

鸡西断陷盆地层序地层与聚煤作用研究

高 迪^{1,3}, 邵龙义²

(1.河南理工大学 资源环境学院,河南 焦作 454003;2.中国矿业大学(北京) 地球科学与测绘工程学院,北京 100083;
3.中原经济区煤层气河南省协同创新中心,河南 焦作 454003)

摘 要:为得到鸡西断陷盆地早白垩世层序地层格架中的展布特征,运用层序地层学有关理论和方法,对鸡西陆相断陷盆地早白垩世含煤岩系进行层序地层分析,并探讨了该断陷盆地的聚煤作用。研究表明:鸡西盆地早白垩世含煤地层共识别出 3 个层序边界,划分 2 个三级层序,分别对应于城子河组和穆棱组;煤层的聚集主要取决于可容空间变化速率和泥炭堆积速率,而在陆相断陷盆地中,控制两者变化速率的主要因素为构造活动和气候;鸡西断陷盆地早白垩世时期处于湖盆稳定发展向萎缩阶段过渡,湖盆稳定发展阶段基底速率变化缓慢、陆源碎屑供给相对较少,可容空间增加速率和泥炭堆积速率相对平衡,主要发育了三角洲平原相,有利于煤层的聚集;在三级层序中,湖侵体系域聚煤最好,其次为低位体系域和高位体系域。

关键词:含煤岩系;层序地层;聚煤作用;鸡西断陷盆地

中图分类号:TD163

文献标志码:A

文章编号:0253-2336(2018)02-0084-06

Study on sequence stratigraphy and coal accumulation function in Jixi Faulted Basin

GAO Di^{1,3}, SHAO Longyi²

(1.School of Resources and Environment, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China; 2.School of Geosciences and Survey Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China; 3.Henan Provincial Collaborative and Innovation Center of Coalbed Methane in Central Plains Economic Region, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: In order to have the distribution features of the sequence stratigraphy framework in Early Cretaceous of Jixi Fault Basin, the related theory and method of the sequence stratigraphy was applied to the sequence stratigraphy analysis on the Early Cretaceous coal measures in Jixi Continental Fault Basin. The coal accumulation role of the Fault Basin was discussed. The study results showed that there were three sequence boundaries totally recognized in Early Cretaceous coal measures of Jixi Basin, two third grade sequences were divided and there were Chengzihe Formation and Muling Formation respectively. The seam accumulation mainly was subjected to the accommodation space variation rate and the peat accumulation rate. In the continental fault basin, the main factors to control the variation rate of the accommodation space and peat would be the tectonic activities and climate. Early Cretaceous period of Jixi faulted basin was in a stable development of a lake basin transited to a shrinking stage. In the stable development stage of the lake basin, the basement changing rate was gently, the terrigenous clastic supply was relatively less and the accommodation space increased rate and the peat accumulation rate were in a relevant balance. A delta plain was mainly developed and would be favorable to the seam accumulation. In the three grade sequences, a lake transgression system area would be best for the coal accumulation and the low level system area and the high level system area would be the second.

Key words: coal measures; sequence stratigraphy; coal accumulation function; Jixi faulted basin

0 引 言

层序地层学在近海盆地含煤岩系分析研究中得

到了广泛应用^[1-3],许多研究者都从不同角度揭示了该盆地煤层在层序格架中的发育和分布特征,提出了多种基于层序地层格架的成煤模式^[4-6]。大量

收稿日期:2017-08-11;责任编辑:曾康生 DOI:10.13199/j.cnki.cst.2018.02.010

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41402094);河南省高校科技创新团队支持计划资助项目(17IRTSTHN025);河南理工大学博士基金资助项目(B2011-013)

作者简介:高 迪(1980—),男,河南周口人,讲师,博士。E-mail:gaodi@hpu.edu.cn

引用格式:高 迪,邵龙义.鸡西断陷盆地层序地层与聚煤作用研究[J].煤炭科学技术,2018,46(2):84-89.

GAO Di, SHAO Longyi. Study on sequence stratigraphy and coal accumulation function of Jixi Faulted Basin[J]. Coal Science and Technology, 2018, 46(2): 84-89.

对近海型陆源碎屑含煤岩系煤层的研究表明:以冲积相和三角洲相为主的厚煤层常与最大海泛面相关^[7-9],因为在最大海泛面附近,快速的可容空间产生速率与快速泥炭堆积速率相平衡。众多学者应用层序地层学理论分析形成多样化、复杂化的内陆含煤盆地取得了可喜的成果^[10-12],研究表明,在陆相断陷盆地中,煤层的形成与盆地的构造活动和气候因素密切相关,在盆地构造活动较弱,同时气候所影响的降水量适于泥炭堆积的情况下,有利于煤炭聚集。煤层的分布受区域古地理背景及湖平面变化规律的控制,高分辨率层序地层格架的建立有助于预测煤层的分布规律^[13]。对于鸡西断陷盆地,虽然已有不少学者开展了层序地层学研究^[14-17],但是对该区层序地层的划分方案尚未统一,同时对于层序地层格架下的煤层聚集规律鲜有报道。因此,笔者对鸡西断陷盆地早白垩世层序地层进行分析,研究该盆地煤层在层序地层格架中的展布特征,探讨断陷盆地的聚煤模式。

1 区域地质概况

鸡西盆地地处黑龙江省东南部,地理座标东经 $130^{\circ}15' \sim 131^{\circ}50'$ 、北纬 $44^{\circ}50' \sim 45^{\circ}30'$,东西长 135 km,南北平均宽 25 km,面积约 3 375 km²。鸡西盆地位于前中生代佳木斯地块之上,介于依舒断裂和敦密断裂之间,为一典型断陷盆地^[17],该盆地为 NEE 和 NE 向含煤盆地,盆地中部存在一条近东西向的平麻逆断裂及发育一条向东倾伏基底隆起(恒山隆起),使盆地分成南、北 2 个条带。

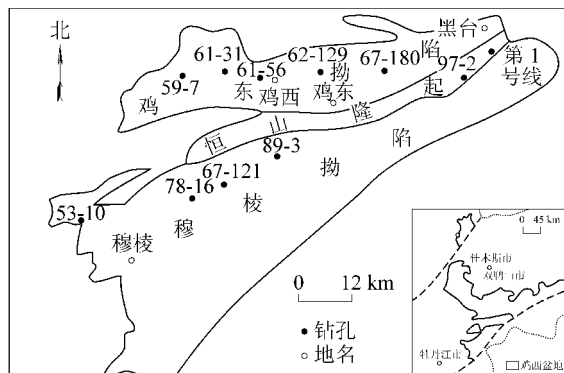


图1 鸡西盆地地理位置及钻孔分布

Fig.1 Location of Jixi Basin area and distribution of drillings

北部条带为不对称的大型复向斜,称为鸡东坳陷,呈东西向展布,主要包括麻山、大同村、大通沟、滴道、西鸡西、城子河、正阳、东海、永安、太平、黑台等地;南部条带亦为大型复向斜,称为穆棱坳陷,走

向 NE-NEE,主要包括光义、穆棱、平岗、恒山、二道河子、张新、荣华、平阳镇等地。鸡西盆地基地性质复杂,由太古界麻山群,元古界黑龙江群变质岩、混合岩,上古生界浅变质岩,元古代混合花岗岩,加里东期、海西期、印支期花岗岩等组成。盆地内白垩系鸡西群城子河组和穆棱组是该盆地主要含煤岩组,其中城子河组含煤 40 余层,最多可达 56 层,可采煤层 7~20 层,可采煤层累计厚度为 4.88~17.23 m,是鸡西盆地主采层位;穆棱组含煤 20 余层,可采或局部可采 1~8 层。

2 断陷盆地层序模式与构造特征

起源于被动大陆边缘的层序地层学,在海相盆地的应用中取得了巨大的成功,在陆相断陷盆地的应用,也逐渐得到重视,并取得了一定的成果,如提出了许多断陷盆地的层序模式^[18-22]。但是区别于海相盆地,陆相断陷盆地研究有其独特之处:①与海相盆地相比,断陷盆地湖平面变化频率要远大于海平面,且构造活动对盆地的影响更大,因此控制层序形成的主导因素是构造活动;②并不是所有湖盆都会有煤炭聚集,只有当降水量大于湖盆水体蒸发量且基底沉降速率较低时,才会有有煤炭聚集^[23],因此,气候对湖平面变化的影响显著大于海平面;③在断陷盆地中可以近似地把湖平面看作基准面,因为湖平面的变化与相对海平面的变化在控制层序的形成机制上相似^[18],这样就有利于利用基准面升降变化而引起的可容空间变化和沉积物供给速率来解释层序级别的划分和层序的形成过程。

鸡西断陷盆地总体呈菱形断块,NEE 向展布,近东西向的平麻断层将盆地分割为南北 2 个条带,盆地东南侧为敦密断裂,整体边界较规则。盆地从滴道组到城子河组、穆棱组发展演化如图 2 所示。

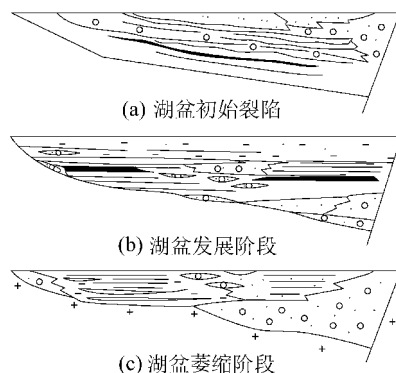


图2 鸡西盆地早白垩世盆地演化示意

Fig.2 Sketch of evolution of early Cretaceous in Jixi Basin

其中B、C时期的沉积模式与图3中城子河组和穆棱组沉积组合基本一致,而B时期聚煤作用最好,即对应于湖盆发展阶段的城子河组。

3 鸡西盆地早白垩世层序地层格架

陆相断陷盆地一般均与海洋隔绝,盆地特征与被动大陆边缘盆地明显不同,因此在层序划分、层序级别、层序模式及体系域划分时不能照搬经典层序地层学理论,但是亦不能完全脱离该理论,应根据断陷盆地形成的动力学机制及湖盆的发展模式来确定层序的划分,笔者结合冯有良等^[24]提出的陆相断陷盆地层序级别划分原则对鸡西盆地进行划分,认为三级层序是有幕式断陷、气候三级旋回和叠加其上的米兰科维奇旋回函数的基准面升降旋回的产物,根据层序界面、初始湖泛面、最大湖泛面把一个层序划分为低位体系域(LST)、湖侵体系域(TST)、高位体系域(HST)。

3.1 关键层序界面的识别

关键界面的识别主要通过地震相、测井相、岩相组合特征、古生物特征、地球化学及古地磁特征、界面附近盆地构造和充填特征等进行识别,针对鸡西盆地来说,主要根据以下标志进行关键界面的识别。

1)层序界面在湖盆边缘通常表现为区域性不整合面或河道下切冲刷面,而在湖盆内部常为连续沉积的整合面。其识别的具体特征如下:①区域不整合面:古构造运动形成的不整合面是等时面。研究区城子河组与下伏滴道组、城子河组与上覆穆棱组为平行不整合面,穆棱组与上覆东山组为角度不整合;②下切谷砂砾岩体及伴随的冲刷面的发育:伴随着湖平面相对下降,由河流回春作用形成的下切谷是层序界面的典型标志。下切谷充填沉积一般以叠置的厚层及透镜状砂砾岩体为特征,可根据下切谷砂体的规模及其垂向的叠置关系把层序界面处的下切谷沉积与次级层序的河道砂岩区别开来。研究区穆棱组和城子河组之间有明显的冲刷面。

2)初始湖泛面的识别。以出现薄而稳定的灰色泥岩、白云岩、生物灰岩或油页岩等细粒岩石为特征,研究区在城子河组和穆棱组将河道下切谷或河道滞留沉积的砂砾岩之上覆盖的泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩等较细的岩性底面定为初始湖泛面。

3)最大湖泛面。最大湖泛面为基准面旋回内基准面或可容空间速率增加最快、水体最深时形成的沉积面。其识别特征如下:①在一套粒度向上变

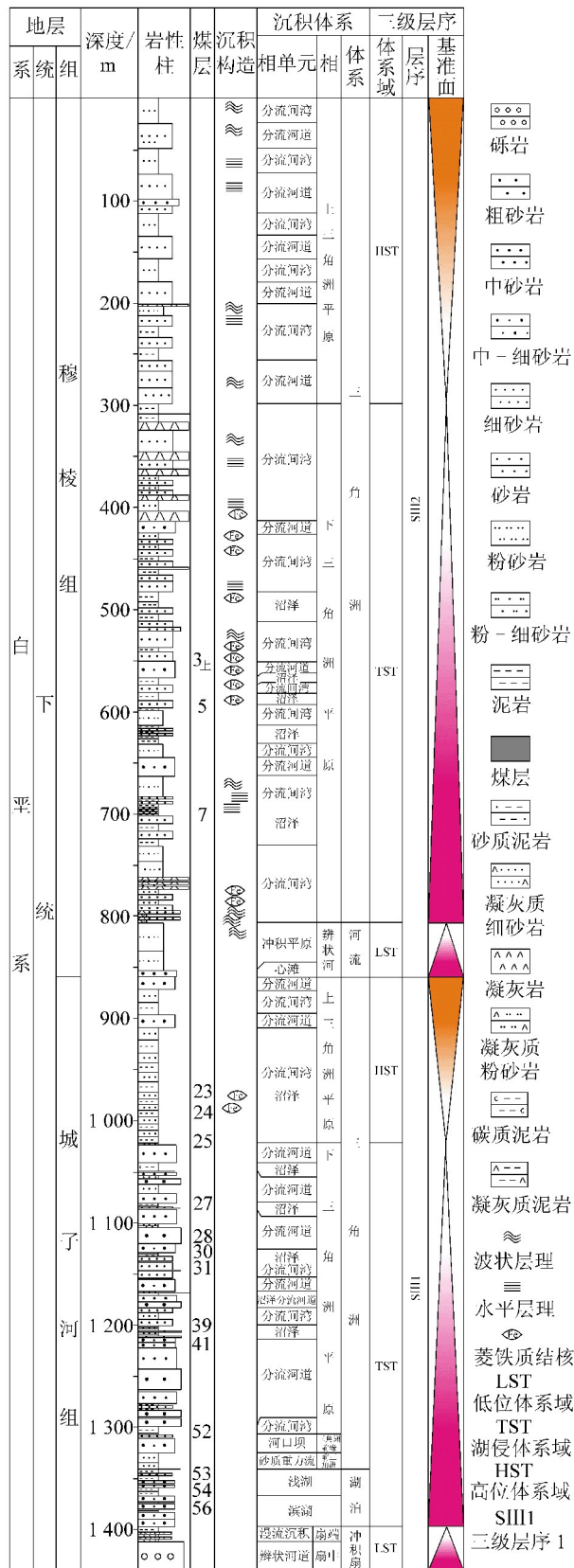


图3 鸡西盆地早白垩世沉积环境与层序地层综合柱状

Fig.3 Integrated column of sedimentary environment and sequence stratigraphy of early-ertoo in Jixi Basin

细、水体变深的沉积序列中,代表最深的岩相一般为泥岩、粉砂质泥岩,这样的岩性一般以相对较大的厚度出现时,可将其底面作为最大湖泛面的位置;②最深的岩性岩相若在剖面上重复出现,那么在厚度上向上变到最厚的层位的底面即为最大湖泛面位置。

3.2 层序划分

根据以上层序界面识别原则,研究区早白垩世含煤岩系共识别出3个层序界面,划分为2个三级层序(图3)。由于该含煤岩系延续时间大致为125~113 Ma,则每个三级层序时间大致延续了6 Ma。

1)三级层序 SIII1:大致对应早白垩世城子河组沉积。层序底界面为城子河组与下伏滴道组平行不整合面,顶界面为城子河组与上覆穆棱组平行不整合面。该层序发育低位体系域、湖侵体系域及高位体系域。低位体系域为一套冲积扇相灰白色砾岩;湖侵体系域主要由一套滨浅湖—辫状河三角洲相中—细砂岩、粉砂岩、泥岩夹煤层组成。该时期盆地处于稳定发展阶段,沉积物供给速率缓慢,沉积速率低于基准面上升速率,剩余可容空间增强,多处于欠补偿状态,只有当湖平面下降使基底变浅之后湖平面重新上升过程中才会产生适于泥炭层堆积的可容空间,此时的煤层常形成于湖侵体系域的初期—中期。高位体系域为上三角洲平原相细砂岩夹粉砂岩。

2)三级层序 SIII2:大致对应于早白垩世穆棱组沉积。层序底界面为与下伏城子河组平行不整合面,并且发育辫状河河道底部冲刷面。层序顶界面与上覆东山组为角度不整合。层序2发育低位体系域、湖侵体系域和高位体系域。低位体系全区发育,湖侵体系域和高位体系域只在局部发育。低位体系域为辫状河相砾岩,粗—中砂岩组成;湖侵体系域为下三角洲平原相沉积,岩性主要为细砂岩、粉砂岩、泥岩夹煤层组成。此时期,处于盆地萎缩早期,陆源碎屑供给速率大于基准面上升速率,可容空间减少,只有当基准面上升速率较大时才能与泥炭堆积速率持平,形成煤炭,此时对应于湖侵体系域的中晚期。高位体系域为上三角洲平原相灰绿色泥岩、粉砂质泥岩与粉、细砂岩呈不等厚互层,夹凝灰岩及煤线。

4 断陷盆地层序地层格架内的聚煤作用分析

断陷盆地演化和层序的发育主要受控于构造活动和气候变化,因此影响煤层发育的最重要的因素是基底沉降和沉积环境^[25],泥炭的堆积和保存需要

合适的水位^[26],即可容空间变化速率(基准面变化速率)必须与泥炭沉积速率保持某种平衡关系,才有利于泥炭的堆积和保存^[9]。

在断陷盆地中可容空间变化速率(基准面变化速率)与盆地基底沉降速率、沉积物供给速率等关系密切,而以上各因素的综合结果控制聚煤作用的强弱,盆地剩余可容空间增加速率最大的位置(盆地沉积中心)处于盆地陡坡带与缓坡带过渡地区,所以断陷盆地沉降中心与沉积中心不一致。研究区早白垩世层序 SIII1 和 SIII2 分别对应于盆地稳定发展阶段和萎缩阶段,从聚煤作用来看,层序地层格架内煤层的发育具有明显的规律性,从层序 SIII1 到 SIII2 聚煤作用逐渐减弱。层序 SIII1 多发育全区可采的煤层,层数较多;层序 SIII2 发育煤层较薄,可采程度较层序 SIII1 差(图4)。

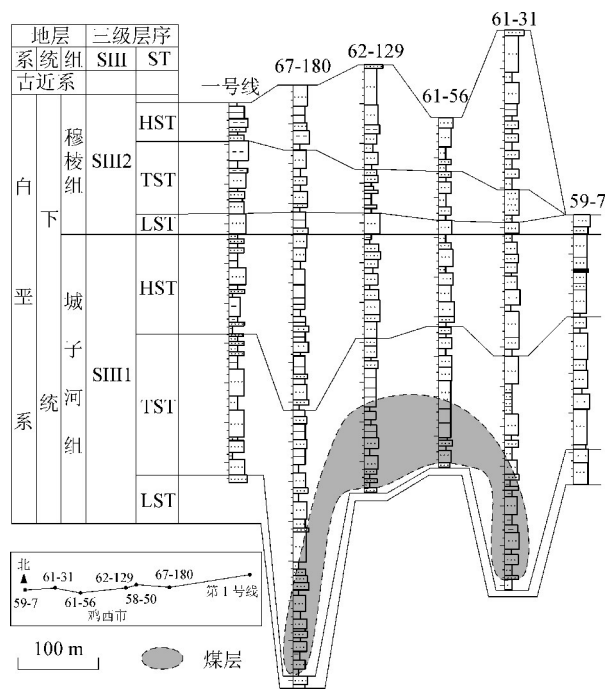
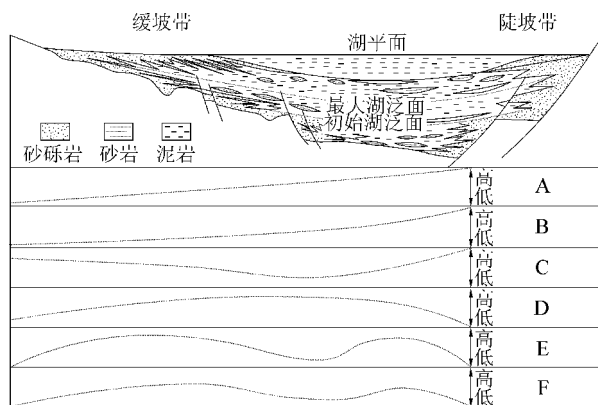


图4 鸡西盆地早白垩世体系域特征对比剖面

Fig.4 Corelation graph of system tract of early Cretaceous in Jixi Basin

鸡西断陷盆地聚煤模式如图5所示^[27],盆地稳定发展阶段,煤层主要发育在缓坡带和陡坡带的三角洲平原环境,缓坡带好于陡坡带,而在深水湖泊相煤层几乎不发育,所以聚煤强度曲线呈双峰分布;在盆地萎缩阶段,煤层的发育与盆地稳定阶段相似,但是聚煤强度明显弱于前者,另外,由于湖泊水位变浅,适合煤炭聚集,因此该阶段的湖泊相有煤层发育。因此,从盆地边缘到沉积中心等时地层格架下

沉积相和聚煤作用有规律的迁移为断陷盆地的煤炭资源勘探提供了科学依据和指导。



A—基底沉积速率;B—可容空间增加速率;C—沉积物供给速率;
D—剩余可容空间增加速率;E—稳定发展阶段;F—裂陷萎缩阶段

图5 断陷盆地聚煤模式

Fig.5 Sketch of accumulation model in faulting basin

4 结 论

1) 鸡西断陷盆地早白垩世含煤岩系形成于三角洲沉积体系,以区域性分布的与下切谷砂岩共生的间断面、区域不整合面等为层序边界,可划分为2个三级层序,分别对应于城子河组和穆棱组;

2) 鸡西断陷盆地早白垩世时期处于湖盆稳定发展阶段向萎缩阶段过渡,湖盆稳定发展阶段沉降速率缓慢、陆源碎屑供给相对较少,可容空间增加速率和泥炭堆积速率相对平衡,主要发育了三角洲平原相,有利于煤炭的聚集;湖盆萎缩阶段聚煤作用弱于稳定发展阶段。

3) 在鸡西断陷盆地早白垩世层序地层格架中,煤层主要在三级层序中的湖侵体系域发育,且整个湖侵体系域均有煤层发育,其次为低位体系域和高位体系域。

参考文献 (References):

- [1] BOHACS K, SUTER J. Sequence stratigraphic distribution of coaly rocks: fundamental controls and paralic examples [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81: 1612-1639.
- [2] 高文秀, 牛永斌. 豫西北奥陶系马家沟组三段的层序地层划分 [J]. 中州煤炭, 2016(11): 112-115, 120.
GAO Wenxiu, NIU Yongbin. Sequence stratigraphic division of Ordovician Majiagou Formation in northwest of Henan Province [J]. Zhongzhou Coal, 2016(11): 112-115, 120.
- [3] 陈江峰, 周 阳, 李 猛, 等. 准格尔煤田西南缘太原-山西组层序地层与聚煤规律 [J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(10): 172-178.

CHEN Jiangfeng, ZHOU Yang, LI Meng, *et al.* Sequence stratigraphy and coal accumulation law of Taiyuan - Shanxi Formation in southwest of Jungar Coalfield [J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(10): 172-178.

- [4] 邵龙义, 张鹏飞, 刘钦甫, 等. 湘中下石炭统测水组沉积层序及幕式聚煤作用 [J]. 地质论评, 1992, 38(1): 52-59.
SHAO Longyi, ZHANG Pengfei, LIU Qinfu, *et al.* The lower Carboniferous Ceshui Formation in central Hunan, South China: depositional sequences and episodic coal accumulation [J]. Geological Review, 1992, 38(1): 52-59.
- [5] 李增学, 魏久传, 韩美莲. 海侵事件成煤作用: 一种新的聚煤模式 [J]. 地球科学进展, 2001, 16(1): 120-124.
LI Zengxue, WEI Jiuchuan, HAN Meilian. Coal formation in transgressive events: a new pattern of coal accumulation [J]. Advance in Earth Science, 2001, 16(1): 120-124.
- [6] SHAO Longyi, ZHANG Pengfei, GAYER R A, *et al.* Coal in a carbonate sequence stratigraphic framework: The Upper Permian Heshan formation in central Guangxi, southern China [J]. Journal of the Geological Society, London, 2003, 160: 285-298.
- [7] CROSS T A. Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycles, Upper Cretaceous, Western Interior, U.S.A. In: Wilgus C K, *et al.*, eds. Sea-level changes: An integrated approach [M]. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists 1988, Special Publication 15, 293-308.
- [8] HAMILTON D S, TADROS N Z. Utility of coal seams as genetic stratigraphic sequence boundaries in nonairline basins: an example from the Gunnedah basin [J]. Australia AAPG Bull, 1994, 78(2): 267-286.
- [9] AITKEN J F, FLINT S S. The application of high resolution sequence stratigraphy to fluvial systems: a case study from the Upper Carboniferous Breathitt Group, eastern Kentucky, USA [J]. Sedimentology, 1995, 42(1): 3-30.
- [10] 周 凯, 鲁 静, 邵龙义, 等. 具缓坡边缘型陆相盆地沉积层序与聚煤模式 [J]. 煤炭学报, 2016, 41(S1): 169-177.
ZHOU Kai, LU Jing, SHAO Longyi, *et al.* Sequence stratigraphy and coal accumulation of continental basin with gentle slope margin [J]. Journal of China Coal Society, 2016, 41(S1): 169-177.
- [11] 王东东, 李增学, 吕大伟, 等. 陆相断陷盆地煤与油页岩共生组合及其层序地层特征 [J]. 地球科学, 2016, 41(3): 508-522.
WANG Dongdong, LI Zengxue, LYU Dawei, *et al.* Coal and oil shale paragenetic assemblage and sequence stratigraphic features in continental faulted basin [J]. Earth Science, 2016, 41(3): 508-522.
- [12] 邵龙义, 张正飞, 李永红, 等. 柴北缘航垭地区侏罗纪含煤岩系层序地层研究 [J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(7): 19-23.
SHAO Longyi, ZHANG Zhengfei, LI Yonghong, *et al.* Study on sequence stratigraphy of Jurassic coal-bearing measures in Hangya Area of North Qaidam Basin [J]. Coal Science and Technology, 2013, 41(7): 19-23.
- [13] 邵龙义, 肖正辉, 汪 浩, 等. 沁水盆地石炭—二叠纪含煤岩系

- 高分辨率层序地层及聚煤模式[J].地质科学,2008,43(4):777-791.
- SHAO Longyi, XIAO Zhenghui, WANG Hao, *et al.* Permo-Carboniferous coal measures in the Qinshui Basin: high resolution sequence stratigraphy and coal accumulating models[J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(4): 777-791.
- [14] 杨晓平,李仰春,柳震,等.黑龙江东部鸡西盆地构造层序划分与盆地动力学演化[J].吉林大学学报:地球科学版,2005,35(5):616-621.
- YANG Xiaoping, LI Yangchun, LIU Zhen, *et al.* Classification of tectonic sequence and dynamic evolution of Jixi Basin, Eastern Heilongjiang Province[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2005, 35(5): 616-621.
- [15] 杨晓平,李仰春,张杰,等.黑龙江东部下白垩统鸡西群层序地层划分与聚煤作用分析[J].华南地质与矿产,2005,4:40-44,70.
- YANG Xiaoping, LI Yangchun, ZHANG Jie, *et al.* Dividing of sequence stratum and the effect of collecting coal about lower cretaceous Jixi group in the eastern Heilongjiang Province[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2005, 4: 40-44, 70.
- [16] 周兴福,杨晓平,郝永鸿,等.鸡西盆地城子河组高分辨率层序地层研究与聚煤作用分析[J].地质调查与研究,2005,28(2):79-86.
- ZHOU Xingfu, YANG Xiaoping, HAO Yonghong, *et al.* High-resolution sequence stratigraphy features and mechanism of the coal formation in the Chengzihe Formation of Jixi Basin[J]. Geological Survey and Research, 2005, 28(2): 79-86.
- [17] 李仰春,娄本军,杨晓平,等.黑龙江鸡西盆地北部穆棱组高分辨率层序地层[J].地球科学与环境学报,2007,29(3):263-268.
- LI Yangchun, LOU Benjun, YANG Xiaoping, *et al.* High-Resolution sequence stratigraphy of Muling Formation in Northern Jixi Basin of Heilongjiang Province[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2007, 29(3): 263-268.
- [18] SHANLEY K W, MCCABE P J. Perspective on the sequence stratigraphy of continental strata[J]. AAPG Bulletin, 1994, 78(4): 544-568.
- [19] 纪友亮,张世奇.陆相断陷湖盆层序地层学[M].北京:石油工业出版社,1996:1-74.
- [20] ESCHARD R, LEMOUZY P, Bacchiuna, *et al.*, Combining sequence stratigraphy, geostatistical simulations and production data for modeling a fluvial reservoir in the Chauchoy field (Triassic, France)[J]. AAPG Bulletin, 1998, 82(4): 545-568.
- [21] 郭建华,宫少波,吴东胜.陆相断陷湖盆 T-R 旋回沉积层序与研究实例[J].沉积学报,1998,16(1):8-13.
- GUO Jiahua, GONG Shaobo, WU Dongsheng. Sedimentary sequence of the T-R cycle and a studied example in the continental fault lacustrine basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1998, 16(1): 8-13.
- [22] 冯有良,周海民,李思田,等.陆相断陷盆地层序类型与构造特征[J].地质论评,2004,50(1):43-49.
- FENG Youliang, ZHOU Haimin, LI Sitian, *et al.* Sequence types and structural characteristics in continental rift-subsidence basins[J]. Geological Review, 2004, 50(1): 43-49.
- [23] BOHACS K M, CARROLL A R, NEAL J E, *et al.* Lake-basin type, source potential, and hydrocarbon character: an integrated sequence-stratigraphic-geochemical framework, lake basins through space and time[J]. AAPG Studies in Geology, 2000, 46: 3-34.
- [24] 冯有良,李思田,邹才能.陆相断陷盆地层序地层学研究:以渤海湾盆地东营凹陷为例[M].北京:科学出版社,2006:7-12,124-126.
- [25] 邵龙义,肖正辉,何志平,等.晋东南沁水盆地石炭二叠纪含煤岩系古地理及聚煤作用研究[J].古地理论,2006,8(1):43-52.
- SHAO Longyi, XIAO Zhenghui, HE Zhiping, *et al.* Palaeogeography and coal accumulation for coal measures of the Carboniferous-Permian in Qinshui Basin, southeastern Shanxi Province[J]. Journal of Palaeogeography, 2006, 8(1): 43-52.
- [26] SHAO Longyi, ZHANG Pengfei, GAYER R A, *et al.* Coal in a carbonate sequence stratigraphic framework: the Upper Permian Heshan Formation in central Guangxi, southern China[J]. Journal of Geological Society, 2003, 160: 285-298.
- [27] 鲁 静,邵龙义,魏克敏,等.扬子准地台西缘宝鼎断陷盆地层序格架下古地理演化与聚煤作用[J].煤炭学报,2009,34(4):433-437.
- LU Jing, SHAO Longyi, WEI Kemin, *et al.* Paleogeographical evolution and coal accumulation in a sequence stratigraphic framework in the Baoding fault basin of western Yangtze Paraplatform[J]. Journal of China Coal Society, 2009, 34(4): 433-437.