

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

河南禹县上石盒子组第六、七煤段 沉积环境与聚煤特点

刘光华

(武汉地质学院北京研究生部)

河南省西部的禹县境内,发育了一套完整的石炭、二叠纪含煤岩系,煤系地层包括晚石炭世的太原组、早二叠世的山西组和下石盒子组以及晚二叠世的上石盒子组。其中的上石盒子组中发育了华北晚古生代特有的可采煤层。探讨其沉积环境与聚煤特点,显然对了解华北聚煤区南带晚二叠世时的古地理与成煤规律,对进一步开发本区煤炭资源颇有裨益。

笔者在一般了解禹县上石盒子组沉积环境的基础上,详细地研究了上石盒子组含主要煤层的第六、七两个煤段的沉积环境和聚煤特点。利用区内所有的钻孔与实测剖面的资料¹⁾,参考区域地质情况得出一个初步结论:在晚二叠世豫西-皖北一带为一淡化海湾,本区的上石盒子组是注入该海湾的一套三角洲体系的沉积,而第六、七煤段只是三角洲体系中的一个三角洲旋迴沉积。这个三角洲旋迴经历了建设期与废弃期两个发育阶段,这两个阶段的聚煤特点各不相同。

一、第六、七煤段三角洲沉积的环境标志

第六、七煤段位于上石盒子组中部,厚140米左右,几乎全部由碎屑岩组成。图1综合了第六、七煤段的主要环境标志。这些标志记录和反映了第六、七煤段沉积时的水动力、水化学条件和生物活动情况,是确定三角洲旋迴的主要依据。

(一) 沉积构造与粒度分布

图2中的垂直层序、古流向和粒度曲线三项内容反映了第六、七煤段沉积时的古水动力特点:五煤段上部泥岩到田家沟砂岩是一个向上变粗的层序,层理自下而上为块状、透镜状、砂与泥互层、小型交错、大型板状和槽状交错层理;交错纹层指示古水流为双向。粒度曲线为二段或三段式结构,记录了由低能到高能的水动力变化过程;该层序代表从前三角洲泥到河口砂坝砂的三角洲水下部分的沉积组合。自田家沟砂岩往上到分界砂界底部,有小型交错、互层、攀升、透镜状与压扁层理;古流向以单向为主;砂岩粒度曲线具分流河道特点,代表了一种低能、浅水的三角洲平原环境。第七煤段有丰富的互层层理和低角度多向或双向交错层理,生物潜穴和搅动构造发育;显示了具双向潮汐水作用的特点,是三角洲废弃期所具有的水动力条件。

(二) 地球化学标志

少量自生海绿石普遍存在于砂岩中,指示古水介质既宜于海绿石生存,但又不能大量生成的水化学条件,水介质应是淡化海水。

构成泥岩的与砂岩杂基中的粘土矿物以伊利石为主,含少量高岭石和蒙脱石。扫描电镜中的部分伊利石晶形完好,边缘清晰,属自生成因;而部分高岭石碎屑有被磨损和溶蚀的现象。可见

1) 本文所利用资料点分布于方山勘探区(方山)、云盖山勘探区(贺庙、阵庄、大风口和神庙)和大刘山—梁北勘探区(梁北、军张和长葛煤矿),总计219资料点。

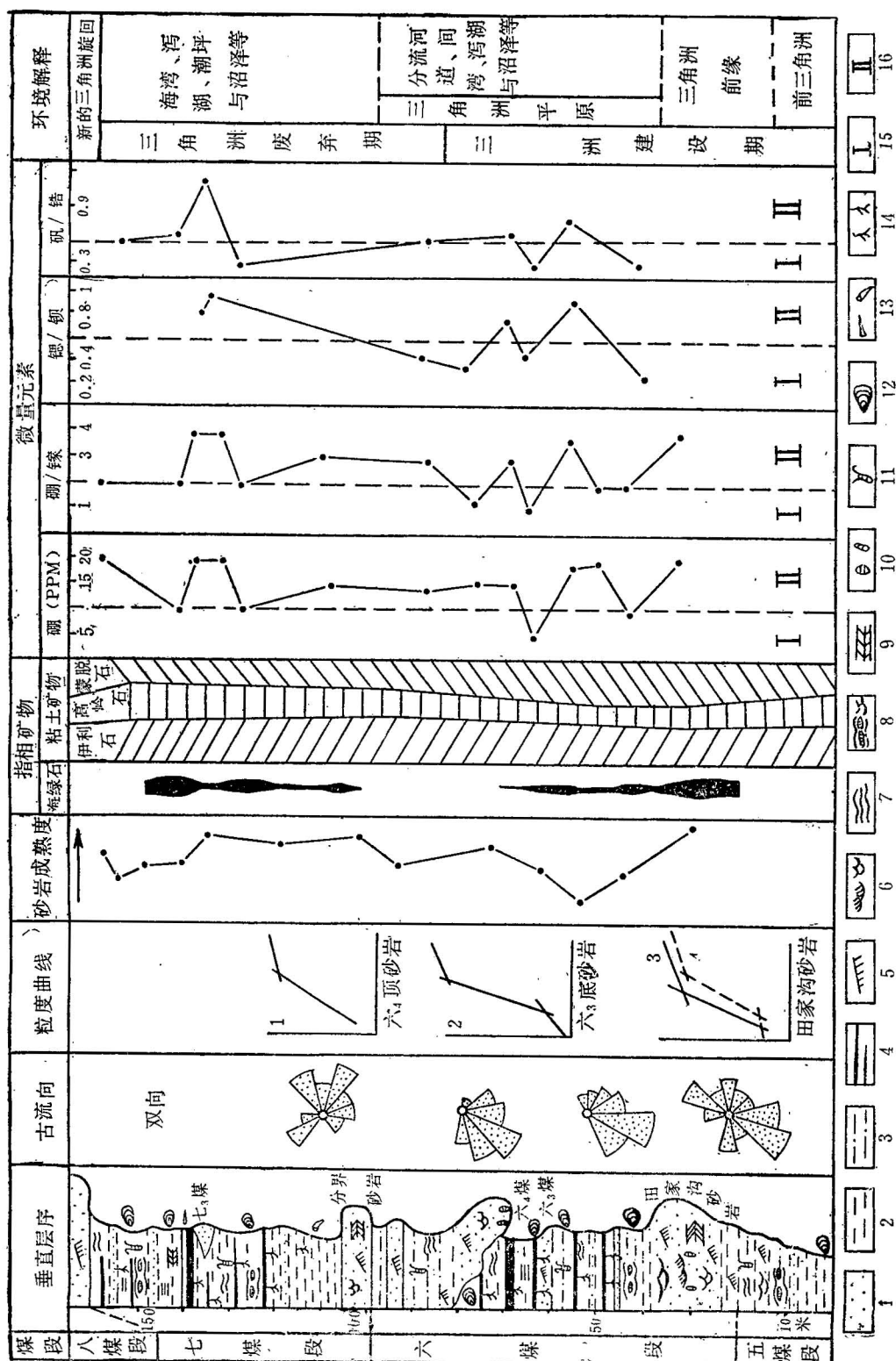


图 1 本区上石盒子组第六、七煤段沉积环境标志

1—砂岩；2—泥岩；3—粉砂岩与粉质泥岩；4—煤层；5—板状交错层理；6—槽状交错层理；7—波状与攀升层理；8—透镜状及压扁层理；9—双向交错层理；10—泥砾；11—潜穴；12—舌形贝；13—骨针（前）与头足（后）；14—根系；15—淡水区；16—半咸水—咸水区（其它图均采用本图例）

古水介质具弱碱性特点。

泥岩中硼、硼/镓、锶/钡、钒/锆等微量元素值与本区海相泥岩中的接近。对比国内外文献中这些元素在不同环境的泥岩中的含量与比值^{[2,3]1)},发现第六、七煤段中的微量元素部分具半咸水性质。

(三) 化石特点

第六、七煤段中最多可见 8 层广盐性海生动物舌形贝,第六煤段中部保存有 *Naiadites* sp. (图版-1) *Palaeonodonta* sp. (图版-2)、*Carbonicola* sp. (图版-3) 等其它双壳类化石碎片。第七煤段中部含较多的普通海绵的硅质骨针(图版-5),并由这些骨针富集形成了 3 至 4 个硅质骨针岩薄层,其中发现有双壳、头足、介形虫以及三叶虫(图版-6)碎片。此外在七煤段下部发现了头足类鹦鹉螺(直角石?)化石,在第六煤段中部发现有爬行类楔齿龙(*Sphenocodonts*?)的牙化石(图版-4)(以上化石与碎片分别由中国科学院古脊椎研究所,地质研究所戴永定以及中国地质科学院地质研究所张毓秀鉴定)。根据这种以广盐性海生动物为主,含少量正常海生与陆生动物的化石组合,结合前面讨论的水动力和水化学特征,有理由认为当时的受水盆地是低能和浅水的淡化海湾。

二、砂体特征

经过详细对比区内所有钻孔岩心和测井资料(由煤炭工业部一二九地质队提供),追索主要砂岩层的露头,笔者分别编制了第六、七煤段三角洲建设期和废弃期的砂体图,揭示了三角洲的类型和发育特点。

(一) 三角洲旋迴建设期的砂体特征

图 2、图 3 分别为第六煤段含砂率图和田家沟砂岩砂体图。反映了三角洲建设期砂质沉积物的分布情况和三角洲前缘砂体的特征:

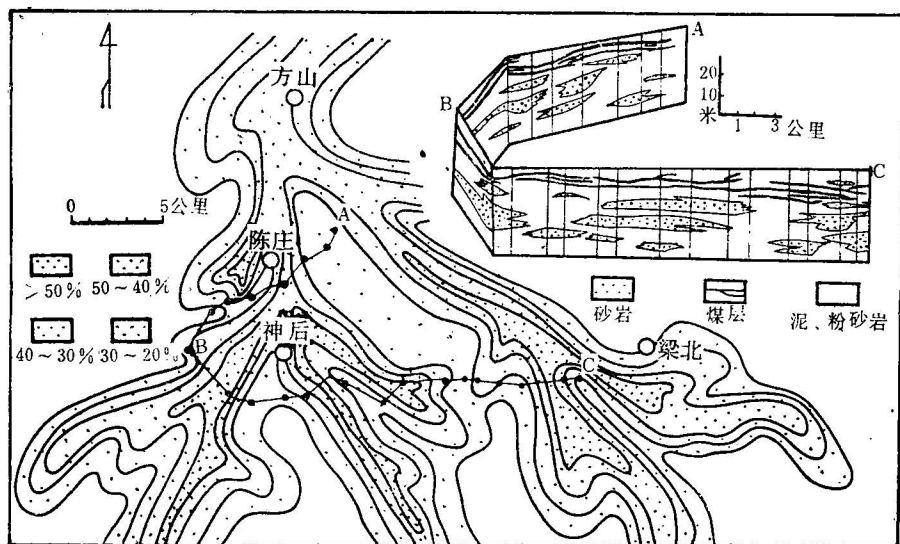


图 2 三角洲建设期沉积(第六煤段)含砂率图

1) 奚瑾编译, 1980, 利用地球化学资料从事古地理分析。国外地质科技, 第 8 期。

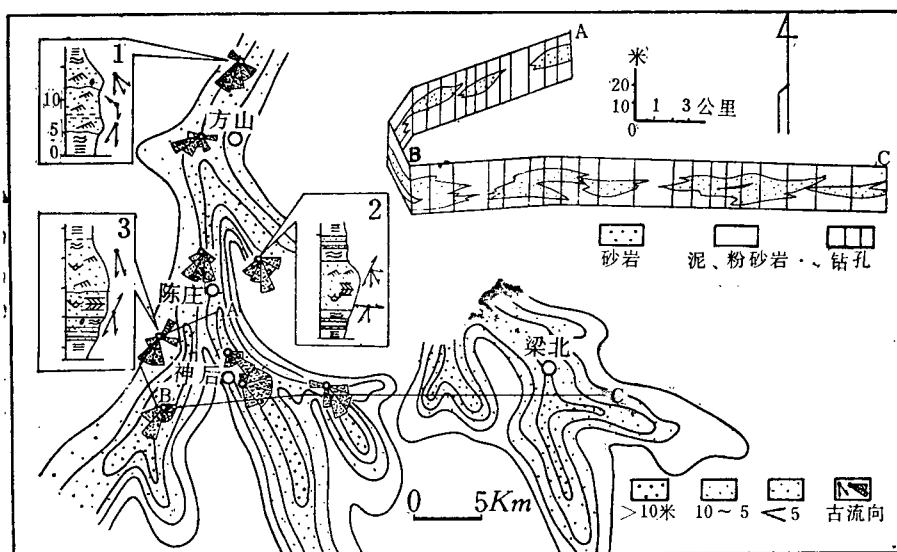


图 3 田家沟砂岩所代表的三角洲前缘砂体图

(1、2、3为层序号)

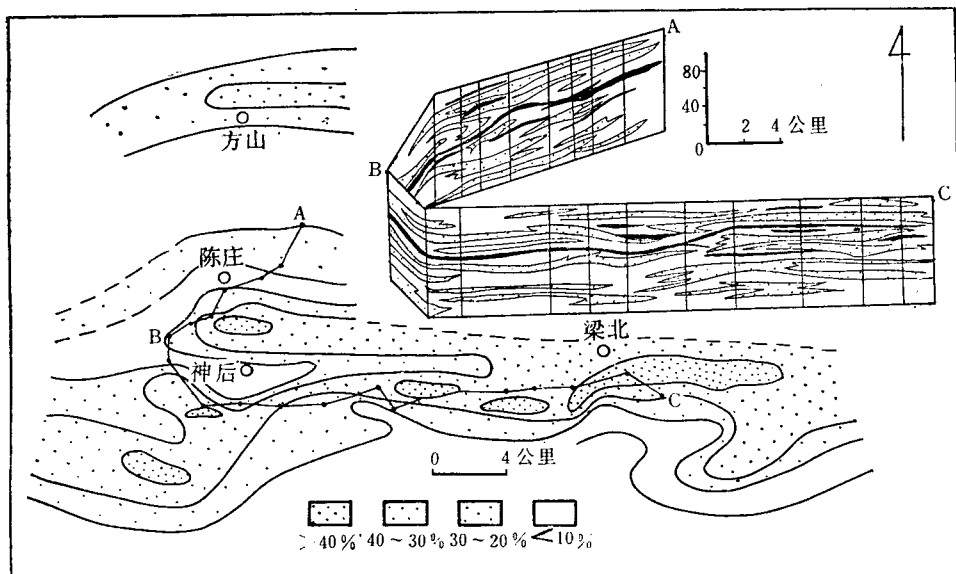


图 4 三角洲废弃期沉积（第七煤段）含砂率图

1. 无论是含砂率图还是单砂体图都显示出伸长状三角洲的沉积格架，与现代密西西比河三角洲的砂体形态^[4]相似。表明本三角洲可能也是以河流作用为主的伸长状三角洲。

2. 砂体在剖面中呈透镜状，上平下凸，两侧基本对称。反映出三角洲是以河流作用为主的，而且分流河道比较顺直，侧向迁移不甚明显。

3. 图 3 中的 13 个古流向和玫瑰花图显示以单流向为主，与砂体延伸方向一致，指示三角洲由北向南推进，古海岸线在本区近东西走向。个别玫瑰花图呈双向，可能是由潮汐水流引起的^[5]。

现代沉积研究表明,伸长状三角洲主要出现在波浪能极低、无沿岸流和潮差较小的浅水地带^[6],可以推断本区当时情况与此类似。

(二) 三角洲旋迴废弃期的砂体特征

图4是第七煤段含砂率图,反映了三角洲废弃期砂质沉积物的分布情况,其特点与建设期砂体的特征迥然不同:

1. 含砂率相对建设期的40%来说普遍减少了一半,富矿带在平面上转为东西向展布而与岸线平行。说明此时河流作用基本消失,粗粒沉积物注入量减少,沉积物的分布主要受盆地水动力作用的影响。

2. 断面上,砂体变薄为侧向连续的席状砂。席状砂与厚层状泥岩、粉砂岩和煤层相互穿插、过渡。与现代三角洲废弃期的沉积相仿。

三、三角洲旋迴主要沉积组合

(一) 建设期的主要沉积组合

建设期的沉积包括前三角洲沉积、三角洲前缘和三角洲平原沉积:

1. 前三角洲沉积: 本区的前三角洲沉积由灰色、绿灰色的厚层块状泥岩、粉砂岩和粉砂质泥岩组成。粘土矿物以伊利石为主,含少量蒙脱石和绿泥石。有较多的粒状菱铁矿结核,几乎不含动物化石,上部有稀少的潜穴和生物搅动构造。与现代密西西比河前三角洲泥岩中少见纹理和基本不含化石的特点^[7]相似。说明前三角洲是一种浊度高、堆积速度快和缺氧的低能环境。

2. 三角洲前缘沉积: 田家沟砂岩及其下伏的粉、细砂岩互层是第六、七煤段三角洲的前缘砂沉积,具有指状砂坝的特点(参见图3、图5)。在剖面中可以识别两种不同的三角洲前缘垂直层序:

(1) 由河口砂坝和远砂坝组成的层序 本类型主要分布在水下分流河道两侧,由河口砂坝向前进积和侧向迁移而成,是本区三角洲前缘中主要的类型。其特点如图3中的层序2所示:从底部的前三角洲泥往上是具互层层理、小型交错层理、攀升层理和潜穴的远砂坝粉砂岩与细砂岩,远砂坝沉积之上是河口砂坝的干净石英砂岩,砂岩分选、磨圆好,含少量海绿石,粒度曲线由三个总体组成(图1粒度曲线4),具双向交错层理(图版-7)和槽状交错层理(图版-10)。河口砂坝往上相变为含大量植物碎片和舌形贝的分流间湾沉积。

(2) 由远砂坝、河口砂坝和水下分流河道组成的层序 本类型主要出现在靠陆方向的方山、云盖山的三角洲前缘指状砂坝中部水下分流河道主流线的位置上。因为这些地带河流作用较强,在向前推进过程中,河口砂坝被冲刷截顶(图3层序3),甚至完全被冲刷掉(图3层序1)。所以一般由两套沉积物组成:下部是一个由前三角洲泥向上变粗为远砂坝粉砂、细砂和河口坝干净砂的层序;上面是一个向上变细的水下分流河道充填层序。水道砂岩杂基含量较高,底部常有泥砾和树干,具大型板状交错层理(图版-11),粒度曲线呈二段式结构(图1粒度曲线3),交错纹层的倾向离散度小。河口砂坝砂与分流河道砂之间有一冲刷面。

图5是根据陈庄附近600米连续露头实测资料绘制的三角洲前缘指状砂坝断面。

3. 三角洲平原沉积: 本区的三角洲平原沉积由分流间湾、陆上分流河道、泻湖、沼泽和决口扇沉积组成。

(1) 分流间湾沉积 以泥岩和粉砂岩为主,夹洪水期形成的薄层状细砂岩。含舌形贝和大量植物碎片;粘土矿物与微量元素具半咸水性质;有丰富的小型交错层理(图版-8),波状层理(图版-9)或攀升层理、压扁层理和透镜状层理;潜穴和搅动构造发育,往上一般出现沼泽沉积。

(2) 泻湖、沼泽与湖泊沉积 陈庄附近李家门剖面六煤段中部的层序反映了这类沉积的特点(图6)。六₁、六₂、六₃和六₄煤底板中含舌形贝化石应属于泻湖或分流间湾沉积。六₄煤顶板显水平、波状层理,含保存完整的叶化石,微量元素具淡水特征,可能为三角洲平原上的浅水湖泊沉积。

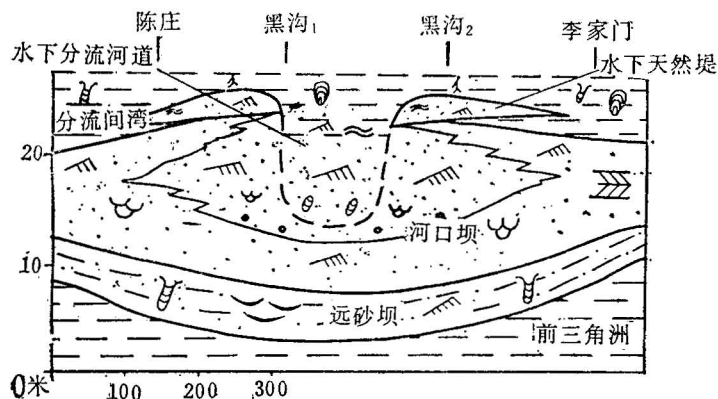


图5 三角洲前缘指状砂坝断面图及其环境解释
(图例同图1)

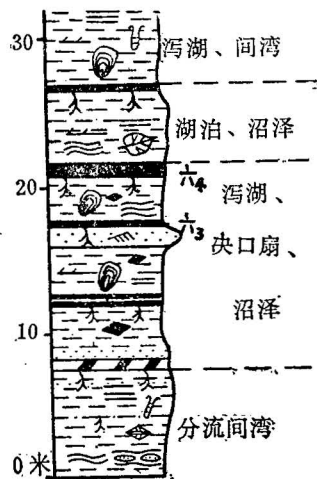


图6 三角洲平原沉积层序
(陈庄附近的李家门剖面) (图例同图1)

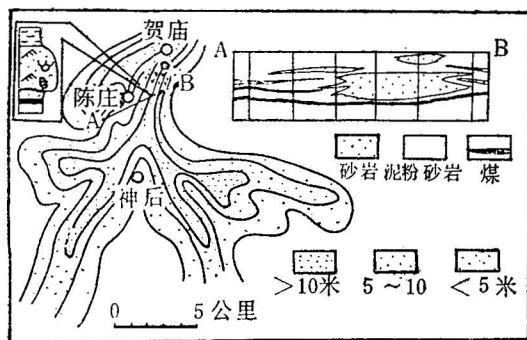


图7 陆上分流河道砂体图

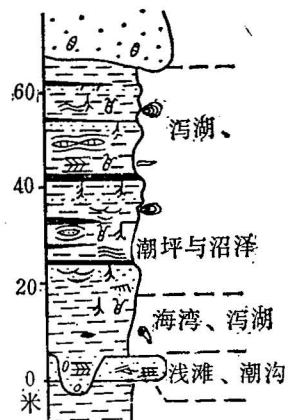


图8 三角洲废弃期沉积层序
(据李家门剖面综合) (图例同图1)

(3) 陆上分流河道与决口扇沉积 六₄煤顶部砂岩为陆上分流河道沉积。图7是该砂岩的砂体图。平面上,砂岩呈分枝状,由北向南分叉、延伸、与古流向一致,并有决口扇发育。断面上,砂岩呈透镜状,底下与两侧有煤层发育。贺庙剖面中分流河道的层序特点为:底部为一冲刷面,中、下部为显板状交错层理的中、粗粒杂砂岩,上部为显槽状交错层理和板状交错层理的中、细粒砂岩,粒度曲线具河流特点(图1粒度曲线1)。往上突变为厚层块状泥岩,表明分流是突然废弃的。

(二) 废弃期的主要沉积组合

第七煤段是在三角洲废弃期形成的,由浅滩,海湾和泻湖,潮坪和沼泽沉积组成(图8)。

1. 浅滩沉积:分界砂岩是三角洲沉积物受到潮汐、波浪改造形成的浅滩席状砂。它以中、

细粒砂岩为主, 成熟度较高, 厚 2 米左右, 含较多植物碎片与泥屑, 显多向低角度交错层理, 层系呈楔状彼此交错, 反映了潮汐和波浪作用的影响。在浅滩砂岩中局部发育了潮沟沉积。例如陈庄附近李家门剖面中的分界砂岩。该砂岩厚 10 米, 下部为带侵蚀面的含泥屑细砂岩, 中部为显双向交错层理的中粒砂岩, 上部是具双向楔形交错层理的细砂岩, 粒度概率曲线具潮汐水道沉积物的特点。上伏为海湾泥岩。

2. 海湾-泻湖沉积: 由灰黑色泥岩组成, 一般不显层理, 含少量海生动物化石, 有较多菱铁矿和黄铁矿结核, 粘土矿物与微量元素组合指示水介质为弱碱性的淡化海水, 反映了低能、闭塞的环境条件。其上往往是潮坪、沼泽沉积。

3. 潮坪-沼泽沉积: 海湾-泻湖的淤浅使岸线向湾内进积, 因而加积形成了第七煤段中、上部的潮坪-沼泽沉积。它们由粉砂、泥、细砂和煤层的互层组成。显攀升、小型双向交错 (图版-12)、互层 (图版-13)、压扁和透镜状层理。有丰富的植物化石和海生动物 (舌形贝, 双壳、头足等) 化石碎片, 潜穴和搅动构造 (图版-13) 发育, 显示了一种阳光、氧气充足, 有利于生物生存的低潮差区潮坪与沼泽环境的特点。

(三) 环境演化过程与沉积模式

综合前面所述, 结合上、下煤段的环境特点, 第六、七煤段三角洲旋迴的环境演化过程可以

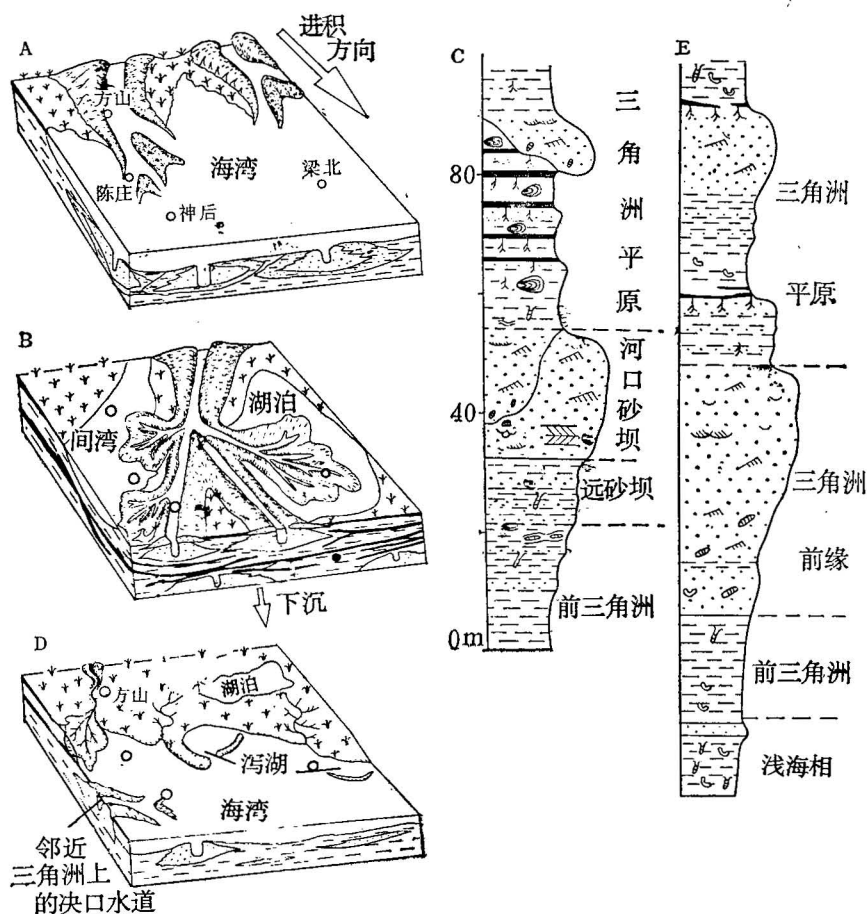


图 9 第六、七煤段三角洲旋迴沉积模式图

(说明见正文, 图例同图1)

总结如下(参见图9):

由于前一个三角洲旋回的废弃下沉, 本区成为浅水海湾, 导致以田家沟砂岩所代表的第六、七煤段三角洲旋回的指状砂坝伸进了本区(图9A), 从而开始了新的三角洲建设阶段。三角洲的进积作用使本区形成了由前三三角洲泥、三角洲前缘砂组成的向上变粗的三角洲水下层序(图9C下部分)。随着分流河道的进一步推进, 本区逐渐进入下三角洲平原, 并且开始发生聚煤作用(图9B)形成了三角洲平原沉积层序(图9C上部分)。

第六、七煤段三角洲建设阶段形成的垂直层序(图9C)与现代密西西比三角洲层序(图9E)^[6]无论是层序结构、沉积构造序列还是沉积物组合特点均很相似, 表明本三角洲极可能也是以河流作用为主的。

由于海侵, 分流河道废弃, 三角洲朵体下沉, 本区又一度沦为三角洲边缘海湾, 因而在废弃期堆积形成了第七煤段。图9D是当时的环境模式图(层序参见图8)。最后, 邻区的分流河道又摆回本区, 开始了新的三角洲旋回, 从而结束了第六、七煤段三角洲旋回的发育历史。

四、第六、七煤段三角洲的聚煤特点

(一) 建设期的聚煤特点:

第六煤段的煤层是在三角洲建设阶段形成的, 它们的顶、底板性质(图6)和煤岩、煤相特征反映了当时总的聚煤环境是在分流间湾或泻湖上发育起来的半咸水沼泽, 属于下三角洲平原成因的煤层。

六₄煤层是本区上石盒子组中主要可采煤层, 其煤岩和煤质特点反映了六₄煤层是在下三角洲平原靠陆一端的地带中形成的, 聚煤环境经历了从半咸水沼泽到淡水沼泽的演化过程: 沼泽化初期, 泥炭堆积在覆水较深、流通性较差、缺氧的半咸水沼泽中, 因此所成的煤凝胶化组分(主要是镜质组)含量高, 灰分较低, 但含黄铁矿, 后来水逐渐被淤浅, 成为一个弱酸性、弱氧化的淡水环境。因而, 形成的煤层丝质组增多, 黄铁矿减少, 灰分增高, 煤岩类型变暗。六₄煤层厚度常大于1米, 富煤带分布在富砂带上方并与砂岩数量的多少呈正相关关系。除六₄煤层外, 其余煤层均薄(<0.6米), 侧向不稳定, 主要产出于分流河道两侧和决口扇上(参见图6、7)。

可见, 下三角洲平原的煤层厚度一般较薄, 侧向不连续, 灰分和硫分较高, 煤层主要堆积在砂质沉积物较多、堆积速度快、沼泽化和聚煤时间长的地带。根据本区六₄煤层向北(陆)增厚、连续性变好和灰分下降的现象, 以及 J. G. Horne 所指出的下三角洲平原往陆方向煤层发育较好的观点^[8], 可以预测, 在三角洲的上倾方向(北)可以找到比本区稍厚, 横向更连续的煤层。

(二) 废弃期的聚煤特点

以七₃煤层为代表的第七煤段煤层, 反映了三角洲在废弃阶段海湾充填沼泽化的聚煤特点。

七₃煤层厚1.5米以上, 煤层结构复杂, 含多个夹矸层, 顶板(图版-12)和夹矸中有3~4层硅质骨针岩; 煤岩以暗淡型为主, 含较多黄铁矿, 显条带状结构和水平层理, 灰分常超过40%, 镜下观察, 煤层富含丝炭化基质和破碎的木质丝炭, 含少量破碎的海绵骨针(图版-5)和其它海生动物碎片, 灰成分微量元素具半咸水性质。结合顶底板特点, 显然聚煤环境是常受潮汐水作用的弱碱性、氧化作用较强的滨海半咸水沼泽。平面上, 七₃煤层厚度稳定侧向连续, 厚煤带呈东西向展布与砂体走向(图5)基本一致, 指示成煤沼泽沿岸线分布。

可见, 在海湾滨岸地带, 聚煤沼泽平行岸线发育, 可以形成大面积稳定的煤层, 而且厚度较大; 但因易受潮汐水动力作用和水化学作用的影响, 所成的煤层结构复杂、灰分、硫分和丝质组含量较高。

本文是在杨起、李宝芳、李祯等老师指导下完成的;工作中得到付泽明、何镜宇、陈钟惠和王德发各位老师的指点;煤炭工业部一二九地质队、河南煤田地质勘探公司为本文提供了资料和给予了帮助;在此一并致谢。

参考文献

- [1] 武汉地质学院煤田研究室, 1979, 1981, 煤田地质学(上、下册)。地质出版社。
- [2] 刘宝瑞主编, 1980, 沉积岩石学, 地质出版社。
- [3] 王英华, 1980, 沉积环境与岩矿、地球化学指示相标志。石油实验性质, 第四期。
- [4] Gould, H. R., 1970, The Mississippi delta complex. Soc. Econ. Paleo. and Min., Sp. Pub., 15, pp. 3—30.
- [5] Pettijohn, F. J. et al., 1972, Sand and Sandstone. New York, Springer-Verlag.
- [6] J. M. 科尔曼, L. D. 赖特, 现代河流三角洲: 作用与砂体的可变性(陈景山、陈昌明译, 1981)。三角洲沉积与油气勘探, 石油工业出版社。
- [7] A. J. 斯科特, W. L. 费舍尔, 1969, 三角洲体系与三角洲沉积作用(陈景山、陈昌明译, 1981)。三角洲沉积与油气勘探, 石油工业出版社。
- [8] Horne, J. G. et al., 1978, Depositional models in coal exploration and mine planning in Appalachian region. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists, Vol. 62, No. 12.

图版说明

1. 化石: *Naiadites* sp. (军张煤矿, 原大)
2. 化石: *Palaeonodonta* sp. (军张煤矿, 原大)
3. 化石: *Carbonicola* sp. (?) (军张煤矿, 原大)
4. 化石: 楔齿龙类(*Sphenocodonts*) 牙(2106孔, 原大)
5. 七煤层薄片中含大量无机质和海绵骨针碎片(中间, 白色, 具轴沟, 有机质与无机质形成显微纹层(2508孔, 平行偏光 8×10))
6. 硅质泥岩中的三叶虫碎片(陈庄, 平行偏光 8×10)
7. 大型双向交错层理(大风口, 田家沟砂岩)
8. 小型交错层理(1611孔, 六煤段下部)
9. 波状层理(1307孔, 六煤段中部)
10. 大型槽状交错层理(云盖山, 田家沟砂岩)
11. 大型板状交错层理(方山, 田家沟砂岩)
12. 硅质岩(下部, 黑色)与显双向低角度交错层理的细粒砂岩(贺庙, 七煤层顶板)
13. 砂泥互层层理(上部)和生物搅动构造(下部, 709孔, 七煤段上部, 薄片, 放大2倍)

SEDIMENTARY ENVIRONMENTS AND COAL ACCUMULATION CHARACTERISTICS OF THE SIXTH AND SEVENTH COAL MEMBERS OF THE UPPER SHIHEZI FORMATION IN YUXIAN, HENAN

Liu Kuanghua

(Beijing Graduate School, Wuhan College of Geology)

Abstract

In Yuxian, western Henan, the Late Permian Upper Shihezi Formation is represented by sediments of a deltaic system which were entrained into a brackish bay. Analysis of paleoenvironments shows that the Sixth and Seventh Coal Me-

members constitute a complete deltaic cycle in this deltaic system and that the development of this deltaic cycle underwent two stages,

The Sixth Coal Member was formed in the deltaic constructive delta stage. Features such as dendritic sand bodies, uni-direction paleocurrents and a vertical sequence indicate that the fluvial action predominated in the delta. Coal seams in this member were formed in the lower delta plain. Such coal seams are not thick nor too continuous laterally, but the thickness and continuity have a tendency to increase towards the upper delta plain.

The Seventh Coal Member was deposited in the marginal delta bay in the abandoned delta stage. Associated features of clay minerals and trace elements indicate that the basin water was brackish. Sand sheets and bi-direction paleocurrents reflect that the fluvial action then had disappeared. In this stage, the coal-forming environments were marked by littoral brackish swamps. The coal seams formed in such environments are thick and continuous over vast areas, but contain relatively high ash and sulfur contents.

