

定兴点坝沉积*

顾家裕

(北京石油勘探开发研究院)

点坝 (Point bar) 是曲流河段十分明显而又重要的沉积体, 它是河流侧向迁移过程中侧向加积和垂向加积共同作用的产物。古代点坝沉积是地下水和油气储集的良好场所, 因此, 对点坝的研究引起沉积学家、石油地质学家的浓厚兴趣, 麦高恩 (McGowen) 和加纳 (Garner) (1970) [1] 研究了路易斯安娜州阿米特河和德克萨斯州科罗拉多河曲流点坝中的沉积构造; 科尔曼 (Coleman) (1969) [2] 和雷 (Ray) (1967) [3] 从不同角度分别对孟加拉的布拉马普特拉河和密西西比河的点坝沉积进行了研究, 特别是艾伦 (Allen) (1964) [4] 提出的点坝垂向沉积层序模式得到广泛的重视。1982年北京石油勘探开发科学研究所和河北地理所在定兴点坝上挖探槽11条, 一般在深2米左右, 详细地研究了点坝的沉积特征和发育历史。本文拟对定兴点坝微相的划分及部分沉积构造作些探讨, 以期得到同行们的指教。

一、自然地理梗概

定兴点坝位于河北省中部大清河上游, 拒马河分支河道定兴县城西北的一个曲流段, 面积约0.6平方公里。本区属大陆性气候, 夏季炎热多雨、冬季寒冷干燥。年降水量400~800毫米, 夏季降水量约占全年的70%。地表径流主要来自雨水, 因此, 各月径流量的分布与月降水量相类似, 呈现夏涨冬落, 夏季6~8月径流量占全年的50~70%; 而冬季主要由融冰融雪补给, 仅占年径流量的5% (表1)。由于气候干燥, 周围物源区物理风化强烈, 地表植被复盖指数又低, 因此, 夏季6—8月片状流水挟带巨量泥沙进入河床, 河道宽广流急, 一次洪水过境可沉积厚达数十厘米的碎屑物质, 这时也是点坝发育的全盛期。

表1 各月径流量统计表

Table 1 Monthly variation of discharge (%)

站 名	年数	各月流量占年总流量百分比												各季占年总流量的百分比				6—9月
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	21	3	6	9	
														{ 2	{ 5	{ 9	{ 11	
千河口紫荆关	12	4.4	4.1	3.9	3.5	3	5.5	12.9	32.5	11.9	7.4	5.5	4.7	13.1	10.5	51.9	24.5	63.7

* 河北地理研究所和我院开发所同志提供了宝贵资料, 特致感谢。

二、定兴点坝的沉积构造序列及发育过程

原始沉积构造序列对于特定环境会出现一个特殊的组合，它是沉积环境连续演化的产物，是水动力变化、物质供应……诸因素的综合体现。对定兴点坝上11条探槽剖面进行观察和分析，发现其剖面组合有独特的性质，即剖面顶部普遍受到冲流槽的改造，高流态的平行层理相当发育。据其原始沉积构造序列可把剖面分为两种类型：

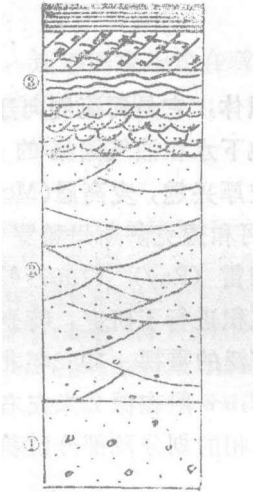


图1 以大型槽状交错层理为主的构造序列

Fig. 1 Sequences of sedimentary structure in the point bar dominated by large trough cross-bedding

保存程度

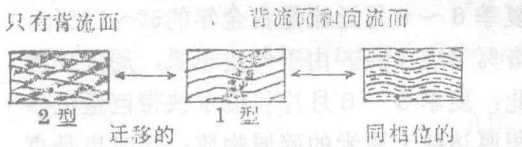


图2 表示爬升层理类型和悬移质/推移质比的关系图(据乔普林和沃克, 1968修改)
本区河流沉积中, 由于水动力较强, 只保留背流面属2型

Fig. 2 The types of climbing bedding and ratio of suspension/bed load.

(After Jopling and Walker, 1968)

1. 以大型槽状交错层理为主的剖面(图1), 此类剖面在定兴点坝上分布广泛, 自下而上

① 层理模糊不清的河床滞留沉积, 与下伏层为侵蚀不整合接触, 厚10—15厘米, 以中砂粗砂为主, 含较多的砾石和泥砾。最大砾径达5厘米, 并含碎陶瓷片和煤屑;

② 大型槽状交错层理, 层厚40—50厘米, 由中砂、细砂组成, 槽高一般5—8厘米, 槽宽60—70厘米, 偶见有中、细砂组成的平行层理, 单层厚1厘米左右;

③ 细砂和粉砂组成的小型交错层理和波状层理, 槽高1—2厘米; 槽宽4—7厘米; 爬升层理和水平层理由粉砂、含泥质粉砂和泥组成。爬升层理一般为2型(图2), 即仅保留背流面, 而迎流面可能因供应悬浮物质不足或后期水流冲蚀而缺失。最上部的水平层理一般发育不全或受植物根系的扰动而层理不显。若受冲流槽的改造则顶部主要是由粗砂——粉砂级组成的平行层理(Plane bedding)为主。

本点坝受冲流槽改造面很广, 这可能与点坝所在地区洪水暴涨暴落的水流特征和点坝位于整个水系偏上游, 河流坡度较大这两个因素有关。

2. 以反向倾斜层理为主的剖面(图3)这类剖面发现较少, 主要发育于点坝的后缘近河岸处。在河北漳沱河的点坝研究中也曾发现, 并把它称为以纵向交错层理为主的剖面*。此类剖面自下而上为:

① 层理不明显的河道滞留沉积。它直接复于前一个旋回的大型槽状交错层理之上, 但厚度薄, 一般为数厘米, 中、粗砂, 含砾石, 砾石直径为2—3厘米, 分选差、结构成熟度和矿物成熟度都低, 主要有石英粒及火山碎屑岩岩屑;

② 中、粗砂组成的平行层理, 单层呈正韵律渐变、偶夹一些含砾粗砂层、分选一般;

* 陈中原, 平原段漳沱河现代沉积结构、构造特征, 华东师范大学(内部刊物)1981。

③ 在与原始水流方向呈一定角度斜交的剖面上呈反向倾斜层理，一般由粗砂、中细砂组成，纹层厚度0.5—1厘米，整个层系60—70厘米，上下层之间呈锐角相交，下部层组的上部物质较细，倾角较小，而上部层组的下部物质较粗，倾角较大；

④ 极薄的泥质波状层理和水平层理，受植物根系扰动。

上述剖面的沉积特征是点坝发育过程的忠实记录，其发育过程可分为两个时期：一个洪峰期和洪水期。

1) 洪峰期：拒马河一年内一般出现2~4次洪峰，主要集中在7~9月，当洪峰到来之时，峰高量大、流量猛增，河水挟带大量粗粒沉积物，当水流上举力、颗粒碰撞所产生的向上分力和向前推移力小于物质重力和摩擦力时，粗粒物质迅速沉降，由于流量大，单位时间内通过某一截面物质多，因而沉积速率很大，物质不易分选，从而形成层理模糊不清的滞留沉积。随第一次洪峰的过境，水流能量相对减弱，底床上由大波痕迁移形成大型交错层理，这种层理的前积纹层一般呈凹形或S形（图4），反映水流能量还很强。随第二次洪峰的到来，高能量的水可能把前一次所有沉积物一扫而空或保留其一小部分，因此洪峰时期主要沉积层理不明显的

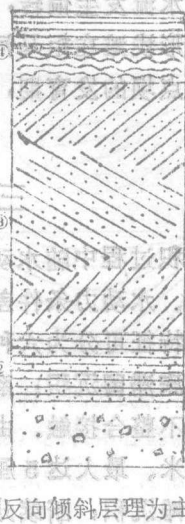


Fig. 3 Structural sequence in the point bar dominated by opposite inclined bedding

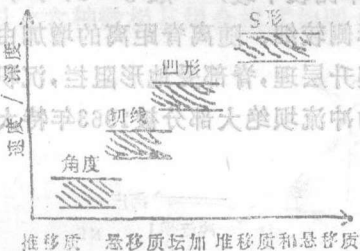


图4 控制前积纹层形态之因素示意图

(据A.V. 乔普林1965)

Fig. 4 Factors controlling the shape of forest laminae (Jopling, 1966)



图5 点坝垂向序列发育过程示意

(I、II、III为洪峰期沉积，IV V为洪水期沉积)

Fig. 5 The vertical developing process of the point bar.

滞留沉积物及部分具大型交错层理的物质。

2) 洪水期：最后一次洪峰过境以后，水流能量逐渐减弱，由大波痕迁移或反丘移动形成大型槽状交错层理。此时，上游来水量减少，流量、流速相应减小，大量物质发生

沉积, 因而这一时期沉积厚度大, 是点坝发育的全盛期。随后流速继续降低, 在大型交错层理之上由小波痕迁移形成小型交错层理、波状层理、爬升层理。在洪水退出点坝的最后阶段, 垂直加积形成泥质水平层理。整个发育过程如图 5 所示。这里必须指出的是整个层序的发育是多年累积的结果, 是灾变性事件的记录。

对河流来说, 洪水过后出现枯水期, 枯水期水流局限于河床一部分。因水流受科氏力的影响, 水流发生偏转, 流水集中冲刷四岸, 发生环流作用, 可使雏形浅滩缓慢增长, 这种雏形浅滩在拒马河定兴附近仅几十平方米, 比低水位高十几至几十厘米, 因而枯水期不是点坝的发育期, 相反, 已形成的点坝在枯水期时受地表片状水流或人工开发所破坏。

三、微相的划分及沉积特征

点坝沉积过程中随水动力变化在垂向序列上出现上述两类剖面, 然而整个点坝中, 因地貌条件、水动力条件差异形成了不同的沉积单元。据其地貌位置、形态、沉积物结构, 构造等特征可分为六种微相。

1, 河床滞留沉积: 系河床中主流线深泓部分的沉积, 位于点坝的最底部, 与下伏地层为侵蚀不整合接触。由灰、黄褐色的粗砂、中砂、和细砂组成, 有磨圆度较高、直径 2~3 厘米、最大达 5 厘米的泥砾, 一般不显层理, 呈块状。

2, 浅滩沉积: 断续分布于河道凸岸, 如舌状向下游延伸, 淹没于水中。一般面积为几十至几百平方米。主要由黄褐色的粗砂—中、细砂组成, 分选性较好, 表面可见水流波痕, 有直脊波痕、分叉波痕、舌形波痕、波脊处往往有黑色磁铁矿的富集, 层理类型以小型交错层理为主, 见波状层理、爬升层理, 偶见板状交错层理。

3, 冲流坝沉积: 系洪水期水流溢出河床, 由横向环流作用所形成的大致平行于当时水流方向的砂脊。向河床侧坡度较陡, 约 20° , 向岸侧较平缓, 一般 $5 \sim 10^\circ$, 主要由中、细砂组成, 上部有粉砂, 向河床侧较粗, 向岸侧较细、随离脊距离的增加由粗变细 (图 6)。以小型交错层理为主, 亦见平行层理和爬升层理, 脊部受地形阻拦, 沉积物快速沉降, 分选性差, 向岸侧有所变好。定兴点坝中的冲流坝绝大部分被 1963 年特大洪水

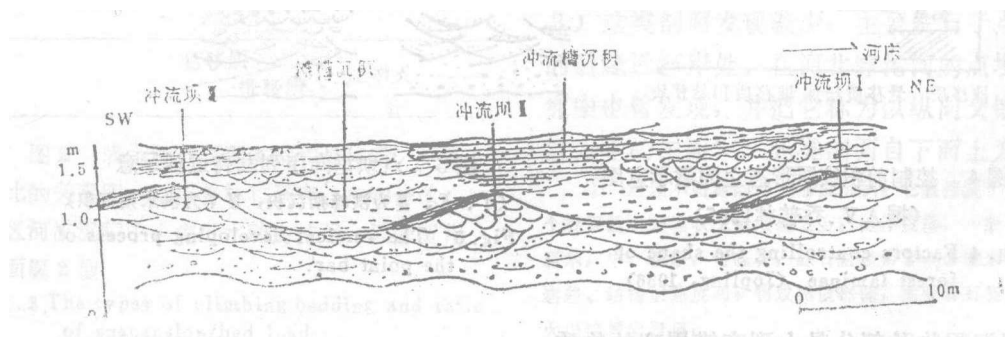


图 6 09 探槽中的三个冲流坝 (向河床倾角 20° 左右, 向岸侧倾角 $5 \sim 10^\circ$ 冲流坝已放大)

Fig. 6 Three flume bars in 09 trench

的沉积物所复盖，地表无明显的隆起现象。

4. 滩槽沉积：位于两期冲流坝之间的洼地，为越坝洪水滞留积水中的沉积。以粉砂和泥质沉积为主，呈灰褐色甚至黑色，其上生长喜湿性植物，腐烂后具臭味，平面上为长条形，剖面上为底凸上平的透镜体，在剖面中与其它单元有明显的区别。

5. 冲流槽沉积：本点坝中冲流槽沉积十分发育，大面积地复盖于其它单元之上。由于冲流槽在洪水期活动性大，流路不稳定，流速变化悬殊，因而组成的沉积物粒级较宽，有含砾砂、砂和粉砂，分选性差。在同样的流速条件下，点坝沉积区水层薄，弗劳德数 (Fr) 相对增大，所以冲流槽沉积以平行层理为主，两侧洪水退缩时形成波状层理和爬升层理。在冲流槽凹坑中见充填沉积，具两种不同的类型，其一沉积中心与沟槽中心一致呈对称状，另一种则沉积中心偏向一侧为不对称充填 (图 7)。充填沟槽的物质与周围物质不同，沟槽底部粒级较粗，有小的泥砾、砾石、粗砂、煤屑、植物碎片，向上逐渐变细，为细砂物质，沟槽下部层面弯曲度大，向上逐渐趋于平直。

6. 坝外侧泥质体：位于凸岸的冲流坝外侧，为沿岸断续分布的细粒泥质沉积体。厚度一般在 40~50 厘米，侧面宽 2~4 米。其中有多量的芦苇根，但无有机质腐烂的臭味，有土壤化现象，可见褐铁矿的管状体，沉积物以粉砂和泥为主，呈块状，偶见小波状层理。以上六种微相其组合模式如图 8 所示。

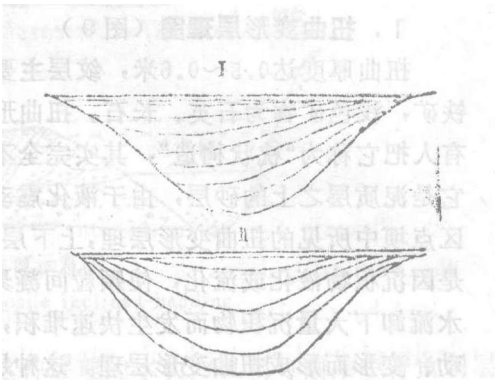


图 7 表示两种不同方式的沟槽充填 (I 不对称，沉积中心偏于一侧；II 对称，沉积中心位于沟槽轴部)

Fig. 7 Two different types of channel-filling.

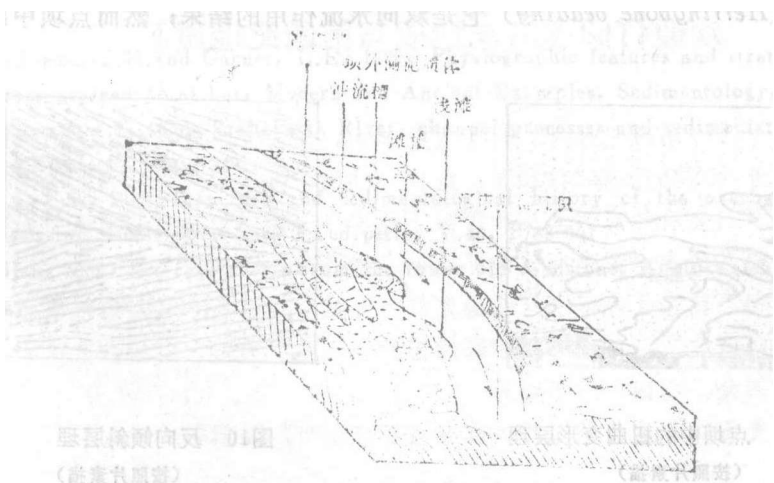


图 8 定兴点坝沉积组合模式

Fig. 8 Composite model of deposit at Dingxing point bar.

四、关于两种沉积构造成因的探讨

定兴点坝上各种原始沉积构造十分丰富,其中大型槽状交错层理和平行层理占有相当的比例,特别在受特大洪水冲流槽改造的区域,平行层理复盖面积很大,而波状层理、爬升层理、水平层理较少。最令人感兴趣的是:

1. 扭曲变形层理图(图9)

扭曲厚度达0.5~0.6米,纹层主要由矿物颜色不同而显现出来,暗色矿物主要为磁铁矿,浅色矿物为石英、长石。扭曲形状很不规则,但明显是上部纹层进入下部纹层,有人把它称为“枕状构造”,其实完全不同于库南1965年在实验室中所示的枕状构造。它是泥质层之上的砂层,由于液化震动或局部负荷不平衡下沉,构成浅碟形砂枕。而本区点坝中所见的扭曲变形层理,上下层位沉积物粒度基本一致,属细砂级,它的成因可能是因沉积物液化或流化,使颗粒间凝聚力减小,当河水水位迅速上升或下降时,高负载的水流卸下大量沉积物而发生快速堆积,差异性的压实或冲蚀可以使液化的沉积物发生滑动、变形而形成扭曲变形层理。这种层理在潮滩上是常见的。科尔曼(Coleman)1969年曾报道过在布拉马普特拉河沉积中见类似的层理,它认为这类层理的出现,在某种情况下具一定的构造序列。从底向顶为平行纹层—迁移波痕交错纹层(波高向上增加)—扭曲变形纹层—突变侵蚀削顶波痕——上复平行层理。这个层序标志着流速增加,底部紊动的剪切力不断增加,由低流态向高流态过渡,最上部的平行层理是高流态的产物。

2. 反向倾斜层理:

定兴点坝中见两处具反向倾斜层理(图10),剖面位于点坝内缘近迎水侧,剖面与原水流方向斜交。这里冲流槽特别发育。剖面中纹层倾角较小,大约 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$,在上下纹层交接处成切线相交,纹层厚0.5厘米左右,主要由黄褐色细砂组成,两纹层系之间界面并不清晰,特别在右端呈过渡型接触。类似的层理在滹沱河点坝沉积中也曾发现。当然在潮汐环境下,只要涨、落潮流速差别不大,潮沟发育,这种层理是常见的,称为青鱼刺层理, (Herringbone bedding) 它是双向水流作用的结果;然而点坝中出现的反向

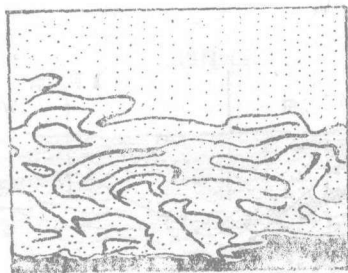


图9 点坝中的扭曲变形层理

(按照片素描)

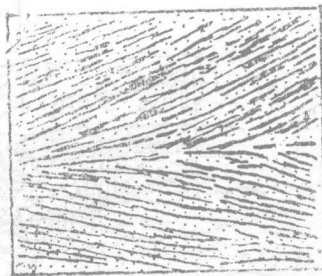


图10 反向倾斜层理

(按照片素描)

Fig. 9 Convolute bedding at the point bar.

Fig. 10 Opposite inclined-bedding.

Fig. 8 Composite model of deposit at Dingxing point bar

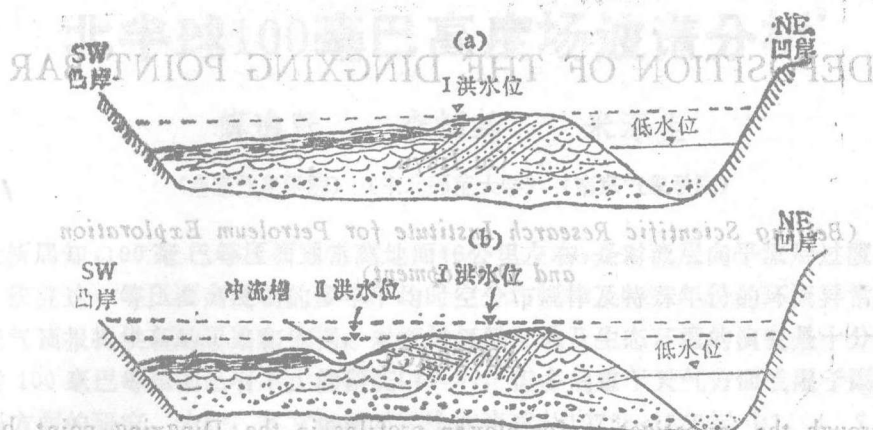


图11 反向倾斜层理发育示意图

Fig. 11 The development of opposite inclined-bedding.

倾斜层理以前有关文献尚未报道。笔者认为，这种层理的水动力机制与潮滩中青鱼刺层理成因有所不同，它是特定条件下突发性洪水的产物。洪峰期洪水漫溢冲流坝以后可形成与原始水流方向具一定交角的前积纹层。纹层迭加形成纹层系，此层系在洪峰跌落后被保存下来。当另一次洪峰到来之时，高能量的水流可能在近岸的点坝中冲蚀出冲流槽，并沿冲流槽流动，洪水继续上涨可能溢出冲流槽，一方面冲刷点坝上的细粒物质，另一方面又可形成较粗粒向河床倾斜的纹层迭加在原已形成向岸倾斜的纹层之上，结果就可能出现反向倾斜层理，其形成过程如图11。此层理是否具有指相意义尚待进一步研究，但此层理的形成必须是河流坡降较大，洪水位与低水位高差悬殊，河流在洪峰期冲蚀点坝，发育冲流槽，并具有一定的侧向迁移速度。

参 考 文 献

1. McGowen, J.H. and Garner, L.E., 1970, Physiographic features and stratification types of coarse-grained point bar: Modern and Ancient Examples, *Sedimentology*, 14, P77-111.
2. Coleman, J.M., 1969, Brahmaputra River: channel processes and sedimentation, *Sed. Geology* V. 8 No2-8, P291-239.
3. Ray, P.K., 1967, Structure and sedimentological history of the overbank deposits of a Mississippi River point bar, *J. Sed. petro.*, V. 46, P788-801
4. Allen, 1964, Six cyclothems from the lower old sandstone, Anglo-welsh Basin, *Sedimentology*, V. 8, P163-196.

DEPOSITION OF THE DINGXING POINT BAR

Gu Jiayu

(Beijing Scientific Research Institute for Petroleum Exploration
and Development)

ABSTRACT

Through the investigation for eleven profiles in the Dingxing point bar, the vertically depositional sections can be divided into two types, one is dominated by the large trough cross-bedding, the another is dominated by opposite inclined bedding, and this paper also discusses the developing process of the former. According to the geomorphological location, texture and structures of the deposits, the point bar is divided into six sub-facies, channel lag deposits, small shoal, flute bars, flood fill deposits between two flute bars, chute deposits and mud bodies on the outside of flute bar. Finally, the paper deals with the origin of the two kinds of interesting bedding—distorted stratification and opposite inclined bedding.

欢迎订阅《海洋地质与第四纪地质》

《海洋地质与第四纪地质》为学报类季刊，国内外公开发行。刊号：国内为24—53，国外为Q595。每期120页，定价2.80元，每季末月15日出版。

本刊主要刊登有关海洋地质和第四纪地质方面的学术论文和研究报告，以及具有指导意义的专题评述和国内外最新动态等。

本刊贯彻百花齐放，百家争鸣的方针，开展海洋地质与第四纪地质领域的问题讨论和学术交流，以促进本学科的繁荣与发展，为四化服务。

国内订阅处：全国各地邮电局

地址：青岛18号信箱《海洋地质与第四纪地质》编辑部