

# 永城煤田二叠纪网状河流沉积体系

陈传诗

(焦作工学院)

**[内容提要]** 永城煤田二叠系三、四煤组地层中,沉积相的空间配置、砂体特点等均显示出网状河流沉积体系的特征。这里的网状河流体系是在盆地整体沉降的背景中,在地形平坦、坡降低的三角洲平原上,受同沉积构造控制发育起来的。同沉积断裂和拗陷活动创造了长期相对低洼、可供河道发育的地形条件,加上繁茂的植被、沉降速度与补偿速度大体均衡、突发性海侵等因素的共同影响,网状水道得以较长期地稳定发育。

**关键词** 网状河 同沉积构造 永城煤田

网状河曾经长期被作为辫状河的同义语。Smith等<sup>[1]</sup>对萨斯喀彻温河等现代网状河段的研究证明,网状河的交织河道网以其低比降、低弯度和很高的垂向加积率为特征,其沉积特征、地貌单元等与辫状河、曲流河有很大不同。在古代沉积中也发现有网状河沉积的实例<sup>[2]</sup>。由于辨认古代网状河流体系需要很密的井网,古代网状河流体系的实例还不多,包括成因在内的许多问题都有待于深入探讨。

永城煤田的主要含煤岩系为二叠系。由于煤田全部被新生界松散沉积物掩盖,钻探工程是主要勘探手段。在城郊矿区260km<sup>2</sup>范围内,勘探阶段施工钻孔400多个,勘探线距1000m,孔距500~750m,平均每平方公里钻孔1.5个。如此密集的井网,足以控制二叠纪沉积相的展布和古河道的空间形态。

据详细的沉积相和环境分析<sup>②</sup>,山西组下部二<sub>2</sub>煤层是在潮坪环境中形成的,此后本区即长期处于三角洲平原环境。山西组(二煤组)上部的河道相砂岩易于对比,侧向上比较连续,可能是曲流河沉积。下石盒子(三煤组)、上石盒子组下部(四煤组)的河道砂岩则属于网状河流体系。本文旨在通过对永城煤田二叠系三煤组及四煤组的沉积特征、砂体特征的分析,阐述本区二叠纪网状河流沉积体系的基本特征,探讨形成网状河流体系的主要控制因素。

## 1 沉积环境和沉积相

永城煤田二叠系三煤组、四煤组是在三角洲平原环境中形成的,主要相成分包括河道相、天然堤和决口扇相、湖泊沼泽和泥炭沼泽相(图1)。

### 1.1 河道相

① 本文1997年7月4日收稿。

② 卢凤英、吴文君、张全保,河南省永城煤田典型矿床研究报告,1988,河南省地矿局地质十一队。

该相以中粗粒或中细粒岩屑砂岩为主,常见大型板状交错层理和槽状交错层理。底部有明显的侵蚀面,界面上常见泥岩砾石及植物茎干碎片。具有向上变细的粒序。河道砂体内部有时也有侵蚀面,侵蚀面上也有泥砾。顶界面均较清晰,上覆天然堤相的细砂岩和粉砂岩互层,但多数情况下直接覆盖的是湖泊沼泽相的细粒沉积物。

河道砂岩的累计概率曲线为典型的河流型,一般为两段式。四煤组河道砂岩中跳跃组分与悬浮组分含量各占45%。与典型的河流砂相比较,悬浮总体含量很高。

### 1.2 天然堤和决口扇相

该相多为细砂岩或细砂岩与粉砂岩的互层,常见小型交错层理或波纹层理,含植物茎干化石碎片、炭屑及大量云母片。

天然堤相细砂岩与粉砂岩互层厚度一般不大,平面上与河道砂岩相伴,也呈带状延伸。

决口扇相的细砂岩出露在河道附近,单层厚度可达5m以上,常见向上变粗变细的粒序,与小型三角洲的充填序列相似。平面上决口扇细砂岩体发育在河道相带状砂体的两侧,呈扇状或舌状伸入相邻的湖泊沼泽相区(图2,图4)。随着远离河道,决口扇砂体的厚度递减,粒度变细,最后在湖泊沼泽相泥质岩中变为薄层的粉砂岩或砂质泥岩夹层。

由图2可以看出,决口扇细砂岩体与沉积期构造关系非常密切。图中张庄向斜、汉陈向斜、陈四楼向斜、蒋阁向斜、四里禅堂向斜及曹楼向斜是城郊矿区现存的向斜褶曲。据沉积期构造分析<sup>[3]</sup>,这些向斜大都是在二叠纪沉积期拗陷的基础上发育起来的同沉积向斜。赵阁拗陷则是二叠纪沉积期的拗陷,后期被改造成背斜形态,因而具有“反转背斜”的特征。从图2可以看出,在这些沉积期拗陷部位或其附近,细砂岩等厚线出现密集区,厚度比较大。张庄向斜西侧、曹楼向斜南端等呈椭圆形分布的细砂岩体,显然与决口扇成因有关。

由于决口扇的发育受沉积期构造控制,决口往往在同一地点多次发生,剖面上出现决口扇沉积物的多次叠置,造成决口扇砂体厚度很大,如陈四楼向斜部位,细砂岩体厚度达45m以上。湖沼相泥质岩发育地区,粉砂岩、粉砂质泥岩多次交互,厚度往往也比较大,显然也是决口扇远端沉积物多次叠置的结果。决口扇对前期的沉积物常有微弱的冲蚀作用,决口扇砂体的底部有时也可见到泥砾。

根据对现代网状河流体系的观察<sup>[1]</sup>,网状河道决口往往由于树木等堵塞,造成决口扇停止发育;如果决口进一步扩大,形成冲裂水道,即可发育成次一级的网状河道。

### 1.3 湖泊沼泽及泥炭沼泽相

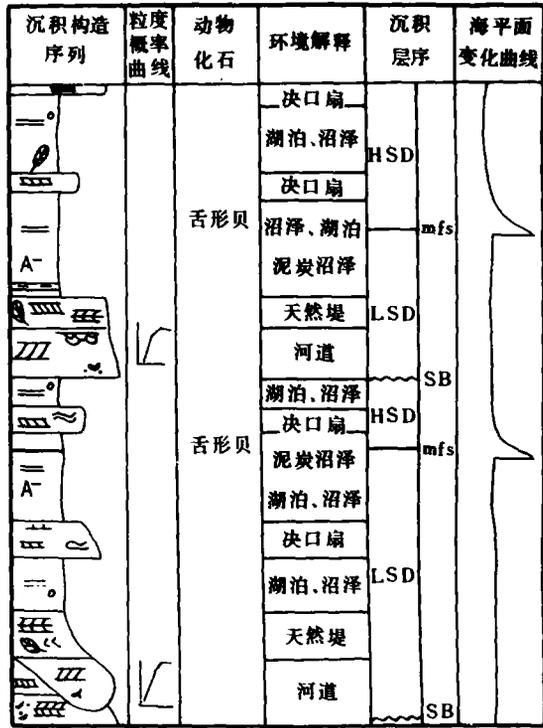


图1 上二叠统四煤组特征及层序  
Fig. 1 Sedimentary sequence of the Upper Permian fourth coal measures in the Yongcheng coal field, Henan

该相以泥炭堆积和细粒泥质沉积物为主。由图4可以看出,平面上网状河道所占据的面积有限,河道之间广阔的泛滥平原上,分布着湖泊、沼泽和泥炭沼泽。

从岩比统计资料看,上二叠统四煤组砂泥比在1/2以上者很少,广大地区砂泥比值都较低,一般在1/4以下,即细粒沉积物在地层中的平均含量在80%以上。考虑到砂岩与泥岩之间压实比的差异,四煤组中细碎屑沉积物约在90%以上。三煤组地层中砂泥比值更低。可见当时河流中以悬浮状态搬运的载荷占绝对优势。

## 2 永城煤田网状河流体系的基本特点

由图3可以看出,河道砂体在剖面上是孤立的,侧向上不连续,砂体之间不能进行对比,如图3中的3309孔三。煤层之下的河道相中粗粒砂岩厚度近15m,在东西两侧相距都不超过300m的钻孔中,相应层位均无河道相砂岩。由此推测,这层15m厚的河道砂岩东西延伸不会超过500m,即宽深比最大不超过30。剖面上各钻孔所见的河道砂体大体上都是这样。这种侧向不连续的厚层河道砂岩,其增长方式不是侧向加积,而是以垂向加积的方式增长。河道砂体宽深比较小,增长方式主要是垂向加积,这正是网状河流体系的特点。

剖面图上(图3)河道砂体的底界面有两种情况,一是冲刷了泥炭沼泽,河道砂岩与煤层直接接触;二是河道砂岩与湖沼相泥质岩直接接触。河道砂岩的项界,有天然堤相细砂岩与粉砂岩互层者为极少数,大多数河道相砂岩之上直接覆盖了湖沼相泥质岩类,砂岩与湖沼相泥质岩间为突变接触关系,与现代网状河河道砂与上覆层的接触关系相同。

剖面上河道砂体与两侧湖沼相泥岩、煤层之间的接触关系近于垂直。在3309孔三,煤层以下的河道砂体、3316孔三,煤层以下的河道砂体等较厚的砂体两侧,垂直接触关系很清晰。河道砂体与两侧泛滥盆地沉积呈垂直接触,这是网状河流沉积体系的重要特征,说明当时的河道不具备侧向迁移的特点,砂体的增长方式也不是侧向加积,而是以垂向加积的方式增长的。

综上所述,永城煤田二叠纪河道砂体有明显的顶界面、相对较低的宽深比、砂体增长方式主要为垂向加积而不是侧向加积,尤其是河道砂体与两侧相邻相之间近于垂直接触,都是网状河流体系最重要的特征。这与Smith等所描述的萨斯喀彻温河等现代网状河沉积特征

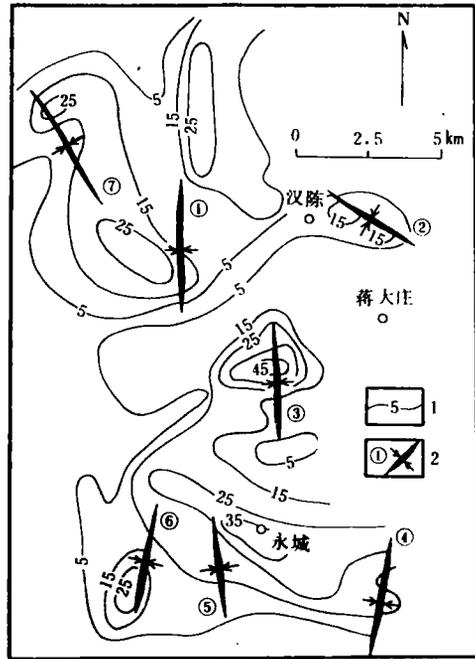


图2 上二叠统四煤组细砂岩等厚线

1. 等厚线; 2. 同沉积向斜; ①张庄向斜; ②汉陈向斜;  
③陈四楼向斜; ④蒋阁向斜; ⑤四里禅堂向斜;  
⑥曹楼向斜; ⑦赵阁拗陷

Fig. 2 Isopach of the fine-grained sandstones in the Upper Permian fourth coal measures of the Yongcheng coalfield, Henan

- 1 = isopach; 2 = synsedimentary syncline;  
① = Zhangzhuang syncline; ② = Hanchen syncline;  
③ = Chensilou syncline; ④ = Jiangge syncline;  
⑤ = Silichantang syncline; ⑥ = Caolou syncline;  
⑦ = Zhaohe depression

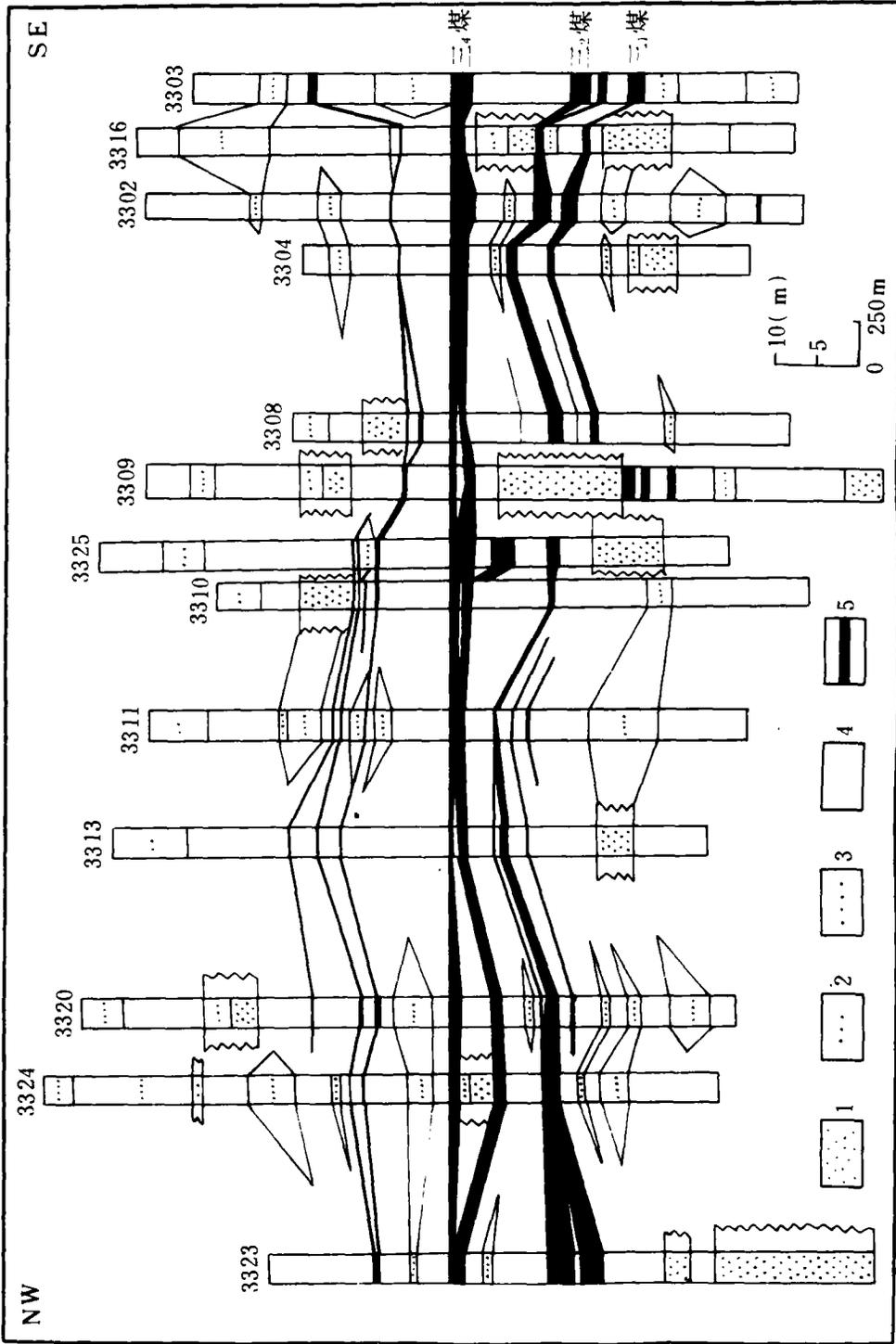


图3 永城煤田城郊矿区33勘探线剖面图  
 1. 河道; 2. 天然堤; 3. 决口扇; 4. 湖泊、沼泽; 5. 泥炭沼泽

Fig. 3 Transection through No. 33 exploratory line in the Chengjiao mining district of the Yongcheng coalfield, Henan  
 1 = channel; 2 = natural levee; 3 = crevasse splay; 4 = lake and swamp; 5 = peat bog

非常相似。

图4为永城煤田二叠系三煤组、四煤组砂岩等厚线图。图4显示河道砂体呈网结状或带状展布,在空间上是相互连通的。河道之间被伸长状或近椭圆状的泛滥盆地分隔开。这一特征与现代网状河流体系一致。由此可以认为,永城煤田二叠系三煤组、四煤组属于网状河流沉积体系。

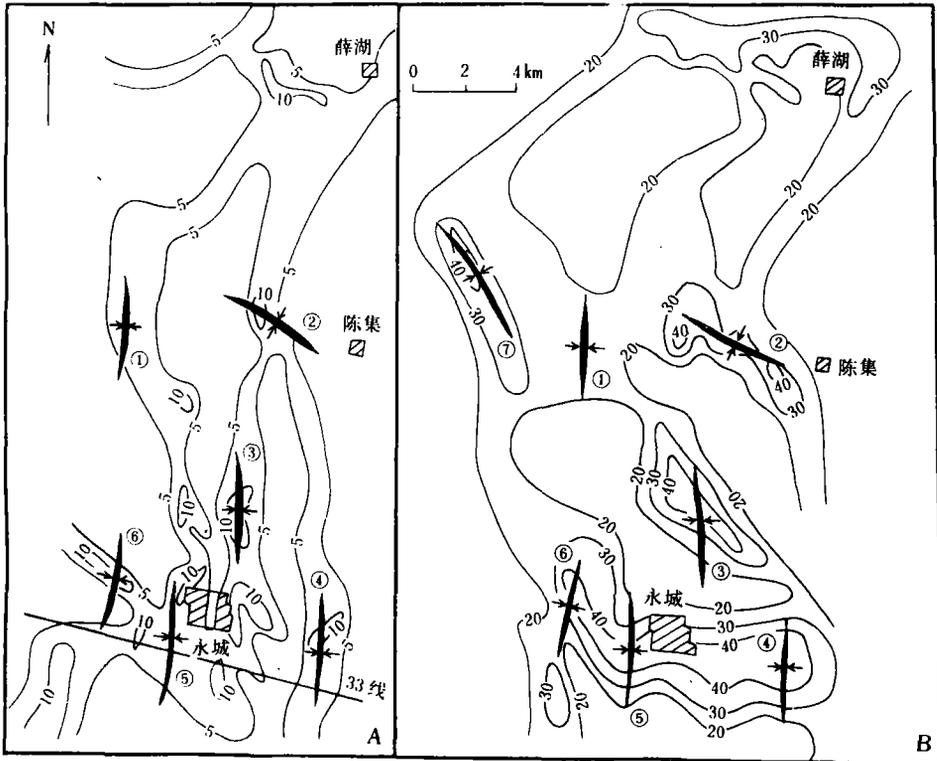


图1 砂岩等厚线

A. 下石盒子组三, 煤层以上; B. 上石盒子组四煤段 (图例同图2)

Fig. 4 Isopach of the sandstones in the coal measures above the fourth bed of the third member in the Lower Shihezi Formation (A) and the fourth member of the Upper Shihezi Formation (B). Synbol as in Fig. 2

### 3 永城煤田二叠纪网状河流体系的成因探讨

网状河流体系的成因虽未定论,但网状河道能够在较长时期内保持稳定的原因,乃是网状河流体系成因机制中的首要问题。

前人对于现代网状河的研究认为,网状河形成于坡降比较低的区域,悬浮/床沙载荷比相对较高。由于坡降低、水力效率比较低,河道可保持较长时间的稳定性。此外,冲裂产生的暂时性网状水道,只有通过沼泽时,泥炭的粘性延缓了河道的侵蚀作用,才能使网状河道保持的时间较长。堤岸上稠密的植被也可延缓河道的侵蚀作用,加强河道的稳定性。澳大利亚干旱地区现代网状河的存在,证明粘性的细粒沉积物对于延缓河道迁移、保持河道稳定具有更重要的意义<sup>[1,2]</sup>。

永城煤田二叠纪时位于华北石炭二叠纪盆地东南部的近海地带,地处广阔的三角洲水

上平原,地形平坦,坡降较低。二叠系中粉砂泥质沉积物所占比例巨大,说明河流中携带的悬浮载荷很高,悬浮/床沙载荷比值较高,具备形成网状河流体系的条件。

永城煤田二叠纪网状河流体系的形成及河道的长期稳定主要受同沉积构造控制。如前所述,图2、图4中的向斜及拗陷均为二叠纪沉积期的拗陷。这些拗陷的发育过程还伴随着同沉积断裂的活动<sup>①</sup>。张庄向斜、汉陈向斜、蒋阁向斜两侧均有同沉积活动的断裂,组成地堑。其余向斜大多是单侧有同沉积断裂活动。由于同沉积拗陷及断裂活动,地堑内及断层下降盘一侧比相邻地区沉降速度稍快,如张庄向斜轴部四煤组厚达180m以上,比城郊矿区平均厚度高出一倍左右。因此,沉积期拗陷内可以长时间保持相对低洼的地形,为河道的形成和长期稳定提供了可靠的保证。这也是永城煤田二叠纪网状河流体系得以形成的基本条件。三煤组中的三、煤层以上砂岩等厚线及四煤组砂岩等厚线显示出(图4)在同沉积拗陷区,河道砂体等厚线出现密集带。大多数情况下,等厚线的延伸方向与拗陷的轴向一致,充分说明网状水道是沿着同沉积拗陷延伸,长时间地反复在同沉积拗陷内发育。

网状河道的改道、废弃和充填主要是以冲裂的方式实现的。永城煤田二叠纪网状河道的冲裂同样受同沉积构造控制。前已叙及,四煤组细砂岩等厚线显示出决口扇的分布是受同沉积拗陷控制的,大多数决口扇位于拗陷内或其附近,这显然与同沉积拗陷内及断层下降盘不断产生新的可容空间、地形低洼有关。事实上,决口的进一步扩大即可形成冲裂水道,废弃的河道很快会被充填。可见冲裂以及次一级网状水道的形成与决口扇的发育有成因联系,同样受同沉积构造制约。冲裂的方向、新河道的位置仍然会在同沉积拗陷内,次级网状河道仍将沿同沉积拗陷轴向延伸。

三煤组剖面图上(图3)可以看出河道砂体直接位于煤层之上,冲蚀煤层者约占一半,其余河道砂体位于湖泊沼泽相泥质岩之上。这说明冲裂水道能够稳定下来,发育成次级网状河道的主要环境是泥炭沼泽和沼泽。大量煤层及地层中植物化石的存在说明永城煤田二叠纪时气候温暖潮湿,植被繁茂。当冲裂形成的暂时性水道通过沼泽和泥炭沼泽时,繁茂的植被及泥炭的粘性可延缓河流的侵蚀作用,使河道的稳定性得到加强,发育成次级网状河道。

永城煤田二叠纪处于华北石炭二叠纪盆地大面积稳定沉降的大地构造背景中。由于永城煤田二叠纪沉积长期处于三角洲水上平原环境,地形平坦,坡降低,即使在低水位期,河道也受到海水的影响。河道砂岩中含海绿石即是证明。一般情况下,位于坡降低、地形平坦的三角洲平原上,受到海水影响的河流,由于泄水不畅,水力效率较低。再加上河道冲裂,河水向泛滥盆地扩展,形成相互连通的网状水道,释放了一部份能量,结果使河流的水力效率更低,这也是永城煤田二叠纪网状河道能够长时期稳定的一个重要原因。

初步的层序地层分析认为,二叠系中的网状河流型旋回相当于一个三级层序,所经历的时间间隔大致为4Ma左右。每个层序的上部大都有一层含海相化石舌形贝的薄层泥岩,相当于海侵达最高水位时的沉积,即最大海泛面的位置。鉴于①含海相化石舌形贝的泥岩层很薄,其上、下均为与海水关系不甚密切的湖泊沼泽相泥质沉积;②位于最大海泛面以下的煤层均为低炭低硫,与海水的关系不甚密切;③组成层序的其它岩层均为三角洲平原水上部分各亚环境的沉积物,由此认为海侵的形式不是渐进的,而是突发性的。海泛之后,充填迅速,海退也很快。表现在层序结构中,低位体系域不但经历的时间长,而且这段时间内海平面的

① 卢凤英、吴文君、张全保,河南省永城煤田典型矿床研究报告,1988,河南省地矿局地质十一队。

变化也不明显。海侵体系域缺失。永城煤田二叠纪三角洲平原沉积物厚度很大,占据了层序的绝大部分,说明这一时期构造沉降速度与沉积物补偿速度大体上是均衡的,这就保证了沉积环境得以较长时期保持稳定,也是网状河道得以长期稳定发育的原因之一。

纵向上,永城煤田山西组上部属于曲流河体系,到下石盒子组则过渡为网状河流体系。横向上,豫西、豫北煤田二叠系中曲流河体系广泛发育,河道砂岩侧向上连续性强,宽深比较小,厚度稳定,被广泛用作地层对比的标志。因此可以认为,曲流河与网状河之间存在着过渡关系。

#### 4 小结

永城煤田二叠系三煤组、四煤组沉积、砂体特征具有网状河流沉积体系的特点,与Smith等所描述的现代网状河流体系的特征极其相似,应属网状河流沉积体系。

永城煤田网状河流体系的形成主要与同沉积构造活动有关。在大面积稳定沉降的构造背景上,由于煤田内同沉积断裂和拗陷活动,断层下降盘一侧及拗陷区内的沉降速度比邻近地区稍快,因此产生了长期相对低洼的地形,为网状河道的发育和长期稳定提供了重要条件。河道两侧繁茂的植被、泥炭层的粘性延缓了河道的侵蚀。三角洲平原上地形平坦、坡降较低,受海水影响的河水泄水不畅、水力效率低,以及由于构造沉降速度与沉积补偿速度大致均衡,三角洲平原上各亚环境比较稳定,都是永城煤田二叠纪网状河流体系能够长时期稳定发育的原因。

网状河流沉积体系的聚煤作用有其独特之处,尤其河道砂体与两侧的湖泊沼泽相、泥炭沼泽相沉积几近垂直接触,在煤田地质勘探工作中造成煤层对比困难。如在图3所示的勘探线剖面图中,中、东部各钻孔煤层对比的可靠性较差,个别钻孔甚至无法对比。在煤层开采时,这一特征应引起足够的重视。

本文系作者根据卢凤英、吴文君、张全保提交的“河南省永城煤田典型矿床研究报告”中的部分实际资料,综合野外观察研究成果整理而成。野外工作中曾得到卢凤英、黄鹤筠、秦长福及河南省地矿局十一地质队地质科同志们的大力协助,在此一并致谢。

## 参 考 文 献

- 1 Smith D G. Anastomosed fluvial deposits, modern examples from Canada. In: Collinson J D & Lewin J (eds), *Modern and Ancient Fluvial Systems*. IAS. Spec. Publ. 1983, 6, 155-168.
- 2 陈代钊、张鹏飞. 三角洲平原上网结河的发育与聚煤作用. *沉积学报*, 1996(3), 103~111
- 3 张祖银、陈传诗. 永城煤田城郊矿区褶皱构造特征及形成机制. *煤田地质与勘探*, 1986(5), 17~21
- 4 赵霞飞编著. *动力沉积学与陆相沉积*. 北京: 科学出版社, 1992

## The anastomosed fluvial depositional systems in the Permian coal measures of the Yongcheng coalfield, Henan

Chen Chuanshi

*Jiaozuo Institute of Technology*

### ABSTRACT

In the third and fourth coal measures of the Permian strata in the Yongcheng coalfield, Henan, the spatial distribution of sedimentary facies, the features of channel-fill sandstones and other evidences have reflected the characteristics of anastomosed fluvial depositional systems, which are developed on the deltaic plain with flat topography and lower gradients against a background of basin subsidence, and governed by synsedimentary structures. The synsedimentary faulting and downwarping have created the permanent low-lying topographic conditions for the long-term and steady development of the anastomosed channels. Furthermore, the luxuriant vegetation, approximate balance between tectonic settling velocity and compensating velocity, and abrupt marine invasion also allow for the long-term and steady development of the above-mentioned channels.

**Key words:** anastomosed stream, synsedimentary structure, Yongcheng coalfield