



长江南京以下12.5 m深水航道一期工程 整治物模试验效果^{*}

刘高峰, 贾 晓, 吴华林, 郭文华

(上海河口海岸科学研究中心, 上海 201201)

摘要: 针对太仓至南通河段两个重点碍航河段——通州沙水道和白茆沙水道的碍航特点, 实施长江南京以下12.5 m深水航道一期工程, 目标是使12.5 m深水航道从目前的太仓港上延至南通港。通过动床物理模型试验对该一期工程平面方案进行研究。研究结果表明: 一期工程能起到较明显的沙体守护效果, 通州沙顺堤和齿坝能遏制通州沙及狼山沙沙体左缘的冲刷后退, 并能遏制狼山沙甬沟的冲刷发展, 且狼山沙东水道碍航浅段水深条件有所改善。一期工程亦能起到较明显的白茆沙沙体守护效果, 能遏制沙头冲刷后退的趋势, 该工程对白茆沙头部南侧的小沙包有较明显冲刷作用, 白茆沙南水道进口段有一定程度冲刷, 航行条件改善。因此预计一期工程可以达到工程建设目标。

关键词: 南京以下12.5 m深水航道; 一期工程; 通白河段; 航道整治

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)05-0011-08

Physical model study on phase I project of 12.5 m deep-water navigation channel from Nanjing down the Yangtze River

LIU Gao-feng, JIA Xiao, WU Hua-lin, GUO Wen-hua

(Shanghai Estuarine & Coastal Science Research Center, Shanghai 201201, China)

Abstract: In view of two obstacle segments of navigation channel from Taicang to Nantong which were named TZS (Tong Zhou Shoal) Waterway and BMS (Bai Mao Shoal) Waterway, the first phase project of 12.5 m deep-water navigation channel project was designed and now under buliding. The project would make 12.5 m deepwater channel extent from Taicang port to Nantong port. In order to test project effects, movable-bed physical model was designed to optimize layout of the project. TZS sub-project can make obvious effect to prevent shoal erosion, training dike and tooth groins could prevent washing back of left edge of TZS shoal and LSS (Lang Shan Shoal) shoal, erosion development process of scour channel between TZS and LSS could also be prevented. The navigation condition of deep water channel in the east LSS waterway could be improved. BMS sub-project can also make obvious effect to prevent shoal erosion, and change the backward trend of shoal caused by erosion. And also, small sand bar locating in south channel of BMS shoal which cause navigation obstruction was also significantly eroded, navigation condition of the inlet section of south channel of BMS shoal was also improved for the project. In conclusion, the project can achieve the goal of engineering construction.

Key words: 12.5 m deep-water navigation channel from Nanjing; phase I project; TZS waterway and BMS waterway; channel regulation project

收稿日期: 2012-11-20

^{*}基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (50939003); 交通运输部科技项目 (2011328A0670)

作者简介: 刘高峰 (1976—), 男, 博士, 副研究员, 从事河口海岸、港口航道工程研究。

长江河段滩槽相间, 滩槽的稳定性相互依存。航道治理常采用固定滩体的方法来达到稳定河槽的目的。如1998年开始实施的长江口深水航道治理工程, 通过分流鱼嘴工程稳定江亚南沙从而稳定了北槽航道的入口^[1], 2007年实施了新浏河沙护滩和南沙头通道限流潜堤工程, 采用护滩工程稳定了新浏河沙, 通过潜堤工程限制了南沙头通道水流而增强了宝山北水道动力条件, 从而取得了“固滩、限流”的航道治理效果^[2-3]。

长江干线航道是全国内河水运发展和建设的重点。通过长江口深水航道治理工程一至三期工程的治理, 航道水深实现了从工程前的7 m加深至12.5 m, 2011年1月8日长江口12.5 m深水航道贯通至太仓。交通运输部决定将深水航道向上延伸至南京, 实施长江南京以下12.5 m深水航道建设工程十分必要, 长江南京以下12.5 m深水航道建设一期工程(简称“一期工程”)包括太仓至南通全长

约56 km的河段, 主要包括通州沙水道和白茆沙水道两个部分, 通州沙东水道下段—狼山沙东水道上段和白茆沙南水道进口段分别存在浅区, 且局部河势存在不利于维护航道水深的变化趋势。为了保证深水航道向上延伸工程的顺利实施和航道的长期稳定运行, 需要开展航道治理工程。一期工程的建设目标是将12.5 m深水航道从目前的太仓港上延到南通港。本文采用物理模型研究了一期工程综合整治效果。

1 研究手段

本研究在长江口整体物理模型上(图1)开展, 模型水平比尺1:1 000, 垂直比尺1:125, 模型地形做到利港。模型上游边界位于距江阴400 km的安徽省大通, 此处为长江河口的潮区界。利港至大通用扭曲水道相联, 使模型上潮波传播与原型相似。

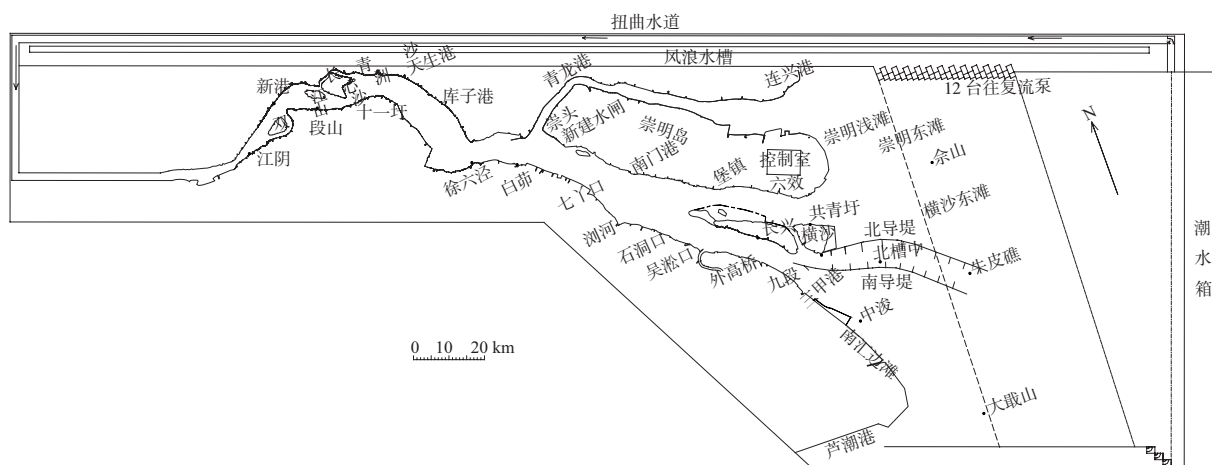


图1 长江口整体物理模型

1.1 模型选沙

通白河段涵盖通州沙、徐六泾及白茆沙3个河段, 根据2010—2011年多次水文测量的床沙采样资料, 较为普遍的规律是边滩泥沙略细, 主槽泥沙略粗, 取通白河段天然床沙的代表粒径为0.140 mm。经比选, 本次试验采用泡桐木粉作为模型沙, 中值粒径取0.30 mm。通过水槽试验证实该模型沙满足起动相似的要求, 即满足推移质运动相似的要求。

1.2 模型的验证

2011年10月12日—13日期间在工程附近开展了一次水文测验, 在本模型上开展这批实测水文资料定床水流验证工作。

测点布置: 潮位分布包括江阴、五干河、天生港、汇丰码头、徐六泾、白茆、青龙港、杨林共8个潮位站的同步潮位资料, 一共有9个流速测点(SW1~SW9)分布在通州沙东西水道、通州沙滩面甬沟、白茆沙头部等位置。站位及测点见图2。



图2 2011年10月验证潮位站、流速测点位置

统计验证试验的潮位特征值和流速特征值分别见表1和表2。

由验证结果可以看到：最高最低潮位值偏差在10 cm以内,测点涨落潮平均流速误差基本在10%以内，满足《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》要求。

表1 工程附近2011年10月潮位验证特征值比较						
潮位站	最高/m			最低/m		
	天然	模型	差值	天然	模型	差值
五干河	2.30	2.39	0.09	-0.27	-0.20	0.07
江阴	2.53	2.58	0.05	0.26	0.17	-0.09
天生港	2.36	2.35	-0.01	0.02	-0.08	-0.10
汇丰码头	2.29	2.33	0.04	-0.45	-0.50	-0.05
徐六泾	2.27	2.37	0.10	-0.37	-0.41	-0.04
白茆	2.19	2.25	0.06	-0.56	-0.59	-0.03
青龙港	2.28	2.34	0.06	-0.96	-0.94	0.02
杨林	2.16	2.10	-0.06	-0.63	-0.72	-0.09

表2 工程附近2011年10月流速验证特征值比较						
测点	涨潮平均/(m·s ⁻¹)			落潮平均/(m·s ⁻¹)		
	天然	模型	偏差/%	天然	模型	偏差/%
SW1	-0.44	-0.42	-4.9	0.81	0.75	-6.8
SW2	-0.59	-0.57	-2.6	0.45	0.42	-5.4
SW3	-0.73	-0.70	-4.7	0.43	0.45	2.9
SW4	-0.66	-0.64	-3.1	0.55	0.56	3.0
SW5	-0.34	-0.35	3.5	0.35	0.37	6.4
SW6	-0.67	-0.63	-6.2	0.72	0.79	8.8
SW7	-0.62	-0.58	-7.0	0.77	0.83	7.1
SW8	-0.57	-0.59	4.3	0.79	0.83	5.2
SW9	-0.66	-0.65	-2.0	1.15	1.02	-10.7

1.3 动床冲淤验证

在模型设计中，根据河床质实测资料结合相似条件进行了模型沙的选择，但仍需要开展地形冲淤验证，以确定模型沙选取的合理性及冲淤时间比尺。本次地形验证主要是反演通白河段2010年

9月—2011年10月期间的冲淤变化。验证时上游流量采用概化的大通站实测流量,潮型选择徐六泾站潮差中等偏大的潮型,潮差约为2.2 m。

验证试验反演了通州沙白茆沙河段2010年9月—2011年10月期间河床地形变化,结果表明模型河床的冲淤部位与天然河床基本一致,很好地复演了该河段的基本特征。通州沙白茆沙河段冲刷模拟误差在10%以内,淤积量模拟误差最大为16%。

2 整治方案

2.1 方案介绍

通州沙和白茆沙河段工程方案筑堤总长约41 km,通州沙水道整治工程堤长约20 km,白茆沙水道整治工程堤长约21 km,工程方案见图3。

2.2 试验

2.2.1 地形和边界条件

方案试验初始地形:天生港至杨林采用2011年10月地形,北支采用2010年4月地形,南支其他河段基本采用2010年2月地形,南港北槽采用2011年2月地形。

动床范围自姚港(上游)至浏河口(下游),北支自崇头至青龙港;其余河段为采用三

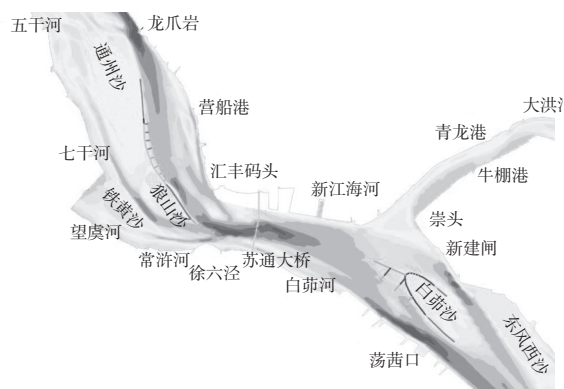


图3 工程方案平面布置

角块加糙的水泥面定床。

2.2.2 水沙条件

为了研究方案实施后河床的调整情况,拟分别采用平常水沙年两年水沙条件开展试验,代表工程实施后最可能出现的河床冲淤变化的水沙条件。根据近年来上游来水来沙特点,选用2005年水文年作为平常水沙年较为合适^[4]。

2.3.2 分析指标

为了统计关心区域的冲淤量,选取了通州沙5 m以浅、狼山沙5 m以浅、狼山沙甬沟、徐六泾河段10 m以深、白茆沙头部、白茆沙沙体5 m以浅、白茆沙南侧沙体区域和白茆沙南北水道共9个代表区域来统计冲淤量(图4)。

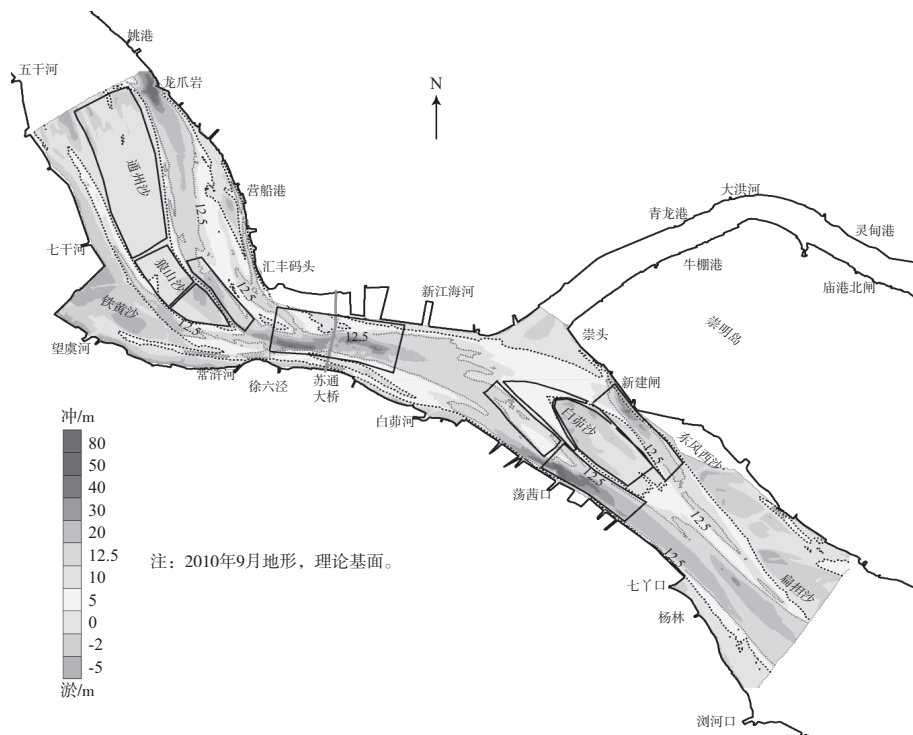


图4 冲淤统计范围

3 本底试验结果

为了把握“通白”工程的实施效果,先期开展了没有整治工程条件下河床自然演变趋势的试验。图5是本底方案2个水文年后“通白”河段河

床的地形冲淤情况。

由图5可见,在以2011年10月天然地形为初始地形、经历2个平常水沙年的条件下,“通白”河段的河床变化如下:

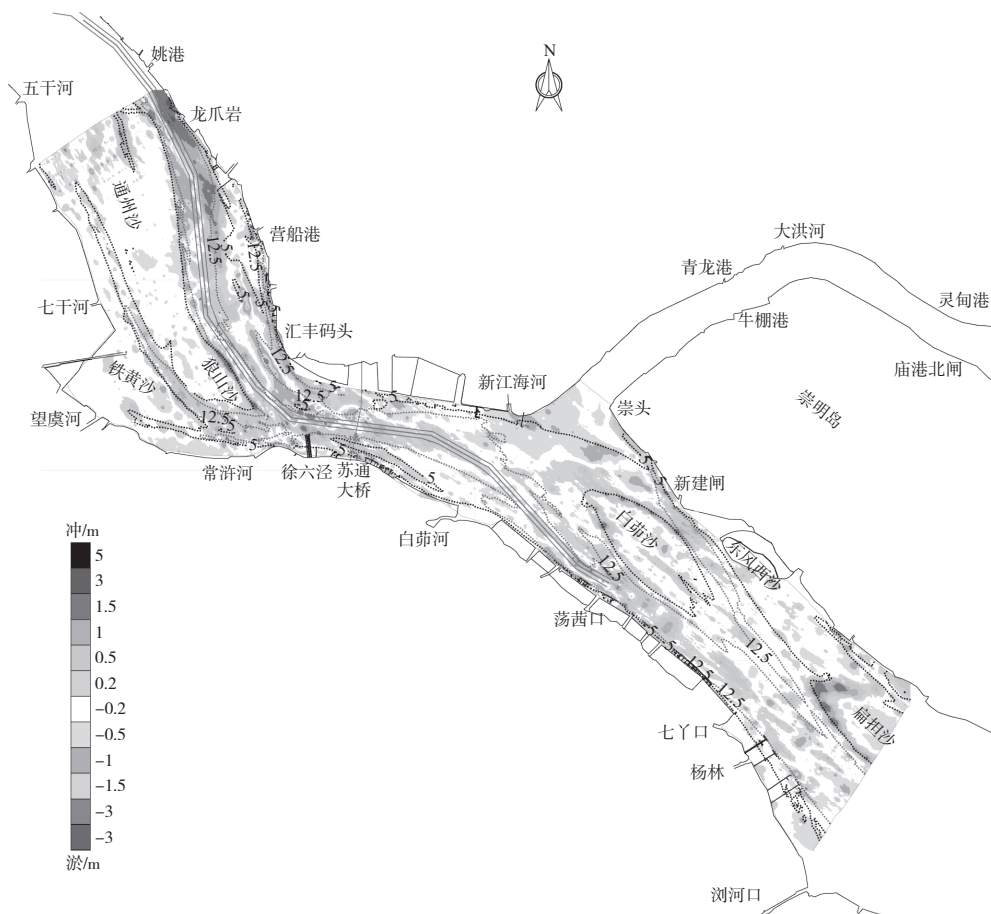


图5 本底方案平水平沙2 a后地形冲淤情况

1) 通州沙河段沙体变化:通州沙沙体和狼山沙沙体滩顶部位基本冲淤平衡。通州沙沙体左缘出现较大幅度的淤涨,而狼山沙左缘继续冲刷后退。

2) 通州沙河段水道变化:通州沙东水道有冲刷加深的趋势,大部分区域冲刷幅度在0.2~0.5 m,局部冲刷幅度达1 m以上。狼山沙甬沟5 m线略有展宽,狼山沙甬沟呈现继续冲刷发展的趋势。

3) 通州沙河段航道变化:狼山沙东水道近1 km的部分12.5 m航道宽度仅500 m左右,有些年份宽度更窄,该区域即为碍航浅段。本底方案中该航道碍航浅段有进一步向不利方向发展的趋势。

5) 白茆沙河段:白茆沙沙头继续冲刷后退,南北支分叉口附近深槽冲淤基本平衡,白茆沙沙

头南侧浅区进一步淤积。

6) 白茆沙沙体:白茆沙沙体头部及两翼继续冲刷后退,冲刷幅度约0.5~1.0 m。

7) 白茆沙南北水道:南水道进口小沙包有所淤积,小沙包以南主槽略有冲刷,这一趋势会恶化该段航道航宽不足的状态,北水道中下段淤积而南水道中下段略有冲刷。白茆沙河段继续呈现“南强北弱”的分流格局,沙头南侧的小沙包进一步淤涨,不利于白茆沙南水道的航道稳定。

4 工程效果分析

4.1 河床总体变化

工程方案实施2个平水平沙年后的地形冲淤见图6,工程方案实施2个平水平沙年后由于工程引

起的净冲淤见图7。方案的的冲淤量和净冲淤厚度的统计结果见表3。

由图7可见，工程方案实施后均可达到工程设计目的，即守护了狼山沙左缘的冲刷后退，使狼

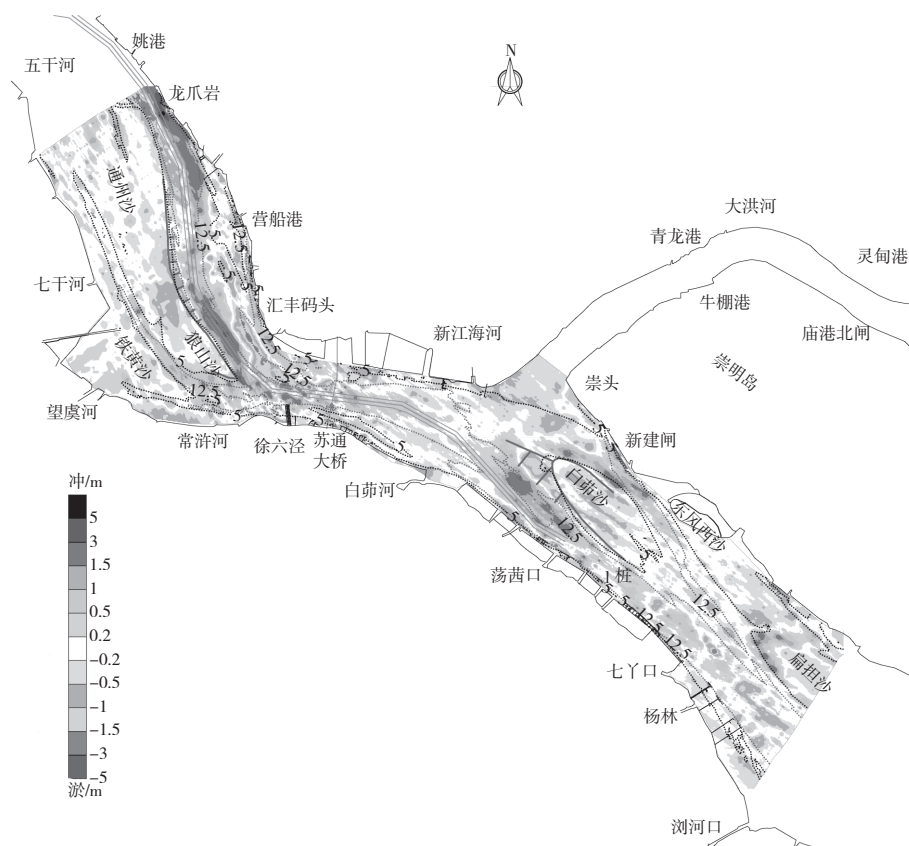


图6 工程方案地形冲淤情况

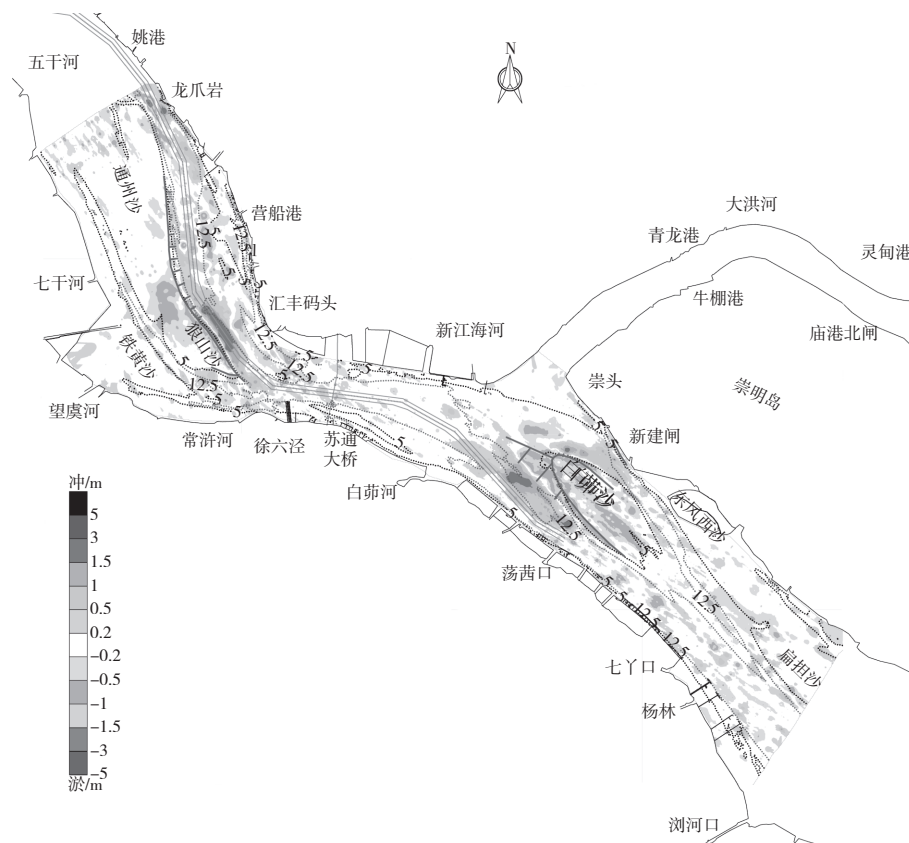


图7 工程方案引起净冲淤情况（工程方案-本底）

表3 通白河段统计区域的冲淤量和净冲淤厚度

效果及影响	位置	本底				工程方案			
		冲刷量/ 万m ³	淤积量/ 万m ³	净冲淤/ 万m ³	净冲淤 厚度/m	冲刷量/ 万m ³	淤积量/ 万m ³	净冲淤/ 万m ³	净冲淤 厚度/m
守护效果	通州沙5 m以浅	329.1	-506.0	-176.9	-0.04	380.2	-571.7	-191.5	-0.04
	狼山沙5 m以浅	112.5	-37.4	75.1	0.12	30.1	-114.8	-84.7	-0.14
	白茆沙5 m以浅	553.3	-101.9	451.4	0.24	12.1	-638.5	-626.4	-0.33
	白茆沙头部	362.8	-56.3	306.5	0.42	129.6	-352.9	-223.3	-0.30
封堵效果	狼山沙窄沟	171.9	-32.5	139.4	0.15	9.1	-386.5	-377.4	-0.42
治理效果	狼山沙东水道8 m以深	100.3	-230.3	-130.0	-0.14	1 060.6	-14.1	1 046.5	1.16
	白茆沙浅区段	33.1	-261.2	-228.1	-0.27	1 008.8	0.0	1 008.8	1.18
	白茆沙北水道8 m以深	496.5	-206.3	290.2	0.20	822.1	-59.0	763.1	0.53
	白茆沙南水道8 m以深	673.4	-91.1	582.3	0.45	674.9	-84.5	590.4	0.46
周边影响	徐六泾区域	1 141.0	-658.8	482.2	0.17	893.4	-760.0	133.4	0.05

注: 正值表示冲刷, 负值表示淤积。

山沙串沟产生一定淤积, 狼山沙东水道有一定加深。白茆沙沙体上出现较大淤积, 白茆沙工程南侧齿坝间出现较为明显淤积, 南侧小沙包出现一定冲刷。总之, 工程本身引起的河床冲淤较大变化主要集中在工程的附近, 而未引起离工程较远的河段河床的冲淤变化。

4.2 沙体守护效果

工程方案中的通州沙顺堤和齿坝已经把通州沙和狼山沙左缘守护住, 不再出现本底方案中的继续冲刷后退的趋势, 从5 m等深线比较 (图8) 也可以发现本底方案上狼山沙左缘5 m线冲刷后退约60 m, 但是工程方案均未出现后退。

通州沙沙体滩面上总体上还是冲淤平衡, 模型上在通州沙顺堤头部亦未出现局部冲沟发展的现象。工程方案中狼山沙滩体上均出现一定的淤积, 证明了工程对沙体有较好的守护效果。

由表3可知: 和本底方案相比, 工程方案的通州沙沙体5 m以浅区域的淤积量增加而冲刷量减小。

在本底方案中, 白茆沙沙头和两翼冲刷幅度较大, 工程方案中白茆沙沙头和两翼已经得到保护。本底方案中白茆沙头部5 m线冲刷后退了300 m左右, 而由图9工程前后的5 m等深线可见, 工程

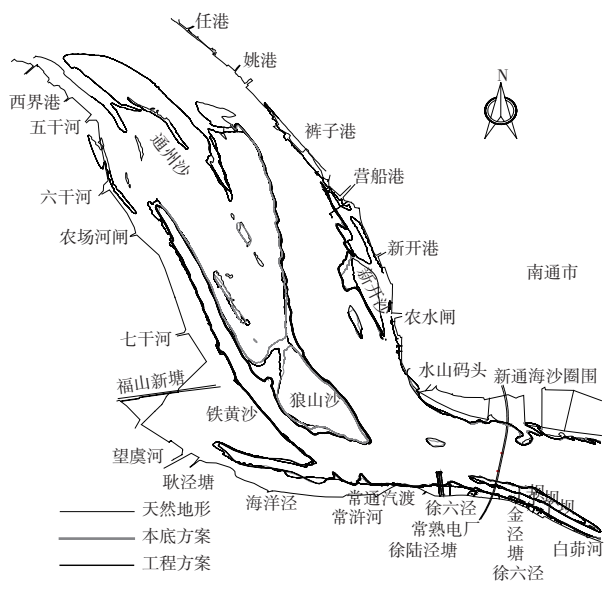


图8 工程方案5 m等深线在通州沙河段比较

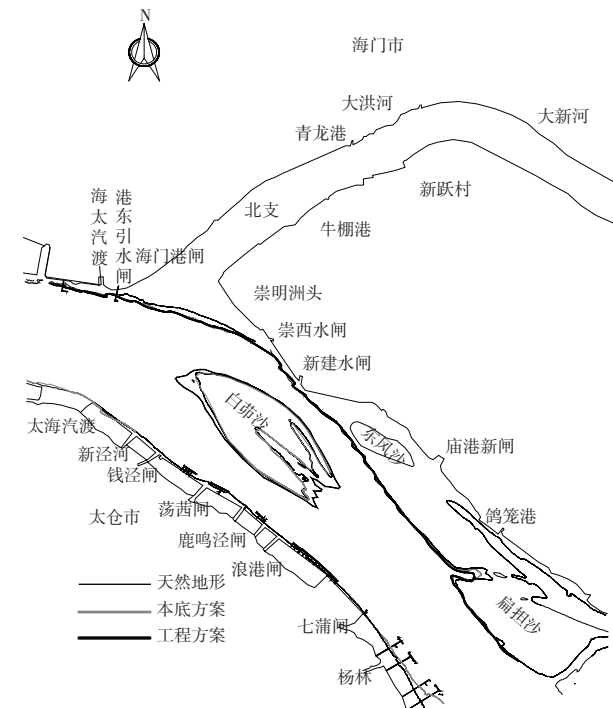


图9 工程方案5 m等深线在白茆沙河段比较

方案由于潜堤和齿坝之间发生淤积,导致白茆沙头部5 m线甚至上提了80 m左右。另外白茆沙滩面均出现一定淤积,白茆沙圈围堤头部内淤积不明显,主要出现在白茆沙中下部,工程方案中白茆沙沙体5 m以浅区域的区域淤积增加而冲刷量减小,平均净冲淤厚度由本底方案的净冲刷0.24 m转变为净淤积0.33 m。

4.3 甬沟封堵效果

本底方案中狼山沙甬沟会进一步冲刷发展,工程方案对甬沟实施封堵后基本遏制了这样的发展趋势,由原来的冲刷转变为淤积。

在本工程适当封堵狼山沙甬沟以削弱狼山沙甬沟的冲刷发展趋势,有助于实现工程“遏制不利趋势、维持洲滩关键部位的稳定”的整治目标。狼山沙甬沟封堵工程本身削弱了狼山沙甬沟的分流而增强狼山沙东水道的水流,而且狼山沙甬沟的进一步淤积增高,对落潮阻力进一步增加,将会更有利于狼山沙东水道局部碍航浅段的“导流、增深”,发挥航道治理作用。

5 结论

1) 本底方案试验表明,在没有任何工程措施的情况下,通州沙河段的通州沙和狼山沙左缘继续冲刷后退,狼山沙甬沟进一步冲刷发展,狼山沙东水道局部淤积。白茆沙河段继续呈现“南强

北弱”的分流格局,沙头南侧的小沙包进一步淤涨,不利于白茆沙南水道的航道稳定。

2) 工程方案中的通州沙工程均能起到较明显的沙体守护效果,通州沙顺堤和齿坝能遏制通州沙、狼山沙左缘的冲刷后退,并能遏制狼山沙甬沟的冲刷发展,发挥“导流增深”的作用,有利于狼山沙东水道碍航浅段的治理。

3) 工程方案中的白茆沙工程均能起到较明显的白茆沙沙体守护效果,能遏制沙头冲刷后退的趋势。工程方案对白茆沙头部南侧的小沙包有较明显的冲刷作用。

参考文献:

- [1] 刘杰,乐嘉海,胡志峰,等.长江口深水航道治理一期工程实施对北槽拦门沙的影响[J].海洋工程,2003(2): 58-64.
- [2] 谈泽炜,范期锦,高敏,等.长江口航道治理研究新进展[C].中国海洋工程学会.第十四届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集,2009: 891-900.
- [3] 高敏,顾峰峰,范期锦.长江口航道治理研究中数、物模技术的应用[J].水运工程,2011(11): 166-180.
- [4] 吴华林,刘高峰,贾晓.长江南京以下12.5 m深水航道一期工程初步设计物模试验研究报告[R].上海河口海岸科学试验中心,2011.

(本文编辑 武亚庆)

· 消 息 ·

中国港湾承建东南亚第一大跨海桥梁主桥合龙

4月21日,中国港湾承建的槟城第二跨海大桥(槟城二桥)主桥顺利合龙。

在合龙仪式上,马来西亚第二大桥有限公司和中国港湾槟城二桥项目负责人共同铲起一铲混凝土,注入大桥中心,宣告槟城二桥顺利合龙。此时,天空中绽放起漫天礼花,在场的中马双方领导、员工以及在场每一个人都怀着激动的心情共同见证了这一历史时刻,也共同见证了中马两国人民的深厚友谊。大桥建设历时5年,主桥的顺利合龙饱含了中港人辛勤的汗水。主桥合龙后,大桥将进入路基铺设、路面铺装、防撞栏安装等工作,预计于今年年底前通车。

槟城二桥为中马两国政府合作项目,由中国港湾以EPC方式总承包,合同额约合6.74亿美元。大桥位于槟岛海峡南部水域,连接槟岛东南部的巴都茅和威省的巴都加湾,全长22.5 km,其中跨海桥长16.5 km,设计为双塔三跨斜拉桥,建成后将成为东南亚最长跨海大桥。

摘编自《中国交通建设网》