



# 长江中游武穴水道航道整治与采砂方案试验研究

邓晓丽, 李文全, 海 涛, 雷家利, 杨祖欣

(长江航道规划设计研究院 长江航道工程建设指挥部, 湖北 武汉 430011)

**摘 要:** 在分析长江中游武穴水道河床演变和碍航特征的基础上, 确定了与当地采砂规划相协调的新的航道整治思路, 并通过河工模型试验研究, 解决工程与采砂之间的矛盾, 同时, 按照动态管理的原则, 根据施工时工程区地形变化情况, 及时调整工程方案和分期实施工程内容。该工程于2006—2008年实施后, 河道演变趋势与模型预测试验结果基本一致, 航道条件明显改善, 规范了无序的采砂活动, 使航道整治与采砂互利双赢。

**关键词:** 航道整治; 模型试验; 采砂

**中图分类号:** U 617

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-4972(2012)08-0125-05

## Model experiment and effect analysis on waterway engineering of Wuxue waterway in the midstream of the Changjiang River

DENG Xiao-li, LI Wen-quan, HAI Tao, LEI Jia-li, YANG Zu-xin

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

**Abstract:** Based on the analysis of the bed evolution and navigation-obstructing characteristics of Wuxue waterway in the midstream of the Changjiang River, we determine the new regulation idea for the waterway which is coordinated with the sand winning plan of the locality and solve the contradiction between the regulation engineering and sand winning based on the river model experiment. Meanwhile, we adjust timely the scheme and staged implementation of engineering based on the principle of dynamic management and according to the topographic variation of the engineering site during construction. After the implementation of the project during 2006 and 2008, the waterway evolution trend was basically the same as the model experiment result, the waterway condition was improved obviously, and the sand winning activity was regulated.

**Key words:** waterway regulation; model experiment; sand winning

武穴水道是长江中游重点碍航浅水道之一, 长期以来, 该水道在鸭儿洲心滩南槽进口泥湾至三尾山一带, 航道窄浅, 维护尺度难以达到 4.0 m × 100 m × 1 050 m (水深 × 航宽 × 弯曲半径, 下同), 更难满足近期航道发展规划尺度为 4.5 m × 200 m × 1 050 m, 常常发生擦浅搁浅事故, 枯水季节, 往往需设置信号台控制行轮单向

通航成为制约长江中游航运事业发展的瓶颈<sup>[1]</sup>。20世纪80年代以后, 由于人为采砂活动, 吸引更多的水流进入鸭儿洲心滩南槽, 对南槽进口浅区的冲刷和航道条件的改善起到了积极的作用。但是, 无序的大规模的采砂活动, 不仅不能从根本上改善本水道航道条件, 相反造成鸭儿洲心滩头部冲刷后退, 航道变得更加宽浅, 同时, 影响过

收稿日期: 2012-03-13

作者简介: 邓晓丽(1981—), 女, 工程师, 主要从事航道整治研究。

往船舶通航安全和航道整治工程的实施,常常造成不必要的社会纠纷。如何解决武穴水道航道整治与采砂活动的矛盾,我院提出将航道整治工程措施与有序的采砂活动有机地结合起来的新思路,并通过模型试验等手段对之进行系统的研究。

## 1 河道概况

武穴水道上起仙姑山,下至葫芦山,全长 14.5 km。该水道处于鄂赣两省交界处,上接向

右弯曲的鲤鱼山弯道,下连鹅头型分汊的新洲水道,从仙姑山至狗头矶,河道顺直单一,河宽约 1.1 km,深泓靠近右岸,左岸是以武穴为起点的狭长冲积平原的边缘,抗冲性较差,右岸濒临低山丘陵,抗冲性较好;狗头矶至葫芦山为沿程放宽的水下分汊河段,泥湾以下由纵卧江心偏右侧的鸭儿洲心滩将河道分成南北两槽(图1)。河床主要由中细沙组成,夹有少量粗沙和小砾石,床沙中值粒径 $d_{50}$ 一般在0.11~0.25 mm,鸭儿洲心滩南槽进口河床质较粗, $d_{50}$ 曾高达0.85~2.87 mm。

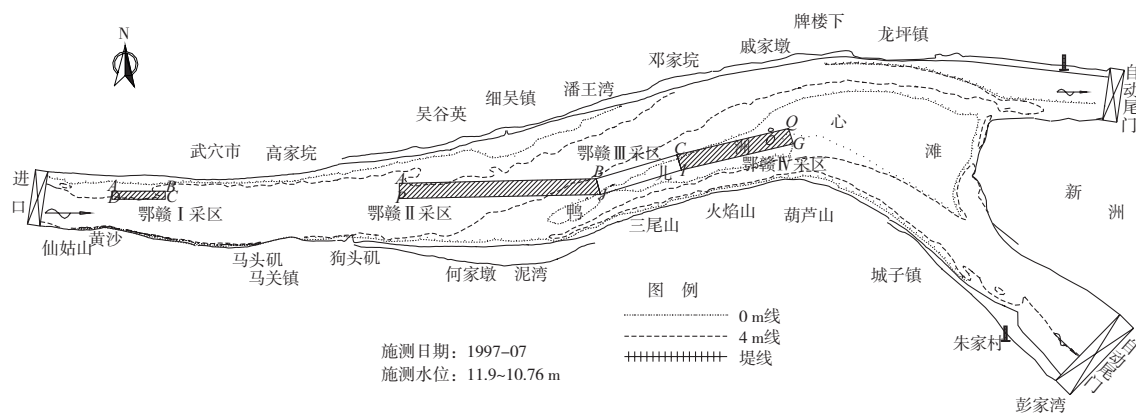


图1 武穴水道河势

## 2 河床演变特点及碍航情况

武穴水道狗头矶附近为连接上下两反向弯道的过渡区,在中枯水期,从鸭儿洲头至葫芦山一带长约5km的河段内,沿程约有50%~60%的水流由北槽漫越鸭儿洲心滩进入南槽,使北槽沿程流量衰减,泥沙落淤,水深减小。长期以来,武穴水道“两槽一滩”的格局一直较为稳定,长距离的横向漫滩水流是武穴水道水流运动的突出特点。

在洪水期,鸭儿洲心滩淹没,水流趋直,心滩及其南槽进口段河床淤积,汛后退水期至枯水期,南槽进口段浅区冲刷,但因横向漫滩水流的存在,鸭儿洲心滩滩面冲刷,甚至于出现多处窄沟,滩脊南摆,南槽进口难以集中水流冲刷,枯水期常出现浅区或航宽不足现象。自新中国成立以来,武穴水道枯水碍航问题一直较为严重,除20世纪80年代和近几年因航道内人为采砂给航道条件带来一定程度的改善外,几乎每届枯季均需挖槽疏浚,只有当鸭儿洲心滩完整高大、横向漫滩水流较弱,北槽进口左岸边滩淤长时,才有利

于南槽进口浅区的冲刷和航道条件的改善。

武穴水道的演变不仅由自身特殊的边界条件决定,大规模地人为采砂活动对本水道演变的影响也是不可忽视的另一重要因素。

自20世纪80年代开始,地方建材部门及个体业主在南槽进口及鸭儿洲心滩头部大量采砂,80年代中期达到高峰,鸭儿洲心滩南槽内被挖出深达航行基面下8~10 m的深坑,河床变得高低不平。1997年新一轮大规模采砂首先集中在南槽进口段(何家墩以下至泥湾一带),挖砂坑自上而下排开,曾经在河道内留下深达航行基面下16 m左右的深沟,一度使上深槽航行基面下10线向鸭儿洲心滩南槽内凹进。1999年之后,采砂切除了鸭儿洲心滩的头部及右缘,在三尾山附近形成了深达航行基面下15 m和30 m的两个长条形深坑,长达2 800 m(以航行基面下5 m线统计),2001年挖砂坑向下发展至火焰山附近,总长已达3 450 m,鸭儿洲心滩南槽航行基面下5 m线贯通,航道条件一度好转。

鸭儿洲心滩南槽航道内无序的采砂活动,在一定程度上促进南槽进口浅情好转,但无序的采砂活动不可能从根本上解决本水道浅滩碍航问题,采砂坑周边流态较乱,回淤速度明显,一般经过一两个水文年即被淤平,采砂部位的转移或停止,航道条件再趋恶化,同时,采砂对来往船舶的运行造成严重干扰。因此,该水道航道条件的彻底改善不能寄托在随机、无序的采砂活动上,必须依靠整治工程措施来实现。当然,为了不影响地方经济的发展和群众的利益,可以考虑改变以往航道整治采用单一工程措施的思路,利用采砂活动配合整治工程进行航道疏浚。但对采砂活动必须经过严格的科学论证,合理规划采砂区及采砂量,加强管理,将采砂与航道条件的改善结合起来。

### 3 采砂规划方案与航道整治工程方案试验研究

在河道中无序的、滥采乱挖砂石料,在给采砂者带来利益的同时,也给防洪、航运和国民经济其它部门带来巨大的经济损失,对生态环境和社会安定带来诸多不利影响。因此,欧美一些发达国家对于大江大河的采砂活动早有明文限制,我国近年也颁布了采砂管理条例,从行政法律上对采砂活动进行限制。但科学合理规划采砂方案,也可在一定时期内和一定程度上改善航道条件。为了规范采砂活动,长江水利委员会采砂局曾在武穴水道内规划有4个采砂区,即鄂赣Ⅰ、鄂赣Ⅱ、鄂赣Ⅲ、鄂赣Ⅳ(图1),总面积达2.8 km<sup>2</sup>,

年度控制开采量为480万t,控制采砂船数量共10艘。如何协调好采砂规划与航道整治工程建设的关系,尽量避免采砂给航道和航运带来不利影响,本文采用原型河道观测资料分析、实体模型试验、数值模拟计算等手段,对之进行了系统研究。

#### 3.1 航道整治工程方案模型试验研究

武穴水道航道整治模型上起仙姑山,下迄新洲左汉至蔡山闸和右汉的彭家湾,全长约21 km(图1)。模型平面比尺为350,垂直比尺为120,变率为2.9<sup>[4]</sup>,模型沙选用密度为1.39的宁夏无烟煤。

根据武穴水道河床演变分析结果,本河段航道治理的基本思路是:通过整治工程措施,稳定鸭儿洲心滩,维持本水道“两槽一滩”的格局,减小汛后退水期横向漫越鸭儿洲心滩水流,并与采砂规划相协调,适当加大南槽进口单宽流量,促使浅区冲刷,以满足近期航道规划尺度。

在不考虑采砂对航道影响的情况下,模型中曾对包括沿鸭儿洲心滩滩脊修建顺坝工程、在鸭儿洲心滩北槽建潜坝工程、在以前南槽进口清淤应急工程(右岸建4道丁坝)的基础上,进一步在泥湾一带修建丁坝工程(向河道内调整右岸岸线,缩窄南槽进口宽度,以利于束水攻沙)等不同类型、多种整治方案的整治效果进行试验研究<sup>[5]</sup>,通过对比分析,推荐的方案工程为:以鸭儿洲心滩为依托,沿滩脊线建顺坝,拦阻整治水位下的漫滩水流,防止滩面缺口发育,增大南槽进口流量和流速,稳定鸭儿洲心滩滩体,尾部建护

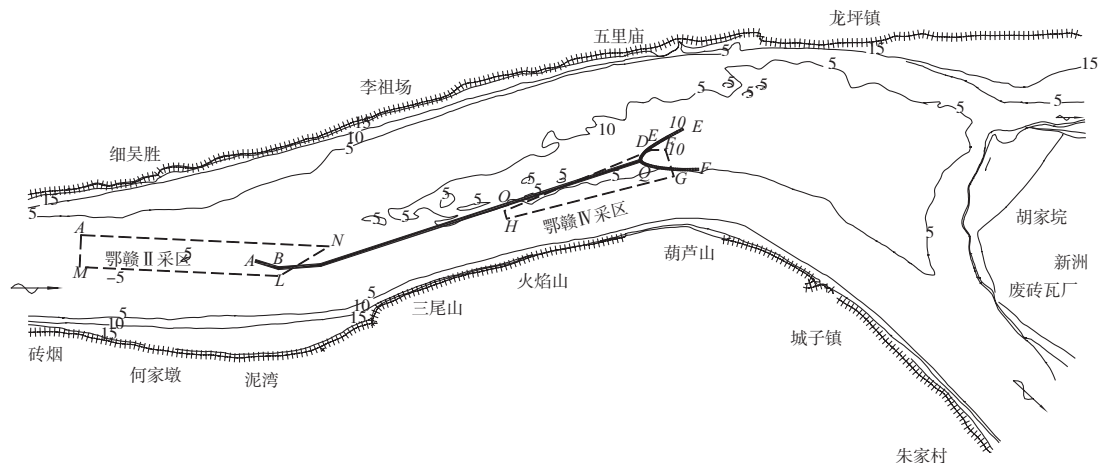


图2 武穴水道航道整治工程推荐方案

滩带,以免工程后顺坝末端滩面冲刷降低,出现新的窜沟(图2)。

### 3.2 采砂规划方案与航道整治工程方案之间的关系

武穴水道采砂规划实施方案与航道整治方案工程布置存在如下矛盾:Ⅱ号采区位于鸭儿洲心滩顺坝头部,模型试验成果和数学模型计算成果均表明,Ⅱ号采砂区实施后,所形成的深槽将使顺坝拦截的横向漫滩水流大部由此通过,原来汛期沿鸭儿洲心滩北槽下移的大部分推移质,将会通过采砂区导向南槽,反使南槽浅区淤积加重;另一方面,Ⅱ号采砂区尾部穿越顺坝前段,顺坝头部遭受采砂槽集中水流的掏刷,不仅严重威胁着建筑物的稳定性,甚至使部分工程难以实施。其Ⅳ号采砂区位于顺坝尾部,顺坝淹没状态下存在横向越坝水流,Ⅳ号采砂区的实施,加大越坝水流比降,危及顺坝护底结构和坝身的安全(图2)。

为了解决工程建设与采砂之间的矛盾,保证航道整治工程的顺利实施和整治工程效益的发挥,在模型中,对沿鸭儿洲心滩修建顺坝工程坝头的位置、高程等进行优化试验研究,考虑到采

砂能够在一定程度上起到疏浚航道的作用,将原推荐方案中鸭儿洲心滩顺坝头部位置下移。建议对鄂赣Ⅱ可采区改变采砂期,允许中、高水位时占据部分航道,在南槽进口开采(Ⅱ-2采区),在枯水位时,为了不对南槽进口枯季通航产生较大影响,让出航道,在顺坝上端开采(Ⅱ-1采区),从而解决了采砂与通航的矛盾,并有利于改善航道通航条件。将鄂赣Ⅳ可采区向上向南移动,为不影响顺坝的自身稳定性,使可采区左边距顺坝护底带150 m。要求加强管理,限制采砂船只,进行跟踪观测与分析,根据实际情况随时指导采砂工作的进行。初步设计阶段确定的整治工程方案见图3:鸭儿洲心滩上顺坝工程(BCDE)长约5 700余米,顺坝上接长约240 m的导流坝(AB),下连长约850 m的护滩带工程(EFG)。

长江水利委员会采砂局根据模型试验研究结果和上述建议,对采区位置、采砂时期进行了适当调整(图3),从而解决了采砂与通航、采砂与航道治理的矛盾,并利用采砂为航道整治服务。

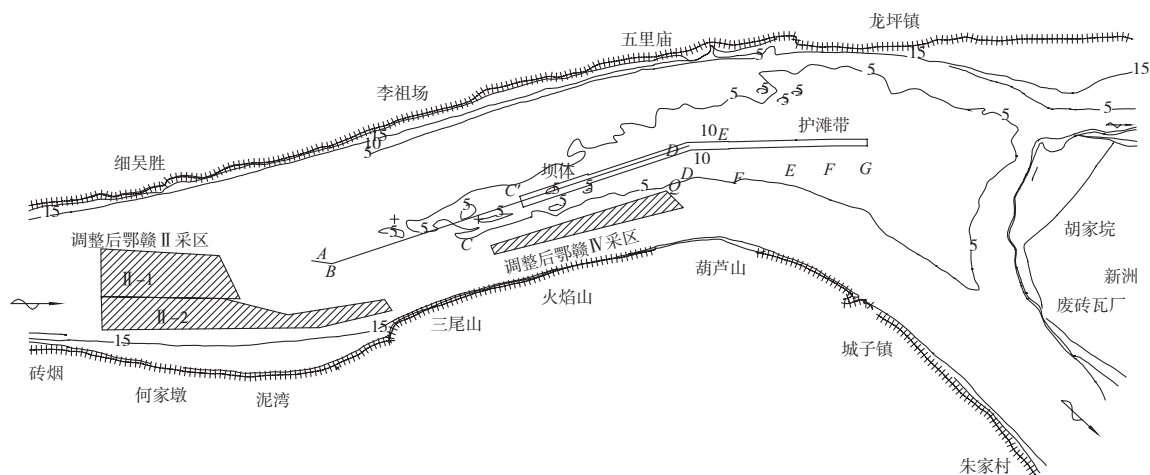


图3 调整后的采砂区布置及航道整治方案工程平面布置

## 4 整治工程的实施与效果分析

本水道航道整治工程计划于2006年汛后枯水期实施,但自初设以来,受无序的人工采砂和2006年特枯水文年的影响,河道发生了一些不利于设计方案实施的变化,主要表现为鸭儿洲心滩前冲后淤,拟建鸭儿洲心滩顺坝工程部位下段河床变化不大,甚至于EFG段还淤高0.5~1.0 m,但

中、上段冲刷幅度较大,特别是在顺坝B点到C点之间,分布着5个大小不等的采砂坑,每个采砂坑的水深均在航行基面下10 m以上,最大水深为航行基面下15.5 m,直接导致了坝轴线ABCD段所滩体的急剧下切。2006年9月与2005年11月相比,BC段一般冲深2.6 m,最大冲深5.1 m,CD段冲深1~2.1 m。面对这种情况,出现了整治工程方

案能否实施或如何实施的问题,通过模型试验表明,在停止采砂的情况下,鸭儿洲心滩上段及采砂坑仍会出现回淤现象,本水道河床演变规律和“两槽一滩”的格局不会改变,仍有可能出现碍航现象,要彻底改善枯水航道条件,原设计方案仍然有效,但需按动态管理的原则,将工程分两届枯水期完成。第一枯水期实施推荐方案中的工程①从 $C+650\text{ m}$ ~ $E$ 点,长 $3\,375\text{ m}$ 的顺坝护底工程,以防止鸭儿洲滩持续冲刷和顺坝头部的稳定性;②顺坝坝体工程: $C+860\text{ m}$ ~ $C+2\,400\text{ m}$ 区段平抛 $2\text{ m}$ 厚、顶宽 $3\text{ m}$ 的块石, $C+2\,400\text{ m}$ 点~ $E$ 点区段的全部坝体;③护滩带工程: $E$ ~ $F$ ~ $G$ 段,长 $850\text{ m}$ 。第二枯水期实施推荐方案中未完成的工程,但考虑到拟建工程部位的局部地形变化,对实施工程作相应的调整,具体工程布置如下:①完成 $A$ ~ $C+650$ 段顺坝护底工程,长 $2\,747\text{ m}$ ;②完成 $A$ ~ $C+860$ 段顺坝坝体,长 $2\,828\text{ m}$ ,在初步设计推荐方案基础上,将顺坝中上段( $A$ ~ $B$ ~ $C$ )高程降低 $2\text{ m}$ ;③完成 $C+860\text{ m}$ ~ $C+2\,400\text{ m}$ 段顺坝坝体:在上届枯水期已实施工程基础上,将坝体加高至设计高程。

2006—2007年第一枯水期工程实施后,河床经过一年的冲淤调整,工程河段变化情况与模型试验结果基本一致,“两槽一滩”的格局没有发生改变,鸭儿洲心滩北槽总体上呈淤积态势,特别是北槽中下段,李祖场一带出现大范围淤积,近岸深槽萎缩;南槽进口冲深展宽,泥湾至三尾

山之间原水深不足 $4\text{ m}$ 的2个浅区冲刷消失, $5\text{ m}$ 水深航槽全线贯通,平均宽度为 $400\text{ m}$ 左右,最窄处位于三尾山附近,宽度仍达 $270\text{ m}$ 。鸭儿洲心滩已建工程基本稳定,除了靠近南槽一侧护底外缘以及鸭儿洲心滩尾部出现冲刷现象,其它区域出现回淤现象,特别是在鸭儿洲心滩头部,采砂坑产生回淤现象,未建工程 $A$ ~ $C+650\text{ m}$ 段河床大部分区域产生淤积,平均淤厚 $2\text{ m}$ 左右,河床正处于采砂活动停止后的恢复调整期,为将要实施的2007—2008届工程奠定了较好的河道条件。

在2007—2008年第二枯水期工程竣工后,整治工程稳定了鸭儿洲心滩,防止了心滩缺口的发育,保持了航槽的稳定,加大了南槽进口枯水单宽流量,促进了南槽进口浅区的冲刷,工程实施以来,南槽航行基面下 $5\text{ m}$ 等深线一直全线贯通,成为全年通航的稳定航槽,满足航道的规划尺度 $4.5\text{ m}\times 200\text{ m}\times 1\,050\text{ m}$ ,保证率为98%。从2010年河道观测图上也可以看出,模型预测成果与实际情况相一致,鸭儿洲心滩北槽淤积衰退,南槽发展(图4),工程运行情况良好,确保了整治工程效益的发挥和采砂活动的正常进行,基本达到互利双赢的目的。

## 5 结论

武穴水道航道整治工程实施方案是在深入分析该水道河床演变特点并考虑与当地采砂规划相协调的基础上,通过模型试验研究最终确定的。

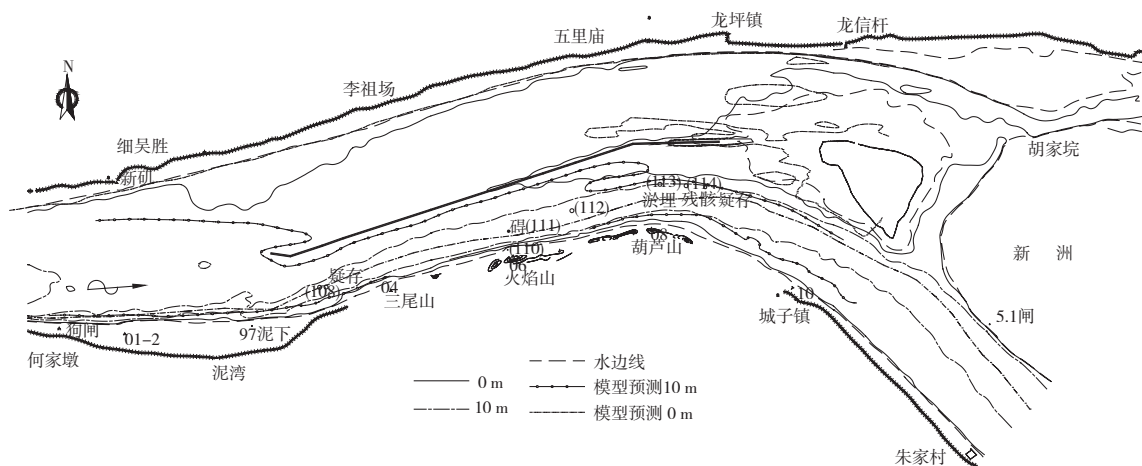


图4 2010年枯水期武穴水道工程区河道形势与模型预测形势对比

(下转第135页)