



# 葛洲坝三江下引航道挖潜效果分析

朱旺峰

(长江三峡通航管理局, 湖北 宜昌 443000)

**摘要:** 针对枯水期葛洲坝三江吃水受限问题, 提出了兼顾三峡枢纽水运新通道建设的葛洲坝三江下引航道扩挖思路及建设方案。综合考虑新通道设计代表船型及三江引航道交通流, 分析计算三江引航道尺度需求, 研究三江下引航道挖深后对葛洲坝枢纽通过能力的提升程度以及对航运效益影响。工程实施后, 葛洲坝枢纽年通过量大约可提高 669.8 万 t, 实现直接经济效益 3.35 亿元/a。

**关键词:** 葛洲坝; 三江下引航道; 挖潜; 通过能力; 航运效益

**中图分类号:** U 641

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-4972(2022)03-0101-05

## Analysis of potential tapping effect of Gezhouba Dam Sanjiang downstream navigable channels

ZHU Wang-feng

(Three Gorges Navigation Authority, Yichang 443000, China)

**Abstract:** In view of the limited draft of the Gezhouba Dam Sanjiang ship locks during the dry season, this paper puts forward a thought of excavation extension and a development scheme for Gezhouba Dam Sanjiang downstream navigable channels that take into account the construction of the new waterways of the Three Gorges Hydro-junction. Comprehensively considering the representative ship type in the new channel design and the traffic flow in the Sanjiang navigable channels, this paper analyzes and calculates the scale requirements of the Sanjiang navigable channels and investigates the improvement degree of the passing capacity of the Gezhouba Dam Hydro-junction and the impact on navigation benefit after the deepening of the Sanjiang downstream navigable channels. The implementation of the project will increase the annual throughput of the Gezhouba Dam Hydro-junction by approximately 6.698 million t and yield a direct economic benefit of 335 million CNY/a.

**Keywords:** Gezhouba Dam; Sanjiang downstream navigable channel; potential tapping; passing capacity; navigation benefit

葛洲坝三江航道布置在葛洲坝水利枢纽左侧, 上起王家沟、下至镇川门, 是长江上第一条人工引航道(图 1)。三江航道总长 6.4 km, 下引航道长 3.9 km, 设计底宽 120 m, 口门底宽 150 m, 航道设计通航水位为 39.0~54.5 m(吴淞高程); 引航道底部高程 34.5 m, 通航最小水深 4.5 m, 葛洲坝 2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>船闸底槛高程分别为 34、35 m, 最小槛上水深为 5.0、4.0 m。枯水期三江水位下降至

40.2 m 以下时, 2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>船闸吃水受限, 一定程度上降低了船闸通过能力。

近年来, 随着长江航运的发展, 船舶大型化发展迅速, 由于枯水期葛洲坝三江吃水不足, 越来越多的大吃水船舶过闸受限、积压现象严重。为深入挖潜枢纽通过能力、提高枯水期葛洲坝船闸通过能力, 三峡通航管理部门开展了枯水期葛洲坝三江动态吃水控制标准研究, 结合现有船闸、

**收稿日期:** 2021-06-01

**作者简介:** 朱旺峰(1987—), 男, 硕士, 工程师, 从事水运建设项目前期管理工作。

航道管理实际，在深入研究槛上水深、过闸船舶富余水深、船舶吃水控制标准等影响因素的基础上，提出了枯水期葛洲坝三江动态吃水控制标准，即：在枯水期三江水位 39.0~40.2 m 时葛洲坝 2#、3# 船闸吃水根据三江水位区间动态控制。该成果的应用极大提高了枯水期葛洲坝枢纽通过量，有效缓解了枯水期大吃水船舶积压现象。但受三江下引航道底高程高出葛洲坝 2# 船闸底槛 0.5 m 的制约，葛洲坝 2# 船闸的通航潜力还不能完全释放，为进一步提高枢纽通过能力、缓解枯水期大吃水船舶待闸现象，研究提升三江下引航道通过能力

显得十分必要。

当前，通过管理措施提升枢纽通过能力已无多少空间，且容易牺牲过闸安全性。相关研究认为<sup>[1-3]</sup>，提高三江通航水深可有效提升葛洲坝船闸通过量，亟需启动葛洲坝三江航道、船闸的改造工程，实现两坝枢纽通航匹配运行。本文在深入研究三峡枢纽水运新通道及葛洲坝扩能工程方案基础上<sup>[4]</sup>，综合考虑未来船舶在三江航道通航及待闸需求，研究提出葛洲坝三江下引航道扩挖尺度及待闸设施建设方案，旨在解决枯水期三江动态不足、船闸通过能力受限问题。



图 1 葛洲坝枢纽布置

1 葛洲坝三江下引航道挖潜方案

1.1 建设思路

通过对葛洲坝三江下引航道挖深，有效缓解枯水期三江吃水不足，提高枯水期船舶装载率和船闸通过能力。同时，考虑三峡水运新通道工程建设后未来航运发展需求，适当扩宽三江下引航道，满足未来通航交通组织需要；配套建设待闸设施，有效解决葛洲坝坝下配套锚地待闸能力不足及距离较远问题，提高船舶过闸效率和待闸安全性。

1.2 三江下引航道待闸泊位需求

三峡通航管理部门采取链式调度的方法进行调度组织，即船舶通过葛洲坝船闸时，将船舶从锚地至进闸这一过程视为运行链条，锚地、引航

道内靠船设施、导航墙、闸室分别为运行链条上的关键节点，由航运调度部门先从锚地将船舶发航至引航道靠船设施，然后按序将靠船设施处船舶调度至导航墙，船闸集控室根据闸次运行情况，组织船舶从导航墙进、出闸。

正常运行情况下，考虑效率最大化，运行链条上的锚地、引航道内靠船设施、导航墙、闸室 4 个关键节点均应各有 1 个闸次。

单线船闸引航道靠船设施所需的闸次数量  $N$  为：

$$N = (S/v + C + D) / T - 1 \tag{1}$$

式中： $S$  为锚地至引航道靠船设施之间距离 (km)； $v$  为船舶平均航行速度 (km/h)； $T$  为闸次运行间隔时间 (h)； $C$  为船舶队列中首船与尾船到达间隔

时间( $h$ )，根据运行实际一般取 0.5 h； $D$  为因雾进行交通管制平均持续时间( $h$ )。

上行船舶从临江坪锚地至葛洲坝船闸平均距离  $S$  为 17.6 km；根据运行实际，上行船舶平均航速  $v$  为 8 km/h，闸次运行间隔时间  $T$  为 1.5 h；根据历年统计数据，庙嘴水域至宜昌港区水域因雾进行交通管制的持续时间  $D$  平均为 3.5 h；计算得  $N=3.13$ ，取整数为 3 闸次。综合考虑应急调度需求，葛洲坝三江下引航道共需提供 4 闸次上行船舶待闸。同时，兼顾新通道建设后未来交通组织需要，葛洲坝下引航道内应尽可能多建设靠船系泊设施，以满足调度组织的需求。

1.3 三江下引航道尺度需求分析

综合考虑船舶过闸安全以及效率需求，三江通航交通组织采取双向通航，待闸设施采取一侧并靠 2 艘船舶的待闸方式。

根据《交通运输部办公厅关于报送三峡枢纽水运新通道和葛洲坝航运扩能工程航运关键技术比较研究第一阶段主要成果的函》(交办水函[2017]1415 号)，设计代表船型选取尺度为 130 m×22 m×5.5 m(总长×型宽×设计吃水)。

1.3.1 直线段航宽

根据《船闸总体设计规范》关于引航道的宽度计算。船舶双线双向过闸时的引航道宽度按下式计算：

$$B_0 \geq b_c + b_{c1} + b'_c + b_{c2} + 3\Delta b$$

(2)

式中： $B_0$  为双向船闸引航道宽度； $b_c$ 、 $b'_c$  分别为两座船闸的设计最大船舶、船队的宽度(m)； $b_{c1}$ 、 $b_{c2}$  分别为两侧等候过闸船舶、船队的总宽度(m)； $\Delta b$  为船舶、船队之间的富余宽度(m)，可相应采用  $b_c$  或  $b'_c$ 。

设计最大代表船型宽度为 22 m，有  $b_c = b'_c = b_{c1} = b_{c2} = \Delta b = 22$  m，葛洲坝一至喜桥航宽  $B_0 \geq 154$  m。

1.3.2 三江桥以下转弯段航宽

弯道加宽  $\Delta B$  按式(3)确定，当弯道中心角大于 35°时， $\Delta B$  应适当加大。

$$\Delta B \geq \frac{L_c^2}{2R+B_0}$$

(3)

式中： $L_c$  为设计最大船队长或最大船长，取值 130 m； $R$  为弯道最小弯曲半径，按  $R \geq 4L_c$  考虑； $B_0$  为引航道宽度，根据上述分析取值 154 m。经计算， $\Delta B$  约为 14.15 m，取 15 m。因此，至喜桥下转弯段航宽需 169 m。

1.3.3 口门区航宽

根据《船闸总体设计规范》，引航道口门宽度不宜小于 1.5 倍引航道宽度。葛洲坝三江下引航道口门区呈弯曲状，同时该水域受回流影响，不建议停靠船舶。引航道两侧不建设靠船设施时所需航宽  $B_0 \geq 110$  m，加上转弯段 15 m，需 125 m，因此口门区宽度不低于 187.5 m，取 188 m，航宽需求见图 2。



图 2 三江下引航道宽度需求

1.4 三江下引航道深度需求分析

目前，2#船闸底高程 34.0 m、最小槛上水深

5.0 m，三江下引航道设计底高程为 34.5 m、维护高程 35.0 m，庙嘴水位 39 m 时航道最小维护水深



4.0 m。考虑到三江下引航道水位受船闸泄水波影响以及三江航道硬质河床的现状,为充分利用葛洲坝 2# 船闸过闸尺度,保证三江下引航道过闸吃水 4.3 m 要求,留足备淤深度后,需要将葛洲坝三江航道底高程在现有基础上降低 1.5 m 以上。另为兼顾新通道建设需求、保证未来 5.5 m 吃水船舶通过,航道底高程与葛洲坝扩能工程设计方案保持一致,为 31.5 m。

1.5 建设方案

- 1) 三江下引航道挖深,解决航道吃水不足问题。将三江下引航道从船闸下游至口门区(镇江阁)约 3.9 km 航道底高程由 34.5 m 挖深至 31.5 m。
- 2) 三江下引航道扩宽,满足未来新通道建设后船舶交通组织需要。为了满足前述航宽需求,须改造葛洲坝 2# 闸下游靠船墩以下(斜坡道中间处)至口门区(镇江阁)约 2.6 km 引航道左右护岸为衡重式挡墙,挡墙前沿位于现 39.4 m 高程处,以满足三江航道航宽需求。
- 3) 配套锚泊设施建设应满足待闸需要。主要

包括两个方面:一是完善既有待闸设施,解决现有导航墙、靠船墩段长度不足问题;二是新建待闸设施,解决坝下锚地容量不足及距离较远问题,从而提高船舶过闸效率。

①三江桥以上至闸前段。在 2# 闸下游引航道 9 个靠船墩上游侧新增设 3 个靠船墩,形成 275 m 靠船段,满足 1 闸次 4 艘船舶待闸需求;在 2# 闸主导航墙下游增设 2 个中心距为 20 m 的靠船墩,形成 280 m 靠船段,满足闸前 1 闸次 4 艘船舶待闸需求。

②三江桥与至喜桥之间。在三江桥与至喜桥间左右护岸均布设 320 m 长的停靠段,间隔设置靠泊及系缆设施,满足单侧 1 闸次 4 艘船舶待闸需求。

③至喜桥以下至口门段。在至喜桥与口门区间左右护岸均布设 780 m 长的停靠段,间隔设置靠泊及系缆设施,满足单侧 10 艘船舶待闸需求。

方案实施后,三江下引航道可提供 18 艘船舶的靠泊能力,满足 4 闸次船舶待闸需求,建设方案见图 3。

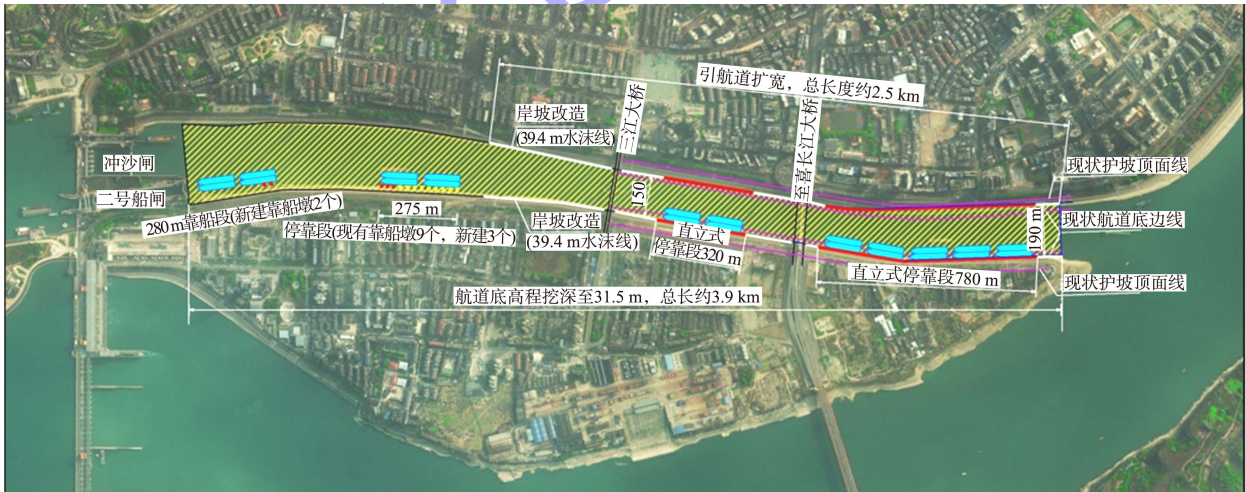


图 3 建设方案

2 航运效益分析

2.1 通过量提升影响分析

目前,枯水期三江下引航道水深不足是影响葛洲坝通过量的关键因素。因为三江水深不足,造成大量的大吃水船舶只能排队通过葛洲坝 1# 闸,

为均衡大坝上下游船流,枯水期葛洲坝 1# 闸被迫实施定时换向运行的方式,从而降低了过闸效率。工程实施后,当三江庙嘴水位在 39.0 m 时,三江航道维护吃水可提高到 5.0 m 以上,2# 闸船舶控制吃水可由 3.5 m 提高到 3.9 m<sup>[5]</sup>。因此,提升三

江航道水深对枢纽通过量产生的影响主要体现在两方面：一是提高通过葛洲坝 2<sup>#</sup>船闸船舶的装载量；二是提高葛洲坝船舶交通组织效率，提高 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>闸运行闸次。

2.1.1 船舶装载量增加对通过量的影响

通过对近年过闸代表船舶统计分析得出，当前枯水期受限制船舶大致可分为 5 类：(125~130)m×16.3 m(长×宽)、(110~120)m×19.2 m、(100~115)m×16.3 m、(100~115)m×17.2 m、(82~89)m×(14~16)m。吃水 3.5 m 以上时，(125~130)m×16.3 m、(110~120)m×19.2 m 船型 TPC(每厘米吃水吨数)一般大于 18 t、(100~115)m×16.3 m、(100~115)m×17.2 m 船型 TPC 一般大于 17 t、(82~89)m×(14~16)m 船型 TPC 一般大于 12 t，上述船型占比分别为 8.51%、8.26%、15.95%、22.02%、18.28%。当 2<sup>#</sup>闸吃水由 3.5 m 提升至 3.9 m 后，枯水期可通过 2<sup>#</sup>船闸船舶量将大大增加。当前，2<sup>#</sup>闸枯水期日均过闸 14 次，一次过闸船舶平均约 4.15 艘。因此，2<sup>#</sup>船闸通过能力提升量为：

$$P = NST \sum_{i=1}^5 M_i L_i \quad (4)$$

式中： $P$  为通过能力提升量； $N$  为日均过闸次数； $S$  为次过闸平均艘次数； $T$  为控制吃水时间，枯水期 120 d； $M_i$  为吃水提高 0.4m 增加的货运量； $L_i$  为过闸船舶艘次占比。经计算， $P=325.4$  万 t，单闸次运量可提高 1 940 t，全年即可增加葛洲坝 2<sup>#</sup>闸通过量 325.4 万 t。

2.2.2 运行效率提高对通过量的影响

正常情况下，1<sup>#</sup>闸由下行闸次换向为上行闸次所需的倒空时间约为 60 min，由上行闸次换向为下行闸次所需的倒空时间约为 30 min，枯水期间每天换向 2 次运行。如果三江航道吃水提升后，更多大吃水船舶可通过 2<sup>#</sup>船闸，从而减少 1<sup>#</sup>闸换向次数，同时随着 2<sup>#</sup>船闸可过闸船舶范围的增加，日运行闸次也可有效提高。经分析研究认为，三江挖潜后可提高 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>闸日均运行 1 闸次。

枯水期 1<sup>#</sup>闸平均过闸吨位 1.53 万 t、2<sup>#</sup>闸平均过闸吨位 1.15 万 t，2<sup>#</sup>闸吃水提升后，平均吨位估算可提高至 1.34 万 t。按照枯水期 120 d 计算，可提高船闸通过量 344.4 万 t。综上所述，三江下引航道挖潜后，约可提高葛洲坝枢纽年通过量 669.8 万 t。

2.2 航运效益估算

工程实施的经济效益主要表现在航运企业及相应港口企业增加的直接收益，包括客运费、货运费、港口费等。船闸通过量增加后，将直接增加相应港口、运输企业的经济效益。经估算，通过葛洲坝枢纽的货运量运输效益约为 50 元/t<sup>[6]</sup>，因此，工程实施后可产生的直接经济效益为 3.35 亿元/a。

3 结论

1)三江下引航道挖潜后，可有效提高 2<sup>#</sup>闸控制吃水、极大消除枯水期过闸船舶受吃水限制的影响，可有效提高船舶交通组织效率。本文提出的方案是兼顾葛洲坝扩能工程实施的建设方案，可先期解决葛洲坝扩能工程下引航道挖深问题，从而大大缩短葛洲坝扩能工程工期，有效提高施工期船闸运行效率，保障航运效益的发挥。如不兼顾新通道工程建设方案，现有的航道宽度、待闸设施可满足既有船闸运行需要，仅对下引航道挖深可有效解决三江下引航道吃水不足的问题，同时可大大节省工程投资。

2)关于提升通过量的测算是基于目前船舶现状开展的，未来随着船舶大型化的发展，3.5 m 以下不受吃水限制的船舶数量会越来越少，且船舶平均吃水排水量会逐步提高，因此本方案对葛洲坝船闸通过量的提升会逐步增加。

3)工程实施后，三江引航道深度将不再影响过闸船闸的吃水控制，2<sup>#</sup>闸底高程成为决定控制吃水的关键因素。根据前期相关研究及运行管理经验，随着航道维护水深从 4.0 m 提高至 5.0 m，枯水期 2<sup>#</sup>闸过闸吃水可提高 0.4 m，但能否进一步提高需下一步研究论证。

(下转第 110 页)