

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

# 古代阶梯状曲流砂坝河流沉积的识别

李彦芳 辛仁臣 窦惠 李桂范

(大庆石油学院勘探系, 黑龙江安达)



河流的沉积特征是多样的。实际上, 多数河流沉积序列与经典曲流河沉积模式存在一定差别。在松辽盆地茂兴地区泉三段地层中阶梯状曲流砂坝河流较为发育, 其特征为: 发育2层曲流砂坝沉积, 下曲流砂坝厚度较大, 一般厚2—5m, 发育较完好的正韵律, 与经典曲流砂坝沉积模式特征相似; 上曲流砂坝亦为正韵律, 但泥质含量偏高, 层理发育较差。上、下曲流砂坝间多为突变接触, 或被紫色或杂色泥质层隔开。

关键词 阶梯状曲流砂坝河流 下曲流砂坝 上曲流砂坝

## 1 引言

现代沉积考察表明, 曲流河形式往往是多样的, 有些曲流河曲流砂坝表面在剖面上呈明显的阶梯状<sup>[1]</sup>。但是, 到目前为止, 在古代沉积物中, 识别出阶梯状曲流砂坝河流沉积的文献报道极少。笔者在研究松辽盆地茂兴地区泉三段地层沉积微相时, 识别出这种阶梯状曲流砂坝河流的古代沉积。

松辽盆地以前古生界地层为基底, 侏罗纪开始, 盆地逐渐形成。侏罗系主要是不连片的断陷盆地沉积; 白垩系登楼库组、泉头组一、二段总体上为填平补齐的沉积过程; 到泉三段, 松辽盆地以广布的平原曲流河沉积为特征<sup>[2,3]</sup>。

## 2 现代阶梯状曲流砂坝河流及其沉积过程

阶梯状曲流砂坝河流砂坝表面呈明显的阶梯状(图1)。下部曲流砂坝顶面与枯水期水位面相近; 上部曲流砂坝顶面与洪水期水位面相近。



图1 阶梯状曲流砂坝河流横切面示意图  
Fig. 1 Cross section of meandering stream with stepped profile point bar surfaces

枯水期, 只有下部曲流砂坝顶面以下为水流覆盖, 并发生河道过程。在这期间, 河水源远流长, 水流平稳, 推移底载荷和悬浮载荷经过长距离搬运、沉积的调整后, 得到较好的分异。悬浮载荷基本上保持稳定向前搬运, 沉积量很小; 推移载荷在曲流水道螺旋形水流作用下, 形成下部曲流砂坝沉积。

由于枯水期河水所携带泥砂较少、沉积速度较慢、河水与沉积物之间的作用较彻底, 因而沉

积物分选较好，沉积构造发育良好。而下部曲流砂坝表面及其以上部分，在枯水期则发生暴露过程。也就是说，在下部曲流砂坝顶部及其以上的上曲流砂坝表面形成各种暴露标志，如干裂、雨痕、植物残根等。

洪水期，整个阶梯状曲流砂坝河道被河水覆盖，在整个河道中发生河道过程。这期间，不仅下部曲流砂坝继续发育，上部曲流砂坝亦开始建设。由于洪水期河水携带的泥砂量较大，再加上上部曲流砂坝河道加宽，水流能量减小，与下部曲流层比较起来，上部曲流层本身悬浮物质相对富集。因此，上曲流砂坝具有沉积速度快，沉积物遭受水流作用不彻底，悬浮组分含量相对较高、分选差，沉积构造发育不良等特征。

### 3 典型实例及其形成过程分析

笔者在研究松辽盆地茂兴地区泉三段地层沉积微相时，在许多钻井岩芯剖面上发现了阶梯状曲流砂坝河流沉积序列（图 2）。

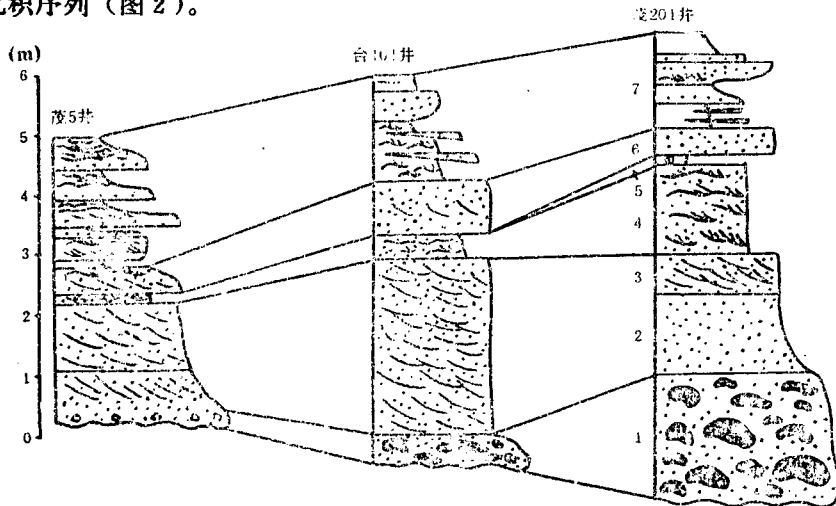


图 2 阶梯状曲流砂坝河流沉积序列

Fig. 2 Deposit sequences of stepped profile point bar meandering river

1—滞留沉积；2—下部曲流砂坝底部沉积；3—下部曲流砂坝中部沉积；4—下部曲流砂坝顶部沉积；5—下部曲流砂坝顶泥质沉积；6—上部曲流砂坝沉积；7—堤岸沉积

1—Lag deposit; 2—bottom deposit of lower point bar; 3—middle deposit of lower point bar; 4—top deposit of lower point bar; 5—mud deposit of top of lower point bar; 6—deposit of upper point bar; 7—levee deposit

现以茂201井某段典型序列（图 3）为例剖析如下：

底部为一明显的冲刷面，冲刷面之下为先期河流泛滥盆地沉积的紫红色泥岩；冲刷面之上为泥砾岩，中砂填隙。泥砾特征与下伏泥岩相似，泥砾一般为 2—5cm，最大可达 7cm，反映了高能下切或侧切河道作用的开始。中砂填隙的泥砾岩为河道滞留沉积，泥砾是曲流河河道作用过程中侵蚀河岸和床底先存泥岩的产物，其厚度达 2m ±。

滞留沉积之上为枯水期曲流砂坝沉积。由下往上，由中粒砂岩渐变为细粒砂岩，沉积构造由大型交错层理渐变为小型交错层理，这些特征表明其为枯水期下曲流砂坝侧向加积过程的产物。这种枯水期曲流砂坝沉积，泥质含量较少 (<10%)，分选较好。砂岩概率粒度累积曲线为两段式（图 4），以跳跃段为主，含量约占 80% ±，斜率较大 (>70°)；悬浮段含量较少，占 20% ±。岩

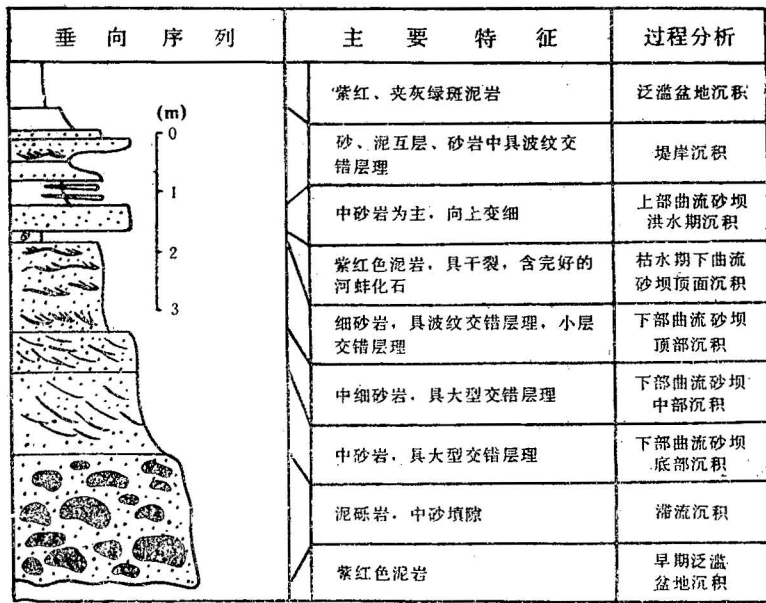


图 3 茂201井阶梯状曲流砂坝河流沉积序列及过程分析

Fig. 3 Depositional sequence of stepped profile point bar meandering river and analysis of its produced process

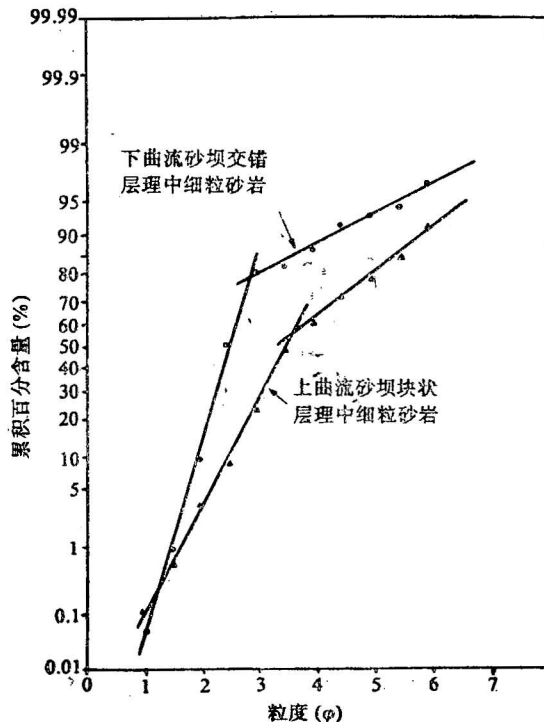


图 4 砂岩概率粒度累积曲线

Fig. 4 Probability cumulative curves of sandstone

石矿物成分以石英、长石为主, 岩屑相对较少, 反映碎屑来源较远, 在较长距离的搬运过程中, 改造较为彻底。

在曲流砂坝沉积之上为紫红色泥岩, 具干裂, 裂隙中被砂质沉积物所充填, 并具变形构造, 为曲流砂坝顶面暴露过程中形成的产物。砂质充填具变形特征的泥裂, 是洪水期河水漫上下部曲流砂坝顶面, 河道中沉积的砂质沉积物充填到泥裂当中; 同时又由于河水浸泡, 使得泥岩软化而发生变形, 形成砂质充填具变形特征的泥岩干裂。

下曲流砂坝顶面这一暴露成因的泥质层, 发育不良或完全缺失(图2), 这主要取决于泥质层的原始厚度、洪水浸没前的固结程度和洪水对其的冲蚀能力。当下曲流砂坝顶面本身缺少这一泥质层, 或泥质层原始厚度较小、固结程度又差, 再加上洪水的负载量小于洪水的运载能力、洪水对下伏泥岩具有一定的冲刷能力, 均可造成泥质层在剖面序列中缺失。只有下曲流砂坝顶面泥质层发育, 漫上下曲流砂坝顶面的洪水本身超载而不能冲刷泥质层, 且所携带泥砂量大, 沉积速度快, 对下伏泥岩起到保护作用, 泥质层才可能发育。

具干裂紫红色泥岩之上为具正韵律的上部曲流砂坝沉积。与下部曲流砂坝相比, 同样具有由下往上以中粒砂岩为主递变为以细砂岩为主的正韵律, 沉积构造发育不良, 少见由泥质纹层显示的斜层理, 泥质纹层边界不规则, 其厚度 $>1\text{mm}$ 。砂岩中泥质含量较大( $>20\%$ ), 在砂岩概率粒度累积曲线图上(图4), 跳跃组分占 $60\%\pm$ , 悬浮组分占 $40\%\pm$ 。碎屑成分中, 岩屑含量明显增加, 反映洪水期有近源短期河流的掺和。另外, 底部为突变接触, 但冲刷不明显, 不含下伏紫红色泥岩的泥砾, 反映出洪水漫上下曲流砂坝顶面时, 尽管环境能量突变, 但由于洪水期河流所携带泥砂量较大, 沉积速度快, 对下伏具干裂紫红色泥岩起到了保护作用; 另一方面, 也反映洪水漫上下部曲流砂坝顶面时, 能量相对较小, 侵蚀能力弱。具有上述正韵律特征的沉积物, 明显为洪水期上部曲流砂坝侧向加积伴有垂向加积过程的产物。

当洪水期流经上曲流段的河水载荷量小于河水的运载能力时, 不仅可冲蚀掉下曲流砂坝顶面的泥质层, 上曲流砂坝沉积物也受到较好的改造, 使上曲流砂坝沉积物分选变好, 形成较好的交错层理(图2, 台101井, 茂5井剖面)。

在上部曲流砂坝之上为可与经典模式类比的天然堤、决口扇等堤岸沉积和泛滥盆地沉积。天然堤沉积以频繁砂泥互层为特征, 砂层中可具沙纹交错层理、爬升层理, 这是特大洪水期漫岸过程的沉积。泥岩颜色呈紫红色, 是在暴露过程中, 氧化条件下形成的产物。决口扇以正粒序、厚度小、泥质含量高, 与下伏岩层有明显的冲刷并夹在紫红色泥岩中为特征, 是在特大洪水期, 河水冲出天然堤决口过程形成的。泛滥盆地沉积以紫红色泥岩为特征, 其为洪水泛滥和暴露联合作用的产物。

#### 4 阶梯状曲流砂坝河流沉积的多样性

阶梯状曲流砂坝河流沉积形式是多样的, 本文所举实例及前人的研究成果均说明了这一点。

前文已讨论了研究区阶梯状曲流砂坝河流沉积的2种不同沉积序列: 沉积序列中上曲流砂坝沉积分选差, 交错层理不发育, 上、下曲流砂坝沉积之间被泥质层所分隔(图2, 茂201井); 沉积序列中上曲流砂坝沉积分选较好, 交错层理较发育, 上、下曲流砂坝沉积之间突变接触, 缺少泥质层(图2, 台101井、茂5井)。

Harm等人<sup>[1]</sup>研究了美国路易斯安那州雷德河的比恩(Beene)阶梯状曲流砂坝(图5), 其沉积特征为槽状交错层理在阶地平面的上、下曲流砂坝层序中都占优势地位。然而, 在水位下降的枯水期, 下曲流砂坝顶面有粉砂沉积, 但在洪水期受到冲蚀, 因而在序列中缺失。这与本文第

二种沉积序列相似。

据 McGowen 等人<sup>[1]</sup>的研究, 美国得克萨斯州的科罗拉多河和路易斯安那州的阿米特河, 都是阶梯状曲流砂坝河流, 但它们是砾石质曲流河, 阶梯状曲流砂坝顶面主要是流槽充填沉积和流槽坝沉积 (图 6)。

综上所述, 河流流量、携带负载量、水流冲刷能力、源区供给碎屑物质的性质、阶梯状曲流砂坝河流的弯曲度等因素, 控制着阶梯状曲流砂坝河流的沉积序列及其内部特征。由于不同时期、不同地区阶梯状曲流砂坝河流的控制因素很难完全相同, 因此, 其沉积模式和沉积序列在细节上具有多样性, 但序列中发育上、下曲流砂坝则是阶梯状曲流砂坝河流沉积的本质特征。

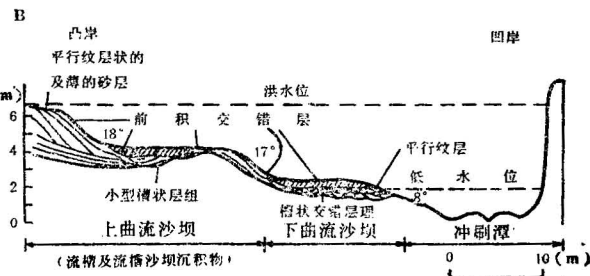
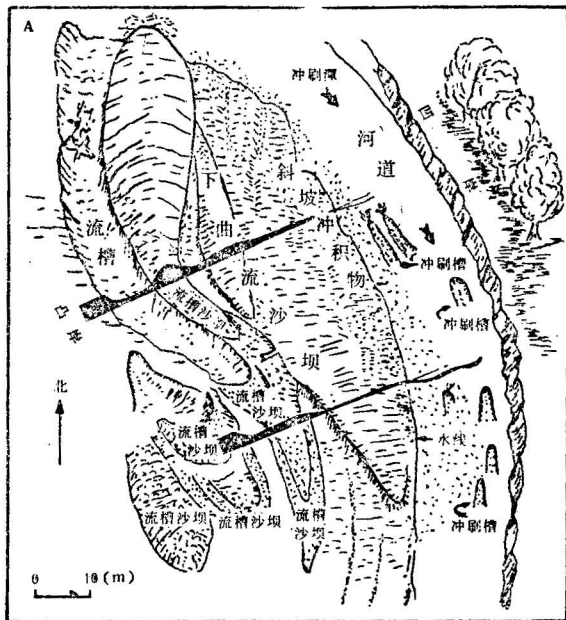


图 5 比恩曲流砂坝上游具有阶地的剖面以及有关的内部构造

Fig. 5 Upstream part of Beene point bar showing the stepped profile and the associated internal structure

图 6 粗碎屑曲流沙坝的地形特征和内部构造  
Fig. 6 Topographic feature and internal structure of a coarse-grained point bar

A—平面图; B—剖面图

A—plan; B—section drawing

### 5 结论

1. 阶梯状曲流砂坝河流在松辽盆地茂兴地区泉三段地层中普遍发育, 先期填平补齐的沉积作用为阶梯状曲流砂坝河流的发育奠定了基础。
2. 上、下曲流砂坝特征, 如: 垂向序列、结构、构造、成分等方面存在明显的差异, 反映了上、下曲流砂坝形成过程中, 遭受水流作用状况的不同。
3. 上、下曲流砂坝之间可被具暴露标志的泥岩分开, 亦可直接接触, 这主要取决于下曲流砂坝顶面泥质层本身发育状况和洪水期上曲流段河水的冲刷能力。
4. 在上曲流砂坝之上往往出现可与经典模式类比的堤岸和泛滥盆地沉积。
5. 阶梯状曲流砂坝河流沉积的形式是多样的, 但在沉积序列中上、下曲流砂坝都发育则是其本质特征。

由底部明显的冲刷面开始到堤岸沉积及泛滥盆地沉积, 构成了古代阶梯状曲流砂坝河流沉积的完整序列。这一完整序列与经典曲流河模式具一定相似性, 同时又存在不同。下曲流砂坝绝不能与上部曲流砂坝等同, 否则将会把同一河道过程的沉积解释为不同时期两次河道过程的错误结论, 从而影响有关生产实践的有效进行。

在观察描述岩芯过程中, 得到大庆石油勘探开发研究院岩芯资料室李胜贵、马凤成等有关同志的大力支持, 在此致以衷心的感谢。

### 参 考 文 献

- 1 H. G. 里丁主编, 周明鉴等译. 沉积环境和相. 北京: 科学出版社, 1985. 43—48 页.
- 2 杨万里主编. 松辽陆相盆地石油地质. 北京: 石油工业出版社, 1985. 15—25 页, 114—140 页.
- 3 王銜鉴. 松辽盆地早白垩世中期湖盆沉积的几点认识. 石油天然气地质, 1978, (3): 8—17.

## RECOGNITION OF ANCIENT STEPPED POINT-BAR SEDIMENTS

Li Yanfang, Xin Renchen, Dou Hui and Li Guifan

(Department of Petroleum Exploration, Daqing Petroleum Institute, Anda, Heilongjiang)

### Abstract

The classical model of fluvial facies is constructed based on the two following assumptions: 1) the river course is dominantly controlled by the bankfull discharge, and 2) the helicoidal flow is fully developed. However, investigations of modern sedimentary environments show that the discharge of the meandering stream is changeable and that the flow around meander bends is not completely helicoidal. So the sedimentary patterns of rivers are highly varied various. The ancient stepped point-bar sediments are well developed in the Quan-3 Member in the Songliao Basin. They are characterized by the development of two sequences of point-bar deposits which are in abrupt contact and separated by the purple-red or variegated mudstones. The lower point bar deposits, 2—5 m thick, show a normal rhythm similar to the classical model; the upper point-bar deposits also show a normal rhythm but contain more clay and the bedding is less developed.

**Key words:** stepped point bar, low point bar, upper point bar

### 作 者 简 介

李彦芳, 生于1936年8月, 1959年毕业于长春地质学院矿产地质专业。现为大庆石油学院勘探系副教授, 从事沉积学及储层地质学方面的研究。通讯地址: 黑龙江省安达市大庆石油学院勘探系。邮政编码: 151400。