



沿江大型挖入式港池码头规划布置方案研究

董焱赫¹, 陈羿名², 金哲飞¹, 黄力¹

(1. 交通运输部规划研究院, 北京 100028; 2. 长江科学院, 湖北 武汉 430010)

摘要: 以无锡(江阴)港东江作业区规划方案为例, 结合区域地形、水文、通航、行洪等要素制约条件, 从作业区水陆域匹配性、通航环境影响、行洪影响、预留长远发展条件等方面提出在复杂环境下, 沿江大型挖入式港池码头规划布置方案的论证比选方法, 并采用二维数学模型分析挖入式港池规划方案实施对工程区域、主航道、分汊河段的水流及淤积影响。结果表明, 推荐规划方案对主航道流速变化影响在 0.05 m/s 以内, 年回淤影响比例在 5% 以内, 对河道分流比变化影响在 0.15% 以内。沿江挖入式港池布置方案具有码头岸线长度长、泊位组合灵活、主航道通航影响小、行洪阻水影响小等优点; 挖入式港池布置方案对水流及淤积的影响范围主要在港池口门附近, 营运期需要关注港池口门的回淤情况, 可采用定期扫床、监测及疏浚等措施进行维护。

关键词: 东江作业区; 挖入式港池; 规划; 布置方案; 水流; 淤积; 二维数学模型

中图分类号: U651

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2026)04-0082-08

Planning layout scheme of riverside large-scale excavated harbor basin terminals

DONG Yanhe¹, CHEN Yiming², JIN Zhefei¹, HUANG Li¹

(1. Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport, Beijing 100028, China;

2. Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: Taking the planning scheme of Dongjiang operation district of Wuxi(Jiangyin)Port as an example, we combine with area terrain, hydrology, navigation and flood conditions, from the perspectives of land-water compatibility, impacts on navigational environment, flood discharge effects, and provisions for long-term development conditions, and propose the evaluation and comparison method for the planning layout scheme of riverside large-scale excavated harbor basin terminals. Then we adopt 2D mathematical model to analyze the influence of the layout excavated harbor basin on the water flow and siltation in the engineering area, the main channel and the divaricating channel. The results show that the recommended planning scheme exerts an impact on the main channel flow velocity variation within 0.05 m/s, annual sedimentation proportion within 5%, and ratio of flow diversion change rate within 0.15%. The scheme of riverside excavated harbor basin terminals has the advantages of long quay length, flexible berth arrangement, small impact on the main channel navigation, small impact on flood prevention. The influence of flow and siltation on riverside excavated harbor basin scheme is mainly in the entrance of the basin and its surrounding areas. It is necessary to pay attention to the siltation situation at the entrance of the basin, and maintenance measure such as bed sweeping, monitoring and dredging should be adopted during the operation period.

Keywords: Dongjiang operation district; excavated harbor basin; planning; layout scheme; water flow; sedimentation; 2D mathematical model

随着内河航道通航条件改善以及传统产业逐步向内陆腹地转移, 内河港口陆续启动了新一轮

规划的编制, 并积极开展沿江新港区的规划研究工作, 急需建设新码头以增加运力, 服务产业发

收稿日期: 2025-08-04 录用日期: 2025-09-29

作者简介: 董焱赫(1987—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水运行业政策研究、规划、设计与咨询工作。

展及枢纽建设。目前,已有沿江码头的平面布置多以顺岸布置为主,受生态环境、通航安全及行洪安全等制约,以长江、西江航运干线为代表的航运主通道沿江码头岸线资源总体紧张,优良港口岸线已基本被利用,新港址规划方案往往面临复杂的要素制约条件,需要因地制宜进行综合考虑,从而沿江挖入式港池规划布置方案的研究被陆续提出。

罗健等^[1]针对长江下游水水中转需求提出适当加大支叉河口口门宽度作为驳船岸线,并研究进出两码头之间的挖入式港池口门宽度取值;王伟等^[2]以周口港为例,介绍一种挖入式港池设计方案;易坚浩^[3]在常规挖入式港池布置方案的基础上,提出一种内河复合式港池布置方案,增加了泊位数量;王剑楠等^[4]采用非恒定流模拟了挖入式港池周边河道的洪水演进过程,定量分析挖入式港池布置对泄洪能力的影响,得出港池参与河段行洪作用较小,对河道行洪不会产生明显不利影响的结论。现有研究缺少对于方案确立过程的论证和研究,数学模型研究范围多聚焦于工程区域自身的研究,鲜见对主航道、分汊河段流速、分流比及回淤影响的分析。

本文以无锡(江阴)港东江作业区规划方案为例,提出复杂环境下沿江大型挖入式港池码头规划布置方案的论证比选方法,采用数学模型分析挖入式港池规划方案实施对工程区域、主航道、分汊河段的水流及淤积影响,旨在为挖入式港池规划方案确立过程的论证和研究提供参考。

1 区域概况

无锡(江阴)港长山港区东江作业区位于江阴市长江沿线最下游,自然岸线长度约1.7 km,紧邻苏州张家港市,是江阴市可供集中开发的最后一段港口岸线。码头前沿为福姜沙进口段南侧福姜沙南水道,陆域后方为长山山体。区域中心为分布有洲滩,洲滩面积约28万 m^2 ,平均高程约1.5 m,低于平均潮位,洲滩周边水域狭窄,平均水深约5 m,现状单向通航3 000吨级以下船舶,周边陆域总体呈U形布置,西侧陆域面积约13万 m^2 ,高程5.0~6.5 m,东侧陆域面积约18万 m^2 ,现状高程为5.0~7.0 m,中部陆域面积约60万 m^2 ,现状高程6.0~8.0 m,中部陆域后方为长山山体,山体后方道路与主干路网衔接,见图1。

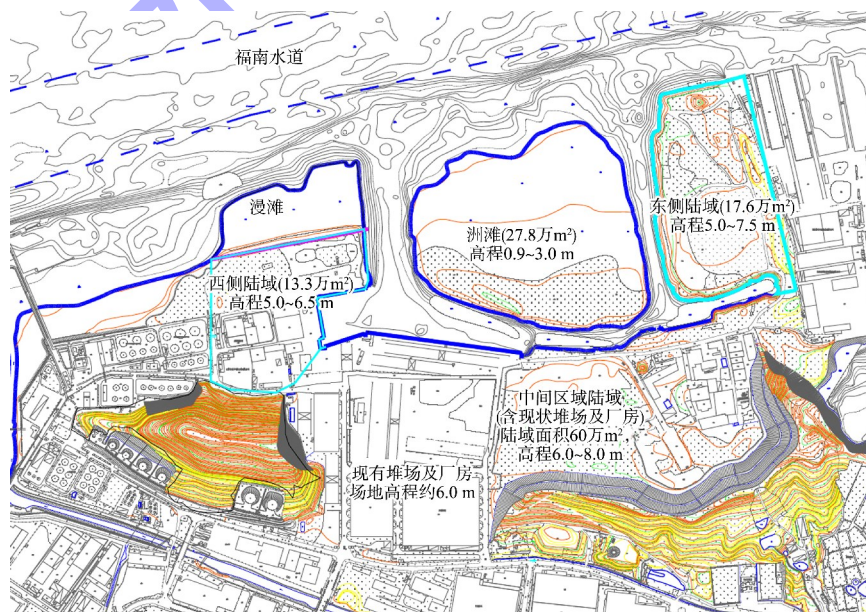


图1 东江作业区水陆域地形

Fig. 1 Water and land topography of Dongjiang operation district

规划作业区前沿为福姜沙南水道，航道宽度为 200 m，水深为 10.5 m，航道为进出苏州张家港沿线码头的重要航道，航路繁忙。东江作业区距离福姜沙汉道口约 3 km，现状左右汉分流比长期稳定在 4:1 左右，左右岸深槽稳定。

2 总平面布置论证

2.1 规划功能定位

东江作业区主要服务本地产业原料和产成品上下水和水水中转^[5]，结合功能定位及航道条件，作业区最大靠泊 5 万吨级及以下集装箱船、4 万吨级及以下杂货船，并满足长江中上游及京杭运河沿线内河船舶靠泊需要^[6]。预测东江作业区货物吞吐量为 1 200 万 t^[7]，主要货类包括以钢材、装备制造等为主的件杂货，以服装等轻工产品和零配件为主的集装箱等，泊位性质为多用途、件杂货泊位。

2.2 平面布置方案演化论证

规划范围周边航道繁忙，中心有洲滩，陆域受后方长山山体限制，水陆域条件复杂，规划布置方案可考虑顺岸式布置、突堤式布置和挖入式港池布置 3 种类型。本文主要从作业区水陆域匹配性、通航环境影响、行洪影响、预留长远发展条件等方面进行对比分析。

根据运输需求分析，预测东江作业区货物吞吐量为 1 200 万 t，按照堆存期 7~15 d，堆场及仓库面积占陆域面积 70%，估算需要陆域面积 65 万~95 万 m²。作业区上游为长山港区油码头，下游为张家港船厂码头，根据 JTS 180-4—2020《长江干线通航标准》^[8]要求，规划大泊位前沿线应与上下游码头总体顺直。

若采用顺岸式布置，可形成连片码头长度约 1.7 km，满足 3 艘 5 万吨级集装箱船及 3 艘 4 万吨级杂货船同时靠泊，但顺岸式布置泊位长度小，且需要兼顾大小船型靠泊，适应性较差；顺岸式布置方案均需占用福南水道进行船舶掉头作业，目前福姜沙南水道中丰水期日均通过船舶约 100 艘，以货船为主，高峰期可达到 30 艘/h，顺岸布置对航道通航影响较大。顺岸式布置陆域如不回填洲滩，可利用面积约 110 万 m²，如陆域回填中心洲滩及周边水域，可形成陆域总面积约 140 万 m²，码头陆域纵深约 800 m，见图 2。如利用现有陆域，U 形陆域与顺岸码头运输组织匹配性较差。采用陆域回填布置运输组织最优，陆域条件最好，但由于码头能力限制，陆域能力难以充分发挥，且陆域回填缩窄了河道行洪断面，增大阻水效应，影响福江沙南北水道分流比，对行洪安全产生不利影响，不具备可实施性。

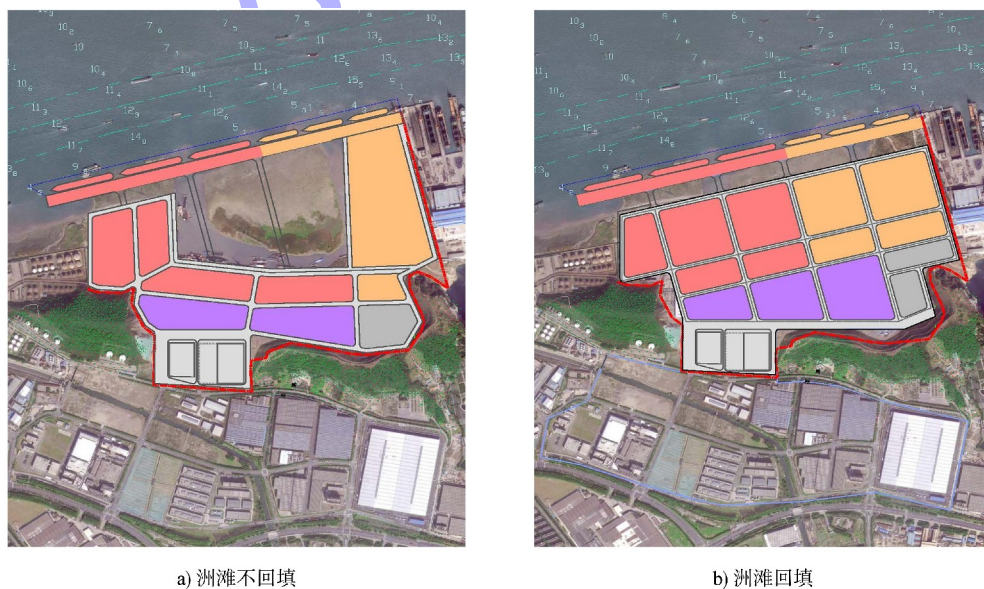


图 2 顺岸式规划方案

Fig. 2 Planning scheme of alongshore layout

若采用挖入式布置, 包括突堤式布置和挖入式港池布置, 见图 3。突堤式布置在内港池中部延伸突堤至水域, 形成两个小港池, 港池宽度约 300 m, 该布置可在 1.7 km 的岸线范围内形成泊位长度约 3.9 km, 陆域纵深 350~600 m, 陆域面积约 110 万 m²; 挖入式港池布置可形成码头泊位长度约 2.9 km, 港池宽度约 640 m, 陆域面积与突堤式布置基本一致。突堤式布置码头通过能力最大, 但陆域面积难以匹配码头通过能力, 该方案 2 万吨级以下船舶可在内港池掉头, 大型船舶需要在港池外掉头, 占用福姜沙南航道, 同时, 港池中部突堤将内港

池进行分割, 制约港池发展空间。挖入式港池布置船舶可在内港池掉头, 对主航道通航影响较小, 挖除中心浅滩不影响河道阻水, 同时, 港池宽度满足 5 万吨级船舶掉头需求, 为未来发展预留空间。

评估各方案水陆域匹配性, 对于顺岸式布置, 码头能力略小于运输需求, 如利用现有陆域, 顺岸码头与 U 形陆域匹配性较差, 如陆域回填, 受制于码头长度, 陆域能力难以充分发挥; 突堤式布置受制于陆域面积, 码头能力难以充分发挥; 挖入式港池布置码头与陆域布置和能力匹配性均较好, 且满足运输需求, 见表 1。

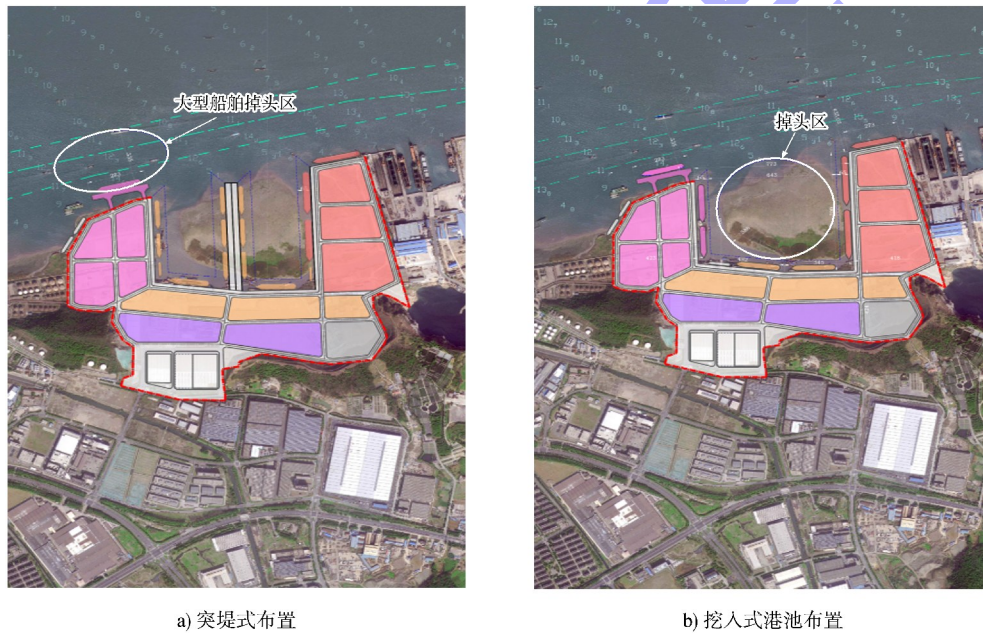


图 3 突堤式与挖入式港池布置对比

Fig. 3 Comparison between pier type and excavated harbor basin type

表 1 各方案水陆域匹配分析

Tab. 1 Analysis of matching of water and land capabilities for different schemes

方案	作业区吞吐量需求/万 t	陆域面积需求/万 m ²	码头通过能力/万 t	规划陆域面积/万 m ²	水陆域匹配性
顺岸式(不回填)	1 200	65~95	1 185	110	差
顺岸式(回填)	1 200	65~95	1 185	140	良
突堤式	1 200	65~95	1 700	110	良
挖入式港池	1 200	65~95	1 460	110	优

从水陆域匹配性、通航环境影响、行洪影响、长远发展适应性角度, 以“优、良、差”进行综合评

估, 结果见表 2。通过比选, 在相同输入条件下, 对于规划区域, 挖入式港池规划布置形式更合理。

表 2 规划方案适应性评估结果

Tab. 2 Adaptability assessment results of planning schemes

方案	水陆域匹配性	对主航道通航影响	对行洪影响	长远发展预留条件
顺岸式(不回填)	差	差	良	差
顺岸式(回填)	良	差	差	良
突堤式	良	良	优	差
挖入式港池	优	优	优	优

2.3 推荐规划方案

东江作业区采用挖入式港池和大小泊位结合布置的规划方案(简称“推荐规划方案”),泊位长

度 2.9 km,上游临江侧布置 3 个 4 万吨级件杂货码头泊位,泊位长度 680 m;下游侧布置 1 个 5 万吨级集装箱泊位,泊位长度 383 m,上下游侧码头前沿线保持一致。内港池宽 638 m,共布置 10 个 5 000~20 000 吨级泊位,港池为未来 5 万吨级船舶掉头预留空间条件。港池周边陆域纵深 350~600 m,设置件杂货堆场、集装箱堆场和散货堆场,并设置临港加工区及生产及生活辅助建筑区,见图 4。为进一步分析挖入式港池方案对周边水流和回淤影响,本文对该方案开展水流和泥沙数学模型计算。



图 4 东江作业区规划布置方案

Fig. 4 Planning layout scheme of DongJiang operation district

3 推荐规划方案水流影响分析

3.1 研究内容及输入条件确定

采用 MIKE21 开展二维水沙模型分析,根据水流、泥沙运动、扩散传播基本理论,建立水流连续和运动方程、泥沙输移和河床冲淤变形方程,其中水流连续和运动方程采用基于质量守恒和动量守恒定理的 Navier-Stokes 方程组的水深平均平面二维浅水环流方程,河床变形受悬移质和推移质共同作用,根据沙量守恒原则确定方程^[9-10]。二维数学模型计算河段范围选取为上起江阴十圩港,下止太子圩港口,全长约 30 km。为适应河道边界,采用河道贴体正交曲线网格形式对计算河段区域进行网格划分,并通过实测全潮过程资料以

及福姜沙现状分流量对模型数据进行率定和验证。

为尽可能地反映推荐规划方案对工程河段水流的影响,数学模型计算采用防洪设计流量、多年平均洪峰流量、多年平均流量和枯水流量,共 4 组典型水流边界条件,见表 3。根据工程所在位置,出口控制水位采用肖山和天生港插值得出。

表 3 推荐规划方案计算水流条件

Tab. 3 Calculation flow conditions of recommended planning scheme

流量类型	工程河段流量/(万 m ³ ·s ⁻¹)	出口控制水位/m
防洪设计流量	10.04	5.05(极端高水位)
多年平均洪峰流量	5.85	3.36(高潮位)
多年平均流量	2.87	1.08(平均中潮位)
枯水流量	1.10	0.18(平均低潮位)

3.2 推荐规划方案对流速的影响

分析推荐规划方案实施后流速变化情况, 作业区采用挖入式布置, 使得工程河段河面加宽, 产生一定绕流作用, 作业区陆域前沿、口门处、上下游局部水域流速减小, 最大减小流速约 0.22 m/s; 作业区港池内由于疏浚纳流能力增强, 流速以增为主, 最大增加值约 0.24 m/s。流速减小的影响范围主要集中在工程上游 100 m—工程下游 1 100 m 和作业区前沿外侧 300 m 之间的近岸水域内, 见图 5。

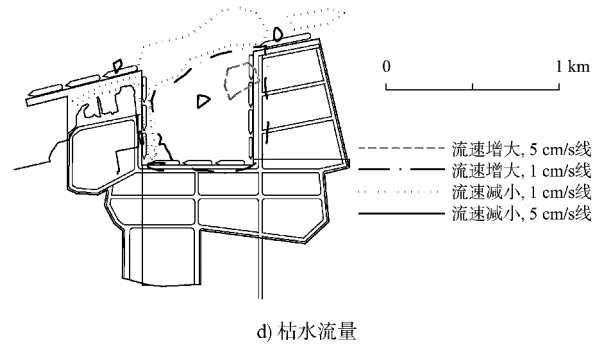
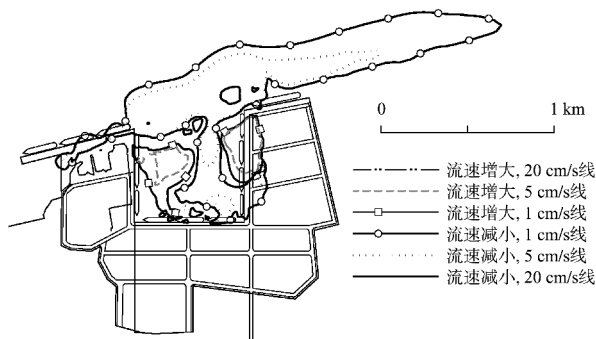
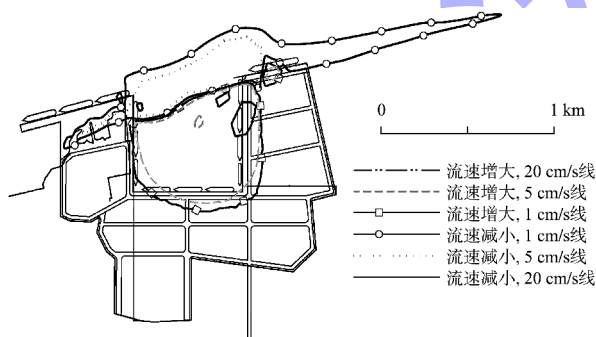


图 5 推荐规划方案实施后流速变化

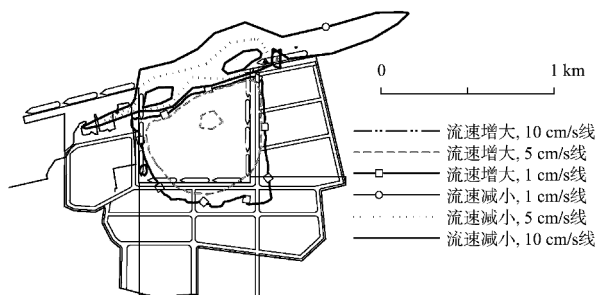
Fig. 5 Velocity variation after implementation of recommended planning scheme



a) 防洪设计流量



b) 多年平均洪峰流量



c) 多年平均流量

3.3 推荐规划方案对主航道流态影响分析

推荐规划方案对外侧福姜沙南水道主航槽流速变化较小, 变化值 $-0.042 \sim 0.003$ m/s, 主河槽水域流向没有明显变化。推荐规划方案实施后福姜沙右汊分流比变化见表 4。可以看出, 无方案时, 福姜沙右汊分流比为 18.45%~19.02%, 方案实施后减小 0.07%~0.12%, 分流比影响较小, 基本不影响汊道两侧通航断面。

表 4 推荐规划方案实施后福姜沙右汊分流比变化
Tab. 4 Flow diversion ratio of Fujiangsha after implementation of recommended planning scheme

流量类型	工程前分流比/%	工程后分流比变化值/%
防洪设计流量	18.45	-0.12
多年平均洪峰流量	18.50	-0.10
多年平均流量	18.91	-0.08
枯水流量	19.02	-0.07

4 推荐规划方案回淤影响分析

4.1 研究内容及输入条件确定

采用动床泥沙数学模型进行分析, 模型计算河段范围和采用地形图与水流模型一致。为尽可能地反映出推荐规划方案在不同来水来沙条件下对区域河势的影响, 并结合三峡工程蓄水运用以来的水沙情势, 本文在泥沙数学模型计算时, 选择淤积典型年 2005 年(中水中沙)、冲刷典型年 1998 年(大水中沙)和系列年 2017—2021 年(共 5 年)

共3组不同类型水沙条件作为河床冲淤影响数模计算水沙条件,见表5。

表5 大通站计算泥沙条件特征值
Tab.5 Sediment condition characteristic value for calculation of Datong hydrological station

类型	年份	年径流量/ 亿 m ³	年输沙量/ 亿 t	年均流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	年均含沙量/ (kg·m ⁻³)
淤积年	2005	9 020	2.16	28 600	0.239
冲刷年	1998	12 440	4.01	39 400	0.322
系列年	2017	9 378	1.04	30 160	0.118
	2018	8 028	0.83		
	2019	9 334	1.05		
	2020	11 170	1.64		
2021	9 646	1.02			
多年平均	2003—2013	8 320	1.42	26 400	0.171

4.2 回淤影响分析

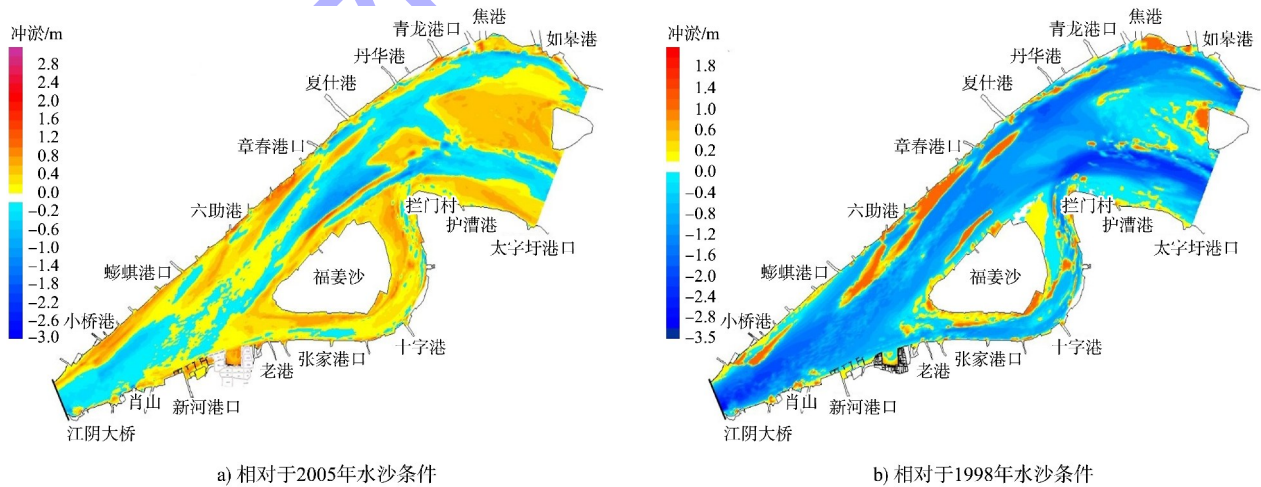
无方案情况下,2005水沙条件下福南水道右汉段冲淤情况约500万m³/a,进口段75m³/a;1998年水沙条件下福南水道右汉段冲淤情况约-420万m³/a,进口段-195m³/a;系列年(2017—2021年)条件下福南水道右汉段冲淤情况约760万m³/a,进口段62m³/a。

推荐规划方案冲淤影响综合对比见表6,推荐规划方案冲淤分布对比见图6。推荐规划方案实施后,在不同来水来沙条件下,推荐规划方案对周边河床冲淤总体影响比例在-4.1%~2.6%,推荐规划方案对于福姜沙左汉及右汉段冲淤影响均较小,河床冲淤变幅相对较大部位主要位于作业区前沿,以淤积为主,需要在建设及运营期重点关注。

表6 推荐规划方案冲淤影响综合对比

Tab.6 Comprehensive comparison of sedimentation and scour effects of recommended planning scheme

类别	分段冲淤量/万 m ³			港池区域回淤量/万 m ³		河床冲淤幅度/m	
	福北水道	福南水道进口段	福姜沙南汉	口门水域	港池内	主航道	口门前沿区域
2005年 (典型淤积年)	多冲刷 13.1	多淤积 13.9	多淤积 4.1	7.6 (回淤率 16.11%)	35.32 (回淤率 7.50%)	-0.2~0.4	0.4~1.0
1998年 (典型冲刷年)	多冲刷 52.4	少冲刷 17.6	少冲刷 32.5	-3.42	12.38 (回淤率 2.63%)	-0.7~-0.3	-0.6~-0.2
系列年 (多年累计)	多冲刷 42.3	多淤积 27.8	多淤积 13.1	10.05 (回淤率 21.30%)	60.32 (回淤率 12.81%)	-1.0~1.2	0.2~2.1



注:冲刷为负,淤积为正。

图6 推荐规划方案冲淤分布对比

Fig.6 Comparison of sedimentation and scour layout of recommended planning scheme

5 结语

1) 本文针对沿江复杂水陆域条件下的新港区规划平面布置,从水陆域匹配性、通航环境影响、行洪影响、长远发展适应性4个维度,提出顺岸式布置、突堤式布置、挖入式港池布置等多方案的评估和论证思路,为相关规划研究工作提供借鉴。

2) 沿江挖入式港池布置方案具有码头岸线长度长、泊位组合灵活、主航道通航影响小、行洪阻水影响小等优点,具有良好的可实施性。根据二维水流泥沙研究结论,沿江挖入式港池布置方案实施后主航道流速变化幅度 $-0.042 \sim 0.003$ m/s,流向基本没有变化;福姜沙分流比变化幅度为 $0.07\% \sim 0.12\%$;福南水道主航道回淤影响比例为 $-4.1\% \sim 2.6\%$,年冲淤幅度在 $-0.7 \sim 0.4$ m,且 -10 m等深线总体保持稳定;推荐规划方案对航道流速、流态、航槽冲淤、主航道河汉分流比及深泓线影响均不大。

3) 挖入港池布置方案口门处及前沿河段容易产生淤积,建议在开展沿江挖入式港池规划方案研究中,同步开展水流泥沙数学或物理模型研究,关注泥沙回淤影响,提出补救措施建议,可采取加强河道地形及汉道分流比监测,主要包括水下地形、冲淤位置、冲淤面积及冲淤深度等;结合监测情况,定期开展维护性疏浚;在兼顾码头前沿横流条件的前提下,采取减小工程阻水的结构形式,降低对主水道入流的影响。

参考文献:

- [1] 罗健,程凯.长江下游地区挖入式港池口门宽度的计算方法[J].水运工程,2011(3):67-70.
LUO J, CHENG K. Calculation methods for the channel

width of excavated-in harbor basin in the Yangtze River region [J]. Port & waterway engineering, 2011 (3): 67-70.

- [2] 王伟,程咏.内河挖入式港池的应用及港池回淤问题研究[J].中国水运,2016,16(7):253-254,257.
WANG W, CHENG Y. Research on application of port basin and problem of port basin siltation of inland waterway [J]. China water transport, 2016, 16 (7): 253-254, 257.
- [3] 易坚浩.一种内河复合式港池研究[J].水运工程,2021(6):67-70.
YI J H. A new layout of harbor basin [J]. Port & waterway engineering, 2021 (6): 67-70.
- [4] 王剑楠,李彬,郑国栋,等.内河挖入式港池洪水演进数值模拟[J].人民黄河,2015,37(8):43-47.
WANG J N, LI B, ZHENG GD, et al. Numerical simulation on flood routing in the inland excavated in harbor basin [J]. Yellow River, 2015, 37 (8): 43-47.
- [5] 交通运输部规划研究院.无锡(江阴)港长山港区东江作业区及临港区域整体开发方向及功能定位研究[R].北京:交通运输部规划研究院,2024.
Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport. Research on development direction and function of Dongjiang operation district in Changshan harbour district of Wuxi (Jiangyin) Port [R]. Beijing: Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport, 2024.
- [6] 中冶赛迪工程技术股份有限公司.江阴兴澄特钢东江内港池临港区域产业发展方向研究[R].北京:中冶赛迪工程技术股份有限公司,2024.
CISDI Engineering Co., Ltd. Research on direction of industrial development of Dongjiang excavated in harbor basin and surrounding areas [R]. Beijing: CISDI Engineering Co., Ltd., 2024.

(下转第105页)