



# 长江下游武汉—安庆河段中洪水期 航道尺度潜力研究

李 瀛<sup>1</sup>, 雷雪婷<sup>1</sup>, 黄 纲<sup>2</sup>, 单敏尔<sup>1</sup>

(1. 长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉, 430040; 2. 长江宜宾航道局, 四川 宜宾, 644002)

**摘要:** 现有长江航道尺度研究聚焦于枯水条件下航道最小维护尺度, 对中洪水期航道尺度缺乏相应的研究。本文基于三峡 175 m 蓄水运用以来水位及地形变化特点, 提出以三峡 175 m 试验性蓄水以来至 2021 年底当月最低水位作为可利用水位, 叠加近年来中洪水期最不利地形的核查方法, 筛选出重点水道并结合实测尺度, 探讨航道尺度提升潜力。结果表明: 核查方法对中洪水期航道尺度潜力分析的适应性良好, 长江下游武汉—安庆河段在枯水维护的基础上, 具备在中洪水期利用自然水位提升航道维护尺度的潜力。

**关键词:** 中洪水期航道尺度; 航道条件核查; 尺度提升

**中图分类号:** U644.34

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-4972(2023)07-0133-07

## Potential of channel scale about medium flood period from Wuhan to Anqing section of lower reaches of the Yangtze River

LI Ying<sup>1</sup>, LEI Xueting<sup>1</sup>, HUANG Gang<sup>2</sup>, SHAN Min'er<sup>1</sup>

(1. Changjinag Waterway Institute of Planning and Design, Wuhan 430040, China;

2. Changjiang Yibin Waterway Bureau, Yibin 644002, China)

**Abstract:** The existing research on the scale of the Yangtze River waterway focuses on the minimum maintenance scale of the waterway under low water conditions, and lacks corresponding research on the scale of the waterway during medium flood periods. This article is based on the characteristics of water level and terrain changes since the use of the 175 m water storage in the Three Gorges Dam. It proposes to use the lowest water level from the 175 m experimental water storage in the Three Gorges Dam to the end of 2021 as a verification method for overlaying the available water level with the most unfavorable terrain during the recent mid flood period. Key waterways are screened and combined with actual measurement scales to explore the potential for channel scale improvement. The results indicate that the verification method has good adaptability to the potential analysis of channel scale during medium flood periods. On the basis of low water maintenance, the Wuhan to Anqing section of the lower reaches of the Yangtze River has the potential to use natural water levels to enhance channel maintenance scale during medium flood periods.

**Keywords:** channel scale in medium flood period; verification of channel conditions; scaling up

航道维护尺度对于充分利用航道资源, 服务流域经济发展意义重大。长江中下游随着一系列航道治理工程的实施, 航道条件改善, 枯水期航道维护水深得到了不同程度的提升, 但部分河段

中洪水期航道尺度长时间未做调整, 不利于航道水深资源的充分利用。

现有长江航道尺度研究包括长江干线常年库区航道<sup>[1]</sup>、长江中游城陵矶—武汉长江大桥段<sup>[2]</sup>

**收稿日期:** 2022-10-01

**作者简介:** 李瀛 (1986—), 女, 硕士, 工程师, 研究方向为水运工程规划、通航咨询、河床演变。

等,航道尺度研究均按照现有或规划尺度核查航道条件,筛查尺度不足的航道结合最枯水位,分析最小维护尺度提升的可能性。中洪水期航道尺度因研究时段测图资料较枯水期明显减少,同时水位变化幅度远超枯水期,原则上中洪水期不采取疏浚维护措施,主要在枯水维护疏浚的基础上,通过利用自然水位提高航道维护尺度,既有研究方法难以适用。

针对中洪水期水文及航道条件特性,基于三峡 175 m 蓄水运用以来水位及地形变化特点提出适用于中洪水期的航道尺度核查方法,结合实测综合分析航道尺度提升潜力。

1 河道概况

长江下游武汉—安庆河段,上起武汉长江大桥,下迄安庆吉阳矾,全长约 376.7 km,占整个长江干线航道里程的 1/8。河段内多为弯曲或微弯的两汉或多分汉河道,洲滩冲淤、主流摆动、各支汉交替发展的河道演变特点较突出,航道条件随之变化<sup>[3]</sup>。近年来,随着河道内一系列整治工程的实施,航道条件改善,枯水期航道维护水深由于 4.5 m 提升至 6.0 m(试运行)。

2 水文泥沙特征

2.1 水沙总量特征及河段总体冲淤情况

三峡蓄水运行后,武汉—安庆河段年径流量总量减小,各站的年径流量偏枯 3%~13%<sup>[4-5]</sup>。然而,受三峡水库“蓄混排清”的影响,武汉—安庆河段输沙量大幅减小,减幅为 71%~82%。研究河段主要水文站径流量与输沙量统计见表 1、2。

表 1 长江武汉—安庆段主要水文站径流量与多年平均对比

水文站	径流量/(亿 m <sup>3</sup> )			变化率/ %	变化率 1/%	变化率 2/%
	2002 年前	2003— 2020 年	2021 年			
汉口	7 111	6 929	7 829	-3	10	13
九江	8 182	7 130	8 079	-13	-1	13
湖口	-	1 509	1 361	-	-	-10
大通	9 052	8 781	9 646	-3	7	10

注:变化率 1、2 分别为 2021 年与 2002 年前均值、2003—2020 年均值的相对变化。变化率为 2002 年前与 2003—2020 年均值的相对变化。

表 2 三峡水库蓄水后长江中下游主要水文站输沙量

时段	输沙量/万 t			变化率 1/%	变化率 2/%
	2002 年前 平均	2003—2015 年 平均	2016— 2021 年平均		
汉口	39 800	10 607	7 111	-82	-33
九江	27 800	9 214	7 946	-71	-14
湖口	-	1 317	392	-	-70
大通	42 700	13 900	11 830	-72	-15

注:变化率 1、2 分别为 2016—2021 年与 2002 年前均值、2016—2021 年与 2003—2015 年均值的相对变化。

三峡工程蓄水以后,水库“清水下泄”造成了坝下游河段来沙大幅减少,距离大坝较近的河段受冲刷剧烈。根据对武汉—安庆段的原型观测及分析成果,见图 1。此段距三峡工程较远,由于宜昌—武汉段内河床的可补沙源丰富,因此,武汉以下的河道总体冲淤受来沙减少等条件影响的程度相对其上游河段较弱,但近几年也逐渐表现明显,进入了冲刷为主的阶段<sup>[6]</sup>。

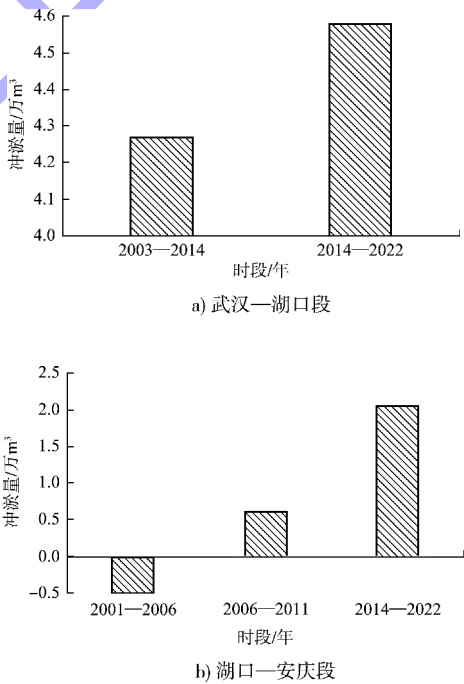


图 1 分时段冲刷量统计

2.2 分月水位变化特征

研究河段内各主要控制站的多年逐日水位变化曲线,见图 2,一般情况下,7、8 月洪水期水位远超中枯水水位,是可利用水资源最为充沛的时段,但同时段水位在不同年份间变化范围较大,

尤其在中洪水期, 水位波动剧烈。为保证选取可利用水位的安全性, 分月最低水位成为可利用水

位的重要参考。从各主要控制站水位变化情况来看, 分月最低水位特点包括:

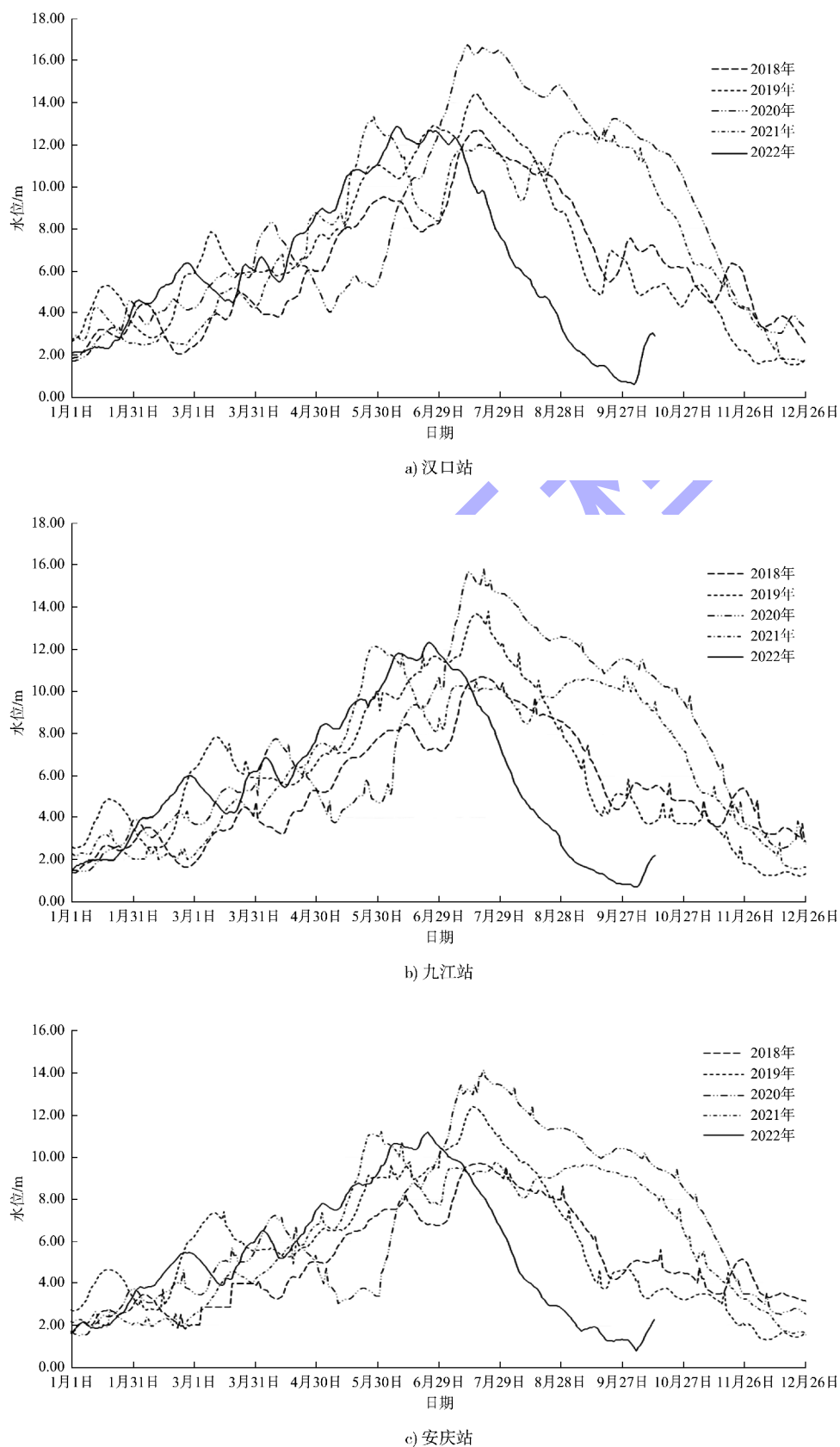


图2 2018—2022年各站点逐日水位走势

1) 水位回涨时间较晚。河段内各主要控制站最低水位 4 月才开始明显回涨。

2) 水位消落时间较早。各主要控制站最低水位基本在 7 月底至 8 月底之间达到最高值, 然后逐渐消落, 但个别年份如 2022 年 6 月底汉口站、九江站和大通站水位就开始急剧下降。一般至 10 月底已消落至枯水正常水平。

3) 不同年份间分月最低水位波动剧烈。同月份最低水位在不同年份之间波动较大, 其中洪水期的水位波动最为剧烈。如汉口站 7 月、九江站

5 月水位波动幅度均超过 8 m。

基于分月最低水位的变化特点, 研究河段在 4—10 月具备在枯水疏浚维护的基础上, 利用自然水深提高航道分月维护尺度, 因此后续主要对 4—10 月的航道尺度进行核查。

2.3 主要站点水位特征值

研究河段内各主要站点三峡 175 m 试验性蓄水运用以来, 水位统计情况见表 3, 各站点分月水位的最小值年际间变化较大。2022 年遭遇汛期反枯, 7、8 月的最低水位均创历史同期新低。

表 3 河段内主要水文站分月最低水位统计

月份	最低水位/m								
	汉口			九江			安庆		
	2010—2021 年	平均值	2022 年	2010—2021 年	平均值	2022 年	2010—2021 年	平均值	2022 年
1	1.68	2.35	2.08	1.03	1.85	1.65	1.36	2.06	1.63
2	1.50	2.37	4.41	0.99	1.96	3.72	1.12	2.15	3.48
3	1.81	3.09	4.49	1.87	2.69	4.17	1.99	2.79	3.92
4	3.24	4.59	5.47	2.35	4.16	5.43	2.39	4.20	5.17
5	2.86	6.37	8.69	2.05	5.76	8.14	2.27	5.49	7.43
6	4.81	8.45	11.27	3.57	7.71	10.32	3.46	7.22	9.36
7	8.36	10.73	7.53	7.18	9.72	7.01	6.76	9.01	6.53
8	6.82	9.36	2.94	6.13	8.43	2.38	6.15	8.08	2.68
9	4.06	7.85	0.71	3.41	6.62	0.82	3.50	6.34	1.25
10	2.59	5.43	0.60	1.72	4.49	0.71	1.96	4.50	0.80
11	1.90	3.65	0.41	1.57	2.95	0.00	1.74	3.07	0.67
12	1.52	2.37	0.67	1.02	2.01	0.70	1.25	2.23	0.86

注: 平均值为 2010—2021 年各月份最低水位平均值。

2.4 边界条件

随着气候的异常变化, 极端水情的发生虽然次数较少, 但较以往更为频繁, 因此对于中洪水期尺度提升, 必须考虑相应的边界条件。由于分月水位波动性大, 利用水位取值偏高可能在某一段时间无法保证航道养护尺度的可靠性, 而以三峡 175 m 试验性蓄水运用以来至今每月最低水位作为可利用水位, 则会为应对较小比例的极端水情, 导致极大的资源浪费, 无法充分利用宝贵的航道水深资源。本文考虑将一定保证率下的分月最低水位作为相应的边界条件, 结合分月最低水位变化特点以及主要站点特征水位的统计分析。

三峡 175 m 试验性蓄水运用以来至今, 2022 年的水情极具特殊性, 进入主汛期后长江水位持续退落, 出现了“汛期反枯”的罕见现象, 从各主要控制站多年逐日水位变化(图 3)可知, 河段内各主要控制站水位自 6 月底水位就急转直下, 7 月以来长江中下游水位快速下降, 进入 8 月后, 水位持续走低, 长江干线流量仅占同期的 5 成, 汉口站、九江站 8 月水位已达到历史同期最低, 属于历史性特枯水位。对于极度特殊性的 2022 年汛期水位, 原有的航道分月维护标准难以达到, 航道管理部门相应下调了宜昌—南京段 8—10 月航道维护水深, 因此在河段内主要控制站最低水位

的选取中不宜纳入 2022 年洪水期的水位数据。

由于三峡 175 m 试验性蓄水运用以来至 2021 年水位数据系列年尚短, 且不同保证率下水位差值较大, 经综合考虑, 基于积极稳妥、安全可靠的原则, 将采用三峡 175 m 试验性蓄水运用以来至 2021 年间每月的水位最低值(即 100% 保证率)作为可利用水位, 见表 4。也作为尺度提升的边界条件进行后续研究。当分月最低水位不低于边界条件时, 中洪水期航道尺度可参照本研究成果进行提升。当出现极端水情, 当月最低水位低于边界条件时, 中洪水期航道尺度将不予提升, 并根据具体情况进行调整。

表 4 河段内主要站点控制水位 (100% 保证率)			
月份	控制水位/m		
	汉口站	九江站	安庆站
4	3.24	2.35	2.39
5	2.86	2.05	2.27
6	4.81	3.57	3.46
7	8.36	7.18	6.76
8	6.82	6.13	6.15
9	4.06	3.41	3.50
10	2.59	1.72	1.96

3 航道尺度核查

3.1 核查方法

本文采用定宽核深的核查方法。武汉—安庆河段在 6 m 水深航道整治工程竣工后, 航道最小维护宽度为 200 m, 因此, 航道条件核查的航路总体以现状为基础, 局部河段根据航道水深条件及滩槽形态特点进行适当调整, 对 200 m 航宽内的最小图示水深进行核查。

航道尺度核查与水位及地形密切相关。水位的选取上, 本次核查采用三峡 175 m 试验性蓄水以来至 2021 年底当月最低水位作为可利用水位。三峡工程蓄水运用后, 受清水下泄影响, 武汉—安庆河段总体仍以冲刷为主, 且本河段内陆续实施了一系列航道整治工程, 滩槽变化特点有所改变, 因此地形的选取上重点根据 2017 年以来且航道整治工程实施后的测图进行航道尺度核查。

3.2 分水道尺度核查

按照近 5 年最不利地形叠加三峡 175 m 试验性蓄水以来至 2021 年的最不利水位的核查方法, 对武汉—安庆河段内逐个水道进行航道条件核查, 不同水道航道水深的可维持情况见表 5。

表 5 200 m 航宽下武汉—安庆河段分月航道可维持尺度								
月份	核查水位/m							
	武桥水道	汉口水道	青山夹水道	阳逻水道	牧鹅洲水道	湖广水道	罗湖洲水道	沙洲水道
4	8.5	8.0	8.9	11.9	11.0	8.3	9.3	11.0
5	8.1	7.7	8.5	11.5	10.6	7.9	9.0	10.6
6	10.0	9.6	10.5	13.4	12.5	9.8	10.8	12.4
7	13.6	13.2	14.0	17.0	16.1	13.3	14.4	16.0
8	12.0	11.6	12.5	15.5	14.6	11.9	13.0	14.6
9	9.3	8.9	9.7	12.7	11.9	9.1	10.2	11.9
10	7.8	7.4	8.3	11.2	10.4	7.6	8.7	10.3

月份	核查水位/m							
	巴河戴家洲水道	黄石水道	牯牛沙水道	蕲春水道	搁排矶水道	鲤鱼山水道	武穴水道	新洲水道
4	5.9	7.7	4.7	7.7	12.6	6.7	7.5	7.4
5	5.5	7.4	4.4	7.4	12.3	6.4	7.2	7.1
6	7.6	9.1	6.1	9.0	14.0	8.0	8.8	8.6
7	10.9	12.7	9.7	12.6	17.6	11.6	12.4	12.2
8	9.6	11.4	8.4	11.4	16.3	10.4	11.3	11.1
9	6.8	8.6	5.7	8.7	13.6	7.7	8.5	8.4
10	5.2	7.1	4.1	7.0	12.0	6.0	6.9	6.7



续表5

月份	核查水位/m							
	九江水道	张家洲南水道	湖口水道	东北横水道	马当南水道	马当阻塞线水道	东流直水道	东流水道
4	4.5	4.8	8.9	7.4	7.3	8.7	9.6	7.5
5	4.2	4.5	8.6	7.1	7.0	8.5	9.4	7.3
6	5.8	6.0	10.0	8.5	8.4	9.8	10.7	8.6
7	9.4	9.6	13.6	12.1	11.9	13.3	14.1	12.0
8	8.3	8.5	12.6	11.1	11.0	12.4	13.3	11.2
9	5.6	5.8	9.9	8.4	8.3	9.8	10.7	8.6
10	3.9	4.1	8.3	6.8	6.7	8.1	9.1	7.0

注：加粗的数字为不满足 6.0 m 试运行维护水深的分月核查水深。

3.3 重点水道航道尺度潜力分析

本文中航道尺度包括核查尺度和最小实测尺度，其中核查尺度指按本文核查方法在 200 m 航宽下核查的水深数据，通常选取洪水期地形作为核查对象，反映 200 m 航宽下洪水期航道尺度的提升潜力，中水时的核查水深较实际偏小；最小实测尺度是各区域局(处)近 5 年来分月实测尺度的最小值，包括实测水深和航宽，实测航宽往往超过 200 m，洪水期可达 300 m 以上。因此在提升潜力分析上，核查尺度更能反映 200 m 航宽下，洪水期航道养护水深的提升空间，而中水期核查尺度较实际偏小，尺度提升则根据实测尺度分析。

分水道核查结果表明：在 200 m 航宽下，戴家洲水道、牯牛沙水道、九江水道和张家洲南水道在中水期不满足 6.0 m 分月维护水深的要求，上述水道将作为重点水道结合航道实测最小尺度综合分析其提升潜力，重点水道航道尺度提升潜力及全河段尺度提升建议见表 6。

表 6 重点水道航道尺度提升潜力及全河段尺度提升建议

航段	月份	分月最小实测尺度 (水位×航宽)/ (m×m)	核查尺度 (水位×航宽)/ (m×m)	提升潜力 (水位)/m
巴河戴家洲河段	4	6.1×250	5.9×200	6.0
	5	7.1×280	5.5×200	7.0
	6	7.5×360	7.6×200	7.5
	7	7.9×360	10.9×200	10.0
	8	7.5×360	9.6×200	9.0
	9	7.2×300	6.8×200	7.0
	10	6.6×280	5.2×200	6.5

续表6

航段	月份	分月最小实测尺度 (水位×航宽)/ (m×m)	核查尺度 (水位×航宽)/ (m×m)	提升潜力 (水位)/m
牯牛沙水道	4	6.5×280	4.7×200	6.5
	5	7.2×300	4.4×200	7.0
	6	8.3×300	6.1×200	8.0
	7	8.6×500	9.7×200	9.0
	8	8.0×500	8.4×200	8.0
	9	7.4×430	5.7×200	7.0
	10	7.1×400	4.1×200	7.0
九江水道	4	6.3×210	4.5×200	6.0
	5	8.1×230	4.2×200	8.0
	6	8.0×280	5.8×200	8.0
	7	7.6×280	9.4×200	9.0
	8	7.5×260	8.3×200	8.0
	9	6.7×200	5.6×200	6.5
	10	6.3×200	3.9×200	6.0
张家洲南水道	4	7.1×200	4.5×200	7.0
	5	8.3×250	4.2×200	8.0
	6	7.8×260	5.8×200	7.5
	7	8.3×260	9.4×200	9.0
	8	8.2×260	8.3×200	8.0
	9	9.4×260	5.6×200	6.5
	10	7.1×260	3.9×200	6.0

4 航道尺度提升建议

4.1 研究原则

1) 自下而上提升原则。航道尺度自下而上提升，不出现上游航道尺度高于下游航道尺度的现象。

2) 可维护原则。中洪水期原则上不采取疏浚等工程措施，主要在枯水维护的基础上利用河道

目前的自然水深提升航道维护尺度。

3) 积极稳妥、安全可靠的原则。

#### 4.2 提升建议

1) 提升潜力方面。为充分挖掘航道尺度潜力,在对武汉—安庆河段水位、地形变化及重点水道实测尺度分析的基础上,4、10月个别水道提升空间不大;5—9月各水道均有一定提升空间。即5月维护水深可提升至7.0 m,6月维护水深可提升至7.5 m,7月维护水深可提升至9.0 m,8月维护水深可提升至8.0 m,9月维护水深可提升至6.5 m。提升潜力反映最大可提升尺度。

2) 三峡水库调度方面。从三峡大坝调度管理来看,9月中旬三峡水利枢纽开始兴利蓄水,10月底蓄至175 m,1—5月三峡水库在综合考虑航运、发电和水资源、水生态需求的条件下水位逐步消落。因此9、10月航道分月维护水深受水库调度影响较大,武汉—安庆段航道整治工程竣工后,9、10月的分月维护合理水深分别为6.5和6.0 m。而4—5月三峡水库加大下泄流量,因而具有一定的提升潜力。

3) 河床演变趋势方面。从尺度核查结果来看,河段内航道养护水深提升的卡口水道主要是九江水道和张家洲南水道。从河段内重点水道的河床演变趋势来看,徐家湾边滩中下段冲刷下移的态势仍将持续,预计将来会与鳊鱼滩头部合并,目前九江水道上浅区航道条件不稳定,而在未形成稳定的过渡段航槽之前,局部滩槽调整将较为剧烈,航道条件未见好转迹象。张家洲南水道则由于近年来大套口边滩逐渐向下游发展,并向江中延伸,新港附近深泓已由中间偏左摆动至中间位置,上、下深槽的交错态势进一步加剧,航道条件向不利方向发展。

综上,在考虑航道尺度提升时,应在现状潜力分析的基础上,适当留有富余空间。本着积极稳妥、安全可靠的原则,在可提升尺度的月份,至少提升0.5 m的标准,最大可提升至潜力分析中的标准。综合以上分析,航道尺度提升建议见表7。

表7 武汉—安庆河段航道尺度提升建议

月份	水位及提升水位/m		
	岳阳城陵矶— 武汉长江大桥	武汉长江大桥— 安庆吉阳矶	安庆吉阳矶— 芜湖高安圩
4	4.5	6.0	6.5
5	4.5	6.0升至6.5~7.0	7.5
6	5.0	7.0升至7.5	8.5
7	5.0	7.0升至7.5~9.0	9.0
8	5.0	7.0升至7.5~8.0	9.0
9	5.0	6.5	8.0
10	4.5	6.0	7.0

注:武汉长江大桥—安庆吉阳矶河段,5—8月具备提升空间。

#### 5 结语

1) 武汉—安庆河段,经一系列航道治理工程,航道条件明显改善,近年来枯水维护水深持续增加,中洪水期分月维护尺度经多年运行后,具备进一步提升的空间,以充分利用河段自然水深资源。

2) 受三峡水库清水下泄的影响,河段输沙量大幅减小。在新水沙条件下,本河段总体冲淤受来沙减少等水沙边界条件影响的程度相对其上游河段较弱,但近几年也逐渐表现明显,进入了冲刷为主的阶段。

3) 采用三峡175 m试验性蓄水运用以来至2021年间每月的水位最低值(即100%保证率)作为可利用水位,研究河段尺度提升,且作为尺度提升的边界条件。中洪水期航道尺度需在分月最低水位满足边界条件的前提下进行提升,当不满足时,分月维护尺度需根据实际情况退回原标准或进一步降低维护水深。

4) 综合水位变化情况、航道尺度核查结果及重点水道实测最小尺度分析,武汉—安庆河段在满足边界条件和枯水疏浚维护的基础上,枯水按照6.0 m水深维护,中洪水期航道尺度具备进一步提升的空间,具体提升建议为:5月维护水深可提升至6.5~7.0 m,6月维护水深可提升至7.0~7.5 m,7月维护水深可提升至8.0~9.0 m,8月维护水深可提升至7.5~8.0 m,9月维护水深可提升至6.5 m。

(下转第145页)