

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

# 山西大同晚古生代含煤地层的沉积特征 及其层序地层意义

赵省民 郑浚茂

(中国地质大学,北京)

**内容提要** 本文论述了山西大同晚古生代含煤地层的沉积特征及其层序地层学意义。该区的含煤地层虽包括碎屑-碳酸盐混合滨岸沉积、三角洲沉积及河流沉积三大类,但以河流沉积为主。通过这些沉积相特征的研究,分析了基准面升降和沉积相带的迁移规律,总结了碎屑储层和沉积相带分布与层序界面的关系。

**关键词** 山西大同 晚古生代 含煤地层 沉积特征 基准面 层序地层

山西大同晚古生代煤田濒临华北聚煤盆地北缘,含煤岩系是一组大陆环境十分显著、陆相地层占很大比例的含煤沉积<sup>[1]</sup>,由碎屑-碳酸盐混合滨岸带体系、三角洲体系及河流体系三大沉积类型构成。其中,本溪组全为混合滨岸沉积;太原组中下部为三角洲沉积,中上部和底部为河流沉积;山西组是一套纯河流相的沉积(图 1)。

迄今,华北晚古生代盆地油气勘探一直未取得重大突破,层序地层学作为一种在实践中被证明是行之有效的方法,可望为本区的油气勘探带来新希望。鉴于大同地区特殊的古地理位置,其晚古生代含煤地层沉积特征和层序地层的研究对于揭示华北晚古生代盆地的储层和沉积相分布与层序界面的关系,进而进行储层预测具有重要的理论和实际意义。

## 1 沉积体系特征

### 1.1 碎屑-碳酸盐混合滨岸带体系

**泻湖-潮坪相** 见于整个本溪组。由铝质泥岩、黑灰色泥岩、粉砂岩和细砂岩组成。砂岩分选磨圆较好,常见小型槽状交错层理、波状层理及沙泥互层层理;泥岩含植物化石,水平层理和透镜状层理发育,含菱铁矿和黄铁矿结核。

**开阔台地相** 为含生物砂质灰岩,即口泉灰岩。深灰色,有鲕、有孔虫、海百合、珊瑚等生物化石。普遍含中粒石英砂,块状构造,局部因夹泥质条带而具缓波状层理。

**局限台地相** 为深灰色泥质灰岩,即玉井灰岩。含极丰富的浸染状黄铁矿,层理不明显。生物十分单调,仅有瓣鳃类和腕足类,壳体较小,壳饰也不发育,但保存较好,指示盐度异常的生态环境。

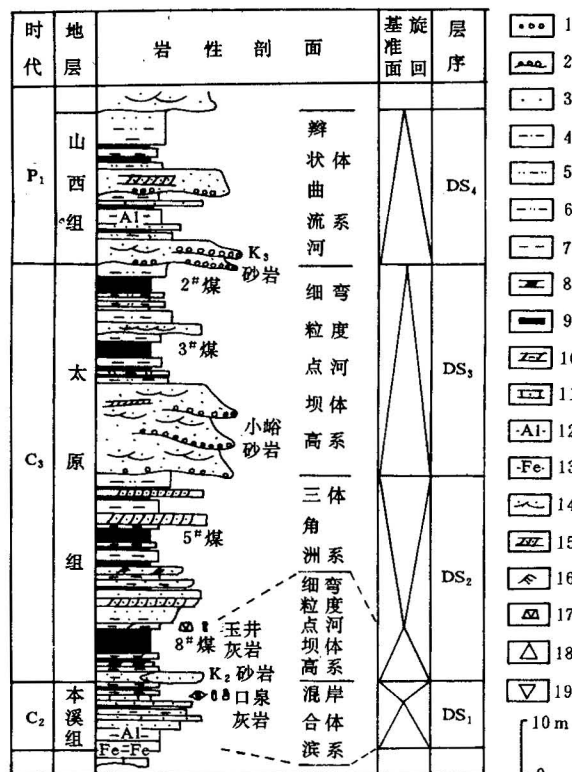


图1 大同(吴家窑)晚古生代含煤地层层序划分

Fig.1 Division of sequence of coal-bearing strata in the Datong region (Wujiayao)

- 1—砾岩;2—砾石层;3—砂岩;4—砂质泥岩;5—泥质粉砂岩;  
6—粉砂质泥岩;7—泥岩;8—炭质泥岩;9—煤;10—泥灰岩;  
11—砂质灰岩;12—铝质泥岩;13—铁质岩;14—槽状交错层理;  
15—板状交错层理;16—沙纹层理;17—动物化石;  
18—基准面上升;19—基准面下降;DS—沉积层序  
1—Conglomerate; 2—gravel layer; 3—sandstone; 4—sandy mudstone;  
5—pelitic siltstone; 6—silty mudstone;  
7—mudstone; 8—carbargillite; 9—coal; 10—marl;  
11—sandy limestone; 12—aluminous mudstone;  
13—ferruginous rock; 14—trough cross-bedding;  
15—tabular cross-bedding; 16—sand ripple bedding; 17—zoolite; 18—base level rise;  
19—base level fall; DS—depositional sequence

**细粒点坝高弯度河体系** 本区煤系中的该类河流沉积广泛分布于太原组底部和中上部,垂向上可明显分为两部分,即下部的河道沉积和上部的洪泛盆地沉积(图2),二者之比为0.3—2.0,各自的沉积特征分别为:

## 1.2 浅水三角洲体系

三角洲沉积仅赋存于本区太原组中部。沉积时极浅的陆表海环境使三角洲前缘很不发育,显示出浅水三角洲的典型特征。

**前三角洲相** 为含菱铁矿结核的黑色泥岩和含粉砂泥岩,含少量瓣鳃类,钙质胶结,块状构造。

**三角洲前缘相** 分布局限,为黑灰色泥质粉砂岩和灰白色中细粒长石石英砂岩,中夹菱铁质粉砂岩,钙质胶结。碎屑磨圆中等,但分选较差。具大、中型板状交错层理和逆粒序。

**三角洲平原相** 在本区很发育,依沉积特征不同分为上下两部分:

(1)下部分流河道是一套灰白色中细粒砂岩,底部常含细砾,分选较差,磨圆中等。具大型板状、槽状交错层理和正粒序。该分流河道砂体除在局部上覆于三角洲前缘外,大部地区都冲刷接触于前三角洲或泻湖沉积之上。

(2)上部为泛滥盆地沉积,主要是决口扇、泛滥平原及泥炭沼泽等亚相。决口扇亚相为中细砂岩和粉砂岩,分选磨圆较差,具板状交错层理和逆粒序;泛滥平原亚相主要是泥岩和粉砂岩,具水平层理和透镜状层理,植物化石丰富;泛滥盆地内的泥炭沼泽形成了本区的5#主煤层和其它薄煤层。

## 1.3 河流体系

Galloway 依据河道形态及其负载形式提出了新的河流分类<sup>[2]</sup>,它们是:富沙低弯度河、富泥低弯度河、细粒点坝高弯度河及粗粒点坝高弯度河。笔者认为此分类更能准确地描述本区河流的沉积特征。

(1)太原组中部的河道砂体呈典型的条带状或串珠状(图3),剖面上呈2—3个透镜体错位叠置;底部河道砂体为几个侧向相连的扁透镜体。砂体之底都有一宽缓起伏的冲刷面,其上是断续分布的细砾岩,分选磨圆较差,含炭质碎屑,砂体中上部是含砾中细粒砂岩,夹炭质条带,分选磨圆中等,钙质胶结,大中型槽状、板状和楔状交错层理极为发育,粒度和层系规模向上变小。

(2)泛滥盆地沉积包括天然堤、决口扇、泛滥平原、漫滩湖泊和泥炭沼泽等亚相。天然堤、决口扇亚相为中细砂岩和粉砂岩,分选磨圆中等,具水平层理、沙纹层理和槽状交错层理,含丰富植物化石和小云母

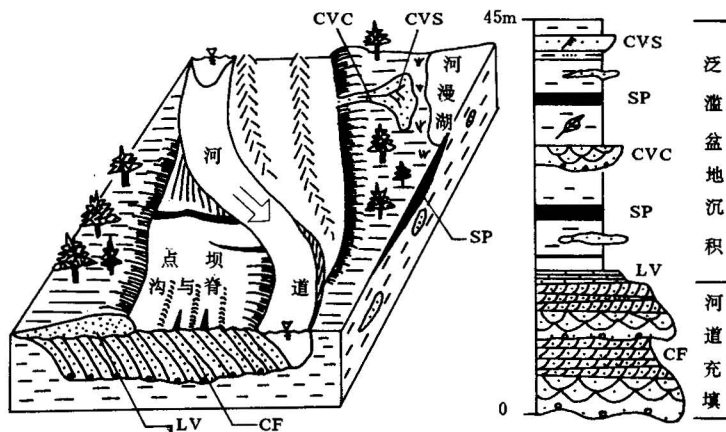


图2 大同地区细粒点坝高弯度河沉积模式与垂向序列

Fig. 2 Depositional model and vertical sequence of fine-grained point bar high-sinuosity streams in the Datong region

CF—河道充填;CVC—决口水道;CVS—决口扇;  
LV—天然堤;SP—沼泽泥炭

CF—Channel fill;CVC—crevasse channel;CVS—crevasse splay;LV—levee;SP—swamp peat

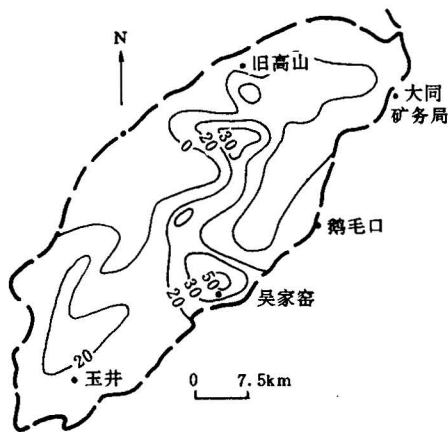


图3 大同小峪砂体平面形态

Fig. 3 Plane shape of Xiaoyu sand body in the Datong region

图中数字代表砂体厚度(m)

Numbers in Fig. 3 indicate a thickness of the sand body(m)

片。决口扇具逆粒序。泛滥平原亚相为灰黑色泥岩和粉砂岩。泥岩中不同程度地含粉砂,中夹煤线,大都含丰富的植物碎片和菱铁矿结核,具水平层理和透镜状层理;粉砂岩为泥质胶结,具缓波状层理和透镜状层理。漫滩湖泊亚相为很细密的高岭石泥岩和铝质泥岩,大都不含粉砂和植物化石,块状构造,偶见水体扰动构造,表明此时的地下水位很浅,与Galloway描述的该类河流的水文特征一致<sup>[2]</sup>。泥炭沼泽亚相在河间泛滥盆地内广泛发育,形成了2<sup>#</sup>,3<sup>#</sup>和8<sup>#</sup>煤及该层段内的其它薄煤层。

**辫状型曲流河体系** Galloway的富沙低弯度河就是低弯度(辫状)河。本区煤系缺乏典型的低弯度(辫状)河沉积,而存在一种介于低弯度(辫状)河与高弯度河之间的过渡型河流,笔者称其为辫状曲流河。它的河道形态及其内部特征与低弯度(辫状)河相似,而

其泛滥盆地沉积特征及其在整个河流沉积中的比例又类似于高弯度河,垂向结构(图 4)特征介于二者之间。该类河流见于山西组,河道砂体与泛滥盆地沉积之比大致 1:1,各自的沉积特征分别是:

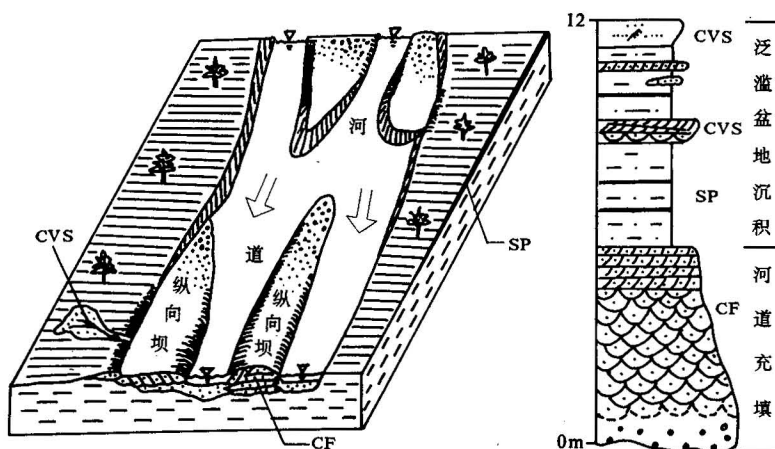


图 4 大同地区辫状曲流河沉积模式与垂向序列

Fig. 4 Depositional model and vertical sequence of braided-meandering streams in the Datong region

图中代号含义同图 2

Symbols in Fig. 4 as in Fig. 2

(1)河道砂体呈侧向连续的宽板状,厚度较稳定,具宽缓的冲刷底面。底部是断续的河床滞留细砾岩,砾石分选差,但磨圆尚好,粉砂、粘土胶结;中上部是含砾中粗粒砂岩,分选、磨圆中等一较差,泥质胶结,具大型板状和槽状交错层理,粒度和层系规模向上变小。

(2)泛滥盆地沉积较低弯度河发育,但天然堤却很少见,表现为泛滥盆地相直接覆于河道砂体之上,其它特征类似于高弯度河,只是陆源碎屑含量增高,煤层不太发育。

综上所述,这两种河流均具明显的二元结构,河道砂体为正粒序,泛滥盆地沉积较发育,且泛滥盆地沉积中的薄层砂岩向上增多(图 2,4)。

## 2 层序地层学意义

目前,陆相层序地层的研究方法尚存在较大分歧,但无论任何沉积类型的地层,可容纳空间在层序形成机制中的作用已为大家所共识。K. W. Shanley 和 P. J. McCabe 进一步强调了可容纳空间在陆相沉积中的重要性,认为可容纳空间的增减一般是由基准面升降引起的<sup>[3]</sup>。笔者认为,在陆相沉积中,通过分析基准面升降进行层序地层研究不失为一种好方法。下面将以此方法探讨本区含煤地层沉积特征的层序地层学意义。

### 2.1 基本理论

关于基准面的概念,自 Powell(1875)首次提出以来,许多学者都有不同的理解,笔者赞同 Wheeler(1964)的意见,他认为,基准面是个单一的、(全球范围内)永恒存在的、波状起伏的、抽象的球形面,它上升到地表以上的地方,沉积物堆积;下降到地表以下处,发生剥蚀作用<sup>[4]</sup>。据

此,基准面升降则是层序形成的直接驱动因素,它升降伴随的可容纳空间变化与沉积物供给之间的关系控制了层序的形成。

## 2.2 层序地层学意义

本溪组的泻湖-潮坪→碳酸盐台地→泻湖-潮坪(顶为河道冲刷),指示基准面由下降→上升→下降的过程(图1),形成一个完整的基准面旋回,即一个层序。从泻湖-潮坪到碳酸盐台地,基准面上升,可容纳空间增大,沉积相带向陆地迁移。碳酸盐台地沉积(口泉灰岩)是这个基准面旋回的转折点,此时,基准面上升达到高潮,可容纳空间向陆地增至最大,陆源碎屑被障积在陆源区附近;再由碳酸盐台地到泻湖-潮坪,基准面下降,相带向盆地迁移,预示着下一个层序界面即将形成。

太原组底部的高弯度河到中部的三角洲沉积之顶为另一完整的基准面旋回(图1)。河道底冲刷面与细砾岩(或分散状砾石层)指示本区的基准面下降到最低位置,可容纳空间减至最小,河道冲刷下伏地层或沉积物路过本区(仅冲蚀坑内沉积了细砾岩),沉积相带向盆地移至极限。此后,随着基准面上升,沉积相带随可容纳空间向陆地增大而迁移,河道逐渐为砂质充填,继而发育泛滥盆地沉积;基准面的持续上升又使得局限台地沉积(玉井灰岩)得以发育,终止了8#煤的沉积,此时基准面又一次升至顶点。

以后基准面开始下降,形成了三角洲沉积,三角洲前缘沉积指示次一级的基准面下降,三角洲平原指示次一级的基准面上升。

太原组顶部和山西组分别为两个不完整的基准面旋回(图1),即两个层序。基准面下降是以河道底部的冲刷面形式记录于地层中,底部的细砾岩或分散状砾石层表明大部分沉积物路过本区,沉积相带向盆地移出本区,仅在河底低凹的冲蚀坑内形成了砾石堆积。以后随着基准面上升,沉积相带又移回本区,分别形成了河道砂体与泛滥盆地沉积,漫滩湖泊沉积代表基准面再次升至极点。此后,泛滥盆地沉积中决口扇和决口河道增多(图2,4),代表基准面开始下降,并预示着下一个层序界面的形成。但是,山西组辫状曲流河的底冲刷面和河道砂体比太原组高弯度河分布得广,这意味着低弯度(辫状)河的底冲刷面与河道砂体具更广泛的分布,可作为高一级别的层序界面。

综上所述,基准面升降引起的可容纳空间变化导致了沉积相带的迁移和层序界面的形成。基准面下降,沉积相带向华北盆地内部迁移,本区形成层序界面时,华北盆地内部则依次沉积了碎屑储层和烃源岩;基准面上升,沉积相带退至本区,在本区形成碎屑储层时,华北盆地内部则可能沉积了烃源岩。

## 3 几点认识

(1) 该含煤地层虽以陆相河流为主,但并无典型的低弯度(辫状)河发育,表明本区此时并非华北聚煤盆地的边缘。

(2) 低弯度(辫状)河道砂体比高弯度河分布得更广、厚度更稳定,其底部冲刷面可作为更高级别的层序界面。

(3) 河流体系是在基准面整体上升时形成的,基准面下降以冲刷面的形式记录于地层中;漫滩湖泊沉积代表基准面上升的最高点,河流顶部的决口扇沉积增多预示着下一次基准面下降的到来和层序界面的形成。

(4) 基准面升降引起沉积相带的迁移,本区形成层序界面时,华北盆地内部则依次沉积了

碎屑储层和烃源岩;当碎屑储层沉积于本区时,华北盆地内部则可能聚积了烃源岩。

### 参 考 文 献

- 1 张玉三,赵省民. 大同晚古生代含煤岩系的沉积环境. 山西矿业学院学报,1990,8(4):357—362.
- 2 Galloway W E, Hobday D K. Terrigenous clastic depositional system. Spring-Verlag, 1983.
- 3 Shanley K W, McCabe P J. Alluvial architecture in a sequence stratigraphic framework: a case history from the Upper Cretaceous of Southern Utah, U. S. A. In: Flints S, Bryant I D, eds. Quantative Description and Modelling of Clastic Hydrocarbon Reservoirs and Outcrop Analogues. Internation of Sedimentologist Special Publication, 1993, (15): 21—56.
- 4 Wheeler H E. Baselevel, lithosphere surface, and time stratigraphy. Geological Society of American Bulletin, 1964, 75: 599—610.

## DEPOSITIONAL CHARACTERISTICS AND SEQUENCE STRATIGRAPHIC SIGNIFICANCE OF LATE PALEOZOIC COAL-BEARING STRATA IN DATONG, SHANXI

Zhao Xingmin and Zheng Junmao

(China University of Geosciences, Beijing)

### Abstract

The authors discuss the depositional characteristics and sequence stratigraphic significance of late Paleozoic coal-bearing strata of the Datong area, Shanxi. The coal-bearing strata comprise clastic-carbonate mixed shore zone sediments, delta sediments and fluvial sediments, with fluvial sediments predominating. On the basis of the characteristics of the sedimentary facies, the authors analyse the features of the base level rise and fall and migration of sedimentary facies zones, and summarize the relationships between the distribution of the clastic reservoirs and sedimentary facies zones and the sequence boundaries.

**Key words:** Datong, Shanxi, late Paleozoic, coal-bearing strata, sedimentary characteristics, base level, sequence stratigraphy

### 作 者 简 介

赵省民,男,生于1964年。1985年毕业于山西矿业学院地质系,1990年获中国矿业大学煤及油气地质专业硕士学位。现为中国地质大学(北京)在读博士生,从事沉积学和层序地层学研究。通讯处:中国地质大学(北京)博94,邮政编码:100083。