



长江下游贵池水道 8 m 水深航道 治理工程方案

陈雅飞, 吴 双, 刘长波, 朱玉君

(长江航道勘察设计院(武汉)有限公司, 湖北 武汉 430040)

摘要: 长江下游贵池水道为三分汊河段, 安庆二期工程实施后, 实现了 6 m 水深维护目标, 但仍存在北港限制不足、中港水力偏弱、中港主航道存在进出口 8 m 水深不足等问题。为此, 采用理论分析和物理模型试验结合的方法, 按照限制北港发展、增加中港分流比和浅区流速的整治思路, 通过模型试验研究, 对不同方案的工程效果进行对比分析, 提出初步的航道治理方案。工程实施后, 可以达到稳定中港航道、增加中港主航道水动力和浅区冲刷效果的整治目标。组合方案实施后, 整治流量下中港分流比最大增加约 3%, 中港进口浅区流速最大增加约 0.20 m/s。

关键词: 贵池水道; 河床演变; 航道治理; 工程方案

中图分类号: U617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)08-0176-09

Engineering scheme for 8-metre deep channel regulation of Guichi waterway in the lower reaches of the Yangtze River

CHEN Yafei, WU Shuang, LIU Changbo, ZHU Yujun

(Changjiang Waterway Survey and Design Institute(Wuhan) Co., Ltd., Wuhan 430040, China)

Abstract: The Guichi waterway in the lower reaches of the Yangtze River is a three-branch river section. After the implementation of the Anqing Phase II project, the goal of maintaining a water depth of 6 meters was achieved. However, there are still problems such as insufficient restrictions in the north port, weak hydrodynamics in the middle and north ports, and insufficient water depth of 8 meters at the entrance and exit of the main channel between the two ports. Therefore, a combined approach of theoretical analysis and physical model experiments is adopted, based on the concept of restricting the development of the northern port, increasing the diversion ratio of the middle port, and regulating the flow velocity in the shallow area, the engineering effects of different schemes were compared and analyzed through model experiments, and a preliminary regulation scheme is proposed. After the implementation of the project, the goal of stabilizing the waterway of the middle port, increasing the hydrodynamic and shallow scouring effects of the main waterway can be achieved. After the implementation of the combination plan, the maximum increase in the diversion ratio under the regulation flow is about 3%, and the maximum increase in shallow flow velocity at the inlet of the middle port is about 0.20 m/s.

Keywords: Guichi waterway; riverbed evolution; channel regulation; engineering scheme

长江下游安庆—芜湖段在长江干线航运中起着承上启下的重要作用, 上接武汉—安庆河段 6.0 m 航道, 下接南京以下 12.5 m 深水航道, 是连接长

三角城市群和长江中游城市群的关键河段。整个河段航道条件总体优良, 仅有安庆、太子矶、贵池、土桥、黑沙洲 5 个水道无法满足 8 m 水深的

收稿日期: 2024-11-25

作者简介: 陈雅飞 (1995—), 男, 硕士, 助理工程师, 从事内河航道科研与设计工作。

治理目标。贵池水道位于安庆—芜湖段中下段,在提升安芜段 8 m 水深的航道治理中起着承上启下的重要作用,目前仍存在北港发展较快、中港主航道水动力偏弱等碍航问题,有必要采取航道整治工程措施,维持并稳定现有航道条件。

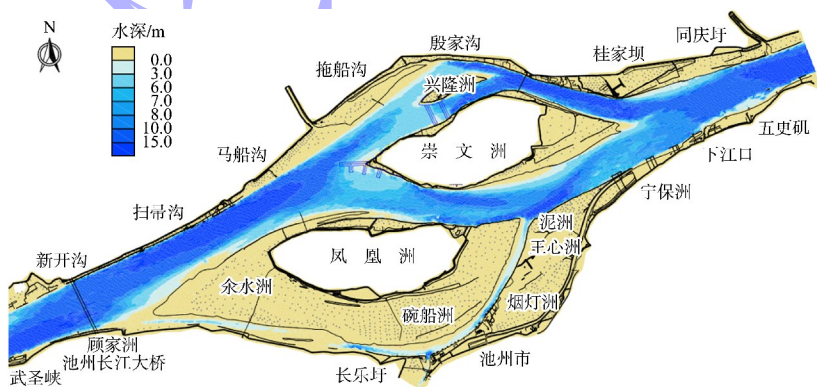
方佳敏等^[1]通过定床和动床模型试验研究对方案效果进行对比分析, 研究发现采取梳齿形护滩守护崇文洲洲头、在北港兴隆洲右槽实施护底措施的方案较优; 杨芳丽等^[2]基于长江下游贵池水道 20 世纪 60 年以来的水文地形资料, 分析该河段近期演变特点及其河道演变趋势; 黄正武^[3]分析了长江贵池分汊河段进口及左、中、右 3 汉的河势及其分流比的变化, 并预测了近期的演变趋势; 吕平^[4]结合三峡工程运行后河段冲淤变化计算情况, 对贵池河段三汊演变规律进行深入研究; 王欣霖等^[5]对长江安庆水道航道整治二期工程建设提出的设计方案进行趋势预测, 并对整治工程的效果进行分析。

学者们以往研究的水深目标多为 6 m, 本文重点研究目标是将水深增加至 8 m, 在安庆二期工程

的基础上,利用理论分析和物理模型试验相结合的方法,开展水动力控制指标的精细化研究,以期为贵池水道 8 m 水深建设目标的实现提供技术支撑和理论参考。

1 河道概况

贵池水道上起新开沟、下迄五更矶,全长 22 km,河道属多分汉河型^[6]。两端束窄、中间展宽,河段内有余水洲、凤凰洲、崇文洲和兴隆洲等,将河道分为北港、中港和南港^[7]。北港河道呈左向弯曲,弯顶在殷家沟,左汉口门附近有北荡闸河口边滩。崇文洲与凤凰洲之间为中港,顺直微弯,目前为主汉,水深条件相对较好,分流比约 48%。贵池南港近几十年极度萎缩,枯季一度断流,分流比不断减小。2016—2018 年安庆河段航道整治二期工程实施后,中港进口段航道边界基本稳定^[8],北港大幅冲刷发展的趋势逐渐减小,中港进口浅区段航道尺度明显改善,实现了 $6.0\text{ m} \times 200\text{ m} \times 1\,050\text{ m}$ (航道水深 $\times$ 宽度 $\times$ 弯曲半径)的设计标准。贵池水道河势图见图 1。



注：1. 本图根据 2022 年 8 月地形图绘制；2. 基准面为当地航行基准面；3. 高程为 1985 国家高程。

图 1 贵池水道河势图

Fig. 1 River regime chart of Guichi waterway

2 模型概况

长江下游贵池水道定床模型范围上起戚家沟(下游航道里程 600 km), 下止五更矾(570 km), 模拟天然河段全长约 30 km。物理模型采用平面比尺 $\lambda_l = 375$, 垂直比尺 $\lambda_H = 120$ 的变态模型, 对

洪、中、枯 3 个测次开展水流验证试验。结果表明,模型水面线、流速分布、汉道分流比与原型基本一致,模型满足水流运动相似,符合 JTS/T 231—2021《水运工程模拟试验技术规范》要求。试验选取大通站 6 级典型流量对工程河段的水位、断面

流速、汉道分流比等开展方案试验研究,重点关注整治流量 $16\,700\text{ m}^3/\text{s}$ 时的治理效果。

根据大通水文站 2010—2023 年间的日平均水位、日平均流量及贵池水道的实测比降资料,建立贵池水道 $Q-Q^2JP$ (其中 Q 为日平均流量, J 为比降, P 为流量次数出现的频率) 关系曲线, 选取其上的第 3 峰值作为整治流量, 为 $17\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 左右。考虑到安庆二期贵池水道整治工程选取的整治流量为 $16\,700\text{ m}^3/\text{s}$, 本期工程综合考虑工程性质及原有工程的延续, 仍选取 $16\,700\text{ m}^3/\text{s}$ 为整治流量。

3 河床演变及碍航特性

3.1 演变特点

3.1.1 洲滩变化

1) 凤凰洲。2016 年工程实施以来, 凤凰洲左缘滩体冲刷后退, 最大幅度达 300 m; 凤凰洲头部的余水洲左缘滩体呈现明显的边滩头冲尾淤的演变规律, 幅度约 500 m。

2) 崇文洲。2016 年之前, 崇文洲洲头受主流顶冲, 洲头及右缘低滩受冲后退, 洲头右缘低滩冲刷切割后中港下段形成双槽格局^[9]。2019 年以后, 崇文洲中部右缘滩体局部呈现上冲下淤现象, 幅度约 450 m; 洲尾淤长 200 m 左右, 其他部

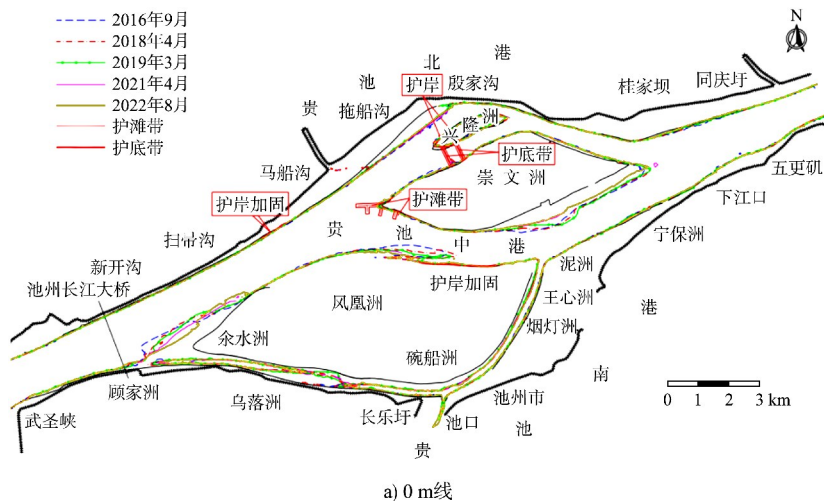
位较为稳定。从冲刷时间上看,变化主要发生在2016年9月—2018年4月,由于2018年为小水年,冲淤幅度较小。

3) 兴隆洲。2016 年之前,随着北港发展,洲头冲刷崩退,洲体面积减小^[10]。2019 年以后,兴隆洲头部在护岸工程作用下保持稳定,但洲尾冲刷上提,幅度约 200 m,见图 2a)。

3.1.2 深槽变化

2016 年之前,北港发展较快,为此安庆河段航道整治二期工程的实施主要是为了抑制北港快速发展,稳定汉道分流格局,巩固中港的主汊及主航道^[1]。2019 年以后,中港进口宽度比工程前拓宽约 200 m;崇文洲中部右缘滩体头部冲刷后退,中港中部宽度比工程前拓宽约 180 m;北港 6 m 线大幅冲刷,由工程前(2016 年 9 月)断开 1 400 m 至兴隆洲右槽进口两道护底带工程完工时(2018 年 4 月)冲刷基本贯通。

崇文洲已建工程区淤积长大, 对岸的凤凰洲左缘冲刷, 中港上段 6 m 等深线进一步拓宽, 中港进口宽度约拓宽 400 m。崇文洲中部右缘滩体头部冲刷后退, 中港中部宽度也拓宽约 400 m, 北港 6 m 线大幅冲刷, 2022 年 8 月时兴隆洲洲头前的 6 m 线断开约 900 m, 见图 2b)。



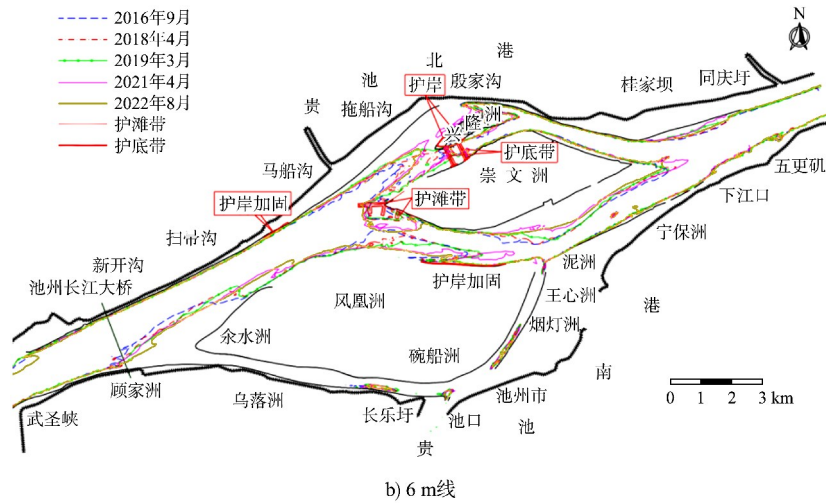


图 2 贵池水道近期变化

Fig. 2 Recent changes of Guichi waterway

3.1.3 分流比变化

由表 1 可知, 2013 年 3 月—2016 年 9 月北港分流比快速增加, 年均增加约 3.3%。北港分流比的增加导致兴隆洲不断冲刷后退, 也进一步促使北港的入流条件变好, 从工程后的分流比来看, 2016 年 9 月—2019 年 3 月北港分流比年均增加 1.1%, 2019 年 3 月—2021 年 3 月北港分流比年均变化不大。由此看出, 安庆河段航道整治二期工程限制了北港分流比快速增加的趋势, 但北港发展的趋势未能完全遏制^[12], 中港分流比仍小于 50%。

表 1 贵池水道近 10 a 各汊分流比
Tab. 1 Distribution ratios of each branch in
Guichi waterway in the past 10 years

流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	时间	南港 分流比/%	中港 分流比/%	北港 分流比/%
—	2013 年 3 月	2.2	61.2	36.6
—	2013 年 7 月	5.0	54.0	41.0
—	2013 年 11 月	—	63.0	37.0
44 353	2016 年 4 月	5.0	51.3	43.7
—	2016 年 9 月	4.2	49.4	46.4
30 200	2019 年 3 月	4.1	46.2	49.7
23 200	2021 年 3 月	3.0	47.5	49.5

3.2 碍航特性

根据《水运“十四五”发展规划》及《长江干线“十四五”航道治理规划》, 安庆—芜湖要实现

8 m×200 m×1 050 m 的航道尺度, 还存在以下问题: 1) 安庆二期工程虽然限制了北港快速发展, 但是北港发展的趋势未能完全遏制, 中港水动力偏弱; 2) 中港上段崇文洲洲头对水沙调节的控制力度偏弱, 上段主流摆动幅度偏大, 过渡段河床冲淤幅度较大且频繁, 造成 8 m 水深航道条件不畅; 3) 中港下段, 水道宽度逐渐放宽, 水动力弱, 泥沙容易淤积形成浅区。

4 工程治理方案

4.1 治理思路和目标

治理目标: 本河段航道尺度由 6.0 m×200 m×1 050 m 提升至 8.0 m×200 m×1 050 m。治理思路: 限制北港发展, 增加中港分流比, 增强中港进出口浅区的水流动力。

4.2 方案布置

随着三峡水库的运行, 上游来沙量在减少, 若崇文洲洲头持续冲刷后退, 恢复难度将加大, 防止其进一步冲刷发展是提升工程的重点。为此, 实施第 1 类崇文洲洲头护滩带加高延长工程对崇文洲洲头进行保护; 同时按照限制北港发展、塑造优良滩槽形态的治理思路, 实施第 2 类北港限制工程。

4.2.1 单方案试验

选择试验效果较好的 10 组单方案试验进行研

究, 其中第 1 类单方案试验 4 组。单方案 1-1 在工程基础上将坝头加高至 1 m (1985 国家高程基准); 单方案 1-2 是将坝头加高至 1 m, 同时齿坝和脊坝延长 200 m; 单方案 1-3 是将坝头加高至 1 m, 齿坝和脊坝均延长 200 m, 左汊增加一条 200 m 的齿坝; 单方案 1-4 是将坝头加高至 1 m, 齿坝延长 200 m, 同时左汊增加一条 200 m 的齿坝。第 1 类单方案试验工程布置见图 3。

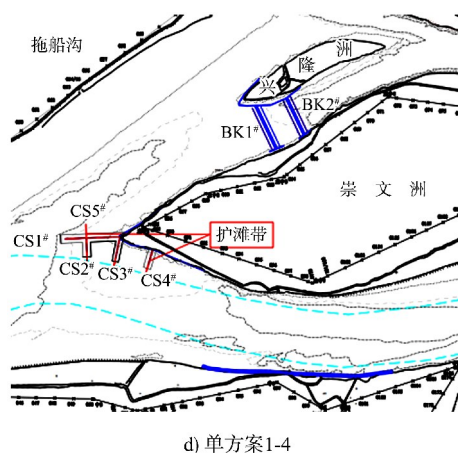
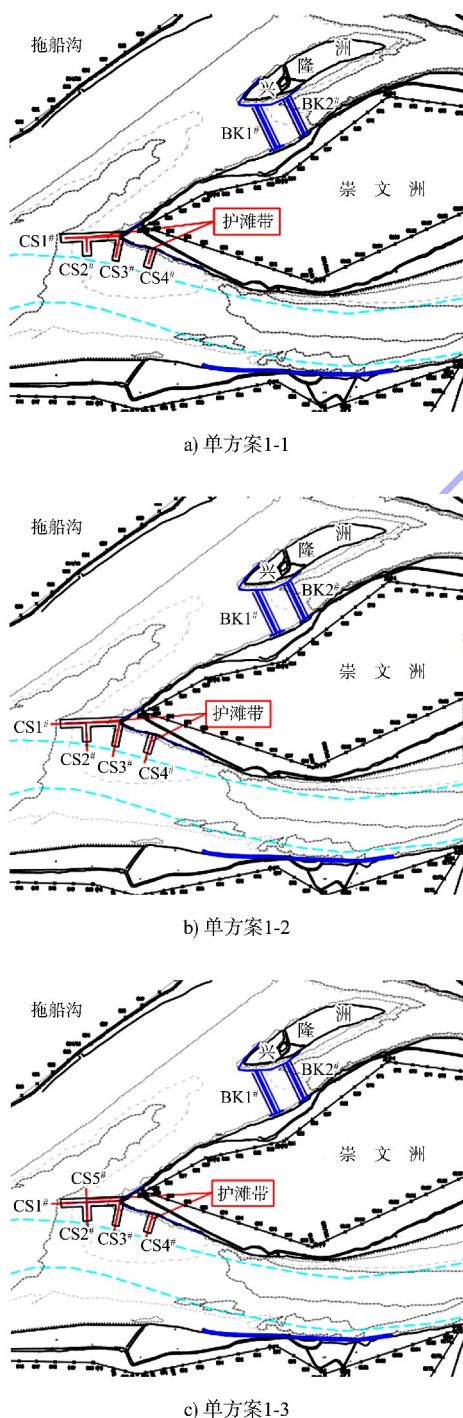
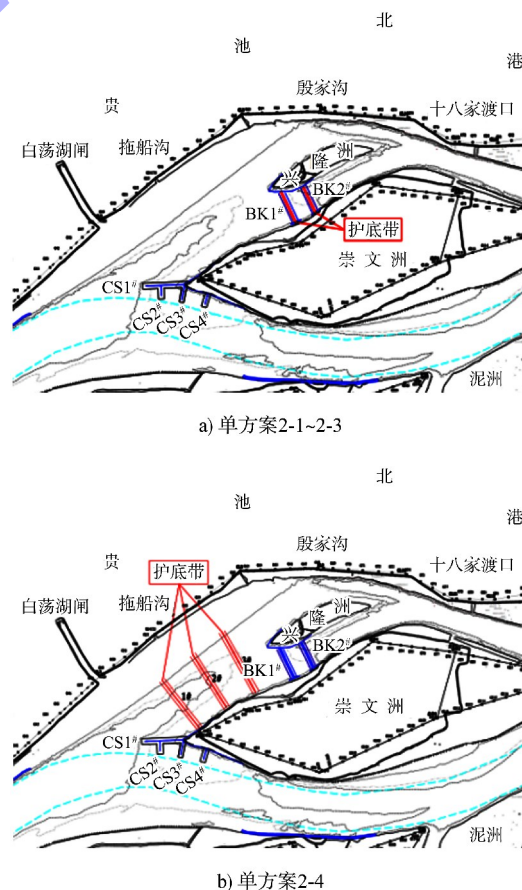


图 3 第 1 类单方案试验工程布置

Fig. 3 Engineering layout of the first type of single scheme test

第 2 类单方案试验 6 组, 单方案 2-1~2-3 是将北港兴隆洲右汊 2 条护底带 BK1# 和 BK2#, 分别加高至 -2、1 和 2 m; 单方案 2-4 是在北港上段 (崇文洲左汊) 增加 3 条护底带 1#、2# 和 3#, 压载厚度 3 m; 单方案 2-5 是在北港上段 (崇文洲左汊) 增加 2 条护底带 2# 和 3#, 压载厚度 3 m; 单方案 2-6 是在北港上段 (崇文洲左汊) 增加两条护底带 1# 和 2#, 压载厚度 3 m。第 2 类单方案试验工程布置见图 4。



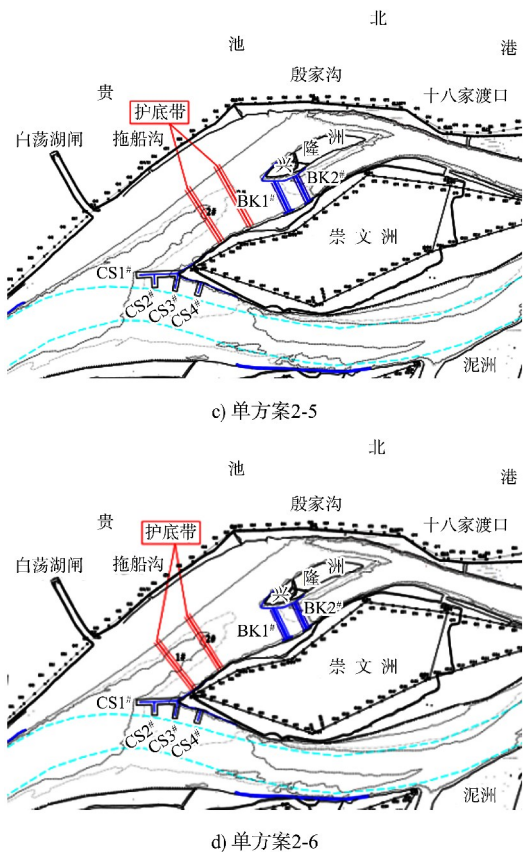


图4 第2类单方案试验工程布置
Fig. 4 Engineering layout of the second type of single scheme test

4.2.2 组合方案试验

根据贵池水道治理目标和整治思路,贵池水道8 m航道主要存在中港水动力偏弱、过渡段河床冲淤幅度较大且频繁、造成8 m水深航道条件不畅等碍航问题,按照限制北港发展、塑造优良滩槽形态、增加中港分流比和进出口浅区流速的

治理思路,根据对贵池水道河床演变规律的认识,并结合水流认识性试验、单方案试验研究成果,将崇文洲洲头护滩带延长加高工程(单方案1-2)、兴隆洲右汊的护底带工程(单方案2-2)和北港新建护底带工程(单方案2-6)相互组合,同时为改善中港下游浅区段水流动力条件,保证中港主航道8 m水深目标的实现,结合中港中段的护滩带方案、中港下段的丁坝方案以及中港挖槽方案,最终系统地形成3个组合方案。

组合方案1工程布置内容:1)兴隆洲右汊已建的两条护底带加高至-1.0 m;2)北港进口新建2条护底带(1[#]、2[#]),压载厚度3.0 m;3)崇文洲洲头的4条护底带均延长200 m,坝头均加高至1.0 m,洲头加一个鱼嘴顺坝;4)中港中段布置4条护滩带,护滩带压载厚度3.0 m;5)中港下游布置3条丁坝,坝长均为200 m,坝头高程1.0 m,坝根高程4.0 m;6)在中港进口和下游进行挖槽,挖槽面积分别为162.4 m²和73.2万 m²,挖槽深度-7.0 m。

组合方案2是在组合方案1的基础上将兴隆洲右汊已建的2条护底带加高至-2.0 m,同时将北港进口2条护底带(1[#]、2[#])的中间部分加高至-2.0 m,其他方案同组合方案1;组合方案3不改变兴隆洲右汊已建的2条护底带高度,而是在组合方案1的基础上,将北港进口2条护底带(1[#]、2[#])的中间部分加高至0 m,其他同组合方案1。组合方案1工程布置见图5。

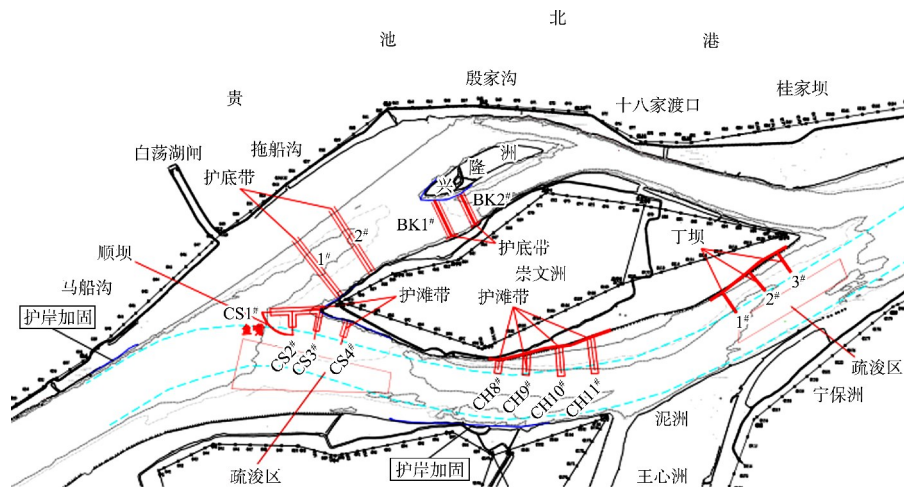


图5 组合方案1工程布置
Fig. 5 Engineering layout of combination scheme 1

通过工程措施限制北港分流、增加中港分流比,同时达到增大中港进口浅区和下游浅区水流动力条件的目的,减小中港进出口浅区内淤积,最终实现将贵池水道水深由 6.0 m 提高至 8.0 m 的目标。

5 方案效果分析

5.1 单方案试验

5.1.1 崇文洲洲头护滩带加高延长工程

1) 单方案 1-1 是在原工程基础上,将齿坝和脊坝的坝头均加高至 1 m,工程实施后能一定程度上守护崇文洲洲头区域,有利于增加中港进口浅区流速,增幅为 0.09~0.12 m/s,从而减少中港进口段的泥沙淤积,但仅对护滩带进行加高而未延长,守护工程的守护强度及范围较弱。

2) 单方案 1-2 是在单方案 1-1 的基础上,将齿坝和脊坝均延长 200 m,工程实施后中港进口浅区航槽束窄,有利于增加中港进口航槽的水流动力条件,中港进口浅区的流速增幅为 0.10~0.15 m/s,对增加中港进口浅区流速的效果优于单方案 1-1。

3) 单方案 1-3 是在单方案 1-2 的基础上,在脊坝左侧新增一条 200 m 长的齿坝,进一步增加水流进入北港的阻力,从而使水流更多地进入中港,增加中港进口航槽的水流动力条件,中港进口浅区的流速增幅为 0.12~0.16 m/s,有利于航槽内冲刷、保护崇文洲洲头的完整性,从而改善航道条件。

4) 单方案 1-4 是在单方案 1-3 的基础上,仅对脊坝加高,一定程度上减小水流进入北港的阻力,中港进口浅区的流速增幅为 0.12~0.15 m/s。

相对而言,崇文洲洲头的守护工程越多,效果越好,但相应的工程量也越大,而且新增齿坝

挑流使得北港沿岸流速增加比较明显,工程局部水位壅高较大,综合考虑选择单方案 1-2 进行下一步的组合试验。

5.1.2 兴隆洲右汊护底带工程

单方案 2-1~2-3 是在原工程基础上,分别将兴隆洲右汊护底带加高至 -2、1、2 m,工程实施后水流进入北港的阻力增大,中港分流比的提升效果明显,中港分流比分别增加 0.84%、2.34% 和 3.84%;相对而言,兴隆洲右汊护底带的高程越高,阻水效果越好,但相应的工程量越大,同时兴隆洲左汊的近岸流速增加较大。综合考虑选择单方案 2-2 进行下一步的组合试验。

5.1.3 北港护底带控制守护工程

单方案 2-4 是在北港上段新建 3 条护底带,从进口至下游分别为 1[#]、2[#]和 3[#],护底带的压载厚度为 3 m,阻水面积相比兴隆洲右汊护底带工程更大,工程实施后水流进入北港的阻力增大,中港分流比的提升效果明显,中港分流比增加 4.05%;单方案 2-5 是在单方案 2-4 的基础上减少 1[#]护底带,保留 2[#]和 3[#]护底带,相比单方案 2-4,水流进入北港的阻力减小,但对中港分流比的提升效果较为明显,中港分流比增加 2.86%;单方案 2-6 是在单方案 2-4 的基础上减少 3[#]护底带,保留 1[#]和 2[#]护底带,水流进入北港的阻力减小,对中港分流比的提升效果优于单方案 2-5,中港分流比增加 3.12%。

5.1.4 小结

整治流量下单方案工程效果比选见表 2。由表可知,单方案 1-1~1-4 的主要作用是增加中港进口航槽的浅区流速,减少进口浅区的泥沙淤积,单方案 2-1~2-6 对增加中港分流比的效果明显。

表 2 整治流量下单方案工程效果比选

Tab. 2 Comparison and selection of engineering effects for single schemes under regulation flow

方案类别	单方案	中港浅区流速增幅/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	近岸流速增幅/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	水位最大壅高/m	分流比变化/%	方案目标及功能
崇文洲洲头护滩带加高延长工程	1-1	0.09~0.12	0~0.06	0.04	0.48	通过梳齿形护滩带守护洲头,减少崇文洲洲头低滩的冲刷后退,增加进口浅区流速,减少中港进口段浅区的淤积
	1-2	0.10~0.15	0~0.06	0.05	0.80	
	1-3	0.12~0.16	0~0.08	0.06	0.88	
	1-4	0.12~0.15	0~0.06	0.06	0.35	
兴隆洲右汊护底带工程	2-1	0.01~0.07	0.01~0.03	0.04	0.84	通过护底带守护兴隆洲右汊航道,增加水流进入北港的阻力,抑制北港发展,增加中港分流比
	2-2	0.02~0.07	0.01~0.05	0.06	2.34	
	2-3	0.02~0.07	0.02~0.06	0.08	3.84	
北港护底带控制守护工程	2-4	0.06~0.08	0.02~0.06	0.05	4.05	通过 2~3 道护底带限制北港的发展,增加中港分流比,改善中港进口浅区段水流动力条件
	2-5	0.05~0.08	0.01~0.03	0.04	2.86	
	2-6	0.05~0.08	0.01~0.06	0.03	3.12	

北港护底带控制守护工程的护底带数量越多,增加中港分流比的效果越好,但考虑到对周围环境的影响,选择单方案 2-6 进行下一步的组合试验研究。

5.2 组合方案试验

整治流量下组合方案工程效果比较见表 3, 3 个组合方案的效果均可达到限制北港发展、增加中港分流比,同时增大中港进口浅区和下游浅区的水流动力条件的治理目标。从增加中港分流比和改善中港进口浅区流速分析,组合方案 1 最好,组合方案 2 次之,组合方案 3 最差,组合方案 1 在整治流量时,中港分流比增加 2.93%,中港浅区流速增幅为 0.03~0.19 m/s; 从对近岸流速的影响来看,组合方案 2 优于组合方案 1、3,组合方案 2 在整治流量时,水位壅高 0.23 m,近岸流速增幅为 0.02~0.05 m/s。综合考虑治理目标、工程量和对周边环境的影响,组合方案 1、2 既能保障整治效果,对周边环境影响也可控,建议将组合方案 1、2 作为动床试验研究的基础方案。

表 3 整治流量下组合方案工程效果比较

Tab. 3 Comparison of engineering effects for combination schemes under regulation flow

组合方案	治理效果		对外部环境影响	
	中港浅区流速增幅/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	分流比变化/%	近岸流速增幅/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	水位最大壅高/m
1	0.03~0.19	2.93	0.02~0.06	0.21
2	0.02~0.18	2.90	0.02~0.05	0.23
3	0.02~0.16	2.30	0.02~0.08	0.25

6 结论

- 1) 在河演分析的基础上,通过实施安庆二期贵池水道治理方案,达到遏制北港分流比快速增加的趋势和提升航道 6 m 水深的目标,但仍存在北港发展较快、中港水动力偏弱、8 m 水深航道条件不畅等碍航问题。
- 2) 按照限制北港发展、塑造优良滩槽形态、增加中港分流比和浅区流速的整治思路,可采取崇文洲洲头护滩带加高延长工程、兴隆洲右汊护底带工程、北港护底带控制守护工程等控制守护措施。
- 3) 单方案 1-1~1-4 达到了增加中港进口航槽浅区流速、减少进口浅区泥沙淤积的目标,单方案 2-1~2-6 对增加中港分流比效果明显,整治流量下中港分流比最大增加约 4%。综合考虑治理目标和对周边环境的影响,建议选择单方案 1-2、2-2 和 2-6 进行下一步组合方案试验。
- 4) 组合方案 1~3 对增加中港分流比、增大中港进口浅区和下游浅区的水流动力效果显著,综合考虑治理目标、工程量和对周边环境的影响,建议将组合方案 1、2 作为动床试验研究的基础方案,整治流量下中港分流比最大增加约 3%,中港进口浅区流速最大增加约 0.20 m/s。

参考文献:

- [1] 方佳敏, 田栋. 长江下游贵池水道航道治理工程方案[J]. 水运工程, 2022(1): 144-149.
FANG J M, TIAN D. Waterway regulation scheme for Guichi waterway in the lower reach of the Yangtze River[J]. Port & waterway engineering, 2022(1): 144-149.
- [2] 杨芳丽, 付中敏, 刘奇峰, 等. 长江下游贵池水道演变分析及航道治理对策探讨[J]. 水运工程, 2014(1): 123-127, 146.
YANG F L, FU Z M, LIU Q F, et al. River regime evolution and regulation of Guichi channel in the lower reach of the Yangtze River [J]. Port & waterway engineering, 2014(1): 123-127, 146.
- [3] 黄正武. 长江贵池河段河势变化分析[J]. 中国防汛抗旱, 2014, 24(4): 63-64.
HUANG Z W. Analysis of river regime change in Guichi reach of the Yangtze River [J]. China flood & drought management, 2014, 24(4): 63-64.
- [4] 吕平. 长江下游贵池河段河道演变及冲淤变化分析[J]. 中国水运(下半月), 2016, 16(12): 208-209.
LYU P. Analysis of evolution and erosion-deposition changes of Guichi section of lower reaches of the Yangtze River[J]. China water transport (the second half of the month), 2016, 16(12): 208-209.
- [5] 王欣霖, 陆纪腾, 耿嘉良, 等. 长江安庆水道航道整治二期工程治理方案研究[J]. 中国水运·航道科技, 2018(4): 1-4.
WANG X L, LU J T, GENG J L, et al. Study on the regulation scheme of the second stage project of Anqing waterway regulation in the Yangtze River[J]. China water transport (science & technology for waterway), 2018(4): 1-4.
- [6] 渠庚, 陈栋, 姚仕明, 等. 长江中下游弯曲河道治理研究进展[J]. 长江科学院院报, 2025, 42(1): 20-27.
QU G, CHEN D, YAO S M, et al. Research progress in the regulation of meandering river channels in the middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. Journal of Changjiang River Scientific Research Institute, 2025, 42(1): 20-27.
- [7] 王超, 王福良, 李浩, 等. 涉河工程影响下长江中游河道演变及水力特性变化研究[J]. 水利水电快报, 2023, 44(2): 48-54.
WANG C, WANG F L, LI H, et al. Study on river evolution and hydraulic characteristics of middle reaches of Yangtze River under influence of river related projects[J]. Express water resources & hydropower information, 2023, 44(2): 48-54.
- [8] 王致维. 三峡水库运行后长江中下游分汉河段航道治理[J]. 水运工程, 2023(1): 143-151.
WANG Z W. Waterway regulation of braided channel in middle and lower Yangtze River after Three Gorges Reservoir operation [J]. Port & waterway engineering, 2023(1): 143-151.
- [9] 王洪杨. 长江中下游沙质河床滩槽稳定性及航道承载力研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2022.
WANG H Y. Study on stability of sandy riverbed and channel carrying capacity in the middle and lower reaches of the Yangtze River[D]. Wuhan: Wuhan University, 2022.
- [10] 黄召彪, 王朋超, 陈一梅. 长江中下游护岸服役状态评价[J]. 水道港口, 2022, 43(4): 471-476.
HUANG Z B, WANG P C, CHEN Y M. Evaluation of service performance of revetment in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. Journal of waterway and harbor, 2022, 43(4): 471-476.
- [11] 柯亨富, 张柠, 唐从华. 长江中下游典型河段航道整治护岸工程损毁特征及成因浅析[J]. 中国水运, 2022(5): 81-84.
KE H F, ZHANG N, TANG C H. Damage characteristics and causes of revetment works for waterway regulation in typical reaches of the middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. China Water Transport, 2022(5): 81-84.
- [12] 长江航道勘察设计院(武汉)有限公司. 长江下游安庆至芜湖段贵池水道定床物理模型试验研究报告[R]. 武汉: 长江航道勘察设计院(武汉)有限公司, 2023.
Changjiang Waterway Survey and Design Institute (Wuhan) Co., Ltd. Research report on physical model test of fixed bed for Guichi waterway from Anqing to Wuhu in the lower reaches of the Yangtze River [R]. Wuhan: Yangtze River Waterway Survey and Design Institute (Wuhan) Co., Ltd., 2023.

(本文编辑 王传瑜)