

崇明岛东部潮滩沉积*

徐志明**

(华东师范大学, 上海)

提 要

崇明岛东部滩地受潮汐作用明显,波浪作用弱。滩地的淤涨速度快。沉积物以粉砂为主,自潮上带到潮下带,粒度增大,分选变好。潮上带泥裂多,具有水平层理。潮间带,潮下带以小水流波痕为主,小波痕交错层理发育。潮间上部具有浪成波痕、干扰波痕、流痕,波状、脉状、透镜状层理主要出现在该部位。波痕等表面构造随大、小潮变化。潮沟局限于潮上带和潮间带上部,边滩发育,有两种形态不同于河流沉积的点坝,沉积物大都呈双众数分布。

对崇明岛的发育虽有报道^[1,2],但对其东部滩地发育的具体情况,尚无专门的研究报告。弄清它的沉积特征和沉积作用,对于河口区的海岸沉积研究具有重要意义。

一、潮滩发育的因素

有些学者崇明岛东部滩地位于长江口门处,它与崇明浅滩联为一体,自西向东呈舌状向海凸出,其南侧紧贴长江南支北港,北侧近靠长江北支(图1)。自人工堤至平均低潮线长约7000m;滩地以0.0005的和缓坡度向海倾斜。其伸展速度每年200—300m左右。滩地发育的动力因素有潮汐、波浪,而潮汐作用是它的主要因素。

长江年迳流量约达9240亿 m^3 ,每年携带4.86亿吨物质入海,因而崇明岛东部滩地的发育具有雄厚的物质基础。长江入海物质以细粒为主。据大通站悬沙资料统计, < 0.05 mm的颗粒占67.3%;0.05—0.25 mm的颗粒占30.2%;中粗砂仅占2.5%。相应地,河口地区的沉积物主要为粉砂、细砂。近年来,迳流、入海物质主要从北港下泄。北港迳流量占长江迳流量的60%以上,入海物质的分配北港居于首位^[4]。而北支迳流入海物质的数量极小。

长江口是一中强度的潮汐河口,平均潮差2.6 m,大潮平均潮差近4 m。南、北支的涨、落潮流作用不同,南支的落潮流作用大于涨潮流作用,而北支则相反,涨潮流速和含沙量一般大于落潮流速和含沙量,泥沙除一部分在北支沉积外,尚有一部分倒灌入南支^[3]。

长江口区的波浪以风浪作用为主。据长江口引水船站的资料,波浪历年平均波高0.9 m,周期3.9s,波长24 m。在NE, SE方向上有台风入侵时,最大波高可达6.2 m。由于长江三角洲地区水下岸坡漫长平缓,波浪在向岸行进的途中,波能不断衰减,近岸波能很低。

* 本文是在严钦尚教授的亲切指导下完成的,许世远和项立嵩老师对本文也提供了许多宝贵意见,在此谨表感谢。

** 现在中国科学院海洋研究所工作。

收稿日期: 1983年6月2日。

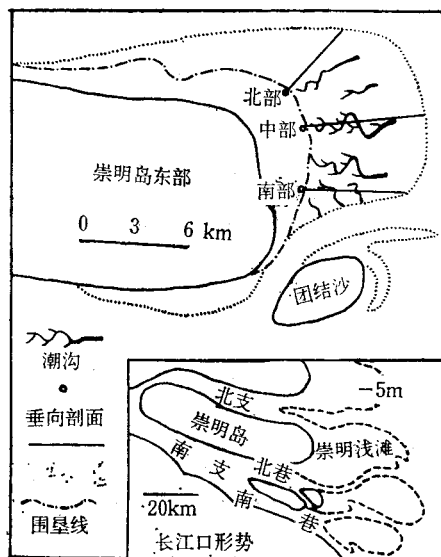


图1 区域状况
(图例中“—”应为水平剖面)

二、沉积结构

据实测水平剖面,东滩可划分为潮上带、潮间带、潮下带。潮上带位于平均高潮线以上,平均高程 4.1m 左右,人工堤以外宽度约 3000 m。潮间带以平均高、低潮位线为界,又可分为上部和下部,各宽 2000 m 左右。潮下带位于平均低潮线以下。整个滩地的沉积结构具有如下特征:

1. 粒度分布

东滩的沉积物以粉砂为主,其次是细砂,泥较少。由潮下带到潮上带,物质逐渐变细。中部(裕安公社捕鱼站)向东延伸的水平剖面,平均粒径由潮下带的 3.74ϕ 转变到 6.05ϕ (表 1)。反映在各个粒级的含量上,细砂由 60% 减少到 0.5%;粉砂由 37% 增加到 82.5%;泥由 3% 上升到 17%。其原因是:在涨潮的后期,随着流速的逐渐减小,水体中所携带的物质由粗到细发生“沉积滞后”;在落潮时,因沉积物的起动流速大于沉降速度,故发生“冲刷滞后”^[8]。

表 1 各相带平均粒径¹⁾(ϕ)

部位 \ 相带	相带			
	潮上带	潮间上部	潮间下部	潮下带
南	5.50	4.20	3.45	3.10
中	6.05	4.75	4.25	3.74
北	6.70	5.45	4.70	4.10

1) 本文所用的粒度参数全部采用福克 1957 年提出的粒度参数计算公式计算。

三个水平剖面的资料分析表明: 自南向北, 各个相带都相应地变细。如潮间带下部, 南、中、北的平均粒径分别为 3.45ϕ , 4.25ϕ , 4.70ϕ 。这是出自北港的物质在自南向北的扩散过程中, 粒度逐渐变细的结果。

2. 标准偏差

整个滩地的标准偏差值 σ_1 的范围为 $0.55-1.75\phi$ (表 2)。潮下带与潮间带分选中等; 潮上带分选差。其原因为: (1) 潮下带至潮上带, 潮流与波浪对沉积物的作用时间逐渐缩短, 作用强度逐渐减弱。潮下带的物质持续地受到作用且作用强度最大, 潮间带的物质是间歇性地受到作用且作用强度比潮下带弱, 潮上带的物质仅在大潮、风暴时受到作用且强度小; (2) 潮下带到潮上带由推移质沉积变为推移质与悬浮质的交替沉积, 再变为悬浮沉积; (3) 在潮上带, 特大潮和风暴潮时, 可沉积粗粒的物质, 而一般大潮时沉积的物质细, 这造成沉积物粗细悬殊较大; 在潮下带, 不管水动力多么强大, 由于物源的粒级限定, 最粗的沉积物也只能以细砂为主, 水动力微弱时沉积的细粒物质不易保存, 所以物质粗细差别小; (4) 取样时, 在潮下带因单层厚度大 (6cm 左右), 取的是一个层 (在一次涨潮或退潮期间沉积, 尔后保存下来的) 内的沉积物, 而在潮上带因单层厚度薄 (0.2—0.3 cm), 取的是数个层 (数次强度不同的潮汐沉积的) 的沉积物。分选性的上下变化是上述因素综合作用的结果。横向上, 标准偏差值在潮间带、潮上带, 有南部偏大、北部偏小的趋势。如潮间带下部, 南部为 0.95ϕ , 而北部是 0.79ϕ 。这是出自北港的物质在自南向北的扩散过程中, 受到分选改造的时间逐渐加长所造成的。

表 2 各相带标准偏差 (ϕ)

部 位 \ 相 带	潮 上 带	潮 间 上 部	潮 间 下 部	潮 下 带
南	1.75	1.25	0.95	0.55
中	1.65	1.00	0.85	0.73
北	1.43	0.85	0.79	0.75

3. 频率曲线、峰态、偏态

频率曲线大都为单众数分布, 仅在南部及潮沟出口处有双众数分布。南部的双众数很可能是涨潮水流在口门处掀起的物质与北港退潮流带出的物质混合沉积造成的。潮沟出口处的双众数是沟内强烈的双向水流作用的结果。峰态值一般 1.7—4, 很窄到极窄, 纵向上变化不大, 但横向上却表现出较大的差异, 南部 1.7—2.08; 中部 1.98—2.98; 北部 2—4.1, 由南到北逐渐增大。这与标准偏差横向变化的原因是相同的。由于整个滩地的沉积物都存在一个细的尾部, 因此, 偏态值一般 0.3—0.7, 属于极正偏。

三、沉积构造

1. 表面构造

(1) 潮上带: 大部分时间暴露在空气中, 泥裂、鸟足痕发育(图版 I: 1)。蟹类及弹

涂鱼繁盛,使表面留下大量的潜穴及爬迹(图版 I: 2, 3)。有微弱的直脊水流波痕,由于植物茂盛,一般比较模糊。在冬季,有树枝状冻裂痕(图版 I: 4)。

(2) 潮间带上部: 具有一定的水流作用,波痕等表面构造类型丰富。按其成因^[9]可分为水流波痕、浪成波痕、干扰波痕、流痕等。

水流波痕 主要有直脊水流波痕、曲形水流波痕、链状水流波痕。波痕指数一般 6—14。直脊水流波痕的波长 6—7 cm,波高 0.5—1 cm(图版 I: 5)。链状水流波痕的波长 7—8 cm,波高 1 cm 左右(图版 I: 6)。

浪成波痕 本滩地浪成波痕的指数一般 5—6;在形态上,对称或稍不对称;在粒度上,波脊粗于波谷;在走向上,出现分叉。对称浪成波痕波长 5 cm 左右,波高约 1 cm。不对称浪成波痕一般波长 6 cm,波高 1 cm。此外,还有脊线间隔较宽的浪成波痕(图版 I: 7)。这种波痕一般分布在上部低洼地区,它的脊线之所以间隔较宽,很可能是砂泥比例适中,混合充分,以及植物根系的紧固作用,造成沉积界面比较坚硬,以致于进入低洼地区的波浪不能掀起足量的泥沙,塑造出较大的与其能量相当的浪成波痕。

干扰波痕 两组浪成波痕相互迭加产生的干扰波痕(图版 I: 8),呈规则的网格状。早期形成的浪成波痕被后期的风吹水流在其波痕的脊上塑造出微小水流波浪而产生的干扰波痕(图版 II: 9),其波痕脊类似于鱼鳞状,称为鱼鳞状干扰波痕。以上两种干扰波痕一般分布在本相带的上部。两组水流波痕相互迭加形成的水流干扰波痕(图版 II: 10),一般分布在本相部下部的潮沟出口处。两组迭加的波痕可以直交,也可以斜交,表明水流方向多变。

流痕 一般发育在沟壁及小的斜坡上。穗状、梳状流痕(图版 II: 11)、齿状流痕(图版 II: 12)多出现在砂泥比例适中的地方。在砂质沉积界面上,有树枝状流痕。

该相带内,南、中、北三个部位类似。

(3) 潮间带下部: 水流速度大,以弯曲形水流波痕、舌形水流波痕为主。弯曲形水流波痕波长 7—10 cm,波高 0.5—1.5 cm。舌形水流波痕波长 10 cm 左右,波高约 1 cm(图版 II: 13)。它一般发育在地势较高处,这是由于水浅、费劳德数大所造成的。它可以因受到落潮后期片状水流的冲刷而造成波长增加,波高降低(图版 II: 14)。

本相带内,水流波痕、浪成波痕的波长、波高,南部大于北部,这是南部的沉积物粗于北部所造成的^[9]。

(4) 潮下带: 水流强度最大,主要发育舌形水流波痕和弯曲形水流波痕。其中舌形水流波痕的波长 12 cm 左右,波高约 2 cm。

由上可知,潮上带以暴露地面和生物活动产生的特征为主。潮间带上部,主要为比较发育的小水流波痕、浪成波痕、干扰波痕、流痕等。潮间带下部、潮下带以小水流波痕为主。自潮上带到潮下带,随着水深的增加,流速的加大,小水流波痕的变化趋势从直脊到曲形和舌形,波长、波高增加。

上述滩面构造随大、小潮不断变化。大潮后,水流波痕遍布整个滩面;波浪波痕被快速的落潮水流改造成为小水流波痕;潮间上部的流痕也较多;生物活动遗迹和暴露特征往往被水流改造和沉积物充填而变得较少。小潮后,水流波痕相对减少、变小;浪成波痕因流速较慢而保留得较多。原因是大潮期水位升降快,流速大;小潮期则相反。

2. 垂向构造

(1) 潮上带: 以悬浮沉积作用为主, 层理主要为薄层泥质粉砂与粉砂互层(图版 III: 19)。单层厚 0.2—0.3 cm。水流因受到植物的阻挡, 沉积界面起伏不平, 层理表现略有弯曲。有很清楚的含细砂粗粉砂夹层, 该种夹层厚 1 cm 以上, 与薄互层规则地交替出现。这是每年洪季时风暴潮沉积形成的。本相带内, 生物潜穴较多, 植物根系密集。

(2) 潮间带上部: 悬浮沉积作用与推移质沉积作用交替出现。层理以粗粉砂与泥质粉砂厚层互层、细砂质粉砂与粉砂厚层互层为主。单层厚度 0.3—8 cm, 由下而上厚度减小, 互层内, 层理类型丰富。常见有下列层理:

平行层理 层面微有起伏, 单层厚度 0.3—0.5 cm。主要分布在该相带上部。

透镜状层理 有连续与不连续两种, 厚度 0.3—0.6 cm, 出现于本相带的上部。

波状层理 波长 7 cm 左右, 波高约 1 cm, 主要出现在该相带的中、下部, 由上而下增大(图版 III: 20—22)。

脉状层理 长度 1—9 cm 不等(图版 II: 16—19), 本相带中、下部较多出现。

小波痕交错层理 波长 3—8 cm, 波高 0.5—1.5 cm, 自上而下有增大的趋势(图版 III: 20—22), 出现于该相带中、下部。前积纹层向陆倾斜的小波痕交错层理多于向海倾斜的小波痕交错层理。小波痕交错层理可以因削顶而变得不完整, 也可以因相互迭加而复杂化(图版 III: 20, 21)。

爬升波痕纹层 由于物源丰富, 沉积物周期性快速堆积, 爬升波痕纹层发育, 它们可

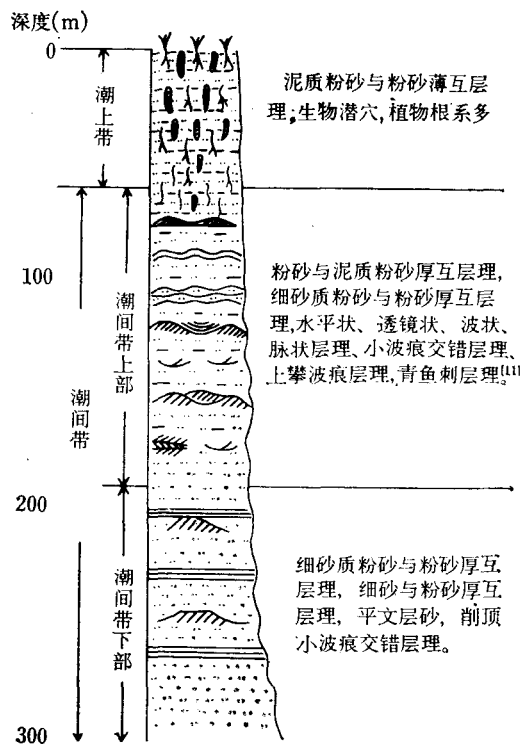


图 2 东滩中部垂向剖面图

以是同相位(图版 III: 22),也可以是异相位。

此外,还有揉皱、包卷层理(图版 III: 23)。

(3) 潮间带下部: 以推移质沉积作用为主。层理主要为细砂质粉砂与粉砂厚层互层、细砂与细砂质粉砂厚层互层。单层厚 1—10 cm 不等。由下而上,层厚有减薄的趋势。厚层互层内,有平纹层砂及削顶与未削顶的小波痕交错层理(图版 III: 24)。平纹层砂的单层厚度一般 0.1 cm 左右,它以颜色和粒度的粗细显现出来。小波痕交错层理的波长 10 cm 左右,波高约 1.5 cm。

该相带横向上的差异性主要表现在厚层互层的单层厚度及层厚的变化上,南部层厚范围 1—20 cm,而北部为 3—11 cm。这主要是南部靠近北港,受季节性来沙量变化的影响比北部大所致。

由整个滩地的垂向沉积构造可见,自潮间带下部到潮上带,由高能量的平纹层砂及较大的小波痕交错层理变为较小的小波痕交错层理、脉状、波状、透镜状层理,再变为低能量的水平层理。这与潮汐强度的变化完全一致。

通过分别对滩地南、中、北三个垂向剖面的取样分析,发现水平剖面的展布和三个垂向层序基本一致。结合平均潮位与潮差^[6],对垂向剖面也作了同样的亚相带划分(图 2)。在此,对垂向剖面不作赘述。

四、潮沟沉积

1. 潮沟分布的特点

潮沟分布在潮上带、潮间带上部,它起源于岸边低洼地区,由岸向海,浅而窄的树枝状小潮沟不断汇聚,形成宽而深的大潮沟。然后在潮间带上部变宽、变浅,最终消失。这种分布情况与 Fraser 三角洲中 Roberts and Sturgeon Banks 河口砂岛西边的潮沟分布情况类似^[5],而与我国琼港潮坪及德国北海潮坪的分布状况不同,琼港及北海潮坪的潮沟一直延伸到潮下带。

笔者通过观察发现,本滩地潮沟一般从潮上带离人工堤较远的泥裂或长形低洼地区开始发育,随着潮水的反复进退,使其不断加深并逐渐向海伸展,这说明潮沟自潮上带发育延展到潮下带要有个时间过程。由于本滩地位于河口地区,物质来源丰富,沉积速率大,淤涨迅速,使得滩地处于年青状态,其上的潮沟发育处于初始阶段。加之,人类不断筑堤围垦,使许多在发展中的潮沟被围在堤内,或者部分被围在堤内,其余部分因靠近人工堤发展缓慢,有的甚至渐趋消失。围垦缩短了涨、退潮水流的路程,减弱了潮汐水流对滩面的冲刷和改造。同时,本滩地下部平坦且呈舌形,使对潮沟发育起主要作用的落潮水流层状辐散退出。

本滩地潮沟的长度一般 100—3500 m;深度 0.05—2.5 m;宽度 0.03—50 m。每条潮沟在不同地段可为顺直型或蛇曲型。潮沟内边滩发育。其迁移速度慢。据对一条潮沟的全年观测,上部(潮上带) 0.5 米/年,下部(潮间带中部) 3 米/年。

2. 沉积物特征

潮沟的沉积物主要为细砂质粉砂,大部分沉积物的频率曲线都具有非常明显的双众数分布(图 3),这反映了潮汐的双向水流作用。但沉积物的纵、横向变化很大。

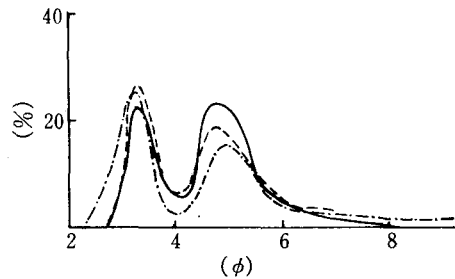


图3 潮沟沉积物的频率曲线

由岸向海, 沟内的沉积物变粗, 平均粒径由 6.63ϕ 到 3.68ϕ 。标准偏差由 2.21ϕ 变为 1.23ϕ , 反映分选很差一差。与滩地沉积结构的变化一致。但物质粗细的纵向变化梯度大于滩地。由潮上带到潮间带上部, 滩地一般为粉砂到细砂质粉砂, 而潮沟却由粉砂变为粉砂质细砂。表明潮沟由于滩地汇水而使水动力强度迅速增加。自沟底到边滩上部, 沉积物变细, 如在潮上、潮间带交界处的潮沟横剖面上, 平均粒径由 4.58ϕ 变为 4.66ϕ 。标准偏差由 2.1ϕ 到 1.51ϕ , 分选性自沟底到边滩上部变好, 说明沉积物的分异作用由沟底到边滩上部加强。

3. 沉积物形态及内部构造

潮沟内边滩发育, 一般在潮沟的顺直段形成长形边滩(图版 II: 15); 蛇曲段形成较短且弯曲的边滩(以下简称点坝, 图版 II: 16)。在本滩地的潮沟中出现了两种在形态上不同于河流沉积的点坝: 一种是具有平台的点坝(图版 II: 17), 它出现在强蛇曲的潮沟中, H. B. Paul. 等人也描述了这种点坝, 并论述了点坝的形成机理, 而且认为它是区别于河流点坝的重要形态特征^[7]; 另一种点坝是在其向凹岸突出部分的中间有一凹地的点坝(图版 II: 18)。它的成因是, 涨潮出现高流速时, 水流强烈冲击凹岸, 部分水流被凹岸反射到点坝向凹岸突出部分中点的靠上游(相对于退潮流方向)一侧, 形成较强的旋涡不利于物质沉积。退潮出现高流速时, 在点坝突出部分中点的靠下游一侧出现同样的情况。这两个分别由强烈涨、退潮流形成不利于物质沉积的地方, 因接受沉积物较少而形成凹地。两个凹地因近邻而联在一起, 合为一个位于点坝突出部分中部的凹地。若河流存在此种凹地, 因是单向水流的作用, 它应出现在靠点坝突出部分中点的下游一侧。

边滩内部的构造均以纵向交错层理为主, 层面平直, 倾向与潮沟的延伸方向直交或近于直交, 倾角 $7-14^\circ$ 。

五、结 语

本滩地靠近长江主弦北港, 物质来源极为丰富, 向外淤涨迅速。沉积物有细砂、粉砂、泥, 其中的粉砂是主要组分。塑造滩地的动力以潮汐作用为主, 波浪作用居于次要地位。

自潮下带到潮上带, 物质变细; 分选变差; 水流波痕由舌形、曲形转变为直脊形等, 最后为泥裂、生物活动遗迹所代替; 层理由潮间下部的平纹层砂及较大的小波痕交错层理变为潮间下部的大量小波痕交错层理, 波状、脉状、透镜状层理、爬升波痕纹层, 再变为潮上带的水平层理, 表明水动力由潮下带到潮上带减小。

潮沟的迁移速度较慢,沉积物主要为细砂质粉砂,具有典型的双众数分布。纵向上的结构变化与滩地一致,所不同的是潮沟的变化幅度大于滩地。横向上,由沟底到边滩上部物质变细;分选变好。沟内出现了两种不同于河流沉积的点坝,边滩内部纵向交错层理发育。

参 考 文 献

- [1] 同济大学海洋地质系三角洲科研组, 1978. 全新世长江三角洲的形成和发育. 科学通报 **23**(5): 310—313.
- [2] 李从先、王靖泰、李萍, 1979. 长江三角洲沉积相的初步研究. 同济大学学报 **2**: 1—11.
- [3] 沈焕庭、潘定安, 1979. 长江河口潮流特性及其对河槽演变的影响. 上海师范大学学报 **1**: 131—144.
- [4] 恽才兴、蔡孟裔、王宝全, 1981. 利用卫星象片分析长江入海悬浮泥沙扩散问题. 海洋与湖沼 **12**(5): 391—401.
- [5] Keuerhals, P. and J. W. Murray, 1969. Tidal flats at Boundary Bay, Fraser River Delta, British Columbia. *Bull. Can. Petrol. Geol.* **17**(1): 67—91.
- [6] Klein, G. D., 1971. A sedimentary model for determining paleotidal range. *Geol. Sec. Am. Bull.* **82**: 2585—2592.
- [7] Paul, H. B. and R. L. Michael, 1976. Sedimentary model for intertidal mudflat channels with examples from the Solway Firth Scotland. *Sedimentology* **23**: 533—552.
- [8] Postma, H., 1961. Transport and accumulation of Suspended matter in the Dutch Wadden Sea. *In* Holocene Tidal Sedimentation. pp. 176—230.
- [9] Reineck, H. E. and I. B. Sign, 1973. *Depositional Sedimentary Enviroments*. Springer Veriag, New York. pp. 13—64.

THE EASTERN FLAT SEDIMENTATION OF THE CHONGMING ISLAND

Xu Zhiming*

(Normal University of East China, Shanghai)

ABSTRACT

The flat is situated at the entrance of the Changjiang River mouth. The materials carried to the flat are very abundant in silt, and a small amount of fine sand and mud. Tide plays the dominant role in its rapid formation besides the minor influence exerted by wave.

The sediments are getting finer from subtidal to supratidal zone. Current-ripples change in shape from lingoid and sinus to straight, and ultimately replaced by a zone of mudcrack and organic trace in the above direction. Current-ripples change in shape from lingoid and sinus to straight, stratification changes from laminated sand and small ripple bedding in the low part of the intertidal flat to abundant small ripple bedding, wavy bedding, flaser bedding, lenticular bedding and the climbing ripple lamination in the upper part of the intidal zone and finally to horizontal stratification in the supratidal zone; the individual layers of the alternate beds decrease in thickness. These variations indicate that the current is hydrodynamically dying away from subtidal to supratidal zone.

Tidal channels located in the upper part of it are slow in lateral migration. Their sediments are mainly composed of fine-sand silt which is of clear bimodal distribution. There exist two kinds of point bars different from those of the fluvial channel in shape. Longitudinal cross stratification of the sand bar is well-developed internally.

图 版 说 明

图 版 (Plate) I

1. 泥裂、鸟足痕; 2. 蟹类潜穴及爬迹; 3. 弹涂鱼潜穴及爬迹; 4. 树枝状冻裂痕; 5. 直脊水流波痕; 6. 链状水流波痕; 7. 脊线间隔较宽的浪成波痕; 8. 浪成干扰波痕

图 版 (Plate) II

9. 穗状干扰波痕; 10. 水流干扰波痕; 11. 穗状、梳状流痕; 12. 齿状流痕; 13. 舌形水流波痕; 14. 受改造的舌形水流波痕; 15. 长形边滩; 16. 较短且弯曲的边滩(简称点坝); 17. 具有平台的点坝 A——主弦道 B——点坝被切割后形成的分支 C——点坝上平台 D——点坝下平台; 18. 在点坝向凹岸突出部分的中间有一凹地的点坝, △——点坝凹地

图 版 (Plate) III

19. 生物潜穴、植物根系、水平层理; 20. 厚层互层、小波痕交错层理、平纹层砂、削顶小波痕交错层理; 21. 厚层互层、波状层理、小波痕交错层理; 22. 厚层互层、波状层理、小波痕交错层理、爬升波痕纹层; 23. 厚层互层、揉皱、包卷层理; 24. 平纹层砂、削顶小波痕交错层理

* The author now works in the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

