

湖泊辫状河三角洲 岩相、层序特征及储层地质模型 ——内蒙古岱海湖现代三角洲沉积考察

于兴河^① 王德发 孙志华

(中国地质大学 北京 100083)

提 要 粗粒三角洲是陆相湖盆的主要充填实体,然而,在中国东部陆相湖泊断陷盆地或裂谷型盆地中,由于盆地短轴方面断层陡缓程度的差异所造成的不对称性断陷盆地,使得其沉积充填实体之一的三角洲也因此而出现其各自的特色和差异。为此,本文通过岱海湖短轴方向陡、缓两侧辫状河三角洲沉积特征的比较来阐明各自的储层地质特点及与扇三角洲的区别,进而分析不同背景下辫状河三角洲的沉积特点、储层沉积学规律和砂体骨架在三维空间展布的地质模型。

关键词 辫状河三角洲 断陷盆地 储层沉积学 地质模型 岱海

第一作者简介 于兴河 男 35 岁 副教授 博士 石油地质学 储层沉积学及盆地分析学

三角洲通常是湖盆充填的重要物质组成形式。并且不少沉积矿床和砂岩油气藏与三角洲有着密切的关系,目前世界上对于海相三角洲的研究较为详尽,但对陆相三角洲,尤其是对粗粒辫状河三角洲研究甚少。而我国东部中、新生代的含油气盆地中,则以陆相断陷盆地为主,且三角洲(包括细粒和粗粒三角洲)往往是这些盆地的主要充填物质和主力油层。在三角洲沉积类型中辫状河三角洲是既不同于一般的细粒三角洲,又不同于粗粒扇三角洲的一种特有的沉积体系。为此,笔者对内蒙古岱海湖的现代辫状河三角洲进行了细致而深入的考察,并依此对其辫状河三角洲的沉积特征做了一些探讨,建立了相应的储层地质模型。

1 岱海湖盆简况

岱海湖位于内蒙古自治区呼和浩特市以南凉城县境内,是一典型的地堑式断陷型盆地。短轴方向南、北两侧断层活动强度和幅度有明显差异,西北侧断层活动明显强于东南侧,致使盆地南北不对称及地形坡度相差较大,呈现出北岸陡、南岸缓的地貌特点。在很大程度上具与我国东部陆相含油气盆地有可比性。

岱海湖盆周围大小三角洲砂体共有十多个,单个砂体多呈扇形或舌状向湖盆推进。由于构造、水流及季节性洪水等多种因素的影响,陡岸三角洲以小而多为特点;缓岸则以大而少为特征(图 1)。本文将通过湖盆短轴方向两岸—陡岸的元子沟三角洲与缓岸的步量河三角洲的比较来探讨辫状河三角洲的沉积特征及骨架砂体的储层特点。

^① 国家自然科学基金资助(编号 49302033)

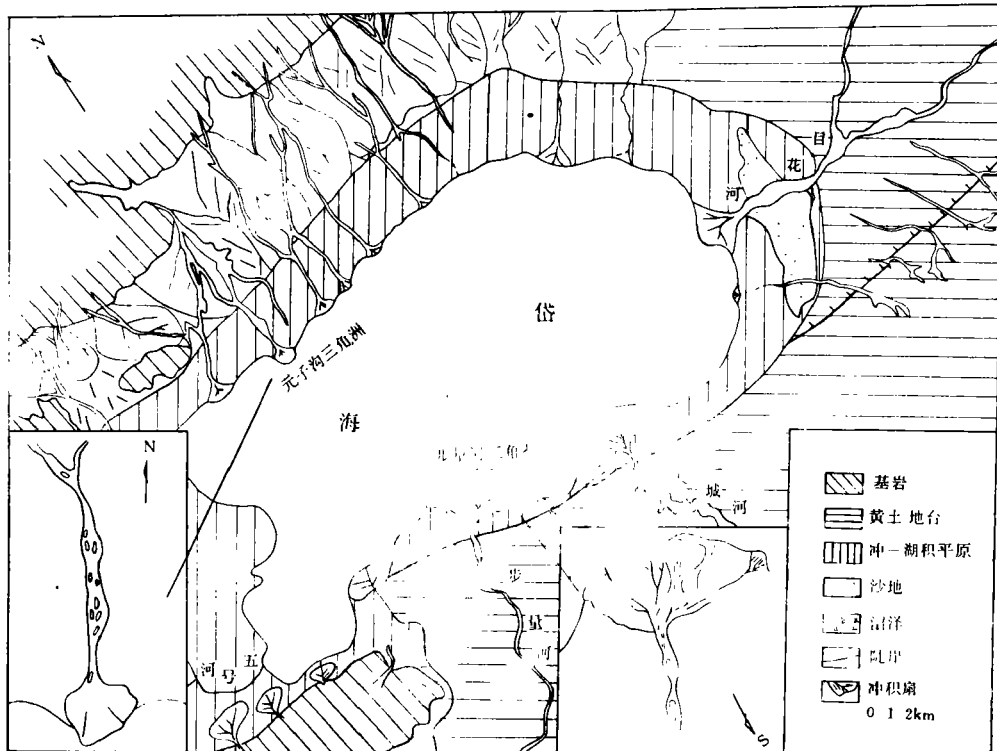


图 1 岱海湖盆及两个三角洲的地貌图

Fig. 1 The Geomorphologic Map of Daihai Lake and two Deltas studied

2 辫状河三角洲的基本特点及其性质

步量河三角洲与元子沟三角洲,无论在物源的母岩性质、搬运距离远近及地形坡度上、还是发育面积大小及几何形态和沉积作用方面都存在着一定的差异,同时也反映出当断陷盆地出现不对称状况时,陡、缓两翼所形成的三角洲具有各自独特的一面。它们为我们进一步认识古代内陆断陷盆地中的三角洲提供了一个良好的素材。

2.1 步量河三角洲

位于湖盆南侧的东南岸东房子一带,面积约 $6\sim 8\text{km}^2$,长/宽为 $2:1$,地形坡度为 $15^\circ\pm$ 。主要由三个朵体组成,其上有三条分支河流,它们直接控制着三角洲的平面形态、砂体的分布特征及朵体的演变。湖盆的不断萎缩加上步量河的季节性间歇洪水的注入,沉积物向前推进和堆积,致使三角洲仍在进一步扩大。

由于步量河为山间的间歇性河流,在其所流经的地区冲刷和切割作用较为明显,并携带了大量的粗碎屑物质。该三角洲源于低变度的间歇性辫状砾质河流。距物源区 $35\text{km}\pm$,河流的上游具有下切作用,形成明显的河谷,而下游靠近山口部位则下切作用已不太明显,砾、砂以席状的形式进入三角洲平原。

2.2 元子沟三角洲

位于湖盆北侧的西北岸东营子一带,面积约 3km^2 ,长/宽约为 $1:1$,距物源区只有 12km 。在三角洲上无明显的朵体和分支河道存在。其地形坡度要大于步量河三角洲,坡度为 $25^\circ\pm$ 。三角洲前缘斜坡地带明显地受着湖浪的影响,元子沟三角洲上游也为间歇性辫状河。

2.3 辫状河三角洲的属性及沉积作用

辫状河三角洲这一术语目前已被许多沉积学家使用(Mcpherson, 1987; Nemecek and steel, 1988; Orton, 1988; Galloway, 1988),而且对辫状河三角洲的理解也趋于一致,过去人们对于断陷盆地三角洲侧重于研究长轴方向上的鸟足状三角洲和短轴上的冲积扇直接推进到水体中的扇三角洲。而对辫状河三角洲的认识不足,明确区分的也较少,故在研究程度上相对较低。然而在陆相断陷湖盆中,辫状河三角洲十分常见,其沉积特征与扇三角洲也有着明显的差异。

辫状河三角洲是指由单一的底负载河流进积形成的辫状河平原进入稳定水体中而形成的富含砂和砾石的三角洲,在平面上常常呈扇形。因此步量河三角洲与元子沟三角洲均属于此列,但是两者也存在着一定的差异,前者为远流程的辫状河三角洲,后者属于近流程的辫状三角洲。两者注入湖盆的主要载荷方式均为间歇性洪水。步量河三角洲以分散体系的朵叶形态和分流河道发育为特点;而元子沟三角洲则以扇形的形态和前缘具有较宽的波浪砂席带为特色。

辫状河三角洲是辫状河平原进入稳定水体的建设作用与接受汇水盆地的波浪作用的统一体。在海相辫状河三角洲中,波浪、潮汐及风暴作用则是改造此类三角洲的主要营力;而陆相湖盆的构造活动、季节性洪水的大小及湖水面的升降则是控制辫状河三角洲发育的主要因素。笔者认为构造作用的幅度(断层的陡、缓及沉降幅度)及地形坡度的大小通常是决定辫状河三角洲以建设作用为主还是以改造作用为主的关键。

辫状河三角洲的水上部分和水下部分的沉积特征均说明注入湖盆的主要载荷形式为湍流的季节性(或间歇性)洪水。步量河三角洲以建设作用为主;而元子沟三角洲则以破坏作用为主。不论在三角洲的朵叶体内部,还是在不同相区的各个部位,其垂向层序则反映了沉积过程的水动力条件和不同部位的特色。在河口部位(近端)和三角洲平原部位(中端)以向上变细的或洪水层理发育的粗碎屑沉积为主。在前缘部位(远端)则以向上变粗的反韵律或复合层理发育的层序为主,反映了前积和波浪改造共同作用的特点,波浪作用的改造则是破坏作用的主要表现。

3 岩相特征

岩相是组成沉积相序和石油储层的最基本单元,也是分析沉积物形成过程的第一要素。笔者通过对岱海湖盆两个三角洲的探槽剖面和露头研究,并依据其岩性、粒度、沉积构造等特征分析划分出以下若干种岩相:

(1)块状砾石相(Gm);(2)迭瓦状砾石相(Gi);(3)洪水层理砂质砾石相(Gh);(4)板状交错层理砂、砾石相(SP);(5)平行导理砂相(Sh);(6)槽状交错层理砂相(St);(7)块状砂相(Sm);(8)波状—断续波状交错层理粉、细砂相(Fr);(9)块状粉砂相(Fm);(10)粉砂及泥薄

互层复合层理相(Fc),通过对野外的调查和研究发现,复合层理并不是潮汐作用的特有层理类型,在湖泊圩坡的三角洲前缘或间湾处,由于风、浪的作用湖水频繁进退同样可形成此种类型的层理。(11)波浪改造的细粉砂相(Sw);(12)泥相(M),其中泥相根据成因和颜色又可分为两种,即 M_1 和 M_2 ,前者为三角洲平原漫岸沉积的产物,后者为湖泥沉积。

4 辫状河三角洲岩相组合特点及沉积作用

依据以上所述十二种岩相划分,以及野外露头的观察和分析,将两个三角洲体系中可识别的层序归纳出九个岩相组合类型,以反映两个三角洲的沉积过程和特征。每一种岩相组合类型或层序通常是一次沉积事件或一定环境连续演变的产物,也是进行储层层内非均质性分析的成因单元砂体。

类型 1: Gm、Gi、 \longleftrightarrow Sh



这种岩相组合类型主要由砾石、砂质砾石及粗砂所组成,Gm相在整个相序中占有主要的地位,厚度较薄,其特点是冲刷作用较为频繁。主要表现为数个低变度、且宽而浅的河道通过同一个河谷,它们的分叉、合并及位置的演化形成侵蚀凹岸和暂时性沙坝(横或纵向沙坝),说明河流的性质为砾石质辫状河,沉积方式以垂向加积为主。

类型 2: Gm \longleftrightarrow Fr \rightarrow M_1



为间歇性洪水沉积层序,主要由块状含砾粗砂、粉砂及泥所组成,该层序由下向上具有明显的正韵律,表现出随着粒度的变细、砂层厚度明显减薄。粗粒的底负载河道沉积与细粒漫岸沉积之垂向上的粒度突变现象所构成的韵律特点,反映了河流流程短、水流急、水体能量递减迅速,沉积水动力状态变化大及具间歇性洪水沉积的特点,具有突变正韵律结构。

类型 3: Sh \rightarrow Fr \rightarrow M_1



结构上与类型 2 较为相似,所不同的是 Sh 岩相和底部泥砾较为发育,水动力较强。流水以片流形式为主,流水时间较长,粒度上具明显的正韵律结构。岩相与岩相之间略为突变接触,Sh 岩相在地貌上呈现出砂坪的形式,水浅流急的片流沉积特点。

类型 4: Gp \longleftrightarrow Sh、St \rightarrow Fr \longleftrightarrow M_1

这种组合类型的特点是粒度渐变,具有明显的正韵律结构。在剖面上粗粒沉积占整个旋回的 2/3 左右,底部常常具有冲刷作用,在层序的中上部可形成大小不等的砂坪,通常此层序受两种沉积作用的交叉影响,为垂向加积和侧向加积共同作用的产物,类似于砾-砂质低变度河流沉积。该组合类型代表了上三角洲平原分流河道沉积,间歇性洪水作用和地形块度平缓是形成此种相序的主要条件。

类型 5: Sp、Sm \rightarrow Fr \rightarrow M_1



类型层序的最大特点是具有明显的正韵律结构,粒度由下向上为渐变,板状交错层不太发育,以块状为多,主要是沉积较快的原因,为下三角洲平原分流河道的典型层序。并体现出河流具有一定的变曲度和侧向加积的特点(尽管现今地貌上所见到的步量河三角洲的分流

河道为低变度砂质曲流河,但是剖面中则并未见到明显的点坝层序)。当底部为Sm相时,分流河道则以顺直河的形式沉积,就其沉积方式而言,以填积作用为主。

类型 6: $M_2 \rightarrow Fr \rightarrow Sm, Sh$



以具有明显的反韵律结构为特点,通常是由泥相、纹层粉砂相及块状粉砂所组成,上部砂层的粒度可达细砂。这种组合一般发育在下三角洲分流平原与三角洲前缘斜坡的过渡带或三角放前缘斜坡相带,为典型的前积作用产物,反映出坡度有缓变陡,沉积物逐渐向前加积的沉积过程。

类型 7: $F \leftarrow \rightarrow M$

以块状粉砂岩相为主,其垂向上表现为中、厚层块状粉砂相与薄层泥相的不等厚互层,单层粉砂可显正韵律,粉砂层可具小型沙纹层理、水平层理,也可无层理发育。该组合类型发育普遍,在三角洲平原和前缘斜坡均可见到。为流水与静水相互作用的分流河道间泛滥平原沉积(即漫积)。

类型 8: $M_2 \leftarrow \rightarrow Fe$

该层序的最大特点是具有复合层理,岩性主要由泥相及粉砂与泥的薄互层相所构成,局部可见有虫孔及生物扰动构造的发育,这种类型多发育在三角洲的前缘斜坡相带或前缘斜坡与前三角洲泥的过渡相带以及三角洲间湾处。波浪作用使得湖水的频繁进退造成该层理,由于缓坡的减浪作用,因此这种类型元子沟三角洲较步量河三角洲更为发育。

类型 9: $M_2 \leftarrow \rightarrow Sw$

粒度上与类型 8 明显相似,可为反韵律,但成因上和剖面特点上则完全不同,泥层较粉砂层要厚。结构特点受坡度、沉积物的供给和波浪改造的强度影响,该类型以步量河三角洲更为发育,而元子沟三角洲则较为少见,反映出沿岸环境碎屑物质明显地受到波浪的淘洗和筛选作用,为湖滩砂的典型沉积。

总之,岱海湖盆陡、缓两岸三角洲的沉积是由以上九种层序类型按不同的组合方式构成。同时这九种类型也反映了三角洲不同相带的沉积特点和过程。

5 沉积相带的划分及沉积模式

三角洲是一个比较复杂的沉积体系,在这个沉积体系上可划分出若干个亚环境和层序类型。因此,人们通常将其划分出三个或四个相带,以便于对其沉积特征进行详细的讨论。它们是三角洲平原、三角洲前缘斜坡及前三角洲相带,而三角洲平原相带依据其沉积特征上的差异,尤其是沉积时所处位置(水上、还是水下)以及其上分流河道的特点又可划分出上、下三角洲平原。由于本文研究的两个三角洲沉积体的平原部分范围较大,沉积特征也具特色,故本文采用四分,以便建立沉积模式和进一步探讨其三维储层地质模型。

5.1 步量河三角洲的相区划分

①上三角洲平原—砾质河相带:为陆上沉积,以类型 1 和 2 为主要层序类型,是砂、砾组成的洪水间歇性辫状河道沉积。②下三角洲平原相带:是指陆上与水下的过渡部分,在湖水水位较高时,处于水下;而湖水水位较低时,又处于水上。其依据是剖面底部常常见有深灰—蓝灰色湖泥(M_2)相的沉积。主要由类型 3、5、7 所组成,河流进入平坦的扇形平原,在其上端

主要为类型 3 所组成, 局部出现类型 4 层序。由于水浅、流急, 形成大量的平行层理砂层, 构成席状砂, 在其下端则主要发育类型 5 的层序特点, 出现了砂质分流河道。该相带在靠前缘斜坡地带发育有少量的反韵律前积层序, 由于河流所携带的大量泥沙卸载速度较快, 加上水流的强烈冲刷及地形的平缓, 致使河口坝的反韵律不太发育。③三角洲前缘斜坡相带: 主要以类型 6、7 为主要层序类型, 夹有少量的类型 5 和 9, 类型 9 的发育大于类型 8。蓝灰色泥(湖底泥)明显增多。在前缘斜坡边缘则以薄粉砂及蓝灰色泥组成互层, 泥层厚度较大, 前端的薄层砂层多为浪成沙纹组成内部结构, 构成类型 9 的层序特点, 平面上呈线状沿岸展布。④前三角洲泥相: 为蓝灰色泥或深灰色泥。

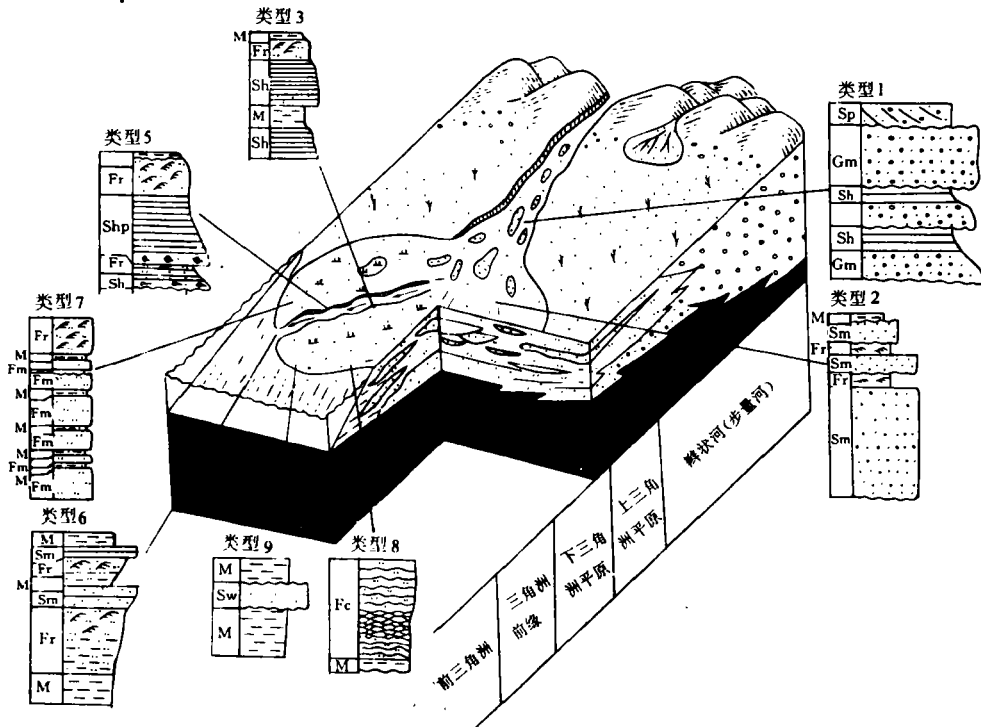


图 2 步量河三角洲沉积模式图

Fig. 2 The Sedimentary Model of Bulianghe Delta in Daihai Lake

在系统地综合了上述各层序的沉积特征和相带特征后, 按照步量河三角洲的层序特点及形成机制建立了其相应的立体沉积模式(图 2)。

5.2 元子沟三角洲的相区划分

①上三角洲平原—砾质河相带: 该相带无论是沉积特征, 还是层序类型上与步量河三角洲都没有十分明显的差异; 只是粒度上要较步量河三角洲相同位置的砾石要粗。②下三角洲平原相带: 此相带的岩相组合类型与步量河三角洲基本类似, 但以类型 3、4 为主。类型 5 发育程度远较步量河三角洲要差, 这与该三角洲的地形坡度有着密切的关系。河流进入平坦扇形原, 在其端由砂质辫状分流河道和间歇性洪水片流组成大型席状砂相带。在此相带的下

端砂质分流河道彼此孤立地发育,剖面上呈不对称的透镜状,平面上延伸不远,具正韵律序列或块状层;并可见类型6的前积层序。③三角洲前缘斜坡相带:以类型5、6、7、8为主,类型8在该三角洲十分发育,而类型9则十分少见。具体来说又可以分为两个区,内区和外区,内区与步量河三角洲前缘斜坡相带相似,受波浪影响较弱;外区受波浪影响很强,复合层理十分发育。波浪带的宽窄不一,为东宽西窄的特点。④前三角洲泥相:为蓝灰色泥或深灰色泥。

同样,在系统地综合了上述各层序的沉积特征和相带特征后,按照元子沟三角洲的沉积特点及形成机制,建立了相应的沉积相模式(图3)。

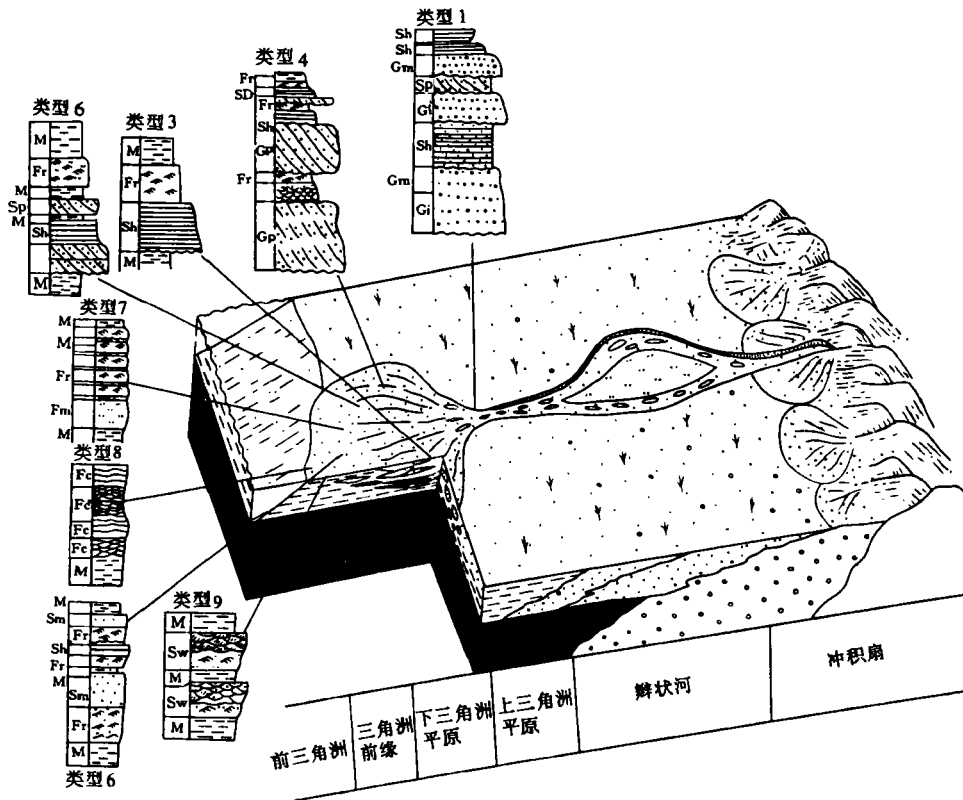


图3 元子沟三角洲沉积模式图

Fig. 3 The Sedimentary Model of Yuanxigou Delta in Daihai Lake

6 辫状河三角洲的沉积特点及与扇三角洲异同的探讨

6.1 湖泊辫状河三角洲的沉积特点

①重力流沉积不发育;②沉积特征基本上介于扇三角洲和一般的河流三角洲之间;③在

辫状河三角洲层序中以 Gm、Sm、Sh、Fr、Fm 等微相最为发育,而 Gi、Sp、St 微相则不太发育。各种微相的发育程度主要取决于辫状河三角洲的类型及所在三角洲中的位置;④河口砂坝一般不太发育,这一点是与正常前控三角洲的明显不同之处;⑤在辫状河三角洲的前缘斜坡地带可形成较好的复合层理,尤其是对陡坡而言;⑥岩相在时空上变化较大,这是由于间歇性水流和沉积物快速卸载的结果。

纵观上述的两个三角洲沉积特征,可以看出元子沟三角洲与步量河三角洲既有相同之处,又存在着不同点。概括起来有以下几点:

相同之处:①两个三角洲上游的河流均为间歇性底负载粗粒辫状河流。②均未见明显的重力流沉积。③层序结构特点基本上相同,二者可用九种微相组合类型来加以概括。④前积作用形成的反韵律层序不太发育。⑤上三角洲平原均以平面射流作用形成的席状砂为主体沉积,尤其是对陡坡而言。

相异之点:①元子沟三角洲的粒度比步量河三角洲要粗,这是由于元子沟三角洲的物源近、坡度陡的缘故。②元子沟三角洲的沉积构造种类比步量河三角洲发育齐全;坡度较陡,洪水期较短,这就使得沉积构造易于形成和保存。③元子沟三角洲复合层理较发育;而步量河三角洲则不太发育,是由于缓坡的减浪作用所致。④步量河三角洲平原上发育了三条分流河道沉积,而元子沟三角洲则无分流河道的存在,坡度缓、流水期相对较长是形成分流河道的主要控制因素。⑤席状砂的分布范围元子沟三角洲远较步量河三角洲要大,之也是由于坡度所致。⑥岱海湖盆短轴方向上北岸的元子沟三角洲比南岸的步量河三角洲的面积要小,约等于步量河三角洲的 $1/2 \sim 1/3$ 。地菜坡度缓、上游河流的流量大是形成大三角洲的先决条件或必备条件。

6.2 与扇三角洲的比较

与扇三角洲的主要区别笔者认为应有以下几点:①扇三角洲重力流沉积通常较辫状河三角洲要发育。②粒度上扇三角洲要比辫状河三角洲粗的多。③扇三角洲多以 Gm、Gp、Gi、Gt 为主要沉积微相,而 Sm、Sh、h 相的发育程度不如辫状河三角洲。④垂向上扇三角洲的层序以砾岩为主。粒度的粗细变化较快,而辫状河三角洲的层序粒度变化相对较慢,粒度的变化范围扇三角洲也相对要大于辫状河三角洲。⑤辫状河三角洲上的分流河道多为细粒顺直型河流或低弯度曲流河,而扇三角洲上的水道则多为粗粒辫状河。⑥前积作用形成的反韵律层序,两个三角洲都不太发育,但在扇三角洲上此种层序上可以出现砾岩相,而辫状河三角洲最粗为中砂,大多为细砂—粉砂。

7 辫状河三角洲各相区储层三维空间展布地质模型

为了更好地为石油和天然气的勘探与开发服务,研究三角洲各个相区的砂体在三维空间的展布规律是进行油藏模拟要了解的主体内容。在我国东部中、新生代陆相含油气沉积盆地中,三角洲常常是较好的储集体并多为主力油层,由于三角洲是一个沉积体系,所以并不是在三角洲上各处砂体的储集性能都好。这就要从现代沉积和野外露头的调查来更详细地描述不同相区或相带三角洲有利砂体的储层在三维空间的展布特点。为此作者依据沉积学和储层地质学的研究,在半定量的基础上,对所研究的两个辫状河三角洲的不同相区分别建立了其储层砂体的三维空间展布的概略模型。它是依据三角洲的垂向层序、沉积模式、沉积

栅状图、孔隙模型以及砂体沉积规模等特征所建立的有效砂体在三维空间的展布。

建立储层三维地质模型的具体方法是对研究的三角洲砂体先进行网格化选点,尔后在此基础上开展储层沉积学的研究。

①进行岩相或成因单元(Gejenetic Unite)分析,确定其特定的水动力成因环境。②在此基础上开展岩相组合类型或垂向剖面(Vertztical Profile)的深入研究与归纳并得出其砂体的密度。③总结有利骨架砂体的总体分布(多维空间)或展布规律。④建立沉积模式和砂体栅状图。⑤依据不同的沉积规模(Sedimentary Scale),在栅状图的基础上再次进行网格化并进行数学内插和计算机模拟,实现和抽象出其储层砂体的三维地质模型。以上这一技术路线和方法,笔者将其称为“将复杂的地质体(储层)→研究与归纳→简单化”,即实现定性分析向定量研究的转化。它是实现油藏描述和模拟的必要条件,也可以说是储层表征(Reservoir Characterization)的具体步骤和内容。

7.1 步量河三角洲

①上三角洲平原:图4(I)从三角洲空间上反映了不同沉积规模砂层的分布及孔隙的展布规律,其特点为:砂体以席状为主,含砂率 $>80\%$,垂向上高孔带处于下部。下部砂体的连续性好于上部,早期砂体以席状展布,到后期由于洪水减弱细粒砂质沉积开始向两侧摆动。②下三角洲平原:由于分流河道发育,两侧砂体的连通性较好,河道下部砂体的密度一般 $>50\%$,而上部则 $<30\%$,该模型体现出砂体在此相区开始出现明显的分叉现象。而中部有效的储层砂体较两侧发育程度要差,其连通性也不是太好(图4II)。③三角洲前缘:砂层厚度明显减薄,砂体的密度 $<30\%$,有少量的反韵律薄—中层砂,从孔隙性能的好坏来看,很难作为有效储层进行考虑,局部可出现很好的浪成砂沿岸分布,但其厚度较薄,砂层无论是垂向上还是侧向上均为孤立体(图4III)。

7.2 元子沟三角洲

①由于元子沟三角洲的坡度较陡,上、下三角洲平原砂体的展布形式基本一致。为此,它们可以概括在一个模型之中(图4IV)。特点是:垂向上为正韵律,中—厚层砂发育在旋回的

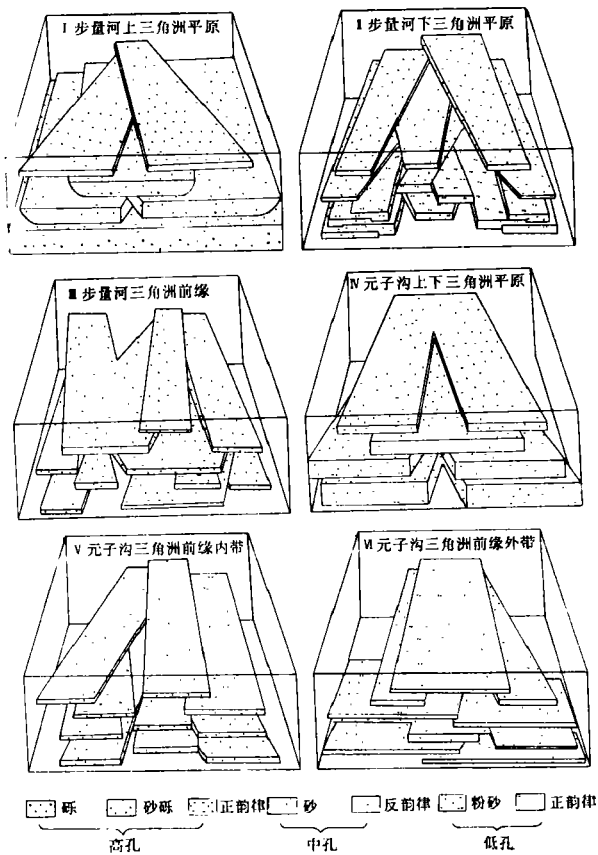


图4 两个三角洲各相区有利储集砂体在三维空间的展布模型

Fig. 4 The Modles of Favorable Reservoir Sand body of two Deltas at 3D Space Extension in each Sedimentary Zones

下部,上三角洲平原为席状砂的展布,下三角洲平原,尽管也以席状砂为主,但是出现砂层向两侧的分叉现象。上三角洲平原砂体密度 $>50\%$,而下三角洲平原则在 $40\%\pm$ 。上、下三角洲平原为有利储层的发育带,含砂率 $>75\%$ 。②三角洲前缘内带:因元子沟三角洲的坡度较陡,在三角洲前缘可划分出内、外两带,其砂体的展布完全不同,对古代砂体进行油藏模拟和描述时不能要用一个统一的模型。内带的特征是砂体彼此孤立,连通性相对较差,砂体密度在 $35\%\pm$,以纵向延伸为主。从砂层的厚度来看以薄层为多,有少量的中层状。有效储层不太发育(图 4 V)。③三角洲前缘外带:此带波浪作用较强,是高孔隙的有利发育带,砂体以沿岸的横向展布为主,其密度较低, $30\sim 40\%\pm$,但单个砂层的孔隙性则很好,只是厚度较薄,其含砂率一般在 50% 以下。在三角洲体系整体沉积规模较大时,该区是值得注意的有利勘探地区(图 4 VI)。

结 论

1)陆相湖盆辫状河三角洲主要发育在湖盆的短轴方向或近物源区的湖岸,是受间歇性洪水控制的沉积产物。沉积规模主要受湖岸坡度的陡、缓及河流注入量的大小影响。

2)辫状河三角洲的形成和发育具有一定的规律,上三角洲平原以平面射流为主,下三角洲平原则以分流河道的迁移和摆动沉积为特色。地形坡度的大小使这种作用反映出不同的侧重。在地形坡度较大时,下三角洲平原仍可以平面射流作用为主。

3)波浪改造作用对陡岸及缓岸(辫状河)三角洲有不同的反响。对陡岸三角洲影响比较强烈,可发育有多层的浪成沙纹构造;在缓岸则影响较小,浪成沙纹层明显减少,但显示为波高/波长比值低,厚度小的特点,主要是由于缓岸对波浪的减浪作用所致。

4)陆相湖盆辫状河三角洲的主体骨架砂体以平层席状砂体为主,尤其是对陡岸而言,更是如此,在陆相断陷湖盆短轴方向,陡岸三角洲以小而多为特点,缓岸则以大而少为特色。

5)辫状河三角洲的储层地质模型有其明显的特点,在地形坡度较大时,陡岸与缓岸辫状河三角洲的分流平原与前缘砂体的分布形式有所不同,对于三角洲前缘相带陡岸的储层物性较缓岸要好,而在下三角洲平原相则反之,即缓岸的储层性能好于陡岸。

收修改稿日期:1993-10-6

参 考 文 献

- [1] 李华章,1972,岱海的形成及地貌发育特征,北京师范大学学报(自然科学版),(1)。
- [2] 于兴河等,1992,华北地区二叠系岩相组合类型、剖面特点及沉积体系,沉积学报,(1):27~35。
- [3] 袁亦楠等,1992,定量储层沉积学——建立储层地质模型的基础,石油勘探开发研究院内部资料。
- [4] 陈继新等,1992,国外储层建模技术,中国石油天然气总公司情报研究所出版。
- [5] A. T. Buller and E. Berg et al., 1989, North Sea oil and gas reservoir— I by the Norwegian institute of Technology.
- [6] G. J. Orton, 1988, A spectrum of Middle Ordovician fan deltas and braid plain deltas, North Wales; a consequence of varying fluvial clastic input, Fan deltas; Sedimentology and Tectonic Settings. Eds, W. Nemecek and R. J. Steel. , 23~49.
- [7] John. G. Mcpherson, et al., 1988, Fan deltas and braid deltas: conceptual problems, Fan Deltas; Sedimentology and Tectonic Settings. Eds, W. Nemecek and R. J. Steel, 14~22.
- [8] Mall. A. D., 1978, Lithofacies types and vertical profile models in braided river, Fluvial Sedimentology, 597~604.

Lithofacies Types、 Vertical Profile Features and Reservoir Geological Models of Braided Deltaic Sandbodies in Faulted Lake Basin

— The Observation on Deposition of Modern Deltas in Daihai Lake, Inner Mongolia

Yu Xinghe, Wang Defa and Sun Zhihua

(China University of Geosciences, Beijing)

Abstract

Daihai lake is located in central Inner Mongolia and is a modern faulted basin of terrestrial facies. This modern basin is well comparative with the faulted basin of Meozoic and Cenozoic era in the eastern part of China. Deltas is often important infilling sandbodies in faulted basin of terrestrial facies. Therefore, this paper is mainly emphasized on the analysis and study on the depositional processes and the favorable reservior sandbodies on different sedimentary scales of two deltas in the direction of short axis in Daihai lake basin. One delta, called Yuanzigou delta, is located in the northern steep slope of the lake basin, while another one, Bulianghe detla, in the sourthen gentle slope of the lake basin. Both are fluvial—dominated braided deltaic system with coarse deposits. Provenances of two deltas are varying form eath other. Yuanzigou river is a short distance ephemeral braided stream and Bulianghe river a long distance ephemeral braided stream.

Through element analysis of lithology, grain size, sedimentary structures, thickness of sandbeds, clastic components and color etc. , the description and interpretation of the depositional features of two deltas are provided. 12 lithofacies or genetic facies form two deltas have been defined. Their mutual assemblages in verprofile make up different types of lithofaices assemblages or vertical sedimentary sequences, each corresponding to a certain depositional process and sub—environment. Therefore, nine sedimentary sequences have been recognized which reflect depositztional features in different parts of two braided deltas. The four sedimentary sub—environments or sedimentary facies zones of each delta were distinguished by depositional features, that is, (1) upper delta plain, (2) lower delta plain, (3) delta front slope and (4) pre—delta. The two deltas have been modelled. There are both similarities and differences of depositional features among Yuanzigen delta and Bulianghe delta. Moreover depositional precesses and features between fan delta and braided delta have been discussed in this paper.

There exists apparent control of depositional processes and sedimentary facies zones on the reservoir of two deltas. The deltas of the steep and gentle slope in the direction of short axis in the faulted basin have some different features of sedimentary and geometry shape of sandbodies. Finally, through sedimentary sequences, porosity zones and sandbodies geometry of two deltas, the sketch model of two deltas, sandbody at 3—D space extension in each sedimentary zones have been set up.