

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20190256

长江口水沙条件对丁坝群坝田淤积的影响研究

张功瑾¹, 杨明金², 王任超², 路川藤¹

(1.南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210029;

2.水利部珠江水利委员会水文局,广东 广州 510611)

摘要:潮汐河口丁坝群坝田淤积受水流泥沙、工程建设及丁坝布置影响。根据长江口北槽丁坝群坝田实测资料分析,泥沙淤积与径流量、来流含沙量、坝田初始水深等均存在一定的相关性,但由于施工进度、坝田位置、台风寒潮、人工疏浚等,无法定量分析水沙动力条件对坝田淤积的影响,因此建立概化北槽数值水槽分析含沙量、径流、潮差、水深等因素对坝田泥沙淤积的影响。结果表明随着主流含沙量、径流量、口外潮差、坝田初始水深的增加,坝田内平均淤积强度也相应增加。主流流速是影响坝田内回流尺度的主导因素;主流流速和坝田初始水深是影响坝田回流强度的主导因素;主流流速和含沙量是影响坝田淤积形态及速率的主导因子,并建立了潮汐往复流作用下坝田平均淤强与主流流速、含沙量的经验关系式。

关键词:潮汐河口;坝田;淤积强度;长江口北槽

中图分类号:TV142

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2020)06-0024-07

对于航道整治,常通过丁坝的布置改变原有河床过水断面的形态,引起周围水流结构的改变,丁坝河段的水动力和坝田-主流的质量交换是实现底床重新调整的重要因素^[1]。坝田与主槽泥沙交换丁坝坝田内是泥沙易于淤积的场所^[2]。坝田回流区通常处于超饱和输沙状态,但水流自身挟沙能力的调整要滞后于流速的变化,使得泥沙不断落淤^[3]。在潮汐河口,普遍认为坝田内淤积呈初期快,后期减缓,直到淤积平衡的规律。潮汐河口段的坝田淤积与潮位特性、含沙量、淤积时间、坝田宽度、坝田水深、坝田长度、丁坝交角、悬沙中值粒径相关^[4];岳建平^[5]通过引入回流挟沙力随悬浮的小于临界粒径的较细颗粒泥沙在主流悬移质粒配中所占的重量百分比推导出了主流流速、主流含沙量、口门宽度、坝田水深与坝田回流淤积强度的关系;孙士勇^[6]研究得到了淤积厚度与淤积时间和粒径的关系。Uijtewaai^[7]以 waal 河河段坝田为原型,建立 3:200 比尺的物理模型研究坝田内的平均浓度场的变化,发

现坝田内的平均浓度主要受相对间距、坝田水深、主流流速的影响;Yossef^[8]通过动床物理模型分别从丁坝相对间距、淹没程度、丁坝边坡等方面研究了坝田与主流之间的泥沙交换问题。

在输沙机理上,存在由小尺度紊动引起的扩散输运和由大尺度相干结构(大尺度涡)引起的平流输运。坝田和主流之间水量输运平衡,但含沙量不同,存在指向坝田的净输沙,造成坝田的持续淤积。为量化研究其淤积数量或快慢,不少学者^[9-12]提出回流挟沙力的概念,并由求解该区域的淤积速率。主要是通过泥沙扩散理论,由回流饱和挟沙力公式推导出的无量纲关系表达式,其主要影响因素包括回流强度、回流宽度、泥沙沉速、泥沙粒径、单宽流量等;各家公式均只考虑了单向流或潮汐往复流中某一瞬时条件下的回流淤积,并且各家公式均存在较大差异。本文以长江口北槽丁坝群坝田为原型,通过大量的实测资料分析和数值模拟研究大时空尺度条件下坝田水深、径流、潮差

收稿日期:2019-08-01

基金项目:国家重点研发计划项目“长江口水沙变化与重大工程安全”(2017YFC0405400);上海市科学技术委员会科研计划项目“河口疏浚土资源利用和新横沙滩面生态培育研究及应用示范”(18DZ1206600)

作者简介:张功瑾(1998-),男,河南濮阳人,硕士研究生,主要研究方向为河口潮流泥沙及环境工程。E-mail:gjzhang@nhri.cn

对丁坝群坝田淤积强度的影响,并建立其相关关系。

1 长江口北槽坝田淤积对水沙动力条件的响应

潮汐河口丁坝群坝田淤积的泥沙来源主要包括本地泥沙、上游来沙、海域来沙以及越堤沙等,而水动力和泥沙运动是决定丁坝群坝田内泥沙淤积的主要动力因子,其中河口水动力因素包括径流、潮流、波浪、风和盐水楔异重流等。这些因素中,对河床演变起到主要作用的是径流和潮流。河口泥沙因素主要包括含沙量和粒径大小。以长江口北槽丁坝群坝田淤积为例,结合实测资料分析上游来水来沙量、坝田初始水深等因素对坝田淤积强度的影响。长江口深水航道治理工程分三期实施,共建设丁坝 19 座,形成 17 座坝田,其中北侧坝田 9 座,南侧坝田 8 座(见图 1)。

分析 2004~2008 年(无丁坝加长工程和挡沙堤工程)北槽南北侧坝田年均淤积厚度与长江口水沙动力的关系,抛开北侧坝田 TN1、TN2、TN4 和 TN5 存在贮泥坑,以及坝田 TS8 存在抛泥区的影响,北槽典型坝田淤积量与大通年径流量、大通年均含沙量、坝田初始水深的相关关系如表 1 和图 2~4 所示。

北槽坝田内泥沙淤积受径流量、含沙量和坝田初始水深影响明显,随着径流量的增加,北槽各坝田淤积强度也随之增加;随着含沙量的增加,北槽各坝田淤积强度也随之增加;随着坝田初始水深的增加,其坝田内淤积强度也随之增加。

2 长江口北槽二维水沙数学概化模型研究

作为大径流、中等潮差型的典型河口,长江口同时受到上游径流和口外潮流的相互作用,导致其水动力结构复杂多变^[13]。口内潮流方向以往复流为主,口外逐

表1 北槽坝田历年淤积厚度与径流及含沙量相关关系

Table1 The correlations between deposition thickness and runoff and sediment concentration at the dam field in north channel during 2004~2008

坝田	与坝田年均淤积厚度相关系数	
	大通年均径流量	大通年均含沙量
TS1	0.86	0.65
TS2	0.97	0.85
TS3	0.38	-0.05
TS4	0.06	-0.25
TS5	0.48	0.53
TS6	0.86	0.70
TS7	0.49	0.32
TS8	-0.09	-0.27
TN1	-0.32	-0.20
TN2	-0.44	-0.41
TN3	-0.24	-0.29
TN4	-0.08	-0.08
TN5	0.51	0.61
TN6	0.55	0.56
TN7	0.54	0.56
TN8	0.36	0.08
TN9	0.34	0.01
TS 平均	0.60	0.34
TN 平均	0.25	0.14
T 平均	0.40	0.23

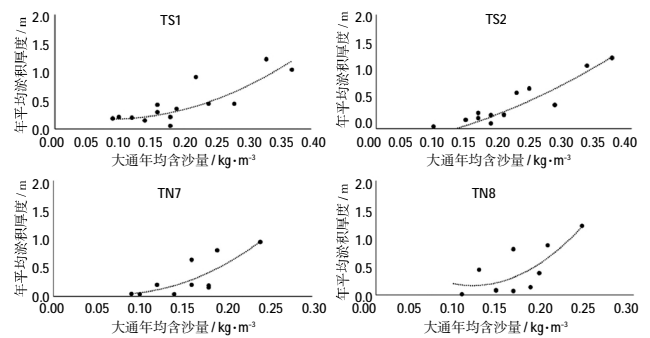


图2 大通年均含沙量与北槽坝田淤积厚度相关关系

Fig.2 The correlation between the annual average sediment content at Datong and the deposition thickness at the dam field in north channel

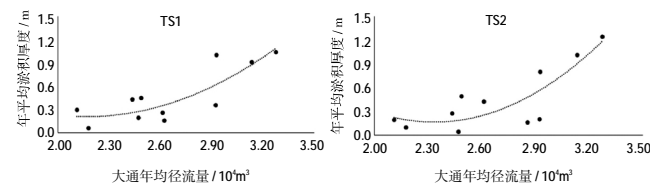


图3 大通年均径流量与北槽坝田年均淤积厚度关系

Fig.3 The correlation between the annual average runoff at Datong and the deposition thickness at the dam field in north channel

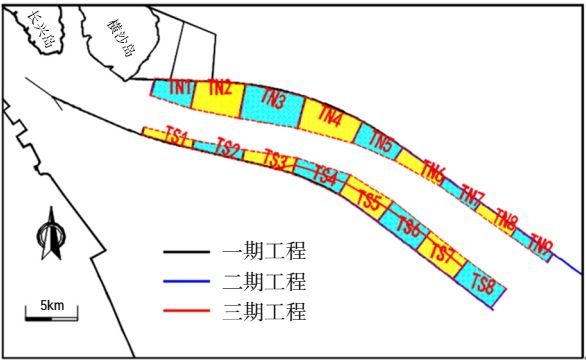


图1 北槽丁坝群坝田

Fig.1 The spur dikes in the north channel

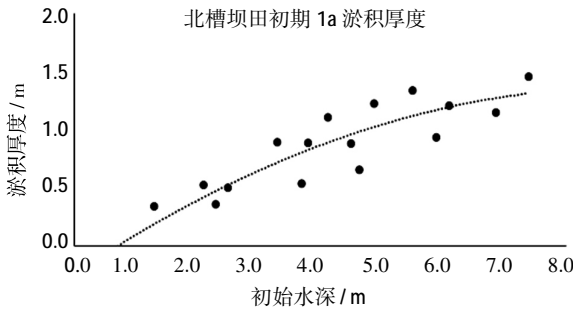


图4 北槽各坝田初始水深与年均淤积厚度关系

Fig.4 The correlation between the initial water depth and annual average deposition thickness at the dam fields in north channel

渐变为顺时针旋转流。潮波传播至河口,导致其潮位增加、潮差减小、涨潮历时变短、落潮历时增长^[14]。大通站多年平均径流量约 $9\,000 \times 10^9 \text{ m}^3$,呈年内波动大、年际波动小^[15],长江口的沙量很丰富,洪枯季差异明显。北槽坝田的泥沙来源包括本地泥沙、上下游来沙,南导堤外侧来沙和北导堤外侧来沙四个方向,并且受台风寒潮以及人工抛泥疏浚等活动影响。所以建立北槽坝田概化数值水槽,分析各因素对坝田淤积的影响。

2.1 基本方程

水流泥沙运动方程向量形式可写为:

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \nabla \mathbf{E} = \mathbf{M} + \nabla \mathbf{E}^d \quad (1)$$

式中: $\mathbf{U} = (H, H_u, H_v, H_S)^T$ 。

$$\mathbf{E} = (\mathbf{F}, \mathbf{G}) \quad (2)$$

$$\text{式中: } \mathbf{F} = \begin{pmatrix} H_u \\ H_u^2 + gH^2/2 \\ H_{uv} \\ H_u S \end{pmatrix}, \mathbf{G} = \begin{pmatrix} H_v \\ H_{uv} \\ H_v^2 + gH^2/2 \\ H_v S \end{pmatrix}。$$

水流泥沙运动方程的紊动扩散项和泥沙扩散项表示为:

$$\mathbf{E}^d = (\mathbf{F}^d, \mathbf{G}^d) \quad (3)$$

$$\text{式中: } \mathbf{F}^d = \begin{pmatrix} 0 \\ N_x H \partial u / \partial x \\ N_x H \partial v / \partial x \\ D_x H \partial S / \partial x \end{pmatrix}, \mathbf{G}^d = \begin{pmatrix} 0 \\ N_y H \partial u / \partial y \\ N_y H \partial v / \partial y \\ D_y H \partial S / \partial y \end{pmatrix}。$$

源项 \mathbf{M} 表示为:

$$\mathbf{M} = \mathbf{M}_0 + \mathbf{M}_f = \begin{pmatrix} 0 \\ gH(M_{0x} + M_{fx}) + fv \\ gH(M_{0y} + M_{fy}) - fu \\ F_s \end{pmatrix} \quad (4)$$

床面变形方程:

$$\gamma_0 \frac{\partial \Delta H}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} - \omega S = \frac{D_z}{H} \frac{\partial S}{\partial \sigma} \quad (5)$$

式(1)~(5)中: H 为总水深(m); u, v 为流速矢量 \mathbf{V} 沿 x, y 方向的速度分量(m/s); t 为时间(s); f 为科氏系数, $f = 2\omega \sin \varphi$, 其中 ω 为地球自转的角速度; φ 为所在地区的纬度; g 为重力加速度(m/s²); N_x, N_y 分别为 x, y 向水流紊动粘性系数(m²/s); S 为含沙量(kg/m³); D_x, D_y 分别为 x, y 向悬移质泥沙扩散系数(m²/s); F_s 为泥沙源汇函数或泥沙冲淤函数(kg·m⁻²·s⁻¹), $F_s = \alpha \omega (S_* - S)$, 其中 α 为悬沙沉降几率, S_* 为水体挟沙力, S 为悬沙颗粒沉速; M_{0x}, M_{0y} 分别为 x, y 方向的河床底部高程变化; M_{fx}, M_{fy} 分别为 x, y 方向的底摩擦项。

采用有限体积法对水动力泥沙方程进行离散,其具体离散方法及边界条件的处理参考文献[16]。

2.2 模型建立

模型上边界采用流量控制,概化为平底地形,下边界采用潮位控制,分别建立与物理模型尺度一致的数值水槽并进行验证,具体水动力及淤积验证参见文献[17],其验证结果基本满足规范要求,进而建立长江口北槽概化数值水槽,模型采用三角形网格有限体积法求解,丁坝附近网格加密,网格划分参见图5,数值水槽长200km,宽10km,共划分单元4603个,节点总数2534个,网格空间步长最小为20m,最大为3000m。具体计算参数如表2所示。

表2 北槽概化数值水槽试验计算参数

Table2 The calculation parameters of generalized numerical flume test for the north channel

名称	参数
网格总数	4 603 个
最小网格	20m
时间步长	10s
糙率	0.013
水平紊动粘性系数	$K_1 H U^*$ (K_1 为系数,取值范围 0~1)
粗糙高度	0.005m
悬沙中值粒径	0.015mm
水容重	1 000kg/m ³
沙容重	2 650kg/m ³
泥沙水平扩散系数	$K_2 H U^*$ (K_2 为系数,取值范围 0~1)

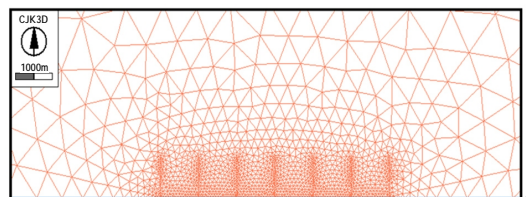


图5 数学模型局部网格

Fig.5 The partial net grid of mathematical model

2.3 结果分析

(1)上游含沙量:随着主流含沙量的增加,主槽与坝田之间交换的泥沙通量也越大,泥沙悬浮、输运和沉降也越多(见图 6),坝田平均淤积强度也成线性增加(见图 7)。与长江口北槽丁坝群坝田淤积强度与大通含沙量的相关关系一致,说明来流含沙量的大小直接影响着坝田的淤积量。

(2)坝田初始水深:坝田初始水深大,容积大,纳入泥沙量多,在每潮憩流时可淤积的沙量就多;此外,如图 8~9 所示,坝田初始水深的改变会引起主流和回流交界面相应的改变,进而影响回流强度的变化。随着坝田水深的减小,其回流中心逐渐偏向坝田外侧,涨落急时刻坝田内回流中心位置逐渐从坝田内移动到坝田外,并逐渐向来流方向偏移(见图 10)。随着其坝田内的水深减小,其主流交界面减小,回流强度减弱,导致其含沙量和淤积强度逐渐减小(见图 11),与长江口北槽丁坝群坝田淤积强度与坝田初始水深相关关系一致。

(3)上游径流量:坝田内回流中心的位置随着上游径流量的改变而发生改变,当径流量增加时,其落急时刻坝田内回流中心位置向丁坝 B 方向内侧偏移;其涨急时刻坝田内回流中心位置向丁坝 B 方向外侧移动(见图 12~14)。

当上游径流量增加时,其潮周期坝田内的平均回流强度也随之增加,坝田内淤积强度也逐渐增加(见图 15),

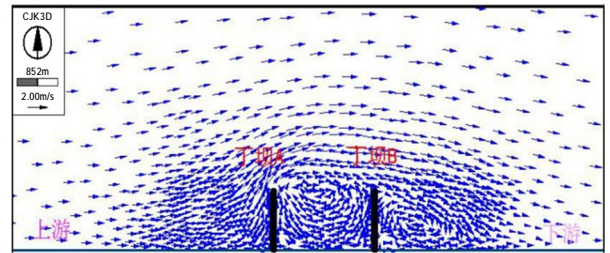


图 8 坝田初始 2m 水深落急流场

Fig.8 The rapid falling flow field in dam field when Initial water depth is 2m

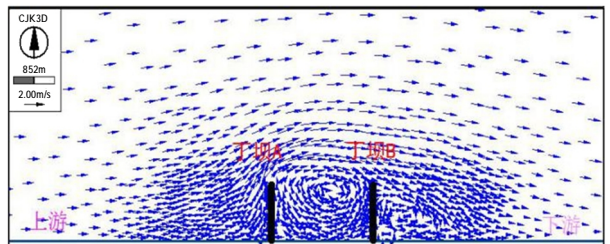


图 9 坝田初始 8m 水深落急流场

Fig.9 The rapid falling flow field in dam field when initial water depth is 8m

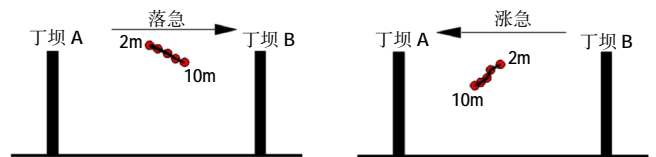


图 10 不同水深涨落急时刻坝田回流中心位置

Fig.10 The backflow center location of dam fields at rapid fluctuation time under different water depth

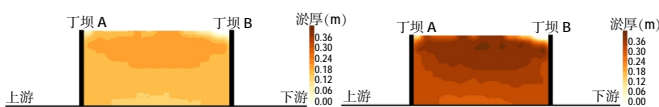


图 6 含沙量 0.2kg/m^3 和 0.4kg/m^3 时坝田淤积形态

Fig.6 The deposition patterns of dam field when sediment concentration are 0.2 kg/m^3 and 0.4 kg/m^3 respectively

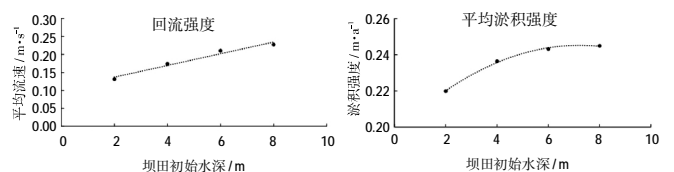


图 11 水深与坝田回流强度及坝田淤积强度相关关系

Fig.11 The relationship between water depth and backflow intensity and deposition intensity at dam fields

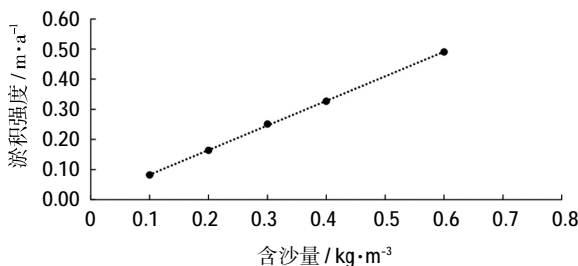


图 7 含沙量与坝田淤积强度的关系

Fig.7 The relationship between sediment concentration and deposition intensity

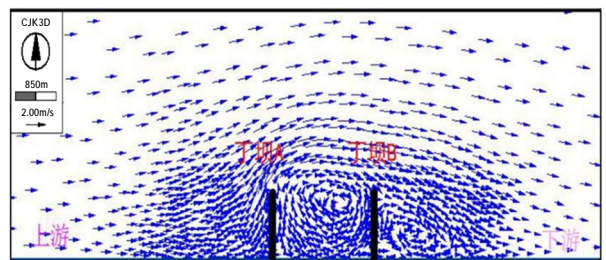


图 12 径流 $10\,000\text{m}^3/\text{s}$ 落急时刻流场

Fig.12 The rapid falling flow field when runoff is $10\,000\text{m}^3/\text{s}$

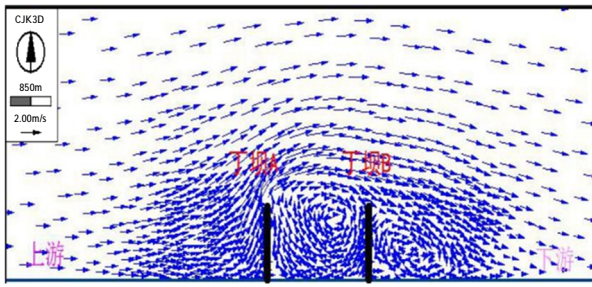


图 13 径流 80 000m³/s 落急时刻流场

Fig.13 The rapid falling flow field when runoff is 80 000m³/s

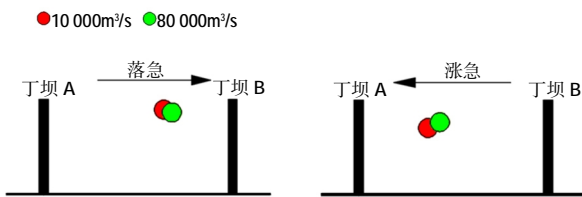


图 14 不同流量涨落急时刻坝田回流中心位置

Fig.14 The backflow center location of dam fields in rapid fluctuation time under different flow conditions

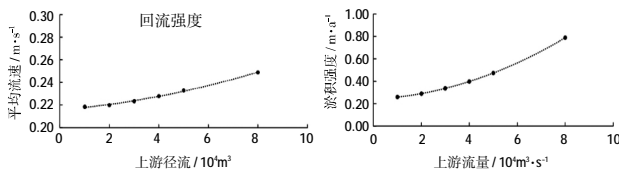


图 15 不同径流量坝田回流强度及坝田淤积强度

Fig.15 The backflow intensity and deposition intensity at dam fields under different flow conditions

一是由于落潮时主流流速增加,主流区与回流区水沙交换增强,增加回流区的淤积;二是由于涨潮时主流流速减小,导致坝田内回流强度减弱,其挟沙能力减弱,增加回流区的落淤积;由于其坝田主要淤积部位随着径流的增加而向下游偏移,所以由于落潮主流流速增加而导致坝田内水流挟沙能力增强导致泥沙落淤积能力减弱以及其与主流区水沙交换增强是次要因素,总体来说随着上游径流量的增加,坝田内的平均淤积强度是逐渐增加的,与长江口北槽丁坝群坝田淤积强度与大通径流量的相关关系一致。

(4)潮差:潮差的增加直接改变潮周期内主流流速,涨急时刻其坝田内回流中心位置逐渐从坝田中部外侧向坝田上游内侧方向偏移,落急时刻坝田内回流中心位置逐渐从坝田左侧向右侧偏移(见图 16~18)。

潮差越大,潮周期内的回流强度变化幅度越大。

整个潮周期内坝田内平均回流强度随着潮差增加成线性增加,坝田内淤积强度也随之增加(见图 19)。

3 坝田淤积影响因素综合分析

3.1 影响坝田回流尺度的主要动力因素

上游径流量和口外潮差是影响潮汐河口坝田回流尺度的主要动力因素。当上游径流量增加,其落急时刻坝田内回流中心位置从坝田中部外侧逐渐向坝

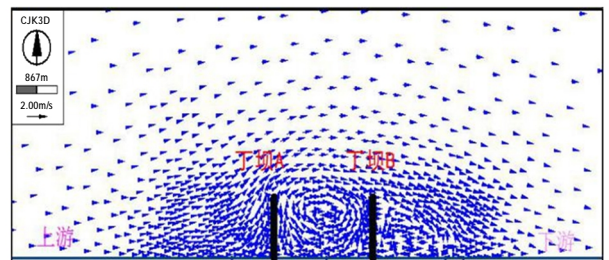


图 16 2m 潮差落急流场

Fig.16 The rapid falling flow field when tidal range is 2m

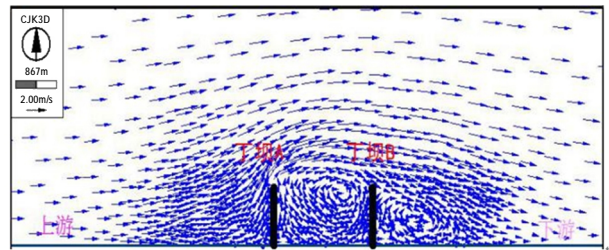


图 17 6m 潮差落急流场

Fig.17 The rapid falling flow field when tidal range is 6m

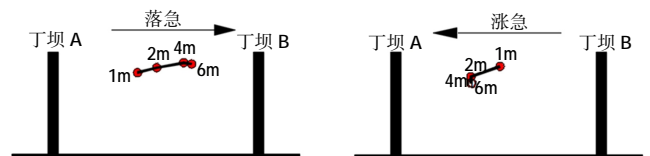


图 18 不同潮差涨落急时刻坝田回流中心位置

Fig.18 The backflow center location at dam fields in rapid fluctuation time under different tidal range conditions

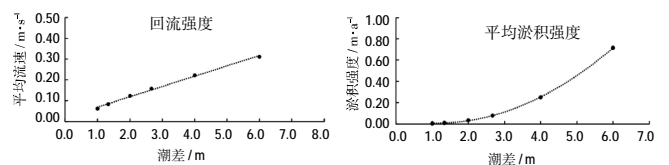


图 19 不同潮差坝田回流强度和坝田淤积强度

Fig.19 The backflow intensity and deposition intensity at dam fields under different tidal range conditions

田左部内侧偏移;其涨急时刻坝田内回流中心位置从坝田左部外侧向其坝田中部外侧移动。此外,随着潮差的增加,涨急时刻其坝田内回流中心位置逐渐从坝田中部外侧向坝田上游内侧方向偏移,落急时刻坝田内回流中心位置逐渐从坝田左侧向右侧偏移。因此,可以判断主流流速是影响坝田回流尺度的主控因素。

3.2 影响坝田回流强度的主要动力因素

(1)主流流速:当主流流速增加时,回流区与主流区的动量交换增强,导致回流的流速增大,反映在回流强度上,就是回流强度随主流流速的增大而增大(见图 20)。

(2)坝田水深:坝田初始水深对回流流场的影响相比于主流流速的影响并不明显,从流体力学的角度来说,水深加大,则剪应力也随之加大,但是质量和体积随水深的增加而加大。所以单位面积上的剪应力并不随之增加,因而回流的强度和范围基本变化很小。

3.3 影响坝田内泥沙淤积的动力因素

回流区的泥沙不断落淤,是由于回流区的饱和挟沙力一般均小于通过主流进入回流区的泥沙挟沙力。而随着回流区的泥沙不断的落淤,其含沙量始终小于主流含沙量,主流的泥沙会源源不断的进入回流区并落淤,所以坝田内的淤积呈现累积性^[10]。

(1)主流含沙量。不同主流含沙量导致其坝田内的淤积平面分布基本类似,而在垂向分布方面,含沙量越大,其主要淤积部位的淤峰增长越快,而其淤积体坡面越陡。随着主流含沙量的增加,单位时间内其坝田内淤积强度也成线性增加。

(2)主流流速。随着主流流速的增加,坝田内回流中心及最大淤积部位发生偏移,潮周期内坝田内的平均含沙量和最大含沙量均呈线性增加,坝田内淤积强度是逐渐增加的。

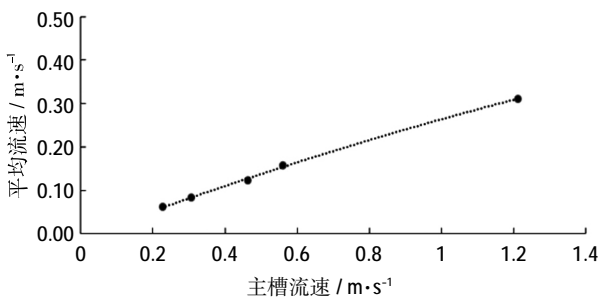


图 20 主槽流速与坝田平均流速关系

Fig.20 The relationship between flow velocity in main channel and average flow velocity at dam fields

(3)水深。坝田初始水深的改变对主槽冲淤的影响较小,基本不影响坝后回流结构和淤积范围,主要影响坝田内的回流结构和淤积分布。由于坝田水深的减小直接导致与主流交界面范围的减小,导致其坝田回流位置和回流强度发生变化,逐渐向坝田外侧偏转。坝田内淤积强度随着坝田初始水深的减小而减小。

3.4 坝田淤积强度计算

坝田内水流形态复杂,主流区和坝田内回流区一直进行动量、能量和物质的交换,将坝田内的回流区作平面二维简化处理,单位时间通过单位面积的主流区和回流区交界面泥沙扩散量为:

$$q_s = \varepsilon_s S \quad (6)$$

式中: ε_s 为泥沙扩散系数; S 为含沙量(kg/m^3)。

通过对不同试验组次的模拟结果的主流流速、来流含沙量和平均淤积强度进行拟合,如图 21 所示。

其中水深、径流和潮差均可以考虑为通过改变主槽流速,进而影响坝田内回流强度和含沙量,最后达到对淤积量的影响,通过建立相同坝间距坝田内淤积强度与回流强度及坝田内平均含沙量的无量纲关系:

$$\Delta\delta = \alpha \cdot U_m^\beta \cdot S \quad (7)$$

式中: α, β 为系数; $\Delta\delta$ 为坝田平均淤积强度(m/a); U_m 为主流流速(m/s); S 为主流含沙量(kg/m^3)。本研究中 $\alpha=4.8, \beta=0.67$ 。

相应地,长江口水沙条件下,坝田内淤积量可表示为:

$$G_s = \alpha \cdot U_m^\beta \cdot S \cdot D \cdot L \cdot t \quad (8)$$

式中: $\Delta\delta$ 为平均淤积强度(m/a); G_s 为淤积量(m^3); U_m 为主流流速(m/s); S 为主流含沙量(kg/m^3); D 为丁坝长度(m); L 为丁坝间距(m); t 为时间(a)。

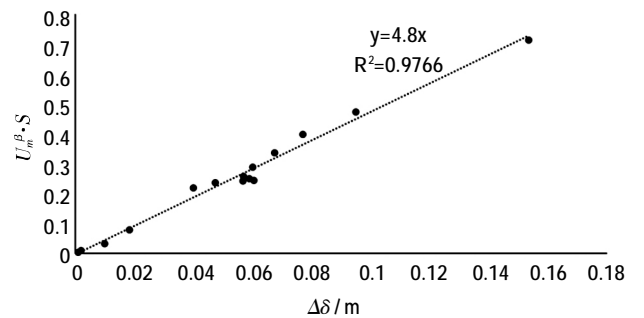


图 21 $\Delta\delta$ 与 $U_m^\beta \cdot S$ 拟合关系

Fig.21 The fitting relationship between $\Delta\delta$ and $U_m^\beta \cdot S$

4 结论

(1)通过对长江口北槽水沙动力与坝田的实测资料分析,北槽坝田淤积受上游来流含沙量和径流量的影响明显。

(2)根据长江口北槽水沙动力条件建立概化数值水槽,试验表明随着主流含沙量、径流量、口外潮差、坝田初始水深的增加,坝田内平均淤积强度也相应增加。

(3)综合分析表明,主流流速是影响坝田内回流尺度的主导因素;主流流速和坝田初始水深是影响坝田回流强度的主导因素;主流流速和含沙量是影响坝田淤积形态及速率的主导因子,并建立了潮汐往复流作用下坝田平均淤强与主流流速、含沙量的经验关系式。

(4)影响潮汐河口丁坝群坝田淤积强度的因素除水沙动力因素外,还包括丁坝间距、交角、淹没程度等工程布置因素,此外台风寒潮、人工抛泥疏浚等非常态天气和人类活动也会影响坝田淤积,应做进一步的研究。

参考文献:

- [1] 宁健,李国栋,马森. 河宽缩窄率对河床冲刷形态影响数值模拟研究[J]. 水力发电学报, 2017,36(8):43-49. (NING Jian, LI Guodong, MA Miao. Numerical simulations of the impacts of river width narrowing ratio on riverbed deformation [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2017,36(8):43-49. (in Chinese))
- [2] 刘杰. 长江口深水航道河床演变与航道回淤研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2008. (LIU Jie. Study on Riverbed Evolution and Channel Siltation in the Yangtze Estuary Deepwater Channel [D]. Shanghai: East China Normal University, 2008. (in Chinese))
- [3] Garde R J, Subramanya K, Nambudripad K D. Study of scour around spur-dikes [J]. Journal of the Hydraulics Division, 1961,86(6):23-37.
- [4] 黄才安, 奚斌. 水流能耗率极值原理及其水力学实例研究[J]. 长江科学院院报, 2002,19(5):7-9. (HUANG Caian, XI Bin. Extreme principle of water flow energy consumption rate and case study of its hydraulics [J]. Journal of Yangtze Academy of Sciences, 2002,19(5):7-9. (in Chinese))
- [5] 岳建平. 港渠口门回流淤积概化模型试验和研究[J]. 泥沙研究, 1986,(2):43-52. (YUE Jianping. Experiments and studies on generalized model of backflow and siltation at port and canal entrance [J]. Journal of Sediment Research, 1986,(2):43-52. (in Chinese))
- [6] 孙士勇. 上海港宝山作业区港池回淤分析[J]. 水运工程, 1997,(12):3-8. (SUN Shiyong. Analysis of siltation in the harbor basin of Baoshan operating area, Shanghai Port [J]. Waterway Engineering, 1997,(12):3-8. (in Chinese))
- [7] Uijtewaal W S. Effects of groyne layout on the flow in groyne fields: laboratory experiments [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2005,131(9):782-791.
- [8] Yossef M F M, Vriend H J D. Flow details near river groynes: experimental investigation [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2010,137(5):504-516.
- [9] 周千凯. 挖入式港池三维水流特性及对泥沙淤积的影响研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2012. (ZHOU Qiankai. Study on the Three-dimensional Flow Characteristics of Digged-in Harbour Basin and Its Impact on Sediment Deposition [D]. Changsha: Changsha University of Technology, 2012. (in Chinese))
- [10] 刘青泉. 盲肠河段口门掺混区的泥沙扩散[J]. 泥沙研究, 1995,(2):11-21. (LIU Qingquan. Sediment diffusion in the entrance mixing area of cecum reach [J]. Journal of Sediment Research, 1995,(2):11-21. (in Chinese))
- [11] 徐啸. 波、流共同作用下浑水动床整体模型的比尺设计及模型沙选择[J]. 泥沙研究, 1998,(2):17-25. (XU Xiao. Scale design and model sediment selection of the whole model of turbid water moving bed under the action of wave and current [J]. Journal of Sediment Research, 1998,(2):17-25. (in Chinese))
- [12] 孙艳. 一岸骤然展宽河段的淤积机理及估算[J]. 泥沙研究, 1989,(2):90-97. (SUN Yan. Sedimentation mechanism and estimation of the sudden widening of the first bank [J]. Journal of Sediment Research, 1989,(2):90-97. (in Chinese))
- [13] 白玉川,洪育超,王勇,等. 北槽坝田环流特征及环流对坝田冲淤的影响[J]. 港工技术, 2017,54(1):1-6. (BAI Yuchuan, HONG Yuchao, WANG Yong, et al. Circulation characteristics of Beigou Dam Field and the influence of circulation on erosion and siltation of Dam Field [J]. Port Engineering Technology, 2017,54(1):1-6. (in Chinese))
- [14] 洪育超. 概念型河口及长江口淤积机制模拟分析[D]. 天津: 天津大学, 2016. (HONG Yuchao. Simulated Analysis of Sedimentation Mechanism in Conceptual Estuaries and Yangtze Estuary [D]. Tianjin: Tianjin University, 2016. (in Chinese))
- [15] 罗志发. 长江口及其邻近海域泥沙输运及其动力机制[D]. 上海: 华东师范大学, 2018. (LUO Zhifa. Sediment Transport and Its Dynamic Mechanism in the Yangtze Estuary and Its Adjacent Waters [D]. Shanghai: East China Normal University, 2018. (in Chinese))
- [16] 路川藤, 罗小峰. 基于非结构网格的高分辨率隐式算法研究及应用[J]. 海洋通报, 2015,34(1):59-64. (LU Chuanteng, LU Xiaofeng. Research and application of high resolution implicit algorithm based on unstructured grids [J]. Marine Science Bulletin, 2015,34(1):59-64. (in Chinese))
- [17] 张功瑾. 长江口北槽丁坝群坝田淤积机理研究[D]. 南京: 南京水利科学研究院, 2018. (ZHANG Gongjin. Study on the Deposition Mechanism of Spur Dikes in the North Channel of the Yangtze Estuary [D]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2018. (in Chinese))
- [18] 刘青泉. 港渠口门回流的泥沙淤积特性[J]. 水科学进展, 1995,6(3):231-236. (LIU Qingquan. Properties of sediment deposition caused by circulating flow in the cecum branch [J]. Advances in Water Science, 1995,6(3):231-236. (in Chinese))

(下转第 50 页)

- [12] 任晓东,隆威,唐晓春,等. 望亭(立交)水文站 H-ADCP 自动测流系统率定分析 [J]. 水利信息化, 2013,(2):65-69. (REN Xiaodong, LONG Wei, TANG Xiaochun, et al. Calibration analysis of H-ADCP automatic flow measurement system in Wangting (Interchange) hydrological station [J]. Water Resources Informatization, 2013,(2):65-69. (in Chinese))
- [13] 丁昌言,徐明,司存友. 泾河水文站 HADCP 流量关系率定校正及应用[J]. 人民长江, 2009,40(16):22-24. (DING Changyan, XU Ming, SI Cunyou. HADCP discharge calibration, correction at Jinghe hydrological station and its application [J]. Yangtze River, 2009,40(16):22-24. (in Chinese))
- [14] 黄振平. 水文统计学 [M]. 南京: 河海大学出版社, 2003.(HUANG Zhenping. Hydrologic Statistics [M]. Nanjing: Hohai University Press, 2003. (in Chinese))

Processing of Automatic Monitoring Data of H-ADCP

HU Zunle¹, ZHONG Zhaolin¹, GUO Hongli², HU Siwei¹, WANG Shan¹

(1. Changzhou Branch of Jiangsu Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Changzhou 213022, China;
2. Jiangsu Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Nanjing 210008, China)

Abstract: Horizontal Acoustic Doppler Current Profiler (H-ADCP) has been widely used in automatic monitoring of river flow in Jiangsu Province. As for navigable channel, because of the influence of ship traveling wave, the automatic monitoring data of Horizontal Acoustic Doppler Current Profiler disorders seriously, and has been unable to be applied accurately to flood reporting and data compilation. Based on the definition and judgement method of 'outlier', this paper constructed an analytical model for data which was automatically monitored by H-ADCP, and selected the data without the influence of ship traveling wave. It could provide technical support for the automatic monitoring and data compilation of the river flow.

Key words: H-ADCP; horizontal velocity distribution model; outlier

(上接第 30 页)

Research on the Influence of Water and Sediment Conditions in Yangtze River Estuary on Deposition in the Fields among Spur Dikes

ZHANG Gongjin¹, YANG Mingjin², WANG Renchao², LU Chuanteng¹

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2. Bureau of Hydrology, Pearl River Water Resources Commission, Guangzhou 510611, China)

Abstract: The deposition in the fields among spur dikes in tidal estuaries is affected by sediment, engineering construction and layout of spur dikes. According to the analysis of the measured data of spur dikes in the north channel of the Yangtze estuary, sediment deposition has certain correlations with runoff, sediment and initial water depth of the groins field. However, due to the influence of construction progress, location of the spur dikes, typhoon cold wave and artificial dredging, it is hard to quantitatively analyze the influence of dynamic on the deposition of the groins, thus, a generalized numerical flume was established to analyze the effects of sediment concentration, runoff, tidal range and water depth on sediment deposition in the groins. The results show that with the increase of sediment concentration, runoff, tidal difference outside the mouth and initial water depth of the groins, the average siltation intensity in the groins increases accordingly. Mainstream velocity is the dominant factor affecting the scale of backflow in the groins; mainstream velocity and initial water depth are the dominant factors affecting the strength of backflow in the groins; mainstream velocity and sediment are the dominant factors affecting the shape and rate of deposition in the groins, and the empirical relationship between the average siltation intensity of the groins and the mainstream velocity and sediment content is established under tidal flow fluctuation.

Key words: tidal estuary; dam field; hydrodynamics; siltation intensity; north channel of the Yangtze estuary