

黑龙江东部始新统虎林组中期 基准面旋回与聚煤作用

李仰春^{1,2,3} 杨晓平³ 金哲岩³ 郝永鸿³

(1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室,
湖北 武汉 430074; 3. 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161005)

摘要:以虎林市大石桥 86-46 钻孔为例对黑龙江东部敦密断陷盆地内虎林组进行了高分辨率层序中期基准面旋回划分, 识别出 3 个中期基准面旋回。3 个中期基准面旋回均由上升、下降两个半旋回构成基本对称型结构, 可进一步分为上升半旋回厚度大于下降半旋回和上升半旋回厚度小于下降半旋回两种类型, 它们代表了敦密断陷盆地内 3 次较明显的湖侵-湖退沉积。在此基础上, 讨论了中期基准面旋回与聚煤作用关系, 其中中期基准面下降半旋回聚煤作用最好, 是重要工业煤层的有利赋存部位, 上升半旋回聚煤作用差-较差。研究结果显示虎林组第①、②个中期基准面旋回下降半旋回聚煤作用最好, 是采煤及扩大远景找矿的首选层位。

关键词:虎林组; 中期基准面旋回; 聚煤作用; 黑龙江东部; 敦密断陷盆地; 始新统

中图分类号: P539.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2008)04-0699-07

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, 为地层旋回的更精细对比及与精确预测油气、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^[1-2]。该理论^[3]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重视^[2-4, 5], 在中国广泛分布的中新生代油气及含煤盆地研究中取得了巨大成功^[6-11], 并且已经证实该理论体系及技术方法, 相对 P.R.Wail 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^[1, 8, 9, 12]。

敦密断陷盆地是黑龙江东部新生代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、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、聚煤作用分析等方面涉及很少, 层序地层研究更是空白。目前该盆地内已完成了大部分

煤田勘探工作, 取得了丰富的钻孔资料, 为层序地层研究和盆地聚煤作用分析积累了大量基础素材。笔者等在鸡西、虎林地区从事 1:25 万区调时, 对敦密断陷盆地内虎林组进行了高分辨率层序地层划分和对比, 发现高分辨率层序中期基准面旋回与聚煤作用之间存在密切的成因联系。笔者以虎林市大桥石地区 86-46 钻孔为例对该盆地内重要煤系地层——虎林组进行了高分辨率层序中期基准面旋回划分, 在此基础上讨论了虎林组聚煤作用, 以便为今后在敦密断陷盆地内进行高精度地层划分对比和扩大找煤远景提供基础依据。

1 地质概况

敦密断陷盆地位于黑龙江省东部牡丹江市—虎林市一线的敦密断裂带南侧, 呈 NE 向条带状展布, 属陆相断陷盆地, 盆地的形成主要与敦密断裂带在晚白垩世—新生代的拉张作用有关^[13-15]。盆地内主

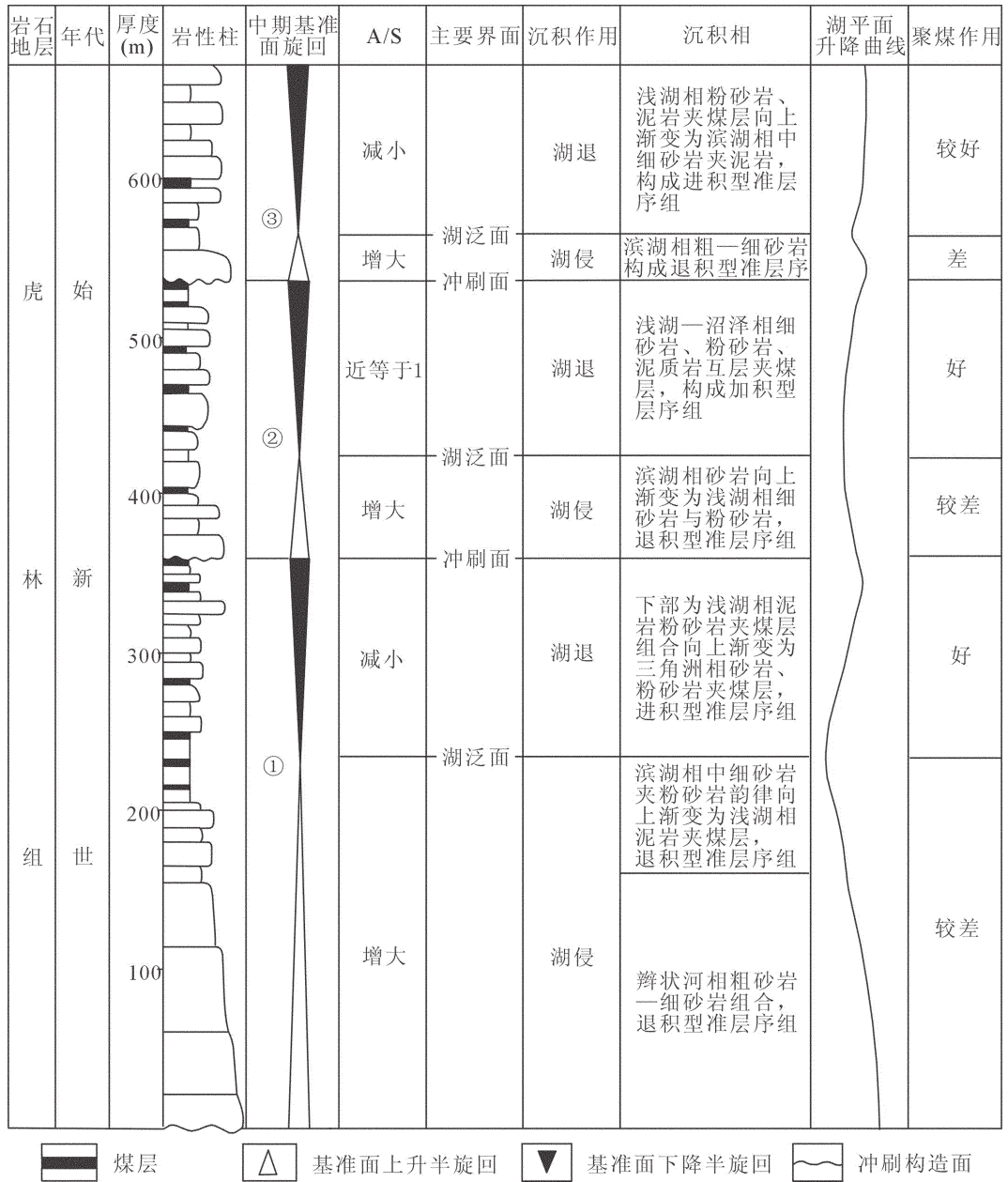


图 1 大石桥 86-46 钻孔虎林组(Eh)中期基准面旋回特征
 Fig.1 Characteristics of the medium-term datum plane cycle of the Hulin Formation (Eh) in drill hole 86-46 of Dashiqiao

要沉积了虎林组和富锦组含煤岩系。虎林组是该盆地内重要的煤系地层,相当于盆地下部层位,地表罕见出露,厚度 300~700 m,底界呈角度不整合盖在前新生代地质体之上,顶部被富锦组平行不整合覆盖。岩石组合以河湖相含砾砂岩、砂岩(图版 I-1)、细砂岩、粉砂质泥岩(图版 I-2,3)为主,夹煤层、玄武

岩、凝灰岩等,其中发育煤层 10~30 层,可采煤层 5~8 层,煤层总厚度达 20.5 m,单煤层最厚达 4.5 m,煤层主要分布于该组中上部(图 1、图版 I-4),主要为褐煤,可作为动力用煤或炼油用煤。该组总体地层结构为退积-进积型,相当于断陷期一个完整的湖侵-湖退沉积旋回。断陷沉积旋回下部为一套辫状河相

的含砾粗砂岩-细砂岩组合(图版 I-5),发育交错层理和平行层理,构成向上变细型准层序组;中部为一套滨浅湖-三角洲-沼泽相的细砂岩、粉砂岩、泥岩夹煤层组合,发育水平层理、波状层理和平行层理,构成加积型准层序组,层序组由多个滨-浅湖、浅湖-三角洲沉积旋回组成,三角洲和浅湖沼泽相是煤层聚集的主要场所;上部主要为一套滨湖相中-细砂岩夹粉砂岩和泥岩互层,发育水平层理、交错层理和平行层理,构成进积型准层序组(图版 I-6)。虎林组内产有较丰富的植物大化石和孢粉化石,反映的时代为古近纪始新世^[13]。

2 高分辨率层序中期基准面旋回划分

笔者等在大桥石地区 86-46 钻孔剖面中识别出 3 种可以作为层序划分的构造-沉积界面,即区域性不整合面、盆内主要冲刷-侵蚀间断面、湖泛面。该 3 种界面在高分辨率层序划分中分别对应着中期基准面旋回的界面和基准面半旋回的转折点。其中虎林组顶、底的区域性角度不整合或平行不整合界面,在岩心中表现大型侵蚀不整合,该种界面的形成主要受构造活动强度和沉积作用双重因素控制,相当于三级层序或长期基准面旋回界面^[6,9,10],它们在 86-46 钻孔剖面中与虎林组顶、底两个中期基准面旋回的顶、底界面重合;主要冲刷-侵蚀间断面在虎林组中发育 2 个,它们在岩心中均发育有明显的冲刷-侵蚀构造,构造面之下发育有明显的冲刷-侵蚀构造,构造面之下发育有煤层,界面上、下地层结构相反(图 1),该种界面的形成主要受气候和构造双重因素控制,相当于中期基准面旋回和四级层序界面^[6,9,10],该 2 个界面将整个虎林组分成 3 个中期基准面旋回;主要湖泛面在虎林组中发育 3 个,分布于中期基准面旋回内部,对应着中期基准面上升、下降半旋回的转折点,界面上、下分别由进积、退积型准层序组组成,将完整的基准面旋回分成上升、下降两个半旋回。

3 中期基准面旋回特征

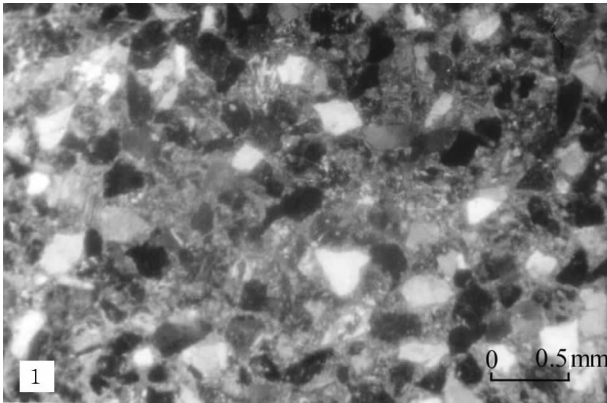
中期基准面旋回划分是通过基准面旋回内部小层序叠加样式的分析和中期基准面旋回的界面综合确定^[1,16,17]。大桥石地区 86-46 钻孔剖面中虎林组的中期基准面旋回由多个具进积、退积和加积结构的准层序按一定的排列方式叠置而成(图 1),以湖泛面为界,上部为进积型准层序组,代表基准面逐渐下

降过程的湖退体系沉积,构成基准面下降半旋回;下部为退积型准层序组,代表基准面逐渐上升过程的湖侵体系沉积,构成基准面上升半旋回。虎林组的 3 个中期基准面旋回厚度分别为 135 m、175 m、360 m,均由对称型上升、下降半旋回组成,对称性表现较差,显示了不均衡的基准面升降变化特点。其中第①个中期基准面上升半旋回厚度大于下降半旋回,说明湖侵向湖退的转换速度较快,以保存上升半旋回沉积记录为主,上升半旋回由河流-滨浅湖相的粗-细粒碎屑岩组成向上变深型层序,显示了水动力逐渐减弱、A/S(可容纳空间增长速率/沉积物补给速率)值逐渐增大、基准面逐渐上升的湖侵沉积特点,下降半旋回由浅湖-三角洲相的细-中粒碎屑岩组成向上变浅型层序,显示了水动力逐渐增强、A/S 值逐渐减小、基准面逐渐下降的湖退沉积特点;第②个和第③个中期基准面旋回均表现为上升半旋回厚度大于下降半旋回厚度,说明湖侵向湖退的转换速度较慢,以保存下降半旋回沉积记录为主,两个上升半旋回均由滨(浅)湖相的中粗-细粒碎屑岩组成向上变深型层序,显示了水动力逐渐减弱、A/S 比值逐渐增大、基准面逐渐上升的湖侵沉积特点,两个下降半旋回均由(滨)浅湖相的细-中粗粒碎屑岩组成向上变浅型层序,显示了水动力逐渐增强、A/S 比值逐渐减小或基本等于 1、基准面缓慢下降的湖退沉积特点。这两个基准面旋回虽形态相似,但旋回幅度有一定差别,第②个旋回的上升半旋回幅度略大于第①个旋回,说明第②个旋回的湖侵作用略强于第③个旋回。总体上看,3 个基准面旋回的对称性各不相同,从①到③基准面旋回和上升半旋回的幅度递减,说明由早向晚湖侵-湖退沉积作用减弱,湖侵向湖退的转换速度减小。在湖平升降曲线上(图 1)3 个基准面旋回代表了盆地范围内 3 次较明显的湖侵→湖退沉积旋回,其中第①个湖侵→湖退沉积旋回内的湖泛面最高,它可能相当于盆地范围内的最大湖泛面,大部分煤层都集中在该界面之上。

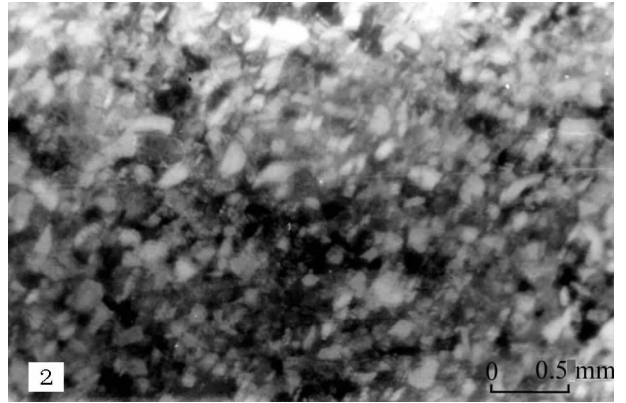
4 中期基准面旋回与聚煤作用关系

一般煤层的形成需要较高的地下水位、潮湿的气候、较长的堆积时间和低的陆源沉积补给量及迅速埋藏等条件^[7],只有在可容纳空间的整个增长速度约等于植物遗体的堆积速度的情况下,有机质才能得以保存至形成煤^[7],而可容纳空间、水位的变化

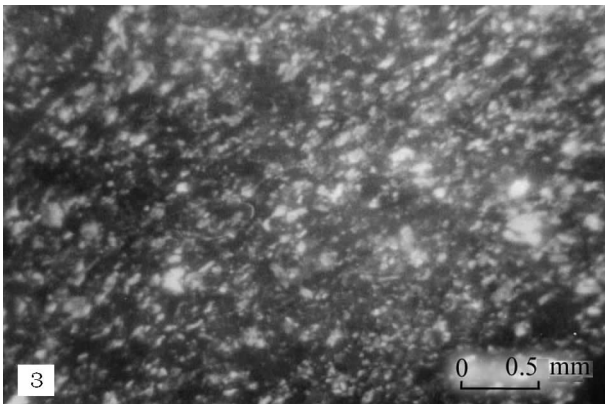
图版 I (Plate I)



1
滨湖相分选较好的中粒岩屑长石砂岩(+)
Well-sorted medium-grained lithic arkose of lakeshore facies(+)



2
浅湖相分选较好的细粒长石砂岩(-)
Well-sorted fine-grained arkose of shallow-lake facies (-)



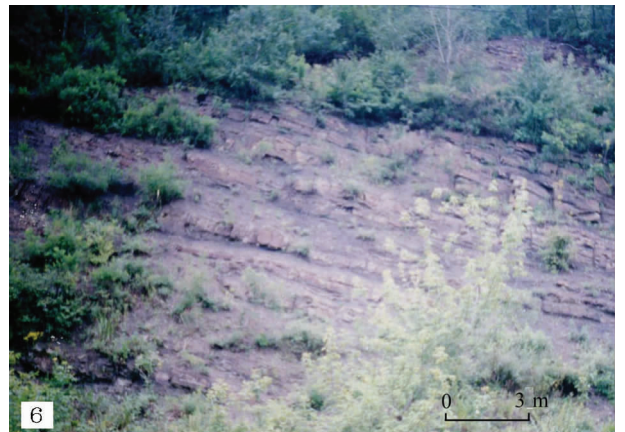
3
浅湖相粉砂质泥岩(+)
Silty mudstone of shallow-lake facies (+)



4
浅湖-沼泽相煤层被滨湖相厚层状砂砾岩覆盖
Coal bed of shallow lake-swampy facies covered by thick-bedded sandy conglomerate of lakeshore facies



5
辫状河相的粗砂岩-细砂岩组合
Grit-fine sandstone of braided river facies



6
浅湖相粉砂质泥岩、细砂粉砂岩构成的加积型准层序组
Progradational parasequence sets composed of silty mudstone, siltstone and fine sandstone of shallow-lake facies

及沉积物供给、古气候情况与基准面升降变化之间有着密切的成因联系,因此,通过高分辨率基准面旋回的研究进行盆地聚煤作用分析应是一种十分有效的方法。虎林组的 3 个中期基准面旋回代表敦密断陷盆地内较明显的 3 次湖侵→湖退沉积,基准面旋回升降变化明显,显示了受气候旋回控制的特点,它从总体上制约了盆地内具体含煤段的生长和发育。虎林组第①个中期基准面上升半旋回表现为湖侵脉动幅度大、水动力较强、物源供给偏大、沉积速率快、沉积物粒度粗等特点,缺少泥炭堆积的养料和稳定基础,虽然水位不断上升,但由于冲刷、侵蚀作用较强,不利于植物长时间生长和保存,聚煤作用较差,仅在靠近半旋回转折点附近发育有薄煤层;下降半旋回表现水体处于高位、水量充足、气候较潮湿、脉动式湖退较为缓慢、可容纳的空间增长速度略小于堆积速度、沉积物粒度细等特征,适于植物长期大量生存,水位下降过程中物源砂体的推进能及时掩埋植物遗体,使其得以保存,聚煤条件好,其内工业煤层发育。第②个中期基准面上升半旋回由脉动式湖侵粗碎屑沉积物组成,表现水位上升快、物源供给偏大、水动力较强、沉积速率快、沉积作用时间短等特点、缺少植物长期生长和保存的有利条件,聚煤作用较差,仅在细碎屑岩层内发育有少许薄煤层;下降半旋回表现水体处于高位、水量充足、气候潮湿、脉动式湖退作用缓慢、可容纳的空间增长速度略等于堆积速度、沉积物粒度细,适于植物长期大量生存,水位下降过程中物源砂体的推进能及时掩埋植物遗体,使其得以保存,聚煤条件好,其内工业煤层非常发育,是虎林组重要的含煤段。第③个中期基准面上升半旋回表现为湖侵脉动幅度大、水动力强、物源供给大、沉积作用强而时间短等特点,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;下降半旋回的下部表现为湖退脉动幅度较小、湖退转化速度慢、水量较充足、物源供给较小、沉积水动力较弱的特点,适合植物生长和保存,聚煤作用较好,但由于沉积作用时间短,只有发育少数工业煤层;下降半旋回的上部因沉积物粒度粗、物源供给大、水体下降快、沉积作用短而水动力强等特点,聚煤作用差,基本不发育煤层。

总体上看,虎林组 3 个中期基准面的下降半旋回聚煤作用好、上升半旋回聚煤作用差,这与一般水进体系域聚煤作用好于高水位体系域的规律^[7]正好相

反,这是由于虎林组的中期基准面旋回早期的湖侵作用使得水位不断抬升、气候变得潮湿、陆续的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,最高湖泛之后,湿润的土壤露出水面,缓慢的湖退使得盆地内水量依旧充足,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,其中基准面旋回幅度和上升半旋回厚度相对越大,它为后续聚煤作用提供的水、气候等环境越好,聚煤作用也就越好,这可能是导致虎林组中期基准面旋回由①到③聚煤作用变差的主要原因。

参考文献(References):

- [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, 2001:9-40.
Chi Qiue, Gong Fuhua. Foundation and Application of Sequence Stratigraphy [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2001:9-40 (in Chinese).
- [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.
Wang Simin, Liu Zhaojun. Discussion on some problems of high resolution sequence stratigraphy in the study of continental stratigraphy [J]. Journal of Stratigraphy, 2004;28 (2):179-184 (in Chinese with English abstract).
- [3] Cross T A. High resolution stratigraphic correlation from the perspective of base-level cycles and sediment accommodation[C]// Proceedings of Northwestern European Sequence Stratigraphy Congress, 1994:105-123.
- [4] 邓宏文, 王洪亮, 李熙吉. 层序地层基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(3):177-184.
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Li Xiji. Identification and correlation techniques of sequence stratigraphic base-levels and their application [J]. Oil and Gas Geology, 1996. 17 (3):177-184 (in Chinese with English abstract).
- [5] 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.
Zheng Rongcai, Peng Jun, Peng Guangming, et al. Analysis of high-resolution sequence stratigraphy of the Second Member of Nadu formation in Lun-35 Block of Basise basion and its application in development of oil reservoir[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(4):654-662(in Chinese with English abstract).
- [6] 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, 2000:34-90.
Li Zengxue, Wei Jiuchuan, Wei Zhendai, et al. Stratigraphy of Coal-Bearing Basins [M]. Beijing:Geological Publishing House,

- 2000:34-90(in Chinese).
- [7] 李增学, 余继峰, 郭建斌, 等. 陆表海盆地海侵事件成煤作用机制分析[J]. 沉积学报, 2003, 21(2):288-296.
Li Zengxue, Yu Jifeng, Guo Jianbin, et al. Analysis on coal formation under transgression events and its mechanism in epicontinental sea basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(2): 288-296(in Chinese with English abstract).
- [8] 彭军, 陈景山, 郑荣才, 等. 白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.
Peng Jun, Chen Jingshan, Zheng Rongcai, et al. The analysis of high-resolution sequence stratigraphy of Baibang formation in baise basin and its significance [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2002, 23(2): 153-158(in Chinese with English abstract).
- [9] 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, 1999:17-60.
Luo Limin. Three-dimensional High Resolution Sequence Stratigraphy in River-Lake Depositional System [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999:17-60(in Chinese).
- [10] 郑荣才, 吴朝容, 叶茂才. 浅谈陆相盆地高分辨率层序地层研究思路[J]. 成都理工学院学报, 2000, 27(3):241-244.
Zheng Rongcai, Wu Chaorong, Ye Maocai. Research thinking of high-resolution sequence stratigraphy about a terrigenous basin[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2000, 27 (3):241-244(in Chinese with English abstract).
- [11] 靳松, 朱筱敏, 钟大康. 扇三角洲高分辨率层序地层对比及砂体分布规律[J]. 中国地质, 2006, 33(1):212-220.
Jin Song, Zhu Xiaomin, Zhong Dahang. High-resolution sequence stratigraphic correlation of fan deltas and distribution characteristics of sandbodies [J]. Geology in China, 2006, 33 (1):212-220 (in Chinese with English abstract).
- [12] 赵春荆, 彭玉鲸, 党增欣, 等. 吉黑东部构造格架及地壳演化[M]. 沈阳:辽宁大学出版社, 1996:155-156.
Zhao Chunjing, Peng Yujing, Dang Zengxin, et al. Tectonic Framework and Crust Evolution of Eastern Jilin and Heilongjiang Provinces[M]. Shenyang:Liaoning University Press, 1996:155-156 (in Chinese).
- [13] 丁秋红. 黑龙江鸡东地区下第三系孢粉组合[C]//中国地质科学院沈阳地质矿产研究所集刊. 长春:吉林科学技术出版社, 1995, 4:35-48.
Ding Qiu hong. Lower Tertiary palynological assemblages of Jidong district, Heilongjiang Province [C]//Memoirs of Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences.Changchun:Jilin Science & Technology Publishing House, 1995, 4:35-48(in Chinese).
- [14] 李仰春, 杨晓平, 周兴福, 等. 黑龙江东部鸡西群与龙爪沟群综合地层对比研究[J]. 中国地质, 2006, 33(6):1312-1320.
Li Yangchun, Yang Xiaoping, Zhou Xingfu, et al. Integrated stratigraphic correlation of the Jixi Group and Longzhaogou Group in eastern Heilongjiang [J]. Geology in China, 2006, 33(6):1312-1320(in Chinese with English abstract).
- [15] 任凤和, 杨晓平, 李仰春, 等. 黑龙江省东部鸡西群地层时代划分及地质意义[J]. 中国地质, 2005, 32(1):48-54.
Ren Fenghe, Yang Xiaoping, Li Yangchun, et al. Chronostratigraphic division of the Jixi Group in eastern Heilongjiang Province and its geological significance[J]. Geology in China, 2005, 32(1):48-54 (in Chinese with English abstract).
- [16] 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 (in Chinese with English abstract).
- [17] 刘豪, 王英民. 浅析准噶尔盆地侏罗系煤层在层序地层中的意义[J]. 沉积学报, 2002, 20(2):197-202.
Liu Hao, Wang Yingmin. Analyses of the significances of Jurassic coal layers in sequence stratigraphy in Junggar Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20 (2):197-202 (in Chinese with English abstract).

Medium-term datum plane cycle and coal-accumulating processes of the Eocene Hulin Formation in eastern Heilongjiang

LI Yang-chun^{1,2,3}, YANG Xiao-ping³, JIN Zhe-yan³, HAO Yong-hong³

(1. Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;

2. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;

3. Qiqihar Branch, Research Institute of Regional Geological Survey of Heilongjiang, Qiqihar 161005, Heilongjiang, China)

Abstract: Using the data of drill hole 86-46 in Dashiqiao, Hulin City, the high-resolution sequence stratigraphic division of the Hulin Formation in the Dunmi downfaulted basin, eastern Heilongjiang, was made, and three medium-term datum plane cycles were recognized. The three cycles are all made up of broadly symmetric structure consisting of two half-cycles of rising and falling, and they may be subdivided into two basic types, namely, the rising half-cycle thicker than the falling half-cycle and the rising half-cycle less thick than the falling half-cycle. They represent three marked lake transgression-regression in the Dunmi downfaulted basin. On that basis, the authors discuss the relation between the medium-term datum plane cycles of the high-resolution sequences and coal-accumulation processes. Of the cycles, the falling half-cycles of the medium-term datum plane cycles shows the best coal-accumulating processes and are favorable horizons of important coal beds of commercial value, while the rising half-cycle of the cycle shows poor-poorer coal-accumulating processes. This study shows the falling half-cycles of the first and second medium-term datum plane cycles in the Hulin Formation are best and are our first selected horizons for coal mining and coal prospect expansion.

Key words: Hulin Formation; medium-term datum plane cycle; coal-accumulating process; eastern Heilongjiang; Dunmi downfaulted basin; Eocene

About the first author: LI Yang-chun, male, born in 1968, doctor candidate, senior engineer, engaging structural geology and analysis of depositional basin; E-mail: liyangchun999@163.com.