

文章编号 :1000-0550(2000)02-0248-05

吐哈盆地 WM 油田辫状河三角洲前缘砂体分析

周丽清¹ 吴胜和² 熊琦华² 马晓芬² 郭燕华² 林双运²

1(石油勘探开发科学研究院海外研究中心 北京 100083)

2(石油大学 北京昌平 102200)

摘要 湖盆可容空间较小时,辫状河三角洲相对发育,水下分支河道横向迁移频繁,易形成席状分布的砂体(水下分支河道复合体)。可容空间增大时,辫状河三角洲相对不发育,水下分支河道延伸不远,河道砂体较孤立,河口坝相对比较发育。文中根据水流和波浪强弱提出九种水下分支河道与河口坝的关系图,基本上总结了吐哈盆地 WM 油田三间房组河口坝的形态,并对水下分支河道复合体的形成机制提出了独特的推理。

关键词 辫状河三角洲 水下分支河道 河口坝 沉积模式 吐哈盆地

第一作者简介 周丽清 男 1965 年出生 副教授 博士 沉积学与储层地质学

中图分类号 P512.2 P618.130.2⁺1 **文献标识码** A

1 前言

辫状河三角洲的沉积条件和沉积特征介于扇三角洲与曲流河三角洲之间。曲流河三角洲的组成物质主要为细砂,故又称为细粒三角洲或正常三角洲,而扇三角洲和辫状河三角洲因其组成物质大多为砾和粗砂,故又称粗粒三角洲或粗碎屑三角洲。1987 年, Mcpherson 等把辫状河三角洲从扇三角洲中分出来^[1]。

辫状河三角洲是由辫状河体系前积到滨浅湖停滞水体中形成的富含砂和砾石的三角洲。辫状河三角洲平原的水上分支河道延伸到滨浅湖形成水下分支河道。辫状河三角洲可分为辫状河三角洲平原、辫状河三角洲前缘和前辫状河三角洲等三种亚相类型。辫状河三角洲前缘亚相可进一步分为水下分支河道、河口坝、席状砂、水下河道间等微相类型^[2]。

辫状河三角洲前缘因其受到水流和波浪的双重作用,砂体结构特点千姿百态。砂体分布的差异对砂体分布预测和注水开发是非常重要的,本文依据辫状河三角洲前缘砂体的特征以吐哈盆地 WM 油田三间房组为例作一分析。

2 辫状河三角洲的沉积特征

2.1 辫状河三角洲发育时期

从已获得的大量古生物资料看,中侏罗世中晚期(三间房组、七克台组),松柏类双囊花粉丰富,蕨类孢子含量减少,代表热气候的克拉梭粉明显增加,反映中

侏罗世中晚期的古气候是具一定湿度的温带向较干热的温带-亚热带转变。降雨相对减少,湖区相对缩小。在湖盆可容空间较小的时期,辫状河三角洲相对比较发育,如高位体系域,这时水下分支河道横向迁移频繁,易形成成片分布的席状砂体,砂体连通性相当好。当可容空间增大时,辫状河三角洲相对不发育,如水进体系域,这时水下分支河道延伸不远,横向迁移几乎没有,砂体较孤立。

2.2 沉积成熟度

辫状河三角洲发育距物源区相对较近的地方,其间缺失曲流河等陆上环境,是一个相带发育不完整的沉积体系,沉积物粒度相对较粗,结构和成分成熟度较低,矿物成分与物源成分一致。

WM 油田三间房组以长石岩屑砂岩为主,碎屑组分中石英含量相对较低,平均 27%;长石含量平均 20%。岩屑含量较高,平均 46%,岩石成分成熟度较低。

碎屑磨圆度较差,以次棱角状为主,颗粒分选中-差,粒度变化大,单一粒级的砂岩不常见,砂岩以粉砂岩、细砂岩、中砂岩、不等粒砂岩为主。平均粒径 2~4 ϕ 。粒度分布曲线为双峰,峰态较平缓。粒度概率曲线一般为牵引流搬运为主的三段式或四段式。悬浮组分较少,15%~25%,一般大于 3 ϕ ,搬运主体是跳跃组分,70%~80%,粒径范围为 0~3 ϕ (1~0.125mm)之间。有些样品可见少量滚动组分。C-M 图主要发育 PQ、QR 和 RS 三段,以跳跃组份 QR 为主,悬浮+滚

动 PQ 段和均匀悬浮 RS 段处于次要地位,具中短程辫状河三角洲 C-M 图特点。

2.3 牵引流成因的流水构造

WM 油田三间房组发育各种沉积构造,其中包括板状交错层理、楔状交错层理、槽状交错层理、平行层理、斜波状层理及冲刷面构造,含动、植物化石及生物遗迹构造。水下分支河道的底部常见冲刷面,下伏泥岩被冲刷形成泥砾。

2.4 陆地植物化石和湖泊浅水化石共存

WM 油田三间房组粉砂岩、泥质粉砂岩和泥岩中含有丰富的植物化石,尤其是植物叶化石,见少量介形类化石。说明三间房组是近陆源的浅水砂体沉积。

3 沉积微相类型及特征

根据岩心相分析及测井相分析,WM 油田辫状河三角洲前缘可分为五种沉积微相类型(图 1)。

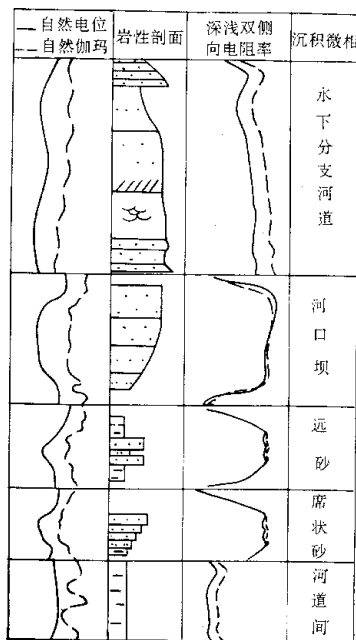


图 1 辫状河三角洲前缘沉积微相类型及其特征

Fig. 1 The microfacies types and their features of the braided delta front

3.1 水下分支河道

水下分支河道是平原分支河道入湖后在水下的延伸。由于辫状河三角洲的河流作用强、推移质/悬移质比值较高,因而水下分支河道较为发育,成为辫状河三角洲前缘的主要砂体。

本区分支河道砂体底部常具有明显的冲刷面,垂向上表现为正韵律或复合正韵律。砂体一般较粗,发育砾岩、砾状砂岩、砂岩。沉积构造以块状层理为主,

但亦常见交错层理(尤其是大型板状交错层理)及平行层理等。发育于中、粗砂岩中的平行层理常具剥离平板特征,即平行层理由一系列数毫米—厘米级的平板构成(形似千层饼),各平板之间结合力较弱,易于剥离,平板面上可见剥离线理,代表水流流速较大。单河道砂体厚度一般为 2~5 m,但本区分支河道微相常由数个单河道复合而成,在垂向上表现为多个小韵律层(一般为 2~4 个)叠置成较厚的复合韵律层。一般地,单一韵律层 2~5 m,复合韵律层一般大于 4~10 m,有的厚达 15 m。单条河道的宽度一般 200~400 m,但经常横向迁移形成广泛分布的水下分支河道复合体。

分支河道的测井相特征十分明显。在电阻率曲线和自然电位曲线的常呈现钟状和箱状。在本区,钟状电阻反映了典型的向上变细的垂向序列(单韵律或复合韵律),而箱状尤其是厚层箱状多反映沉积河道砂体叠复,即由多个正韵律叠加构成的复合韵律,垂向上整体粒度变化不甚明显。

3.2 河口砂坝及远砂坝

分支河道入湖后,砂质物质由于流速降低而在河口处沉积下来,使可形成河口坝。然而,对于水流能量较强的辫状河三角洲来说,分支河道进入湖水后往往并不马上发生沉积作用,而在水下继续延伸一段距离,因此,河口坝很少见于入湖的河口处,而大多发育于离湖岸线较远处(水下分支河道的末端)。另外,由于辫状河三角洲通常由湍急洪水控制,水下河道迁移性较强,河口不甚稳定,难于形成象正常三角洲前缘那样的大型河口坝。因此,河口坝规模小,为辫状河三角洲前缘的次要砂体。

河口坝砂体主要为砂岩,亦见有含砾砂岩和粉砂岩,在垂向上一般呈下细上粗的反韵律。砂体中可见平行层理和交错层理。在电阻率曲线和自然电位曲线上呈中高幅的漏斗状。砂体厚度一般大于 4 m,有的可达 10 m 以上。

远砂坝位于河口坝的末端,实际上,河口坝与远砂坝为连续的砂体,其中河口坝为主坝,而远砂坝为向湖心一端的远端或未梢,因此,砂体厚度较薄,多小于 3 m,且岩性较细,多为细砂岩和粉砂岩。在测井曲线上,多呈中低幅漏斗状或微齿状。

3.3 远砂

在河口砂坝之间和前端及一些分支河道的末端发育的薄层、粒细的非席状砂体,我们称之为远砂。这类砂体常呈夹于泥岩中的薄层砂,厚度一般在 0.5~3 m,以砂岩、粉砂岩为主,有的亦见含砾砂岩,砂体垂向韵律不明显。在测井曲线上,呈低幅的枣核状,上下渐变或突变为泥岩基线。

这类砂体主要是由于前缘主砂体(河口坝可分流河道)受流湖或弱波浪作用改造,部分细粒砂质发生再次搬运而在坝间、坝前甚至前三三角洲沉积而成的。由于湖流或波浪能量较弱,砂体并未连片,分布面积有限,呈孤立的透镜状或与主砂体相连。

3.4 席状砂

为三角洲前缘连片分布的砂体,形成波浪作用较强的沉积环境。先期形成的分流河道、河口坝等砂体被较强的波浪改造,发生横向迁移,并连接成片,便形成了席状砂。砂体以细砂岩或中细砂岩为主,碎屑分选、磨圆相对较好。砂体厚度一般 3~5 m,垂向上具反韵律或均质韵律、测井曲线上表现为中幅的漏斗状或箱状。

3.5 河道间微相

在分支河道间,沉积作用以悬浮沉积为主,岩性一般为暗色(深灰色、灰绿色)泥岩、含粉砂泥岩及含泥粉砂岩。同时,河道间泥岩中常夹一些漫溢成因的孤立砂体,其岩性变化大,从含砾砂岩至粉砂岩,结构成熟度低。砂体厚度一般小于 3 m,呈正韵律或均质韵律,测井曲线形态呈中低幅枣核状。

4 辫状河三角洲前缘沉积模式

中侏罗统三间房组时期,台北凹陷南部发育了一个大型辫状河三角洲体系,沉积物源由七克台凸起自南而北注入 WM 油田。通过砂岩百分含量等值线图及地层倾角测井沉积学解释,研究区古水流方向主要为南东-北西向,部分的分流河道为南-北或南西-北东向。本区辫状河三角洲前缘主要为水下分支河道、河口坝、远砂、河道间与浅湖相组合,其中占主导地位的砂体微相为水下分支河道,而河口坝不太发育(图 2)。辫状河三角洲的河流作用较强,水上分支河道入湖后仍向下切蚀、冲刷,继续向湖内流动而形成水下分支河道。这样,砂质很少在湖岸线附近的入湖河口处形成河口砂坝,而是顺水下河道继续搬运。在这种情况下,河口坝仅可能出现于水下河道末端,即水道消失处,其发育程度的规模比岸线附近的河口坝相差甚远。实际上,大部分水下分支河道的末端并未形成具有隆起地貌的“坝”,砂质物质在河道消失之前便已沉积下来了,即随着水道向湖流动,由于湖水的阻力,流速渐减,发生沉积分异,粗粒物质使不断沉积,至水下分支河道末梢处只剩下粉砂和泥。水下分支河道流量和携带河沉积物的多少直接影响了河口坝的大小,而波浪作用的加入又对其形状加以修饰。理论上说,水下分支道末梢处都会形成或大或小、或粗或细的河口坝沉积。这些规模不一的河口坝一开始可能是平行河道分

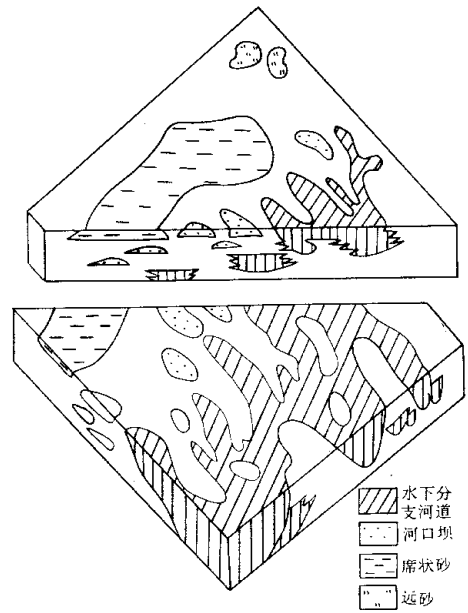


图 2 WM 油田辫状河三角洲前缘沉积模式

Fig. 2 The depositional model of the braided delta front in WM oilfield

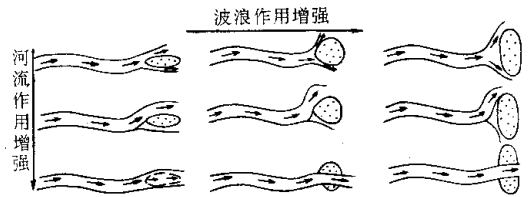


图 3 河口坝形成模式

Fig. 3 The depositional model of the river mouth bars

布的椭圆形,随后的波浪作用可能将之修改成扇形甚至平行岸线(即垂直水下分支河道)分布。图 3 示意波浪作用的强弱和水流作用的强弱会产生不同的河口坝特点。波浪作用越强,河口坝的改造作用也就越强,并趋向于平行湖岸分布。水流作用越强,对河口坝的侵蚀作用越强,受河口坝地形的控制就越弱。不同强度的水流和不同强度的波浪组合就构成 9 种河口坝形态。当波浪和水流作用都中等时,就会产生扇形河口坝和从侧绕道的水下分支河道,如 MD 区块 S23-1 单层 M20 井河口坝。而更多的河口坝形成于水流作用较弱、波浪作用却很强的情形下,在河道末梢形成平行岸线的河口坝,并可能使河道终结,如 MD 区块 S22-2 单层 M64 井河口坝。

下一期的水下分支河道有些从河口坝绕行使得河口坝分布于水下分支河道之侧,也可能从河口坝跨过,并将河口坝沉积物侵蚀,若侵蚀作用较弱,则产生河口坝(下)和水下分支河道(上)组成的复合砂体,如 W21 井 S13 小层 S21 小层,若河口坝较薄,而水下分支河道

的侵蚀作用较强,则河口坝就消失得无影无踪,似乎该处从来没有河口坝沉积(图4)。

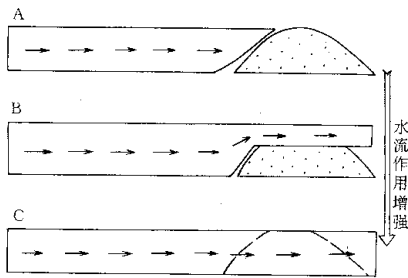


图4 河道与河口坝层序关系图(河道轴心部位)

A 河道止于河口坝或从旁边绕道而行,河流作用弱

B 河道侵蚀作用河口坝,主流从河口坝旁边绕行,河流作用中等

C 河道完全侵蚀河口坝,河口坝不复存在,河流作用强。

Fig. 4 The relationship between the distributary channels and the river mouth bars

在波浪作用不很强的地区,由于湖流或弱波浪作用,可能在坝间、河道前及开阔浅湖内形成一些薄层、粒细的砂体。这些砂体的物质主要来源于河口坝及分支河道,它们在湖流或弱波浪作用下发生再搬运和再沉积,形成小型的、透镜状砂体,有的呈孤立状存在,有的与主砂体相连,但总体规模不大、横向连续性差。前人研究本区时,将该砂体称为远砂坝,但它与河口坝已完全脱离关系,故不应用远砂坝来命名,故本文用远砂这个术语来命名之。

在波浪作用较强的地区,强波浪作用对分支河道和河口坝砂体进行改造,使之发生横向迁移,可形成分布很广的席状砂。不过,本区席状砂不甚发育,主要见于七克台组低水位体系顶部,在三间房组部分地区亦见分布,说明本区波浪作用强度不大。

在分支河道间,主要为泥质沉积,但在洪水期,砂质物质可能漫出河道而在河道间形成一些小型的、孤立的砂体。这些砂体较薄(夹于泥岩中),横向连续性较差。

水上分支河道和水下分支河道的不稳定性是辫状河三角洲的特点之一。水下分支河道的横向迁移就形成了成片分布的水下分支河道复合体(前人有时称之为席状砂),在该复合体内部,分支河道之间可能连通性很好,也可能仍在渗流屏障(如底部钙质层、泥质披盖等),也可能局部见河道间泥质沉积。因此,本来河道与河道之间存在泥质河道间的隔离,但这些泥质被

水下分支河道的冲刷侵蚀掉后就象从前没有过,但水下分支河道的冲刷作用又不可能整整齐齐地将泥质河道间沉积全部侵蚀掉,如此,水下分支河道复合体内就会存在斑斑块块的河道间沉积,它们孤立于砂体中,但所占面积不大(图5)。

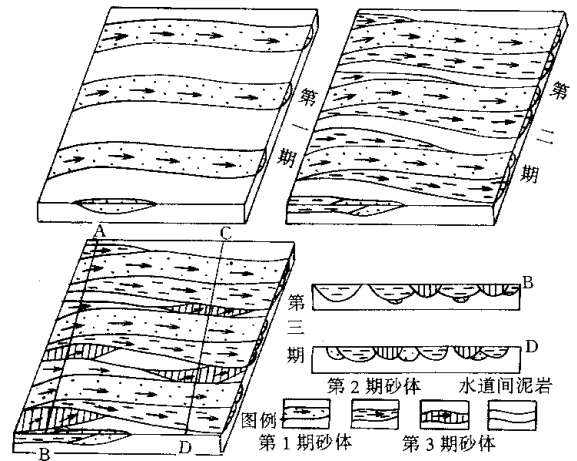


图5 水下分支河道复合体形成模式

Fig. 5 The model of the complicated sandbodies of the underwater distributary channels

5 结论

(1) 湖盆可容空间较小时,辫状河三角洲相对发育,水下分支河道横向迁移频繁,易形成席状分布的砂体(水下分支河道复合体)。可容空间增大时,辫状河三角洲相对不发育,这时水下分支河道延伸不远,河道砂体较孤立,河口坝相对比较发育一些。

(2) 不同强度的水流和不同强度的波浪组合就构成9种河口坝形态。

(3) 水下分支河道的横向迁移就形成了成片分布的水下分支河道复合体,水下分支河道的冲刷作用将泥质河道间沉积大部分侵蚀掉,在水下分支河道复合体内存在斑斑块块的河道间沉积。

参 考 文 献

- 1 薛良清, Galloway W E. 扇三角洲、辫状河三角洲与正常三角洲体系的分类[J]. 地质学报, 1991, 65(2): 141~153
- 2 李文厚, 林晋炎, 袁明生等. 吐鲁番-哈密盆地的两种粗碎屑三角洲[J]. 沉积学报, 1996, 14(3): 113~121

Analysis of Sandbodies in the Braided Delta Front , WM Oilfield , Turpan – Hami Basin

ZHOU Li-qing¹ WU Sheng-he² XIONG Qi-hua²
MA Xiao-fen² GUO Yan-hua² LIN Shuang-yun²

1 (Overseas Research Center of CNPC Beijing 100083) 2 (The University of Petroleum Changpin Beijing 102200)

Abstract

The braided delta front is developed in WM oilfield , Turpan – Hami Basin , which is composed of the underwater distributary channels , mouth bars , distal sands , sheet – like sands , and interchannel muds microfacies. The deposition features of the braided deltas are low sedimentary maturation and abundant current structures caused by the traction current. The underwater distributary channels have an erosion surface in the channel bottom , and are fining upward from conglomerates in the base to fine – sandstones in the top of the channels. They are 2.5m in rhythm , and 4~10 m in complicate rhythms , and are 200~400 meters in width. The parallel bedding are well developed in the sandstones. While the mouth bars are coursing upward from siltstones to sandstones , and are large than 4 m in thickness. The sheet – like sands are mainly sandstones , fine to medium grained , well sorted and rounded , and are mostly coursing upward. They are 3 – 4m in thickness.

The rivers in the braided delta are strong , so that the distributary channels still erode downwards after entering lake , and forms underwater distributary channels as a result of water flow in the bottom of the lake , The underwater distributary channels can frequently migrate laterally so as to form sheet – like sandbodies (complicated sandbodies of the distributary channels). Some uneroded interchannel muds are scatterd in the inner of complicated sandbodies of the distributary channels , and will be flowing barriers.

The volumes of the mouth bars depend directly on the amounts of sediments carried by underwater distributary channels , while the shapes are partly influenced by the waves of the lake. The mouth bars may be ellipsoid parallel to underwater distributary channels (i. e. perpendicular to the shore of lake) , but may become fan – like and even ellipsoid parallel to the shore of the lake by the modification of the waves. The nine kinds of relationship between the underwater distributary channels and the mouth bars are proposed according to the strength of the currents in the distributary channels and the strength of the waves in the lake. It has concluded the shapes of the mouth bars in the Sanjianfang Formation , WM Oilfield , Turpan – Hami Basin. The underwater distributary channels of next stage may flow by the franks of the former mouth bars and develop forward ; as a result , the mouth bars are presented along with the franks of the underwater distributary channels. The underwater distributary channels of next stage , however , may flow on the top of the former mouth bars and erode them. They may cut part of the mouth bar deposits and may form composed sand bodies of the mouth bar (upper) and underwater distributary channel (lower) if erosion is weak. They way cut all the mouth bar as the latter is never presented if the erosion is strong and the former mouth bar is too thin.

A kind of thin – bedded , fine – grained , lenticular sand bodies , which is called distal sands microfacies in the paper , is deposited in inter bars , shallow lakes in the weak wave region by the reworking of deposits of the mouth bars and underwater distributary channels by the weak waves or other currents in the lake. However , in the region of strong waves , the sediments of the underwater distributary channels and the mouth bars are by strong waves and migrated laterally to form continuous , large scaled sheet – like sands.

When the accomodation space of the lake basin is smaller , the braided deltas are well developed , and inter channel mud deposits are eroded by the underwater distributary channels in braided deltas , so as to form sheet – like sandbodies (complicated sandbodies of the distributary channels). When the accomodation space of the lake basin is larger , the braided deltas are less developed , and the underwater distributary channels can not stretch too far away and channels sandbodies are much more isolated , while the mouth bars are relatively more developed.

Key words braided deltas underwater distributary channels river mouth bars depositional models Turpan – Hami Basin