

· 航道及通航建筑物 ·



长江下游福南水道港航功能调整及涉港水域平面布置

徐 元

(中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海 200120)

摘要: 福姜沙河段是长江下游唯一的两级分汊、三汊(福南、福中和福北)并存且通航的河段,目前右汊即福南水道为主航道所在,且其右岸也是中国最大内河港苏州港张家港港区的主要作业区所在。根据长江南京以下河段 12.5 m 深水航道建设方案以及福南水道上口、转弯段水深不足或通航水域宽度不足的情况,结合福南水道内的港口岸线利用及泊位分布现状及其规划,本文分区段论证实际将成为专用进港航道的福南水道的航道等级及航道尺度,并对水道内港作业水域重新进行了平面布置。最后,采用数学模型对调整后的水域布置进行回淤研究,并提出初步的减淤措施。

关键词: 福姜沙河段; 水域布置; 航道; 船舶会遇; 回旋水域; 维护量

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)04-0132-07

Functional modification of Funan passage in lower reaches of the Yangtze River and layout of water area

XU Yuan

(Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: Fujiangsha reach is the only river section in the lower reaches of the Yangtze River where the river branches twice and hence has three navigable branches. For the time being, the right branch, i. e. the Funan passage is the main channel of the river. Moreover, on the right bank of Funan passage there lies the main stevedoring area of Zhangjiagang port district of Suzhou port, the largest inland port in China. Considering the construction proposal for the 12.5 m deepwater channel in the lower reaches of the Yangtze River downstream of Nanjing, and the deficiency in water depth at the upper mouth and the deficiency in channel width at the curved section of Funan passage, this paper demonstrates the waterway classification and waterway dimensions of the Funan passage which will be a dedicated approach channel to Zhangjiagang port district, and the layout of the operational water area of the inner port, in combination with the current status and planning of shoreline use and berth distribution of the port in Funan passage. Furthermore, the mathematical model was applied to research the back silting of modified layout and preliminary proposals on silt reduction were proposed.

Keywords: Fujiangsha reach; layout of water area; channel; encounter of vessels; turning-area; dredging maintenance

长江福姜沙河段自江阴大桥至十二圩,全长约 44 km,河道弯曲多汊,是长江下游唯一的两级连续(在福姜沙、双涧沙-民主沙)分汊、三汊(福南、福中和福北)并存且通航的河段(图 1)。

长江江阴以下属长江河口段,水位受潮汐和径流双重作用显著;一方面呈潮汐周期变化,一天内两涨两落,年平均潮差达 1.69 m;另一方面呈明显的季节变化,月平均水位年内变幅约为 1.3 m。

收稿日期: 2014-07-22

作者简介: 徐元(1965—),男,博士,教授级高工,从事港口与航道工程设计研究。

河道内落潮流占优，且洪季尤为明显，实测深槽内落潮最大垂线平均流速可达 1.8 m/s，水体含沙

量落潮大于涨潮，且洪季大于枯季，最大垂线平均含沙量为 0.23 kg/m³[1]。

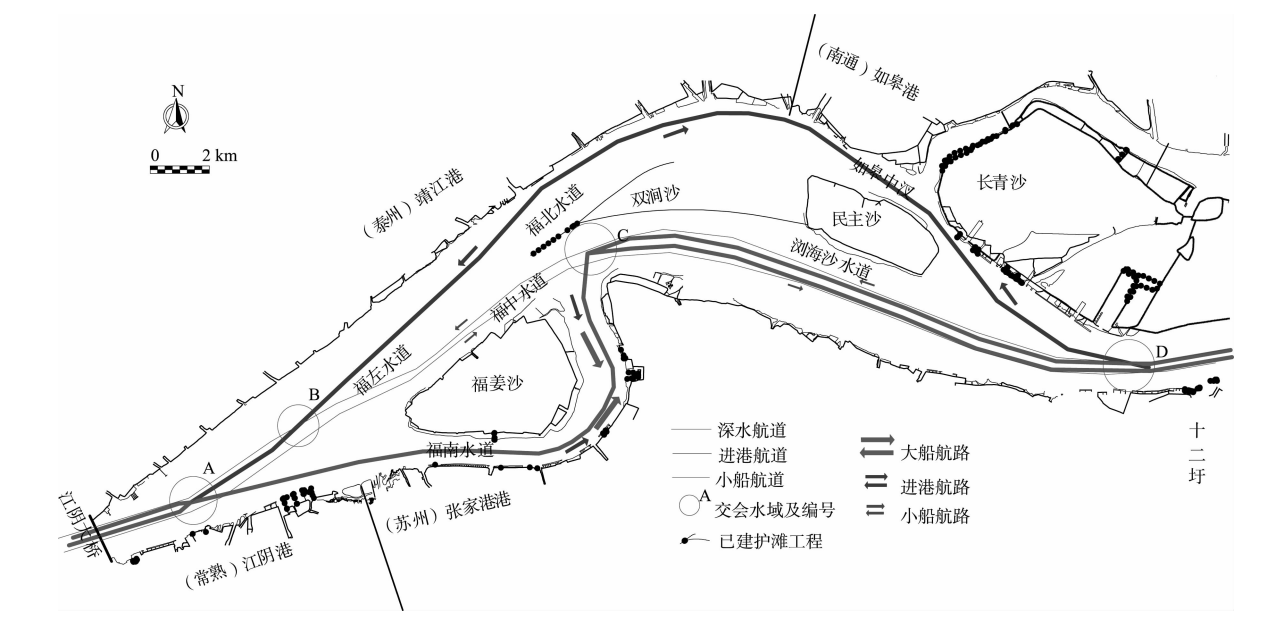


图 1 福姜沙水道河势及通航格局现状

福姜沙右汊即福南水道为鹅头形弯道，长约 20 km，河道弯曲狭窄，弯曲率达 1.41，中部弯顶段弯曲幅度近 90°，出口段与福中水道也成近直交。20 世纪 70 年代以来，因受人工控制福南水道格局基本稳定，目前落潮分流比基本在 20% 左右、分沙比为 12% ~ 22%。水道进口段和弯顶段附近水深条件较差，进口段 10 m 槽最窄宽度由 20 世纪 70 年代的 400 m 束窄至 2014 年的 260 m，弯顶段 10 m 深槽最窄宽度也由当时的 450 m 缩窄至 2014 年的 265 m。弯顶段 2014 年 12.5 m 深槽宽度不足 200 m 的区段长约 4.2 km，其中 12.5 m 深槽中断区段长约 180 m。福南水道右岸（凹岸）码头密布而占用大部分深槽水域，弯顶段及下侧附近航道实际可利用 12.5 m 槽宽度大部分仅 80 ~ 150 m。

据预测，在人工护岸工程的控制下，未来福姜沙河段将长期维持左汊为主汊、左右汊分流比相对稳定的河势格局^[2]。尽管在上游来水来沙条件不发生剧烈变化的情况下福南水道将长期得以维持，但因其弯曲率大、河道阻力大、进出口条件差，仍将继续其缓慢淤积萎缩的趋势。

1 福姜沙水道通航格局

1.1 通航格局现状及问题

福姜沙河段为长江下游航运最为繁忙的航段，河段内两岸四港并存，包括北岸的泰州港靖江港区 and 南通港如皋港区，南岸的苏州港张家港港区和常熟港江阴港区，其中张家港港区和靖江港区新港作业区均为沿江最重要的港区。福南水道为现行长江 10.5 m 主航道所在汊道，水道内分布有中国最大内河港苏州港的张家港港区，主航道贴合其港口发展，但因水道水域狭窄，航行水域与沿程港口作业水域严重交叉，存在发生海损事故隐患。而长江北岸的靖江港区和如皋港区则因其相邻航道通航水深分别仅为 7.5 m 和 8.5 m 而发展受限。

据现行通航规定^[3]，进出福北沿岸港区、福南沿岸港区的船舶分别直接沿福北水道—如皋中汊、福南水道上下行；限制吃水船舶（3 000 DWT 及以上船舶、3 000 DWT 及以上的拖带船队）从福南水道通航并受控；过境船舶中、小吨位船舶优先从福中水道通航；福北水道为受福姜沙中水道设标维护水深限制船舶的上行单向通航航道。

现行航行格局下, 航路交汇水域 (图 1) 存在船舶碰撞的风险, 其中福南水道口上的进出福南主航道与福左辅航道 (含过境小船和进出福北港区船舶) 交汇水域、福南水道下口的进出福南主航道与福中辅航道 (过境小船) 交汇水域的风险较高, 尤其是后者, 因福南水道下口与福中水道-浏海沙水道几近直交, 且通视条件差, 船舶碰撞风险更高。

1.2 南京以下深水航道治理工程

根据长江干线航道规划^[4-5], 为适应长江沿江经济带的高速发展, 充分发挥水运优势, 满足南京以下沿江港口进一步海港化要求, 长江南京以

下河段将在近期开展 12.5 m 深水航道建设, 其建设标准为满足 5 万吨级集装箱船双向通航、5 万吨级其它海轮减载双向通航, 兼顾 10 万吨级以上散货船减载通航。

根据主航道选线方案^[6], 本河段航道格局最终为主航道开通福中 12.5 m 单向航道、福北 12.5 m 单向航道, 相应福南水道不再作为主航道但保持其现状航道等级。为保证主航道航槽稳定、水深满足要求, 在双涧沙头部沙脊线附近设置头部潜堤, 南、北侧设置丁坝群以起到护滩和调整分流比的作用, 并在福姜沙左缘设置丁坝群以达到束窄河宽、护滩稳槽的目的^[1] (图 2)。

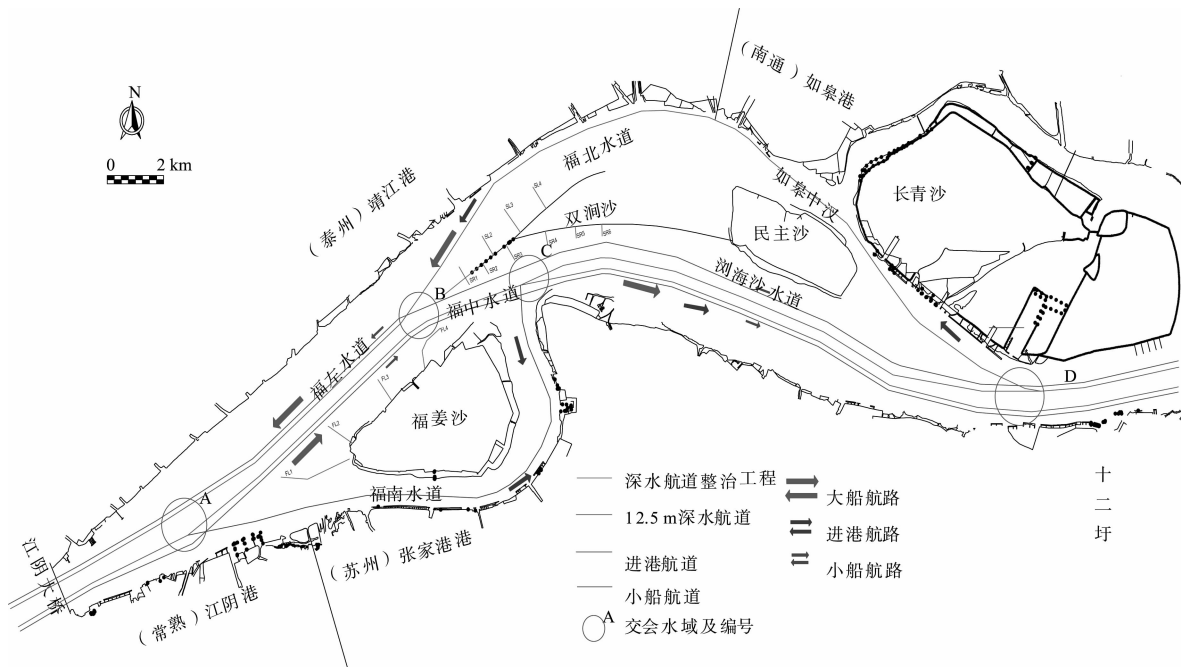


图 2 深水航道工程平面布置及调整后通航格局

研究表明^[2-6], 尽管因自然条件限制而不宜再作为主航道所在汉道, 但福南水道仍将长期稳定, 相应港口作业区能力也仍可保持现状, 甚至因干扰港口作业的主航道调整出福南水道而有可能提升。

1.3 福姜沙河段通航格局的调整

深水航道治理工程实施后, 本河段过境大型船舶上、下行分别经福北水道—如皋中汉、福中水道通行; 进、出福南水道内港区的船舶仍在福

南水道上、下行; 为降低福北主航道通航隐患, 福北水道沿岸港区码头靠泊的船舶由如皋中汉—福北航道上行、经福中航道下行; 小船航路设置在福中主航道的两侧 (图 2)。

相应地, 对与规划航道在水域使用上有矛盾的锚地也做合理调整。

根据航道建设方案, 福中、福北均开通 12.5 m 单向航道, 而福南水道的航道等级不低于现状。在调整后的通航格局下, 福北、福中航道船流密

度将增加,而福南水道因过境大型船舶不再进出,实际上已由现状繁忙的主航道变为张家港福南水道内作业区的专用进港航道,通航压力大幅缓解。航路交汇处仍有4个船舶碰撞风险较高区段,其中,C点处仍不能避免出现进出福南水道下口的船舶会遇来自福中水道过境下行船舶的碰撞风险,但风险程度较现状为低^[6]。

2 福南水道内的水域平面布置

2.1 水道内岸线现状和规划

自张家港市上游端至福南水道出口(图3), 长江南岸分布有长山作业区(福南水道上口, 常熟港/苏州港界—巫山港口)、张家港作业区(福南水道中段, 巫山港口—长江国际码头上)和化学工业园作业区(福南水道下段, 长江国际码头—老沙码头下400 m)。

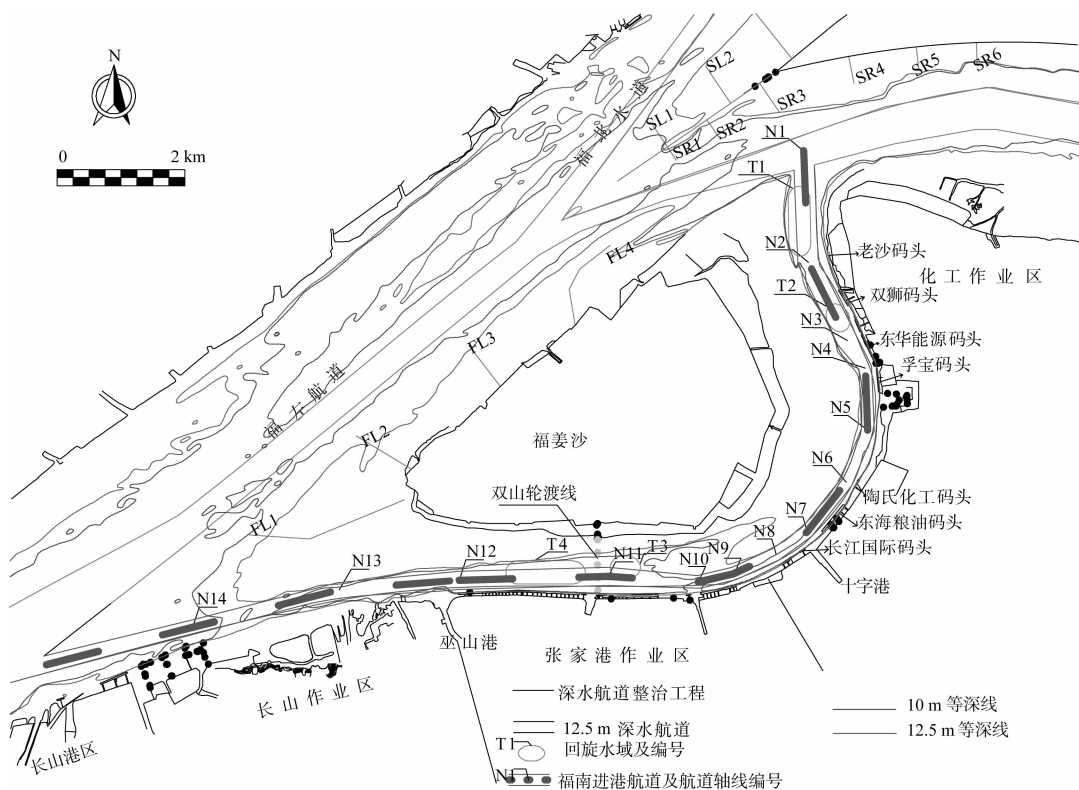


图3 岸线及水域平面布置

长山作业区岸线长 2.0 km, 基本被制造企业占用, 前方水域对开为福姜沙头部浅滩。现有 3 万吨级、5 万吨级修船泊位各 1 个, 1 万吨级港机发运码头 1 个。张家港作业区岸线长 5.17 km, 深水贴岸, 已作为港口岸线全部利用, 现有 1 万 ~ 1.5 万吨级泊位 9 个、3 万吨级泊位 6 个、5 万吨级泊位 1 个。化学工业园作业区岸线长 5.83 km, 近岸水深 10 m 以上, 仅剩陶氏码头和孚宝码头之间 680 m 岸线外均已作为港口岸线利用, 现有 1 万吨级泊位 1 个、3 万吨级 2 个、5 万吨级 4 个。

现有沿岸码头等级表现出与福南水道地形相适应的特点：接近福南水道下口的码头等级高，

最高为 5.4 万 t 的东华能源 LPG 码头, 向上至弯道下游侧码头等级在 2 万~3 万吨级左右(江海粮油公司、张家港港务集团), 再向上为万吨级或修造船码头(久盛船业)。一个例外是, 张家港作业区上部有由原 4[#]、5[#]泊位改建的 1 个通用件杂货码头为 5 万吨级。因此, 自下游向上对港作水域包括航道、回旋水域的尺度要求基本上逐渐降低。

根据近期规划^[7]，长山作业区将利用天然港汊以挖入式开发建设5万吨级舳舻泊位4个，张家港作业区下部将建设等级为5万吨级的18#泊位，化工园区作业区规划建设2万吨级2个、5万吨级3个。

根据上述福南水道的港口岸线现状和规划情况,大致可以十字港为界分为 2 个部分:十字港以下,以 5 万吨船舶为设计船型,并以减载 10 万吨级船舶为兼顾船型;十字港以上至巫山港,以 3 万吨船舶为设计船型,并以减载或乘潮的 5 万吨级船舶为兼顾船型。

2.2 航道布置

2.2.1 航道定位及布置范围

根据前述深水航道二期工程选汉研究成果及福南水道码头营运现状和规划情况,福姜沙河段航运格局调整后,福南水道将由主航道变为张家港福南水道内作业区的专用进港航道,进、出福南水道内港区的船舶在福南水道上、下行。

福南水道下口因分别与作为下行主航道的福中水道、浏海沙水道 12.5 m 深水航道(两侧为推荐小船航路)相接,来自上游(福中水道)进入福南水道的船舶可顺时针转入但转向角大,而来自下游进入福南水道的船舶,则在浏海沙水道需跨越主航道由右侧水域转向左侧。由福南水道下口出港的船舶均顺时针进入浏海沙水道,其中上行船舶须在下游由浏海沙水道转向如皋中汊,因此,进港航道的下端点应分别向上、下游延伸适当距离,其中下游端点可选取在浏海沙水道与如皋中汊交汇处(图 1)。进港航道在浏海沙水道由右侧水域转向左侧的跨越主航道的水域布置是其布置的主要难点之一,但浏海沙水道水域宽度较大、水深条件良好,有条件根据要求作出合理布置,并通过制定特殊的通航规则予以确认。

由于福南水道上口的自然条件的限制和港口布局情况,对重载大型船舶而言,进港航道的上端点可选取在福南水道巫山港(点 N12)附近。对吃水要求较低的船舶,进港航道的上端点可取其与福左深水航道的交点。

2.2.2 航道基本尺度及布置

根据上述要求,浏海沙水道基本达到全程 12.5 m 水深,作为福南水道进港航道的外延,其需要考虑的主要问题是来自下游进入福南水道的船舶在浏海沙水道跨越主航道由右侧水域转向左侧的特殊航行安排的水域布置。而在福南水道内,除非有很大困难,应全程考虑以最大设计船型进行航道宽度的设计。

另外,从水道条件看,应绝对禁止船舶间相互追越,但允许船舶在水道中会遇。显然,不可能安排水道全程设计船型间会遇,会遇或是设计船型与较低等级船型之间进行,或是设计船型间在适当的水域进行。

根据行业有关设计规范^[8]的规定,计算得 5 万吨级代表船型所需单向、双向航道有效宽度(表 1)。在福南水道下段设置有化工园区作业区,根据水域的水流与地形条件,应考虑 5 万吨级油船与化学品船的会遇(航道宽度取 320 m、设计深度取 12.5 m),而在福南水道上段应考虑除油船与化学品船外其它船舶的会遇(航道宽度取 280 m,设计深度取 10.5 m),其它区段只能安排低等级船舶之间的会遇(航道宽度取 200 m,设计深度取 11.5 m)。

表 1 5 万吨级设计船型单向、双向航道标准							m
船型	船型尺度			航道宽度(单向/双向)			航道深度
	总长	型宽	吃水	$v \leq 0.25$	$0.25 < v \leq 0.50$	$0.50 < v \leq 0.75$	
集装箱船	293	32.3	11.5(实载)	135/253	163/311	181/345	13.1
油船	223	32.2	12.8(满载)	177/289	198/332	211/358	14.6
化学品船	183	32.2	12.9(满载)	172/280	189/313	198/332	14.7
散货船	223	32.3	12.8(满载)	144/256	165/298	178/323	14.5

注: v 为横流速度 (m/s)。

根据以上计算和分析，结合福南水道各区段的地形和水流条件以及相邻码头情况，调整航道平面布置（图 3）。其中，航道上端设为与福左主航道交汇处，下端取为与福中主航道交汇处，航道轴线总长 20 516 m，最小宽度为 200 m，最大转向角为 31°。航道各段轴线长度及相应主要尺度见表 2。

表 2 航道轴线控制点及主要尺度

轴线控制点	航道尺度/m			转向角/ (°)
	长度	设计宽度	设计深度	
N1	1 711	320	12. 5	
N2				24
N3	1 360	200 ~ 320	12. 5 ~ 10. 5	7
N4	510			31
N5	958			15
N6	878			16
N7	982	200	10. 5	16
N8	594			10
N9	722			11
N10	571			17
N11	1 412	200 ~ 280	10. 5 ~ 11. 5	5
N12	2 340	280	11. 5	3
N13	1 884			10
N14	2 362	200	10. 5	

2.3 回旋水域布置

福姜沙河段航运格局调整后，一方面，要求进、出福南水道内港区的船舶一般在福南水道上、下行以不影响其它汉道的正常航行船舶成为“义务”，相应有在水道内安排回旋水域的必要；另一方面，尽管福南水道内水域总体狭窄，但确实局部有安排回旋水域的可能。

福南水道内水流以往复流为主，当地港口的港作设施完善，根据规范有关规定^[8]，最小回旋水域可取长轴为 2 倍设计船长、短轴为 1.5 倍船长的椭圆形。由于水道内水域狭窄，设置的回旋水域部分可与航道水域重合，且长轴基本与所在区段航道轴线平行。计算得，5 万吨级代表船型、3 万吨级船的最小回旋水域的平面尺度分别为 450 m × 345 m 和 475 m × 360 m。

福南水道下段水深条件好、水域较为开阔，可在东华能源 LPG 码头（双狮码头）外侧、靠近

福南水道下口附近，分别布置该区段回旋水域（设计船型为 5 万吨级化学品船），其尺度取为 450 m × 345 m 和 1 100 m × 345 m（深度均取 12.5 m）；而张家港至巫山港之间，水域顺直、水深条件好且较开阔，可在现有双山轮渡线的上、下游两侧，分别设置该区段回旋水域（设计船型为 3 万吨级集装箱船），其尺度取为 1 300 m × 360 m 和 475 m × 360 m（深度均取 10.5 m）（图 3）。

2.4 相应回淤问题的研究

福南水道属分汊河道的鹅头状支汊，其河演发展前景为缓慢趋于萎缩。据研究^[9]，深水航道治理工程在主汊福左水道及其下游实施整治，相应福南水道的分流量增加，有利于减轻其航道回淤。平常水沙年条件下，福南水道内航道格局如不变，其维护量由深水航道工程实施前的 160 万 m³减少至 110 万 m³，且回淤特性仍基本相似，表现为转弯段附近及进口浅段局部回淤较大。

为了解在实施深水航道工程方案前提下，福南水道按前述港内水域调整后的回淤情况，采用同样的数学模型进行研究。研究表明^[10]，水道内港作水域的年维护量为 180 万 m³，较调整港内水域前增加约 70 万 m³。鉴于港内水域回淤量较大而开展针对性的减淤措施研究，经多类研究方案比较，在水道转弯段附近实施丁坝群可取得一定的效果（图 4），水域年维护量可减少 35 万 m³，基本与福南水道现行维护量相近。

3 结语

1) 南京以下 12.5 m 深水航道治理工程实施后，福南水道将由现状繁忙的主航道变为张家港福南水道内作业区的专用进港航道。专用进港航道的下端点可选取在浏海沙水道与如皋中汊交汇处。对重载大型船舶而言，进港航道的上端点可选取在福南水道巫山港附近；对吃水要求较低的船舶，进港航道的上端点可取其与福左深水航道的交点。

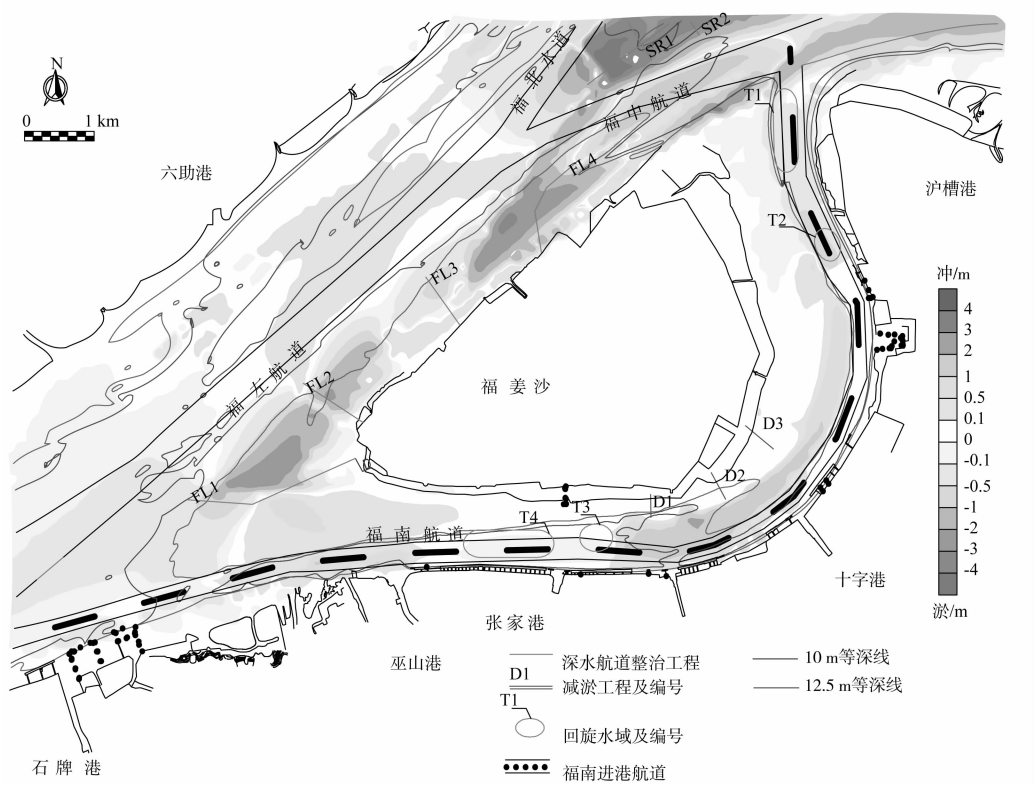


图 4 水道内港口水域减淤工程布置及效果分布

2) 航运格局调整后, 福南水道全程应采用港内最大设计船型进行航道宽度的设计, 且绝对禁止船舶间相互追越, 但允许船舶在水道中会遇。

3) 福南水道内水域总体狭窄, 但有必要且有可能在局部安排港内回旋水域。水道下段东华能源 LPG 码头向下至水道下口, 可设置该区段大型船舶的回旋水域 (设计船型为 5 万吨级化学品船); 而张家港至巫山港之间可设置该区段大型船舶的回旋水域 (设计船型为 3 万吨级集装箱船)。

4) 在调整布置福南水道港内水域后, 水道内年维护量较调整前有较大增加。初步的减淤措施研究表明, 可取得一定效果但仍应开展进一步研究。

致谢: 本文得到中交上海航道勘察设计研究院有限公司肖烈兵、杜梦、黄志扬、刘红等的帮助, 在此一并表示感谢。

参考文献:

[1] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 长江南京以下 12.5 m 深水航道二期工程可行性研究报告[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2013.

[2] 南京水利科学研究院. 长江南京以下 12.5 m 深水航道

二期工程河床演变研究报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2013.

[3] 中华人民共和国交通运输部. 长江江苏段船舶定线制规定(2013)[EB/OL]. [2013-3-05] (2014-09-01) http://www.js-msa.gov.cn/art/2014/3/5/art_2294_504291.html.

[4] 交通运输部. 长江干线航道总体规划纲要[R]. 北京: 交通运输部, 2008.

[5] 交通运输部. “十二五”期长江黄金水道建设总体推进方案[R]. 北京: 交通运输部, 2011.

[6] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 长江南京以下 12.5 m 深水航道二期工程航道选汉研究报告[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2013.

[7] 张家港市港口管理局. 张家港“十二五”港口发展规划[R]. 张家港: 张家港市港口管理局, 2010.

[8] JTS 165—2013 海港总体设计规范[S].

[9] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 长江南京以下 12.5 m 深水航道二期工程福姜沙河段潮流泥沙数学模型研究报告[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2013.

[10] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 福南水道港内水域调整方案潮流泥沙数学模型研究报告[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2014.

(本文编辑 郭雪珍)