

鄂尔多斯盆地北部延安组水下分流河道-河口坝层偶型三角洲体系的沉积构成

王龙樟

(成都地质矿产研究所)

在内陆湖泊沉积盆地中,三角洲沉积体系的发育决定了盆地沉积中心的位置。三角洲体系是重要的油气储集体,也是煤的重要聚积场所。对于湖泊三角洲的认识已日益详尽,其类型也日益丰富。吉尔伯特型三角洲是古代沉积序列中三角洲体系研究的开端。Farqaharson (1982)把三角洲体系分为吉尔伯特型和河口坝型两种类型。在断陷湖泊盆地中,扇三角洲体系尤其发育。夏文臣等(1991)在研究断陷湖盆和大型内陆拗陷湖盆的滨岸带沉积物时,识别出水下分流河道型湖泊三角洲体系。在湖盆的充填淤浅阶段,还有一种三角洲体系值得重视,即水下分流河道-河口坝层偶型三角洲体系。下文将对该三角洲体系作一阐述。

一、区域地质背景

鄂尔多斯盆地是在华北地台最稳定的前寒武纪陆核的基础上形成的,具古老的结晶基底。印支-燕山期,鄂尔多斯盆地进入陆盆发展阶段。

印支运动后,鄂尔多斯盆地是一个大型内陆拗陷盆地。富县组沉积起到填齐补平作用;延安组时期,盆地沉降为大型内陆湖盆。始燕山期的构造运动,盆地遭受短期的抬升和剥蚀,形成延安组与直罗组之间的古剥蚀面。构造运动之后,盆地再度沉降,形成规模更大的湖盆。早燕山期的构造运动,结束了大型内陆拗陷的充填历史。

鄂尔多斯侏罗纪拗陷盆地是一个东缓西陡的箕状盆地,研究区位于西倾的缓坡上(图1)。研究区具有受现代河流切割的大峭壁剖面,结合密集的钻探资料,可以较详细地研究三角洲体系的沉积构成和演化历史。

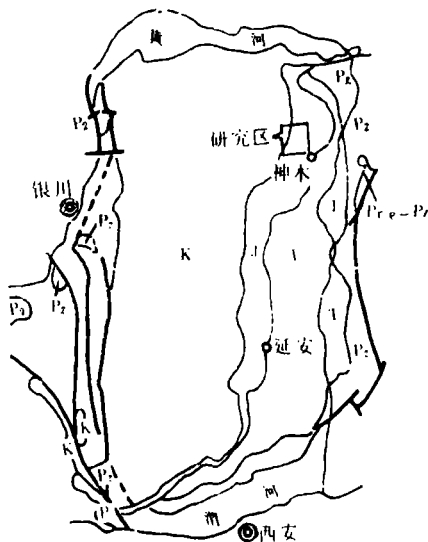


图1 鄂尔多斯盆地地质略图

Fig. 1 Generalized geological map of the Ordos Basin

二、三角洲体系的沉积构成及空间展布

延安组第五段^①是鄂尔多斯盆地早中侏罗世聚煤期的最后阶段,也是盆地北部三角洲沉积幕的最后一个地层成因增量。

一个完整的三角洲体系单元^②可以划分为建设、废弃和破坏三个沉积作用阶段。各个阶段作用方式不同,形成不同的沉积相组合。

1. 建设阶段

在建设阶段,三角洲体系的沉积特点是:沉积厚度大,但是建设过程中不需要太长时间。三角洲体系在建设阶段形成三角洲平原相、三角洲前缘相和前三角洲相等沉积相(图2)。

(1) 三角洲平原相 包括分流河道、天然堤、决口扇、泛滥平原等沉积组合。分流河道呈上平下凸的外部几何形态,厚度 $<10\text{m}$,宽厚比 <50 ,具板状或槽状交错层理的中、细砂岩沉积。天然堤为粉砂岩和粉砂岩-泥岩互层沉积,具水流波痕层理、爬升层理和条带状层理。决口扇以粉砂岩、细砂岩为主,下部常见水平层理和条带状层理,中、上部见水流波痕层理。决口扇包括反粒序和复合粒序(下部是反粒序、上部为正粒序)两种粒序结构。完整的决口扇中见有斜列的决口水道。泛滥平原由泥岩、粉砂质泥岩组成,见水平层理,大量植物茎叶和根化石。沼泽和泥炭沼泽局部发育。

(2) 三角洲前缘相 包括水下分流河道、河口坝、前缘席状砂泥互层、分流间湾等沉积组合。水下分流河道呈上下双凸或上界面略平下凸的外部几何形态,厚度 $<10\text{m}$,具槽状交错层理和侧向加积层理的中、细砂岩沉积。河口坝呈反粒序,下部是具水平层理及断续波纹层理的粗粉砂岩;上部是具水流波痕层理和低角度交错层理的细砂岩。河口坝侧向延伸不远,说明湖面波浪能量极小,湖底流能量微弱,是一种平静的湖湾沉积产物。见到被下伏泥炭刺穿现象,反映了河口坝沉积组合饱含水份时是一种可塑的沉积体。这种刺穿现象在海陆交互的三角洲中极为常见。前缘席状砂泥互层,具条带状层理,泥岩和砂岩薄互层,一般砂层厚 $10\text{--}15\text{cm}$,泥层厚 $5\text{--}10\text{cm}$ 。砂层中发育前积纹层,是洪泛期间水下河道的溢岸沉积。泥岩中见生物潜穴及滑塌变形层理。分流间湾沉积物较细,为粉砂质泥岩和泥岩沉积,具水平层理及块状构造,见菱铁矿结核层,植物茎叶化石丰富,反映低能滞流的沉积环境。

在研究区,三角洲体系的最大特点是在三角洲前缘相中发育水下分流河道-河口坝层偶。在分流河道入湖的时候,由水上分流河道转变成水下分流河道,并在水下分流河道的末端形成河口坝。在三角洲的水下部分充填淤浅过程中,水下分流河道向前延伸,切割了前期形成的河口坝。分流河道决口改道后,水下分流河道-河口坝层偶又会在新的地区形成。这种层偶能被完整保存下来而不受湖浪改造,说明三角洲体系发育在闭塞的湖湾环境。这种层偶可与密西西比河三角洲分流间湾地区的半永久性决口水道-小型河口坝层偶类比,所不同的是后者受波浪改造比较显著。

① 划分方案据陕西煤田地质勘探公司 185 队 (1985) 方案。

② 术语“体系单元”据李思田, 1989, 私人通信。

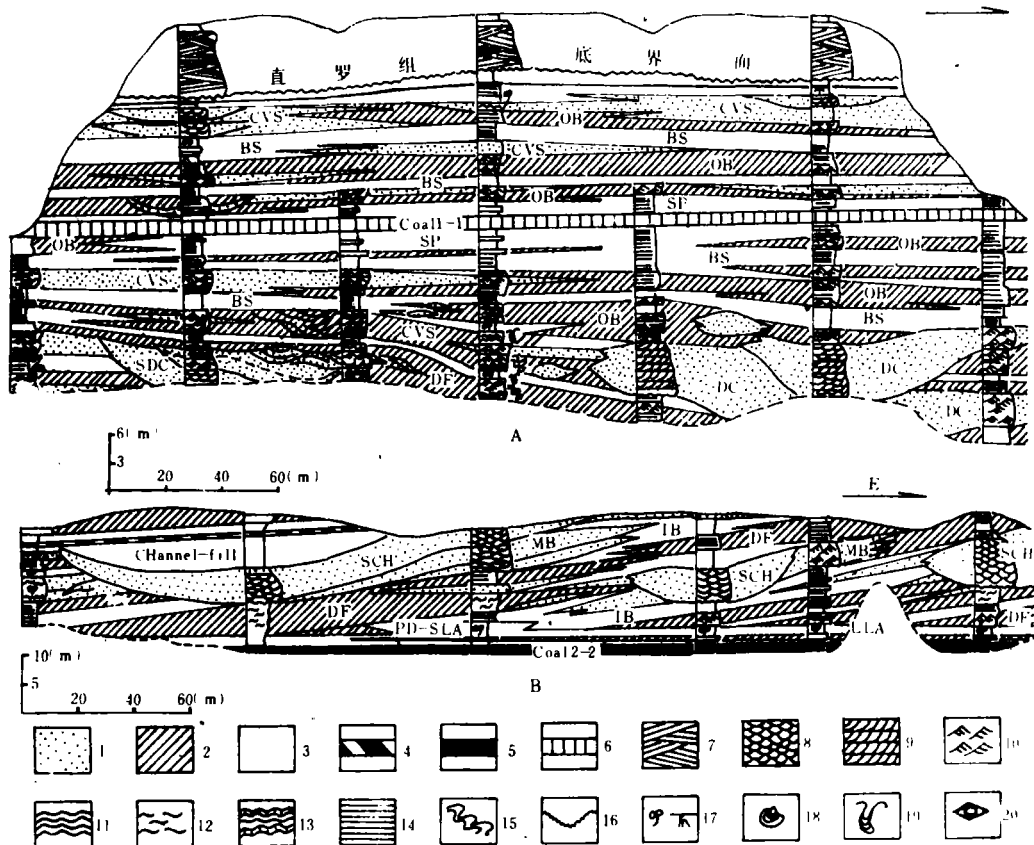


图2 湖泊三角洲体系详细沉积断面(峭壁露头)

A=柠条塔剖面; B=活鸡兔剖面

1-砂岩; 2-粉砂岩或砂泥互层; 3-泥岩; 4-碳质泥岩; 5-煤层; 6-被火烧后恢复的煤层; 7-低角度交错层理; 8-槽状交错层理; 9-板状交错层理; 10-水流波痕层理; 11-波状层理; 12-断续波状层理; 13-条带状层理; 14-水平层理; 15-变形层理; 16-冲刷面; 17-植物化石及根化石; 18-动物化石; 19-潜穴; 20-菱铁矿结核; DC-分流河道; SDC-水下分流河道; CVS-决口扇; OB-越岸沉积; BS-岸后沼泽; SP-沼泽; MB-河口沙坝; DF-三角洲前缘席状砂泥互层; IB-分流间湾; PD-前三角洲;

SLA-浅湖; LLA-滨湖; Coal2-2-出露的煤层编号

Fig. 2 Detailed sedimentary cross-sections of lacustrine deltaic system (cliff outcrops)

A=Ningtiaota section; B=Huojitu section

三角洲前缘包括两种充填样式: 其一, 以侧向充填为主。分流河道周期性地向分流间湾或三角洲间湾决口改道, 造成水下分流河道-河口坝层偶不断向间湾迁移。由于分流间湾或三角洲间湾地势低洼, 所以水下分流河道-河口坝层偶和前缘席状砂泥互层沉积组合在向间湾迁移过程中, 后期沉积体叠瓦状覆盖了前期沉积体, 并向分流间湾或三角洲间湾倾斜(图2B); 其二, 以进积充填为主。物源供给相对于湖盆的沉降速度呈过补偿状态, 三角洲朵叶体不断向盆地中心推进, 三角洲平原相覆盖了三角洲前缘相, 后者又覆盖了前三角洲相。在垂直三角洲朵叶体轴向的方向上, 各沉积体呈水平展布(图2A)。

(3) 前三角洲相 以细碎屑沉积为主, 岩性为泥岩、粉砂质泥岩, 夹薄层粉砂岩。这种毫米级的薄层粉砂岩是洪泛事件的产物, 具水平层理及块状构造, 大量植物化石碎片。见

塑性变形层理,说明前三三角洲沉积物固结之前受到上覆沉积物的负荷作用。

在建设阶段,三角洲朵叶体的形态可以通过格架砂体厚度图和含砂率图较好地反映出来。图3是利用煤田勘探钻孔资料作出的格架砂体展布图。从图上可以看出该三角洲体系在研究区发育南、北两个朵叶体。格架砂体呈网状形态,古流向向南西西方向,物源为北东东方向。

2. 废弃阶段

废弃阶段三角洲体系的沉积特点是:沉积厚度小,仅10—15m,但是长期发育,从煤层厚度推算,废弃阶段发育时间1—4万年。

三角洲在废弃阶段的沉积产物称废弃相,包括沼泽、泥炭沼泽和洪泛沉积等组合。沼泽和泥炭沼泽沉积细碎屑物质,包括泥岩、碳质泥岩和煤层,层理极不发育,根系化石丰富。洪泛沉积呈薄层状夹于沼泽沉积物中,岩性为粉砂岩和粉砂质泥岩。

三角洲朵叶体的废弃是因为河流改道或袭夺现象导致活的大型水系偏离原三角洲朵叶体活动的地区。在三角洲朵叶体废弃的初期阶段,原分流河道中接受大气降水和邻区水系的洪泛水流继续发育小型水系,并继续接受少量砂质沉积。随着沼泽和泥岩沼泽的发育和扩大,小型水系便告中止发育。沼泽基底的沉降速度极其缓慢,其速度大致相当于泥炭堆积速度。泥炭迅速堆积,埋藏后形成巨厚煤层。当泥炭堆积速度小于沼泽基底的沉降速度时,或者活动的朵叶体重新在本区活动的时候,泥炭堆积便告中止。

从煤层等厚图与三角洲格架砂体展布图的叠加图(图3)上可以看出,煤层厚度分带平行于三角洲朵叶体的轴向,而且北部朵叶体的煤层比南部朵叶体的煤层层厚。这种现象说明,在废弃阶段形成的煤层,其厚度只与建设阶段形成的三角洲朵叶体的沉积相展布有关,而与各沉积相内部的各沉积组合的空间配制无关。同时也说明,不同的朵叶体,泥炭沼泽发育的时间或泥炭堆积速度是有很大差别的。

在废弃阶段,湖浪可对三角洲前缘砂体进行改造,形成弧形障壁岛。这种障壁岛在开阔湖盆和海陆交互的三角洲中极为可观,后者在许多文献中有过报导。延安组第五段,湖泊充填淤浅,三角洲朵叶体发育在局限的湖湾中,风浪极小,因而弧形障壁岛极不发育。

3. 破坏阶段

当泥炭沼泽或沼泽中,泥炭或泥质沉积物的堆积速度小于沼泽基底的沉降速度时,或

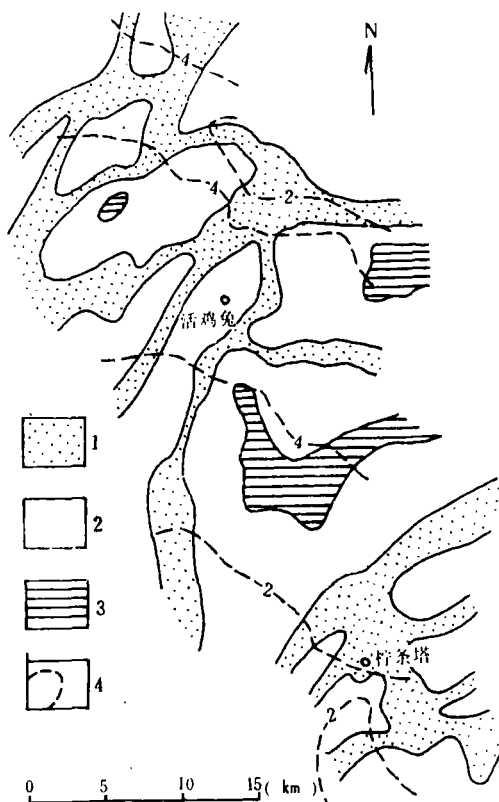


图3 湖泊三角洲体系格架砂体展布图

1-大于20m厚砂体; 2-5—20m厚砂体;
3-小于5m厚砂体展布区; 4-煤层等厚线

Fig. 3 Distribution of framework sandstones of the deltaic depositional system

者湖水面上升时,沼泽或泥炭沼泽遭受湖侵,整个三角洲朵叶体进入破坏阶段。

破坏阶段的沉积特点是:沉积厚度小,作用时间也相对较短。破坏阶段的沉积产物称破坏相。破坏相由两部分组成:下部为湖侵过程中废弃相遭受改造的再沉积产物,岩性较粗,为粉砂岩和细砂岩,具低角度交错层理;上部为正常湖相泥岩沉积,见淡水动物化石,如珍珠瓣等。三角洲破坏相厚度不大,一般小于2m。

三、三角洲体系的演化过程

如上所述,一个完整的三角洲体系单元的演化可以划分为建设、废弃和破坏三个阶段,各个阶段都有独特的作用方式。在建设阶段,侧积、填积和进积作用兼而有之,进积作用与其余两种作用有消长关系。在废弃阶段,填积作用是主要的作用方式,在三角洲的边缘部位可见到局部因受湖浪改造而发生退积作用。在破坏阶段,退积作用是主要的作用方式,表现在水进过程中下伏沉积物不断遭受改造。在破坏阶段的正常湖相沉积则属于填积作用产物。图4A是完整的三角洲体系单元的阶段划分。

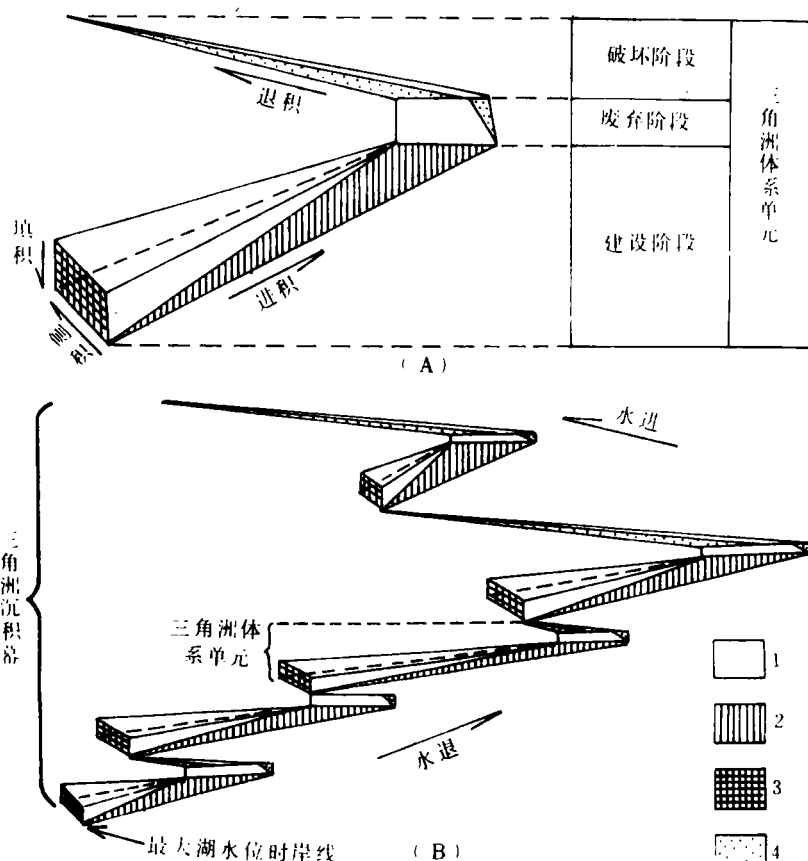


图4 湖泊三角洲体系演化过程示意图(据 Galloway, 1983, 修改)

A-三角洲体系单元的阶段划分; B-三角洲沉积幕的演化过程

1-填积作用; 2-进积作用; 3-侧积作用; 4-退积作用

Fig. 4 Schematic diagram showing the depositional evolution of lacustrine deltaic system

一个三角洲沉积幕(在研究区为整个延安组)是由多个三角洲体系单元叠加而成。一

个三角洲体系单元可能完整地发育建设、废弃和破坏三个作用阶段,也可能只发育建设和废弃或建设和破坏两个作用阶段。一个完整的三角洲沉积幕包括了水退和水进两个演化过程(图4B)。

四、水下分流河道-河口坝层偶型三角洲体系发育的边界条件

水下分流河道-河口坝层偶型三角洲体系的沉积特点是:水下分流河道与河口坝沉积组合以层偶形式伴生,不同层偶之间的广大地区为三角洲前缘席状砂泥互层沉积组合所充填。形成这种三角洲体系的边界条件是:

(1) 基底稳定,沉降速度小,使得三角洲朵叶体缓慢向盆地推进。鄂尔多斯盆地具稳定的古老结晶基底,延安组沉积时无显著的构造运动。因此湖盆地的沉降作用主要依赖下伏地层的压实作用,因而是极其缓慢的。

(2) 风浪作用小,使得水下分流河道-河口坝层偶完整保存下来。据石油钻井资料和露头资料分析,鄂尔多斯盆地中央湖泊面积达数万平方公里,因此风浪作用是十分可观的。开阔湖岸地带,三角洲河口坝要遭受强烈改造,形成前缘席状砂体。只有在受障壁的港湾状湖岸带,水下分流河道-河口坝层偶才能被保存下来。在湖盆充填淤浅过程中,由于风浪的改造,湖岸线会逐渐发育成港湾状。延安组第五段发育的三角洲体系单元是延安组三角洲沉积幕的最后一个体系单元,盆地处于暂时的充填淤浅阶段,这种现象在盆地其他地区也有响应。

(3) 湖水位季节性变化不明显。鄱阳湖的水位季节性升降幅度很大,造成赣江三角洲的水下分流河道和水下水道特别发展,河口坝常被水下分流河道所破坏。鄂尔多斯盆地有数万平方公里的积水面积,湖水位季节性变化不显著。

五、结论

综上所述,延安组第五段发育了水下分流河道-河口坝层偶型三角洲体系,其沉积特点概括如下:

1. 水下分流河道与河口坝沉积组合以层偶的形式伴生,层偶间为前缘席状砂泥互层沉积组合充填。水下分流河道-河口坝层偶型三角洲体系是湖盆充填淤浅后港湾状湖岸带的沉积产物。

2. 一个完整的三角洲体系单元可以划分为建设、废弃和破坏三个作用阶段,每个阶段都有独特的作用方式和充填样式。

3. 厚煤层形成于废弃阶段。煤层分带受三角洲沉积相带的影响,而与各沉积相内部沉积组合的空间配制无关。不同三角洲朵叶体煤层厚度差别较大。

作者在野外资料收集和论文编写过程中,受到李思田教授和扬士恭副教授的悉心指导及陕西煤田地质勘探公司185队的大力支持。本文是从硕士论文中节取并修改而成。在文章撰写过程中,丘东洲付研究员提出了宝贵意见。在此,作者一并向他们表示致谢。

参 考 文 献

王鸿祯, 1982, 中国地壳发育的主要阶段, 地球科学, 第3卷。

李思田主编, 1988, 断陷盆地分析与煤聚积规律, 地质出版社。

罗建宁等, 1987, 昆明滇池水动力条件与沉积物特征, 地科院成都地质矿产研究所刊, 第8号。

朱海虹等, 1981, 鄱阳湖现代三角洲沉积相研究, 石油与天然气地质, 第二卷, 第二期。

夏文臣等, 1991, 鄂尔多斯南部延安组水下分流河道型三角洲体系的沉积构成, 地球科学, 第16卷, 第2期。

Elliott, T., 1986. Deltas, In: H. G. Reading ed., *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell Scientific Publication.

Farquharson, G. W., 1982. Lacustrine Deltas in a Mesozoic Alluvial Sequence from Camp Hill, Antarctica.

Galloway, W. E. and Hobday, D. K., 1983. Approaches to genetic stratigraphic analysis. In: *Terrigenous Clastic Depositional Systems*.

Galloway, W. E. and Hobday, D. K., 1983, Delta Systems, In: *Terrigenous Clastic Depositional Systems*.

THE DEPOSITIONAL ARCHITECTURE OF THE LACUSTRINE DELTAIC SYSTEM WITH SUBAQUEOUS DISTRIBUTARY CHANNEL-MOUTH BAR COUPLETS OF THE YAN'AN FORMATION IN NORTHERN ORDOS BASIN

Wang Longzhang

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Based on genetic stratigraphic analysis of the Yan'an Formation of northern Ordos Basin, a new type of the deltaic system is recognized. Within this system, subaqueous distributary channel-mouth bar couplets are developed beyond the modification of wave processes, without sheet sandstones between the couplets. Moreover, a deltaic system unit is divided into three process stages in detail, i. e. constructive, abandoned and destructive stages, during the second of which the thick coal seams are formed. The recognition of the deltaic system with subaqueous distributary channel-mouth bar couplets can be used as a tool for interpreting the history of basin fill.