



# 长江下游贵池水道航道治理工程方案

方佳敏, 田 栋

(长江航道局, 湖北 武汉 430010)

**摘要:** 贵池水道为多级多分汊河道, 近几年滩槽格局变化明显, 形成了双槽格局, 航道条件向不利方向发展。为此, 对近期河床演变及碍航特性进行分析, 按照限制北港发展、稳定汊道分流格局、巩固中港的主汊及主航道地位的整治思路, 提出初步的航道治理方案。通过定床和动床模型试验研究, 对方案效果进行对比分析。结果表明采取梳齿型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。

**关键词:** 贵池水道; 航道整治; 整治思路; 工程方案

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)01-0144-06

## Waterway regulation scheme for Guichi waterway in the lower reach of the Yangtze River

FANG Jia-min, TIAN Dong

(Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** Guichi channel is a multi-level and multi branching channel. In recent years, the beach channel pattern has changed significantly, forming a double channel pattern, and the channel conditions are developing in an unfavorable trend. This paper analyzes the recent riverbed evolution and navigation obstruction characteristics. Following the regulation idea of restricting the development of north port, stabilizing the branching pattern of branch, and consolidating the position of main branch and main channel of China port, this paper proposes a preliminary channel regulation scheme. Through the fixed bed and movable bed model test, the scheme effect is compared and analyzed, and the test results are compared. The results show that the scheme of comb-type beach protection for the head of Chongwenzhou bar and bottom protection for Xinglongzhou right channel in Beigang is better.

**Keywords:** Guichi waterway; channel regulation; regulation idea; engineering scheme

## 1 工程概况

长江下游贵池水道位于安庆与南京之间, 左岸为安徽省枞阳县, 右岸为安徽省池州市, 水道上起新开沟、下迄五更矶, 全长 22 km, 河道属多分汊河型, 一直是长江下游河段治理的重点和难点之一<sup>[1-3]</sup>。河道两端束窄, 中间展宽, 中部最宽处约 9.5 km, 江中凤凰洲、崇文洲和兴隆洲将河道分为三汊, 即左汊(北港)、中汊(中港)和右汊(南港)(图 1)。南港近几十年极度萎缩, 枯季一度断流, 分流比不断减小, 由原来的 32.9% 减至

不足 5.0%; 北港河道呈左向弯曲, 长约 12 km, 分流比约 27.0%; 中港长约 10 km, 顺直微弯, 分流比在 60.0% 以上。目前, 中港水深为主航道, 航道维护尺度为 6.0 m×200 m×1 050 m(水深×宽度×弯曲半径)。但受河道演变影响, 中港航道条件趋于劣化。笔者根据贵池水道的演变特点, 提出治理目标、治理思路及初步工程方案, 采用定床模型对方案进行初选, 对初选后的方案采用动床模型试验进行综合对比分析, 最后得出贵池水道航道整治工程推荐方案, 为贵池水道航道治理提供技术支撑。

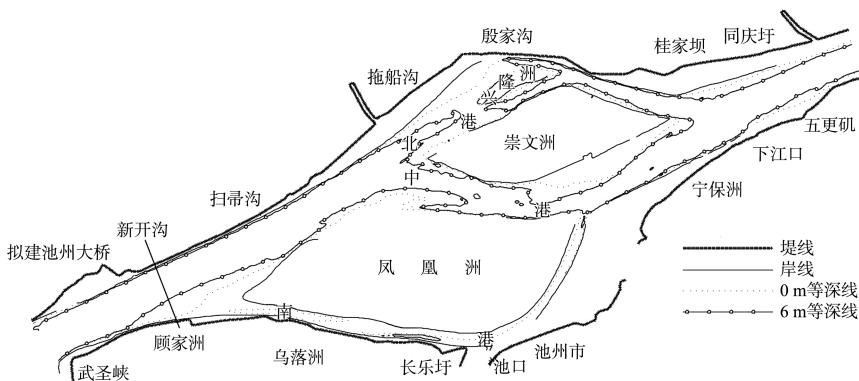


图1 贵池水道河势

## 2 贵池水道演变特点及碍航特性

### 2.1 近期演变特点

贵池水道分汊河段内洲滩冲淤变化显著, 汉道分流格局调整较为频繁, 南港历经了由主汊到接近衰亡的过程, 中港则由支汊发展为目前的主汊, 北港近期也进入冲刷发展的周期<sup>[4]</sup>。贵池水道各汊道演变遵循弯曲河道的演变特性, 主要体现为凸岸洲滩淤积、凹岸顶冲崩退, 汉道分流格局随之相应调整。

#### 2.1.1 洲滩变化

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。贵池中港和北港分流区以上河段为一长顺直河段, 近年来受上游太子矶水道汇流段变化的影响, 该顺直段主流出武圣峡节点后转向凤凰洲左缘中段, 之后又向右侧过渡, 逐步形成对崇文洲洲头的顶冲态势, 导致崇文洲洲头及右缘低滩持续冲刷后退。从0 m岸线变化看, 洲头主要表现为单向性后退, 后退距离从20世纪60年代至今达1.6 km, 2010年以来, 0 m等深线变化不大, 变动幅度在100 m左右。至2015年4月, 崇文洲头部低滩3、6 m等深线分别冲刷后退约380、283 m(图2), 同时凤凰洲左缘边滩淤积后延, 侵入河槽, 使得中港中段形成双槽格局。

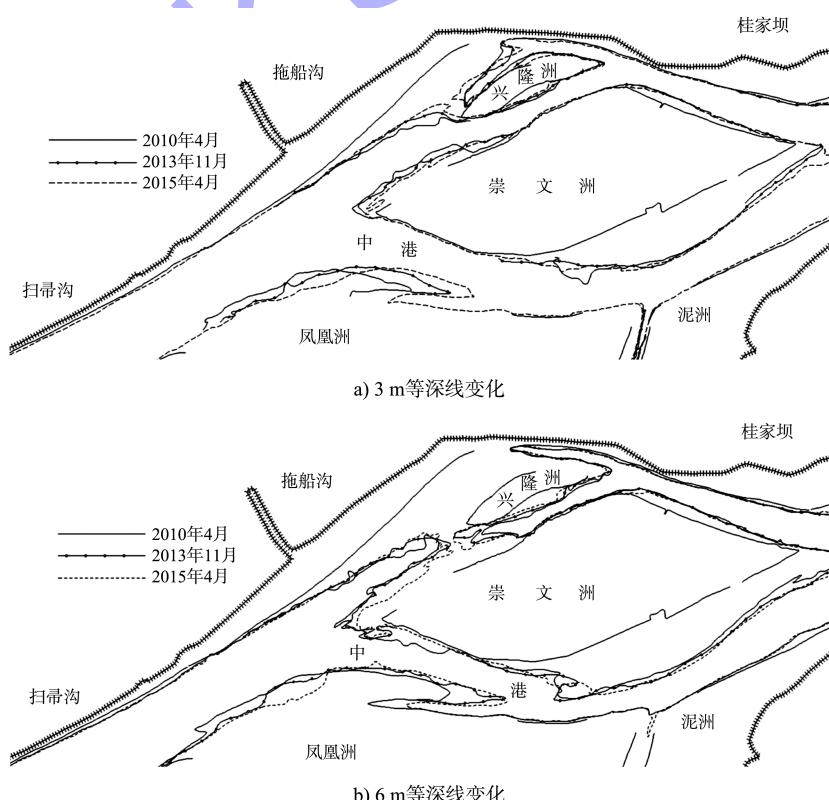


图2 贵池水道中港等深线变化

凤凰洲左缘 0m 岸线呈单向性崩退, 最大幅度达到 1.0 km, 凤凰洲左缘 0 m 岸线不断外淤, 最大幅度达到 1.0 km, 凤凰洲尾不断外淤下延, 幅度约 600 m。凤凰洲 3、6 m 等深线近年来表现为左缘中段冲刷崩退、中港进口段边滩淤积下延侵入河槽。太子矶水道主流出武圣峡节点后在新开沟附近区域左摆, 折返顶冲凤凰洲左缘中段, 后又向右侧过渡, 逐步形成对崇文洲洲头的顶冲态势。导致凤凰洲左缘中段岸线明显崩退, 其中 6 m 线 2015 年相对 2010 年崩退达 550 m; 由于主流顶冲凤凰洲后向右过渡, 使得中港进口段主流左摆, 弯曲半径增大, 进口段弯道缓流增强, 导致处于弯道凸岸侧的凤凰洲左缘边滩迅速淤积并侵入河槽。2010—2015 年 6 m 等深线下延约 3 400 m。由于凤凰洲左缘边滩淤长, 中港进流条件逐步恶化, 不利于中港的稳定<sup>[5]</sup>。

## 2.1.2 汉道变化

近年来, 北港河槽冲刷明显, 兴隆洲洲头

冲刷崩退, 北港分流比快速增加。北港及兴隆洲南段整体冲刷, 兴隆洲北侧深槽淤浅, 南侧深槽整体冲深冲宽, 兴隆洲以下段主流北偏, 深槽左移。受洪季大水的影响, 北港进口段及兴隆洲右槽、崇文洲洲头及右缘段出现明显冲刷, 凤凰洲左缘边滩向河心淤长, 中港进口段上、下深槽交错加剧; 在平常月份, 仍以这种冲淤特性为主, 主要表现为北港冲刷发展、中港浅区段淤积<sup>[6]</sup>。

20 世纪 80 年代中期, 北港、中港和南港分流比分别约 38.9%、43.7% 和 17.4%, 此后中港分流比大幅度增加, 从 1988 年的 43.7% 增加至 2003 年的 60.4%, 主汊地位不断加强(表 1)。南港近几十年持续萎缩, 枯季一度接近断流, 分流比不断减小, 由 1959 年的 32.9% 减至 1996 年 7.1%, 到 2013 年 11 月, 枯水期南港基本断流。

表 1 贵池水道各汊分流比

| 时间         | 中港断面水位/m | 中港断面流<br>量/( $m^3 \cdot s^{-1}$ ) | 分流比/% |      |      | 时间          | 中港断面水位/m | 中港断面流<br>量/( $m^3 \cdot s^{-1}$ ) | 分流比/% |      |      |
|------------|----------|-----------------------------------|-------|------|------|-------------|----------|-----------------------------------|-------|------|------|
|            |          |                                   | 南港    | 中港   | 北港   |             |          |                                   | 南港    | 中港   | 北港   |
| 1959 年 7 月 | 11.42    | —                                 | 32.9  | 36.4 | 30.7 | 2003 年 3 月  | —        | —                                 | 6.9   | 60.4 | 32.7 |
| 1960 年 2 月 | —        | —                                 | 33.4  | 40.0 | 26.6 | 2009 年 2 月  | —        | —                                 | 4.2   | 62.2 | 33.6 |
| 1974 年 2 月 | 6.66     | —                                 | 32.4  | 36.7 | 30.9 | 2011 年 7 月  | —        | —                                 | 6.3   | 57.4 | 36.3 |
| 1979 年 8 月 | 9.46     | —                                 | 24.9  | 39.2 | 35.9 | 2012 年 11 月 | 5.271    | 11 507                            | 3.5   | 59.6 | 36.9 |
| 1988 年 9 月 | 12.00    | —                                 | 17.3  | 43.8 | 38.9 | 2013 年 3 月  | —        | —                                 | 2.2   | 61.2 | 36.6 |
| 1992 年 6 月 | —        | —                                 | 13.9  | 54.7 | 31.4 | 2013 年 7 月  | 9.828    | 18 448                            | 5.0   | 54.0 | 41.0 |
| 1996 年 5 月 | —        | —                                 | 7.1   | 68.7 | 24.2 | 2013 年 11 月 | 3.613    | 8 632                             | 0.00  | 64.0 | 36.0 |

## 2.2 碍航特性

1) 贵池水道分流区主流北偏, 顶冲崇文洲洲头, 导致崇文洲洲头及右缘低滩冲刷后退; 中港进口主流左摆, 凤凰洲左缘边滩向河道内淤长、尾部大幅淤积下延, 导致中港进口段航道条件向不利方向发展。贵池中港和北港分流区主流左偏, 使得北港进流条件明显改善, 北港分流比持续发展; 崇文洲洲头低滩冲刷后退后分导流作用明显减弱, 主流顺崇文洲右缘进入中港, 水流弯道缓流强度增大, 导致处于弯道凸岸侧的凤凰洲左缘边滩迅速淤积并侵入河槽, 航道条件急剧恶化。

2) 贵池水道汊道分流格局不稳定, 近年来北港河槽冲刷、分流比持续增大, 中港分流比则相应减少, 导致中港进口浅区段水流动力减弱, 不

利于中港主航道条件的稳定。

## 3 治理方案及效果

### 3.1 整治思路和目标

目前贵池水道主航道在中港口, 维护水深为 6 m, 但贵池水道北港近年来冲刷发展迅速, 中港进流减少; 同时, 崇文洲洲头及右缘低滩冲刷后退, 凤凰洲左缘边滩向河心淤长, 航道宽度明显减小, 不利发展的趋势明显。因此确定整治思路为: 限制北港发展, 稳定汊道分流格局, 巩固中港的主汊及主航道地位; 稳定关键部位的高滩岸线, 抑制河道展宽, 稳定航道边界, 遏制中港航道条件的恶化趋势。从而达到控制汊道段的总体分流格局、控制北港快速发展、守护关键洲滩、

维持贵池水道航道条件的基本稳定、满足《长江干线航道总体规划纲要》确定的安庆河段维护 $6.0\text{ m} \times 200\text{ m} \times 1050\text{ m}$ 、保证率98%的目标。

### 3.2 初步方案

根据对贵池水道演变规律的认识及整治思路和目标, 初步拟定2类方案进行研究: 第1类方案以崇文洲洲头低滩为依托, 采用鱼骨型护滩守护6 m等深线以内滩体, 保持崇文洲洲头低滩的完整, 兼顾限制北港进流, 并配合实施北港护底限流措施; 第2类方案以崇文洲洲头低滩为依托, 采用梳齿型护滩守护中港进口左侧航道边界, 保证中港进口段航槽平顺, 并配合实施北港护底限流措施。

#### 3.2.1 第1类方案

1)方案Ⅰ布置: 在崇文洲头布置鱼骨型护滩带, 守护至洲头6 m等深线位置, 护底宽度均为120 m; 在崇文洲右缘布置1道护滩带, 长约400 m, 宽度均为120 m; 在北港兴隆洲洲头左侧布置一道护底带, 长度分别为470 m, 见图3a)。

2)方案Ⅱ布置: 与方案Ⅰ的主要区别在于在北港兴隆洲洲头右侧布置一道护底带, 长度为648 m, 见图3b)。

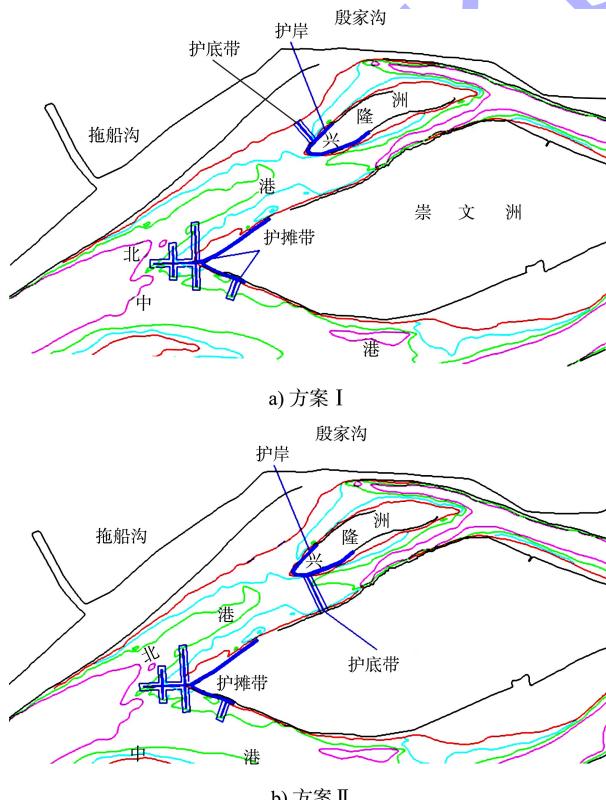


图3 贵池水道初步工程第1类方案布置

#### 3.2.2 第2类方案

1)方案Ⅲ布置: 崇文洲头布置单边梳齿型护滩带, 守护至洲头6 m等深线位置, 护底宽度均为120 m; 在崇文洲右缘布置1道护滩带, 长约400 m, 宽度均为120 m; 在北港兴隆洲洲头、右侧各布置一道护底带, 长度分别为470、648 m, 见图4a)。

2)方案Ⅳ布置: 与研究方案Ⅲ的主要区别在于在北港兴隆洲洲头右侧布置两道护底带, 长度分别为648、630 m, 见图4b)。

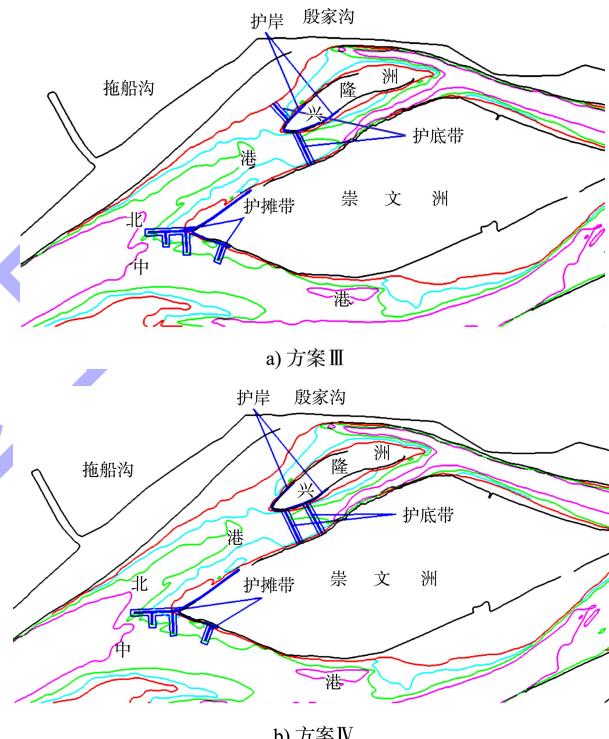


图4 贵池水道初步工程第2类方案布置

#### 3.3 方案定床模型初步比选

方案Ⅰ、Ⅱ通过鱼骨型护滩对崇文洲洲头进行较大范围的守护, 减弱洲头水流动力, 有利于崇文洲洲头的完整稳定以及中港进口段航道左侧边界的稳定, 对北港进口进流也有一定的限制作用。方案Ⅱ相对方案Ⅰ北港护底带布置的位置不同, 对北港的限流效果略好。

方案Ⅲ、Ⅳ通过梳齿型护滩重在守护中港进口段航道的左侧边界, 减弱了洲头水流动力, 有利于洲头稳定以及中港进口段航道左侧边界的稳定, 同时加强了对北港的控制。方案Ⅳ相对方案Ⅲ港护底带布置的位置不同, 一个是对兴隆洲右侧深槽重点

控制,一个是对左、右两侧进行控制。模型试验表明,方案Ⅳ对北港的限流效果略好(表2)。

总体而言,第1类方案和第2类方案均有利于中港进口段航道左侧边界的稳定,且北港实施工程越强,对北港的限制效果越好。根据上述2类4组方案的定床模型研究效果,可推荐第1类方案Ⅱ和第2类方案Ⅳ进入下阶段动床模型研究<sup>[7]</sup>。

表2 贵池水道数学模型方案效果比较

| 方案  | 流量/(万 $m^3 \cdot s^{-1}$ ) | 中港分流比增加值/% | 中港主航道入口处流速增加值/( $m \cdot s^{-1}$ ) |
|-----|----------------------------|------------|------------------------------------|
| I   | 0.988                      | 5.8        | 0.02~0.07                          |
|     | 1.670                      | 3.3        | 0.02~0.10                          |
|     | 2.870                      | 1.5        | 0~0.05                             |
| II  | 0.988                      | 6.7        | 0.02~0.07                          |
|     | 1.670                      | 3.7        | 0.02~0.10                          |
|     | 2.870                      | 1.8        | 0~0.05                             |
| III | 0.988                      | 5.4        | 0.02~0.07                          |
|     | 1.670                      | 3.1        | 0.02~0.10                          |
|     | 2.870                      | 1.3        | 0~0.05                             |
| IV  | 0.988                      | 6.4        | 0.02~0.07                          |
|     | 1.670                      | 3.6        | 0.02~0.10                          |
|     | 2.870                      | 1.8        | 0~0.05                             |

### 3.4 方案动床模型试验比选

动床模型范围上起武圣峡(下游航道里程598 km),下至五更矶(下游里程约 572 km),长

约 26 km。平面比尺  $\lambda_l = 1:350$ , 垂直比尺  $\lambda_h = 1:120$ , 模型变率  $\eta = 2.9$ , 选用聚丙烯酸甲酯作为模型沙, 经测定密度  $\rho_s = 1.22 \text{ t/m}^3$ , 干密度  $\rho' = 0.445 \text{ t/m}^3$ , 在模型中对 2 个方案开展研究。动床模型验证起始为 2012 年 11 月地形, 系列年主要选择三峡水库正常蓄水后的水沙年份的组合, 10 年系列中, 前 5 年组合为近年实测水沙年份加 1998 大水年(减沙), 即 1998、2012、2013、2014、2015 年, 平均年径流量和年输沙量分别为 9 557 亿  $m^3$  和 1.358 亿 t; 后 5 年组合全为近年实测水沙年份(2011、2012、2013、2014、2015 年), 平均年径流量和年输沙量分别为 8 528 亿  $m^3$  和 0.95 亿 t; 2 个方案试验工程效果见表 3。从表 3 可知, 第 1 类方案(方案Ⅱ)、第 2 类方案(方案Ⅳ)的工程部位基本一致, 只是不同部位的工程强度有所差异; 从工程效果看, 2 类方案均对关键洲滩部位进行了守护, 抑制了非通航汊道的发展, 但第 2 类方案在守护关键洲滩部位的同时, 对非通航汊道的控制效果较好, 浅区水流动力改善幅度相对较大, 航道条件改善更优, 故建议采用方案Ⅳ作为工程推荐方案, 方案Ⅱ作为比选方案。

表3 贵池水道动床模型方案效果比较

| 方案  | 项目         | 分流比/% |      |      | 水位   | 河道内流速  | 建筑物附近流速  | 地形  | 航道尺度   |
|-----|------------|-------|------|------|------|--|--|---|--|
|     |            | 南港    | 中港   | 北港   |      |  |  |   |  |
| 方案Ⅱ | 无工程 10 a 末 | 1.3   | 54.5 | 44.2 | 工程实施 | 中港进口   | 崇文洲右缘冲刷较为剧烈; 凤凰洲右缘边滩                               | 崇文洲右缘冲刷较为剧烈; 凤凰洲右缘边滩  | 中、小水年份, 航槽最小宽度可达到 400 m 以上, 大水年份, 航槽最小宽度在 300 m 以上, 均较无工程情况下增加, 能够满足建设要求 |
|     | 工程后 10 a 末 | 1.5   | 60.8 | 37.7 |      |  |  |   |  |
|     | 差值         | 0.2   | 6.3  | -6.5 |      |  |  |   |  |
| 方案Ⅳ | 无工程 10 a 末 | 1.1   | 56.5 | 42.4 | 工程实施 | 浅区段流速增大, 崇文洲洲头工程区域及上下游段近岸流速有所减小, 凤凰洲左缘下段岸线流速略有增加 | 崇文洲洲头、兴隆洲洲头工程区域及上下游段近岸流速有所减小, 凤凰洲左缘下段和泥洲一带岸线流速略有增加 | 崇文洲右缘冲刷较为剧烈; 凤凰洲右缘边滩下缘汛期淤积的泥沙, 减少了对中港主航道的挤压; 北港护滩带下游冲刷明显, 北港发展趋势态得到初步控制 | 中、小水年份, 航槽最小宽度可达到 400 m 以上, 大水年份, 航槽最小宽度在 300 m 以上, 均较无工程情况下增加, 能够满足建设要求 |
|     | 工程后 10 a 末 | 1.5   | 64.4 | 34.1 |      |  |  |   |  |
|     | 差值         | 0.4   | 7.9  | -8.3 |      |  |  |   |  |

## 4 结语

1) 贵池水道的碍航特性是汊道分流格局不稳定, 北港河槽冲刷、分流比持续增大, 中港分流比减少, 进而导致中港进口浅区段水流动力减弱, 不利于中港主航道条件的稳定。

2) 梳齿型护滩守护崇文洲洲头、在北港兴隆洲右槽进行护底的方案对改善航道条件更为有利, 可作为设计方案中的推荐方案。

3) 按照推荐方案实施后, 贵池水道北港分流比快速增加的趋势将得到遏制, 中港和北港汊道分流格局将得到稳定, 而中港进口段的水流动力将会增强, 中港进口及中上段的航道条件恶化的趋势得到遏制, 能达到预期的航道治理目标。

## 参考文献:

- [1] 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):

(上接第 143 页)

## 4 结语

1) 下洛碛库段消落带不宜采用传统斜坡式生态护岸。因为其施工过程较复杂, 并受工程区场地条件限制导致施工周期较长, 生态恢复效果欠佳, 后期维护成本较高。

2) 下洛碛库段消落带宜采用特拉锚垫河道生态系统对岸坡进行加固。特拉锚垫河道生态系统的施工工艺简单, 受场地条件影响较小, 植物覆盖率高, 能够同时达到岸坡加固和生态恢复的良好效果, 也满足国家对长江生态大保护的政策要求。

3) 特拉锚垫生态河道系统适用于类似下洛碛库段消落带的江河湖泊和三峡库区消落带土质和硬质岸坡的生态修复。该技术目前处于试验阶段, 期望通过下洛碛库段消落带的工程应用为该技术的推广积累工程经验和数据。

123-127.

- [2] 李晓勇, 汪峰. 长江贵池河段河势演变对崩岸影响及整治措施[J]. 安徽水利水电职业技术学院学报, 2010, 10(4): 70-71.
- [3] 程久苗. 长江贵池河段河道演变及池州港岸线资源利用评价[J]. 长江流域资源与环境, 1995(2): 120-124.
- [4] 长江航道规划设计研究院. 长江下游安庆河段航道整治二期工程可行性研究报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2015.
- [5] 长江航道规划设计研究院. 长江下游安庆河段航道整治二期工程初步设计报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2016.
- [6] 吕平. 长江下游贵池河段汊道演变及冲淤变化分析[J]. 中国水运(下半月), 2016, 16(12): 208-209.
- [7] 长江航道规划设计研究院. 长江下游安庆河段航道整治二期工程初步设计物理模型研究报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2016.

(本文编辑 郭雪珍)

## 参考文献:

- [1] 田鹏, 付旭辉, 唐定丹, 等. 水库消落带新型护岸结构性能研究[J]. 广东水利水电, 2020(8): 68-72.
- [2] 葛高岭, 潘瑞琦. 季节性蜿蜒河道生态景观构建[J]. 水运工程, 2019(7): 136-142.
- [3] 徐雪鸿, 毕卫明. 浅谈特拉锚垫生态护岸系统在武安段航道整治工程中的应用[J]. 中国水运, 2020(5): 90-92.
- [4] 赵航, 方佳敏, 付旭辉, 等. 河道生态护坡技术综述[J]. 中国水运, 2020(11): 113-116.
- [5] 唐定丹, 付旭辉, 王硕, 等. 特拉锚垫防护下的库区土质岸坡水流侵蚀强度研究[J]. 人民珠江, 2020, 41(8): 81-86.
- [6] 中交第二航务工程勘察设计有限公司. 长江上游朝天门至涪陵河段航道整治工程岩土勘察报告[R]. 武汉: 中交第二航务工程勘察设计有限公司, 2020.

(本文编辑 郭雪珍)