

长江中游湖广—罗湖洲河段 航道整治方案河工模型试验研究

李彪, 李思伟, 王云波, 杨利红

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

摘要: 根据长江中游湖广—罗湖洲水道近年来实测资料, 分析了本河段河床演变特点、碍航特性和航道存在的主要问题, 通过建立平面比尺 1:420、垂直比尺 1:120 的变态实体河工模型, 对该段河道及航道演变趋势进行预测。在此基础上, 根据该段浅滩碍航特征和航道整治目标, 研究了不同类型的航道整治方案, 最后提出推荐方案。

关键词: 湖广—罗湖洲河段; 河工模型; 整治目标; 整治方案

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)12-0062-06

Model experiment on Huguang-Luohuzhou waterway regulation scheme in middle Yangtze River

LI Biao, LI Si-wei, WANG Yun-bo, YANG Li-hong

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

Abstract: According to the existing measured data of Huguang-Luohuzhou waterway in the middle Yangtze River, we analyze the river bed evolution characteristics, the navigation obstructing characteristics and main channel navigational problems. A distorted river model with plane scale 1:420, vertical scale 1:120 was built to forecast the channel evolution trend. Based on model results, we study different waterway regulation schemes, and put forward the recommended scheme.

Keywords: Huguang-Luohuzhou waterway; river model; engineering objectives; regulation scheme

长江中游湖广—罗湖洲河段上距武汉市约 48 km, 河段上起白浒镇、下至三江口, 全长约 29 km。本河段以泥矶为界, 上段为湖广水道, 下段为罗湖洲两个水道。河段左岸属武汉市阳逻经济开发区、黄冈市团风县、黄洲区, 右岸则属鄂州市华容区。

湖广水道长约 11 km, 为两反向弯道之间的过渡段, 主流贴牧鹅洲弯道凹岸下行经猴子矶挑流进入本水道, 河床演变主要受上游牧鹅洲弯道河床变形及水沙条件变化影响。河道形态两头窄、中间宽, 进口河宽约 1 500 m, 往下河道逐渐展宽, 至肖家渡一带河宽约 2 200 m, 出口泥矶附近河宽约 1 300 m。深泓沿程存在 2 次过渡: 进口深

泓居中, 至汪家铺与下叶家洲一带逐渐向左岸过渡, 在肖家渡以下逐渐向右岸过渡, 至泥矶一带深泓偏靠右岸。由于汪家铺过渡段河道展宽, 流速相对较小, 泥沙落淤形成浅滩。右岸侧赵家矶边滩呈纺锤形, 在肖家渡附近滩宽可占河宽的一半以上; 边滩上部低矮, 中水流量即可漫滩; 下部地势较高, 但与右岸长期存在倒套^[1]。

罗湖洲水道属典型的鹅头型分汊河道, 自然条件下主流周期性取直、走弯, 汊道兴衰交替^[2-3]。自礮矶港发展为全年通航主汊道以来, 老港基本淤废, 园港分流比在 5% 以下。水道进口主流偏靠泥矶一侧, 往下主流逐渐向东槽洲右缘侧过渡进入礮矶港, 而后主流贴东槽洲右缘、左岸

收稿日期: 2014-10-08

作者简介: 李彪 (1979—), 男, 高级工程师, 从事航道整治工程设计、研究。

西河铺一带下行,至三江口以下再向右岸过渡;由于分汉口门河道放宽、水流分散,加上东槽洲洲头的阻水作用,在碛矶港进口主流过渡段形成浅滩;碛矶港凸岸侧发育有人民洲边滩,东槽洲洲头前沿发育有低滩,人民洲边滩和洲头低滩均很不稳定,其变形对碛矶港航道条件产生影响。东槽洲右缘、左岸西河铺一带岸坡较陡,主流不断坐弯发展。2005—2006年实施的罗湖洲水道航道整治工程,维持了碛矶港中上段航道左边界的基本稳定^[4-7]。然而,本水道复杂的水流特性决定了航道边界不利因素仍然存在。如泥矾挑流作用的增强,造成进口左侧的冲刷以及顶冲点下移等。

近几年受三峡水库蓄水沿程冲刷的影响,湖

广水道赵家矶边滩上段冲退、倒套发育,过渡河槽淤积,航道条件向不利方向发展;罗湖洲水道广兴洲边滩上冲下淤、碛矶港下段凹岸河床崩塌严重,影响碛矶港良好航道条件的维持以及深泓的稳定。加上湖广水道变化引起泥矾挑流增强,东槽洲洲头低滩以及已建锁坝的稳定受到威胁。任其发展,湖广—罗湖洲河段航道条件将有所变差。近期随着上游武桥水道和下游戴家洲水道、牯牛沙水道等各水道整治工作相继实施,建设标准不断提高,本水道的碍航问题将日益凸显。有鉴于此,长江航道局于2011年10月启动了湖广—罗湖洲河段航道整治工程前期工作,航道整治建设标准为:4.5 m×200 m×1 050 m(水深×航宽×弯曲半径,下同),通航保证率为98%(图1)。

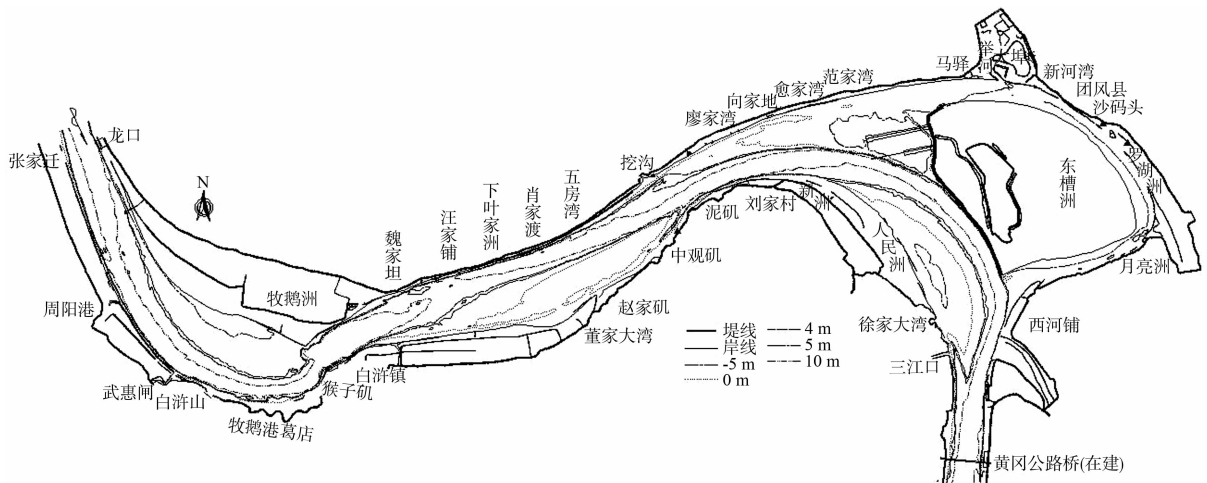


图1 长江中游湖广—罗湖洲水道河势

1 模型的建立与验证^[8]

湖广—罗湖洲河段航道整治工程可行性研究阶段,为了保证工程方案的合理、可行,同步开展了河工物理模型试验研究。模型范围上起周阳港(航道里程1 002 km),下至黄柏山(航道里程960 km),模拟河段全长42 km。模型水平比尺1:420、垂直比尺1:120,变率为3.5,流速比尺1:10.95。动床模型除东槽洲洲体为定床外,其它区域为动床。动床模型地形采用断面法刮制,断面板采用0.70 mm厚的铝塑板制作(可重复使用),动床模型范围共125个断面。动床范围平均铺沙厚度约10~12 cm,模型沙中值粒径为

0.23 mm。

定床模型地形采取2010年4月实测1:10 000河床地形,动床模型初始地形仍为2010年4月地形,验证地形为2011年11月实测1:10 000河床地形。根据2010年4、2011年7月(中枯水期)、2011年8月(中水期)及2011年11月(枯水期)的实测资料对水位、断面流速、分流比以及河床冲淤等进行验证,验证结果表明模型观测的水面线、断面流速分布、冲淤部位平面分布以及冲淤量等与原型吻合较好,说明模型设计合理,可以正确反映天然水流、泥沙运动规律及河床变形,可用于航道治理措施的研究。

2 工程方案研究

2.1 治理思路^[9]

根据前文可知，本河段当前航道条件尚好，但各水道均存在不利变化趋势，如湖广水道因赵家矶边滩冲刷切割，过渡段河道趋于宽浅，同时沿岸窄沟发展，主流摆动，不利于罗湖区入流的稳定，影响罗湖区水道滩槽格局的稳定，因此守护与控制关键洲滩、稳定尚好的滩槽格局、适当改善航道条件是本河段治理的基本思路。鉴于此，本河段航道整治思路确定为：稳定滩槽形态，抑制不利变化发展，巩固已实施工程效果、确保已建工程的稳定。具体为：1) 守护赵家矶边滩，抑制倒套发展，稳定湖广水道滩槽形态，防止航道条件向不利方向发展；2) 在罗湖区水道现有工程布局

的基础上，加大守护范围，进一步控制左右边界，稳定主流流路，维持良好的航道条件；3) 上、下段整体考虑，通过对湖广水道整治，稳定罗湖区水道的进流条件，以有利于罗湖区水道航道整治工程的稳定和效果的发挥，实现整体治理目标。

2.2 方案试验研究

2.2.1 定床试验研究

基于上述航道整治思路，定床模型共进行了两类9组方案试验研究，第Ⅰ类为“进攻型”方案，措施以坝体为主；第Ⅱ类则为“守护型”方案，措施以护滩带为主。其中方案1~5为湖广水道治理单方案；方案6~7为罗湖区治理单方案；方案8~9为组合方案，即湖广—罗湖区河段总体治理方案（表1）。

表1 定床试验方案

类型	方案	工程布置	作用
第Ⅰ类	方案1	沿赵家矶边滩间隔布置5道丁坝,坝顶高程为航基面上3m	
	方案2	在赵家矶边滩中下段布置4道丁坝,坝体位置以及坝顶高程与方案1的后4道丁坝相同	
	方案3	在赵家矶边滩中上段布置3道丁坝,坝体位置以及坝顶高程与方案1的前3道丁坝相同	限制滩头后退和下段窄沟的发展,保证罗湖区进口条件的稳定
	方案4	在赵家矶边滩布置3道丁坝,坝体位置以及坝顶高程分别与方案1的1 [#] 、3 [#] 和5 [#] 丁坝相同	
	方案5	人民洲边滩头部3道丁坝(航行基面上3m)	
第Ⅱ类	方案6	将方案1的丁坝改成护滩带的形式,位置与方案1的5道丁坝相同,护滩带高程依滩面高程而定	守护赵家矶边滩,加强湖广水道浅区冲刷
	方案7	人民洲边滩头部3道护滩带	守护人民洲边滩头部,抑制洲头冲刷
	方案8	在湖广水道右岸赵家矶边滩上布置5条护滩带,在人民洲边滩头部布置3条护滩	稳定赵家矶边滩,抑制人民洲边滩冲刷
	方案9	在湖广水道右岸赵家矶边滩上布置3道丁坝,在人民洲边滩头部布置3条护滩	恢复并稳定赵家矶边滩,抑制人民洲边滩冲刷

从定床效果来看，第Ⅰ类方案主要是针对湖广—罗湖区河段边滩冲刷不稳定的特点，参考边滩高大、完整时期的滩面高程，即对边滩滩形进行适当恢复，采取丁坝方案调整水流，加强浅区冲刷，达到改善航道条件的目的；第Ⅱ类方案则是稳定滩体形态，采取护滩工程进行守护，达到固滩稳槽的目的。

从目前航道条件来看，湖广—罗湖区河段航道条件尚可，只是关键边滩出现不利冲刷变化，因此工程措施不宜太强，达到抑制边滩冲刷、维

护边滩完整即可。组合方案则是从守护角度考虑，选择对赵家矶边滩、人民洲边滩守护效果较好的单方案加以组合。定床效果显示：组合方案的方案8和方案9均可以对赵家矶边滩和人民洲边滩起到一定程度的守护作用，并促使汪家铺浅滩流速有所增加，但方案9的整治建筑物高程较高，对水位、近岸流速等外部环境的影响较方案8略大。根据上述结论，动床阶段重点以定床组合方案8作为基础方案进一步开展优化试验研究。

2.2.2 动床试验研究

1) 典型年及系列水文年选择。

典型不利水文年的选择:三峡蓄水后,湖广罗湖洲河段遭遇2005年较大水年,湖广水道赵家矶边滩上段冲刷后退,下段倒套上延发展,边滩向心滩转化,同时滩面刷低,一方面造成滩槽格局恶化,另一方面滩体冲刷造成汪家铺过渡段浅区淤积,航道条件变差;而遭遇2010年时,赵家矶边滩冲刷不明显。因此,选择2005年作为典型水文年进行试验,检验和比较不同航道整治工程方案的整治效果。

系列水文年的选择:由于三峡枢纽运行时间较短,近些年无特大洪水发生,故选择三峡蓄水前的1998年作为特大洪水年加入系列年中,该年大流量历时较长,河床冲淤变形比较大,造床作用强。考虑到三峡蓄水后下游来沙量减少的实际情况,参考以往惯例,将1998年实测悬移质来沙量的1/3作为系列年中特大洪水年型的来沙量。综合以上,确定本次试验的系列年为2005—2010年

连续6个水文年+1998年水沙调整年+2005年+2009—2010年共10a,用以检验工程方案效果的长效性。

2) 方案的优化。

定床方案8中采用全守护的布置思路,从动床试验效果来看,工程实施典型年后,虽然对赵家矶边滩守护效果较好,但护滩带相对汪家铺浅区的位置偏下,不能兼顾起到加大浅区冲刷的作用,而人民洲边滩头部第3道护滩带位置冲淤变化不大,因此,结合模型的效果及工程规模,按照局部重点守护的布置思路予以优化。具体如下:

①动床优化方案1。重点守护赵家矶边滩中上段,塑造和恢复赵家矶边滩中上部滩形,限制右岸窜沟冲刷发展,同时适当加大对汪家铺过渡段浅区的冲刷,即将方案8中的5道护滩带优化为4道护滩带,位置整体上提;对于人民洲边滩,重点守护人民洲边滩头部,将方案8中的3道护滩带优化为2道护滩带,布置位置上提(图2)。

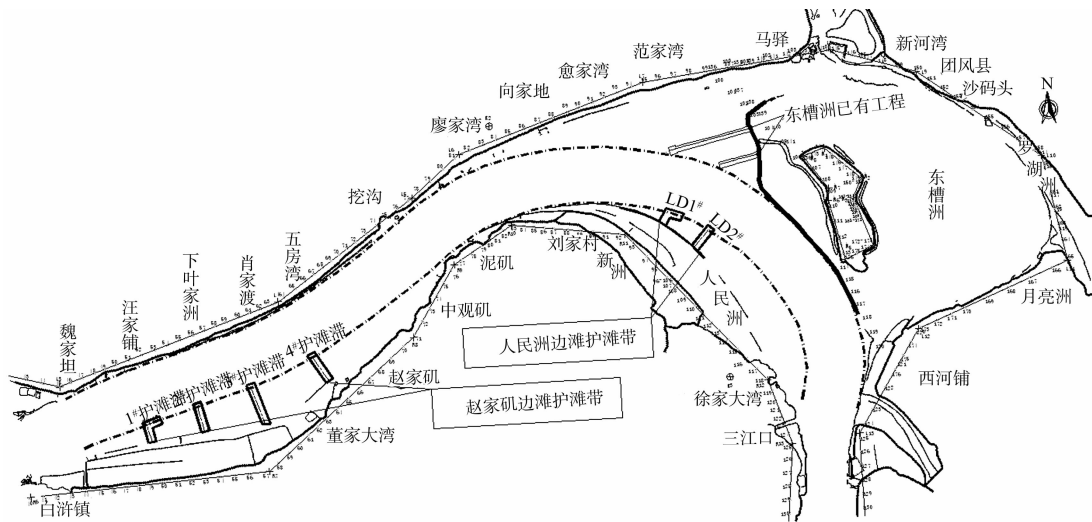


图2 动床方案优化方案1

②动床优化方案2。重点守护赵家矶边滩中下段,维持与稳定赵家矶边滩目前现有滩体形态,限制右岸窜沟冲刷发展,保护良好的滩槽格局,同时对汪家铺过渡段浅区的冲刷起到一定的积极作用,即将方案8中第1道护滩带取消,其余4道保留,位置保持不变;人民洲边滩头部守护优化与动床方案1基本一致,只是将间隔条形守护改为

“格型”护滩守护(图3)。

3) 方案试验效果。

典型年试验表明:动床方案1对赵家矶边滩采用重点守护中上段的布置思路,动床方案2对赵家矶边滩则是重点守护中下段,人民洲边滩两方案守护范围一致,仅布置方式有差异。从守护效果来看,两方案实施后,均能守护住赵家矶边滩,保持

人民洲边滩头部的稳定,抑制冲刷,维护边滩的完整。差异主要体现为动床方案1对赵家边滩有一定的塑造功能,滩体头部淤积上延,而动床方案2则

是维护目前主要滩体的稳定。从对航道条件改善效果来看,动床方案1略优于动床方案2。从方案对周边环境的影响来看,两方案基本相同。

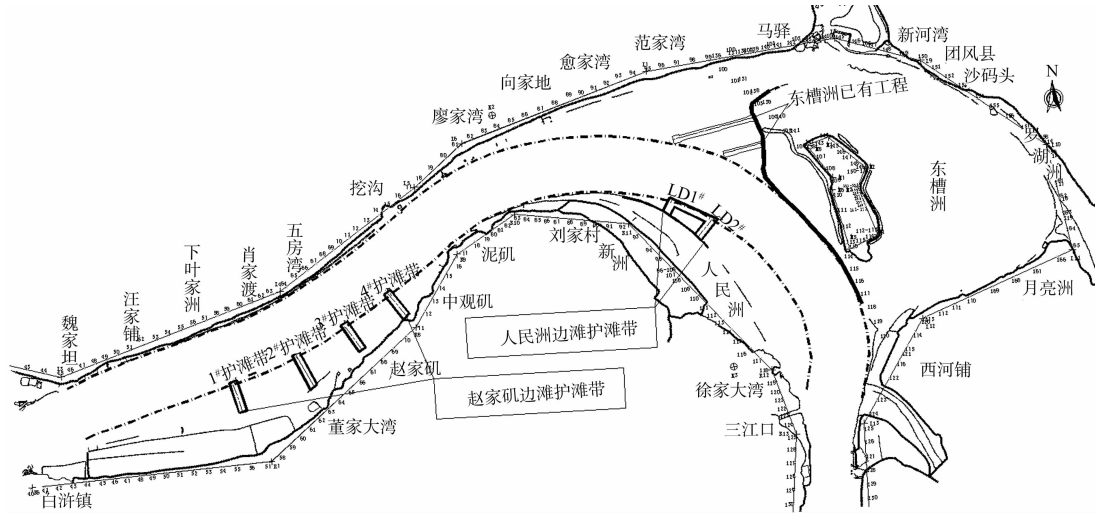


图3 动床方案优化方案2

为进一步检验工程方案试验效果的长效性,进而开展系列年试验,研究表明:工程后均有较好的守护效果,赵家矶边滩持续淤积,边滩冲刷后退以及窜沟发展的趋势被抑制,滩体趋于完整高大,浅区4.5 m航槽有所拓宽,航槽内略有冲刷;人民洲头部淤积,尾部有一定幅度的冲刷,西河铺一带深槽冲刷幅度减弱,航槽宽度略有拓展,均能够达到工程治理目标。系列年试验表

明,随着时间的推移,两方案在稳定赵家矶边滩和人民洲边滩上段、保持两汉分流比等方面效果基本相当,但动床方案1对拓宽汪家铺过渡段浅区航槽较动床方案2要大,并且动床方案1对周边的影响较小(距离下游取水口较远),见表2。因此,综上分析比较,建议在工可阶段将动床方案1确定为推荐方案,动床方案2则作为比选方案。

表2 两方案系列年工程效果比较

方案	时间	分流比/%		航宽变化	洲滩淤积变化	局部冲刷坑	水位
		罗湖区左汉	罗湖区右汉				
动床方案1	第3 a末	1.65	98.35	第3 a末枯水期汪家铺过渡段浅区4.5 m最小航宽达497 m,第6 a末枯水期汪家铺过渡段浅区4.5 m最小航宽达463 m,第7 a末枯水期汪家铺过渡段浅区4.5 m最小航宽达430 m,第10 a末枯水期汪家铺过渡段浅区4.5 m最小航宽达475 m	有无工程相比较,赵家边滩头部0 m等深线淤积上延约293 m,洲头淤高,0 m等深线最大展宽226 m;东槽洲头略有冲刷,但幅度不大;人民洲头淤积上延175 m,洲尾0 m线冲刷后退约106 m。对洲头守护效果略优于方案2	1#~4#护滩带头部冲刷坑深度约1~4 m, LH1#~LH2#护滩带头部冲刷坑深度约1~3 m,各护滩带之间也存在一些冲刷变形现象	两方案实施后,枯水时,工程及邻近水域水位稍有变化,变化值较小;中、洪水位时,各处水位未出现明显变化,因而,两方案实施后对河段水位及其比降的影响均很小
	第10 a末	1.45	98.55				
	差值	-0.20	0.20				
动床方案2	第3 a末	1.77	98.23	第3 a末枯水期汪家铺过渡段浅区4.5 m最小航宽达473 m,第6 a末枯水期汪家铺过渡段浅区4.5 m最小航宽达406 m,第7 a末枯水期汪家铺过渡段浅区4.5 m最小航宽达389 m,第10 a末枯水期汪家铺过渡段浅区4.5 m最小航宽达385 m。对浅区的作用较方案1略差	有无工程相比较,赵家边滩头部0 m等深线淤积上延约117 m,洲体淤高,0 m等深线最大展宽186 m;东槽洲头略有冲刷,但幅度不大;人民洲头淤积上延157 m,洲尾0 m线冲刷后退约135 m	1#~4#护滩带头部冲刷坑深度约1~4 m,矩形护滩带头部冲刷坑深度约2~3 m,各护滩带之间也存在一些冲刷变形现象	
	第10 a末	1.51	98.49				
	差值	-0.26	0.26				

3 结论

1) 动床模型的几何比尺与定床模型一致,即水平比尺 1:420,垂直比尺 1:120,变率为 3.5。模型采用天然实测的水面线、断面流速分布、分流比、地形等资料对模型水流运动、泥沙运动及河床冲淤变形进行了验证,结果表明模型与原型吻合较好,模型设计合理。

2) 定床进行了两类 9 组方案试验,考虑到湖广—罗湖洲河段航道条件尚可,只是关键边滩出现不利冲刷变化,因此工程措施不宜太强,采用守护型方案即可达到工程目的,并建议动床阶段重点以定床组合方案 8 作为基础方案开展优化试验研究。

3) 动床以定床方案 8 为基础,综合维持汪家铺过渡段浅区航道条件、重点控制赵家矶边滩和人民洲边滩关键部位以及工程投资等方面的考虑,提出了两个动床优化方案,方案 1 重点守护赵家矶边滩中上段,方案 2 重点守护赵家矶边滩中下段,人民洲边滩两方案守护范围一致,仅布置方式有差异。典型年试验表明:两个方案均能守护住赵家矶边滩,保持人民洲边滩头部的稳定,抑制冲刷,维护边滩的完整。差异主要体现在方案 1 对赵家矶边滩有一定塑造功能,滩体头部淤积上延,而方案 2 则是维护目前主要滩体的稳定。

4) 系列年试验表明两方案虽然均能取得较好的效果,但方案 1 在工程效果、工程稳定性以及

对周边环境影响方面均优于方案 2,因此,工可阶段将方案 1 作为推荐方案,而方案 2 则作为比选方案,为工可报告研究提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 孙昭华,李义天,黄颖,等.长江中游城陵矶—湖口分汉河道洲滩演变及碍航成因探析[J].水利学报,2011(12): 1 398-1 406.
- [2] 钱宁,万兆惠.河流泥沙动力学[M].北京:科学出版社,1983.
- [3] 谢鉴衡.河床演变与整治[M].北京:科学出版社,1977.
- [4] 余文畴,卢金友.长江河道演变与治理[M].北京:中国水利水电出版社,2005.
- [5] 长江航道规划设计研究院.长江中游湖广—罗湖洲河段航道整治工程初步设计[R].武汉:长江航道规划设计研究院,2012.
- [6] 蔡大富,杨瑞庆.长江中游罗湖洲水道航道整治工程设计[J].水运工程,2005(10): 59-63.
- [7] 李青云,蔡大富,张明进.长江中游罗湖洲水道航道整治工程设计经验总结[J].水道港口,2008(4): 50-55.
- [8] 长江航道规划设计研究院.长江中游湖广—罗湖洲河段航道整治工程动床河工模型试验研究报告[R].武汉:长江航道规划设计研究院,2012.
- [9] 长江航道规划设计研究院.长江中游湖广—罗湖洲河段航道整治工程工程可行性研究报告[R].武汉:长江航道规划设计研究院,2012.

(本文编辑 武亚庆)

著作权授权声明

全体著作权人同意:论文将提交《水运工程》期刊发表,一经录用,本论文数字化复制权、发行权、汇编权及信息网络传播权将转让予《水运工程》期刊编辑部。