

# 连云港吹泥区岸滩自然冲淤及 吹泥条件下海滩演变的观测分析\*

虞志英 金镠<sup>1)</sup> 陈德昌 唐寅德

(华东师范大学河口海岸研究所, 上海)

**提要** 连云港新建吹泥站工程为淤泥质海滩演变提供了研究实例。观测表明, 波浪是造成淤泥质岸滩冲刷的主要动力, 而潮流的扩散是泥沙运移的主要动力。海滩演变主要发生在经常性破波作用范围( $-3\text{m}$  等深线)以内。

淤泥质岸滩剖面的变化与近岸泥沙供应及横向水动力强度分布有关, 后者用波浪和潮流底切力表达。本文对此作了定性分析并对海滩冲淤进行了计算, 结果与吹泥条件下海滩演变的观测一致。

为扩大连云港的基建开挖和疏浚维护土方的处理能力, 1983 年在连云港大路口新建年吹泥能力为  $300 \text{万 m}^3$  的吹泥站一座, 通过排泥管道将泥浆就近排放于连岛北侧浅滩, 任其在波浪、潮流作用下自然漂移, 从而改变了自然岸滩已存在的平衡冲淤条件。这种人为对岸滩冲淤过程的调整, 在吹泥前后约 9 个月内, 即经历了平衡—淤积—冲刷—再平衡的演化过程, 为研究淤泥质岸滩剖面的冲淤提供了较好的现场观测机会。

迄今, 对砂质海滩的剖面冲淤过程, 已有不少分析及计算方法, 建立了确定岸滩平衡剖面的半经验判别式及海滩冲刷的数值模型<sup>[2,5-7]</sup>。但因淤泥岸滩组成物质很细, 其泥沙运动特征与非粘性的砂质全然不同, 尤其在波浪和潮流共同作用下, 对淤泥运动的观测手段尚存在着不少困难, 故淤泥质岸滩剖面的冲淤过程至今尚不能定量的表达。本文通过在吹泥扩散影响下的淤泥岸滩的淤积和冲刷状况的观测资料的分析, 试图对在波浪、潮流作用下淤泥岸滩的冲淤条件作出定性表达, 以便进一步创造条件, 为建立淤泥质海滩剖面演变的定量化积累资料。

## 一、排泥区附近岸滩的自然条件

吹泥站泥浆排放区所在的连云港东西连岛北侧岸滩, 属于经过长期冲淤调整后的平衡岸滩类型<sup>[1,3]</sup>。由于大部分岸段山体逼岸, 在长期北向海浪冲击下, 陡崖矗立, 潮间带滩地很难发育, 仅在岬角相间的小海湾内才有狭窄的砂质海滩存在。而吹泥泥浆排放口正设置在本区大路口北面海湾内的沙滩上(图 1)。吹泥以前, 湾内  $0\text{m}$  线以上沙滩物质经

\* 此项研究工作曾得到交通部上海航道局第一工程处和设计研究所有关同志的大力支持; 本所陈吉余教授审阅全文, 特此致谢。

收稿日期: 1984 年 10 月 30 日。

1) 江苏省连云港建港指挥部。

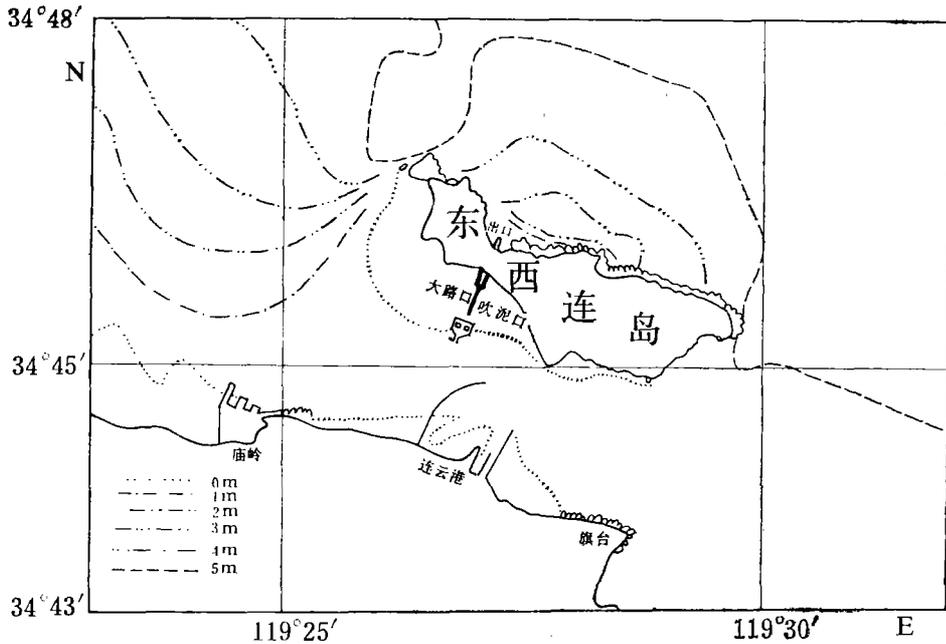


图1 大路口吹泥管位置

过波潮水流的反复簸选,粒度均一,平均粒径为  $2-3\phi$ 。0m 线以下,由于进入整个海州湾地区的淤泥淤积区内,岸滩沉积物逐渐为泥质粉砂和粉砂质泥所替代,平均粒径  $7-8\phi$ ,粘粒含量高达  $60-80\%$ 。由于沉积时间较长,经过了相当时间的自然密实过程,沉积层表层含水量  $60-80\%$  左右,天然容量约  $1.5-1.6$ ,呈软塑状,具有一定的抗冲刷能力。岸滩剖面形态,若以吹泥口为起点作北东方位  $45^\circ$  方向延伸,至  $-5m$  间的平均滩坡由岸向海迅速展平,其中  $0m$  以上潮间带坡度为  $1/40-1/50$ ,  $0-2m$  之间为  $1/60$ ,  $-2-3m$  间为  $1/120$ ,  $-3-5m$  间为  $1/1250$  (图 2)。岸滩的年平均冲淤幅度一般不超过  $\pm 20$

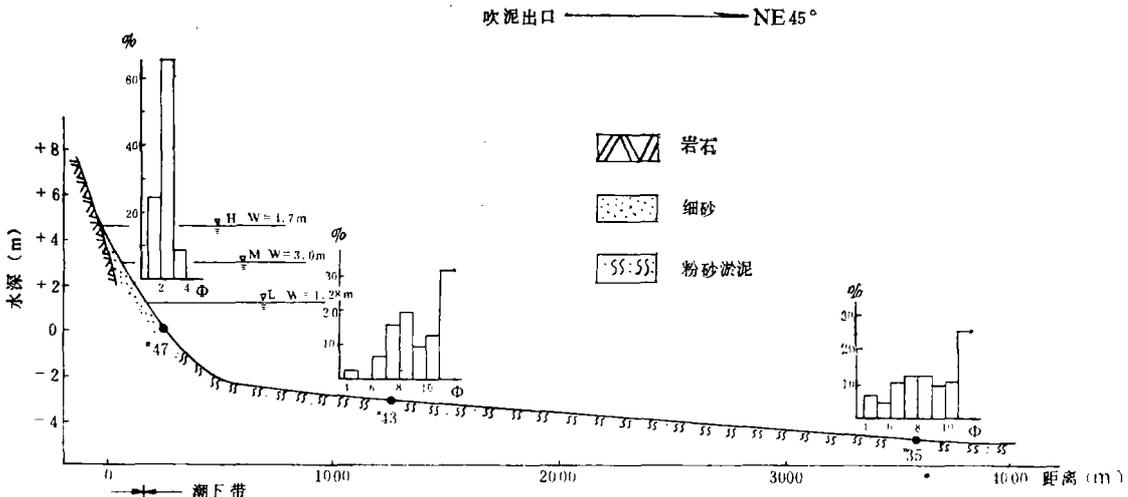


图2 吹泥口岸滩剖面图

cm, 表明海滩处于相对平衡状态。

平坦的水下岸坡及具有一定抗冲刷能力的沉积土层, 给波浪和潮流对岸滩冲淤作用的沿程分布带来了深刻的影响。由于岛屿突出海中, 主要受 NW, N, NE 诸方向来浪的作用, 据位于排泥口以西 1.5km 的大西山海洋站观测资料(测点代表水深 -5m) 统计, 上述三个方向的来浪占全年出现率的 26%。外海波浪经过宽阔的浅水地带以后, 迄现年平均波高为 0.6m, 全年 >2m 的波高出现率仅为 2%, 而 <0.5m 的波高出现率占 53%, 波浪进入 -5m 浅滩以后, 逐渐进入破波带范围, 波能再次集中, 破波水深则随着波高不同而相应变化, 同时随着潮位的涨落而上下移动。若以 2m 波高为例, 破波水深将为 3—3.5m, 这样在平均潮位 (+3.0m) 情况下, 破波带外缘大致落在距岸 0.3—0.5km 处的 -1m 位置上, 低潮位时则可以相应推移到距岸 1.5km 的 -2.5m 位置上, 由于愈向上部滩坡愈陡, 因此破波带的宽度在中、小浪情况下就甚为狭窄, 而中、低潮位时破波点附近的岸滩往往是破波作用频率最高, 也是对岸滩影响最为强烈的区段。由于经常性的破波作用范围大部分处在近岸狭窄的砂质海滩分布范围之内, 粘粒含量甚少, 因此在波浪作用下进入水体的悬沙量十分有限。只有当波浪作用加大, 破波带拓宽到 -1m 以外的淤泥沉积区后, 随着淤泥物质的冲刷悬扬进入水体, 才能充分加大水体中的悬移质浓度。观测结果表明, 含沙浓度与波高  $H_{1/10}$  之间呈良好的线性关系(图 3)。冬半年风浪季节水体含沙量要显著高于夏半年风浪静稳季节(图 4)。

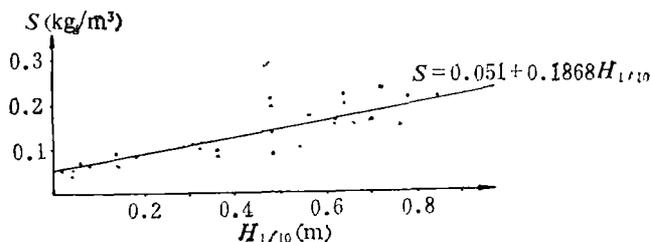


图 3 连云港海洋站含沙浓度与波高关系  
测波点水深 -5m, 近岸取泥沙样。

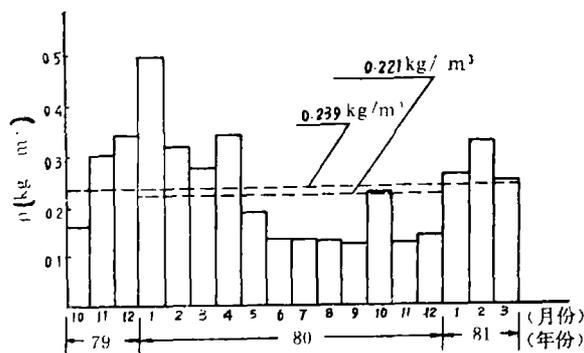


图 4 月平均含沙浓度柱状分布

潮流则主要对悬沙起着运移和扩散作用。本区岸滩不同水深处的潮流运动, 除受外

海潮波控制外,还将受岸滩所在岸线走向的强烈影响,潮流由海向岸逐渐由旋转流过渡到往复流。不同水深处的切向流速 ( $\bar{v}$ ) 与法向流速 ( $\bar{u}$ ) 见表 1。

表 1 连岛北侧大路口剖面测站流速 (1974.8.17 测)

离岸距离 (m)	水深 (m)	法向平均流速 (m/s)	切向平均流速 (m/s)	比值	切向最大垂线平均流速 (m/s)
300	-2.1	0.12	0.30	0.4	0.42
1300	-3.3	0.25	0.22	1.1	0.52
2250	-4.2	0.28	0.24	1.2	0.58

由表 1 可知,垂直于岸线走向的法向流速由海向岸明显趋小,而平行于岸线走向的切向流速,峰值向岸略有减小,平均值则有增大趋势,因此近岸潮流对悬沙在顺岸方向上的往复输移能力仍可维持在较高水平。这一顺岸往复流运移带又基本处于破波带范围内,也就成为近岸带泥沙输移的主要范围。从破波带向外,水体含沙量主要来源于破波带内悬浮泥沙在潮流作用下的平流及扩散输运,随着潮流旋转性的逐渐加大而增强了悬沙向外扩散的能力。但由于水流动力对底部沉积物冲刷能力的明显降低,因此破波带以外含沙浓度在岸滩横断面上递降迅速,尤其在缺乏外来丰富泥沙供应的条件下,吹泥前的水体含沙量主要取自波浪的就地掀沙,致使海岸水体中含沙浓度大部分时间保持较低的状态。实测多年平均含沙量在  $0.22-0.24\text{kg/m}^3$ ,基本反映了本区岸滩经过长期冲淤调整以后,已趋于相对平衡条件下所出现的低沙环境。但是由于波浪作用强度季节性变化的存在(冬半年风浪频繁,掀沙能力较强;夏半年风浪静稳,掀沙能力较弱),致使岸滩冲淤也存在着一定的季节性变化。

## 二、岸滩横断面上冲刷强度的分布

岸滩横断面上冲刷强度的分布,是波浪和潮流底切力与沉积物抗冲力之间相互作用的结果。如前所述,在本区岸滩破波带以内以波浪作用为主,破波带外主要受潮流扩散作用的影响,两者的底切力分布分别可由波浪底流速和潮流速度进行推算。

### 1. 波浪底切力的横向分布

首先由线性波动理论给出了最大波浪底流速,即:

$$u_{b, \max} = \frac{\pi H}{T \sin h \left[ \frac{2\pi d}{\lambda} \right]} \quad (1)$$

这里  $H$  为破波带内波高、 $d$  为水深、 $T$  为周期、 $\lambda$  为波长。

破波带中的波浪变形程度随破波类型而有明显差别。对于平缓海滩,多属崩破波类型,其波形及底切力过程基本对称,因此仍可近似地采用线性波动理论。

为了估计峰值切力的横向分布,需事先计算破波带内的波高变化,沿岸流系的能量平衡方程为

$$\frac{\partial}{\partial x} (E C_g \cos \alpha) + S_{xy} \frac{\partial u}{\partial x} = -\phi_d \quad (2)$$

式中,  $E$  为波浪能量,  $E = \frac{1}{8} \rho_g H^2$ ;  $C_g$  为波浪群速,  $C_g = \sqrt{2.28gH}$ ;  $S_{xy}$  为  $y$  向波浪动量流;  $\alpha$  为波浪入射角。

实验表明<sup>[7]</sup>, (2)式中左边第二项为高阶小项,同时,破波点处单位时间单位面积的波能耗散率  $\phi_{d,b}$  为

$$\phi_{d,b} = \frac{5}{16} \rho r^3 g^{3/2} d_b^{3/2} \cdot m \quad (3)$$

上式中,  $r = H_b/d_b = 0.73$ ;  $m$  为海滩坡度。同一实验表明,破波带内波能耗散率,以破波点处为最大,向岸方向呈指数型衰减。因此,可将破波带内  $\phi_d$  的变化表示成

$$\frac{\phi_d}{\phi_{db}} = \left(\frac{x}{x_b}\right)^\beta \quad (4)$$

$\beta$  为表征破波带波能耗散特征的经验常数。

将(3),(4)式代入(2)式,考虑到来波经过宽阔浅滩后进入破波带,  $\cos\alpha = 1$ , 经推导,得破波带内波高衰减的表达式为

$$H^{5/2} = 0.455d_b^{5/2} - \frac{1.138}{\beta + 1} d_b^{1.5-\beta}(d_b^{\beta+1} - d^{\beta+1}) \quad (5)$$

由连云港近岸的同步波浪观测,确定出  $\beta = 1.6$ 。

而最大底流速所造成的最大底切力或切速峰值 ( $u_{*,0}$ ), 由下式表示

$$u_{*,0} = \sqrt{\frac{fw}{2}} u_{b,\max} \quad (6)$$

这里  $fw$  为底摩擦系数,连云港地区为 0.015。

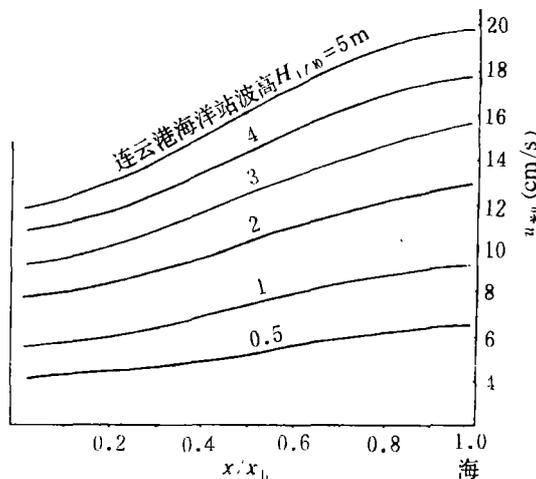


图5 不同波高下的最大波浪底切力的横向沿程分布

分别不同来波波高,计算得破波带内最大波浪底切力,其分布见图5。图5表明在破波带外缘附近,  $u_{*,0}$  最大,向岸逐渐减小。同时,  $u_{*,0}$  随着来波波高的增大而迅速增大,当波高 ( $H_{1/10}$ ) 经常处于 2m 以下的中、小浪的情况下,破波带主要处在岸滩的靠岸部分的砂

质沉积分布范围内,而这种细砂沉积物中的粘粒含量甚少,属于分散的无粘性土性质,造成此类沉积物冲刷起动所需要的底切力,主要与颗粒的粒径及比重有关。试验中所得出的临界冲刷切速 ( $u_{*c}$ ),在与本区平均粒级相当的 0.2—0.3mm 的细砂条件下,其临界冲刷切速 ( $u_{*c}$ ) 约为 2—3cm/s<sup>[2]</sup>, 这样在波高 1m 时所产生的波浪底切力,即能引起底砂的运动,由于粘粒含量少,进入水体的悬沙数量有限,因此泥沙运动方式以推移运动为主。当波浪增大,破波带向外扩展到距岸 1km 以外的淤泥沉积区内时,由于淤泥沉积物的抗冲强度与沉积时间和容重有关,本区所暴露的淤泥层是沉积时间较长的老淤泥,表层测定的天然容重达 1.55 左右,参照同类型淤泥沉积的试验资料<sup>[2]</sup>,临界冲刷切速当在 7cm/s 左右。这样,相对于 1m 波高时所出现的冲刷切速峰值即可造成冲刷,其后的粘土物质悬扬进入水中就不易沉降下来,从而加大水体中的含沙浓度。因此,近岸带水体中的悬沙,主要来源于波浪对底部淤泥沉积物的冲刷,这样在中、大浪破波点上下移动的范围,构成了岸滩冲刷作用最强烈的区段。

2. 潮流底切力的分布

潮流对岸滩的冲刷作用力,则可以根据潮流运动在底部地形平坦的海区内存在的缓

表 2 潮流底切速峰值( $u_{*,0}$ )分布

距岸距离 (m)	水 深 (m)	$u_{*,0}$ 涨 (cm/s)	$u_{*,0}$ 落 (cm/s)
300	-2.1	3.0	5.8
1300	-3.3	5.6	5.5
2250	-4.2	5.0	5.7

变性质,即在一个全潮过程中,涨、落潮出现最大流速前后,其垂直分布具有接近于对数分布的特征,采用卡门公式来推求不同水深处相应的底切力峰值 ( $u_{*,0,f}$ )。

$$\text{由 } u_{*,0,f} = \frac{u_{2,0} - u_{1,0}}{5.75 \lg(z_1/z_2)} \quad (7)$$

这里,  $u_{2,0}$ ,  $u_{1,0}$  分别为涨、落急时刻离底  $z_2$  及  $z_1$  高度上的实测流速。

由上式按 1974 年 8 月 17 日断面同步实测流速值计算得不同垂线所在位置的底切力峰值结果,见表 2。

上述切速峰值资料与其所在淤泥沉积物的冲刷临界切速相比可知,在水深小于 -2.0m 的破波带以外,潮流一般不具备对于底部淤泥的冲刷作用。但在破波带内,当波浪冲刷物质进入水体后,潮流对悬沙的扩散运移作用是十分明显的。

通过上述对波浪、潮流底切力横向分布的分析,可知冲刷作用主要位于破波带内的淤泥

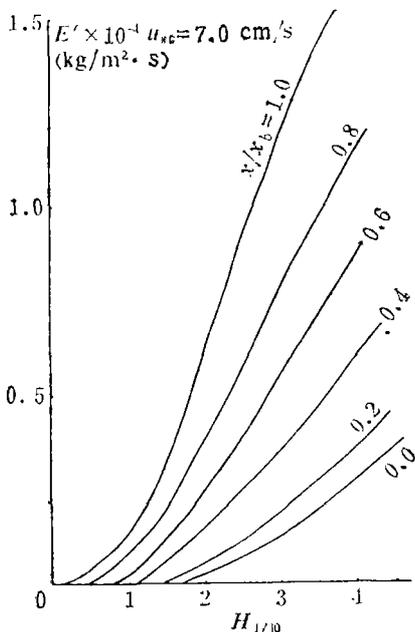


图 6 不同波高  $H$  破波带内的冲刷强度分布

沉积区内。当切速 ( $u_{*0}$ ) > 沉积物的临界切速 ( $u_{*c}$ ) 时发生冲刷, 在不均匀流条件下, 该区段岸滩横断面出现的单位面积和时间的冲刷强度可近似地表示为

$$E' = M \left[ \left( \frac{u_{*0}}{u_{*c}} \right)^2 - 1 \right] \frac{\Delta t}{\tau} \quad (8)$$

其中,  $E'$  为单位面积, 单位时间的冲刷量;  $M$  为淤泥沉积物的冲刷系数, 与沉积物冲刷特性有关, 本区淤泥沉积物的  $M$  值, 从连云港历史地形对比中, 由经验确定:  $M = 0.358 \times 10^{-4} \text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ ;  $\Delta t$  为波周期  $\tau$  中  $u_{*0} > u_{*c}$  的历时。

将波浪底切力过程概化为正弦曲线, 则

$$\Delta t = \frac{2}{\sigma} \left[ \left( \arcsin \frac{u_{*c}}{u_{*0}} \right)_{t_1} - \arcsin \left( \frac{u_{*c}}{u_{*0}} \right)_{t_2} \right] \quad (9)$$

$t_1, t_2$  为半周期中冲刷起始时刻,  $\sigma t_1$  与  $\sigma t_2$  互补。  $\sigma$  为角频率。

由上式算得在不同来波条件下, 破波带内的冲刷强度  $E'$  的分布如图 6。  $E'$  值从破波点 ( $x = x_0$ ) 处向岸明显递降, 同时, 随着波高的减小而相应降低。

若按各级来浪的出现频率(表 3)进行计算, 则可以算得年内岸滩断面的冲刷强度分

表 3 各级波浪出现频率统计

$H_{1/10}$ (m)	冬半年(强风浪季节) (%)	夏半年(静稳季节) (%)	全年 (%)
0—0.5	49.57	64.3	56.48
0.6—1.0	30.00	27.8	28.90
1.1—1.5	13.57	6.2	9.89
1.6—2.0	4.36	1.6	3.23
$\geq 2.1$	2.00	1.0	1.50

布(图 7), 计算中取表层淤泥的冲刷切速为  $u_{*c} = 7 \text{cm/s}$ , 冲刷系数  $M = 0.358 \times 10^{-4} \text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ 。 计算结果表明, 冲刷强度分布与岸滩断面形态及岸滩物质分布之间, 具有良好的一致性。 在 0—2m 间为冲刷强度高值区, 冲刷后的岸坡变陡, -3m 起向海方向, 其冲刷强度减弱, 岸坡平缓, 整个断面呈一上凹的抛物线形态, 反映了在长期缺乏外来泥沙供应条件下, 经长期冲刷调整后的自然岸滩形态特征。

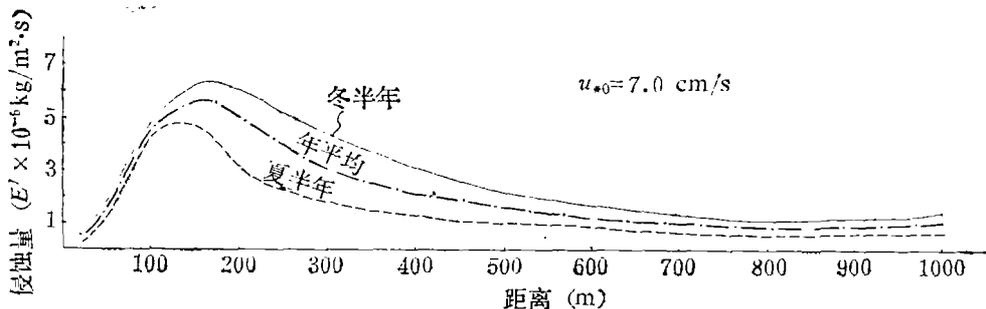


图 7 年内岸滩断面冲刷强度分布

### 三、排泥期内岸滩的淤积过程

自1983年3月8日开始至9月4日,吹泥站以每日约 $1\text{万 m}^3$ 的速度向海排放泥土,从而改变了原来岸滩的冲淤条件,当泥浆排放入海不能为沿岸动力冲刷运移时,即造成岸滩的淤积。

据统计,上述吹泥期间总排放泥土 $180\text{万 m}^3$ 。其中开始试吹的 $30\text{万 m}^3$ 泥土为砂质硬粘土(属基建开挖土方),富含钙质砂礓结核,这部分废土以块状排出管道之后,水沙迅速分离,大部分在管道口堆积下来,形成人工冲积扇地形,一般不进入海水中。其余约 $150\text{万 m}^3$ 泥土,主要取自海相淤泥层中。土质粘重经二次处理后的淤泥,经管道内 $3.8\text{m/s}$ 流速冲运后,仍有部分不易分散的泥块夹在泥浆之中,据施工单位多次测定结果,泥浆排放时的平均体积浓度为 $17.8\%$ (相当于含沙量 $480\text{kg/m}^3$ ),出口以后,即沿自然滩坡漫流,经潮间带进入潮下带,在一般风浪静稳条件下,泥浆依靠自重及本身的粘滞性下潜水底,浮于滩面之上,并继续沿着滩坡或顺潮流主要方向流动,形成底部浮泥流,直接进入水中成为悬沙的泥土往往只占一小部分。这种情况在国内外文献中都有过报道,如美国亚拉巴马州的莫比尔湾(Mobile B.)和弗吉尼亚州的詹姆斯河(James R.)河口实测资料,由管道排出的泥浆浓度为 $10\text{—}480\text{g/L}$ 时,仅有 $1\text{—}3\%$ 在排放过程中通过水体扩散,其中 $97\text{—}99\%$ 在排放区内下潜成为浮泥而沿底部流动<sup>1)</sup>。

在本区,泥浆排放在近岸破波带内的下潜过程中,可经常受到破波水流的扰动,因此进入水体中的泥量当然要比排在深水区大得多。现场观测表明,4—8月排泥期间,正处在夏半年的风浪静稳季节,波高( $H_{1/10}$ ) $< 1\text{m}$ 的出现率为 $95.36\%$ 。平均波高为 $1\text{m}$ 时,破波带的平均宽度仅 $0.2\text{km}$ ,因此直接由破波水流造成的冲刷较弱,冲刷范围也十分狭窄,这样泥浆下潜后在波浪作用下,进入水体的悬沙量有限,在一般情况即波高 $< 0.5\text{m}$ 时,水体含沙量在 $0.1\text{—}0.15\text{kg/m}^3$ 以下,垂线分布上下均一,底部泥面附近的含沙量无明显增加。当波高增大为 $0.5\text{—}1.0\text{m}$ 时,垂线平均含沙量超过 $0.15\text{kg/m}^3$ ,垂线分布上,泥

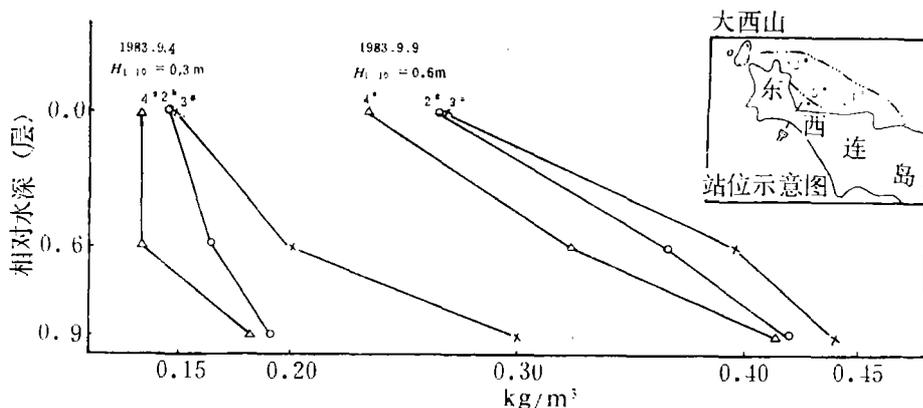


图8 吹泥口附近含沙浓度垂线分布

1) 见上海航道科技 1982 (2): 21。

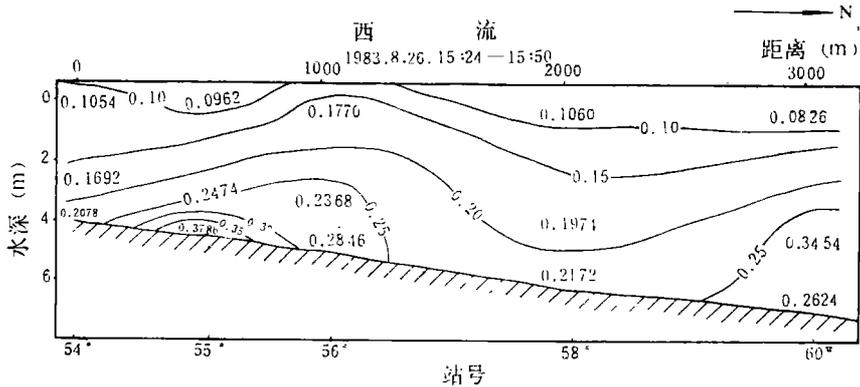


图 9 吹泥出口断面含沙浓度横向分布 (单位: kg/m³)

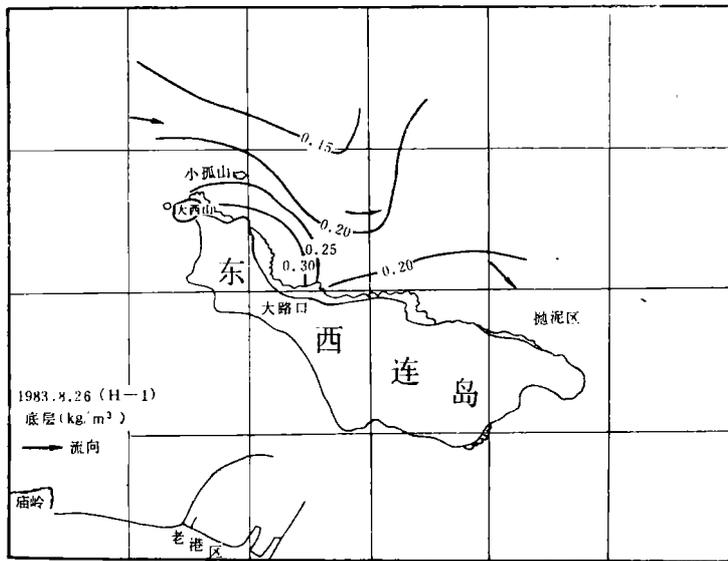


图 10 吹泥出口含沙浓度平面分布

面附近含沙量有增高趋势(图 8)。含沙量的断面分布,以排泥口为泥源中心,随着水深增加及波浪掀沙强度的减弱而向外递减(图 9),在平面分布上,沿着潮流主要扩散方向,含沙量逐渐降低(图 10)。

随着排泥量的增加,底部浮泥层不断增厚,并在自重作用下逐步密实而呈流塑状态,关于淤泥在密实过程中浓度的变化, Migniot 曾由试验得到<sup>[8]</sup>

$$T_s = \alpha \log t + \beta$$

$$T_s(H) = T_s(s) + n \log H$$

式中:  $T_s$  为浓度;  $t$  为密实历时 ( $h$ );  $T_s(H)$  为深度  $H$  处的浓度;  $T_s(s)$  为表层浓度;  $n$  为参数,与沉积物性质有关。据实地观测资料,当本区泥浆浓度为 20% 时,约经过 40 天的密实过程,浮泥浓度将增加一倍。当容重达 1.3 以上时,则成为流塑状淤泥,在一般潮流

作用下不再产生流动,从而停滞下来,造成滩面抬高。据当年8月份测量结果表明,在排放 120 万 m<sup>3</sup> 泥量入海后,排放区淤积量为 85 万 m<sup>3</sup>,为排放泥量的 69%,即在排放期内约 31% 的泥量被冲刷进入水体。因此,随潮流扩散流失,使附近水体含沙浓度比吹泥前的同期增加了 7%,而 69% 的沉积淤土则在以吹泥口为中心的扇形区域内停滞下来,外缘达距岸 1.1km 的-3m 等深线处,东界距吹泥口 1.3km;西界达距吹泥口 1.5km 的小孤山(图 11)。



图 11 淤积厚度等值线平面分布 (单位: cm)

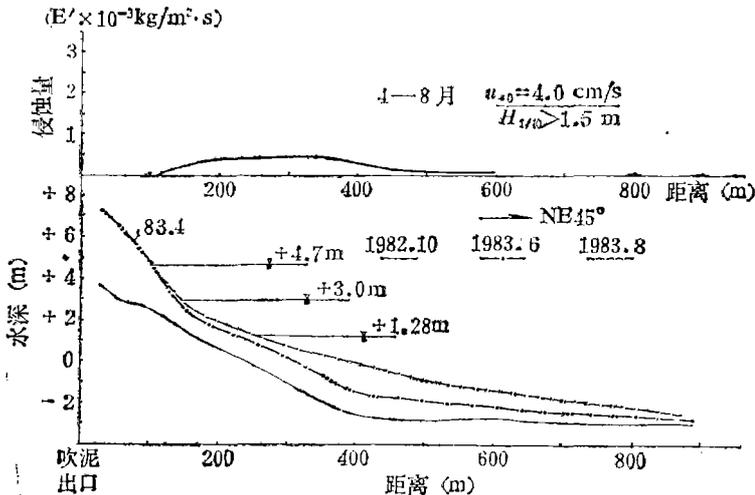


图 12 吹泥出口断面计算与实测冲刷强度对比

鉴于排泥期间为波浪的静稳季节,波高 $>1\text{m}$ 的出现率仅 $4.64\%$ ,冲刷强度极为微弱。按(5)式推算,在波高 $>1.5\text{m}$ 时,相当于其出现率所得到的冲刷强度值分布处于低水平上(图12),(计算中按新淤浮泥容重 $1.25$ ,取 $u_{*,c} = 4\text{cm/s}$ )。此外,由于绝大部分时间的波浪甚弱,破波带宽度常限于 $1\text{m}$ 以内的岸边,这样 $1-2\text{m}$ 之间就常处在破波作用之外,结果当大量泥浆排入以后,泥沙供应量大大超过当时的冲刷强度,造成断面明显的淤积,其中这期间经常处于破波带外的 $1-2\text{m}$ ,则又成为淤积最强烈的地段,而 $1\text{m}$ 以内的岸边,虽然靠近泥源出口,但因岸边受破波作用较为频繁,泥沙相反不易停滞。而 $3\text{m}$ 以外,即在浮泥流动范围以外,潮流的扩散能力较强,泥沙淤积就更少,这样经过整个排泥期间的淤积后,原来岸滩断面 $0-2\text{m}$ 处的转折点淤平,滩坡遂由原来 $1/60$ 展平为 $1/250$ , $3\text{m}$ 以外仍为 $1/1250$ ,整个岸滩断面呈一平缓微凹曲线(图12),物质分布趋向单一。

#### 四、排泥期后岸滩的冲刷与恢复平衡过程

1983年9月5日,当年吹泥结束,入海泥浆枯竭,随着本区风浪季节的到来,岸滩由原来的淤积过程转化为冲刷过程,据9—10月的波浪频率统计(表4),9—10月份波高 $<1\text{m}$ 的出现率较4—8月为低, $>1\text{m}$ 以上的波高出现率明显较4—8月为高,这样,无论在破波带的冲刷宽度或冲刷强度上均要比4~8月的风浪静稳期为高,由于冲刷作用加强,使

表4 1983年排泥期间(4—8月)与吹泥结束后(9—10月)各级波高出现频率比较

频率(%) 统计期限	波高(m)			
	$<1.0$	$1.0-1.4$	$1.5-1.9$	$>2.0$
4—8月	95.36	3.96	0.48	0.2
9—10月	84.1	10.55	2.95	2.4

底部沉积的新淤泥大量悬扬进入水体,造成10月份的月均含沙量为 $0.327\text{kg/m}^3$ ,高出7月份月均值 $0.16\text{kg/m}^3$ 的一倍。这部分被冲刷的物质成为悬沙后,即被沿岸潮流运移,到11月4日重复地形测量时为止,排泥期间沉积的新淤泥层已基本冲失,冲刷量为 $100\text{万}\text{m}^3$ ,占排泥期总淤积量的 $98\%$ ,日均 $1.6\text{万}\text{m}^3$ ,约合 $2.4\text{万吨}$ 。从冲刷等厚度线看(图13),强烈冲刷区在近岸破波作用最频繁的 $2\text{m}$ 位置附近。断面实际冲刷厚度。与按(5)式算得的 $H_{1/10} > 1.5\text{m}$ , $u_{*,0} = 4\text{cm/s}$ 时 $E'$ 值的横向分布过程基本一致(图14)。在水深 $1-2\text{m}$ 间波高 $1-2\text{m}$ 时破波作用强烈,冲刷强度最高,向岸向海逐渐递降,经冲刷后的岸滩剖面,基本上恢复到吹泥前的形态,其中 $0-2\text{m}$ 间滩坡重新变陡达 $1/100$ ;  $3\text{m}$ 以外,处在破波冲刷带以外,岸滩剖面无显著变化,仍保持了 $1/1250$ 的岸坡。

随着岸滩剖面经冲刷而逐渐恢复,吹泥前岸滩露出的砂-粉砂-淤泥沉积又重新暴露,物质的抗冲刷能力得到加大,抑制了对岸滩的冲刷强度,实际冲刷强度反而降低;进入11月份以后,在同一地点,月均含沙量比10月份减少了 $150\%$ ,这表明冲刷强度的减弱,岸滩重新趋于恢复平衡阶段。

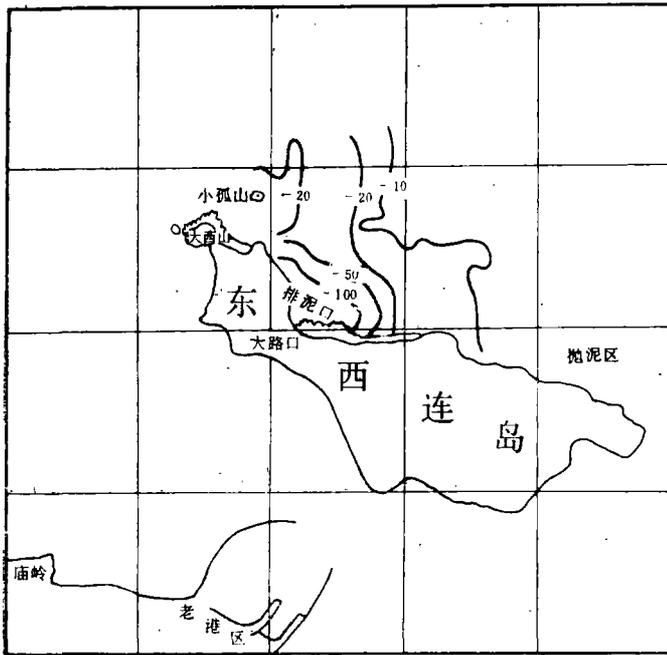


图 13 冲刷厚度等值线平面分布 (单位: cm)

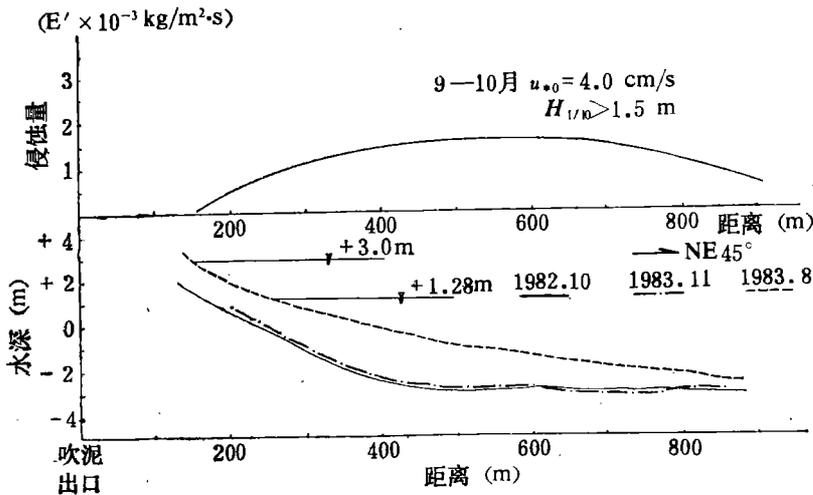


图 14 吹泥出口断面计算与实测冲刷强度对比

### 五、结 语

通过对排泥期前后岸滩变化观测资料的分析, 使我们对淤泥质岸滩在短期内的冲淤过程有了较为完整的认识, 其结果表明:

1. 近岸波浪尤其是破波带内的波浪作用是造成岸滩物质冲刷的主要动力, 潮流则主要对沿岸悬沙起输移扩散作用。排泥期间岸滩的冲淤过程, 主要在一3m以内的破波带进

行,其中淤积过程处在风浪的静稳季节,约有 69% 的泥土沉积下来,造成了岸滩淤高;排泥停止后,进入风浪作用的频繁季节,造成破波带内岸滩的迅速冲刷。在-3m 以深的岸滩,处在破波带外,一般不易受到波浪作用的明显影响,加之潮流的扩散能力相对较强,使泥沙难以停滞,因此岸滩的冲淤过程即使在吹泥影响下,亦十分缓慢,是整个岸滩断面变化中的缓变区段。

2. 岸滩剖面冲淤过程主要取决于岸滩泥沙供应量与冲刷强度横向分布之间的平衡关系,而冲刷强度的大小又决定于波浪、潮流底切速 ( $u_{*0}$ ) 的高低以及岸滩沉积物的抗冲刷强度,即临界冲刷切速 ( $u_{*c}$ )。单位时间、单位面积冲刷强度为  $E' = M \left[ \left( \frac{u_{*0}}{u_{*c}} \right)^2 - 1 \right] \times \frac{\Delta t}{\tau}$ 。集中排泥期间,沉积量超过冲刷量  $E'$  时,岸滩发生淤积,排泥停止后,由于泥源供应枯竭而冲刷强度  $E'$  依然存在,岸滩就发生冲刷。当底部沉积物抗冲能力较高的沉积物暴露以后,冲刷强度减小到逐渐与之相适应时,岸滩将进入冲淤的缓变阶段,断面就趋向相对平衡。在整个岸滩断面由岸向海方向上,随着冲刷强度沿程分布的不均匀性和时间上的季节变化,造成了岸滩在淤积和冲刷过程中出现不同的岸滩断面形态,在外来泥沙稳定或低沙环境下,经过一定时间的冲淤调整,岸滩断面最终将达到相对平衡状态。

### 参 考 文 献

- [1] 王宝灿、虞志英等, 1980。海州湾岸滩演变过程和泥沙流动向。海洋学报2(1): 79—96。
- [2] 布伦, P., 1976。港口工程学。交通部第一航道局设计院技术情报组译。人民交通出版社, 227—295 页。
- [3] 虞志英、陈德昌、金镛, 1983。连云港地区泥沙运移和冲淤趋势。第二次中国海洋湖沼科学会议论文集。科学出版社, 241—258 页。
- [4] 泉官尊司、矶部雅彦、渡边晃等, 1980。波 すよび 沿岸流共存场 における内部流速と底面摩擦系数につて。第 27 回海岸工学演讲会。日本土木学会出版, 168—172 页。
- [5] 榎木享, 1982。漂砂と海岸侵食。森北出版社, 114—134 页。
- [6] Kiyoshi Horikawa, 1978. Coastal Engineering. University of Tokyo Press, pp. 231—235.
- [7] Komar, P. D., 1976. Beach Processes and Sedimentation, Prentice-Hall, Inc., pp.289—309.
- [8] Migniot, C., 1968. A Study of the physical properties of various forms of very fine sediments and their behavior under hydrodynamic action. La Houille Blanche 3 (7): 591—620.

# OBSERVATION AND ANALYSIS OF THE DREDGED MATERIAL FROM PORT LIANYUNGANG ON THE BEACH AND THE CONDITIONS OF NATURAL EROSION AND DEPOSITION IN THE BEACH PROCESS

Yu Zhiying, Jin Liu, Chen Dechang and Tang Yinde  
(*East China Normal University, Shanghai*)

## ABSTRACT

Since the building of a dredged material station at Port Lianyungang and field observations on the influence of the disposal of dredged matter on the beach process, a better understanding of the short time muddy beach process has been obtained. Results of the observations showed that:

### 1. Erosion and deposition process of muddy beach

The action of waves near the shore, particularly in the surf zone, plays a key role in beach erosion. The surf zone has the strongest changes of profile. Near the shore, the tidal current was found to have an important effect on the dispersal and transport of suspended load. The eroded material is rapidly transported seaward by the tidal flow. As a result, there is a significant erosion of the beach surface in the surf zone. On the other hand the erosion caused by waves on the beach -3 meters outside the waterline is insignificant, so that concentration of silt in seawater is lower. Because the diffusive ability of tidal flow is relatively strong, the deposition of eroded material is not easy. So, the beach process is weak here. This suggests that the part of the beach outside the -3 meter waterline is only slowly varied. The variation of tidal current strength results in corresponding variation in beach erosion.

The processing of dredged material at the beach took place mostly in the surf zone. The relatively lower wave height during the period of dredging (from April to August, 1983) and the better deposition condition (the depositional volume of silt accounted for about 69% of the total dredging volume deposited on the beach surface) resulted in a higher beach level. When the dredging ended and the waves were higher in winter, the strength of wave action increased and the surf zone widened accordingly, which lead to a significant erosion of the beach in the surf zone. However, in the region outside the -3 meter waterline the erosion was still slight because of the absence of breaking wave action. The beach in this region was relatively stabilized due to the lower concentration of silt in the water and the relatively strong diffusive ability of the tidal flow.

### 2. Variation of beach profile

The variation of beach profile is essentially dependent on the balance between the supply of sediments near the shore, latitudinal distribution of erosional strength of the

waves and the tidal flow action. The erosional strength of a beach is determined by the bed shear stress of wave and tidal flow ( $U_{*0}$ ), and resistance to erosion of sediments on the beach surface (critical erosion shear stress,  $U_{*c}$ ). The value of erosional strength can be expressed in the form:

$$E' = M \left[ \left( \frac{U_{*0}}{U_{*c}} \right)^2 - 1 \right] \frac{\Delta t}{\tau}$$

where  $E'$  is erosional value per unit area and unit time, and  $M$  is the coefficient of erosion.

During dredging, the volume of deposition exceeds the volume of erosion and the beach accumulates deposits. With a decrease in the budget of silt, erosion of the beach occurs with the arrival of denser sediment. Erosional strength is reduced, and the beach profile gradually returns to a state of equilibrium. The cross-sections of the beach from the coast to the sea are different due to the non-homogeneous distribution of erosional and depositional strength. When the supply of silt is constant or low, the cross-section of a beach can reach an equilibrium state at last as a balance is reached between the erosion and deposition processes.