



# 长江下游福北水道出口碍航成因分析\*

何国华<sup>1</sup>, 王晓俊<sup>2,3</sup>, 徐 华<sup>2</sup>, 张帆一<sup>2</sup>

(1. 长江镇江航道处, 江苏 镇江 212002; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029;  
3. 南京瑞迪建设科技有限公司, 江苏 南京 210029)

**摘要:** 针对长江下游福北水道出口碍航成因问题, 采用实测资料分析、河道演变分析和模型计算相结合的研究手段, 重点分析福姜沙河段近期河床演变、航道维护和福北水道出口段河型及水动力特征。结果表明, 福北水道出口段受上游来水来沙、河槽自然放宽水动力减弱及民主沙尾部横向越滩流引起泄流阻力加大等因素影响, 导致碍航淤积现象时有发生, 建议适时采取工程措施减弱民主沙尾越滩流, 减轻福北水道航道维护压力。

**关键词:** 长江; 福北水道; 越滩流; 深水航道; 碍航

中图分类号: U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)03-0127-05

## Causes of obstruction to navigation at outlet of Fubei waterway in lower reaches of the Yangtze River

HE Guohua<sup>1</sup>, WANG Xiaojun<sup>2,3</sup>, XU Hua<sup>2</sup>, ZHANG Fanyi<sup>2</sup>

(1. Changjiang Zhenjiang Waterway Division, Zhenjiang 212002, China; 2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;  
3. Nanjing R & D Tech Group Co., Ltd., Nanjing 210029, China)

**Abstract:** Aiming at the problem of causes of the obstruction to navigation at the outlet of the Fubei waterway in the lower reaches of the Yangtze River, we study the recent bed evolution, channel maintenance and river type and hydrodynamic characteristics at the outlet section of the Fubei waterway at the river section of Fujiangsha by combining such research techniques as data analysis, channel evolution analysis and model calculation. The results show that the outlet section of the Fubei waterway is subject to such factors as upstream incomings of water and sediment, the weakening of the hydrodynamic force due to the natural relaxation of the river channel and the increase of the resistance to discharge caused by the lateral overbank flow at the tail of the Minzhu Sand, which sometimes leads to the phenomenon of the siltation of obstruction to navigation. It is suggested to take engineering measures to weaken the overbank flow at the tail of the Minzhu Sand in time to reduce the pressure on the maintenance of the Fubei waterway.

**Keywords:** the Yangtze River; Fubei waterway; overbank flow; deep water channel; navigation obstructing

长江下游福姜沙河段上起鹅鼻嘴下至九龙港附近, 由福姜沙汊道、如皋沙群段等组成, 工程河段河势见图1。河道进口由鹅鼻嘴和炮台圩对峙节点控制, 河床窄深, 江面宽度仅1.4 km。往下

游江面逐渐展宽, 分汊前江面宽4 km左右。长江主流为福姜沙分左右两汊, 右汊福南水道为支汊, 长约22.2 km, 平均河宽约1 km, 河床窄深, 分流比约20%; 左汊为主汊, 长约19 km, 平均河宽

收稿日期: 2022-06-26

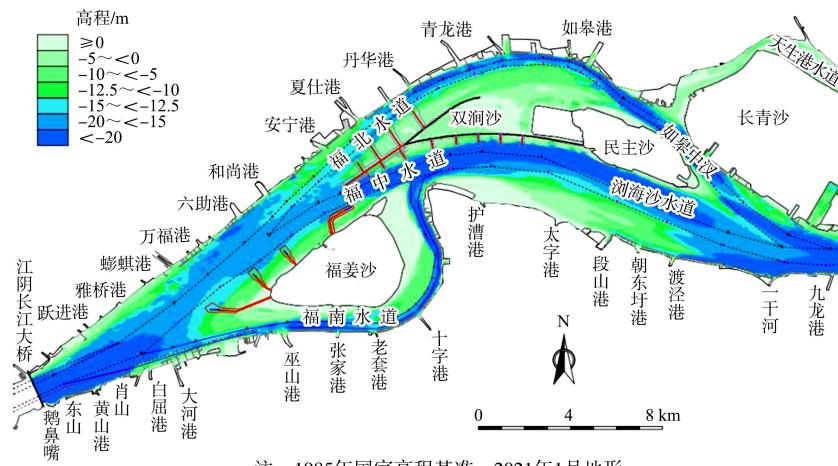
\*基金项目: 长江水科学研究联合基金项目(U2040221); 三峡后续工作项目(126302001000200002); 江苏省水利科技项目(2021004)

作者简介: 何国华(1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事航道运行管理。

通讯作者: 徐华(1980—), 男, 正高级工程师, 从事河口海岸泥沙工程研究。E-mail: xuh@nhri.cn

3 km 左右, 河床宽浅, 分流比约 80%。左汊下游有双洞沙上潜, 形成 W 形复式断面。主流走南侧福中水道至福姜沙尾与福南水道汇合, 进入浏海沙水道; 北侧为福北水道, 下连如皋中汊, 跨越双洞沙的越滩流进入浏海沙水道。双洞沙及民主沙将河道分为如皋中汊及浏海沙水道, 如皋中汊

分流比约 30%, 两股水流在九龙港附近汇合。长江主流经由九龙港至十二圩南岸, 向左岸南通姚港至任港一带过渡。福姜沙河段受径流和潮汐共同作用, 塑造河床的主要动力为落潮流, 河床沙细易动, 造床泥沙以底沙运动为主, 临底悬沙参与造床, 水沙条件较为复杂<sup>[1]</sup>。



注: 1985年国家高程基准; 2021年1月地形。

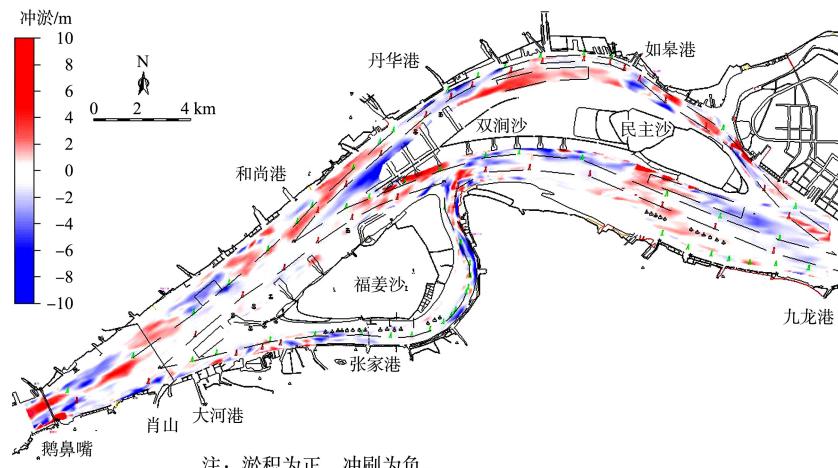
图 1 工程河段河势

福姜沙河段“两级分汊、三汊并存”, 为稳定河势、改善航道条件, 2010年底开工建设双洞沙护滩工程<sup>[2]</sup>。在此基础上, 2015年6月开工建设福姜沙水道12.5 m深水航道整治二期工程, 并于2019年5月进入正式运行期。目前福北和福中水道为国家12.5 m深水航道, 福南水道为地方进港航道。

## 1 近年航道演变

福姜沙河段经过多年的治理, 在河道治理和深水航道整治工程的作用下, 在鹅鼻嘴和九龙港

节点控制下, 河床稳定性有所提升, 总体河势基本稳定, 将保持两级分汊、三槽两沙的总体格局<sup>[3]</sup>。自20世纪60年代以来, 福姜沙左汊分流比一般稳定在80%左右, 且分沙比大于分流比。20世纪70—80年代, 如皋中汊迅速发展, 90年代以来分流比基本在30%左右, 且分流比小于分沙比<sup>[4]</sup>。2020年大洪水期间河床冲淤见图2, 福北水道进口段、弯顶段淤积较为明显, 出口段河床也发生了一定的淤积现象<sup>[5]</sup>。福中水道进口段有所淤积, 福南水道总体微冲微淤。



注: 淤积为正, 冲刷为负。

图 2 2020 年 5—9 月河床冲淤

福姜沙水道 2004—2021 年 12.5 m 等深线变化见图 3(12.5 m 等深线相当于-13.5 m 等高线)。福北水道进口段和尚港—夏仕港段 12.5 m 槽, 受福北水道自身内部条件和外部双涧沙和靖江边滩变化等影响显著, 经常出现中断和摆动现象; 夏仕港以下段 12.5 m 槽受弯曲水道水沙输移和人工

维护疏浚影响, 保持相对稳定态势。2018 年深水航道工程实施后福北水道进口段和弯顶焦港段附近经常需要维护疏浚才能保证航道畅通运行; 如皋中汊自 21 世纪以来 12.5 m 槽总体较为稳定, 但出口段受来水来沙等影响, 有时出现 12.5 m 槽中断现象。

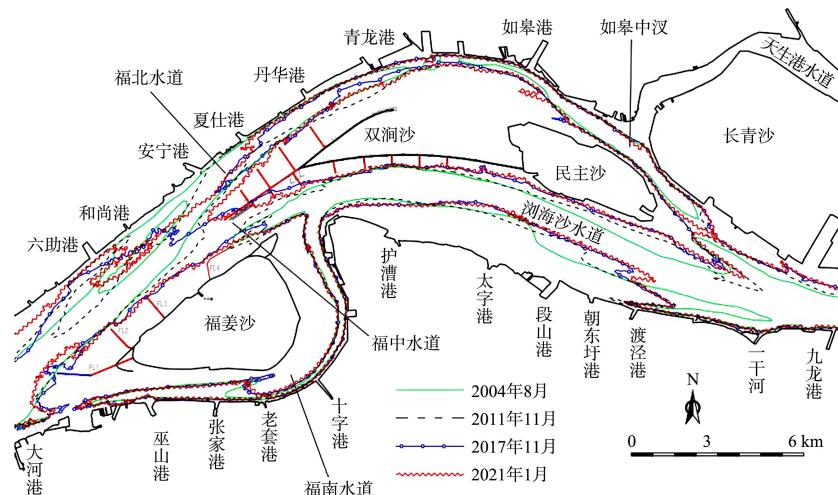


图 3 2004—2021 年福姜沙水道 12.5 m 等深线变化

福中水道的发展变化与双涧沙沙体发展变化密切相关, 自 2006 年双涧沙滩面窄沟形形成发展以来, 福中水道 12.5 m 槽逐步发展拓宽延伸。随着 2012 年双涧沙守护工程和 2018 年福姜沙水道深水航道整治双涧沙头部和福姜沙左缘丁坝工程实施后, 福中水道 12.5 m 槽平面位置相对稳定, 2018 年以来发展态势呈趋缓态势。受双涧沙下段和民主沙右缘冲刷后退影响, 浏海沙水道上段 12.5 m 槽有所坐弯北偏, 下段 12.5 m 槽受民主沙尾部和护漕港边滩尾部冲淤变化影响, 稳定性相对较差, 年际间有所冲淤摆动。

福姜沙右汊福南水道分流比多年来维持在 20% 左右, 12.5 m 槽总体相对稳定, 年际间受来水来沙影响, 存在小幅的冲淤变化, 进口段巫山港 12.5 m 槽一直中断, 实际按照 10.5 m 水深维护, 弯顶段 12.5 m 槽时有冲淤变化。

## 2 近年航道维护情况

福姜沙河段从左到右依次为福北水道(含如皋中汊)、福中水道(含福姜沙左汊进口、浏海沙

水道)、福南水道, 见图 1。各水道最小维护尺度分别为: 福南水道巫山以上理论最低潮面下 10.5 m×200 m×1 050 m(水深×航宽×弯曲半径)、巫山港以下 12.5 m×200 m×1 050 m; 福北水道(含如皋中汊) 12.5 m×260 m×1 500 m; 福中水道 12.5 m×420 m×1 500 m, 福姜沙左汊进口段 12.5 m×500 m×1 500 m, 浏海沙水道 12.5 m×500 m×1 500 m, 保证率 95%<sup>[6]</sup>。

2018 年 1—4 月南京以下深水航道工程处于航道疏浚基建期, 2018 年 5 月交工验收进入为期 1 年的试运行阶段, 2019 年 4 月底竣工验收进入正式运行阶段。2018—2020 年南京以下深水航道年维护总量分别为 1 989 万(不含基建期疏浚量)、2 474 万、2 138 万 m<sup>3</sup>, 其中福姜沙水道维护量最大。2018—2020 年福姜沙水道年维护量分别为 809 万、1213 万、877 万 m<sup>3</sup>, 其中又以福北水道占比最大; 2018—2020 年福北水道年维护量分别为 525 万、890 万、741 万 m<sup>3</sup>。福北水道维护部位主要位于进口段和弯顶段, 出口段在 2020 年大洪水期间发生了淤积碍航现象。

### 3 福北水道出口段碍航成因分析

综合福北水道如皋中汊出口段水域水动力和近期演变特征,近期碍航淤积原因分析如下:

1) 2019年2月工程河段局部地形见图4,洪枯季大潮条件下流速分布见图5。工程河段河势及水动力特征分析表明,如皋中汊出口段逐渐展宽,0 m等高线由最窄约0.54 km(FB4<sup>#</sup>黑浮附近)放宽至1.1 km左右(FB3<sup>#</sup>红浮附近),FB4<sup>#</sup>黑浮附近-13.5 m等高线(12.5 m等深线)宽约0.46 km,

至FB2<sup>#</sup>黑浮—FB3<sup>#</sup>红浮间最宽约0.79 km。由图5可见,由于如皋中汊出口段放宽,水流分散动力减弱,碍航区段FB3<sup>#</sup>红浮上游至FB2<sup>#</sup>黑浮间水流流速相比FB4<sup>#</sup>黑浮附近有所减小。受民主沙尾局部地形及浏海沙水道跨越沙尾的水流顶托影响,FB3<sup>#</sup>红浮上游至FB2<sup>#</sup>黑浮间航道右缘水动力明显弱于上下游及左缘,该区域枯季流速不足1 m/s,大流量条件下最小流速一般在1 m/s左右,明显小于主流区的流速。

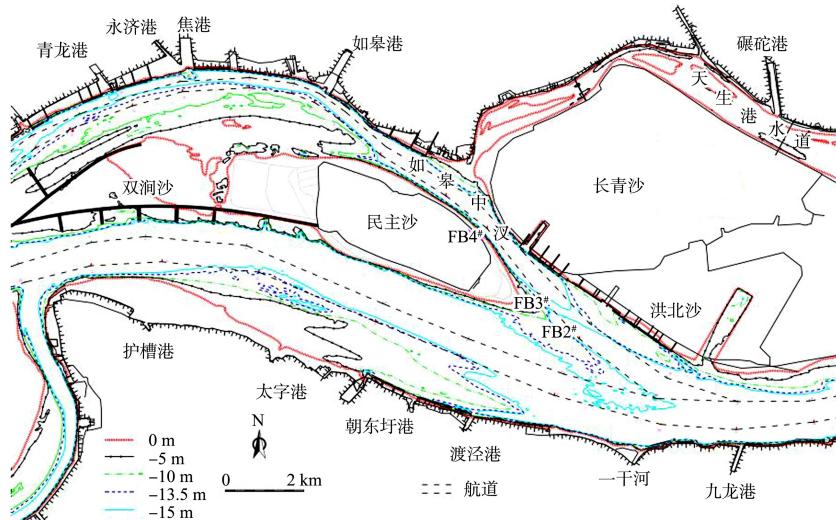


图 4 2019 年 2 月工程河段局部地形

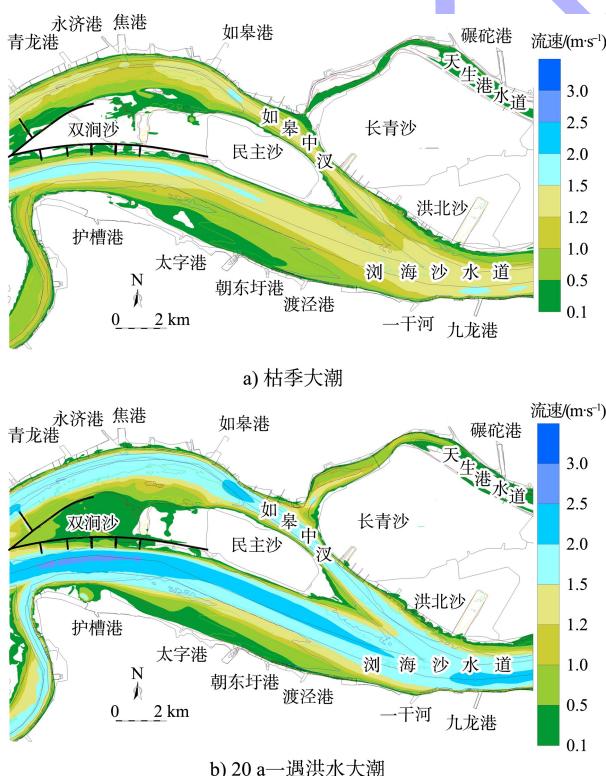


图 5 洪枯季大潮流速分布

2) 洪枯季条件下流场分布见图6。由水动力特征分析表明,随着流量的增加,由浏海沙水道跨越民主沙尾部进入如皋中汊出口段的水流明显增加,沙量也相应会有所增加;受沙尾局部地形及跨越沙尾的水流顶托影响,FB3<sup>#</sup>红浮上游至FB2<sup>#</sup>黑浮间航道右缘水流流速下降,流向有所北偏,且流量越大影响越明显。不同流量条件下,如皋中汊出口段主流区流速随着来流增加流速相应有所增大,但FB3<sup>#</sup>红浮上游至FB2<sup>#</sup>黑浮间航道右缘水动力增加幅度较小,航道内最小流速由枯季不足1 m/s,增至大流量条件下的1.0~1.2 m/s。如皋中汊分流比一般小于分沙比,随着来流增加,来沙量显著增大,局部水流挟沙能力不足,导致大流量条件局部淤积量增大。

3) 模型计算研究表明,大洪水期间,民主沙尾部浏海沙水道与如皋中汊出口段存在水沙交换,

落潮期间主要为浏海沙水道左侧水流跨越沙脊进入如皋中汊下段, 导致如皋中汊出口段水流流向与航道走向夹角加大, 不利于航槽稳定。沙尾至-13.5 m等高线(12.5 m等深线)之间区段的越滩流量占全断面落潮流量的8.60%~9.96%, 洪水期间越滩流量大于枯水, 见表1。

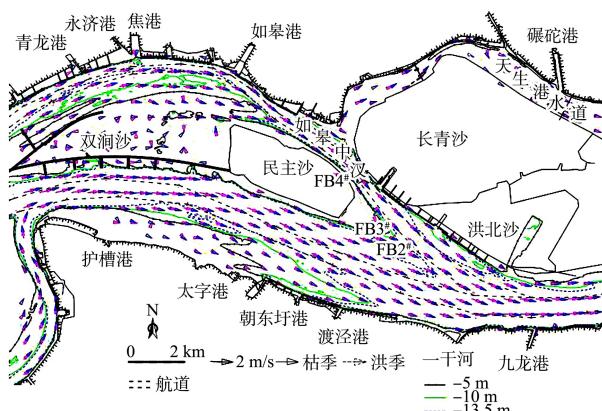


图6 洪枯季大潮流场分布

表1 民主沙尾部沙脊线沿程越滩流量分布

区段	越滩流量占全断面落潮流量比例/%	
	枯季大潮	20 a—遇洪水大潮
≥0 m等高线以上	0.04	0.07
-5~<0 m等高线	0.19	0.38
-10~<-5 m等高线	0.82	0.73
-13.5~<-10 m等高线	7.55	8.79
合计	8.60	9.96

#### 4 结论

1) 福姜沙水道总体为藕节状弯曲多分汊河型, 呈现“两级分汊、三汊通航”的格局, 是长江干线唯一的三汊通航河段, 通航环境条件十分复杂。工程河段受上游径流和下游潮汐共同影响, 落潮流是塑造河床的主要动力, 河床沙细易动, 造床泥沙以底沙运动为主, 临底悬沙参与造床, 水沙条件复杂。

2) 在多年自然演变、河道整治以及航道治理工程控制作用下, 工程河段已形成基本稳定的两

级分汊、三槽两沙交错的总体河势格局, 已形成福中为优良深水航道, 福北、福南靠疏浚维护的3条航道并存的态势。福北水道呈弯曲走势, 流路长、泄流阻力大, 进口段、弯顶段和出口段航槽通常需要维护疏浚才能保障航道畅通, 航槽稳定性差, 年维护量较大。

3) 民主沙尾部浏海沙水道与福北水道下段如皋中汊出口段存在水沙交换, 落潮期间主要为浏海沙水道左侧水流跨越沙脊进入如皋中汊下段, 导致出口段水流流向与航道走向夹角加大, 不利于航槽稳定。沙尾至12.5 m等深线间的越滩量占大断面的8.60%~9.96%, 洪水期间越滩流量大于枯水期。

4) 福北水道流路长、泄流阻力大, 自然条件较差, 深水航道维护困难, 建议进一步加强现场监测分析, 可适时采取工程措施减弱民主沙尾越滩流, 进而减小福北水道泄流阻力, 减轻航道维护压力。

#### 参考文献:

- [1] 李昌华, 金德春. 河工模型试验[M]. 北京: 人民交通出版社, 1981.
- [2] 陈晓云. 福姜沙水道深水航道选汊分析[J]. 水运工程, 2014(3): 1-7.
- [3] 夏云峰, 徐华, 闻云呈, 等. 长江福姜沙、通州沙和白茆沙河段深水航道整治关键技术[M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.
- [4] 夏云峰, 闻云呈, 徐华, 等. 长江河口段水沙运动及河床演变[M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.
- [5] 徐华, 王晓俊, 张帆一, 等. 2022年度长南京以下深水航道维护量预测分析报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2021.
- [6] 长江航道局. 航道工程手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

(本文编辑 王璁)