

长江口上海段采砂工程对河道的综合影响分析

刘安民

(上海市堤防泵闸建设运行中心,上海市 200080)

摘要:为进一步稳定长江口河势、保护生态基底、维护深水航道、合理利用航道疏浚土资源,从有利于河势和航运等角度出发,横沙浅滩固沙保滩稳定河势工程先行段2023年采砂选择了长江口上海段规划可采区周边、横沙浅滩砂源区作为砂源区取砂。采用SWEM3D模型分析采砂前后工程区附近的流速、流场、潮位、潮量、分流比等变化,并从河势、防洪、航道通航等方面分析了采砂对河道的综合影响,论证采砂的可行性,通过分析得出本工程采砂对长江口河道不会造成影响。

关键词:长江口采砂;横沙浅滩;采砂对长江口河道影响分析

中图分类号: U616

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2024)08-0137-06

0 引言

为进一步稳定长江口河势、保护生态基底、维护深水航道、合理利用航道疏浚土资源,上海市决定实施横沙浅滩固沙保滩稳定河势工程。总体工程主要建设内容为新建南缘整治工程26.02 km,北缘护滩堤37.62 km,东西隔堤1道25.02 km,南北向隔堤3道共35.31 km,保护滩涂面积约300 km²。工程计划分3个阶段建设。其中,南缘整治工程26.02 km、北缘护底工程16.80 km及4座辅助平台、安全平台、导助航工程作为第一阶段的先行段先期建设。本工程为先行段2023年度工程,建设内容为南缘整治工程11 km,超前护底2 km;北沿护底10 km,超前护底2 km,同步实施1#~3#辅助平台,共需用砂225万m³。拟在长江口寻找砂源地,以满足工程建设的需要。

1 研究区域概况

1.1 河道基本情况

长江口上起徐六泾,下至河口原50号灯标,全长约181.8 km。长江口左岸为江苏省南通市,右岸为上海市与江苏省苏州市。江中的崇明岛为长江最大的江心洲,岛上主要为上海市崇明区,崇明北缘部分区域属于江苏省南通市海门区、启东市。长兴岛、横沙岛属于上海市崇明区。

长江口处于长江与海洋的连接地带,既受长江径流的影响,又受海洋潮汐的影响,属于中等强度的潮汐河口。潮区界位于大通附近,潮流界一般位于江阴附近。

长江口河道平面形态呈喇叭形,进口徐六泾处河宽约4.7 km,河口启东嘴至南汇嘴展宽至约90 km。徐六泾以下由崇明岛将长江分为南、北支。南支在吴淞口外又由长兴岛和横沙岛分为南、北港。南港在横沙岛尾右侧被九段沙分为南、北槽,共有北支、北港、北槽和南槽4个入海通道。

1.2 河床演变情况

影响长江口河道演变的主要因素是上游大洪水、上游河段河势变化、河道中暗沙众多且可冲易动、人工干预等。自长江口形成三级分汊、四口入海的河势格局以来,经过一百多年的自然演变加上人工干预,上游河段河势已基本稳定,长江口的多数暗沙已被人工控制,河势总体在向稳定的方向发展。与以往明显不同的是,长江口的来水来沙条件发生了明显改变。在这一背景下,预计长江口演变趋势如下。

(1)受入海泥沙总量持续维持较低水平的影响,南支将继续维持现有冲刷为主的演变趋势。

(2)狼山沙左缘已经实施了潜堤工程,徐六泾节点段主流南偏的趋势将会减缓,但白茆沙汉道段“南强北弱”的趋势还将持续一段时间。

(3)七丫口单侧节点无法有效控制主流流向。受上游白茆沙汉道“南强北弱”的影响,主流经七丫口节点挑流后,引起扁担沙右缘冲刷,南支主槽向北发展,

收稿日期:2024-02-07

作者简介:刘安民(1976—),男,硕士,工程师,主要从事水利工程管理工作。

河道展宽。若无人为干预,南支主槽向北发育的趋势还将延续。

(4)自然条件下,扁担沙右缘冲淤多变,水流周期性切割沙体形成分流北港新通道的趋势还将继续。

(5)南北港分流口目前已基本稳定。受白茆沙南水道发展的影响,北港分流已略超过南港,这一态势如无人工干预将继续维持,北港分流比有增加可能。

(6)南沙头通道(下段)已萎缩消亡,新浏河沙与瑞丰沙连为一体,南沙头通道(上段)与长兴岛南侧的涨潮沟贯通,南港上段将演变为双分汉型河道,瑞丰沙下沙体有重新淤涨发育的可能。北港内堡镇沙受冲北靠,北港逐渐向上段主流偏北、下段主流偏南的微弯型河道形态发展。

(7)九段沙与江亚南沙连为一体,总体形态相对稳定,但九段沙表面的串沟存在进一步发育的可能。南汇边滩将维持相对稳定,横沙浅滩滩面冲刷沟将沿北导堤继续向上游发展,威胁沙体稳定及北导堤安全。

1.3 工程概况

横沙浅滩固沙保滩稳定河势工程先行段 2023 年度共需用砂 225 万 m^3 ,建设时间为 2023 年 12 月至 2024 年 9 月。考虑到挖、运过程中的流失率,工程需取长江口河床砂约 280 万 m^3 。

根据长江采砂许可的有关规定,在长江河口采砂需进行采砂论证。本工程采砂实行“分年度论证,分年度报批”制度,按水文年进行审批,即 10 月 1 日一次年 9 月 30 日为 1 个水文年度,长江口上海段的禁采期为每年 5 月 1 日—9 月 30 日,以及河道水位超过警戒水位时。因此,本工程 2023 年度采砂时间为 2023 年 12 月 1 日—2024 年 4 月 30 日。图 1 为研究河段河势图。

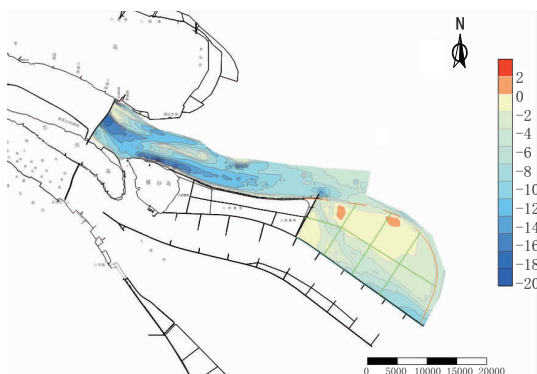


图 1 研究河段河势

2 采砂方案拟定

工程前期砂源勘察阶段在北港下段共勘察了 5 个砂源区,砂源勘探区位置示意图如图 2 所示。根据对各砂源区砂料土层分布、埋藏深度、砂料质量、砂料储量的分析,结合开采运输条件、河床演变、附近其他工程采砂后河床恢复情况等因素,最终选定北港潮流脊砂源区 1#、3# 采砂区,横沙浅滩砂源区 6#、7# 采砂区,互为主备选制定采砂方案,规划在北港潮流脊采砂 168 万 m^3 ,在横沙浅滩采砂 112 万 m^3 。框定 3# 采砂区、7# 采砂区作为首选采砂方案,框定 1# 采砂区、6# 采砂区作为备选采砂方案。



图 2 砂源勘探区位置示意图

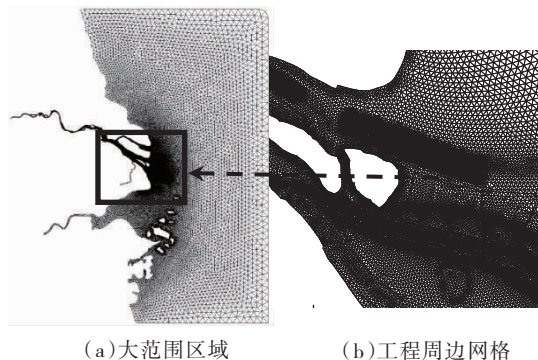
3 模型的建立

3.1 模型介绍

为研究采砂工程对河道河势演变的影响^[1-3],本文采用三维潮流泥沙数学模型 SWEM3D 进行水动力计算。

3.2 模型范围及计算参数

模型计算上游采用大通站的流量,下游潮汐边界控制。模型计算范围上游位于大通水文站,下游位于长江口陆架水域。本次三维水沙模型有 86 221 个网格节点,169 123 个网格单元(见图 3)。



(a)大范围区域 (b)工程周边网格

图 3 模型计算网格

南支北港部分采用 2020 年 8 月实测 1 : 10 000 地形,南北槽为 2021 年 8 月实测 1 : 10 000 地形;

北港局部采用 2022 年地形;地形高程及计算潮位均采用吴淞基面(见图 4)。

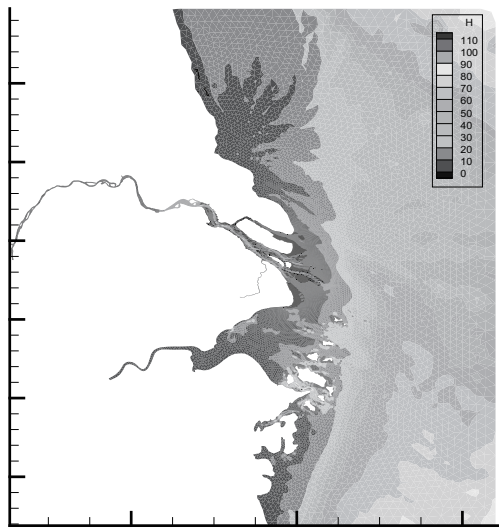


图 4 模型计算概化地形

模型计算步长取 60 s, 追踪分步长为 2~20 步;垂向分层采用 6 层;干滩最小水深取为 0.2 m;水平向大涡模拟计算参数取值 0.1。

3.3 模型率定和验证

数学模型模拟计算中,一般先用研究水域近年来的实测水文资料对模型进行率定后,确定模型的主要参数。在此基础上,再用近期研究水域另一次的水文资料,对模型率定后的参数进行验证。若验证效果满足规程规范的要求,则视为该模型可用于对应的模拟分析研究。为此,本文利用近年来两次水文资料对所建立的模型进行了率定和验证。在此基础上,利用经过率定和验证的符合精度要求的长江口潮流数学模型,就长江口上海段采砂工程的实施对河道的综合影响进行模拟和预测分析。此外,本文所述及的采砂工程目前尚在实施过程中,尚无该采砂工程的实测水文资料。后续,若该采砂工程实施完成后,根据要求开展的相关水文测验数据,可作为该采砂工程实施影响的后评估工作基础,开展后评估工作和分析研究。

模型率定采用 2020 年 3 月实测水文资料。潮位率定选徐六泾、白茆、吴淞、共青圩、六潏、横沙、北槽中、牛皮礁、鸡骨礁、南槽东等常规潮位站的实测潮位过程,流速率定选用同一时间段 CS05 等测点的实测流速、流向资料。模型验证采用 2020 年 8 月实测资料,潮位验证选用中浚、南槽东等常规潮位站的实测潮位过程,流速率定选用同一时间段测点的实测流速、流向资料。

由图 5 至图 10 可见,计算潮位过程与实测潮位

过程幅值和相位吻合较好,计算流速、流向过程与实测流速、流向过程幅值和相位吻合均较好,模型模拟精度满足相关规程规范的要求,可用于本文的分析研究。

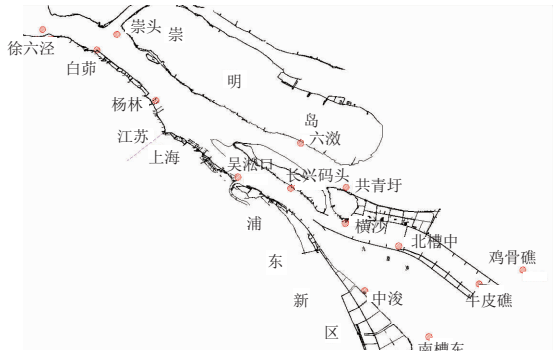


图 5 率定和验证潮位站分布示意图

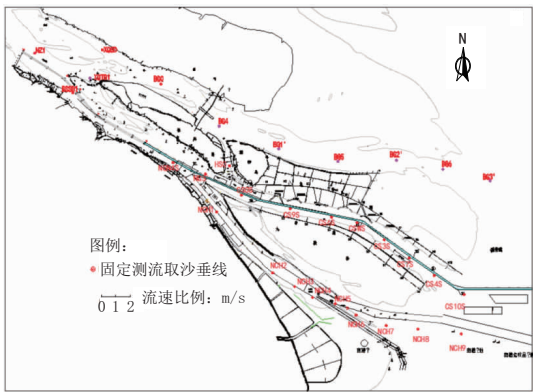


图 6 2020 年 3 月固定流速测点位置示意图

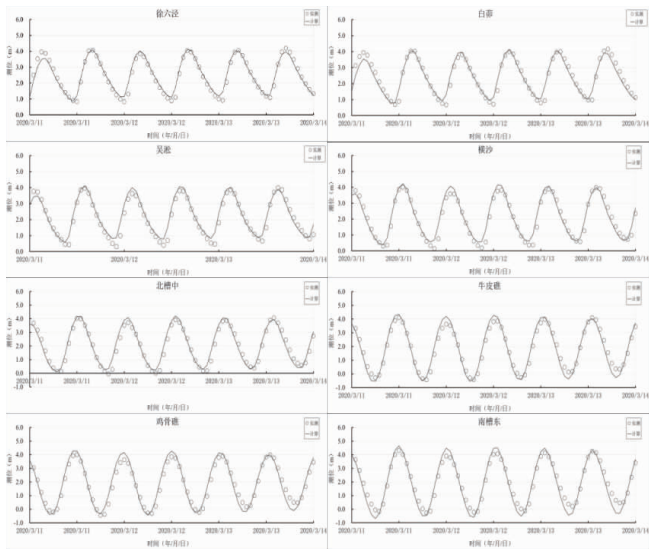


图 7 2020 年 3 月潮位率定效果

3.4 模型计算流态

图 11 和图 12 为计算河段涨急及落急时刻流场图。从图中可以看出计算范围内深槽、滩地流速大小对比分明,各汊道分流、汇流区域流态较合理,基本符合长江口地区的潮流运动特性。

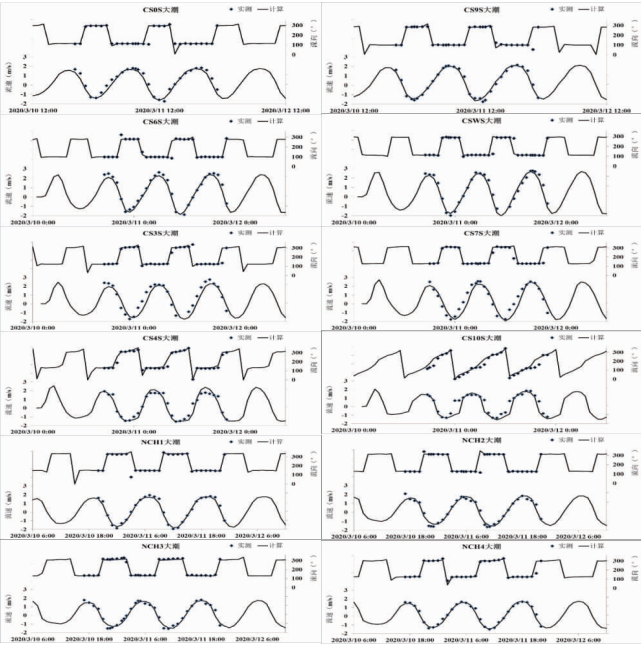


图8 2020年3月流速流向率定效果

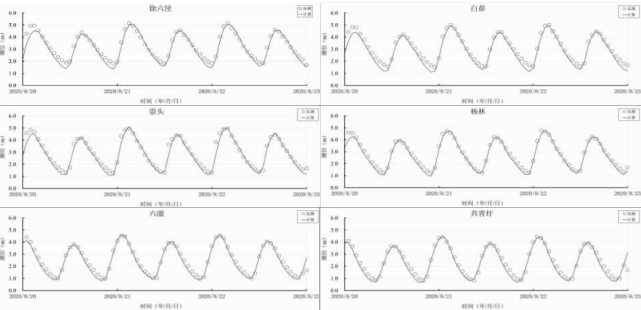


图9 2020年8月潮位验证效果

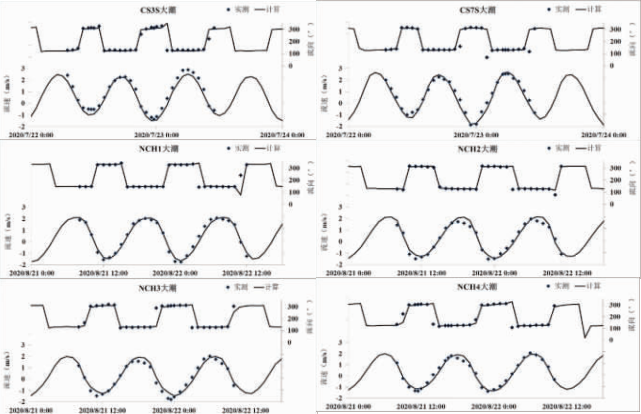


图10 2020年8月流速流向验证效果

3.5 计算方案

计算方案见表1和图13。

4 计算结果与分析

4.1 河势稳定影响分析

计算分析(见表2)如下。

(1)首选方案情况下,采砂工程对工程水域涨落急流速影响较小。其中,在采砂区域上下游1 km 范

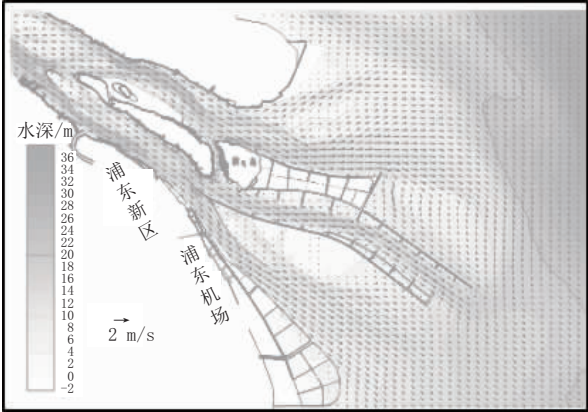


图11 计算河段落急时刻流场

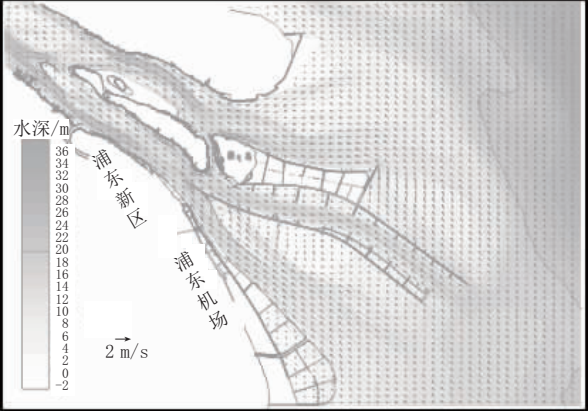


图12 计算河段涨急时刻流场

表1 计算工况及条件说明

编号	方案名称	采砂方案说明
方案1	首选方案	首选采砂区一,表层平均剥离厚度0.6 m,平均采砂厚度2.4 m,总开采厚度3.0 m,开采控制底高程-14.0 m;
		首选采砂区二,表层平均剥离厚度0.25 m,平均采砂厚度1.75 m,总开采厚度2.0m,开采控制底高程-6.0 m
方案2	备选方案	备选采砂区一,表层平均剥离厚度0.6 m,平均采砂厚度2.4 m,总开采厚度3.0 m,开采控制底高程-14.0 m;
		备选采砂区二,表层平均剥离厚度0.25 m,平均采砂厚度1.75 m,总开采厚度2.0 m,开采控制底高程-6.5 m

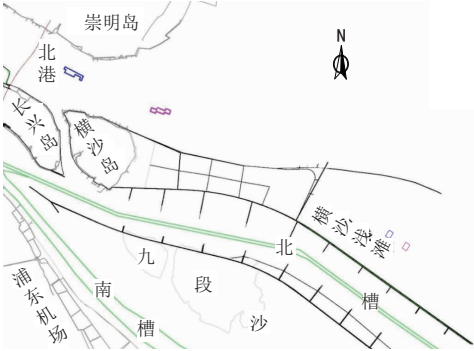


图13 2023年工程采砂区域位置示意图

围内,落急流速增幅在0.2 m/s 以内,落急流速的减幅为0.1 m/s 以内,在采砂水域内,落急流速减少相

表 2 计算水文条件下涨落急流速变化 单位:m/s

站位	落急			涨急		
	本底方案	方案 1 变化	方案 2 变化	本底方案	方案 1 变化	方案 2 变化
NZ1#	1.68	0.00	0.00	1.58	0.00	0.00
XQSD#	1.27	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00
BSSD1#	1.92	0.00	0.00	1.85	0.00	0.00
XQTD1#	1.57	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00
BG0#	1.98	0.01	0.00	1.66	0.00	0.00
BG4#	1.70	-0.01	0.00	1.42	-0.01	0.00
BG1'#	2.00	-0.06	0.00	1.44	-0.04	0.00
BG5#	2.04	0.01	0.00	1.27	0.00	0.00
BG2'#	1.98	0.01	0.00	1.35	0.00	0.01
BG6#	1.63	0.00	0.00	1.22	0.00	0.00
BG3'#	1.14	0.00	-0.01	0.83	0.00	0.00
NGN4S#	1.73	0.00	0.00	1.58	0.00	0.00
NG3'#	1.66	0.00	0.00	1.47	0.00	0.00
HS0#	0.82	-0.01	0.00	1.15	-0.01	0.00
CS0S#	1.97	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00
CS9S#	2.20	0.00	0.00	1.71	0.00	0.00
CS6S#	2.39	0.00	0.00	1.49	0.00	0.00
CSWS#	2.51	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00
CS3S#	2.61	0.00	0.00	1.50	0.00	-0.01
CS7S#	2.28	0.00	0.00	1.65	0.00	-0.01
CS4S#	1.98	0.00	0.00	1.37	0.00	0.00
CS10S#	1.51	0.00	0.00	1.47	0.00	0.00
NCH1#	1.89	0.00	0.00	1.75	0.00	0.00
NCH2#	2.15	0.00	0.00	1.71	0.00	0.00
NCH3#	1.95	0.00	0.00	1.37	0.00	0.00
NCH4#	1.85	0.00	0.00	1.34	0.00	0.00
NCH5#	1.79	0.00	0.00	1.44	0.00	0.00
NCH6#	1.77	0.00	0.00	1.47	0.00	0.00
NCH7#	1.35	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00
NCH8#	1.30	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00
NCH9#	1.26	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00

对较明显,落急流速减幅约在 0.5 m/s 以内。其余水域,工程实施后,落急流速变化在 0.05 m/s 以内。

(2)备选方案情况下,采砂工程对工程水域涨落急流速影响较小。其中,在采砂区域上下游 1 km 范围内,落急流速增幅在 0.2 m/s 以内,落急流速的减幅为 0.1 m/s 以内,在采砂水域内,落急流速减少相对较明显,落急流速减幅约在 0.4 m/s 以内。其余水域,工程实施后,落急流速变化在 0.05 m/s 以内。

(3)采砂工程实施对周边涨落潮量及汉道分流比影响小。涨落潮量的变化仅在 0.11%以内。工程引起的南北港、南北槽汉道分流比变化均在 0.03%以内。

(4)考虑长江口上海段同期实施的小洋北、大芦线和横沙浅滩工程采砂的综合影响。计算结果表明,3 个采砂活动同时作业的情况下,北港、北槽涨落潮量的变化仅在 0.28%以内,南北港、南北槽汉道分流

比变化均在 0.07% 以内。

4.2 防洪安全影响分析

采用 1998 年洪水、9711 风暴潮两种水文条件计算分析表明:采砂工程实施后,周边沿岸站点涨落急流速影响很小,涨落急流速变化均在 0.05 m/s 以内。工程对沿岸站点高、低潮位无影响。周边沿岸站点的涨落急流速和潮位无变化。工程实施后,周边河道涨落潮分流比变化均在 0.41% 以内。因此,采砂方案的实施不会对周边沿岸防洪安全造成影响。

4.3 航道通航条件影响分析

采用洪季、枯季两种水文条件计算分析表明:

(1)采砂方案的实施对周边航道涨落急动力基本无影响。工程实施后,航道水域涨落急流速变化在 0.02 m/s 以内,涨落急流向变化在 0.6 度以内。

(2)采砂工程对周边潮位影响小,仅在采砂区和紧邻采砂水域上游及下游水域,潮位变幅在 0.05 m 以内。其余水域,高、低潮位变化均在 0.01 m 以内。

5 结 语

(1)横沙浅滩固沙保滩稳定河势工程先行段 2023 年度需砂量为 225 万 m^3 。采砂时间为 2023 年 12 月 1 日至 2024 年 4 月 30 日。考虑到挖、运过程中的流失率,工程需取长江口河床砂约 280 万 m^3 。

(2)本工程将位于北港潮流脊的 1# 砂源区、3# 砂源区和位于横沙浅滩库内的 6# 砂源区、7# 砂源

区,互为主备选采砂区制定采砂方案,规划在北港潮流脊采砂 168 万 m^3 ,在横沙浅滩采砂 112 万 m^3 。从砂质、砂量上看,主选采砂区占优。从开采条件、运输条件上看,主选采砂区占优。从采砂对河势、防洪、航道通航等的影响上看,主选采砂区方案和备选方案无明显差异。综合考虑,框定 3#、7# 采砂区作为首选采砂方案,1#、6# 采砂区为备选采砂方案。

(3)采用三维潮流泥沙数学模型 SWEM3D,设置计算边界上游为大通水文站、下游为长江口陆架水域,建立了适合工程所在河段的三维水沙数学模型并进行了详细验证。验证结果表明,该模型模拟精度基本能满足计算要求,可用于拟建采砂方案河势、防洪、航道影响评价等计算研究。

(4)对首选、备选采砂方案两种工况下的数学模型计算结果表明,采砂工程影响局限在采砂区附近,采砂对工程所在河段河势、防洪、航道等影响均较小。

参考文献:

- [1] 吴祥华,李玉中.浦东机场跑道工程江砂开采及对河道的影响[J].人民长江,2005,36(11):3-5.
- [2] 王世安,张波.河道采砂对河道河势及环境的影响[J].东北水利水电,2006,24(4):31-32,34.
- [3] 徐毅,王茂枚,朱昊,等.多个采砂工程对长江下游局部河段河势影响[J].水利水电技术,2021,52(6):117-129.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com