

地质与矿产

## 章丘煤田含煤区石炭-二叠煤系层序地层学研究

吕育林<sup>1</sup>, 梁吉坡<sup>2</sup>

(1. 山东科技大学, 山东 青岛 266590; 2. 山东省地质科学研究院, 山东 济南 250013)

**摘要:**利用沉积学及层序地层学方法,通过对章丘煤田主要构造单元单井沉积相、层序地层分析,将章丘煤田石炭-二叠纪含煤岩系的本溪组、太原组、山西组划分为1个一级盆地层序、2个二级构造层序、3个三级层序。在层序内部识别最大湖泛面或与之相当的沉积转换面,划分体系域,并重点对三级层序的划分进行研究。研究认为:三级层序I发育高水位体系域和海侵体系域,主要由潮坪沉积体系、障壁-泻湖沉积体系和碳酸盐台地沉积体系组成;层序II发育海侵体系域和高水位体系域,主要由潮坪体系、滨外台地体系和障壁-泻湖沉积体系组成;层序III中低水位体系域、海侵体系域、高水位体系域都有较好发育,主要由浅水曲流河三角洲沉积体系组成。

**关键词:**石炭-二叠系;层序地层;沉积体系;章丘煤田

**中图分类号:**P539.2

**文献标识码:**A

随着煤炭资源的不断开采,人们开始将层序地层学应用于含煤岩系的研究,经过大量的研究和探索国内学者已经获得了巨大的研究成果<sup>[1-6]</sup>。该文结合国内外含煤岩系层序地层学成果进行分析,对章丘煤田含煤岩系层序地层学进行分析和研究,从而为研究区找煤预测提供理论依据。

## 1 区域地质背景

章丘煤田位于山东省北部章丘市境一带(图1),西部跨济南市历城区,因其位于济南市以东,20世纪70年代以来称济东煤田,西起济南市东郊,以大致沿着黄河卧牛山断层与黄河北煤田分界,东到禹王山断层与淄博煤田毗邻,南至石炭纪本溪组底部露头,东西走向长约70 km,南北宽约14.5 km,含煤面积1 101.7 km<sup>2</sup>。其中已探明面积273.4 km<sup>2</sup>,预测含煤面积828.3 km<sup>2</sup>。在中、新生代又发生了多次构造运动,形成了现今的构造格局。区内石炭-二叠系主要由海陆过渡相的陆源碎屑含煤岩系组成,其中,主要含煤地层为太原组和山西组,煤层分布广泛<sup>[7,8]</sup>。

## 2 沉积体系

在研究章丘煤田石炭-二叠系沉积体系时,共识

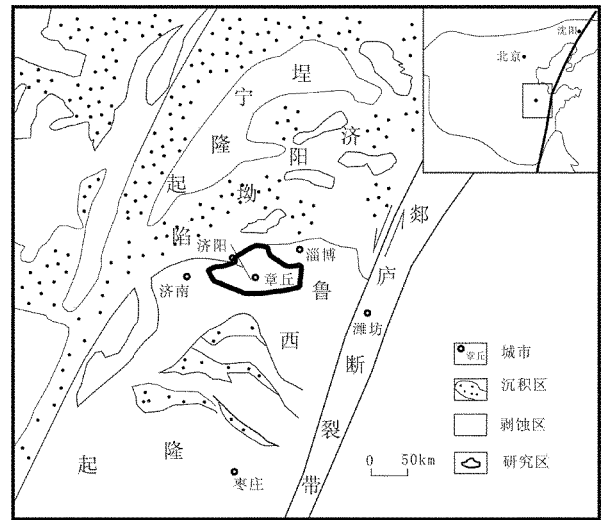


图1 章丘市区位置图

别出:障壁-泻湖沉积体系、潮坪沉积体系、滨外陆棚沉积体系和河控浅水三角洲沉积体系4种沉积体系。

(1)障壁-泻湖沉积体系。主要发育在石炭纪太原组,本溪组也有分布。发育障壁岛相、泻湖相等沉积相类型,在章丘煤田地层中该沉积体系中障壁岛具有发育规模较小、分布范围有限的特点。障壁岛相岩性以细粒石英砂岩为主,泻湖相岩性以深灰-灰黑色泥岩为主(图2)。

收稿日期:2013-05-06;修订日期:2013-08-05;编辑:王秀元

作者简介:吕育林(1987-),男,山东烟台人,硕士研究生,主要从事矿产普查与勘探研究工作;E-mail: yulinlv8789@163.com。

(2)潮坪沉积体系。潮坪相广泛分布于障壁岛岛后地带以及泻湖周围地带。其中潮坪相岩性以泥岩、砂质泥岩与粉砂岩互层为主,砂岩分选性较好,泥炭坪岩性主要以黑色炭质泥岩夹薄煤层为主(图 3)。

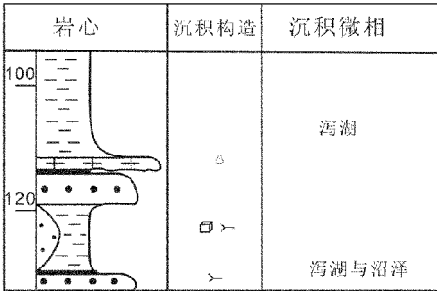


图 2 章丘岭子矿区 14 号井泻湖沉积特征

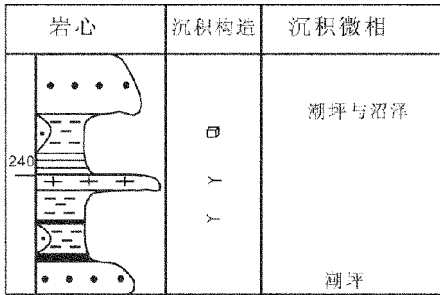


图 3 章丘岭子矿区 14 号井潮坪沉积特征

(3)浅水三角洲沉积体系。主要发育于早二叠世山西组中,岩性组合主要为砂泥岩夹多层薄煤层及炭质泥岩(图 4)。三角洲平原的大面积发育造就了广泛的成煤环境。该区主要发育三角洲平原亚相分流河道、泥炭沼泽、分流间湾和天然堤微相。分流河道微相岩性以中粗粒砂岩、含砾粗砂岩为主,垂向上呈正粒序。泥炭沼泽微相主要发育暗色泥岩、炭质泥岩、块状层理。分流间湾微相主要发育灰色、灰黑色泥岩和泥质砂岩。天然堤微相在该区不甚发育,主要发育砂泥岩互层,见微波状层理。

(4)滨外碳酸盐台地沉积体系。该类沉积相主要分布于早石炭世地层中,石灰岩层和泥灰岩层发育(图 5),主要是一些生物碎屑颗粒质泥岩和泥质颗粒岩,生物颗粒比较发育,生物化石常见有:有孔虫、介形虫、腕足等原地生物组合,以及一些异地搬运的生物化石碎片组合。

前人研究表明<sup>[9]</sup>,下部本溪组、太原组代表了稳定台地背景下的陆表海含煤盆地充填沉积序列,为一个原型盆地的充填层序,在本溪组沉积期,研究区上部主要发育泥岩和铝土质泥岩等泻湖、风化壳沉

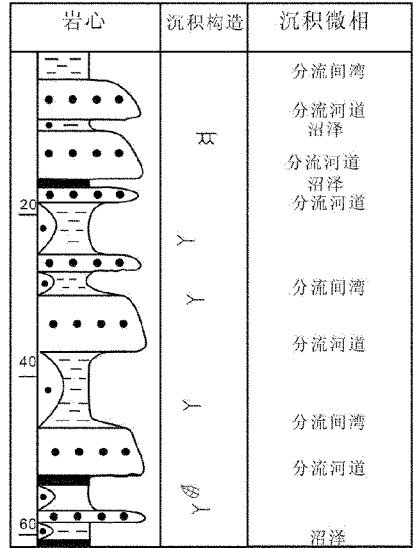
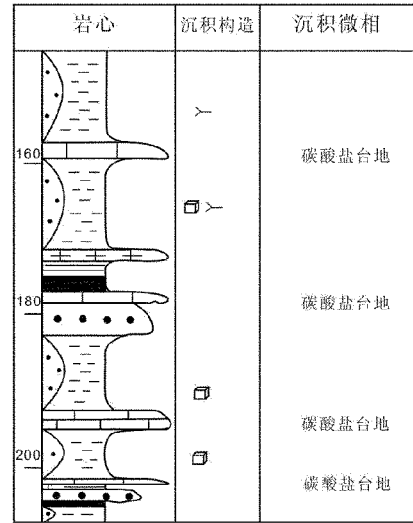


图 4 章丘平陵矿区 6 号井河控三角洲沉积



积,下部为砂岩沉积;在太原组沉积期,研究区主要发育有滨外碳酸盐岩陆棚相灰岩,泻湖相泥岩及冲越扇相、潮坪相砂岩沉积,而煤层则主要分布于泻湖和沼泽环境相中。在陆表海充填序列中以潮坪沉积体系的多次叠覆为特色。而在上部山西组沉积期为大型陆相盆地充填层序,研究区以发育三角洲平原分流河道砂岩及分流间区泥岩沉积为主,局部见河口坝砂岩,煤层主要形成于分流间湾沼泽环境。

### 3 层序划分

根据层序界面识别原则,在研究区石炭-二叠纪含煤岩系自下而上的本溪组、太原组、山西组中共识别出 4 个层序界面<sup>[10-12]</sup>,并将其划分为 3 个三级层

序(图 6)。层序主要特征分述如下:

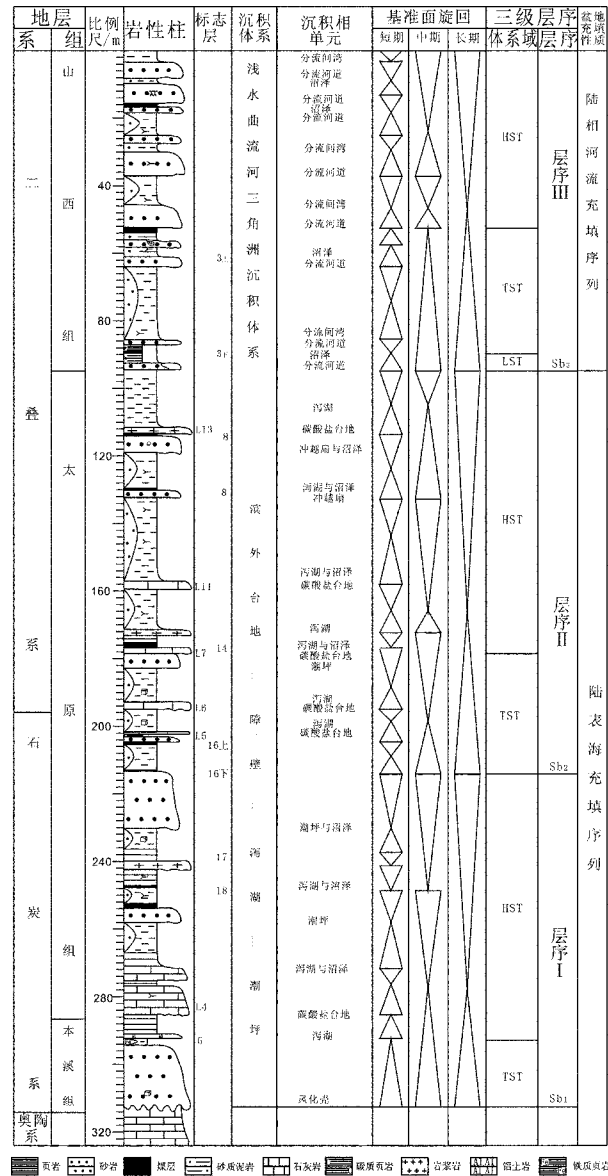


图 6 山东省章丘煤田石炭-二叠纪含煤岩系沉积相及层序地层柱状图

(1)层序 I。大致对应于晚石炭世本溪组及早二叠世太原组下部,地层厚约 100 m,层序底界面为一区域不整合面,即奥陶系与石炭系之间的界面。界面之下为奥陶纪巨厚层状灰岩,界面之上为本溪组古风化壳及铝土岩等标志层。发育煤层 17,18。层序 I 主要发育海侵体系域和高位体系域。海侵体系域在全区均有发育,主要由泻湖及沼泽相泥岩、碳质泥岩、铝土岩,碳酸盐台地相石灰岩、潮坪相砂岩等组成。风化壳标志着初始海泛面,代表海侵的开始。海侵面与层序界面基本一致,位于代表风化壳的铝土质粘土岩及泥岩的底面,代表基准面开始上

升。高位体系域也全区发育,主要由滨外碳酸盐台地相石灰岩、潮坪、沼泽及泻湖相粉砂岩、泥质粉砂岩和碳质泥岩组成。最大海泛面位于 13 号石灰岩的底面。

(2)层序 II。大致对应于早二叠世太原组中上部,地层厚约 150 m,层序底界面主要为泻湖、沼泽环境下形成的 16 号煤层的底面。发育煤层 8,14,16<sub>上</sub>,16<sub>下</sub>。层序 II 主要发育海侵体系域和高位体系域。海侵体系域主要由碳酸盐台地相石灰岩,泻湖与沼泽相砂岩、砂质泥岩、细砂岩以及煤层组成。16 号煤层的底面标志着初始海泛面,代表海侵的开始。海侵面与层序界面重叠,为该区典型的海侵方向转换面,以 16 号煤层底面为界,海侵方向由原来的北东向变为南东向<sup>[13]</sup>。高位体系域全区发育,主要由碳酸盐台地相石灰岩、障壁砂坝、潮坪和沼泽相砂岩、砂质泥岩、碳质泥岩及煤层等组成。

(3)层序 III。大致对应于二叠纪山西组,地层厚约 120 m,层序底界面为下三角洲平原分流河道下切谷砂岩底面。发育 3<sub>上</sub>、3<sub>下</sub> 煤层,但厚度较小。层序 III 发育低位体系域、海侵体系域及高位体系域。低位体系域全区发育,主要由下三角洲平原分流河道下切谷砂岩组成。海侵体系域在其余区域均发育,主要由分流河道相粗砂岩及中砂岩、分流间湾相细砂岩及粉砂岩、沼泽相泥岩及煤层等组成<sup>[14-18]</sup>。初始海泛面主要为代表着分流间湾沉积环境的一套粉砂岩的底面,有时直接为 3 号煤层底板。高位体系域全区发育,主要由粒度总体向上变细的分流间湾、分流河道砂体组成。最大海泛面位于 3 号煤层的顶面,其主要原因仍然是受中部的河道所影响。

### 4 基于层序格架下的古地理演化

章丘煤田三级层序 I 包括本溪组和太原组下部地层,在沉积时代上相当于晚石炭世早期到晚石炭世晚期初。中奥陶世末期的加里东运动,使章丘煤田西部上升,遭受长期风化剥蚀,地形起伏不平,在这种古地理背景中,早期沉积物就起到了填平补齐的作用。随着地壳的下沉,海水逐渐侵入,形成广阔的陆表海,发育了一套碳酸盐台地-泻湖相为主的沉积,大部分地区不具备成煤或仅发育有煤线<sup>[19]</sup>,总之,本溪期的泥炭沼泽相很不发育,造成泥炭堆积的时间短,有利于成煤的环境也很局限,因此,这一时期无重要的煤层发育。层序 I 沉积的总厚度较

小,一般为 40~60 m,古地理景观分布较均匀,古地理单元呈 NW—SE 方向展布,自 SW 向 NE 发育滨外泥质地台和滨外碳酸盐台地古地理单元(图 7),说明当时海水来自研究区的东北方向。

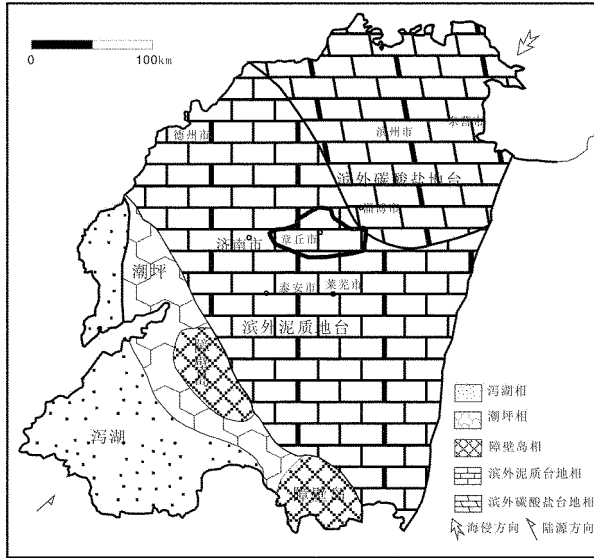


图 7 三级层序 I 岩相古地理图

章丘煤田三级层序 II 括包括太原组中上部,在沉积时代上相当于晚石炭世晚期和早二叠世早期,具体为太原组 16 号煤层底板到太原组顶部。早二叠世初始,由于海侵的扩大,沉积了台地相的徐灰,覆盖于本溪组煤层之上。由于地壳频繁的振荡运动,又出现了短暂的海退,在碳酸盐台地之上形成了泥炭坪,发育了不稳定的煤层,继而被海侵沉积物覆盖<sup>[20-22]</sup>。从 16 煤成煤前岩相古地理看,仅局部有障壁岛相,反映了成煤前古地形比较平坦,相带不够明显的特征,同时也反映了此期泥炭沼泽形成于广阔的潮坪之上。此期构造运动相对稳定,沉积了比较稳定的 16,17 煤层。从章丘煤田的古环境看,海进较晚,海退较早,聚煤时间长,发育了比较稳定的煤层,而南部聚煤时间相对较短,成煤效果差。层序 II 总厚度相对较大,一般为 90~120 m。该层序为陆表海有障壁海岸沉积,再经过层序 I 沉积期的填平补齐作用,层序 II 沉积时基底平坦,总体来看厚度由中间向四周增大。层序 II 地层岩性主要为泥岩、粉砂岩夹砂岩、石灰岩及煤层。层序 II 沉积期海侵主要来自南和东南方向,章丘煤田当时主要为潮坪和泻湖沉积,南部发育障壁岛古地理单元(图 8),层序 II (太原组主体)沉积期海侵主要来自南和东南方向,这与同时期华北盆地海侵方向一致。

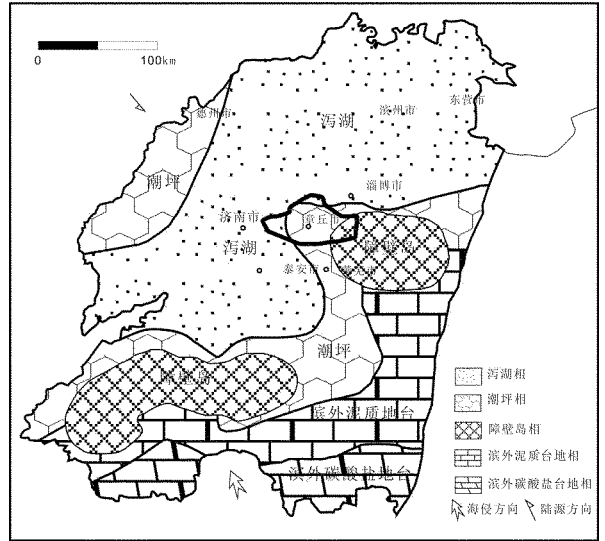


图 8 三级层序 II 岩相古地理图

三级层序 III 对应于山西组,在沉积时代上相当于早二叠世中早期。章丘煤田由开阔陆表海环境过渡为半封闭的泻湖海湾环境,在海退过程中,海湾逐渐被充填,而形成滨海平原,山西期在广阔的滨海平原,泻湖、潮坪基底上发育了三角洲平原。三角洲前缘沉积层序 III 的沉积厚度一般为 50~100 m。层序 III 砂岩较发育,其值变化范围较大,一般在 40~60 m 之间。山西期在章丘煤田形成以三角洲环境为主体的古地理景观(图 9),发育了以三角洲体系为主体间夹河流体系的沉积组合。区内没有海相沉积物发育,说明层序 III 沉积期华北发生大规模海退,章丘煤田已不再受海水作用的直接影响。章丘以西主要为三角洲平原相中的分流河道、分流河道一分流间湾、分流河道一河漫滩、泥炭沼泽的共生组合,而以东则主要为分流河道沉积,根据沉积物组合特征和发育特点及三角洲相的分布形态分析,章丘煤田西部则反映了三角洲前缘分流间湾的某些特点,而东部为河控浅水三角洲体系,从而决定了泥炭堆积的空间分布及大槽煤发育程度的差异<sup>[23,24]</sup>。存在着分流间湾一分流河道沉积,煤层发育较好,山西组煤层成为主采煤层,局部发育了河口沙坝等。

## 5 结论

(1)在研究章丘煤田石炭-二叠系沉积体系时,共识别出以下 4 种沉积体系,即障壁—泻湖沉积体系、潮坪沉积体系、滨外陆棚沉积体系和河控浅水三角洲沉积体系。整个煤田充填序列的沉积物粒度总

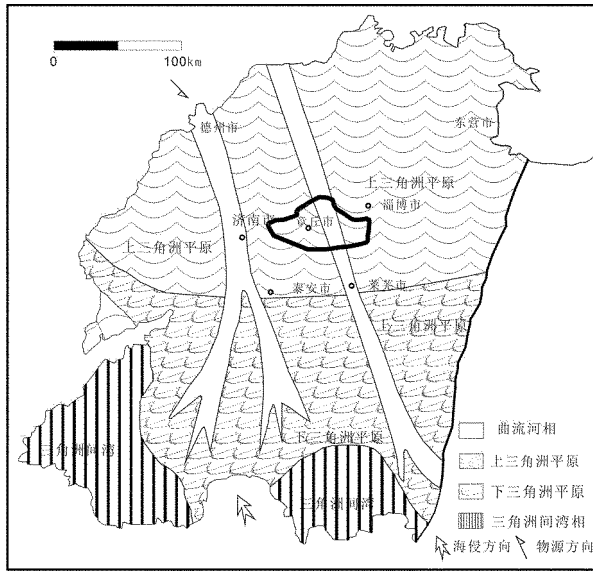


图9 三级层序Ⅲ岩相古地理图

体向上变粗,颜色向上变浅,海相沉积主要发育于陆表海层序中,含煤性自下往上变差。

(2)通过对研究区层序地层的研究认为层序Ⅰ发育高水位体系域和海侵体系域,主要由潮坪沉积体系、障壁—泻湖沉积体系和碳酸盐台地沉积体系组成,可以将其细分为2个4级层序。层序Ⅱ发育海侵体系域和高水位体系域,主要由潮坪体系、滨外陆棚体系和障壁—泻湖沉积体系组成,可以将其继续划分为3个4级层序单元。层序Ⅲ低水位体系域、海侵体系域、高水位体系域都有较好发育,主要由浅水曲流河三角洲沉积体系组成,可以细分为4个4级层序单元。

(3)恢复了章丘煤田等时层序地层格架下古地理演化:三级层序Ⅰ沉积时,古地理景观分布较均匀,古地理单元呈NW—SE方向展布,自南西向北东发育滨外碳酸盐台地古地理单元,当时古地理格局是西南高、东北低,海侵主要来自东北方向。三级层序Ⅱ在沉积时代上相当于晚石炭世晚期和早二叠世早期,章丘煤田当时主要为潮坪和泻湖沉积,古地理格局已变为北部高、南部低,海侵主要来自南方。三级层序Ⅲ对应于山西组沉积期受南北向的水系控制,古地理单元以三角洲平原为主,其次为曲流河等,盆地物源为NNW方向。

## 参考文献:

[1] Van Wagoner JC, Mitchum RM, Campion KM, et al. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops: Con-

cepts for high-resolution correlation of time and Bohacs K, Suter J. Sequence stratigraphic distribution of coaly rocks: Fundamental controls and paralic examples[J]. AAPG, 1997, (81): 1612—1639.

- [2] 邵龙义, 窦建伟, 张鹏飞. 含煤岩系沉积学和层序地层学研究现状与展望[J]. 煤田地质与勘探, 1998, 26(1): 4—9.
- [3] 邵龙义, 张鹏飞. 含煤岩系层序地层模式[J]. 长春科技大学学报, 1998, (专辑): 67—72.
- [4] 鲁静, 邵龙义, 刘天绩, 等. 柴北缘大煤沟地区侏罗纪含煤岩系层序地层学研究[J]. 西北大学学报, 2006, 36(专刊): 32—37.
- [5] 邵龙义, 鲁静, 汪浩, 等. 近海型含煤岩系沉积学及层序地层学研究进展[J]. 古地理学报, 2008, 10(6): 561—570.
- [6] 彭方思. 山东矿产资源现状与对策分析[J]. 山东国土资源, 2005, 21(12): 39—43.
- [7] 王世进, 万渝生, 张成基, 等. 鲁西地区早前寒武纪地质研究新进展[J]. 山东国土资源, 2008, 24(1): 10—20.
- [8] 李增学. 内陆表海聚煤盆地的层序地层分析——华北内陆表海聚煤盆地的研究进展[J]. 地球科学进展, 1994, 9(6): 65—70.
- [9] 张增奇, 刘书才, 杜圣贤, 等. 山东省地层划分对比厘定意见[J]. 山东国土资源, 2011, 27(9): 1—9.
- [10] 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.
- [11] 李增学, 魏久传, 李守春, 等. 内陆表海含煤盆地Ⅲ级层序的划分原则及基本构成特点[J]. 地质科学, 1996, 431(2): 186—190.
- [12] 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.
- [13] 吴因业. 煤层一种陆相盆地中的成因层序边界[J]. 石油学报, 1996, 17(4): 28—35.
- [14] 杨明慧, 夏文臣. 非海相前陆盆地含煤沉积层序地层分析: F以柴达木盆地大煤沟侏罗系剖面为例[J]. 煤田地质与勘探, 1998, 26(3): 1—5.
- [15] 李思田, 程守田, 杨士恭, 等. 鄂尔多斯盆地东北部层序地层学及沉积体系分析[M]. 北京: 地质出版社, 1992.
- [16] 陈世悦, 刘焕杰. 华北石炭—二叠纪层序地层学研究特征[J]. 岩相古地理, 1994, 14(5): 11—20.
- [17] 李宝芳, 温显端, 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(增刊): 81—94.
- [18] 金高峰, 龚绍礼, 张春晓, 等. 聚煤作用的层序模式[J]. 煤田地质与勘探, 2000, 28(1): 2—5.
- [19] 王明镇, 李增学, 余继峰. 鲁西—济阳石炭—二叠系层序地层对比[J]. 煤田地质, 2003, 31(5): 1—3.
- [20] 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]. 古地理学报, 2006, 8(1): 43—52.
- [21] 何志平. 环渤海湾西部石炭—二叠系高分辨率层序地层学及古土壤研究[D]. 中国矿业大学(北京)博士学位论文, 2006.
- [23] 吕大炜, 梁吉坡, 李增学, 等. 单县矿区高分辨率层序地层及成

煤作用研究[J]. 地球学报, 2008, 29(5): 633—638.

层序地层及聚煤特征[J]. 古地理学报, 2010, 12(1): 90—96.

[24] 张巍, 鲁静, 李英娇, 等. 鲁西南地区石炭纪—二叠纪含煤岩系

## Study on Carboniferous—Permian Coal—bearing Sequence Stratigraphy in Coal—bearing Area in Zhangqiu Coalfield

LV Yulin<sup>1</sup>, LIANG Jipo<sup>2</sup>

(1. Shandong University of Science and Technology, Shandong Jinan 266590, China; 2. Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** In this article, by using sedimentology and sequence stratigraphy method, through analysis on sedimentary facies and sequence stratigraphy of single well in major tectonic units in Zhangqiu coalfield, Benxi formation, Taiyuan formation and Shanxi formation of Carboniferous—Permian coal—bearing strata can be divided into one first—order basin sequence, two second—order tectonic sequences and three third—order sequences. Within the sequences, maximum flooding surface deposition or equivalent conversion surface have been distinguished, system fields have been divided, and the division of three orders sequences have been studied emphasisly. It is regarded that: third—order sequence I developed high level water system field and sea intrusion system field, and are mainly composed of tidal sedimentary system, barrier—lagoon sedimentary system and carbonate platform sedimentary system; sequence II developed sea intrusive system field and high water level system field, and are mainly composed of tidal system, offshore platform system and barrier—lagoon sedimentary system. Sequence III developed medium—low water level system, sea intrusive system field and high water level system, and are mainly composed of shallow meandering river delta sedimentary system.

**Key words:** Permian—carboniferous; sequence stratigraphy; sedimentary system; Zhangqiu coalfield