

# 鲁西地区陆表海含煤沉积凝缩层特征与分布

魏久传, 吕大炜, 陈晓燕

(山东科技大学 山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室, 山东 青岛 266510)

**摘要:** 运用沉积学、层序地层学、古生物学等多学科相结合研究方法, 对鲁西晚古生代陆表海地层中的凝缩层沉积特征及其空间展布进行了分析。研究发现: 鲁西陆表海盆地层序的凝缩层主要形成于远洋的浅水环境, 以灰至浅灰色的中厚层生物泥晶灰岩为主, 局部地区变为黑色页岩或泥岩。在此基础上, 分析了不同层序内的凝缩层分布特点, 其中: 层序1的凝缩层总体以海相灰岩为主, 在西部过渡为海相泥岩; 层序2的凝缩层主要是泥晶灰岩及其与煤层之间的薄层黑色泥岩, 为层序地层界面对比重要标志; 层序3的凝缩层以灰岩和泥岩为主, 厚度较薄。

**关键词:** 陆表海盆地; 凝缩层; 层序地层; 鲁西

中图分类号: P542.3

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2011)02-0030-06

## Characteristics and Distribution of Condensed Seam in Continental Sea Coal-bearing Sedimentation in Western Shandong

WEI Jiuchuan, LV Dawei, CHEN Xiaoyan

(Shandong Provincial Key Laboratory of Depositional Mineralization & Sedimentary Minerals, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266510, China)

**Abstract:** Based on the multi-discipline research method of sedimentology, sequence stratigraphy and paleontology, this paper analyzed the sedimentary characteristics of the condensed seam in the continental sea strata of late-Paleozoic era and its special distribution in the western Shandong province. The study shows that the condensed seam of continental sea basin is mainly formed in pelagic shallow water, which is chiefly composed of middle-thick layer biomicrite, whose color is in the range from grey to lightgrey, and turns into black mudstone in some places. On that basis, the distribution characteristics of condensed seams in different sequences were also analyzed. In sequence 1, the sedimentation of condensed seam is mainly marine limestone, which turns into marine mudstone in the west of the research area. In the sequence 2, the condensed seam is consisted of micrite and thin layers of black mudstone lying between coal bed and micrite, which is the important marking for the comparison of sequence boundary. And the condensed seam of sequence 3 includes limestone and mudstone, but it is not thick.

**Key words:** continental sea basin; condensed seam; sequence stratum; western Shandong

层序地层学中的凝缩层(又称密集段)在层序地层划分和研究中具有特殊的地质意义。因此,其沉积特征及对比也成为现代层序地层学研究的热点问题。最初,凝缩层依据被动大陆边缘地区沉积特点定义<sup>[1-6]</sup>,是指在相对海平面上升至最大时期,于盆地内特别是远洋或半远洋地区(特指物源较远),由于物源供应少而形成的一种沉积速率极缓慢的深海相-半深海相沉积物。这种沉积物是厚度极薄的无侵蚀而连续性的沉积单元,缺少陆源碎屑物质,其层内动物群的分异度和丰度在整个层序中是最大的。

许多学者<sup>[1-5]</sup>提出凝缩层不仅能在深水中形成,也不一定是低速率沉积物,而是能够出现于任何可能的

收稿日期: 2011-01-20

基金项目: 山东省自然科学基金项目(Y2000E07)。

作者简介: 魏久传(1962—),男,山东博兴人,教授,博士,博士生导师,主要从事煤炭地质与水文地质研究。

E-mail: jcwec@126.com.

层序界面的收缩部位(HST)。虽然这种观点早已被人提及,但是没有真正进行应用分析。随着层序地层学的广泛应用,尤其是大型克拉通盆地层序地层学研究开展以来,不同层序划分方案致使凝缩层位的识别产生差异,而凝缩层研究直接影响到了高位体系域和海侵体系域的划分<sup>[1]</sup>,特别是直接影响了事件沉积区域内的层序地层界面的识别与划分,因此,对克拉通盆地凝缩层进行研究具有重要的层序地层学意义。本文以鲁西地区晚古生代地层沉积为例,分析了陆表海凝缩层沉积特征与分布,这对于华北地区的层序地层划分等基础性研究具有重要意义。

前人对该区所属华北板块进行了大量层序地层学研究<sup>[8-22]</sup>,但因层序划分方案至今没有统一,因此对凝缩层的理解和识别存在差异。华北地区晚古生代存在重大海侵事件<sup>[9]</sup>,而海侵事件沉积具有一个重要的特点就是等时性,因此,利用海侵事件沉积特点,能够较好地解决华北地区凝缩层识别问题。

### 1 区域地质背景

鲁西地区位于华北板块中东部,北靠渤海湾盆地,南邻两淮地区,是我国重要的煤炭生产基地,区内煤田主要包括聊城煤田、黄河北煤田、济东煤田、淄博煤田、肥城煤田、巨野煤田、汶宁煤田、兖州煤田、济宁煤田、新汶煤田、临沂煤田、滕县煤田等。其晚古生代地层包括本溪组、太原组、山西组、下石盒子组 and 上石盒子组。其中,晚石炭世一早二叠世的太原组和山西组为陆表海盆地沉积,主要发育了潮坪沉积体系、障壁-泻湖沉积体系及三角洲沉积体系。整个晚古生代沉积环境是由海相向陆相演化。

### 2 鲁西陆表海层序地层划分及凝缩层识别

鲁西陆表海盆地划分为3个三级层序,每个三级层序都包括海侵体系域和高位体系域,每个体系域可以划分相应的小层序(图1)。凝缩层主要分布在高位体系域底部与海侵体系域顶部,其中,层序1和层序2的凝缩层为厚层灰岩和煤层间的泥岩(富含微体古生物)及部分灰岩。另外需要说明的是,由于陆表海盆地内存在着很多高频海侵事件,在层序1和层序2中存在着很多类凝缩层沉积,其中最大几次海侵事件形成了三级层序的凝缩层沉积,而次一级海侵事件往往造成了盆地内的局部地区存在着类凝缩层沉积。层序3由于发生了海退,凝缩层表现为前三角洲泥岩和海相灰岩交替沉积。

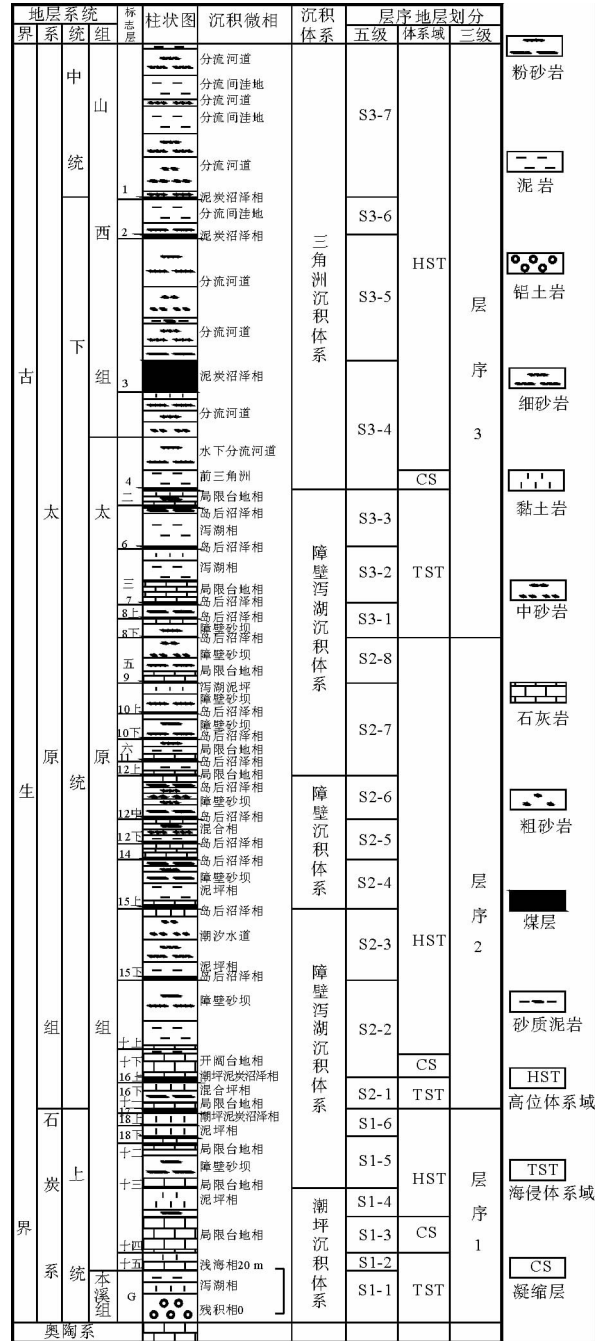


图1 鲁西地区含煤地层综合柱状层序划分及凝缩层识别图  
Fig. 1 The figure of division of integrated columnar sequences and identification of condensed seams in coal-bearing strata of western Shandong province

### 3 鲁西陆表海凝缩层的沉积特点

Baraboshin<sup>[2]</sup> 研究发现,凝缩层按照形成的沉积环境可以分为 4 大类:第一类为浅水环境,特指浅海环境,其水深不超过大陆坡折平均水深,即一般不超过 200 m;第二类为远洋的浅水环境,主要包括陆表海盆地或者在远洋沉积环境中的次级隆起处,该处没有陆相沉积物,往往形成了次一级的独立的台地;第三类为远洋沉积,特指盆地斜坡带;第四类指远洋深水沉积处。研究发现,鲁西地区陆表海凝缩层沉积(图 2)为第二类,即发生于陆表海盆地内,水体不是很深,距离物源较远的地区沉积,其沉积特征表现为以下 2 个特点:①形成了灰至浅灰色的中厚层浅水远洋生物泥晶石灰岩,如鲁西地区的十四灰下部和十下灰下部,其内发育了腕足类、牙形刺等海相生物化石。②局部地区由于海侵作用形成的水深差异造成了灰岩凝缩层相变为黑色页岩或泥岩(富含有机质和动物化石),反映出突发性海侵造成局部地区形成短暂的还原条件(缺氧事件),如鲁西地区的十四灰在济宁煤田相变为黑色泥岩,富含黄铁矿等还原类矿物。

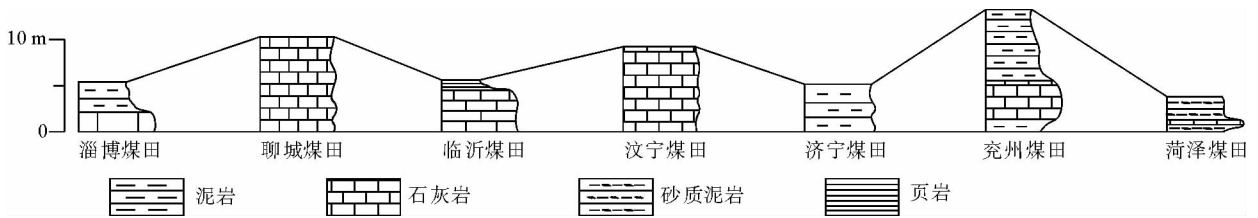


图 2 鲁西层序 1 凝缩层对比图

Fig. 2 The contrast diagram of the condensed seams in sequence 1 of western Shandong province

### 4 凝缩层空间分布

鲁西地区凝缩层分布呈现一定的规律性,其中,层序 1 和层序 2 的凝缩层沉积岩性主要是生物泥晶石灰岩,分布范围较广,含有大量的腕足类、蜓类等海相生物化石,陆源碎屑较少,形成了规模较大的台地相沉积,但是,由于海侵规模不同及古地理背景差异,层序 1 和层序 2 凝缩层在其空间分布上有一定差异。层序 3 海侵次数明显减少,凝缩层沉积表现为泥岩与石灰岩交替出现,这与整个华北海退有关。下面详细阐述这三个层序中的凝缩层或者类凝缩层。

1) 层序 1 的凝缩层一般为徐家庄灰岩(十四灰)上半部分,南北方向上表现为稳定的泥晶灰岩(图 3),这与整个晚石炭世(层序 1)海侵方向有关,海侵发生时,由北向南侵入盆地,一直延伸到鲁西南部地区。东西方向上,则表现为东部为泥晶灰岩,西部(菏泽地区)为黑色泥岩(图 4),由东及西陆源碎屑物质渐多,说明层序 1 的海侵是由东及西,西部受海侵影响程度较东部小。

2) 层序 2 的凝缩层主要是泥晶灰岩及其与煤层之间的薄层黑色泥岩,这与华北板块盆地属性有关。层序 2 为早二叠世沉积,华北板块由北低南高转换为北高南低,海侵由北东侵入转换为由南东向盆地腹地侵入,此时,整个华北板块接受海侵次数最多,海侵范围影响最广,因此,层序 2 凝缩层表现为灰岩或薄层黑色泥岩,且全区分布(图 3、图 4)。在层序 2 高位体系域中,存在着一些类凝缩层沉积体,主要是一些泥晶灰岩和黑色泥岩。这些沉积体在整个鲁西地区分布,富含腕足类等海相生物化石,这是次一级海侵形成的“饥饿面”沉积。研究发现,全区典型分布类凝缩层沉积有 2 套,都表现为饥饿性沉积,经过前人研究发现,其受到了沉积体系分布限制,尤其是障壁体系直接影响和限制了凝缩层的发育和分布。

3) 层序 3 凝缩层主要是以海相灰岩和海相泥岩为主,这与海水逐渐退出本区有关。研究发现,南部地区以灰岩为主,北部以泥岩为主,且东边较薄,西部较厚(图 3、图 4)。凝缩层内存在着一些海相化石,分布不稳定。由于受到了河控三角洲沉积环境的影响,致使凝缩层厚度总体较薄。

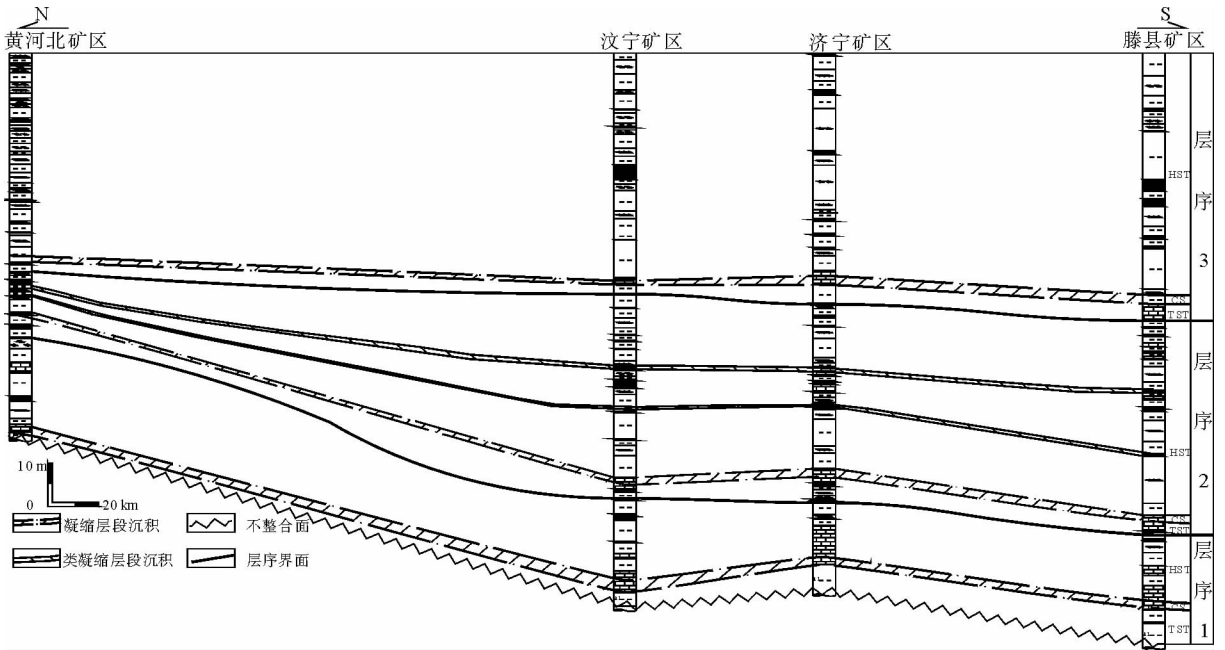


图 3 鲁西南北向不同层序凝缩层对比图

Fig. 3 The contrast figure of the condensed seams in different sequences at north and south directions in western Shandong province

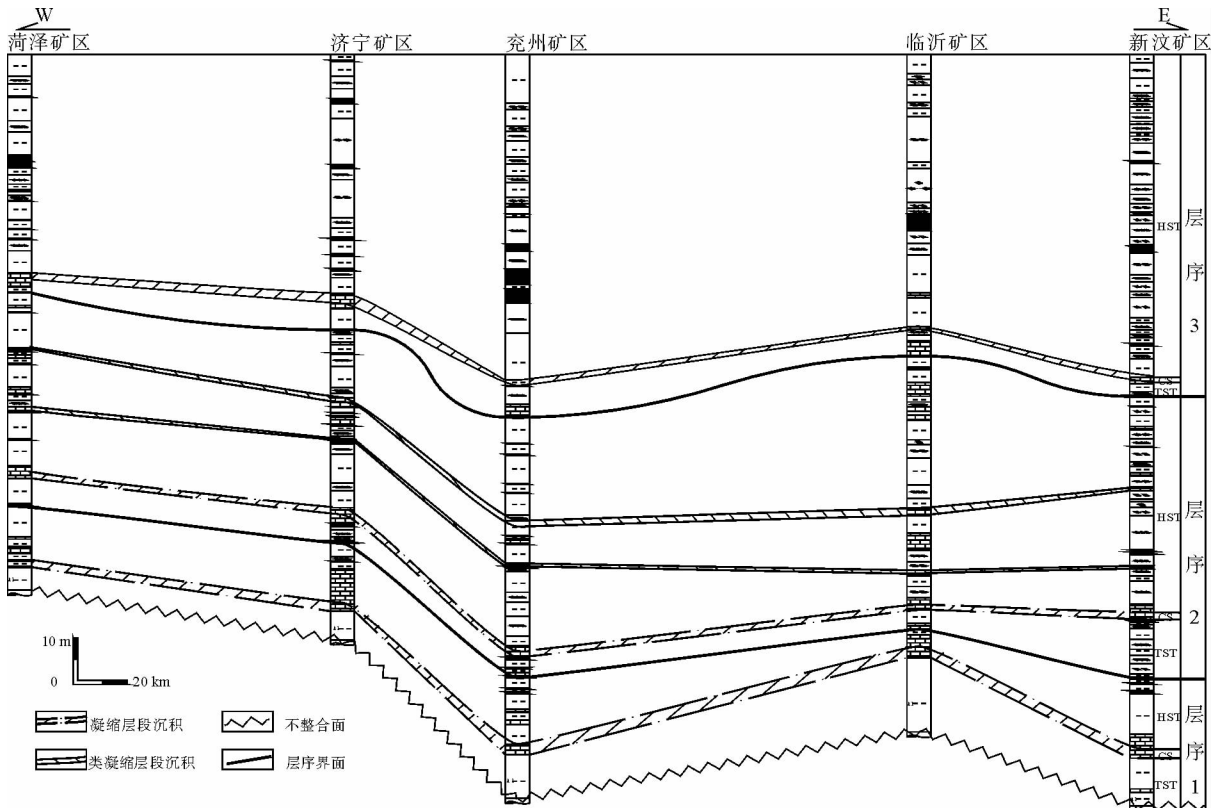


图 4 鲁西南东西向不同层序凝缩层对比图

Fig. 4 The contrast figure of the condensed seams in different sequences at east and west directions in southwest Shandong province

## 5 结论

1)鲁西地区凝缩层主要形成于远洋的浅水环境,即陆表海盆地内,其水体不是很深,距离物源较远,具体有两个特点:①岩性以灰至浅灰色的中厚层浅水远洋生物泥晶石灰岩为主,其内发育了腕足类、牙形刺等海相生物化石;②局部地区由于水深差异造成了灰岩凝缩层相变为黑色页岩或泥岩,反映出突发性海侵造成局部地区形成短暂的还原条件(缺氧事件),富含黄铁矿等还原类矿物。

2)不同层序内的凝缩层分布有如下特点:①层序1的凝缩层南北方向上表现为稳定泥晶灰岩;东西方向上则表现为东部为泥晶灰岩,西部过渡为海相泥岩,由西向东凝缩层厚度有减薄的趋势。②层序2的凝缩层主要是泥晶灰岩及其与煤层之间的薄层黑色泥岩,全区分布,为层序地层界面对比重要标志。在层序2高位体系中,由次一级海侵形成的“饥饿面”沉积成一些类凝缩层沉积体。③层序3凝缩层在南部地区以灰岩为主,北部以泥岩为主,东边较薄,西部较厚。凝缩层内存在着海相生物化石,分布不稳定。由于受到河控三角洲沉积环境的影响,致使凝缩层厚度总体较薄。

### 参考文献:

- [1]葛铭,孟翔化,陈荣坤,等.海绿石质凝缩层-克拉通盆地层序地层划分对比的关键:华北寒武系凝缩层的特征和含义[J].沉积学报,1995,13(4):1-15.  
GE Ming, MENG Xianghua, CHEN Rongkun, et al. Glauconitic condensed sections(CS): The key to correlation of sequence in the cration basin: Characteristics and implication of the cambrian condensed section of north China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1995, 13(4): 1-15.
- [2]BARABOSHKIN E Y. Condensed sections: Terminology, types, and accumulation conditions[J]. Moscow University Geology Bulletin, 2009, 64(3): 153-160.
- [3]陈荣坤.华北地台寒武纪沉积层序中关键地层单元:海绿石质凝缩层段[J].岩相古地理,1994,14(6):25-34.  
CHEN Rongkun. Key stratigraphic units-Glauconitic condensed sections in the cambrian depositional sequences on the north China platform[J]. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 1994, 14(6): 25-34.
- [4]蔡雄飞.凝缩段的地质意义和作用[J].地层学杂志,1995,19(1):72-76.  
CAI Xiongfei. Geological significance and use of the condensed member[J]. Journal of stratigraphy, 1995, 19(1): 72-76.
- [5]蔡雄飞.凝缩段成矿作用研究[J].矿物岩石地球化学通讯,1994(1):45-46.
- [6]李斌,邵长国,陈涌.凝缩段的识别及其地质意义[J].华南地质与矿产,2004(1):64-67.  
LI Bin, SHAO Changguo, CHEN Yong. Recognition of condensed section and its geological significance[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2004(1): 64-67.
- [7]CATUNEANU O. Principles of sequence stratigraphy[M]. Holland: Elsevier Science, 2006.
- [8]DIESSEL C F K. Coal-bearing depositional systems-coal facies and depositional environments: 8-coal formation and sequence stratigraphy[M]. New York: Springer-verlag, 1992.
- [9]李增学,李守春,魏久传,等.事件性海侵与煤聚积规律:鲁西晚石炭世富煤单元的形成[J].岩相古地理,1995,15(1):1-9.  
LI Zengxue, LI Shouchun, WEI Jiuchuan, et al. Episodic transgression and coal accumulation: An example from the late Carboniferous coal-rich units in the western Shandong coalfields[J]. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 1995, 15(1): 1-9.
- [10]李思田,李祯,林畅松,等.含煤盆地层序地层分析的几个基本问题[J].煤田地质与勘探,1993,21(4):1-9  
LI Sitian, LI Zhen, LIN Changsong, et al. Some fundamental problem: About sequence stratigraphic analysis of coal basin [J]. Coal Geology and Exploration, 1993, 21(4): 1-9.
- [11]何起祥,业治铮,张明书,等.受限陆表海的海侵模式[J].沉积学报,1991,9(1):1-10.  
HE Qixiang, YE Zhizhen, ZHANG Mingshu, et al. Transgression model of restricted epicontinentalsea[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1991, 9(1): 1-10.
- [12]吕大炜,李增学,刘海燕,等.华北晚古生代海平面变化及其层序地层响应[J].中国地质,2009,36(5):1079-1085.  
LV Dawei, LI Zengxue, LIU Haiyan, et al. The sea-level change and its response to the late Paleozoic sequence stratigraphy in north China[J]. Geology in China, 2009, 36(5): 1079-1085.
- [13]陈世悦.华北石炭二叠纪海平面变化对聚煤作用的控制[J].煤田地质与勘探,2000,28(5):8-11.

- CHEN Shiyue. Control of sea-level change to coal accumulation in Carboniferous-Permian, north China[J]. *Coal Geology & Exploration*, 2000, 28(5): 8-11.
- [14] DIESSEL C, BOYD R, WADSWORTH J, et al. On balanced and unbalanced accommodation/peat accumulation ratios in the Cretaceous coals from Gates formation, western Canada, and their sequence-stratigraphic significance[J]. *International Journal of Coal Geology*, 2000, 43: 143-186.
- [15] 李思田. 层序地层分析与海平面变化研究: 进展与争论[J]. *地质科技情报*, 1992, 11(4): 23-29.  
LI Sitian. Development of sequence stratigraphic analysis and the research on sea-level change, and about their controversy [J]. *Geological Science and Technology Information*, 1992, 11(4): 23-29.
- [16] 张鹏飞, 邵龙义, 代世峰. 华北地台晚古生代海侵模式综述[J]. *古地理学报*, 2001, 3(1): 15-24.  
ZHANG Pengfei, SHAO Longyi, DAI Shifeng. Dissions on the transgression model of the late Palaeozoic in the north China platform[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2001, 3(1): 15-24.
- [17] 邵龙义, 张鹏飞, 窦建伟, 等. 含煤岩系层序地层分析的新认识: 兼论河北南部晚古生代层序地层格架[J]. *中国矿业大学学报*, 1999, 28(1): 20-24.  
SHAO Longyi, ZHANG Pengfei, DOU Jianwei, et al. New considerations on coal measures sequence stratigraphy: A case study from the late Paleozoic coal measures in south Hebei[J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 1999, 28(1): 20-24.
- [18] 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): 288-295.  
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): 288-295.
- [19] 李增学, 王明镇, 余继峰, 等. 鄂尔多斯盆地晚古生代含煤地层层序地层与海侵成煤特点[J]. *沉积学报*, 2006, 24(6): 834-839.  
LI Zengxue, WANG Mingzhen, YU Jifeng, et al. Sequence stratigraphy of late Paleozoic coal-bearing measures and the transgressive coal-formed features in Ordos basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2006, 24(6): 834-839.
- [20] 郭英海, 刘焕杰. 鄂尔多斯地区晚古生代的海侵[J]. *中国矿业大学学报*, 1999, 28(2): 126-129.  
GUO Yinghai, LIU Huanjie. Transgression of late Paleozoic era in Ordos area[J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 1999, 28(2): 126-129.
- [21] 陈世悦, 刘焕杰. 华北石炭二叠纪层序地层学研究的特点[J]. *岩相古地理*, 1994, 14(5): 11-19.  
CHEN Shiyue, LIU Huanjie. Carboniferous Permian sequence stratigraphy in north China[J]. *Sedimentary Facies and Palaeogeography*, 1994, 14(5): 11-19.
- [22] 李宝芳, 温显瑞, 李贵东. 华北石炭、二叠系高分辨率层序地层分析[J]. *地学前缘*, 1999, 6(增): 81-93.  
LI Baofang, WEN Xianrui, LI Guidong. High resolution sequence stratigraphy analysis on the Permo-Carboniferous in north China platform[J]. *Earth Science Frontiers*, 1999, 6(s): 81-93.