每个中期基准面旋回内部均发育多个规模较小的底冲刷面、岩性转换面及欠补偿性煤层沉积等,代表了短期基准面旋回界面。中期基准面旋回内发育的短期基准面旋回界面个数不完全相同,在东海67 186钻孔中的穆棱组内共识别出58个短期基准面旋回。

### 3 高分辨率层序地层特征

#### 3.1 短期基准面旋回层序特征

短期基准面旋回由成因上相联系的单一岩相或多个岩相构成的岩石地层单元加界面组成,相当于Vail P R层序地层学中的准层序及岩石地层中的韵律层<sup>[1,7]</sup>。通过对鸡西盆地北部含煤条带东海煤矿67 186钻孔剖面的研究,在穆棱组中识别出2类短期基准面旋回。

##### 3.1.1 非对称型短期基准面旋回

一个完整的基准面旋回,在地层记录中由代表二分时间单元的完整地层旋回组成,但有的仅由基准面二分时间单元的上升或下降部分组成<sup>[3,8]</sup>。根据所处二分时间单元部位不同,将穆棱组残缺的短期基准面旋回分为向上变深和向上变浅2种类型。

(1)向上变深型非对称旋回分布较为广泛,约占短期基准面旋回总数的47%,主要以保存上升半旋回沉积记录为特点。下降半旋回表现为冲刷缺失或无沉积间断,层序底界面为冲刷面或整合面,向上发育变细的沉积序列(见图1),显示了水体逐渐变深的基准面上升特征。下降半旋回沉积物通过侵蚀、冲刷作用被带走,反映了水动力强、沉积速度快、物源较充分等特点,不利于植物长期生存,而

且基准面旋回之间冲刷、侵蚀作用强,植物遗体多被冲刷,因此,该种基准面旋回聚煤作用差,基本不发育煤层。该类基准面旋回在穆棱组下部及中上部所占比例较多,说明穆棱组早期和中晚期水动力条件较强,聚煤作用不好。

(2)向上变浅型非对称旋回在穆棱组中出现极少,主要以保存下降半旋回沉积记录为特征,上升半旋回主要表现无沉积间断面和水进冲刷面,并以此作为整个层序的底界,向上发育变粗型沉积序列(见图1),显示向上水体变浅的基准面逐渐下降特征。该类基准面旋回代表了距物源区较远、欠补偿但供给量逐渐增大的沉积特点,聚煤作用也较差,仅局部发育煤线沉积。

##### 3.1.2 对称型短期基准面旋回

该类旋回的基准面上升和下降半旋回的沉积记录都有保存,属于完整的基准面旋回,顶、底多以小型冲刷面为界(见图1)。此类层序在穆棱组中所占比例近47%。其形成主要与高可容纳空间背景下的基准面上升幅度较大而下降幅度较小以及沉积速率始终处在小于可容纳空间增长率的状态有关<sup>[9]</sup>。层序由退积→加积(进积)作用形成由粗变细又变粗的对称沉积序列,由退积→加积(进积)转换面为对称轴或湖泛面,将层序分隔为上升与下降2个半旋回。对称型短期基准面旋回发育有较完整的湖侵→湖退沉积,早期湖侵作用使得水位不断抬升、气候变得潮湿、陆续由粗变细沉积物供给为其后的植物生长和泥炭堆积提供了养料和稳定基础,但该时期由于沉积速度较快,物源供给大,不利植物生长,最高湖泛之后,湿润的土壤露出水面,缓慢的湖退使得盆地水量依旧充足,较低的物源供给为植物大量生存提供了有利条件,缓慢的沉积速率和较弱的水动力适宜造煤植物长期生长和保存,因此该种短期基准面的下降半旋回聚煤作用普遍好,是煤层的主要赋存部位。依据上升和下降半旋回所保存的厚度可进一步分为上升半旋回大于下降半旋回、下降半旋回大于上升半旋回和上升与下降2个半旋回近于相等3种对称型基准面旋回(见图2),其中上升半旋回小于或等于下降旋回的类型。由于湖侵向湖退转换速度慢、聚煤作用好,上升半旋回厚度大于下降半旋回的类型因下降半旋回上部冲刷、侵蚀作用强,使得沉积记录保存不全,煤层多缺失。

##### 3.2 中期基准面旋回

中期基准面旋回是通过短期基准面旋回层



序叠加样式的分析和中期基准面旋回层序界面综合确定<sup>[1,9]</sup>。穆棱组的中期基准面旋回由5~13个具进积、退积和加积结构的短期基准面旋回按一定的排列方式叠置而成,厚数十米至上百米,相当于Wail P R的准层序组、岩石地层的亚段<sup>[1,7]</sup>。

穆棱组中期基准面旋回均由对称型基准面上升、下降2个半旋回组成,对称性表现很好,显示了相对均衡的中期基准面升、降变化特点(见图2)。其中第⑤、⑦中期基准面上升半旋回厚度大于下降半旋回,显示湖侵到湖退的转换速度较快,以保存上升半旋回沉积记录为主;第④、⑥中期基准面旋回上升半旋回厚度小于下降半旋回,显示湖侵到湖退的转换速度慢,以保存下降半旋回沉积记录为主;其余中期基准面旋回的上升、下降半旋回厚度基本相同,表明由湖侵到湖退的转换速度较慢,上升和下降旋回沉积记录均保存较好。中期基准面旋回顶、底多由较明显的冲刷面及岩相叠覆界面限定,层序内多由退积(加积)→进积型短期基准面旋回叠置形成由粗变细再变粗的对称型沉积序列,其结构样式与短期基准面旋回特点相似,但其反映的是盆地内较明显的湖侵→湖退沉积。中期基准面旋回上升半旋回中的短期基准面旋回以非对称性向上变深型和对称性上升半旋回厚度大于下降半旋回型为主,下降半旋回中的短期基准面旋回以对称性上升半旋回厚度等于或小于下降半旋回型及非对称性向上变浅型为主,说明中期基准面上升过程中,短期基准面也保持着上升状态。穆棱组的中期基准面下降半旋回多表现为湖退脉动幅度小、频率高、湖退转化沉积作用慢、水量较充足、物源供给增大速度慢、沉积水动力弱等特点,较利于植物长时间大量生长和保存,聚煤作用好,有较多工业煤层集中发育;上升半旋回因湖退脉动频率低、幅度大、水动力强、物源供给大、沉积作用快而强,造煤植物不宜长时间生长和保存,聚煤作用差,仅零星分布有薄煤层。

### 3.3 长期基准面旋回

长期基准面旋回以3级构造层序的不整合及整合面为界,由多个中期基准面旋回层序叠加组成,在盆地范围内具有较大规模完整的湖侵→湖退旋回沉积层序,沉积厚度一般为150~300 m,相当于Vail P R层序地层学的3级层序、岩石地层的段<sup>[1,7]</sup>。

穆棱组中第1、2个长期基准面旋回表现为上

升半旋回厚度远小于下降半旋回的不完全对称型(见图2),反映了湖侵幅度与速度由高到低的脉动式递减和湖退幅度由低到高递增的特点,湖侵到湖退的转换速度慢,以保存下降半旋回的沉积记录为优势,表明穆棱组早中期2次大的湖侵作用均小于湖退作用,湖侵-湖退沉积旋回以湖退沉积作用为特点。第3个长期基准面旋回表现为上升半旋回厚度基本等于下降半旋回的对称型,反映了由湖侵到湖退的转换速度较慢,基准面上升和下降半旋回的沉积记录均保存较好,说明穆棱组晚期大规模的湖侵与湖退沉积作用程度基本相当,并且总体上弱于前2次。

穆棱组3个长期基准面上升半旋回所包含的中期基准面旋回以上升半旋回沉积厚度大于或等于下降半旋回为特征,而下降半旋回所包含的中期基准面旋回以上升半旋回厚度小于下降半旋回为特征,总体上具有长期基准面上升过程中其内中期基准面也保持着上升状态,而下降过程中其内中期基准面也保持着总体下降或上升与下降程度基本相同的特点。

## 4 基准面旋回与沉积动力学

穆棱组的3个长期、7个中期、58个短期基准面旋回分别代表了鸡西盆地北缘3次较大规模、7次中等规模、58次小规模湖侵-湖退沉积作用。其中3次较大规模的湖侵-湖退沉积旋回中有2次表现为以湖退沉积作用为主,1次表现为湖侵和湖退沉积作用程度相近,说明盆地在该阶段经历了3次较明显的扩张与萎缩过程,总体上湖退沉积占优势,反映了盆地在该阶段构造背景以挤压萎缩作用为特点。7次中等规模的湖侵-湖退沉积旋回中有5次表现为湖侵和湖退沉积作用程度相近,2次表现湖侵沉积作用小于湖退沉积作用,说明盆地在该时期经历了7次中等规模的扩张与萎缩过程,湖侵-湖退对称沉积旋回的发育反映了在总体盆地萎缩背景下,湖盆中等规模的湖侵和湖退沉积作用主要受米兰科维奇天文旋回影响下气候旋回控制。58次最小的湖侵-湖退沉积旋回中对称、非对称旋回各占50%左右,代表了58次湖盆小规模扩张和萎缩作用,一般短期基准面旋回主要受气候旋回控制<sup>[1]</sup>,非对称旋回的发育说明穆棱组沉积时冲刷、侵蚀作用较强,属于近物源的滨浅湖-三角洲环境。

## 5 基准面旋回与沉积延续时间

一般认为, 短期基准面旋回相当于沉积层序中的准层序, 其在天文周期中对应着地球轨道短偏心率周期 ( $E_1 = 98 \text{ ka}$ ), 层序的时间周期为  $0.1 \text{ Ma}^{[1,7]}$ 。穆棱组共发育 58 个短期基准面旋回, 显示了穆棱组在鸡西盆地北部含煤条带沉积过程中经历了  $5.8 \text{ Ma}$ , 这与鸡西盆地中心位置穆棱组的延续时间  $9.1 \text{ Ma}$  ( $116 \sim 106.9 \text{ Ma}$ )<sup>[10]</sup> 只相差了  $3.3 \text{ Ma}$ , 因为盆地中心位置一般沉积延续时间和沉积厚度要大于盆缘, 这与鸡西盆地北部盆缘发育不整合面和地层缺失是吻合的, 如果按穆棱组顶部的时间在盆缘和盆地中心为同一时间计算, 那么穆棱组在鸡西盆地北部含煤条带的沉积时间应为  $112.7 \sim 106.9 \text{ Ma}$ , 底部不整合面间断时间应为  $116 \sim 112.7 \text{ Ma}$ 。

7 个中期基准面旋回①~⑦分别由 7、5、6、7、13、11 个短期基准面旋回组成。如果按短期基准面旋回的时间周期累加计算, 那么 7 个中期基准面旋回形成的时限应分别为  $0.7$ 、 $0.5$ 、 $0.9$ 、 $0.6$ 、 $0.7$ 、 $1.3$ 、 $1.1 \text{ Ma}$ , 这与天文周期中的地球轨道长偏心率周期 ( $E_3 = 0.43 \text{ Ma}$ 、 $E_4 = 1.2 \text{ Ma}$ )<sup>[1]</sup> 和 4 级层序及中期基准面旋回形成的时限 ( $0.4 \sim 1.5 \text{ Ma}$ )<sup>[1,7]</sup> 吻合。以此推算 3 个长期基准面旋回形成的时限分别为  $2.7$ 、 $2.0$ 、 $1.1 \text{ Ma}$ , 这与天文周期中太阳接近小行星的周期和 3 级层序及长期基准面旋回形成的时限 ( $2 \sim 5 \text{ Ma}$ )<sup>[1,7]</sup> 基本吻合。由此表明, 穆棱组在该地区经历的 3 次大的湖侵—湖退沉积旋回时间分别为  $2.7$ 、 $2.0$ 、 $1.1 \text{ Ma}$ , 7 次中等规模的湖侵—湖退沉积旋回时限分别为  $0.7$ 、 $0.5$ 、 $0.6$ 、 $0.7$ 、 $1.3$ 、 $1.1 \text{ Ma}$ 。

通过精细层序地层分析和对比, 建立等时地

层格架, 对编制不同层序内的各体系域或有关界面沉积时的古地理图等具有重要的理论和现实意义, 它能更好地反映一个地区在统一地质作用场中的各种地质信息和综合效应, 对于覆盖区相带展布及变化具有更合理的预测性<sup>[11]</sup>。因此, 通过对鸡西盆地北部含煤岩系中穆棱组进行的高分辨率层序地层划分研究, 将为鸡西盆地高精度地层对比和盆地分析提供重要依据。

成文中得到张克信、朱云海、樊光明教授和林启祥副教授的帮助, 谨致谢忱!

### 参考文献:

- [1] 池秋鄂, 龚福华. 层序地层学基础与应用[M]. 北京: 地质出版社, 2001.
- [2] 王嗣敏, 刘招君. 高分辨率层序地层学在陆相地层研究中若干问题的讨论[J]. 地层学杂志, 2004, 28(2): 179-184.
- [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): 89-97.
- [4] 郑荣才, 彭军, 彭光明, 等. 高分辨率层序分析在油藏开发工程中的应用[J]. 沉积学报, 2003, 21(4): 654-662.
- [5] 郑荣才, 尹世民, 彭军. 基准面旋回结构与叠加式样的沉积动力系分析[J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 369-375.
- [6] 彭军, 陈景山, 郑荣才, 等. 百色盆地百岗组高分辨率层序分析及研究意义[J]. 地球学报, 2002, 23(2): 153-158.
- [7] 李增学, 魏久传, 魏振岱, 等. 含煤盆地层序地层学[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- [8] 罗立民. 河湖沉积体系三维高分辨率层序地层学[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [9] 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.
- [10] 杨晓平, 马永强, 郝永鸿, 等. 黑龙江省东部鸡西群穆棱组年代地层划分[J]. 地质与资源, 2005, 14(3): 166-169.
- [11] 田景春, 陈洪德, 覃建雄, 等. 层序岩相古地理图及其编制[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(4): 37-40.