



## 长江口福姜沙河段近期河势演变分析\*

刘高峰, 郭文华, 贾晓, 吴华林, 吴冬领

(上海河口海岸科学研究中心, 上海 201201)

**摘要:** 长江口福姜沙河段属于复杂的分汊型平原河道, 江中沙洲、暗滩交替分布。河床受径流和潮流共同作用, 在江面宽阔河段涨落流路分歧, 主槽分汊, 多处航段12.5 m水深不贯通, 宽度不足200 m, 是海轮入江的碍航河段。交通运输部计划在十二五期间开始实施长江南京以下12.5 m深水航道建设。本河段航道建设治理思路为顺应河势, 维持分汊型, 守护双涧沙沙体, 稳定航槽。利用实测资料为福姜沙河段航道治理目标进行河床演变分析, 分析可知: 随着水文年的周期性变化, 河道沙体和汊道及汊道间兴衰更替, 给航道稳定性带来不利影响, 说明了双涧沙守护的必要性; 福北、福南水道受岸线约束, 航槽稳定, 航深通过疏浚虽能达12.5 m, 但宽度很难满足; 从河势变化趋势来看, 福中水道弯曲度适中, 主槽宽阔, 且呈冲刷发展趋势, 利于航道建设。

**关键词:** 福姜沙水道; 双涧沙; 河势演变

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)11-0130-06

### Recent river evolution of Fujiangsha section of Yangtze estuary

LIU Gao-feng, GUO Wen-hua, JIA Xiao, WU Hua-lin, WU Dong-ling

(Shanghai Estuarine & Coastal Science Research Center, Shanghai 201201, China)

**Abstract:** FJS (Fujiangsha) section of the Yangtze estuary with braided shoals distributed in the channel, is a complicated and bifurcated plain river. River bed nearby, impacted by runoff and current flows, is divided at the wide river sections. The main passage is bifurcated and the 12.5 m deep contour breaks at many navigation sections. So FJS section becomes an obstructed river for vessels sailing. The Ministry of Transport intends to implement construction of 12.5 m deep-water navigation channel under Nanjing during the “Twelfth Five-Year Plan” period. The principle of the control project is “Following river evolution; Keeping originally as bifurcated; Protecting SJS (Shuangjiansha) shoal; Stabilizing the navigation channel”. Based on the measured data, we analyze the river regime evolution. The results show that: 1) With the cyclical change of the hydrological year, sand bodies and inlets will be replaced by each other over and over again which has negative impact on the navigation stability so that there is great necessity of SJS shoal protection project; 2) Due to the restriction of shore lines, navigation channels in Fubei and Funan waters stay stable, besides, the depth can be deepened to 12.5 m contour by dredging measures while the width of the passage cannot be guaranteed; 3) According to the river regime evolution, Fuzhong passage, with a wide main channel and a moderate turning curvature, has a trend of erosion which is to make a better navigation condition.

**Key words:** FJS waterway; SJS shoal; river evolution

长江下游航道位于我国经济最发达的长三角地区, 是长江黄金水道航运能力和效益最高

的航段。随着长江南京以下深水航道一期工程的建设<sup>[1]</sup>, 长江黄金水道的效益得到进一步发

收稿日期: 2013-08-25

\*基金项目: 国家自然科学基金重点项目(50939003); 交通运输部科技项目(2011328A0670); 国家973计划项目(2010CB429002)

作者简介: 刘高峰(1976—), 男, 博士, 副研究员, 从事河口海岸、港口航道工程研究。

挥, 为了使12.5 m深水航道上延南京, 长江南京以下深水航道建设工程指挥部组织开展12.5 m深水航道建设二期工程的前期研究工作。二期工程的范围, 上起南京市新生圩, 下至南通市天生港区, 河道全长约227 km, 其中碍航浅段有仪征水道(世业洲)、和畅洲水道(焦山水道和丹徒直)、口岸直水道和福姜沙水道<sup>[2]</sup>。

福姜沙水道位于长江下游南京至浏河口段中部的澄通河段, 上起江阴大桥下至九龙港, 全长约40 km。该河段有福姜沙、双涧沙、民主沙、长

青沙等沙洲, 见图1, 现状条件下福南、福北、福中三汉通航。由于主流从宽阔的左汉进入渐趋狭窄的福北水道, 再弯曲进入窄深的如皋中汉, 泄流能力受限, 双涧沙滩面成为重要的分流区域, 滩面窜沟频发, 沙头摆动不定, 导致航道不稳定。为了稳定航道先得守护双涧沙, 再顺应河势变化趋势进行各汉航道治理。为此, 本文以实测资料对福姜沙河段近期河势演变作分析, 为治理研究提供基础依据。

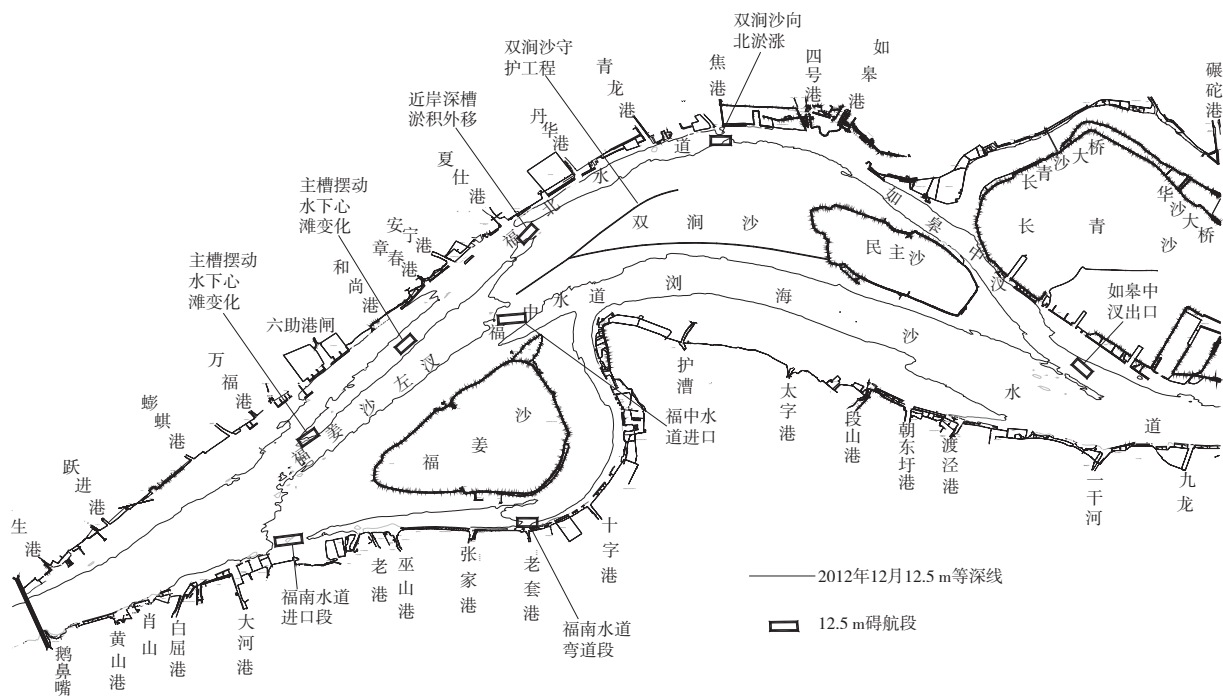


图1 福姜沙河段形势图和12.5 m水深碍航位置分布

## 1 福姜沙河段自然条件

### 1.1 河段基本情况

福姜沙河段进口由鹅鼻嘴和炮台圩对峙节点控制, 江面较窄, 宽为1.4 km, 河床窄深, 主槽水深达50 m。往下江面以0.3~0.5的放宽率放大, 主流发散, 在江阴大桥下游5 km福姜沙洲头主流分汉, 由福姜沙分江道左右两汉。右汉为鹅头型弯道, 长约16 km, 江面宽约900 m, 河床窄深, 主槽紧贴右岸, 水深在11~33 m不等, 多年分流比维持在21%左右。左汉顺直, 为主汉, 江面宽约3 km, 多年平均分流比为79%左右, 主槽水深14~24 m不等。左汉在六助港一和尚港一带水域, 主流被双涧沙洲头分为南北两支。其中北支为福北水道,

下接如皋中汉; 南支为福中水道, 水流至福姜沙尾与福南水道汇合, 进入浏河沙上水道。

福北水道和如皋中汉河床窄深, 深槽贴近北侧凹岸, 江面宽1 km左右, 水深9~30 m, 南侧为双涧沙和民主沙体, 如皋中汉和浏河沙上水道汇合后进入浏河沙下水道。

福中水道受双涧沙头部摆动的影响, 水深变化较大, 沙头南摆淤积期主槽水深不到5 m, 冲刷发展期水深可到12 m以上。

浏河沙水道为长江主泓, 上水道深槽傍北于双涧沙一侧, 在民主沙尾部主流或主槽从傍北逐渐过渡到傍南, 到浏河沙下水道主流紧贴南岸, 过十二圩后脱离南岸, 逐渐向左岸的任港至姚港

一带过渡,进入通州沙水道。浏海沙上水道深槽水深20~36 m,下水道深槽水深17~50 m。

## 1.2 河段航道现状

福姜沙水道是长江下游干线航道的卡口水道、福姜沙河段12.5 m水深碍航位置(图1),各汊碍航情况如下:

1) 福姜沙右汊福南水道,自20世纪70年代以来,10 m槽一直贯通,水深不到12.5 m的有两段:一段在水道进口,大河港微凸岸的背流区;另一段处在老套港弯道进口,由于该弯道过度弯曲,主流过弯道时受阻而分汊(图1),致水深减小。连续枯水后弯道段12.5 m水深有时贯通,但宽度常不足200 m,不能满足通航要求。

2) 福北水道12.5 m水深碍航位置有3段:上段在六助港—安宁港水域,由于该河段处在上下游两弯道过渡段的直道上,该直道过长,有4~5 km,主槽横向摆动大;另外,主流从江阴弯道南岸向北过渡的流路和顶冲位置随着水动力大小不同常发生变化,反复切割江阴弯道凸岸下游侧的水下边滩,形成游动心滩,造成碍航。中段位于安宁港—夏仕港水域,碍航原因,一方面是由于水下心滩下移,使该水域近岸河床淤积;另一方面由于福中水道冲刷发展,福北水道的水动力减弱,致使近岸深槽淤积12.5 m水深不贯通。下碍航段位于福北水道弯顶青龙港—焦港水域,该河段,在丰转枯水文年时,由于双涧沙向北淤涨,侵入深槽,使该段槽宽有时不足200 m,水深不到10 m,如2003年3月测图10 m等深线断开470 m。

3) 福中水道碍航段位于福姜沙左汊在双涧沙头分汊的进口段,该段水深深浅与双涧沙变化密切相关,丰水年双涧沙头部向上或向南的淤涨期,进口段淤积;连续枯水年,福姜沙左汊主泓南移,双涧沙头冲刷并入福姜沙时,进口段冲刷发展。从目前左汊10 m深槽进入福中水道的走向来看,福中水道上段的弯曲幅度变小,利于航道建设。

4) 如皋中汊航道受两侧沙体民主沙与长青沙的限制,河槽狭窄,碍航主要由于航槽宽度不足,尤其出口段两汊汇流区,流态复杂多变,主槽摆动幅度较大,有时12.5 m槽不通。

## 2 福姜沙河段近期河床演变分析

江阴鹅鼻嘴以下为长江河口段,河床受径流和潮流共同作用。河口段江面展宽,江中沙洲、暗滩交替分布,属于复杂的分汊型平原河道。20世纪70年代在人工护岸工程的控制下,福姜沙河段汊道的平面形态已趋稳定的格局。但是,汊道滩槽的冲淤,随着丰、枯水文年而变,在平枯水文年时深槽趋弯,边滩发育;遇丰水年大洪水时深槽取直,水流切割边滩沙体,在宽阔河段形成心滩,心滩移动影响航道水深和宽度的稳定性。福姜沙水道有福姜沙、双涧沙、民主沙、长青沙等沙洲(图1),上段由福姜沙分福姜沙左汊、右汊(福南水道);中段由双涧沙头分福北、福中水道,下段由双涧沙和民主沙分福北—如皋中汊和浏海沙水道。由于主流从宽阔的福姜沙左汊进入渐趋狭窄的福北水道,再弯曲进入窄深的如皋中汊,泄流能力受限,双涧沙滩面成为重要的分流区域,致使双涧沙滩面窄沟频发,沙头摆动不定,影响滩槽的稳定性。为了稳定滩槽必须守护双涧沙,为此,本节以实测资料对福姜沙河段滩槽稳定性,尤其是双涧沙的演变作分析,为各汊航道的治理提供依据。

### 2.1 滩槽稳定性分析

#### 2.1.1 鹅鼻嘴至福姜沙洲头段

江阴鹅鼻嘴至福姜沙洲头段河势多年来基本稳定,上段深槽傍南岸,见图2;左岸常年发育水下边滩,见图3。下段江面展宽,主流发散,被福姜沙分为左右两汊。左汊深槽逐渐向左过渡到福北水道,右汊入福南水道(图2)。江阴—福姜沙洲头段深槽水深14~29 m,冲淤变化不大,水深变幅在4.2 m以内,上段水深呈增大、下段水深呈减小趋势。该河段的上段雅桥港断面上游为单一型河床断面,见图4,河床形态稳定,冲淤变化不大。下段罗家桥港—旺桥港,因左岸的水下边滩常被涨落潮流切割成水下心滩,心滩左右上下游荡致使水深变化较大。

#### 2.1.2 福姜沙右汊

福姜沙右汊又称福南水道,右汊为鹅头弯曲型水道,和北汊汇流后进入浏海沙水道。自20世



纪80年代弯顶一带护岸工程实施后, 弯道发展基本得到控制, 河势格局基本保持稳定, 深泓紧贴右岸凹岸一侧。上游进口老港至张家港河床形态稳定, 冲淤变化很小; 下游出口冲淤变化较大, 2009—2012年呈淤积趋势, 淤高达10 m。

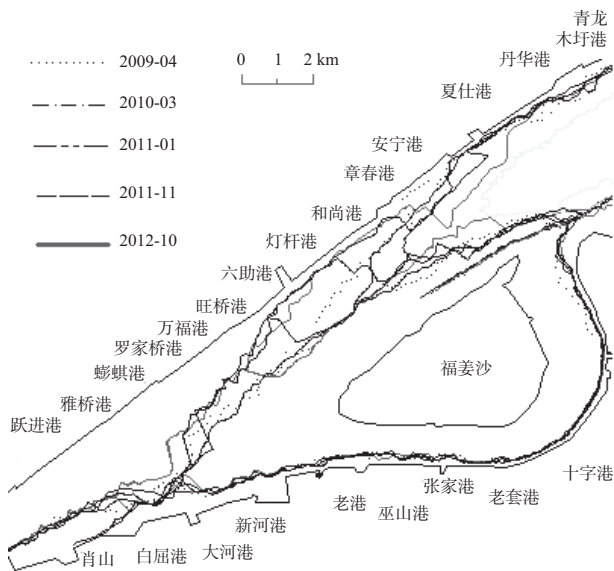


图2 福姜沙河段深泓变化

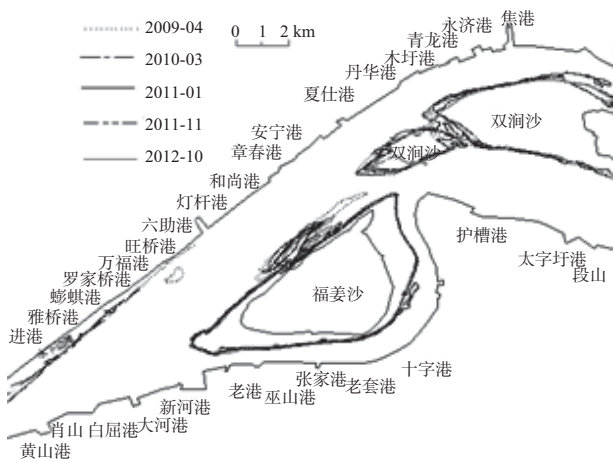


图3 边滩5 m等深线变化

### 2.1.3 福姜沙左汊

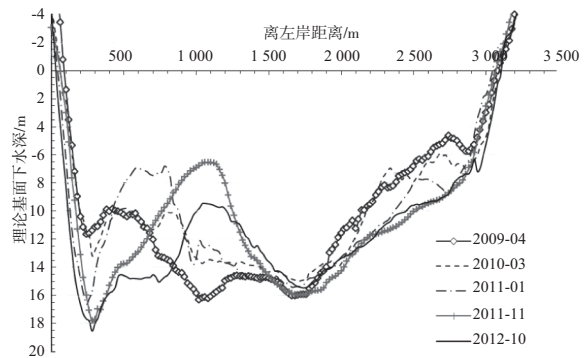
20世纪90年代前福姜沙左汊至福北水道深槽主泓沿着历史演变规律, 沿程不断北偏弯曲侧蚀北岸。在弯道环流的作用下, 北岸侵蚀的泥沙和上游来沙堆积在水动力相对较弱的双涧沙区域, 使得双涧沙向北凸出, 头部向上游延伸(图3)。20世纪90年代后, 北岸护岸工程的实施, 阻止了福北水道的继续北偏弯曲。1998年大洪水后, 上游北岸江阴大桥以下至六助港边滩发育, 主泓南

偏, 主槽弯曲度增大, 主流顶冲点从2009年的安宁港附近逐渐上移到现今的和尚港附近, 致使和尚港以上主槽左侧的近岸支槽冲刷, 冲深约7 m(图4), 和尚港以下则淤积, 章春港—夏仕港一带近岸深槽2011年以来淤积消逝、主槽外移(图2)。

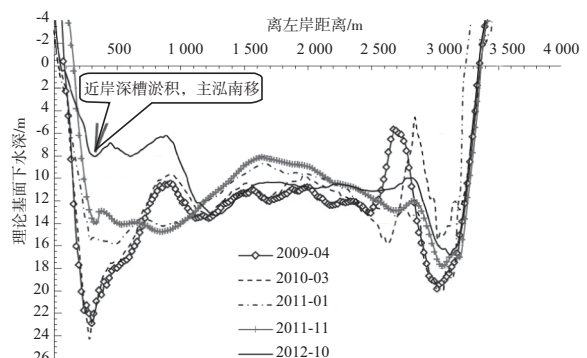
章春港—夏仕港一带近岸深槽逐渐淤积消逝, 水流在该部位受阻南偏, 主泓逐渐南移发散, 使双涧沙上游头部水流越滩量增大, 2009年双涧沙在丹华港对开水域窜沟发生, 至2012年双涧沙守护工程堵截窜沟实施生效后, 双涧沙5 m等深线才恢复闭合圈, 见图3。

福姜沙左汊下游又称福北水道, 2009年以来随着福姜沙左汊下段近岸深槽的淤积和双涧沙窜沟的发展, 深槽缩窄, 水深减小, 尤其在安宁港—夏仕港水域原近岸深槽水深减小达11 m, 见图4。

随着夏仕港—章春港近岸深槽淤积落水主泓南移, 2012年因夏仕港水域落水槽与下游上伸的涨潮冲刷槽分叉, 导致福北水道航道12.5 m等深线在夏仕港水域中断480 m, 见图1。



a) 六助港



b) 夏仕港

图4 福姜沙左汊六助港、夏仕港河床断面

### 2.1.4 福中水道

福姜沙左汊在和尚港—章春港一带水域被向上延伸的双涧沙头分福中和福北水道，两水道水深具有此消彼长态势，1984—1994年径流偏枯，双涧沙左侧福北水道淤积，福中水道冲刷发展10 m深槽贯通，宽度达350 m左右。

福中水道还具有丰淤枯冲的特征，1998—2000年连续丰水后，双涧沙头部向上、向南淤涨，在向福姜沙靠拢时福中水道淤积，水深不到5 m。2004年以来径流偏枯，福姜沙左汊主泓逐渐南移，双涧沙头部滩面串沟，整体南移并入福姜沙后，2009年福中水道冲刷发展，形成了10 m水深的通道。2000年福中水道12.5 m深槽中断距离为2.5 km左右，连续枯水年后2008年减小为500 m左右，至2010年3月12.5 m深槽几乎贯通，当年6—7月长江发生较大洪水福中水道淤积12.5 m深槽中断1.7 km，洪汛后转入枯水冲刷期，至10月中断距离又缩短到550 m。

### 2.1.5 如皋中汊

如皋中汊是福北水道下游的出流通道，位于又来沙与长青沙及民主沙之间。20世纪60年代末至70年代初，如皋中汊仅是浅滩上的一条很小的窄沟，上游福北水道主要经又来沙左汊和双涧沙水道（双涧沙与民主沙之间）分流汇入浏海沙水道。后来，因又来沙左汊淤积，泄流能力减弱，福北水道水流经双涧沙水道急需转弯，河势不顺，水流不畅，迫使水流经如皋中汊下泄，从此如皋中汊逐渐发展，到1985年分流比扩大到22%，同时双涧沙水道也随之逐渐消亡。1995—2001年如皋中汊凹岸4#港以下护岸工程实施，控制了凹岸坍塌；2004年底长青沙至泓北沙导流工程实施，下游出口进一步稳定，使得如皋中汊的河势更趋稳定；至2009年12.5 m深槽上下贯通，分流比一直维持在30%左右。

受两侧沙体民主沙与长青沙的限制，如皋中汊河槽狭窄，河床断面呈“V”型，河床冲淤变化不大，深槽水深在15 m左右，保持过渡性的冲淤变化。

### 2.1.6 浏海沙水道

浏海沙水道自护槽港至十二圩，长约22.4 km，

为长江主泓，5 m水深以上深槽宽度为1.7~2.8 km，深槽水深为18~48 m。该河段河床断面形态基本稳定，近年来冲淤变化不大，深槽冲淤变幅除太字圩断面外大多在5 m内。

浏海沙上水道渡泾港以上主槽傍左（即双涧沙和民主沙一侧）；下游在民主沙尾导流作用下，深槽过渡向右岸，到九龙港附近，如皋中汊汇入后，深槽紧靠右岸，水深最深部位达50 m左右。

## 2.2 双涧沙守护工程实施后周边河床冲淤变化分析

### 2.2.1 双涧沙演变与周边水道的冲淤关系

双涧沙形成于20世纪70年代。70年代后，如皋中汊冲刷发展，双涧沙水道消亡与民主沙连为一体。落潮主流从宽阔的左汊进入渐趋狭窄的福北水道，再弯曲进入窄深的如皋中汊过程中，主槽泄流能力严重受限，双涧沙滩面成为重要的分流区域，致使双涧沙窄沟频发。

20世纪90年代径流偏丰，双涧沙沙头开始向上游淤涨，1994—1997年头部上延约3.8 km，1998年大洪水后又上延约1.2 km，2000年福中水道淤积5 m等深线不通。2004—2009年长江径流连续偏枯，福姜沙左汊主泓不断右偏，双涧沙沙头北侧大幅冲刷并南移，至2009年4月双涧沙头部10 m深槽贯通，即福中水道10 m等深线贯通。与此同时，章春港—夏仕港一带近岸深槽开始淤积（图4），双涧沙中部（丹华港对开水域）窄沟开始发育，至2011年1月章春港—夏仕港一带近岸深槽几乎淤积消逝，主槽南移。因福姜沙左汊下段章春港—夏仕港一带近岸深槽淤积水流不畅，主流偏向双涧沙一侧，使双涧沙越滩水流量增大，双涧沙中部窄沟进一步发展，至2011年1月5 m等深线完全断开（图3）。

双涧沙头部窄沟发展掀起的泥沙被带入福南水道出口，导致福南水道下游出口断面2009—2012年呈淤积趋势，主槽水深从32.5~32.8 m淤高到21.8~22.6 m，淤高达10 m。双涧沙中部窄沟发展时间不久，对浏海沙水道虽尚未产生明显影响，若任其发展必将对浏海沙水道及下游河段产生淤积影响。福姜沙左汊下段近岸深槽淤积主泓南偏使双涧沙中部窄沟发展，随而经福北水道的水流量将减小，会使深槽淤积向福北水道下游

发展, 将影响如皋中汊的水深。因此双涧沙实施守护工程势在必行, 是本河段治理的关键部位。为实现 12.5 m 深水航道上延至南京的目标, 需在双涧沙守护工程的基础上顺应河势变化趋势进行各汊航道治理。

### 2.2.2 双涧沙守护工程实施后周边河床冲淤变化

双涧沙守护工程始于 2010 年底, 2011 年 11 月主体工程完成, 2012 年 5 月完工<sup>[3]</sup>。由于工程实施后时间仅一年多, 对周边水道的冲淤影响尚未体现, 如皋中汊和浏海沙水道均未见明显的冲淤变化。工程近区影响已初步显现 (图 5):

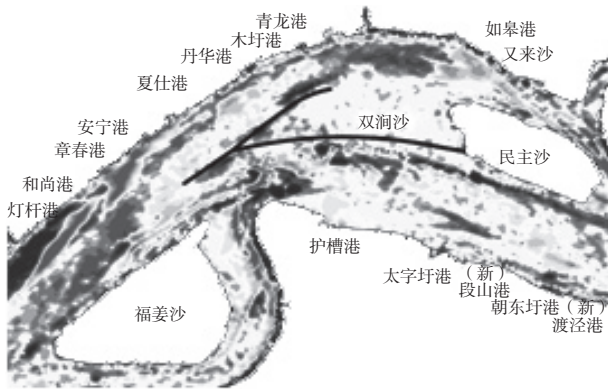


图 5 2011-01—2011-11 冲淤情况

1) 2012 年 11 月测图反映守护工程的潜坝头部两侧冲刷 1~7 m; 北顺坝上段一侧淤积, 下段的凸部一侧冲刷; 南顺坝近坝一侧冲刷, 南顺坝下游一侧变化不明显。

2) 福中水道 10 m 深槽拓宽, 浅段缩短, 水深增加。2012 年遭丰水年福中水道自然为淤积, 工程实施后还能冲刷。

3) 福北水道因北顺坝上段与潜坝连接部位的北侧淤积 1 m 左右, 使得福北水道水深未得到改

善, 12.5 m 深槽 2009 年贯通后 2012 年又中断 480 m。

双涧沙守护尚需优化, 建议潜坝走向向北方向调整一定角度, 减小或消除北顺坝上段与潜坝连接部位北侧的淤积, 使得福北水道深槽水深得到改善。

### 3 结语

1) 福姜沙河段的演变主要表现为随着水文年的周期性变化, 沙体和河道兴衰更替。

2) 河床冲淤, 主槽表现为丰冲枯淤, 边滩和心滩则往往相反, 为丰淤枯冲。冲淤分布, 横向表现为槽冲滩淤; 纵向表现为上冲下淤或者上淤下冲。

3) 福中、福北水道受丰枯水文年和双涧沙头左右摆动的影响, 两者此消彼长; 福中水道兴衰与双涧沙头上下、左右移动关系密切, 具有丰兴枯衰 (或丰淤枯冲) 的特征。为了稳定福中、福北航道先得守护双涧沙, 再顺应河势变化趋势进行各汊航道治理。

### 参考文献:

- [1] 刘高峰, 贾晓, 吴华林, 等. 长江南京以下 12.5 m 深水航道一期工程整治物模试验效果[J]. 水运工程, 2011(5): 11-18.
- [2] 夏云峰, 曹民雄, 陈雄波. 长江下游福姜沙, 通州沙, 白茆沙水道河床演变分析报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2002.
- [3] 徐元, 张华, 阮伟. 长江下游福姜沙河段深水航道双涧沙护滩工程可行性研究报告[R]. 上海: 中交上海航道勘测设计研究院有限公司, 2009.

(本文编辑 武亚庆)