



衢江金华段航道长距离疏浚 对设计通航水位影响分析

孙国洪¹, 胡鹏², 范红霞², 瞿鑫栋²

(1. 浙江数智交院科技股份有限公司, 浙江 杭州 310030; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要: 山区河道经常通过疏浚提高航道水深, 针对长距离河道开挖后造成水位下切影响设计通航水位的问题, 通过实测水文资料分析与数值模拟计算开展了通航水位变化研究。结果表明: 衢江、兰江航道设计最低通航水位保证率取 98%, 2010 年后其 98% 保证率水位小幅下降 0.14 m, 对比该段现行设计最低通航水位仍有 0.34 m 富余; 设计最高通航水位取满足船舶安全通航流量对应的水位, 兰江最大通航流量为 5 340 m³/s、对应水位为 27.6 m, 同期兰江水文站处设计最高通航水位降幅达 1.0 m, 同流量时水位下降造成桥区航道纵向流速增大, 不利于船舶通航安全。Ⅲ级航道提升工程疏浚长度达 40 km, 工程后姚家船闸下游引航道处水位最大降幅约 0.1 m, 至兰溪水文站(开挖末端)基本不变。

关键词: 兰溪水文站; 水位流量关系; 航道疏浚; 水位变化; 设计通航水位

中图分类号: U616+.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2026)03-0170-08

Impact analysis of long-distance channel dredging on designed navigable water levels in Jinhua section of Qujiang River

SUN Guohong¹, HU Peng², FAN Hongxia², QU Xindong²

(1. Zhejiang Institute of Communications Co., Ltd., Hangzhou 310030, China;

2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: In mountainous rivers, dredging is frequently employed to increase channel depth. However, long-distance channel excavation often induces water level degradation, thereby altering originally designed navigable water levels. Research on variations in navigable water levels is carried out based on analysis of measured hydrological data and numerical simulation. The results indicate that, for the Qujiang and Lanjiang waterways, the designed minimum navigable water level adopts a 98% guarantee rate. After 2010, the water level with a 98% guarantee rate decreased slightly by 0.14 m, still maintaining a 0.34 m margin compared with the current designed minimum navigable water level in this section. The designed maximum navigable water level is determined as the water level corresponding to the flow rate that ensures the safe navigation of ships. The maximum navigable flow rate of the Lanjiang River is 5,340 m³/s, with a corresponding water level of 27.6 m. During the same period, the designed maximum navigable water level at the Lanxi hydrological station dropped by 1.0 m. Under the condition of the same flow rate, the water level decrease has caused an increase in longitudinal flow velocity in the channel section of bridge zones, which is unfavorable to the navigation safety of ships. The class III channel improvement project involves a dredging length of 40 km. After the project, the maximum water level drop at the downstream approach channel of Yaojia lock is about 0.1 m, while the water level at Lanxi hydrological station (the terminal of the dredging section) remains basically unchanged.

Keywords: Lanxi hydrological station; stage-discharge relationship; channel dredging; water level variation; designed navigable water level

收稿日期: 2025-07-31 录用日期: 2025-09-05

作者简介: 孙国洪(1981—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水运工程咨询及设计工作。

通航水位是航道工程重要参数,包含设计最高通航水位和设计最低通航水位。GB 50139—2014《内河通航标准》^[1]规定,航道设计最高通航水位通常采用重现期洪水水位,随着航道工程建设和运行条件日趋复杂化,也有受限航道采用最大通航流量对应的高水位^[2-5];设计最低通航水位则通常采用多年历史保证率水位^[6-7]。设计最低通航水位控制航道设计水深,设计最高通航水位变化影响航道内水流流速,进而影响船舶通航安全。唐存本等^[8]对山区河道最高通航水位进行了探讨,王路等^[9]提出了非一致性最低通航水位设计的保证率频率法,王冬等^[10]给出了水库下游冲刷河道的最低通航水位确定方法。山区浅水航道整治经常通过疏浚工程增加航槽水深,但长距离河道疏浚通常导致水位下切,从而引起设计水位变化,而针对疏浚导致的通航水位变化却少有研究。衢江、兰江段 2010 年前河道无序采砂问题突出,2014 年实施的Ⅳ级航道工程进行了长距离疏浚。现拟在Ⅳ级航道基础上建设Ⅲ级航道工程,其中衢江游埠枢纽以下至兰溪将军岩段 40 km 长水深不足,需进行长距离疏浚扩挖。本文基于兰溪水文站实测资料和平面的二维水流数学模型,分析兰江段航道设计通航水位与通航水流条件变化特征,旨在为工程设计及运行提供支撑。

1 工程概况

1.1 流域及河道概况

衢江位于浙江省西部,是钱塘江南源兰江的主流,由常山江、江山江在衢州汇合而成,流经龙游至兰溪与金华江汇合成兰江,见图 1。

衢江航道起自衢州双港口,止于兰溪马公滩,全长约 80 km,河道宽 100~250 m,属山溪性浅水航道,河床比降大,衢州—龙游、龙游—兰溪的落差分别为 19.0、17.0 m,平均比降分别为 0.47‰、0.42‰。衢江多年平均流量 312 m³/s,河床质以砂卵石为主,局部河段有基岩出露。



图 1 工程地理位置

Fig. 1 Location of the project

兰江航道起自兰溪马公滩,止于建德梅城与新安江汇合处,全长约 42 km。控制水文站兰溪站多年平均流量 562.5 m³/s,河道弯曲处较多,河床比降 2.6‰。河道除局部宽度为 350~450 m 外,大部分河宽大于 500 m,河床中心滩、边滩较多,兰溪航道处于富春江水库库尾段。

1.2 航道整治方案

衢江(金华段)航道现状等级为Ⅳ级,对应单船 500 吨级,起自衢江龙游县与金华交界处的金华洋埠,经三江口止于兰溪将军岩,全长约 45 km。2014 年 9 月开工建设,2018 年底建成,主要建设内容包括新建姚家、游埠枢纽及船闸工程、航道疏浚及相应配套设施,航道设计尺度(50~60)m×(2.7~3.4)m×330 m(底宽×水深×弯曲半径)。本次将航道等级提升至四级,对应单船 1 000 吨级,设计尺度 90 m×3.7 m×280 m。衢江金华段航道主要设计参数见表 1。金华洋埠—游埠枢纽段设计最高通航水位 34.7~34.0 m,最低通航水位为游埠枢纽死水位 33.5 m;游埠枢纽—姚家枢纽段最高通航水位 31.5~28.5 m,最低通航水位为姚家枢纽死水位 28.0 m;姚家枢纽—马公滩最高通航水位 28.3~27.6 m,最低通航水位 22.5 m;马公滩—将军岩最高通航水位 27.6~25.5 m,最低通航水位兰溪水文站 98% 保证率水位预留富余值后的 22.35 m。

表1 衢江金华段航道主要设计参数

Tab.1 Main design parameters of Qujiang Jinhua section channel

区间	设计最高通航水位	设计最低通航水位	河床现状底高程	航道设计底高程	最大开挖深度	平均开挖深度
金华洋埠—游埠枢纽	34.7~34.0	33.5		自然水深满足要求,无需开挖		
游埠枢纽—姚家枢纽	31.5~28.5	28.0	27.1~23.9	24.30	2.80	1.80
姚家枢纽—马公滩	28.3~27.6	22.5	22.2~11.5	18.80	3.40	1.50
马公滩—将军岩	27.6~25.5	22.4	19.8~10.3	18.65	1.17	0.75

现状条件下游埠枢纽上游自然水深满足航道设计水深;游埠船闸下游至航道整治终点规划航槽水深不足,需进行长距离疏浚,开挖标准横断面为梯形,基岩与卵石圆砾夹淤泥段边坡坡比分别为1:2、1:3。游埠船闸至马公滩段疏浚量相对较大,平均开挖深度1.5~1.8 m,马公滩以下疏浚量相对较小,平均开挖深度0.75 m。疏浚总土石方量102.57万m³,其中石方97.5万m³。

2 兰江水文站实测资料分析

2.1 兰溪水文站历年水位流量关系变化

兰溪水文站位于三江口下游,以该站1984—2021年流量和水位数据绘制了不同年代水位流量关系,见图2。由图可见,1984—1989年、1990—1999年同流量下水位变化不大,水位流量关系相对稳定;2000—2009年同流量下水位略有抬升,2010—2018年同流量下水位较1989—1999年和2000—2009年有所下降,2018年后中洪水流量下水位有进一步下切的趋势。

本文分1989—1999年、2000—2009年、2010—2018年和2019—2021年4个时段,拟合了兰溪站水位-流量关系曲线,并计算了800~8 000 m³/s区间内不同流量的水位,见表2,以1984—1999年水

位为基数,计算了2000—2009年、2010—2018年和2016—2021年后水位变幅。分析可知:1)2000—2009年同流量水位小幅上升0.03~0.51 m,升幅最大的流量区间在4 000~7 000 m³/s,对应兰江洪水重现期约1 a一遇;2)2010—2018年同流量水位普遍下降0.15~0.80 m,降幅最大的流量区间在3 000~6 000 m³/s,对应兰江洪水重现期仍在1 a一遇。3)2019—2021年同流量水位普遍下降0.40~1.11 m,流量在4 000~7 000 m³/s区间水位降幅超1.0 m;4)受富春江水库调节影响,小流量水位基本没有变化。分析水位下切原因主要为IV级航道整治工程的河床疏浚。

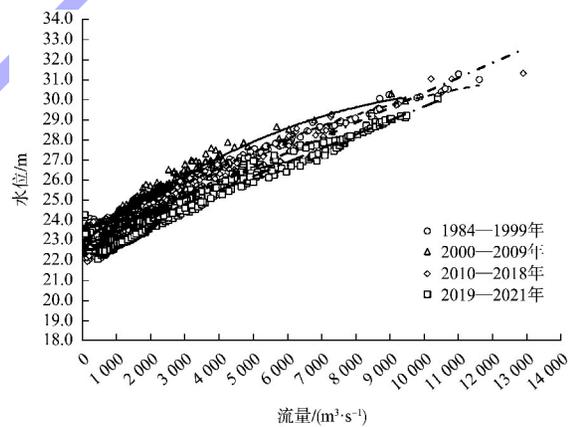


图2 兰溪水文站分阶段水位-流量关系
Fig.2 Phased stage-discharge relationship at Lanxi hydrological station

表2 兰溪水文站不同阶段流量水位变化统计

Tab.2 Statistics of flow-stage variations across different phases at Lanxi hydrological station

流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	1984—1999年 水位/m	2000—2009年 水位/m	水位 变化量/m	2010—2018年 水位/m	水位 变化量/m	2019—2021年 水位/m	水位 变化量/m
800	23.84	23.87	0.03	23.48	-0.36	23.34	-0.50
1 000	24.04	24.11	0.07	23.63	-0.41	23.48	-0.55
1 200	24.23	24.34	0.11	23.78	-0.45	23.62	-0.61
1 400	24.42	24.57	0.15	23.93	-0.49	23.76	-0.66
1 500	24.51	24.68	0.16	24.00	-0.51	23.83	-0.68
2 000	24.97	25.22	0.25	24.38	-0.60	24.18	-0.79

续表2

流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	1984—1999年 水位/m	2000—2009年 水位/m	水位 变化量/m	2010—2018年 水位/m	水位 变化量/m	2019—2021年 水位/m	水位 变化量/m
2 500	25.42	25.74	0.32	24.75	-0.67	24.53	-0.89
3 000	25.85	26.23	0.38	25.12	-0.73	24.88	-0.97
3 600	26.34	26.78	0.44	25.57	-0.77	25.30	-1.04
4 000	26.66	27.13	0.47	25.87	-0.79	25.58	-1.08
4 500	27.04	27.53	0.50	26.24	-0.80	25.93	-1.11
5 000	27.40	27.91	0.51	26.61	-0.79	26.28	-1.13
6 000	28.08	28.60	0.51	27.36	-0.72	26.97	-1.11
7 000	28.70	29.17	0.47	28.10	-0.60	27.67	-1.03
8 000	29.25	29.63	0.38	28.85	-0.40	28.37	-0.88

注:水位变化量为各时段水位减去1984—1999年水位。

2.2 基于兰溪水文站实测资料最低通航水位分析

根据 GB 50139—2014《内河通航标准》进行最低通航水位分析时,当基本站资料具有良好的一致性时,应取近期连续资料系列,取用年限不短于20 a;当基本站资料不具有良好的一致性时,应根据其变化原因及发展趋势,确定代表性资料系列的取用年限;当工程河段的水位条件受人类活动和自然因素影响发生明显变化时,应通过分析研究,选取变化后有代表性的资料。

本次航道整治工程设计最低通航水位保证率取为98%。兰溪水文站具有1984—2021年37 a实测水位流量资料,结合水位流量关系变化特征和航道整治等工程影响,分1984—1999年、2000—2009年、2010—2018年及2019—2021年4个阶段绘制了综合历时曲线,得到1984—1999年和2000—2009年98%保证率水位分别为22.83和22.82 m,2010—2018年和2019—2021年98%保证率水位略有下降,分别为22.69和22.72 m,较2010年前略下降0.10~0.14 m。重新绘制了1984—2009年及2010—2021年综合历时曲线,见图3,1984—2009年和2010—2021年98%保证率水位分别为22.83和22.69 m。即受航运开发等影响,2010年后兰溪水文站98%保证率水位小幅下降0.14 m,降至22.69 m。该次航道整治兰溪水文站控制的马公滩—将军岩段设计最低通航水位取为22.35 m是合适的。

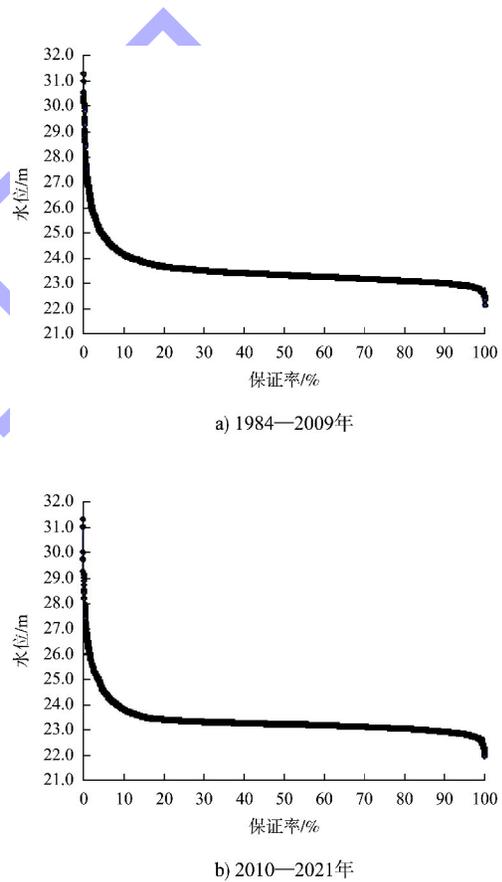


图3 兰溪水文站分阶段综合历时曲线

Fig. 3 Phased comprehensive duration curve for Lanxi hydrological station

3 衢江金华段设计水位变化分析计算

基于实测资料,建立了工程河段平面二维水流数学模型,选择设计最大通航流量作为典型输入水文边界,首先分析兰溪水文站水位下切后该段航道设计最高通航水位变化,然后针对本次Ⅲ级航道扩挖方案,计算了对沿程水位的叠加影响。

3.1 模型的建立与验证

3.1.1 模型范围及地形离散

采用 Mike21 Fm 水动力模块建立了衢江上起小溪滩枢纽坝下上溪头、金华江上起灵马枢纽、下至兰江大洋镇的数学模型，地形采用 2021 年 10 月 1:2 000 实测数据，三角形网格节点 321 054 个，

最小网格尺寸 2 m。在枢纽处理中，采用加密网格对枢纽的水工建筑物进行概化，采用 Mike21 FM 中的 gate 模块对枢纽的闸门进行模拟，可通过控制 gate 模块控制闸门高度来模拟枢纽的泄水闸开闸泄水情况，局部网格见图 4，模型范围见图 5。

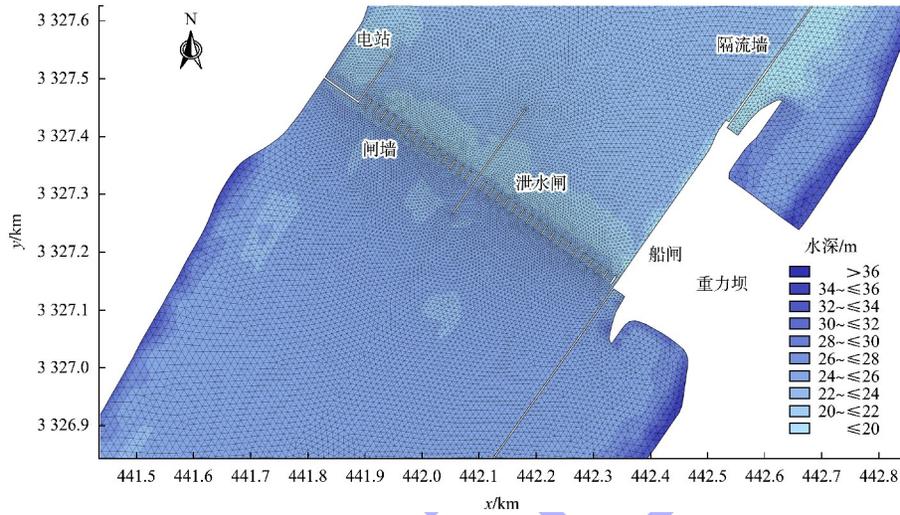


图 4 枢纽局部网格

Fig. 4 Partial mesh of the hub



图 5 模型范围及地形离散

Fig. 5 Model domain and terrain discretization

3.1.2 模型验证

采用 2021 年 5—7 月现场水文测验资料对模型进行验证与率定，衢江金华段和兰江各布设 3 个 ADCP(acoustic Doppler current profiler, 声学

多普勒流速剖面仪)测流断面，水尺共计 6 个，见图 6。验证内容包含洪、中、枯三级流量、断面流速分布和沿程水面线。洪水期沿程水面线和兰溪水文站所在断面流速分布验证对比见图 7。

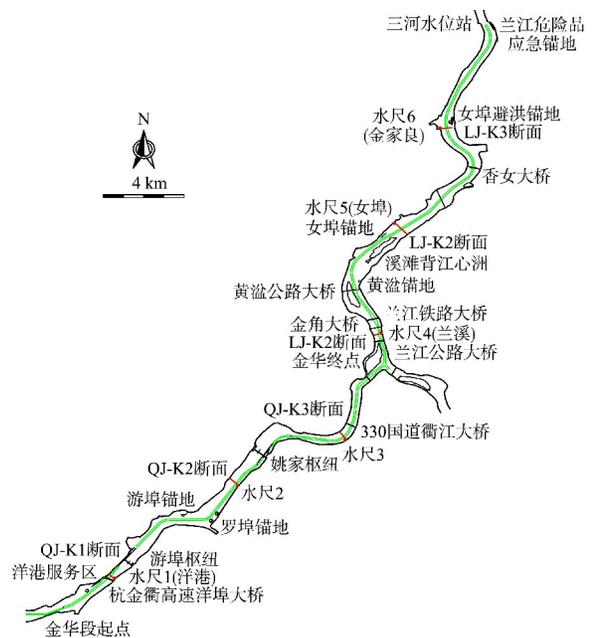


图 6 水文测验布置

Fig. 6 Layout of hydrological survey

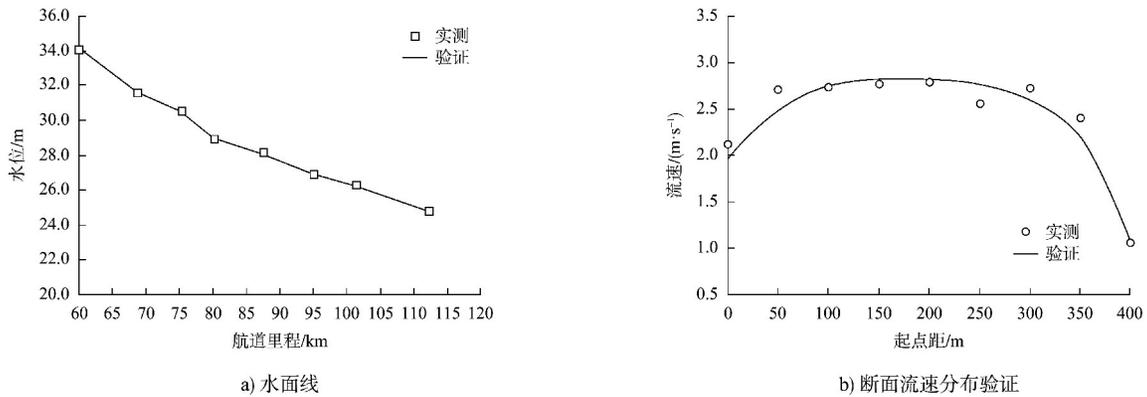


图 7 水面线和断面流速分布验证

Fig. 7 Validation of water surface profile and cross-sectional velocity distribution

3.2 计算条件

利用数学模型开展了典型流量条件下航道内水动力场计算, 数值模拟参数见表 3, 分析

了兰江水位下切后衢江和兰江航道设计通航水位变化及本次航道整治工程实施的设计水位的进一步影响。

表 3 数值模拟参数
Tab. 3 Numerical simulation parameters

流量特征	流量/(m ³ ·s ⁻¹)		水位/m		备注
	衢江	兰江	兰溪	大洋站	
游埠姚家枢纽最大通航流量	1 442~1 505	2 043	24.39	23.79	游埠—姚家段水流条件
兰江最高通航水位对应流量	3 926	5 340	27.60	24.40	兰江桥区水流条件
桥区航道流速小于 2.0 m/s 流量	2 350	3 200	25.08	23.10	兰江桥区水流条件

3.3 计算结果分析

3.3.1 兰溪水文站水位下切后沿程设计最高通航水位变化

衢江和兰江最大通航流量条件下, 姚家船闸终点、兰溪水文站、大洋镇设计最高通航水位分别为 28.3、27.6、24.4 m, 至 2021 年 IV 级航道运行 2 a、III 级航道整治前, 沿程设计最高通航水位呈下降之势, 兰溪水文站下游黄溢大桥降幅最大, 达 1.3 m; 兰溪水文站处自 27.6 m 下降 1.0 m 后为 26.6 m, 这与前述实测资料分析兰溪水文站中洪水降幅约 1.0 m 相吻合。沿程设计最高通航水位变化见表 4 和图 8。

表 4 设计最高通航水位沿程变化
Tab. 4 Variation of designed maximum navigable water level along the route

位置	里程/km	水位设计值/m	水位现状值/m	水位变幅/m
姚家船闸终点	0.0	28.3	28.2	-0.1
衢江大桥	3.4	28.1	27.8	-0.3
横山大桥	6.2	27.9	27.2	-0.7

续表 4

位置	里程/km	水位设计值/m	水位现状值/m	水位变幅/m
三江口	7.3	27.8	27.1	-0.7
兰溪水文站	8.1	27.6	26.6	-1.0
黄溢大桥	11.6	27.5	26.2	-1.3
下埠头	24.0	25.5	25.3	-0.2
麻车大桥	37.2	24.7	24.6	-0.1
大洋弯道	40.3	24.4	24.4	0

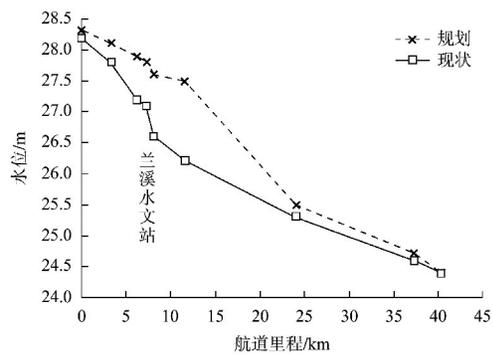


图 8 姚家船闸以下设计最高通航水位变化
Fig. 8 Variation of designed maximum navigable water level downstream of Yaojia ship lock

最大通航流量下水位降低,造成兰江航道尤其是桥区航道内最大纵向和横向流速增加,若按桥区航道最大纵向流速不超 2.0 m/s 限制通航,则兰江最大通航流量需降低至 3 200 m³/s。

3.3.2 Ⅲ级航道整治工程实施后水位变化

姚家船闸最大通航流量 1 505 m³/s 条件下,工程前姚家船闸终点、兰溪水文站、女埠避洪锚地和兰江危险品应急锚地水位分别为 25.51、24.48、23.99、23.91 m,工程后水位分别为 25.39、24.47、23.99、23.91 m,航槽内姚家船闸终点—兰溪水文站水位降幅为 0.01~0.12 m。

兰江最大通航流量 5 340 m³/s 条件下,工程前姚家船闸终点、兰溪水文站、女埠避洪锚地和兰江危险品应急锚地水位分别为 28.22、26.55、25.33、25.00 m,工程后水位分别为 28.12、26.53、25.33、25.00 m,航槽内姚家船闸终点—兰溪水文站水位降幅为 0.10~0.02 m。

此次长距离航道疏浚实施后,疏浚工程起点及上段水位下降约 0.1 m,中下段及末端水位变幅轻微,计算结果见图 9。兰溪水文站水位降幅为 0.01~0.02 m,随着流量减小水位降幅降低,至低水位时基本没有变化。

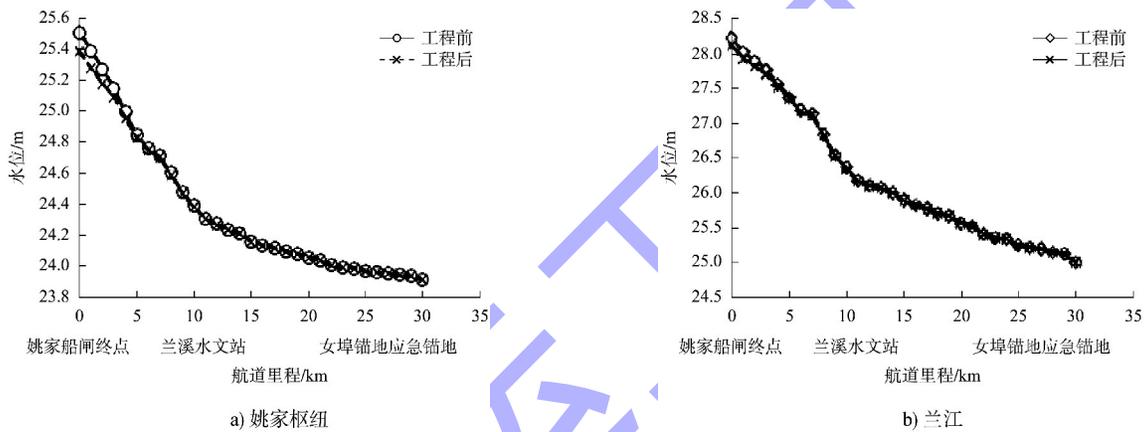


图 9 最大通航流量下航道疏浚前后水位变化

Fig. 9 Water level variation before and after channel dredging under maximum navigable discharge

4 结语

1) 受河道局部采砂和衢江航道整治工程疏浚影响,兰江控制站兰溪水文站同流量下水位呈下降之势,在中洪水流量条件下兰江航道设计最高通航水位降幅达 1.0 m,造成桥区航道纵向流速增大,不利于船舶通航安全。

2) 在长距离航道疏浚后,姚家船闸下游段设计最高通航水位进一步降低,但降幅有限,至兰溪水文站已影响不大。

3) 兰溪水文站 98% 保证率水位小幅降低 0.14 m,研究河段现行设计最低通航水位仍有一定富余量。

参考文献:

[1] 内河通航标准: GB50193—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
Navigation standard of inland waterway: GB50193-

2014[S]. Beijing: China Planning Press, 2014.
[2] 王志鹏, 吴凌波, 范红霞, 等. 受限空间下龙头山二线船闸建设方案与运行方式研究[J]. 水运工程, 2025(7): 143-149, 214.
WANG Z P, WU L B, FAN H X, et al. Building scheme and operation mode of second-line ship lock in Longtoushan Junction under confined space [J]. Port & waterway engineering, 2025(7): 143-149, 214.
[3] 肖钦, 范红霞, 邓伟, 等. 赣江龙头山枢纽一线船闸通航水流条件及改善措施研究[J]. 水利水运工程学报, 2023(6): 213-220.
XIAO Q, FAN H X, DENG W, et al. Study on navigation flow conditions and improvement measures at Longtoushan Junction in the Ganjiang River [J]. Hydro-science and engineering, 2023(6): 213-220.
[4] 石岩. 平原水网地区闸控航道设计最高通航水位的特征分析[J]. 中国水运, 2024, 24(2): 92-95.
SHI Y. Characteristic analysis of designed maximum

- navigable water level of gate-controlled waterway in plain water network area [J]. *China water transport*, 2024, 24(2): 92-95.
- [5] 朱军政, 刘冰. 浦阳江航道设计最高通航水位计算分析[J]. *水运工程*, 2022(6): 145-149.
ZHU J Z, LIU B. Calculation and analysis of designed highest navigable stage of Puyang River waterway [J]. *Port & waterway engineering*, 2022(6): 145-149.
- [6] 唐蔚, 周千凯, 周乐序, 等. 艳洲枢纽下游设计最低通航水位论证[J]. *水运工程*, 2022(11): 128-132.
TANG W, ZHOU Q K, ZHOU L X, et al. Demonstration of design lowest navigable water level downstream from Yanzhou Hydro-junction [J]. *Port & waterway engineering*, 2022(11): 128-132.
- [7] 徐军辉, 王平, 刘长波. 临淮岗复线船闸设计最低通航水位分析[J]. *水运工程*, 2020(6): 137-141.
XU J H, WANG P, LIU C B. Analysis of design lowest navigable water level of Linhuai gang second ship lock [J]. *Port & waterway engineering*, 2020(6): 137-141.
- [8] 唐存本, 贡炳生, 张贤明. 山区天然河流设计最高通航水位确定方法的探讨[J]. *水运工程*, 2007(4): 66-69.
TANG C B, GONG B S, ZHANG X M. On methods for determining the design highest navigable stage of natural rivers in mountain areas [J]. *port & waterway engineering*, 2007(4): 66-69.
- [9] 王路, 谢平, 桑燕芳, 等. 非一致性最低通航水位设计的保证率频率法[J]. *水力发电学报*, 2020, 39(1): 31-43.
WANG L, XIE P, SANG Y F, et al. Guarantee-rate frequency analysis method for designing the lowest navigable water levels with inconsistent characters [J]. *Journal of hydroelectric engineering*, 2020, 39(1): 31-43.
- [10] 王冬, 李义天, 邓金运, 等. 水库下游冲刷河道最低通航水位确定方法[J]. *水力发电学报*, 2014, 33(1): 120-126.
WANG D, LI Y T, DENG J Y, et al. Study on calculation method of design lowest navigable stage in scouring channel downstream of dams [J]. *Journal of hydroelectric engineering*, 2014, 33(1): 120-126.
- (本文编辑 王传瑜)
- ~~~~~
- (上接第 152 页)
- [7] 交通运输部. 水运“十四五”发展规划[R]. 北京: 交通运输部, 2021.
Ministry of Transport. The 14th Five-Year development plan for water transport [R]. Beijing: Ministry of Transport, 2021.
- [8] 杨云平, 李明, 刘万利, 等. 长江荆江河段滩槽演变与航道水深资源提升关系[J]. *水科学进展*, 2022, 33(2): 240-252.
YANG Y P, LI M, LIU W L, et al. Study on the relationship between beach trough evolution and navigation obstruction characteristics in Jingjiang reach of the Yangtze River [J]. *Advances in water science*, 2022, 33(2): 240-252.
- [9] 夏军强, 林芬芬, 周美蓉, 等. 三峡工程运用后荆江段崩岸过程及特点[J]. *水科学进展*, 2017, 28(4): 543-552.
XIA J Q, LIN F F, ZHOU M R, et al. Bank retreat processes and characteristics in the Jingjiang Reach after the Three Gorges Project operation [J]. *Advances in water science*, 2017, 28(4): 543-552.
- [10] 赵维阳, 杨云平, 张华庆, 等. 三峡大坝下游近坝段沙质河床形态调整及洲滩联动演变关系[J]. *水科学进展*, 2020, 31(6): 862-874.
ZHAO W Y, YANG Y P, ZHANG H Q, et al. Adjustment patterns and causes of the morphology of sandy riverbed downstream of the Three Gorges Dam [J]. *Advances in water science*, 2020, 31(6): 862-874.
- [11] 朱玲玲, 许全喜, 熊明. 三峡水库蓄水后下荆江急弯河道凸冲凹淤成因[J]. *水科学进展*, 2017, 28(2): 193-202.
ZHU L L, XU Q X, XIONG M. Fluvial processes of meandering channels in the lower Jingjiang River reach after the impoundment of Three Gorges Reservoir [J]. *Advances in water science*, 2017, 28(2): 193-202.
- [12] 许全喜, 朱玲玲, 袁晶. 长江中下游水沙与河床冲淤变化特性研究[J]. *人民长江*, 2013, 44(23): 16-21.
XU Q X, ZHU L L, YUAN J. Research on water-sediment variation and deposition-erosion in middle and lower Yangtze River [J]. *Yangtze River*, 2013, 44(23): 16-21.
- (本文编辑 王璵)