



福姜沙水道深水航道选汉动床试验研究

吴道文, 杜德军

(南京水利科学研究院, 江苏 南京 210024)

摘要: 福姜沙河段有福南、福北、福中三汉可选通航汉道, 而目前三汉都不满足 12.5 m 深水航道尺度要求, 必须进行整治, 而选哪一汉为通航汉道成为整治工程首要任务。为此利用潮流泥沙河工模型研究各汉道整治工程效果及影响, 对通航汉道进行初选。动床试验表明: 通过整治, 福南水道维持 12.5 m 水深, 单向通航要求仍较困难, 其进口及中部碍航段改善效果较差; 福北水道受如皋中汉过流断面限制及碍航段较多, 河势发展受到限制, 双向通航难度大, 暂可考虑单向通航; 福中水道目前处于发展阶段, 且整治工程对周边环境影响较小, 整治难度相对较小。

关键词: 通航汉道; 碍航段; 深水航道

中图分类号: U 617.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)05-0008-10

Study on channel selection in Fujiangsha waterway regulation by movable bed experiment

WU Dao-wen, DU De-jun

(Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210024, China)

Abstract: There are three channels which can be navigation paths in Fujiangsha river reach. However, they all don't meet the scale requirement of 12.5 m deep waterway, so this river reach shall be regulated, and the selection of the channel as a navigable path is the primary task. In this research, effectiveness and impact of regulation in each channel is studied by means of tidal current and sediment physical model experiment. Based on the experiment, preliminary choice of the navigation path can be determined. The movable bed experiment shows that the south channel of Fujiangsha waterway can maintain 12.5 m deep after regulation, but one-way traffic is still hard to be satisfied and the effect in the entrance and middle of the channel is poorer. It's difficult to realize two-way traffic in the north channel of Fujiangsha waterway because this channel is restricted by the cross-section of Rugao middle channel and there are too many navigation-impeding sections in this channel. So one-way traffic can be considered in the north channel at present. As to the middle channel of Fujiangsha waterway, the difficulty of regulation is relatively small because this channel is at the development stage now and the regulation has less effect on the surrounding environment.

Key words: navigation path; navigation-impeding section; deep waterway

福姜沙分长江左右两汉, 左汉为主汉, 右汉即福南水道为支汉, 河道弯曲, 目前海轮航道走福南水道(图1)。近年福南水道经常淤浅, 年疏浚量最大达 100 万 m^3 , 且福南水道沿岸码头众多, 相互干扰大, 航行环境较差。福姜沙左汉宽浅顺

直, 出口为双涧沙, 分福中、福北水道。福姜沙河段有福南、福北、福中三汉可选通航汉道, 而目前三汉都不满足 12.5 m 深水航道尺度要求, 必须进行整治, 而选哪一汉为通航汉道成为深水航道整治工程首要任务。

收稿日期: 2013-07-01

作者简介: 吴道文(1963—), 男, 高级工程师, 从事河流动力学研究。

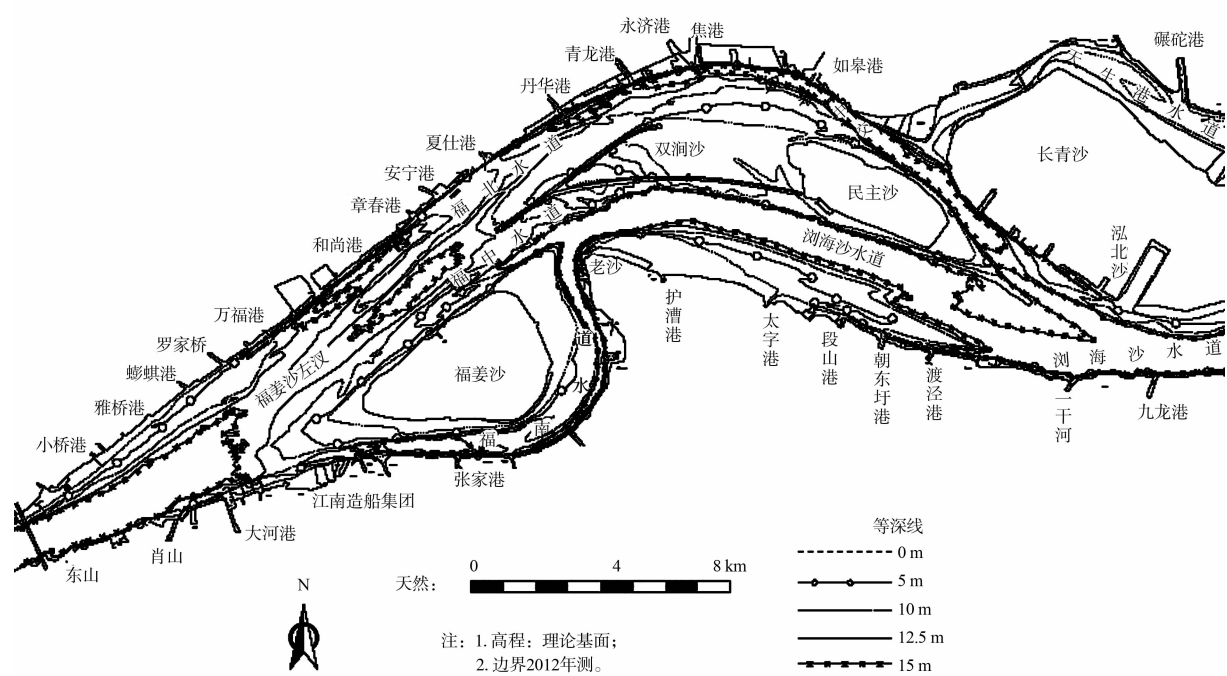


图 1 福姜沙河段河势

1 物理模型简介

模型水平比尺为 1:655，垂直比尺 1:100。模型上游采用扭曲水道连接量水堰和模型试验段，上游采用大通流量控制，下游北支由水位控制的

矩形平板翻转式尾门生潮设备产生潮汐过程，南支由潮水箱生潮设备产生潮汐过程。模型总体布置见图 2。

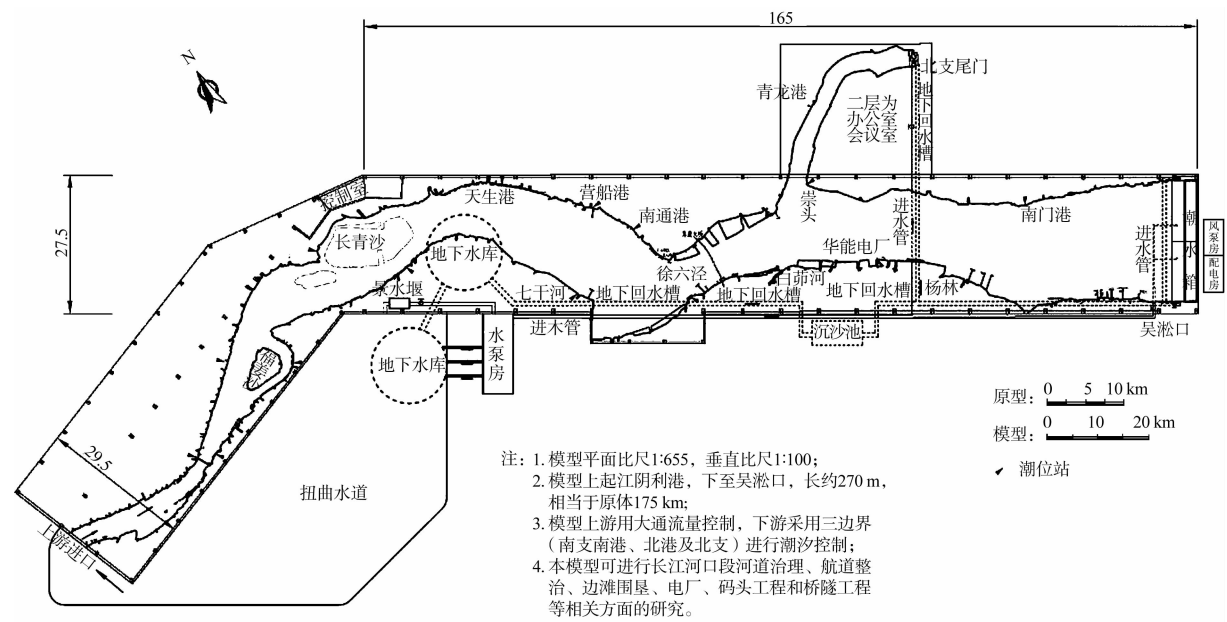


图 2 长江河口段模型布置

福姜沙河段悬沙中值粒径在 0.01 mm 左右，悬沙中参与造床泥沙分界粒径在 0.03 ~ 0.04 mm，大

于此粒径泥沙一般在 10% ~ 15%。河床底沙中值粒径平均在 0.18 mm 左右，其中深槽较粗，洲滩较

细。悬沙中造床泥沙即河床质的中值粒径 $d_{50p} = 0.09 \text{ mm}$ 。模型沙采用经防腐处理的木粉，模型沙 $\rho_s = 1.18 \text{ t/m}^3$ ，中值粒径 $d_{50} = 0.16 \text{ mm}$ 。床沙质考虑悬浮及沉降相似，河床质主要考虑起动相似。

首次选汉研究模型地形采用 2004 年 4 月地形，对模型进行水动力条件及河床冲淤相似性验证，验证结果满足有关规程要求。

第二阶段选汉研究采用 2012 年地形重新进行水动力及河床冲淤相似性验证，验证结果满足有关模型试验规程要求。

试验下游潮型控制：根据实测潮位过程资料进行分析，采用洪枯季不同月份实测中等偏大潮；上游采用大通水沙过程经概化后施放。水文泥沙条件为平常水沙 1 个水沙过程年。

2 通航汉道选择原则

福姜沙河段目前通航汉道有：由福南水道经浏海沙水道，福姜沙左汉福中水道经浏海沙水道，福北水道经如皋中汉至浏海沙水道。汉道选择原则：1) 所选通航汉道应易建设，工程费用较小，水深条件好，航道维护费用小。通航汉道经整治后能满足通航要求。2) 所选通航汉道应河势变化

较稳定，发展前景较好。3) 通航汉道选择应符合该河段的综合治理规划，维持目前汉道分流格局。4) 所选通航汉道应有利于沿江经济发展，为两岸港区未来发展留有余地。

3 第一阶段 12.5 m 深水航道选汉方案试验结果分析

3.1 首次选汉研究通航汉道比选方案

福姜沙水道深水航道整治可选汉道有福南、福北、福中，鉴于福南水道弯、窄、险，分流比仅 20%，只能考虑单向通航。据以往有关研究^[1-2]，福南水动力条件改善，通过浅区疏浚在左汉建整治工程等，可增加福南水道分流比；福北水道经如皋中汉方案，考虑限福中分流增加福北如皋中汉分流比，对浅区进行疏浚。

福中方案 1-3 即福中偏南方案，此方向顺福中深槽而上，航道直段较长，缺点是不易维护；福中方案 1-4 为福中偏北方案，考虑到历史上双涧沙甬沟位置常在此形成福姜沙左汉深槽，与浏海沙水道深槽之间形成微弯形深水航道，福姜沙一侧导堤增加航道浅区流速。福中方案特点是首先守护双涧沙，稳定河势，其次利用丁坝、导流潜堤等增加浅区流速。

表 1 通航汉道比选研究方案

方案	工程内容	疏浚量/万 m^3
方案 1-1 (福南单向)	1. 福姜沙头部布置—2.7 km 长度分流导堤，顶高程 2.0 m 2. 双涧沙沙脊布置 10 km 长护滩限流堤，顶高程 2.0 m 3. 福中入口护底 (长 6 km, 宽 500 m) 4. 福南航道 (17.5 km × 12.5 m × 200 m) 疏浚	236.3
方案 1-2 (福北双向)	1. 双涧沙北侧导堤 (长约 10 km, 高程 2.0 m) 2. 福中入口限流堤 (长约 6.5 km, 高程 -2.0 m) 3. 福北航道 (29 km × 12.5 m × 350 m) 疏浚	689.2
1-3 偏南方案	1. 福姜沙头部丁坝群 (总长 2.8 km, 高程 0.5 m) 2. 双涧沙护滩堤 (长约 16 km, 高程 2.0 m) 3. 双涧沙头部潜堤 (长约 5.7 km, 高程 0.5 m) 4. 福中航道 (沿深槽, 25.4 km × 12.5 m × 350 m) 疏浚	683.2
方案 (福中双向)		
1-4 偏北方案	1. 福姜沙北侧导流堤 (总长约 5.5 km, 高程 2.0 m) 2. 双涧沙南侧导堤 (长约 10 km, 高程 2.0 m) 3. 福中航道 (沿头部甬沟, 23 km × 12.5 m × 350 m) 疏浚	1 212.2

注：堤顶高程为 85 高程。

3.2 方案 1-1 (福南单向) 河床冲淤变化分析

福南水道在进口洲头坝的挑流作用及航道疏浚

下，分流比有所增加^[3]，方案 1-1 福姜沙汉道分流比变化较大，在 6% ~ 7%，福南分流比增加 6% ~ 7%。

双涧沙建护滩限流堤, 使福南水道分流进一步增加。但福南水道进口由于福姜沙洲头分流导堤的壅水作用, 进口长山码头附近流速减小, 航道内淤积有所增加, 分流导堤头部产生局部冲刷坑, 形成顺堤流。福

南水道十字港湾道段, 由于弯道环流的作用, 航道疏浚后, 靠凸岸一侧淤积明显, 航道维护较困难。平常年河床冲淤变化见图3。常年水沙条件下年回淤量约为 80 万 m^3 , 维持 12.5 m 水深仍需进行维护性疏浚。

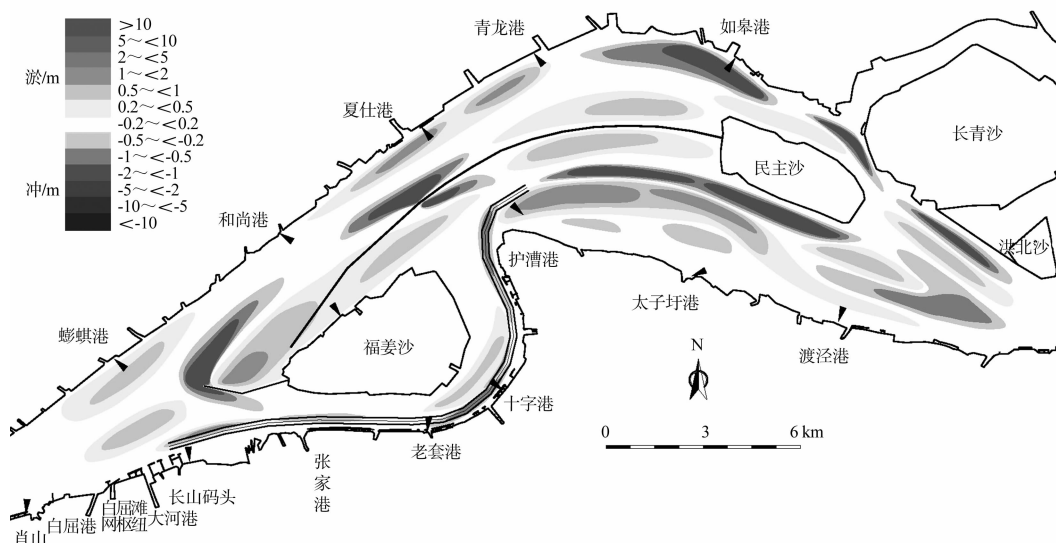


图3 方案1-1 河床冲淤变化

3.3 方案1-2 (福北双向) 河床冲淤变化分析

方案1-2 福姜沙左汊分流比减小5%左右。福姜沙左汊进口河床淤积, 主要是福中水道入口限流堤的阻水作用和双涧沙北导堤的阻水作用。和尚港附近河床总体冲深, 航道疏浚部位有所回淤, 但回淤量相对较小。夏仕港至青龙港航道内

淤积有所增加, 淤厚最大达 1 m 。青龙港至如皋港航道疏浚量较大, 最大浚深达 5 m 。工程后最大回淤厚度在 3 m 以上。平常水沙年冲淤变化见图4。常年水沙条件下年回淤量约 140 万 m^3 , 有多处碍航浅段, 焦港对岸凸岸一侧疏浚回淤量大。

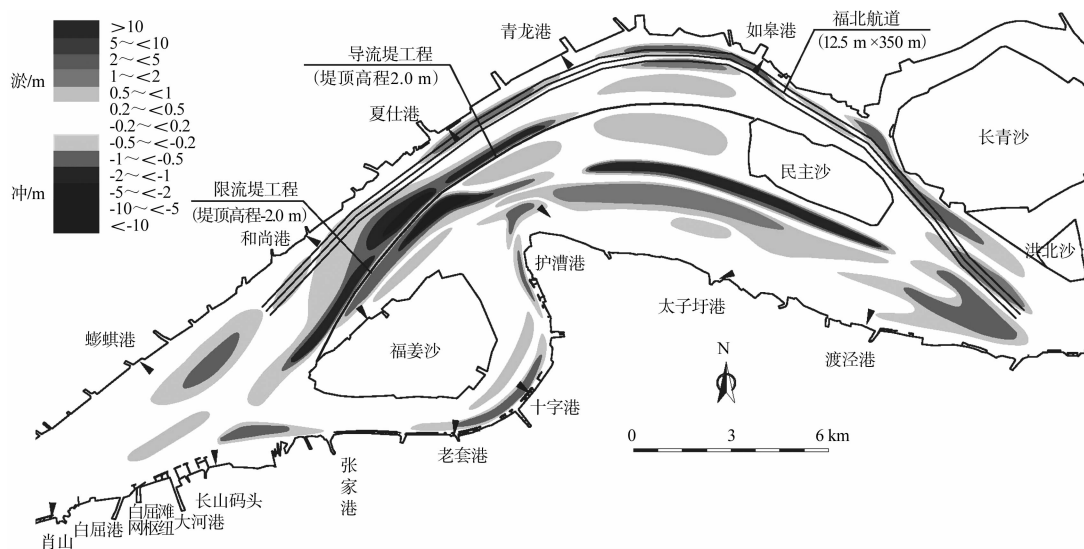


图4 方案1-2 河床冲淤变化

3.4 方案 1-3 (福中双向) 河床冲淤变化分析

方案 1-3 福姜沙左汊分流比减小 5% 左右。开通福中偏南为海轮航道, 航道尺度为宽 350 m, 水深 12.5 m。航道有一处达不到通航要求, 疏浚量达 683.2 万 m^3 , 常年水沙条件下年回淤量约 90 万 m^3 , 可见回淤量较小。与方案 2 相比, 航道维护量较

小。平常年河床冲淤变化见图 5。

航道进口疏浚段有所回淤, 最大回淤厚度在 1 m 以上。双涧沙头部潜堤以下航道内回淤较小。至浏海沙水道前航道冲刷, 刘海沙水道航道淤积, 最大淤厚达 2 m。福中偏南航道与上下游航道连接较顺, 航道最短。

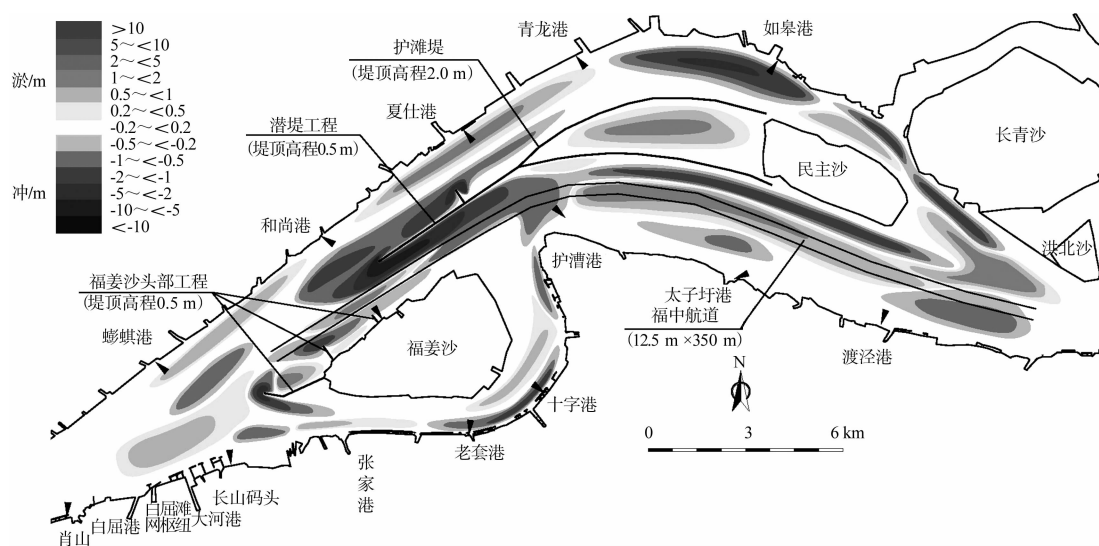


图 5 方案 1-3 河床冲淤变化

3.5 方案 1-4 (福中双向) 河床冲淤变化分析

方案 1-4 福姜沙左汊分流比减小 5% 左右。航道由福北水道经双涧沙头部沙埂进入浏海沙水道, 上下航道呈弯曲弧形连接。工程后最大回淤厚度在 2 m 以上。最大回淤厚度位于福姜沙北侧导流堤尾部与双涧沙南侧导堤头部之间。平常年河床

冲淤变化见图 6。由于福姜沙北侧导堤左侧出现顺堤冲刷及双涧沙南侧导堤头部出现顺堤冲刷坑, 使进入航道内的水流分散, 航道回淤相对较大。疏浚量为所有方案最大, 最大疏浚深度达 10 m 以上。常年水沙条件下工程后一个水文年后回淤量达 210 万 m^3 , 可见回淤量也是所有方案中最大的。

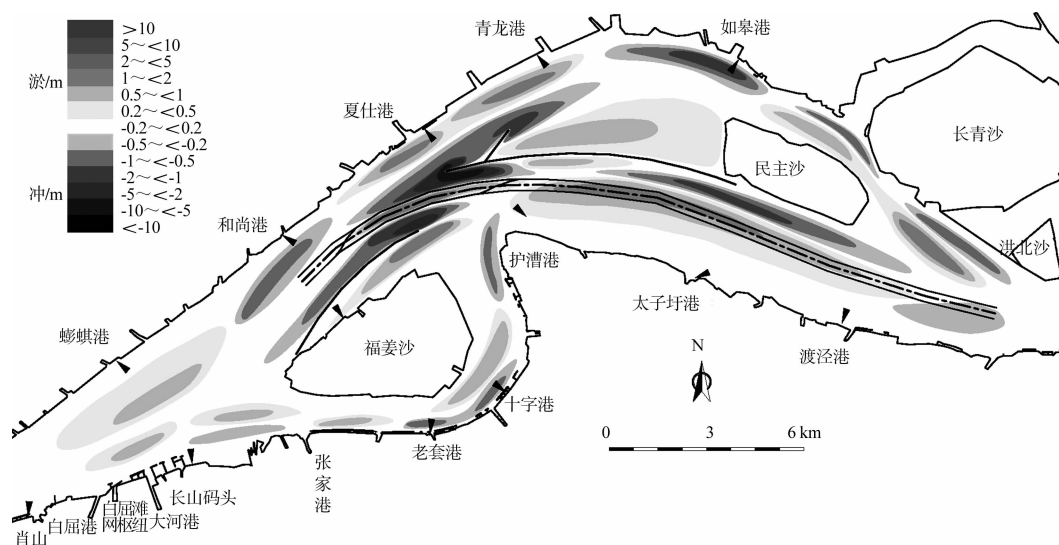


图 6 方案 1-4 河床冲淤变化

4 第二阶段福姜沙河段选汉方案研究

第一阶段汉道选择方案分流比调整幅度较大, 且采用封堵福中水道方案对现有河势格局及分汉格局影响较大, 由于河势地形变化较大, 为此采用 2012 年地形进行选汉方案研究^[4-5]。

4.1 试验研究方案简介及试验组次

福姜沙河段现状条件下维持三汉通航的格局, 为配合汉道选择进行了福北、福北 + 福南、福北 + 福中、福中以及福中 + 福南等 5 大类方案的研究。根据基本方案比选的需要, 水沙条件选用平常水沙年, 方案概况及水沙条件组合见表 3。

表 3 福姜沙河段深水航道整治选汉动床试验研究方案及水沙条件组合

工况	方案	方案说明	水文条件
1	2-1	福南 + 福北单向	平常水沙年
2	2-2	福中 + 福南单向	
3	2-3	福中双向	
4	2-4	福中 + 福北单向	
5	2-5	福北双向	

4.2 动床模型试验

4.2.1 方案 2-1(福南 + 福北)单向方案河床冲淤变化

平常水沙年条件下方案 2-1 (福南 + 福北) 工程引起的冲淤见图 7。

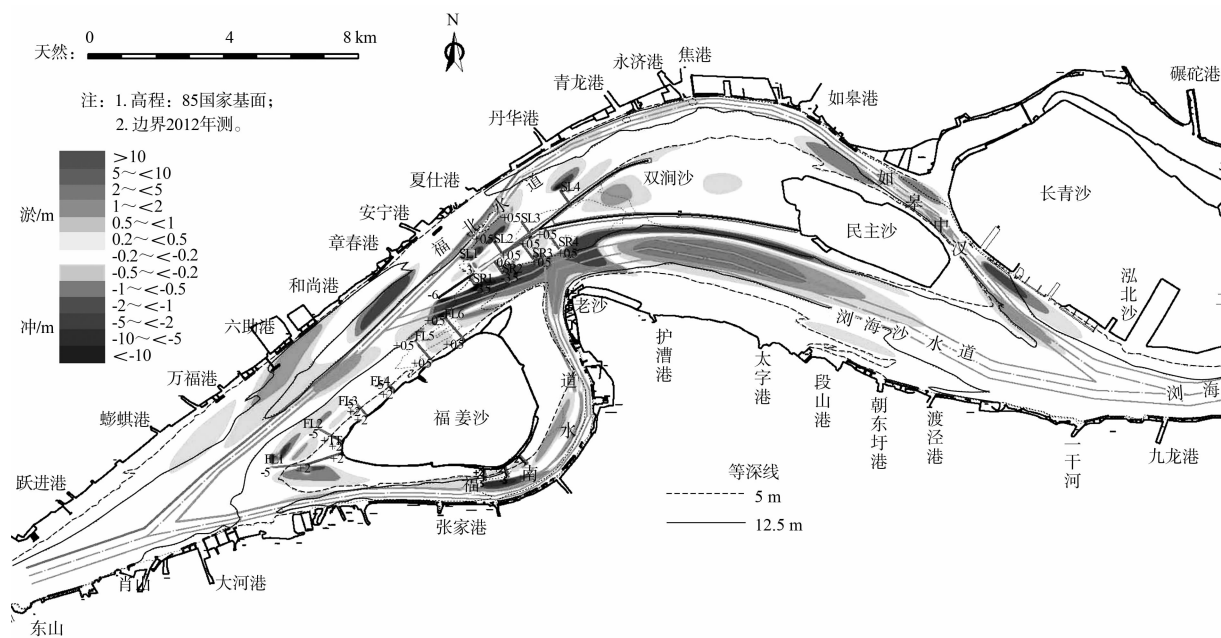


图 7 方案 2-1 (福南 + 福北) 实施后工程引起的冲淤变化 (平常水沙年)

1) 福北水道冲淤变化: 工程后左汉进口水动力减弱, 航道内流速有所减小。工程后福北水道福姜沙左汉进口以及安宁港—夏仕港对开附近航槽淤积, 12.5 m 槽中断; 福北水道有多处不满足 12.5 m 深水航道要求, 和尚港—夏仕港间主要是航槽左侧深度不足, 青龙港—焦港间凸岸一侧航道内淤积, 水深不足。航道疏浚区主要位于安宁港附近及左汉进口万福港对开, 平常水沙年疏浚区回淤量约 80 万 m^3 , 年回淤率约 65%。

2) 福南水道冲淤变化: 福南水道碍航段位于进口段及中部弯道段, 要满足水深 12.5 m 单向通航要求航道疏浚量 330 万 m^3 , 平常水沙年后疏浚

区回淤约 230 万 m^3 , 疏浚区年回淤率较大。进口段工程后虽分流比及流速有所增加, 但河床冲刷区主要位于左侧浅滩, 进口航道内冲刷不明显, 且疏浚区回淤明显, 工程后航道水深局部有所提高, 但 12.5 m 槽仍不贯通。

弯道段: 弯道段河床断面呈不对称的“V”型, 深槽靠凹岸一侧, 凸岸一侧为浅滩。由于深槽宽度有限, 航道必须利用凸岸一侧浅滩, 需进行疏浚。弯道进口有 3 个丁坝束水导流作用, 进口段航道水深有所提高, 12.5 m 槽基本贯通, 但弯道中下段由于航宽不足。在凸岸一侧疏浚, 回淤迅速, 洪季疏浚区航道快速回淤, 回淤强度大。

4.2.2 方案 2-2 (福中 + 福南) 河床冲淤变化

平常水沙年条件下方案 2-2 (福中 + 福南) 实施后工程引起的冲淤见图 8。

1) 福中水道冲淤变化: 工程后福姜沙左汊万福港至和尚港流速减小, 福姜沙左汊六助港对开航道淤积, 六助港至和尚港近岸淤积, 和尚港对开江中心滩冲刷。福中水道碍航段位于安宁

港对开附近、邻近福姜沙尾, 12.5 m 槽中断约 1 km, 航道疏浚量约 120 万 m^3 , 平常水沙年回淤量约 80 万 m^3 , 疏浚量及回淤量相对较小。一个平常水沙年后, 福姜沙左汊进口主槽淤积, 12.5 m 槽中断, 福中水道安宁港对开, 工程后出现冲刷, 12.5 m 槽贯通, 但局部宽度不足, 位于航道右侧仍有水深不足 12.5 m 的浅区。

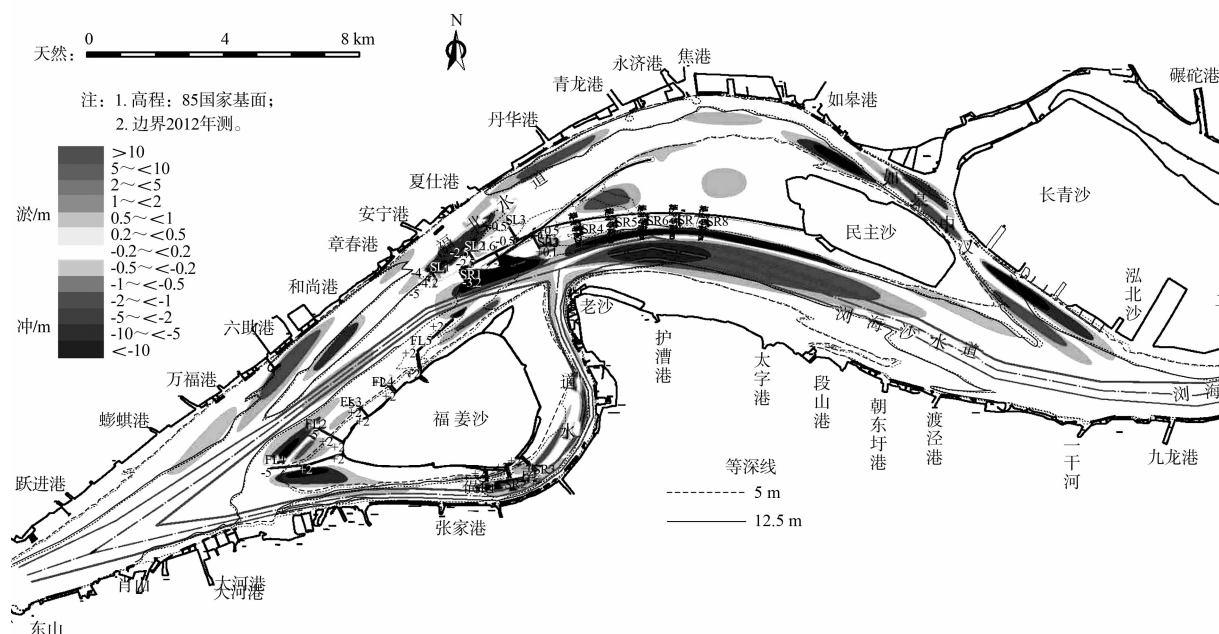


图 8 方案 2-2 (福中 + 福南) 实施后工程引起的冲淤变化 (平常水沙年)

2) 福南水道冲淤变化: 此方案福南水道分流比增加约 3% 左右, 河床冲淤变化与方案 2-1 类似, 回淤量也相差不大。福南水道进口附近 12.5 m 中断, 不满足 12.5 m 深水航道要求, 弯道段主要是 12.5 m 槽宽度不足。

4.2.3 方案 2-5 (福北双向) 河床冲淤变化

平常水沙年条件下方案 2-5 (福北双向) 实施后工程引起的冲淤见图 9。工程后仅进口两丁坝前沿航道内局部有所冲刷, 航道水深增加, 丹华港及如皋港附近航道内局部有所冲刷, 安宁港至夏仕港航道疏浚回淤率较大, 焦港附近弯道凸岸疏浚区回淤迅速, 回淤率大。由于上游来沙主要沿靖江一侧向下输移, 六助港附近航道内出现新的浅点。安宁港上游心滩泥沙冲刷进入航道内, 疏浚区回淤迅速。福北双向疏浚量达 570 万 m^3 , 平常水沙年回淤量达 380 万 m^3 。航道维护风险大。

4.2.4 方案 2-3 (福中双向) 河床冲淤变化

平常水沙年条件下方案 2-3 (福中双向) 实施后工程引起的冲淤见图 10。

此方案汊道分流比调整幅度略大于福中 + 福北方案, 福姜沙左汊万福港至和尚港虽通过丁坝缩窄河床, 但由于工程阻水作用, 分流比减小, 航道内流速减小, 回淤主要在福姜沙左汊六助港至和尚港附近。福中方案疏浚量约 200 万 m^3 , 位于安宁港附近 12.5 m 槽约 1 km 不通, 另外万福港附近航道局部深度不足。工程后浅段水深总体有所增加, 平常年回淤量约 120 万 m^3 。

福中方案实施后, 原碍航浅区福中水道安宁港对开附近的 12.5 m 槽均能保持贯通, 只是平常水沙年条件下, 其右侧水深不够, 不满足航宽要求; 福姜沙左汊主槽进口工程后动力减弱, 出现淤积, 不满足 12.5 m 航道的水深和航宽要求。

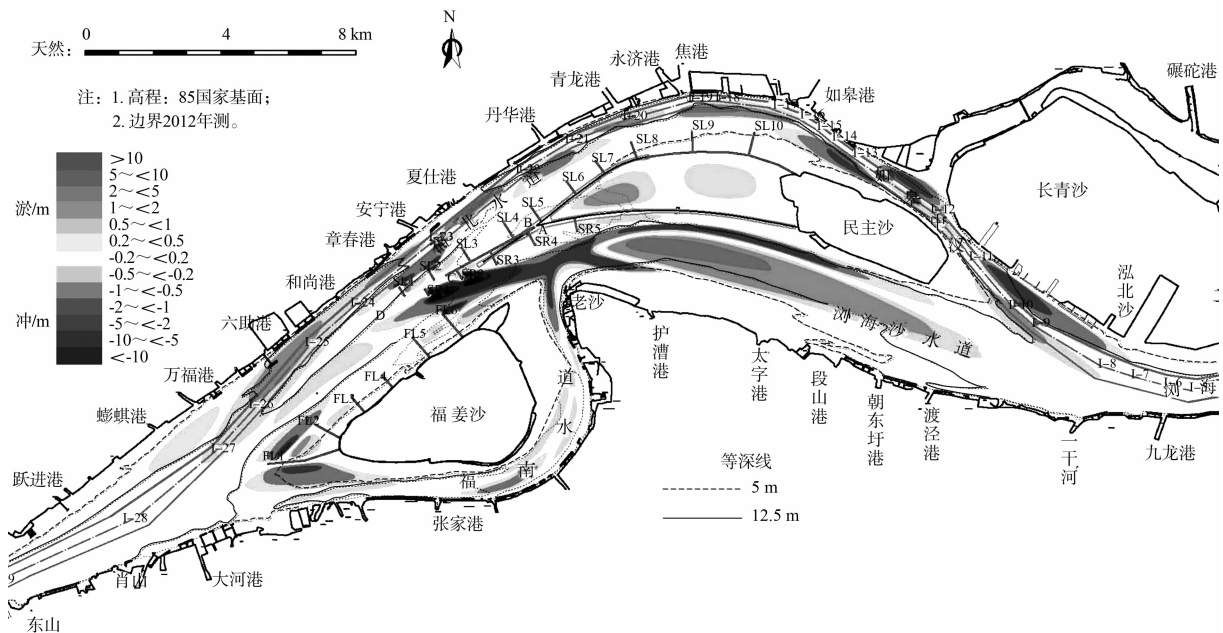


图9 方案2-5 (福北双向) 实施后工程引起的冲淤变化 (平常水沙年)

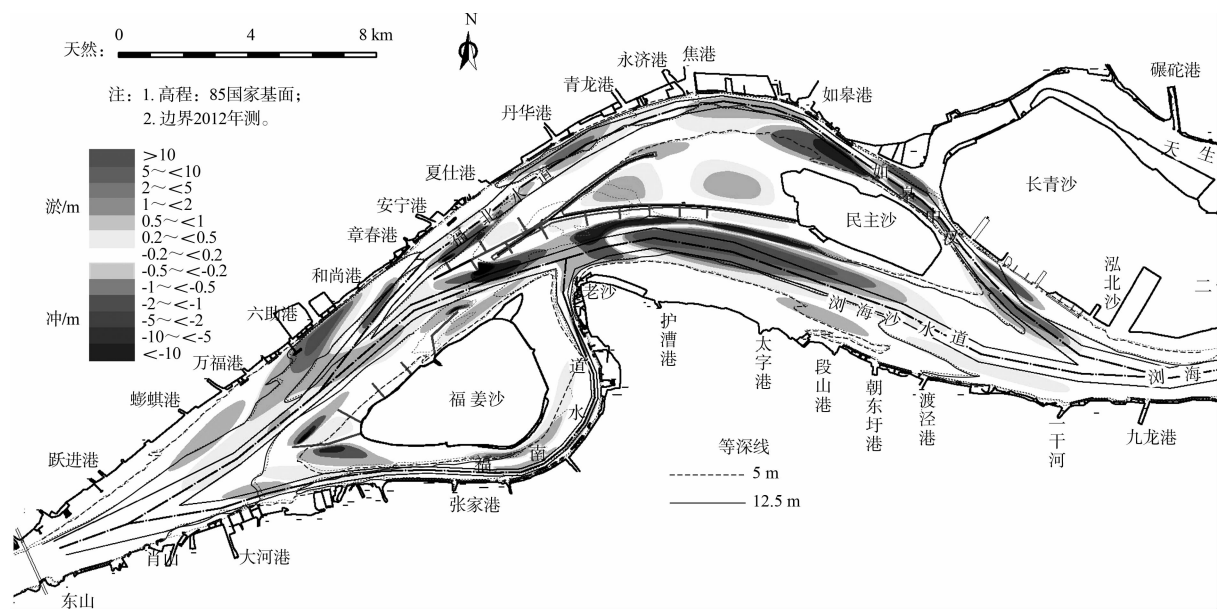


图10 方案2-3 (福中) 实施后工程引起的河床冲淤 (平常水沙年)

4.2.5 方案2-4 (福中 + 福北) 河床冲淤变化

平常水沙年条件下方案2-4 (福中 + 福北) 实施后工程引起的冲淤见图11。

1) 福北水道冲淤变化: 福北单向航道碍航段主要有3处: 福姜沙左汊进口万福港附近航道富裕水深不足, 章春港—夏仕港附近 12.5 m 槽中断, 焦港附近 12.5 m 槽宽度略有不足。航道疏浚回淤主要在章春港至夏仕港段, 另外万福港附近

航道内有所淤积, 六助港附近淤积出现新的浅点, 焦港附近凸岸淤积航宽仍略有不足。福北单向航道疏浚量达 380 万 m^3 , 平常水沙年碍航段淤积达 260 万 m^3 。章春港附近江中心滩近年来下移进入安宁港附近碍航浅段, 航道回淤量大, 从多年来靖江沿岸冲淤变化分析看, 沿岸常呈冲淤相间的变化, 冲淤变化幅度相对较大, 航道靠靖江沿岸一侧, 可能造成航道内短期快速淤浅。

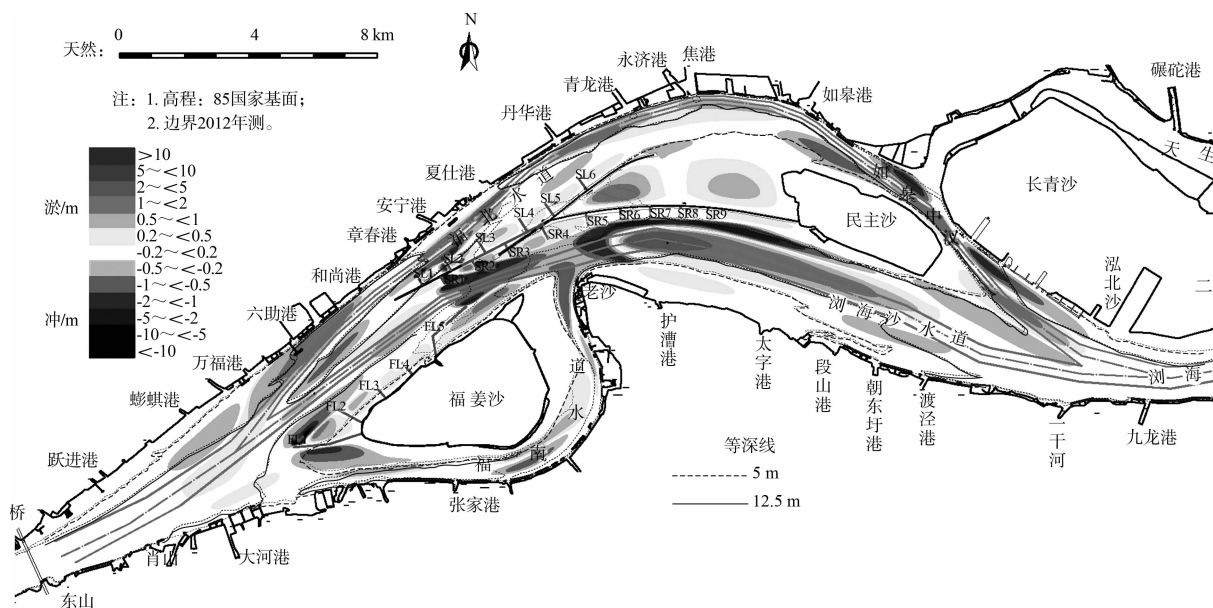


图 11 方案 2-4 (福中 + 福北) 实施后工程引起的河床冲淤 (平常水沙年)

2) 福中水道冲淤变化: 此方案对分流比调整与福中 + 福南方案相差不大, 此方案福中水道冲淤变化、航道水深条件与方案 2-2 相差不大。

5 综合分析

5.1 通航汉道应选择有发展前途的汉道

由于地形不同及航槽位置不同, 航道疏浚量相差较大。2004 年 4 月地形条件下福中偏南方案疏浚量为 683 万 m^3 , 而偏北方案 1 212 万 m^3 , 在这样大的疏浚量情况下, 平常年回淤量仅 90 万 m^3 及 210 万 m^3 ; 而 2012 年地形条件, 福中方案 (双向) 相当于原福中偏南方案, 疏浚量仅 140 万 m^3 左右, 回淤量约 80 万 m^3 。由 2004 年地形条件可预估, 福中水道处于发展阶段。海轮航道走福中水道, 对沿岸港口码头影响较小, 施工作业及清淤疏浚对现有通航环境影响较小。整治工程能改善航道内的水动力条件且整治工程对周边环境影响较小, 从汉道发展看, 近年福中水道处于发展阶段, 目前疏浚回淤量相对较小。

5.2 航道整治应顺应河势维持现有分汉格局

福北方案 2004 年疏浚量略大于 2012 年疏浚量, 这与航道布置有一定关系。2004 年回淤量较小, 2012 年回淤量较大, 其原因有原福北方向采用的是封堵福中方案, 福北一如皋中汉分流比增

加较多, 如皋中汉分流比达 3% 以上, 此方案不合适。另外采用封堵发展中的福中水道是不合适的, 整治工程应维持现有分流格局及顺应河势发展的变化。

水深达到 12.5 m 出浅段较多, 双向通航疏浚量及回淤量都较大。考虑到沙钢沿岸码头影响, 如皋中汉分流比增加不宜过多, 最好维持现有状态。整治工程对福北水道进口段效果不明显, 工程后仍有多处达不到深水航道要求尺度。

5.3 福南水道航道整治难度大

福南方案 2004 年地形条件下试验与 2012 年地形条件下试验不同在于原福中单向航道宽度为 200 m, 现为 260 m, 宽度不同疏浚量也不同。2004 年地形条件下疏浚量为 230 万 m^3 , 2012 年单向通航航宽 260 m 条件下疏浚量为 330 万 m^3 。而 2004 年条件下回淤量仅 80 万 m^3 左右, 2012 年地形条件下回淤量达 220 万 m^3 左右。两次回淤量相差较大, 主要原因有: 1) 疏浚量不同; 2) 汉道分流比变化不同, 2004 年试验方案汉道分流比变化达 6% 以上, 即福南分流比增加 6%, 而 2012 年方案仅 2% 左右, 汉道分流调整过大, 是不合适的, 说明左汉阻力大增, 河床调整幅度大可能带来新的碍航问题。

福南水道为支汉, 总体处于缓慢萎缩状态,

汉道无发展前景。目前维持 10.5 m 水道及 200 m 航宽都有困难, 需靠大量疏浚才能解决。在福南水道内直接进行整治工程对福南水道整治效果不明显。在左汉及双洄沙上建整治工程, 能改善福南水道水动力条件, 但要维持 12.5 m 水道及 260 m 航宽仍有困难, 更不用说达到双向通航要求的 350 m 航宽。整治工程对进口段, 及弯道效果不明显, 这两段为主要碍航段。

6 结论

1) 通航汉道选择首先从河势发展角度进行考虑, 选择稳定或发展中的汉道。从河势发展看目前福中水道处于发展阶段, 所选择的通航汉道经整治后满足通航要求, 易于维护福中水道。经整治后回淤量最小, 且碍航仅一处, 航道易于维护, 兼顾考虑现有福北水道水深条件及沿江经济发展。

2) 福中单向航道回淤量相对较小, 福北单向航道回淤量次之; 福中双向小于福北 + 福中单向疏浚量及回淤量。福北单向偏北航道回淤较大, 福北双向最大。综合比较福南水道整治难度大,

福北双向疏浚回淤量大, 航道维护风险大, 受如皋中汉发展限制, 福北双向不宜采纳, 推荐福中方案及福中 + 福北单向方案。由于福北双向及福中单向整治难度较大, 暂考虑福中 + 福北单向方案。

参考文献:

- [1] 夏云峰, 吴道文. 张家港岸线规划码头布置潮汐河工模型试验研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2002.
- [2] 吴道文. 福姜沙水道海轮深水航道整治工程潮汐河工模型试验[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2001.
- [3] 吴道文. 长江下游福姜沙河段深水航道整治工程动床模型试验研究报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2009 年.
- [4] 张世钊, 吴道文. 长江南京以下 12.5 m 深水航道建设工程二期工程福姜沙河段定床模型试验研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2013.
- [5] 吴道文. 长江南京以下 12.5 m 深水航道建设工程二期工程福姜沙河段动床模型试验研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2013.

(本文编辑 武亚庆)

· 消 息 ·

上航局签署南通港 5 万吨级进港航道疏浚工程施工项目

4 月 30 日, 上航局与南通市港口管理局、吕四港经济开发区管委会签署南通港吕四港区 5 万吨级进港航道疏浚工程施工合同。工程总合同额 4.41 亿元。

该工程为南通港吕四港区 10 万吨级进港航道的一阶段工程, 航道长约 56.63 km, 航道设计底高程 -11.3 m, 有效宽度 246 m, 能满足 5 万吨散货船乘潮通航, 兼顾 10 万吨级散货船减载乘潮单向通航。采用耙绞联合作业方式施工, 大型耙吸式挖泥船对航道疏浚后, 再由绞吸式挖泥船吹填上岸, 工程量为 930.6 万 m^3 。

该航道建成后, 将有效减少运输成本, 大幅提升货物运输和中转能力, 对进一步推动南通市工业发展和产业升级, 推进苏南地区经济发展, 完善长三角北翼功能布局, 拓展长三角区域经济平台具有积极促进作用。

摘编自《中国交通建设网》