



饶河双港—褚溪河口航道整治后浅滩演变及最低通航水位变化^{*}

和 悅, 陈界仁, 屈一晗

(河海大学水利水电学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 饶河双港—褚溪河口航道整治工程实施后, 遭遇 2022 年极端枯水条件下, 局部存在碍航浅滩段。依据实测资料及数学模型计算, 对浅滩演变、基本站设计水位变化及最低通航水位进行计算分析。结果表明, 工程后朱袍山—褚溪河口段航槽深泓高程以下降为主, 平均值为 0.7~3.0 m, 冲刷总量为 137.31 万 m³; 延长水文系列至 2021 年, 饶河双港下游段基本站设计最低通航水位下降值为 0.12~0.61 m; 设计最低通航流量条件下, 饶河湖区段水位下降最大值为 0.13~0.25 m, 平均为 0.05~0.11 m。

关键词: 饶河航道; 浅滩演变; 模型计算; 最低通航水位

中图分类号: U617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)12-0100-04

Shoal evolution and lowest navigable water level after Raohe channel regulation from Shuanggang to Chuxi estuary

HE Yue, CHEN Jieren, QU Yihan

(College of Water Conservancy & Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: After the channel regulation from Shuanggang to Chuxi estuary of Raohe River, there are some shallow sections obstructing navigation in extremely low water conditions in 2022. Based on the measured data and mathematical model calculation, this paper calculates and analyzes shoal evolution, designed water level changes of the basic station, and the lowest navigable water level. The results show that the navigation channel from Zhupaoshan to Chuxi estuary is mainly cut down, with an average value of 0.7~3.0 m and a total scouring volume of 1.373×10^6 m³. Meanwhile, the hydrological series are extended to 2021, and the designed water level drop of the basic station will be 0.12~0.61 m. Under the designed lowest navigable flow, the maximum water level decline in lake reach of Raohe channel is 0.13~0.25 m, with an average of 0.05~0.11 m.

Keywords: Raohe channel; shoal evolution; model calculation; lowest navigable water level

根据《江西省内河航运发展规划(2021—2050 年)》, 饶河双港枢纽—褚溪河口 88 km 的航道规划为内河Ⅲ级航道, 为江西省国家高等级航道网组成部分。饶河双港—褚溪河口Ⅲ级航道整治主体工程由疏浚、护岸、配套航标、环境保护

等工程组成。该工程于 2020 年开始施工, 2022 年 6 月竣工。工程后遭遇 2022 年鄱阳湖极端干旱水文情势, 2022 年 11 月 10 日鄱阳湖星子站水位为 4.75 m, 为 1950 年以来鄱阳湖历史最低水位^[1-2], 导致饶河鄱阳湖湖区航道局部浅滩碍航。

收稿日期: 2023-03-20

*基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFD1700802)

作者简介: 和悦(1999—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水力学及河流动力学。

在水文情势及地形变化对航道条件影响研究方面, 唐荣捷等^[3]通过实测资料分析了三峡水库变动回水区三角碛浅滩段年际冲淤及碍航特性。胡优等^[4]依据 2015—2020 年湘江岳阳城陵矶—株洲一桥航道各浅滩观测点水深观测数据, 建立分析模型, 利用 GIS 分析各浅滩碍航成因, 提出应对措施。刘方舟等^[5]采用平面二维水流数学模型, 对洞庭湖草尾河航道水流条件进行计算, 分析碍航成因及措施。姚静等^[6]采用精细鄱阳湖二维水动力模型, 计算分析地形变化对水位、流量的影响, 阐释地形影响的时空差异。

受地形及水文情势变化影响, 饶河鄱阳湖湖区段浅滩演变出现新特征, 工程段的最低通航水位也发生了变化。本文依据实测资料分析工程段基本站的设计水位变化, 对湖区重点浅滩演变进行分析, 利用数学模型计算分析工程后的最低通航水位变化, 旨在为航道整治效果分析提供依据。

1 工程概况

饶河双港—褚溪河口Ⅲ级航道整治工程起于饶河干流的双港航运枢纽, 自上而下, 经龙口进入鄱阳湖, 经瓢山、棠荫、都昌, 止于褚溪河口, 见图 1。其中双港—龙口饶河尾闾航道长 24.4 km, 龙口—褚溪河湖区航道长 63.6 km。双港—褚溪河口段采用内河Ⅲ-(3)级航道标准建设, 航道设计尺度为 2.3 m×60 m×480 m(设计水深×航道宽度×弯曲半径), 设计最低通航水位保证率为 95%。



图 1 龙口—褚溪河口航道概况

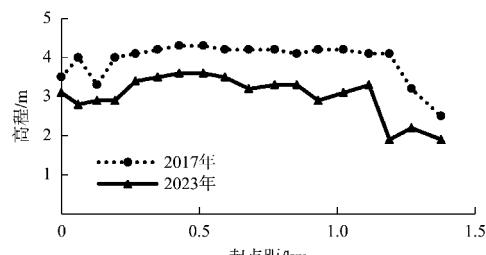
饶河双港—褚溪河口段整治前航道维护等级为Ⅵ级。其中双港—龙口河道段可常年通航 300~500 t 船舶, 碍航特性为航深不足和局部浅滩段弯曲半径不足; 龙口—褚溪河口段为鄱阳湖湖区段, 可季节性通航 300 t 船舶, 碍航特性主要是航深不足。

Ⅲ级航道整治设计中依托现状航道线路、湖区地形, 综合考虑生态环境、湿地保护、港区规划等因素确定了航线, 对部分急弯和弯曲半径不满足要求的航段适当调整航线; 部分浅滩航段采取疏浚挖槽, 以满足设计要求。根据初步设计, 该工程整治河湖段 11 个浅滩布置 15 条挖槽, 总长 37.47 km。设计槽底宽 60 m, 局部存在航行安全隐患河段适当加宽; 边坡按 1:5 进行控制。

2 工程后浅滩段演变分析

饶河双港—褚溪河口段河(湖)床演变影响因素为自然条件和人类活动影响。自然条件下, 饶河龙口下游入湖段以淤积为主, 据 2005—2017 年实测资料分析, 航槽右侧滩地淤积厚度为 0.2~1.0 m。航槽内普遍呈现下切的趋势, 鲫鱼背、铁门坎、月亮洲和罐子口等滩段平均下切幅度超过 2 m, 主因是人为采砂。该段航道航深不足, 局部浅滩段航深不足 1.8 m, 不满足设计的Ⅲ级航道标准。

2022 年 6 月该航道整治工程竣工。工程后的湖床演变分析基于 2017 年 11 月与 2023 年 2 月航道地形测图。2023 年测图仅有朱袍山—褚溪河口段, 基于有测图段进行浅滩演变分析。图 2 为朱袍山—褚溪河口段航槽深泓高程的变化情况, 工程后滩段呈现出整体下切趋势。朱袍山滩段深泓平均下切 0.9 m, 最大 2.1 m; 黄金嘴滩段平均下切 0.7 m, 最大 1 m; 月亮洲滩段上段 1~3 km 区间平均下切深度 3 m, 最大约 8.2 m, 明显低于设计挖槽高程。月亮洲滩段其余区域深泓点有升有降, 平均下切深度为 0.14 m。罐子口滩段平均下切 0.7 m, 最大约 2.7 m。褚溪河口段深泓有升有降, 局部深泓点高程下降最大约 3.9 m。



a) 朱袍山滩段

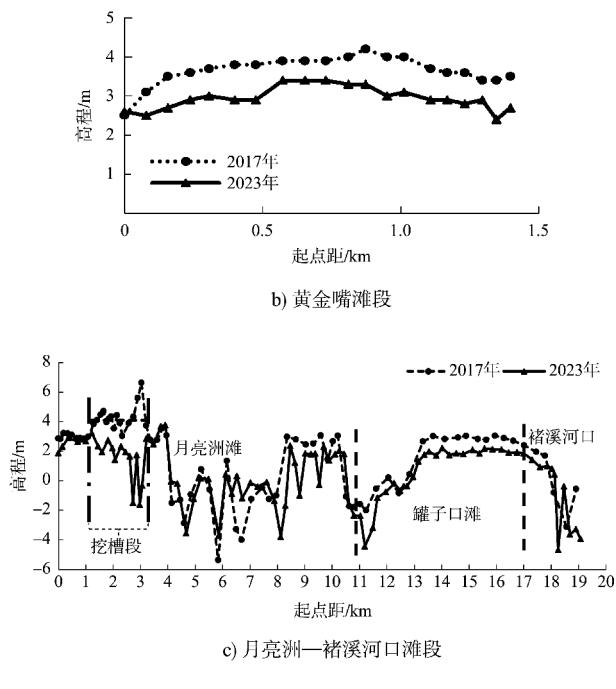


图 2 朱袍山—褚溪河口段深泓线沿程变化

图 3 为朱袍山—褚溪河口段典型断面变化, 受测图影响, 断面分析宽度为 150 m。由图可知: 2017—2023 年, 朱袍山滩段航槽下切值为 0.5~1.3 m, 主要为设计航道疏浚挖槽所致; 黄金嘴滩段最大下切 1.20 m; 月亮洲滩段最大下切深度 2.50 m, 该滩段部分区域表现为淤积, 平均淤积厚度 0.94 m, 最大值为 1.22 m。罐子口滩段滩槽整体下切, 平均下切 1.00 m, 最大下切 1.78 m。

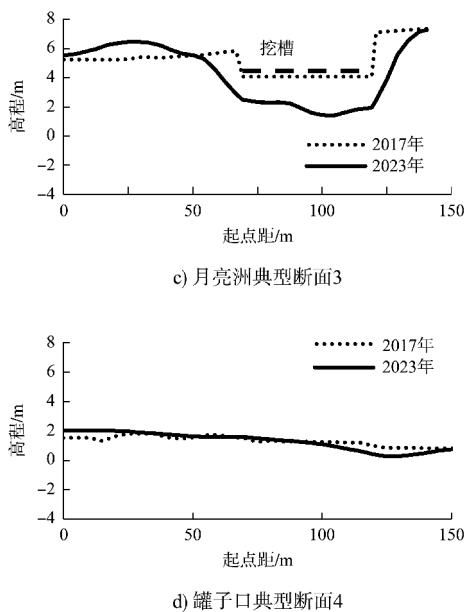
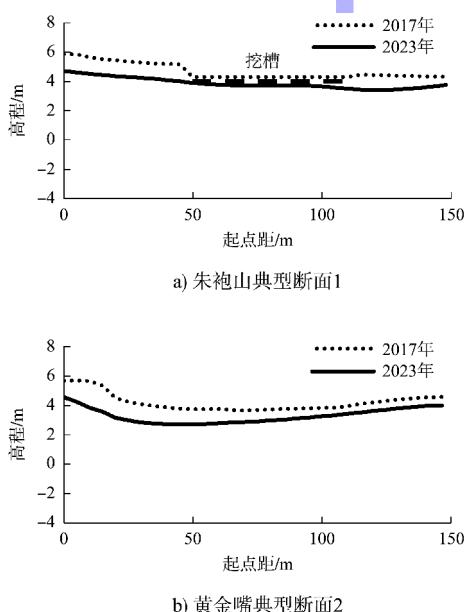


图 3 朱袍山—褚溪河口段典型断面变化

依据典型断面地形变化数据计算分析浅滩段的冲淤量。在设计最低通航水位条件下, 2017—2023 年朱袍山—褚溪河口湖段航槽冲刷总量为 137.31 万 m^3 , 各段均为冲刷, 其中朱袍山滩段为 21.90 万 m^3 , 黄金嘴滩段为 14.28 万 m^3 , 月亮洲滩段为 11.77 万 m^3 , 罐子口滩段为 65.82 万 m^3 , 褚溪河口段为 23.55 万 m^3 , 各滩段湖床下切的平均深度分别为 1.09、0.72、0.04、0.48、0.43 m。

3 工程后最低通航水位变化

3.1 基本站设计最低通航水位

依据 1997—2016 年实测水位资料及延长系列至 2021 年资料, 采用保证率频率法、综合历时曲线法计算得到各基本站设计最低通航水位结果, 见表 1。

表 1 基本站设计最低通航水位

计算方法	站点	最低通航水位/m			
		1997—2016 年	2002—2021 年	2012—2021 年	2021 年
保证率频率法 (4 a 一遇、95%)	龙口	11.11	10.74	10.72	
	棠荫	9.22	8.83	8.80	
	都昌	6.63	6.10	6.02	
	星子	5.84	5.78	5.72	
综合历时曲线法 (95%)	龙口	11.20	10.83	10.80	
	棠荫	9.54	9.15	9.13	
	都昌	6.80	6.30	6.28	
	星子	5.99	5.97	6.02	

取保证率频率法所得水位作为设计最低通航水位。从表 1 可见, 2012—2021 系列年的设计最低通航水位与 1997—2016 系列年的结果比较, 新系列年的设计水位普遍下降, 降幅为 0.12~0.61 m, 下降最大值出现在都昌水位站附近, 水文情势、地形的影响较为明显。

3.2 工程段最低通航水位

根据饶河双港—褚溪河口航道整治工程初步设计方案, 双港枢纽下游的设计最低通航流量为 $75.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ^[7], 结合水流数学模型计算的工程设计(局部超挖)中满足Ⅲ级航道的沿程水位作为最低通航水位^[8-9]。最低通航流量条件下的各站点水位计算结果见表 2。

表 2 最低通航流量条件下各站点水位

站点	双港坝址	龙口	棠荫	都昌	褚溪河口
水位/m	9.17	8.96	7.50	6.42	6.24

由表 2 可得, 数模计算的最低通航流量下各站点水位较 1997—2016 系列年设计最低通航水位下降, 降幅为 0.21~2.15 m。

工程后, 受地形及水文情势影响, 工程段沿程设计最低通航水位发生变化。本文采用数学模型^[10]进行工程后设计最低通航水位计算, 模型验证参考文献[11]。计算考虑 2 种工况条件, 工况 1 为依据 2023 年部分浅滩段实测航道地形资料, 反映湖床变化的影响; 工况 2 为依据 2023 年实测航道地形资料, 考虑模型出口边界褚溪河口的水位与星子站水位同步降低 0.12 m, 即为 6.12 m。按设计最低通航流量为 $75.4 \text{ m}^3/\text{s}$ 计算双港—褚溪河口段沿程最低通航水位变化, 结果见图 4。

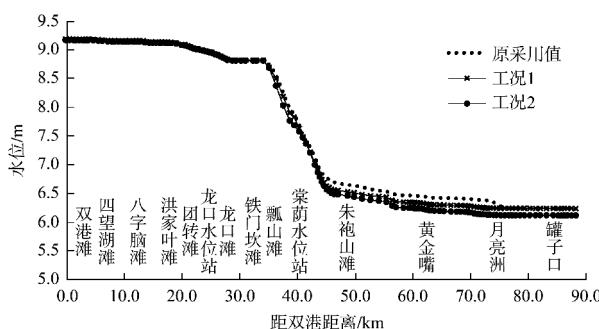


图 4 不同工况下工程河段最低通航流量的水位变化

由图 4 可知: 1) 工况 1 条件下, 受湖区湖床下切影响, 双港—褚溪河口段最低通航流量下的水位较最低通航水位普遍下降, 水位下降最大值为 0.13 m, 出现在月亮洲滩附近, 全段水位下降平均值为 0.05 m。水位下降较大区域位于朱袍山滩—月亮滩段, 茄荫水位站往上游段的水位下降相对较小, 降幅为 0.01~0.05 m。2) 工况 2 条件下, 受地形及下边界水位降低的共同影响, 工程段水位下降最大值为 0.25 m, 出现在月亮洲滩附近, 全段水位下降平均值为 0.11 m, 水位下降较大区域位于朱袍山滩—褚溪河口段。工况 2 水位下降大于工况 1 结果。

4 结语

1) 饶河双港—褚溪河口Ⅲ级航道整治工程实施后, 饶河朱袍山—褚溪河口浅滩段的航槽深泓高程下切为主, 平均下降值为 0.7~3.0 m, 冲刷总量为 137.31 万 m^3 , 各滩段湖床下切的平均深度为 0.04~1.09 m。

2) 水文系列从 2016 年延长至 2021 年, 饶河双港—星子段各基本站设计最低通航水位较原设计值普遍下降, 下降值为 0.12~0.61 m。

3) 设计最低通航流量条件下, 受地形下切及水位下降影响, 饶河双港—褚溪河口段沿程水位降低, 下降最大值为 0.13~0.25 m, 平均值为 0.05~0.11 m, 湖区段下降值大于上游河道段。

4) 受地形资料限制, 本文基于现有资料对工程后湖区段浅滩演变及工程段最低通航水位进行了计算分析, 全段的航道条件变化分析需要齐备的地形等资料。

参考文献:

- [1] 胡振鹏. 2022 年鄱阳湖特大干旱及防旱减灾对策建议[J], 中国防汛抗旱, 2023, 33(2): 1-6, 39.
- [2] 贾建伟, 王栋, 徐伟峰, 等. 2022 年鄱阳湖流域干旱综合评估及成因分析[J], 人民长江, 2023, 54(2): 36-42.
- [3] 唐荣婕, 陈立, 杨阳, 等. 三峡水库变动回水区三角碛浅滩冲淤与碍航特性分析[J]. 水运工程, 2015(1): 110-114.

(下转第 111 页)