



# 马当河段航道整治一期工程方案及效果分析

王涵, 赵德玉, 关永熙, 郑英, 游强强

(长江航道规划设计研究院, 湖北武汉 430011)

**摘要:** 近年来, 马当河段马阻水道航道形势出现新的变化, 航道维护日趋困难。研究表明, 马阻水道航道面临的主要问题是上段主流不稳、下段水深不足。在对马阻水道碍航原因分析的基础上, 通过河工模型试验, 在定床模型上研究了12个不同的方案, 在动床模型上再研究了6个不同方案, 确定了工程的推荐方案。该方案于2009—2010年实施后, 工程河段航道条件改善明显。

**关键词:** 航道整治; 模型试验; 工程方案; 效果分析

中图分类号: U 617.6

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)12-0102-04

## Engineering scheme and effect of phase I of Madang reach regulation project

WANG Han, ZHAO De-yu, GUAN Yong-xi, ZHENG Ying, YOU Qiang-qiang

(Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430011, China)

**Abstract:** In recent years, Mazu waterway of Madang reach appears new changes, and the waterway maintenance turns increasingly difficult. The primary cause of such issue is summarized as turbulence at the upstream reach, and shallow depth at downstream. Based on the experimental investigation to the reason why the Mazu waterway results in an obstruction, 12 programmes are studied in fixed-bed models and 6 programmes are studied in movable-bed models, and determines at last the recommended engineering scheme. After implementation of the project during 2009 and 2010, the waterway condition is improved obviously.

**Keywords:** waterway regulation; model test; engineering scheme; effect analysis

马当河段位于长江下游九江至安庆之间, 河段上起小孤山, 下至牛矶, 长约30 km, 为两头窄中间宽的多分叉河型(图1)。马当河段北汉为支汉, 进口已淤浅至航行基面以上, 又称为马当圆水道。马当河段南汉为主汉, 分为3个水道: 马当矶以上为马当南水道; 马当矶—娘娘庙为马当阻塞线水道(简称马阻水道), 被瓜子号洲再度分为两汉, 右汉为主汉及主航道; 娘娘庙以下为东流直水道<sup>[1]</sup>。

马阻水道是长江下游航道维护重点水道, 受马当阻塞线范围内沉船及水雷、瓜子号洲上游河道宽浅水流分散的共同影响, 枯季碍航严重, 多数年份需进行疏浚维护。其中, 1986—1996年, 马阻水道平均每年疏浚约4.6万m<sup>3</sup>。此外, 上海

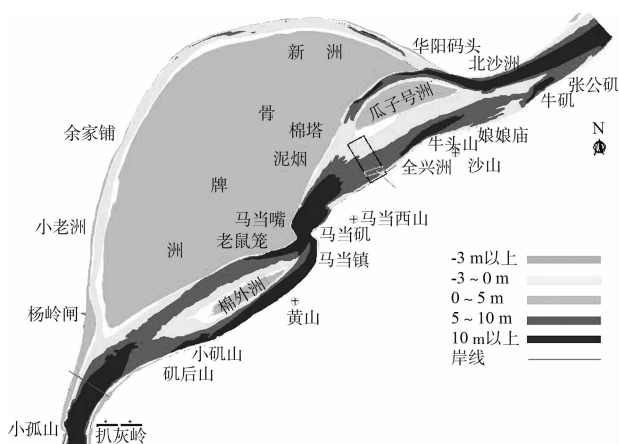


图1 马当河段河势及水深分布(2007年1月)

打捞局、江西省还进行了多次沉船以及水雷打捞, 长江航道局亦于2000—2003年实施了沉船打捞工

收稿日期: 2014-10-08

作者简介: 王涵(1985—), 男, 工程师, 从事航道整治工程模型试验研究工作。

程,工程区域航道条件改善,4.0 m 航道维护压力减小。

三峡水库蓄水以来,受上游“清水下泄”和河段自身河床演变共同影响,马阻水道航道形势出现新的变化,航道维护再次趋于困难,需通过航道整治工程措施来解决新出现的碍航问题。本文主要根据马当河段的碍航情况,结合物理模型试验,研究工程方案及效果。

### 1 碍航原因分析

三峡水库蓄水以来,本河段上游来沙大幅减少,瓜子号洲头及岸线崩退,瓜子号洲左汊冲深拓宽发展,马当阻塞线一带主流逐渐左摆,当主流左摆至沉船区,将受到沉船和水雷影响,则马阻水道上段航道条件出现大问题(图1)。

与此同时,瓜子号洲左汊分流比增加,瓜子号洲尾部汇流区水沙条件发生变化,瓜子号洲尾低滩、娘娘庙附近低滩向下淤长延伸至原航槽内形成浅滩,水深条件迅速恶化。

上述分析表明,马阻水道航道面临的主要问题是上段航槽主流不稳、下段浅区水深不足。

### 2 整治目标及参数

整治目标:通过实施一定的工程措施,塑造良好的瓜子号洲体形态,稳定马阻水道沉船打捞区主流,加强瓜子号洲尾部的冲刷,提高过渡段航道尺度,改善船舶航行条件。

整治参数:4.5 m×200 m×1 050 m(水深×航宽×弯曲半径),水深从整治前4.0 m 提高到4.5 m,保证率由95%提高到98%。设计水位为黄海高程3.44 m(当地航行基面)。

### 3 整治方案研究

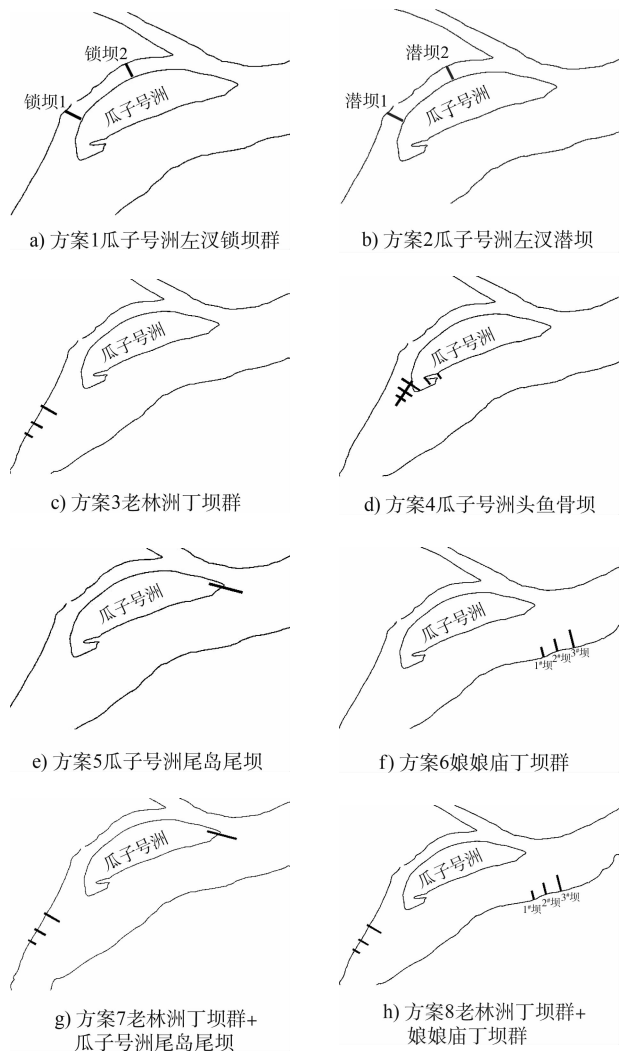
#### 3.1 模型设计

根据本河段河势特点,模型设计时在河段进、出口设置足够长的调整过渡段,使研究河段的水流流态及流速分布达到相似。确定定床模型范围进口由小孤山节点上延3 km,包含节点以上的微

弯河段,出口由牛矶节点下延2 km;确定动床模型范围<sup>[2]</sup>上起彭郎矶,下至张公矶,其中因马当矶、马当嘴岸壁较陡且稳定,将其局部做成定床,北汊马园水道处于逐年淤积态势,模型中将马园水道进、出口5 km 做成动床,其余保留为原定床。动床模型范围内,黄海高程6.44 m 以下的河床及洲滩做成动床,相对较为稳定岸线仍为定床。同时,根据试验任务、场地、供水、水文泥沙特征等因素,选择模型平面比尺420,垂直比尺100。模型在几何相似条件下,设计满足水流运动和泥沙运动相似。模型选用密度为1.39 t/m<sup>3</sup>的模型沙。

#### 3.2 定床试验研究

在定床模型中,开展了河道水流运动特性及定床输沙试验,在此基础上开展12组方案的试验(图1),方案1~6为单项工程方案,方案7~12为组合工程方案。



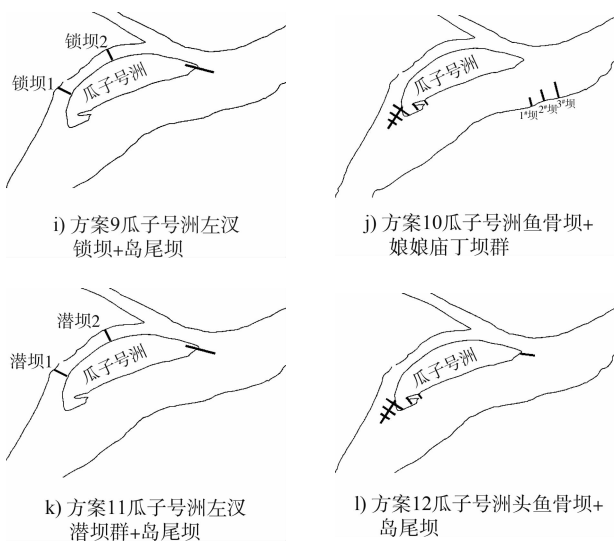


图1 定床模型工程方案

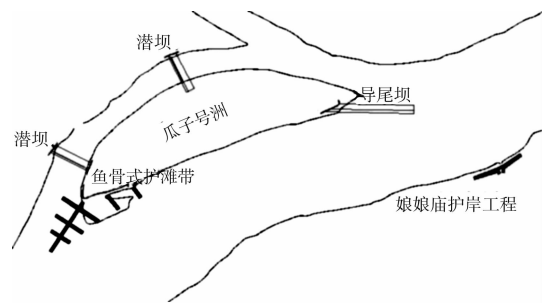
单项工程中，在瓜子号洲左汊建锁坝（方案1）、潜坝（方案2）、老林洲边滩建丁坝群（方案3）、瓜子号洲头建鱼骨坝（方案4），对瓜子号洲左汊发展均有限制作用。整治流量下，对瓜子号洲左汊分流控制作用的强弱依次为方案1 > 2 > 4 > 3。另外，方案4对瓜子号洲头部的守护作用最直接明显。单项工程中，瓜子号洲尾岛尾坝（方案5）、娘娘庙边滩丁坝群（方案6）对瓜子号洲尾浅区作用直接，束水攻沙明显，使浅区得到冲刷。

组合工程方案中，组合原则是既要稳定沉船打捞区主流，同时也要加强瓜子号洲尾浅区的冲刷，其中，采用丁坝群或锁坝工程作为组合的方案（方案7~10），工程部位作用力度强，局部流速改变大，其稳定性值得研究，实施条件也需现场勘察及调研。

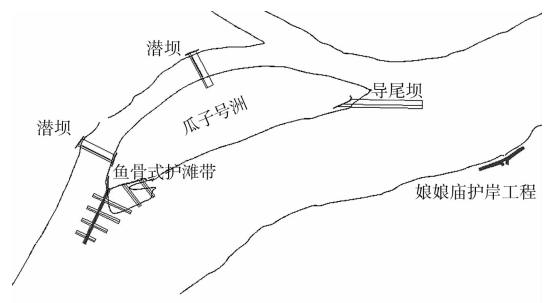
组合工程方案中，方案11、12有利于马阻水道主流的稳定，也在一定程度上限制了瓜子号洲左汊的发展，增加瓜子号洲右汊分流，使瓜子号洲尾浅区流速增加，整治效果较好。

### 3.3 动床试验研究

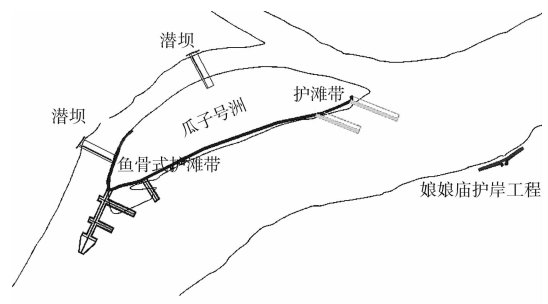
动床模型验证相似后，在定床方案11、12的基础上，组合动床方案I，并根据试验效果，分别对瓜子号洲头鱼骨护滩带角度、守护范围，瓜子号洲洲尾护滩带布置及高度，瓜子号左汊潜坝高度、位置进行优化，并分别开展动床试验（图2）。



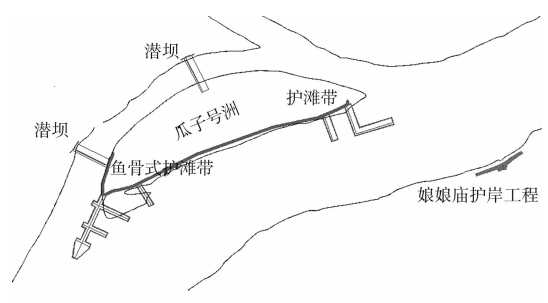
a) 方案 I



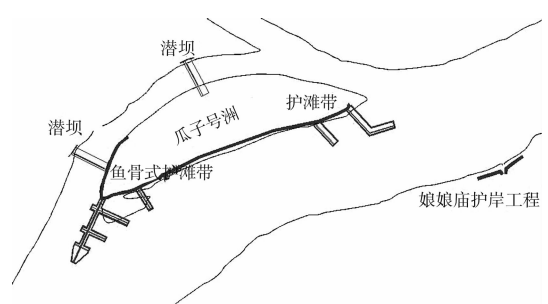
b) 方案 II



c) 方案 III



d) 方案 IV



e) 方案 V

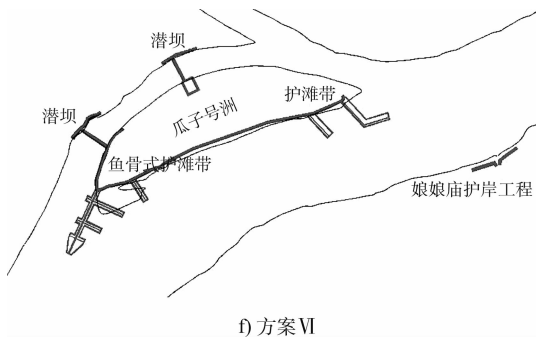


图 2 组合动床方案

动床方案 I 为定床方案 11、12 的结合方案, 模型试验后, 总体效果较好, 局部力度强弱不协调, 拟先对瓜子号洲头鱼骨式护滩带角度、守护范围进行优化。

方案 II 在方案 I 基础上, 通过试验调整洲头的守护范围, 加强洲头右测低滩的守护, 试验效果较方案 I 好。但洲头前端力量略薄弱, 建议将头部继续优化, 形成整体守护, 而右缘淤积较好, 2 条护滩带可优化为 1 条。同时, 方案 I、II 试验均表明, 瓜子号洲尾岛尾坝需优化。

方案 III 在方案 II 基础上, 对洲头进行优化, 洲头形成整体守护, 洲头左缘护滩带优化为 1 条。同时, 将洲尾一道长岛尾坝优化为 2 条相掩护的护滩带, 方案 III 试验效果优于方案 I、II, 但护滩带尾部冲刷坑仍较深, 存在沿护滩带轴线方向的沿体流冲刷, 建议继续优化布置。

方案 IV 在方案 III 的基础上, 将瓜子号洲尾两道护滩带调整为与水流呈 90° 的交角, 且在 2# 护滩带中增加平顺于水流方向的勾头。

方案 V 对瓜子号洲尾护滩带继续进行优化, 护滩带采用下挑形式布置, 与水流夹角从 90° 优化为 120°。方案 V 模型试验后, 瓜子号洲尾过渡段浅区形成了明显的航槽, 航道条件改善。上述方案左汉潜坝布置相同, 建议专门研究对其布置进行优化<sup>[3]</sup>。

在方案 V 的基础上, 专门对左汉潜坝的布置、坝高进行多种工况的研究, 最终确定将 2 道潜坝从相距 2 145 m 优化为 1 745 m, 坝顶高度为设计水位下 2.0 m, 使 2 道潜坝彼此掩护, 对两潜坝发挥最大作用和两潜坝的稳定性都有利。

由以上研究思路及过程可知, 动床方案 I 为定床方案 11、12 的结合方案, 方案 I 模型试验后, 总体效果较好, 瓜子号洲头较为完整, 瓜子号洲左汉得到控制, 左汉分流有所减少, 上段主流维持稳定, 瓜子号洲尾过渡段浅区得到冲刷, 浅区航道条件改善。但本方案局部力度强弱不协调, 建议对瓜子号洲洲头工程、瓜子号洲尾工程、瓜子号洲左汉工程分别进行试验优化。

方案 II、III 对瓜子号洲头部护滩带进行了布置优化, 方案 III、IV、V 对瓜子号洲尾护滩带进行布置优化, 方案 VI 在上述试验基础上, 通过专题研究对左汉潜坝的布置进行优化, 模型试验后, 整治效果最好, 自身结构稳定, 因此推荐方案 VI 作为一期工程的实施方案。

#### 4 整治效果分析

本工程于 2009 年下半年开始施工, 马当河段 2010—2014 年的枯水测图表明, 工程河段航道条件明显变好, 枯水航道保持畅通, 已取得初步整治效果 (图 3)。

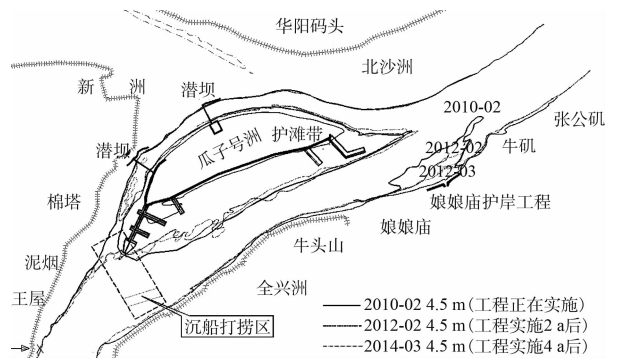


图 3 马当河段航道整治一期工程实施前后 4.5 m 航槽变化

工程推荐方案采用鱼骨式护滩带抬高瓜子号洲洲头低滩, 洲头滩体得到守护, 洲头崩退得到遏制, 并配合利用两道相互掩护的潜坝控制瓜子号洲左汉的发展, 瓜子号洲左汉发展趋势得到控制, 工程实施前左汉 4.5 m 等深线贯通, 工程实施后左汉进口 4.5 m 等深线断开, 左汉进口淤积明显, 右汉主航槽有所拓宽冲深, 这两者共同作用使马阻水道沉船打捞区主流保持稳定, 解决了

(下转第 109 页)