



赣江新干枢纽—龙头山枢纽河段 Ⅱ级航道整治方案

江 斌, 张 楠

(江西省港航设计院有限公司, 江西 南昌 330000)

摘要: 赣江新干枢纽—龙头山枢纽两坝间长河段虽为龙头山枢纽库区河段, 但仍存在较多的通航安全问题, 如局部区域水深不足、先期整治建筑物碍航和桥区通航不畅等。针对上述问题, 提出了航槽浚深、丁坝拆除、航路调整等整治方案, 并采用长河段二维水流数学模型对该河段Ⅱ级航道整治方案进行试验研究。结果表明: 整治方案实施后, 航道通航水流条件得到了改善, 航道尺度均可达到建设标准。具体表现为: 设计航道线内水深均能满足最低通航水深 3.8 m 要求, 航道内横流减小, 不良流态消失, 航路更加顺直等。

关键词: 航道整治; 数学模型; 库区航道; 通航水流条件

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)01-0127-05

Regulation scheme of II level channel from Xingan junction to Longtoushan junction of the Ganjiang River

JIANG Bin, ZHANG Nan

(Jiangxi Port & Waterway Design Institute Co., Ltd, Nanchang 330000, China)

Abstract: Although the long section from the Xingan junction to Longtoushan junction on the Ganjiang River is Longtoushan junction reservoir section, there are still many navigable safety problems, such as insufficient water depth in local area, obstruction of navigation by pre-regulated buildings and poor navigable bridge area. Considering the above problems, we put forward some regulation schemes, such as channel dredging, groin removal and route adjustment, and uses two-dimensional flow mathematical model of long river to conduct experimental research on the regulation scheme of II level channel of the river reach. The results show that after the implementation of the regulation scheme, the navigable flow condition of the channel is improved and the channel scale can reach the construction standard. Specifically, the water depth within the designed channel line can meet the minimum navigable water depth of 3.8 m, the cross-current in the channel decreases, the bad flow state disappears, and the route is more straight.

Keywords: waterway regulation; mathematical model; reservoir reach of junction; navigation flow condition

江西省拥有丰富的河流水资源, 而赣江作为江西省最大的河流, 是江西省高等级航道网中“一纵”的重要组成部分。赣江中游新干枢纽—龙头山枢纽河段全长 61 km, 自龙头山枢纽于 2019 年蓄水后, 该航段为龙头山枢纽库区, 已基本达到Ⅲ级航道标准, 但仍存在局部河段航深不足、先期整治建筑物碍航及部分桥区通航不畅等问题。

因新一轮的航道规划及航运发展的需要, 急需提升至Ⅱ级航道。

近年来, 相关学者针对河道航道整治进行了大量的研究工作。汪路瑶等^[1]针对赣江石虎塘枢纽坝下游非衔接段航道整治进行了研究; 刘臣^[2]针对那吉枢纽库区航道整治, 采用数学模型试验方法对整治效果进行了分析; 周勤等^[3]针对嘉陵

收稿日期: 2022-04-19

作者简介: 江斌(1981—), 男, 高级工程师, 从事港口与航道工程设计工作。

江草街—北碚段航道中存在的碍航问题，结合二维水力学数值模拟等方法对航道整治效果进行研究；贛鹏等^[4]针对淮河干流临淮岗—鲁台子段河道，采用二维水动力数学模型对航道整治效果进行了分析。笔者分析了新干枢纽—龙头山枢纽河段的碍航特性并提出整治方案，采用二维水流数学模型试验方法对整治效果进行验证，该研究方法可为类似航道整治项目提供参考。

1 工程概况及碍航特性

1.1 工程概况

赣江新干航电枢纽和龙头山水电枢纽均位于赣江中游，是赣江干流 8 个规划梯级中的第 5、6 梯级，两坝间河段全长 61 km，其间有袁河汇入。河段内共有 20 处滩险，自上而下为三湖滩、永泰滩群、横梁滩、袁河口滩群、泉港滩群、半边岭滩群、佐家滩群、龙头山滩群。河床地形由江心洲、边滩、深槽和浅滩组成，该河段整体断面形态深槽窄深、多为 U 形或偏 V 形。

历史上，工程河段进行过多次航道整治工程，包括赣江(吉安—樟树)Ⅵ级航道整治工程、赣江(吉安—樟树)Ⅴ级航道建设工程、赣江(樟树—南昌)Ⅲ级航道整治工程，因此河道两岸分布有大量的整治建筑物，现有河道内两岸边滩多为原丁坝坝田，受河道采砂的影响，部分洲滩岸线崩塌后退严重甚至消失。工程河段的河势及滩险分布见图 1。

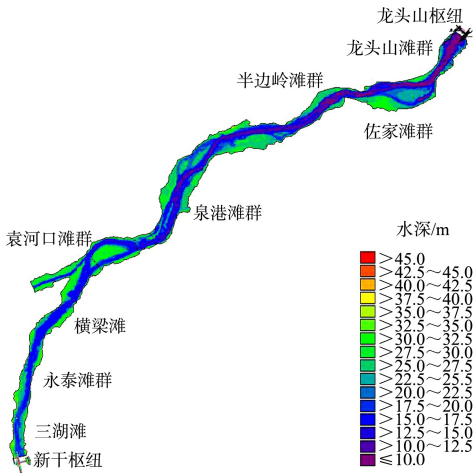


图 1 工程河段河势及滩险分布

1.2 存在问题及碍航特性

根据工程河段 2021 年 5 月的航道测图，结合工程河段航道特性，对照Ⅱ级航道标准，本工程碍航特征主要有以下 4 点：

1) 由于新干枢纽左岸布置为船闸、右岸侧为电站，船闸下游引航道自左岸船闸引出后，随即向右岸过渡，受新干枢纽电站及泄水闸下泄水流剧烈冲刷，河床面显著下降，坝下区大量泥沙被带至左侧引航道及下游主航槽内，新干枢纽坝下近坝段三湖滩段区域泥沙淤积、局部存在浅点、水深不足 3.8 m。

2) 随着龙头山枢纽蓄水、库区形成，整个河段前期整治布置的大量丁坝淹没于水下，坝面水深不足 3.8 m 的丁坝成为新的碍航物，导致航道走向弯曲，不利于通航安全。此外，受河段采砂影响，大部分坝田挖深，部分丁坝被挖断，坝体破损严重。

3) 袁河口滩航段左侧边滩发育，边滩凸出、卵石堆散乱分布、靠航道较近、形成明显卡口，不利于船舶通行。

4) 袁河口滩群上段有江心洲，下段四特大桥、樟树赣江铁路大桥通航孔均靠近右岸，桥间码头密布。受沿线桥梁通航孔限制以及江心洲的约束，现状航线以较小的弯曲半径(约 450 m)由四特大桥上游左岸过渡至右岸后，贴近右岸依次通过四特大桥、樟树市铁路大桥。四特大桥桥区上游航线曲折，两桥之间航线靠近右岸码头前沿水域，不利于船舶航行及码头运营安全。

2 航道整治标准与方案

2.1 航道整治标准

2.1.1 整治原则和措施

针对该河段库区特性及碍航特性，确定整治原则为：因势利导，统筹兼顾，注重生态环境保护，疏浚、清障为主，整治、护岸为辅。整治措施为：通过疏浚和清障拓深、拓宽航道并增大弯曲半径，归顺航道走向，改善航道条件；通过护岸工程维持岸线稳定，促进航道的良性发展。

2.1.2 建设标准

按内河Ⅱ级航道通航 2 000 吨级船舶的标准，根据江西省实际运输船型，确定航道尺度为 3.8 m×75 m×550 m(航深×航宽×弯曲半径)。

2.2 航道整治方案

根据研究河段河流特点及碍航特性，结合枢纽近坝段航道及库尾航道演变特性，提出整治方案。

2.2.1 三湖滩段

针对三湖滩段规划航槽内局部区域水深不足的问题，采用仅对水深不足区域进行开挖的方式。自新干枢纽运营以来，坝下游段航槽内已进行了多次引航道维护性疏浚，效果良好且效率高，从开挖工程量、经济性等方面综合考虑，该方案是合理可行的。此外，近坝段下游右岸部分丁坝受枢纽下泄剧烈冲刷，现状为断坝，失去了束水攻沙的作用，须进行拆除。右岸部分丁坝现状基本完好，与永泰滩丁坝形成丁坝群效果，起到增大近坝河段冲刷动能、减小近坝区泥沙淤积的作用，拟将其进行维修整平。三湖滩段设计方案布置见图 2。

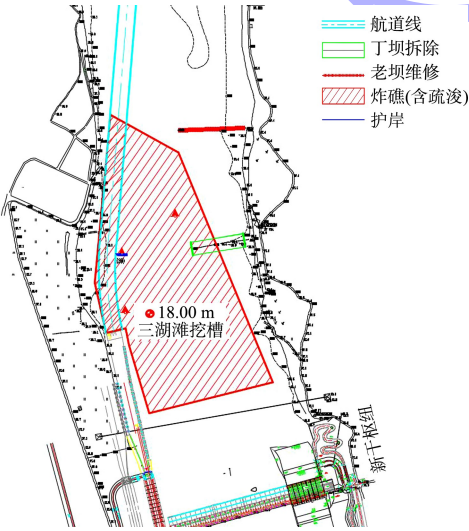


图 2 三湖滩段设计方案布置

2.2.2 永泰滩群

该滩段上游 3 km 为近坝河段，上游来沙易淤积于本河段内，为增大近坝河段冲刷动能、减小近坝区泥沙淤积，对右岸保留部分的丁坝进行维

修整平；左岸丁坝多埋置于边滩内，与边滩融为一体，不再进行维修。部分丁坝坝头靠近航道边线、影响通航安全，因此拆除规划航槽两侧 100 m 区域内的丁坝。该滩段中下段航道水深良好，丁坝已失去束水攻沙作用，拆除边滩线以外全部老坝。拆除丁坝 15 座，维修整平丁坝 5 座。永泰滩群段设计方案布置见图 3。

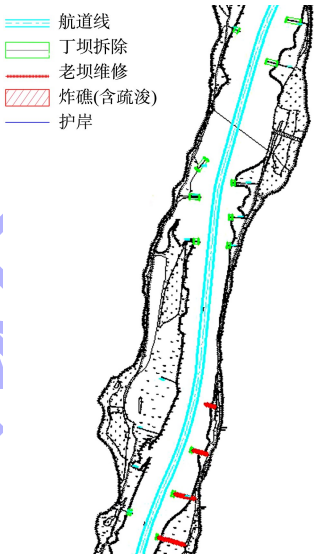


图 3 永泰滩段设计方案布置

2.2.3 横梁滩

该滩段为微弯河段，现有丁坝坝头过于靠近航道边线，影响通航安全，拟拆除边滩线以外的老坝，共 5 座。

2.2.4 袁河口滩群

该段河势弯曲，拟清除誉家洲洲头上游左侧边滩及卵石包，向左调整航道，以平顺桥区航线、减小桥区航线与桥轴线交角；对该滩群下段规划航线范围内局部水深不足区域进行疏浚。随着库区形成，袁河汇流口处的 1 座顺坝、主汊洲头处的 2 座丁坝整治效果已消失，该顺坝及丁坝靠近桥区航线，安全隐患较大，拟进行拆除，共拆除丁顺坝 3 座。誉家洲洲头表层土层以中砂为主，洪水期河段内流速增大，受洲头水流的顶冲作用岸线易崩塌，为保护洲头岸线的稳定，布置 1 段长 877 m 护岸。袁河口滩段设计方案布置见图 4。

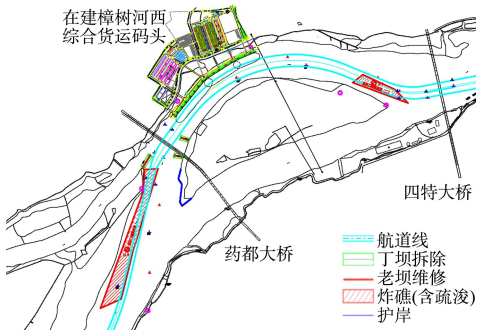


图 4 袁河口滩段设计方案布置

2.2.5 泉港滩群

该滩群河段位于龙头山枢纽库区中下段，前期整治于该滩群内布置了众多丁坝，潜没于水下且坝面水深不足，形成新的水下碍航物，现状航道走向受丁坝群约束、弯曲多变，不利于通航安全。考虑成库后丁坝整治效果消失，拟拆除边滩线以外潜没的老坝、调顺航道走向，共拆除丁坝 45 座。另考虑右岸存在两处凸出沙嘴，较为靠近航道，拟进行挖除，共布置挖槽 2 条，开挖底高程 19.9m。泉港滩群段设计方案布置见图 5。

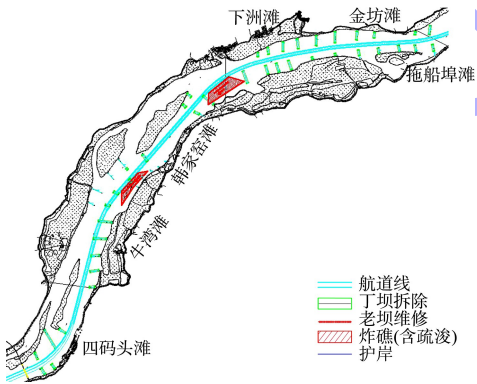


图 5 泉港滩群段设计方案布置

2.2.6 佐家滩群

该滩段为微弯河段，受江心洲影响，河道分为左、右两汉，主流为左汉。龙头山枢纽蓄水后，枯水河面宽 350~1 080 m，水深富余，普遍枯水水深 7 m 以上。前期整治的丁坝群潜没于水下且坝面水深不足，形成新的水下碍航物，拟拆除边滩线以外潜没的老坝，共 6 座。

3 数学模型建立及验证

3.1 模型范围和网格尺寸

根据 2021 年 5 月实测的水下地形资料，建立了工程河段长约 61 km 的二维水流数学模型，计算区域还包括了袁河河口处长约 5.2 km 的河段。根据河道河势、地形等因素，采用非结构化三角形网格。为提高航道整治计算精度，对丁坝、桥墩及规划航槽附近的网格进行加密。计算河道网格尺寸顺水流、垂直水流方向一般为 30 m，加密处网格尺寸为 2~5 m，共布置网格数合计 33 万个。

3.2 参数选取

河段内糙率是个综合影响因素，一般主槽内糙率为 0.020~0.025、浅滩或边滩内的糙率为 0.025~0.040。

3.3 模型验证

数学模型水位验证资料采用 2019 年新干枢纽出库流量及两坝间河段内测站水位观测资料，共选取洪、中、枯水 3 级流量作为验证工况，选取的日期应保证前后几天内流量和水位较稳定。经验证，计算值与实测值误差绝对值不大于 0.05 m。数学模型验证研究工况及水位验证结果见表 1。

表 1 数学模型验证研究工况及水位验证结果

测点名称	坝下里程/km	水位/m								
		$Q=927\text{ m}^3/\text{s}$			$Q=4\,052\text{ m}^3/\text{s}$			$Q=12\,140\text{ m}^3/\text{s}$		
		实测值	计算值	差值	实测值	计算值	差值	实测值	计算值	差值
樟树水文站	1.2	19.61	19.58	-0.03	30.46	30.51	0.05	24.75	24.71	-0.04
丰城水位站	53.4	14.69	14.73	0.04	22.71	22.70	-0.01	17.74	17.79	0.05

4 航道整治方案研究

4.1 工况研究

为充分认识航道整治方案实施前后工程河段

水流运动特征及变化，考虑 3 个典型流量级，数模计算工况见表 2。

表 2 数模计算工况				
工况	模型入口流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	袁河入汇流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	模型出口水位/m	备注
1	1 214	200	24. 20	整治流量
2	5 100	1 430	22. 30	停机流量
3	14 520	5 380	26. 44	设计最高通航流量

4.2 工程前后整治效果分析

4.2.1 沿程水位与航道水深

工程前,在整治流量和停机流量情况下,坝下游三湖滩段和下游泉港滩群处局部区域航道水深不满足 3.8 m 要求;整治工程实施后,受疏浚作用及丁坝拆除的影响,断面扩大,引起河段水位的下降(整治流量条件下降幅最小,为 0.3 m),水面比降减缓,设计航道线内水深均能满足最低通航水深 3.8 m 要求。

4.2.2 河道流场与流速

各级流量条件下,河道内水流较顺直,流向与航道走向基本一致。新干枢纽坝下游三湖滩段河道较窄,受两岸丁坝群的影响,水流集中于河槽,流速局部增大。袁河汇入口至誉家洲洲尾河段,水流被誉家洲分为左右两股,主流仍在河槽内,左汊入口处水流受丁坝及左侧边缘卵石包分布散乱的影响,流速局部增大,该处航道线与主流有较明显斜交,在停机流量条件下夹角达到了 36°、横向流速高达 0.6 m/s。下游水流逐渐展宽,自四特大桥往下河道开阔、水流无明显归槽。

工程后,对于局部挖深的区域,因开挖范围较小,工程前后河道内流速变化不大,变幅基本在 0.11 m/s 以内。袁河汇入口处通过清除左侧边滩、卵石包及拆除部分丁坝,工程前河道内出现的回流、绕流等不良流态基本消失,水流变得更加平顺,航道线与主流的夹角减小(最大夹角为 11°),航道内横向流速普遍减小(最大减小幅度为 0.26 m/s,最大横流降低至 0.36 m/s)。丁坝拆除区

域,水流受坝头挑流作用减小、水流更集中于河中、变得更加平顺。随着流量的增大,主槽内流速增大、局部滩地开始过流。各滩段河道流速变化规律与小流量条件下相似,河道流速较工程前有增有减,但增减幅度较小。

5 结论

1)在进行赣江新干枢纽—龙头山枢纽Ⅱ级航道整治工程时,对局部水深不足区域采用针对性疏浚,后期定时进行维护性疏浚的方式,简单快捷,高效经济;对袁河口滩群处碍航边滩进行疏浚开挖,可平顺桥区航线,减小桥区通航风险;对河段中失去束水作用的碍航丁坝进行拆除,可调顺航道走向,扩宽适航水域;对可利用的丁坝进行维修利用,增加河段冲刷动能,减少泥沙淤积,降低整治成本。

2)工程河段平面较弯曲,尤其在袁河口滩群附近桥梁众多,在袁河汇入口下游不远处建设有樟树河西综合货运码头、桥梁间分布有码头,虽已对左侧边滩及卵石包进行了疏浚、清除了部分碍航丁坝、调顺了航道,但为确保通航安全,应定时对该处航道内水深进行监测,确保通航安全。

参考文献:

[1] 汪路瑶,曹民雄,马爱兴,等.赣江石虎塘枢纽坝下Ⅲ级航道整治方案研究[J].中国水运(下半月),2019,19(4):136-138.

[2] 刘臣.那吉枢纽库区航道整治效果分析[J].水运工程,2012(11):151-155.

[3] 周勤,马倩,何进朝,等.嘉陵江草街—北碚段航道整治效果及补水需求分析[J].水运工程,2019(7):149-154.

[4] 贲鹏,陆海田,张辉.淮河干流临淮岗—鲁台子段航道整治[J].水运工程,2020(8):152-157.