

· 航道及通航建筑物 ·



通州沙西水道整治对 12.5 m 深水 航道影响研究及对策分析*

杜德军, 夏云峰, 吴道文, 闻云呈, 徐 华, 张世钊

(南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要: 为分析通州沙西水道整治工程对长江南京以下 12.5 m 深水航道整治一期工程的影响, 通过物理模型试验进行深入研究。研究表明, 西水道整治工程实施后, 西水道开挖至 -8 m 或不开挖, 东水道分流比增加, 对深水航道影响较小, 但会造成深水航道左侧通州沙滩地窜沟的冲刷; 随着开挖深度增加, 其对深水航道影响逐渐增加, 开挖至 -12 m、-14.7 m 时, 航道沿程会出现一定淤积, 营船港下航道浅区有淤积的趋势, 不利于航道维护, 但通州沙滩地窜沟略有淤积。建议: 通州沙西水道整治时, 西水道疏浚深度不宜过深; 尽快实施通州沙潜堤下延工程。

关键词: 长江; 12.5 m 深水航道; 通州沙; 西水道整治; 模型试验; 疏浚

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)08-0101-06

Influences of Tongzhou shoal west channel regulation on 12.5 m deepwater channel and countermeasures

DU De-jun, XIA Yun-feng, WU Dao-wen, WEN Yun-cheng, XU Hua, ZHANG Shi-zhao
(Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: In the existing model of the Yangtze River estuary section, through movable bed model experiment, the influences on 12.5 m deepwater channel phase I project of Tongzhou shoal west channel regulation project are studied. After implementing the west channel regulation project, the -8 m excavation scheme and no excavation scheme are both good for the maintenance of deepwater channel depth, but Tongzhou shoal beach ditches on the left side of the deepwater channel are eroded. With the increase of the excavation depth, the impacts on the deepwater channel increase gradually. When the excavation is to -12 m or -14.7 m, the influences reach Yingchuangang, but beach ditches are slightly deposited, which are favorable for the stability of the sand body. This study proposes that the excavation depth should not be too large, and the downstream extension engineering of Tongzhou shoal submerged breakwater should be implemented as soon as possible.

Key words: the Yangtze River; 12.5 m deepwater channel; Tongzhou shoal; west channel regulation; model test; dredging

长江南京以下 12.5 m 深水航道整治工程是“十二五”全国内河水运投资规模最大、技术最复杂的重大工程, 也是继长江口深水航道治理工程之后的又一重大水运工程, 在全国水运“十二五”发展中具有举足轻重的示范作用, 其中通州沙和

白茆沙整治工程为其一期工程^[1]。为稳定河势, 兼顾地方经济的发展, 张家港市正分期实施通州沙西水道综合整治工程, 该工程紧邻深水航道整治一期工程通州沙河段, 工程主要包括边滩围垦、通州沙头部潜堤工程和西水道开挖工程, 拟分三

收稿日期: 2013-12-31

*基金项目: 交通运输部重大科技专项 (201132874660)

作者简介: 杜德军 (1970—), 男, 高级工程师, 主要从事河口海岸泥沙工程研究。

期实施,其中一期工程已实施,二期工程正准备实施^[2]。为研究通州沙西水道整治工程对 12.5 m 深水航道整治一期工程的影响,需进行动床模型试验研究,为工程设计以及整治工程的顺利实施提供技术支撑。

1 概况

1.1 河段

通州沙河段属澄通河段,上起十三圩,下至

徐六泾,全长约 39 km (图 1),进出口河宽相对较窄,分别约 5.7 km、4.9 km,中间放宽,最大河宽约 10 km,为暗沙型多分汊河道,有通州沙、狼山沙、新开沙和铁黄沙等沙体。进口段长江被通州沙分为东、西水道,东水道是以落潮流为主的长江主流通道,目前分流比为 90% 左右,出口段被自左而右的新开沙、狼山沙和铁黄沙分为新开沙夹槽、狼山沙东、西水道和福山水道,目前,主汊狼山沙东水道分流比为 65% 左右^[3]。

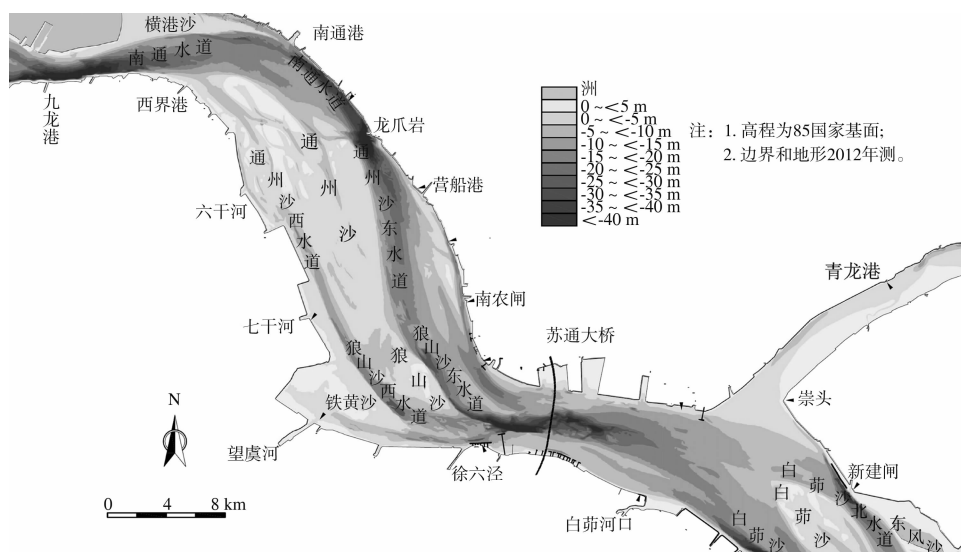


图 1 通州沙、白茆沙河段河势

徐六泾河段上承澄通河段,下接长江南支白茆沙分汊河段,自浒浦至白茆河口,全长 15 km。

苏通大桥下游附近最窄处缩窄到 4.5 km 左右,其后有所展宽,至白茆河口—海太汽渡处江面宽为 6.7 km。

白茆河口以下为展宽分汊型河道,长江在此被崇明岛分南北两支,北支为支汊,南支为主汊。南支河段的白茆河口至吴淞口,全长约 60 km,与南、北港相连。长江主流自徐六泾人工缩窄段进入白茆沙南水道,分流比 65% ~ 70%。

1.2 水文泥沙

1.2.1 潮汐及潮流

长江口为中等强度潮汐河口,属非正规半日潮。据徐六泾站 1985—2006 年潮位资料统计,最大潮差 4.01 m,最小潮差 0 m,平均高、低潮位 2.07 m、0.03 m (85 国家高程基准,下同)。在

径流与河床边界条件阻滞下,潮波变形明显,涨落潮历时不对称,涨潮历时约 4 h,落潮历时约 8 h。长江口潮流界随径流强弱和潮差大小等因素的变化而变动,枯季潮流界可上溯到镇江附近,洪季潮流界下移至通州沙河段进口附近。通州沙河段处于长江河口段,潮流作用相对较强,潮流运动总体呈现往复流特性,落潮流为塑造河床的主要动力,流速最大可达 2.5 m/s 以上。

1.2.2 泥沙

工程河段泥沙主要是流域来沙,根据上游大通站 1951—2011 年资料统计分析,历年含沙量最大为 3.24 kg/m³,最小为 0.016 kg/m³,多年平均为 0.428 kg/m³,长江水体含沙量与流量有关,洪、枯季多年平均含沙量分别约为 0.530 kg/m³ 和 0.182 kg/m³。汛期水量、沙量比较集中,其中沙量占 87.7%,表明沙量集中程度大于水量^[3]。

三峡水库蓄水前的 1986—2002 年, 大通年均输沙量为 3.43 亿 t, 蓄水后至 2010 年年均输沙量约 1.52 亿 t, 输沙量明显下降。徐六泾站蓄水前后含沙量减少约 50%。河床底沙为粉细沙, 中值粒径 0.10~0.25 mm, 深槽较粗, 滩面较细; 悬沙中值粒径约为 0.01 mm。

1.3 深水航道整治一期工程

长江南京以下深水航道整治工程分为两期, 其中通州沙和白茆沙整治工程为一期工程, 包括通州沙整治工程、白茆沙整治工程、航道疏浚工程及新建闸护岸工程等 (表 1, 图 2)^[4]。工程已于 2012 年 8 月开工, 预计 2015 年竣工。

表 1 长江南京以下深水航道整治一期工程概况

位置	工程布置
通州沙工程布置	通州沙潜堤长 5.8 km, 高程 -2.0 m; 狼山沙潜堤沿 2 m 等深线布置, 长度 6.3 km, 高程 0.0 m; 两潜堤之间用长 4.8 km 的过渡段衔接; 潜堤左侧布置 8 座齿坝, 长度 330~500 m, 根部与潜堤齐平, 上游 5 座齿坝坝头为 -7.0 m, 下游 3 座齿坝坝头为 -5.0 m; 狼山沙尾部潜堤长度 600 m, 高程 0.0~-5.0 m
白茆沙工程布置	潜堤 + 圈围方案。南堤、北堤分别长 8.56 km, 4.89 km, 上段顶高 +1.0 m, 下段等高 2 m; 头部潜堤长 3.5 km, 高程 +1.0~-7.0 m; 南侧 3 道齿坝, 根部与头部潜堤和圈围潜堤齐平; 北侧 4 道长 100 m 的护堤坝, 堤身高度 2~3 m。崇明岛右缘新建闸处 2 km 岸段进行护岸加固, 并延长新建闸上游 4# 丁坝

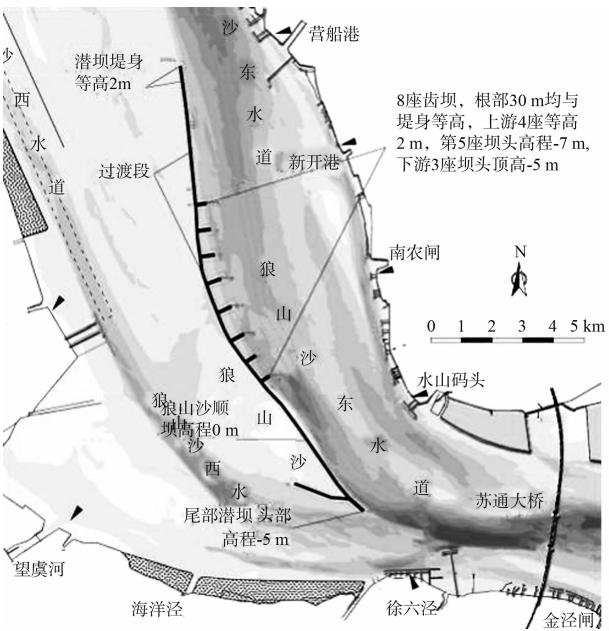


图 2 深水航道整治通州沙工程布置

1.4 通州沙西水道整治工程

通州沙西水道整治工程主要包括边滩围垦、通州沙头部潜堤工程和西水道开挖工程, 拟分三期实施, 其中一期工程已实施, 二期工程正在实施中 (表 2、图 3)。为试验西水道工程对航道影响的极端情况, 对挖槽深度为 -14.7 m 也进行了试验。西水道沿程开挖深度见图 4。

表 2 通州沙西水道整治工程概况

位置	工程布置
一期工程	通州沙头部潜堤, 高程 1.0 m, 长约 17 km; 围区 V; 西水道挖槽, 底高程 -8.0 m
二期工程	一期工程; 围区 III、围区 IV; 西水道挖槽底高 -10.5 m
三期工程	二期工程; 围区 I、围区 II、围区 VI 和围区 VII; 西水道挖槽底高 -12 m

注: 围区编号见图 3。

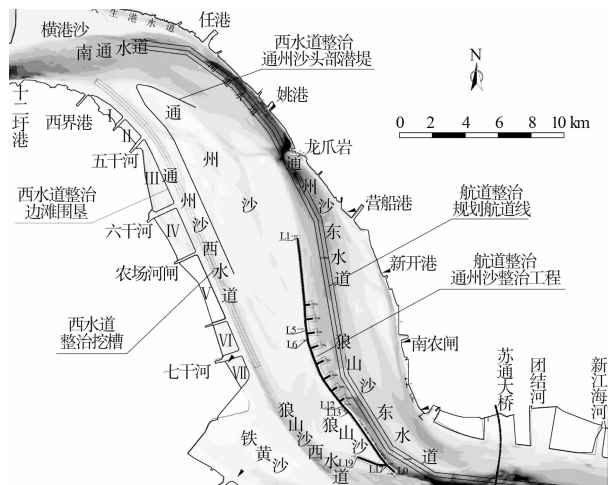
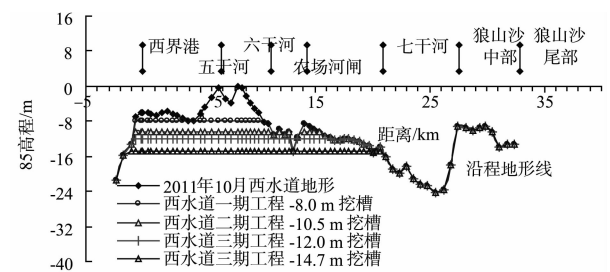


图 3 通州沙西水道整治工程方案



注: 组合工程实施后西水道中心沿程地形比较, 0 km 起点: 西界港。

图 4 通州沙西水道各疏浚方案对比

2 试验方案及试验条件

模型试验在已有的长江河口段模型中进行, 模型上起江阴水道天生港, 下至长江南支吴淞口,

北支青龙港下约 8 km。模型水平比尺为 655，垂直比尺 100，长约 270 m，建于 2006 年，经过多次验证，本次研究前，根据最新实测的地形及水文资料对模型进行了更新和验证^[2]。本研究方案及水文条件见表 3。

表 3 试验方案及试验水文条件

方案	工程方案	西水道疏浚 底高程/m	试验水文 文条件
方案 0	深水航道一期工程	无	
方案 A1	深水航道一期工程 + 西水道一期工程	无	
方案 A2	深水航道一期工程 + 西水道一期工程	85 基面: -8.0 理论基面: -6.6	2 个 2005 平 常 水 沙 年、1 个 2010 丰 水 年
方案 B	深水航道一期工程 + 西水道二期工程	85 基面: -10.5 理论基面: -9.1	
方案 C1	深水航道一期工程 + 西水道三期工程	85 基面: -12.0 理论基面: -10.6	
方案 C3	深水航道一期工程 + 西水道工程初定规模	85 基面: -14.7 理论基面: -13.3	

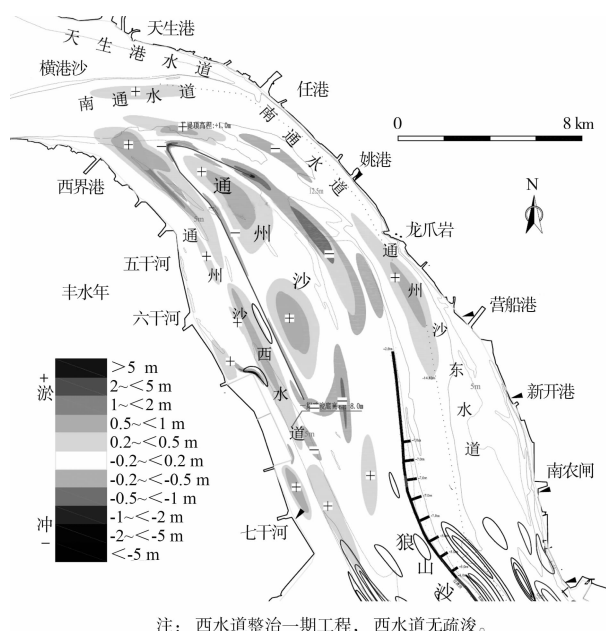
3 工程影响试验研究

3.1 对主槽的冲淤影响

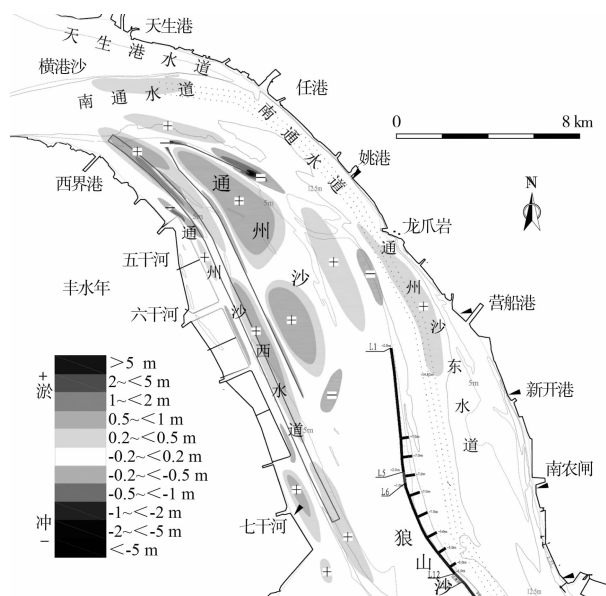
方案 A1、A2 实施后，洪季东水道分流比增加 3% ~ 5%^[5-6]，龙爪岩以上 12.5 m 槽总体变化不大，左侧 12.5 m 线基本不变，右侧除任港至姚港之间 12.5 m 槽宽度在 800 m 左右，其它 12.5 m 槽宽度都在 1 km 以上。龙爪岩以下至营船港段深槽左侧淤积且年淤厚 0.2 m（方案 A1）和 0.2 ~ 0.3 m（方案 A2），12.5 m 槽宽度总体略有缩窄，幅度一般在 50 m 内。新开港以下包括南农闸以下航道浅区的 12.5 m 槽基本不变（图 5a）。可见，方案 A1、A2 实施对通州沙水道航道影响较小。

与方案 A 相比，方案 B、C1 实施后的变化主要在龙爪岩以下。工程后洪季东水道分流比减小 1% ~ 1.5%，变化略大于方案 A；龙爪岩以下至新开港间主槽淤积 0.2 ~ 0.4 m，淤厚及范围略大于方案 A，12.5 m 槽宽度总体有缩窄的趋势。由于该段航道水深一般 20 m 以上，暂时不会对深水航道造成明显不利影响（图 5b），新开港以下包括南农闸附近航道浅区 12.5 m 槽宽度缩窄不明显，可见方案 B、C1 实施后，对新开港以上 12.5 m 槽略有影响，新开港以下 12.5 m 槽影响不明显。

方案 C3 实施后，西水道疏浚至 -14.7 m，对深水航道影响相对较大，东水道分流比减小 2% ~ 4.5%，龙爪岩以下航道内流速有所减小，主槽姚港至南农闸间淤积 0.2 ~ 0.6 m，其中南农闸附近淤积 0.2 m 左右（图 5c），12.5 m 槽有所缩窄，变化一般在 50 m 左右。南农闸以下，有淤积的趋势，但幅度一般在 0.2 m 内。可见，该方案实施后，对航槽的影响自上而下逐渐减小，主要在龙爪岩至南农闸间，对南农闸以下的航道浅区影响较小。



a) 方案 A1



b) 方案 B

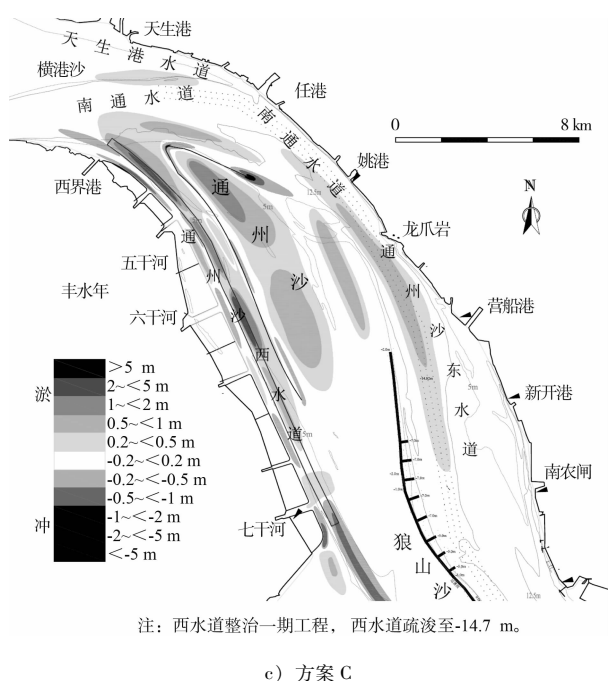


图5 不同方案实施后引起的河床冲淤变化

2个平常水沙年条件下, 工程实施后对深水航道影响较1个丰水年条件下的影响略大。

3.2 对滩地的影响

通州沙河段为暗沙型多分汊河道, 江中有通州沙、狼山沙、新开沙以及铁黄沙等沙体, 而通州沙沙体上有五千河对开斜向窰沟和左缘姚港对开窰沟发育, 通州沙及狼山沙沙体间有萎缩的狼山沙中水道, 工程河段水流复杂^[2-4]。

西水道整治工程实施后, 通州沙沙体有冲有淤, 总体以淤积为主, 这对沙体的稳定有利。但由于通州沙潜堤左侧堤的导流作用, 潜堤下游姚港对开南北向窰沟的冲淤变化幅度较大。

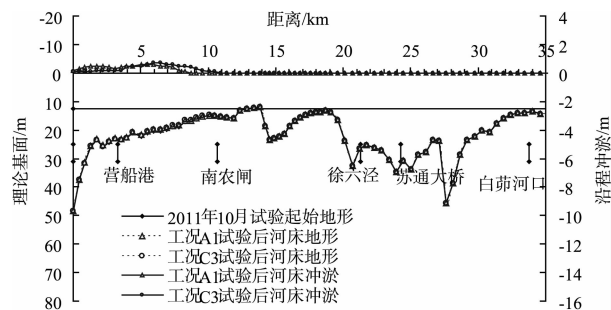
方案 A1 实施后 (西水道不挖槽), 由于东水道分流比增加 3% ~ 5%, 通州沙头部潜堤左侧堤的沿堤流增强, 东水道水流也有增强的趋势, 姚港对开窰沟出现冲刷, 方案 A2 实施后 (西水道疏浚至 -8 m), 东水道分流比变化不大, 沿堤流较方案 A1 有所减弱, 窰沟有冲有淤; 方案 B、C1 实施后 (西水道疏浚至 -10.5 m、-12 m), 东水道分流比有所减小, 沿堤流减弱, 该窰沟有冲有淤, 以淤积为主; 方案 C3 实施后 (西水道疏浚至

-14.7 m), 该窰沟总体表现为淤积。西水道五千河对开的窰沟, 由于西水道整治潜堤工程对窰沟具有一定的封堵作用, 各工程方案实施后, 该窰沟均有不同的淤积。窰沟淤积, 对通州沙沙体的稳定有利。

由于滩地水沙交换复杂, 水沙交换模拟较难, 本研究主要从定性上分析工程后滩地冲淤变化趋势及发展趋势。

3.3 航道沿程地形变化

研究表明, 随西水道挖槽底高程降低, 西水道分流逐渐增加——不挖槽是影响最小, 挖至 -14.7 m 时影响最大。由图 6 工程实施后航道沿程地形变化可见, 最大影响可达南农闸附近。方案 A、B 实施后, 工程后航道淤浅的区域, 水深一般在 18 m 以上, 暂时不会对 12.5 m 深水产生明显影响。方案 C1 和 C3 实施后, 南农闸附近航槽淤浅 0.2 m 左右, 南农闸以下 12.5 m 深水航道浅区有淤积的趋势, 对深水航道的维护可能会有不利影响。



注: 航道中心沿程地形比较(2个2005平常水沙年), 0 km 起点: 龙爪岩。

图6 工程实施后航道沿程水深变化

3.4 模型试验与实测结果对比分析

通州沙西水道整治一期工程于 2012 年底基本完成, 其中西水道五千河以上未进行疏浚, 其工况相当于本研究中方案 A1。

1) 水动力结果。

模型试验水文条件与工程实施后实测径流、潮汐条件存在一定程度的差异, 潮位和流速变化难以直接进行精确的对比分析, 利用汊道之间的潮量分配相对较易体现工程前后的效果。选用

2011 年 10 月和 2012 年 7 月两次实测资料进行对比分析, 分别对应于西水道一期工程开始施工和完成大部分工程量 2 个时期。两次实测, 通州沙东水道落潮分流比分别为 90% 和 92.7%, 表明工程实施后东水道实测分流比增加约 2.7%。而试验研究表明, 方案 A1 实施后东水道分流比增加 3% ~ 5%, 与实测资料基本一致。

2) 冲淤变化。

2011 年 11 月—2012 年 10 月原型实测冲淤变化表明, 龙爪岩—营船港间深槽淤积一般在 0.5 m 左右, 局部区域淤积超过 1 m; 深槽左侧营船港—新开港间冲刷, 冲深一般在 0.5 ~ 1.0 m; 新开港—南农闸间主槽有冲有淤; 南农闸—徐六泾河段间主槽淤积, 10 m 槽容积减小, 航槽局部区域水深小于 12.5 m; 通州沙姚港对开南北向甬沟总体呈冲刷态势, 整体来说, 通州沙滩面处于相对平衡状态。

试验表明, 方案 A1 实施后, 龙爪岩至营船港间深槽淤积 0.2 ~ 0.5 m, 而原型主槽淤积 0.5 m, 基本一致; 通州沙姚港对开南北向甬沟冲刷, 与原型实测的冲淤变化相比, 冲淤部位基本一致, 幅度略有差别; 通州沙滩面有冲有淤, 以淤积为

主, 与原型的变化一致。有差别的地方在于营船港以下深槽, 方案 A1 实施后引起的该区域冲淤变化不明显。分析其原因, 一是由于动床模型的局限性, 仅研究工程引起的冲淤变化, 营船港以下离过程区较远, 试验中, 工程难以影响到; 二是工程河段的冲淤变化较为复杂, 自然条件下, 不实施工程, 同样会出现较大的冲淤变化。

总的来说, 在工程附近区域, 模型预测的水动力变化和河床冲淤变化, 其趋势和幅度与工程实施后基本吻合。

4 综合分析

通州沙西水道整治各工程中, 随着西水道疏浚深度增加, 对深水航道的影响逐渐增加。西水道不疏浚或仅疏浚至 -10.5 m 以浅时, 对深水航道影响相对较小, 南农闸以上 18 m 以深区域出现淤积, 暂时对航道影响较小; 而西水道疏浚至 -12 m、-14.7 m 时影响相对较大: 东水道分流比减小, 南农闸以上 18 m 以深区域淤积增加; 龙爪岩—南农闸段 12.5 m 槽宽缩窄, 且南农闸以下航道浅区有淤积的趋势, 对深水航道水深维护不利。各工程方案综合影响见表 4。

表 4 方案整治效果对比分析

方案	东水道分流比变化	对深水航道的影响	对通州沙的影响
方案 A1(无挖槽)	增加 3% ~ 5%	龙爪岩以上航道右侧略有冲刷, 以下至营船港间淤积 0.2 ~ 0.5 m	姚港对开甬沟冲刷
方案 A2(西水道疏浚至 -8 m)	减小 1% 左右	龙爪岩—营船港间淤积 0.2 ~ 0.3 m	姚港对开甬沟有冲有淤, 以冲刷为主
方案 B(西水道疏浚至 -10.5 m)	减小 1% ~ 3%	龙爪岩—营船港与新开港间航道内淤积 0.2 ~ 0.4 m	姚港对开甬沟有冲有淤, 以淤积为主
方案 C1(西水道疏浚至 -12 m)	减小 1.5% ~ 4%	龙爪岩至新开港航道内淤积 0.2 ~ 0.5 m	甬沟淤积 0.2 ~ 0.5 m
方案 C3(西水道疏浚至 -14.7 m)	减小 2% ~ 6%	自姚港—南农闸淤积 0.2 ~ 0.6 m, 其中南农闸附近淤积 0.2 m 左右	甬沟淤积 0.2 ~ 0.5 m, 局部淤积 0.5 m 以上

5 结语

1) 鉴于西水道疏浚至 -12 m、-14.7 m 时对深水航道有一定的影响, 建议通州沙西水道整治工程中, 西水道的疏浚底高不宜低于 -10.5 m。

2) 在通州沙沙体左侧、龙爪岩对开, 深水航

道整治一期工程与西水道整治工程间尚有近 10 km 的区域未实施工程, 而西水道开挖较浅的方案会造成通州沙姚港对开甬沟的冲刷, 建议尽快实施通州沙头部护滩潜堤下延工程。

(下转第 118 页)