



连江航运枢纽安全隐患处置方案

罗业辉

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 连江现存界滩等10座航运枢纽大都已超过使用年限, 建筑物在平面布置、主体结构、地基处理以及施工质量等方面均存在安全隐患。针对此问题, 提出枢纽报废拆除、除险重建和梯级统一调整布局等安全隐患处置方案。通过技术经济比选, 推荐采用梯级统一调整布局方案, 该方案将建设以航运为主, 兼顾发电、灌溉、供水、防洪、城市景观等功能的综合枢纽, 实现水资源综合利用和效益最大化, 可为今后类似河流上的枢纽安全隐患处置提供参考。

关键词: 使用年限; 安全隐患; 报废拆除; 梯级布局; 水资源; 综合利用

中图分类号: U641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)07-0169-05

Disposal plans for hidden safety hazards of Lianjiang shipping hub

LUO Yehui

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: Most of the existing 10 shipping hubs in Lianjiang, such as Jietan, have exceeded their service life, and there are hidden safety hazards in terms of plane layout, main structure, foundation treatment, and construction quality of buildings. Therefore, this paper proposes disposal plans for hidden safety hazards, including hub scrapping and demolition, reconstruction after risk removal, and unified cascade layout adjustment. Through technical and economic comparison, the paper recommends the unified cascade layout adjustment plan. This plan aims to build a comprehensive hub with navigation as the main function, which also considers power generation, irrigation, water supply, flood control, urban landscape, and other functions, so as to comprehensively utilize water resources and maximize benefits, which can provide a reference for the disposal of hidden safety hazards of hubs in similar rivers in the future.

Keywords: service life; hidden safety hazards; scrapping and demolition; cascade layout; water resources; comprehensive utilization

1 工程概况

连江自连州到北江与连江交汇口全长181 km, 现状航道等级为VI级。除西牛和龙船厂枢纽分别于2009年和2015年由地方政府拆建外, 现存界滩等10座航运枢纽建设于20世纪50年代末和70年代中期, 见图1。由于建设年代久远, 所属地区为石灰岩地区喀斯特地貌, 地质结构复杂, 存在渗流安全、结构安全等诸多问题, 且因防洪标准和工程质量达不到现行规范要求, 全部被评定为四类闸^[1]。根据《水闸安全评价导则》的规定^[2],

四类闸需降低标准运行或报废重建。

为降低连江航运枢纽运行的安全风险, 连江航运枢纽管养单位对界滩、花溪、蓑衣滩等3座枢纽采取了降低水位运行措施, 针对架桥石、较剪陂通行桥承载能力不足的问题进行了应急加固处置^[3], 但仍未能从根本上消除枢纽的安全隐患, 解决枢纽防洪标准问题。因此, 从连江航运枢纽生产安全、防洪体系安全以及经济发展需求等多角度考虑, 开展连江航运枢纽安全隐患处置方案研究是非常必要的。

收稿日期: 2022-08-05

作者简介: 罗业辉 (1975—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水运工程设计和研究工作。



图1 连江流域水系及航运工程分布

2 枢纽安全隐患分析

2.1 水工建筑物结构质量

枢纽建筑物主体结构多为浆砌石，黏结材料（砂浆）日久侵蚀风化失去胶黏性，表现为拦河坝闸门底及两侧漏水；浆砌石或混凝土预制块（件）脱落、倒塌；提升门排架或公路桥混凝土结构露筋、开裂、蜂窝等。若枢纽建筑物被进一步淘刷，公路桥超载或混凝土面继续损坏，则可能导致建筑物垮塌。经复核计算，各枢纽泄水闸的稳定性、基底应力及强度在部分工况下均存在不满足现行规范要求的情况^[4]。

2.2 地基和基础

坝址区域岩溶较发育，基岩面附近的溶洞、溶槽的充填物在水流的长期渗漏、淘蚀下被逐渐淘刷，导致坝（闸）基变形甚至失稳，影响建筑物安全。

2.3 泄水闸渗流

界滩、青莲、蓑衣滩和架桥石均设置了防渗铺盖，从计算结果看，渗流安全满足现行规范要求，但其闸坝坝心的主要填充物（砂卵石和堆石）已经出现松散状态，闸坝的渗流稳定安全存在较大隐患。同时，上游黏土的铺设范围未能完全覆盖溶沟溶槽，无法阻隔溶沟溶槽的渗漏，且铺设时与胸墙、基岩的结合面难以处理，影响了其功能的发

挥。而其它未设置防渗铺盖或者已发生冲击破坏的枢纽，坝基渗流坡降不满足要求，坝基或坝心填充物可能被水流冲刷带走，造成渗透破坏。

2.4 防洪标准

据现状调查，现有泄水闸在遭遇5 a一遇小洪水情况下一般可以在泄洪建筑物范围内宣泄洪水；当遭遇5 a一遇以上较大洪水时，洪水就会越过坝顶泄洪，并且部分洪水通过电站闸孔和船闸闸室、引航道向下游宣泄；在遭遇更大洪水情况下，常出现通过两岸阶地宣泄洪水的情形。在漫坝顶河岸阶地泄洪时，现有的闸坝、闸门、船闸以及电站厂房全部成为阻水建筑物，大大滞缓了河槽的泄洪能力，壅高了上游洪水位；同时，洪水及其携带的竹、木垃圾甚至脱锚的船舶冲击水中的闸坝、船闸、电站，造成门机电设备损坏和下游引航道冲刷，极大危及建筑物安全。

2.5 金属结构及机电设备

枢纽的金属结构设备强度与刚度满足规范要求，机电设备总体运行良好，但也存在一些问题：溢流坝闸孔门孔净宽和净高较小，洪水期间河水裹挟着竹、木等各种漂浮污物在门孔中卡塞，造成溢流坝旋倒闸门不同程度阻卡，影响闸门启闭，止水不严造成漏水并产生气蚀。而加固工程中尚

有旋倒闸门没有更换，支铰轴部分磨损，无法水力自动闭门。此外，金属结构部分构件涂层脱落或者厚度值不满足规范要求，存在变形和局部锈蚀；侧止水和底止水普遍老化、漏水严重，旋倒闸门和门槽附近有较大漩涡。

2.6 使用年限

各枢纽运行使用年限为：界滩、黄燕枢纽 61 a，黄牛枢纽 60 a，花溪、青莲枢纽 50 a，较剪陂、青霜和架桥石枢纽 51 a，黄茅峡枢纽 49 a，蓑衣滩枢纽 47 a。各枢纽永久性主要水工建筑物级别为 3 级，次要建筑物为 4 级。按照规范^[5]，除黄茅峡和蓑衣滩枢纽外，其它枢纽均已达到或者超过建筑物的合理使用年限。

综上所述，各枢纽泄水闸主体结构、坝基开挖与处理均存在不满足规范要求的情况，实施的应急处置工程不能根除岩溶地基问题，不能解决船闸闸墙内部砌石砂浆脱落及墙体浆砌石裂缝等问题，不能根治结构本身长期以来存在的固有缺陷，且后期维护费用较高。而降低标准运行未改变结构的现状，同样不能根除枢纽安全隐患、解决枢纽防洪标准低的问题。

3 安全隐患处置方案

3.1 方案选择

3.1.1 方案 1：枢纽报废拆除，恢复天然河流

拆除连江界滩—架桥石 10 座航运枢纽船闸+拦河坝（泄水闸）部分，恢复连江龙船厂航运枢纽下游至西牛航运枢纽上游河段为天然河段。采用机械破碎技术拆除工艺，围堰干地施工。主要拆除工程包括坝前土方开挖，闸坝构筑物、闸门及启闭机拆除，电站和泵站加固防护以及弃渣工程等，均为常规施工项目，技术难度不大^[6]。

枢纽拆除后，河道恢复天然状态，枯水位下降，对沿线的灌溉和引水造成影响；洪水位下降，对防洪有利。建立工程河段一维水动力模型，分别模拟 30、20、10 a 一遇洪水和 50%、80%、95% 保证率流量下现状和拆除后的水面线，见图 2。从图中可见，30 a 一遇洪水时，每个枢纽坝上段都有较大的水位降低，最大水位下降 1 m，位于青莲枢纽坝上断面。枯水时每个拆除枢纽库区内水位均明显降低，坝前水位降低均大于 4 m，50% 保证率流量下，较剪陂、界滩水位分别降低 6.16 m 和 5.90 m。

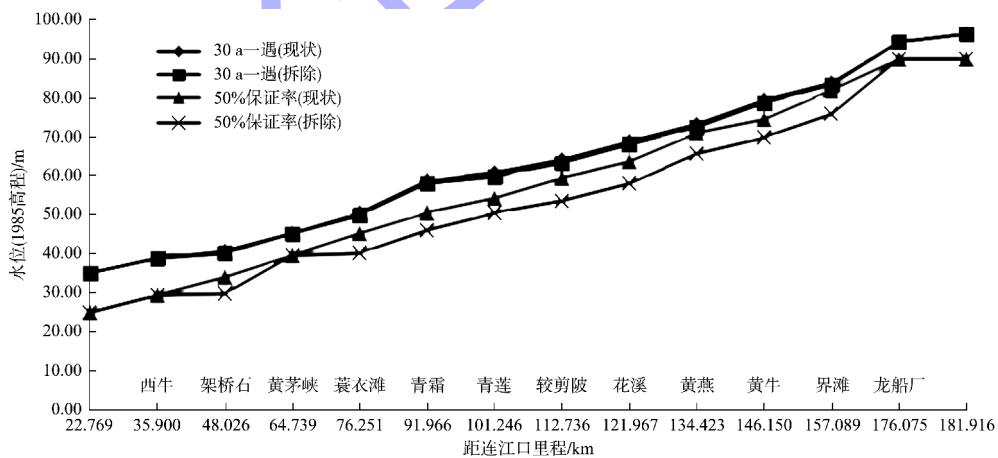


图 2 工程前后水面线对比

从通航影响来看，按照航道规划^[7]，西牛以上为 V 级航道，航深 1.2 m，航宽 30 m；西牛以下为 III 级航道，航深 2.5 m，航宽 60 m。采用现状地形和不同保证率流量进行模拟计算，结果显示：70% 保证率流量下，龙船厂断面流量 32.8 m³/s，高道断面流量 109 m³/s（距离上游西牛枢纽约 12 km），主

河道的 535 个断面中有 355 个不满足通航水深要求；30% 保证率流量下，龙船厂断面流量 91.2 m³/s，高道断面流量 327 m³/s，214 个断面不满足通航水深要求；10% 保证率流量下，龙船厂断面流量 226.8 m³/s，高道断面流量 777 m³/s，75 个断面不满足通航水深要求。分别在 70%、30%、10% 保证率流

量下对航道进行疏浚，使之达到航道水深要求，3种工况下的疏浚量分别为626万、194万、99万 m^3 ，疏浚量沿程分布见图3。由此可见，连江航运枢纽安全隐患处置如采用本方案，则通航保证率过低；而采用拓宽疏浚的方法，土方工程量巨大。

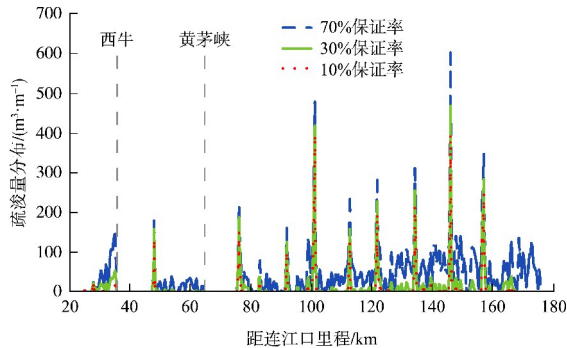


图3 疏浚量沿程分布

3.1.2 方案2:除险重建

连江连州—连江口181 km 渠化航段西牛以上段按照V级航道通航标准整治，西牛以下段按照Ⅲ级航道通航标准整治。黄牛枢纽船闸位于凸岸，容易淤积；花溪枢纽引航道呈折线布置，船舶行驶存在安全隐患；架桥石枢纽坐落在砂砾石地基上，岩溶发育；除将以上3个枢纽的重建坝址分别向上游移动2.00、0.55、4.00 km外，其它枢纽均原址重建。船闸有效尺度参照已建西牛枢纽为140.0 m×16.0 m×3.5 m(闸室有效长度×闸室有效宽度×门槛最小水深)；桥梁维持现状。通过现场踏勘并开展连江航道渠化水库淹没及移民安置初步规划专题报告研究^[8]以确定枢纽正常挡水位，除龙船厂枢纽蓄水位不变外，其余11个枢纽蓄水位抬高0.9~2.9 m，见图4。

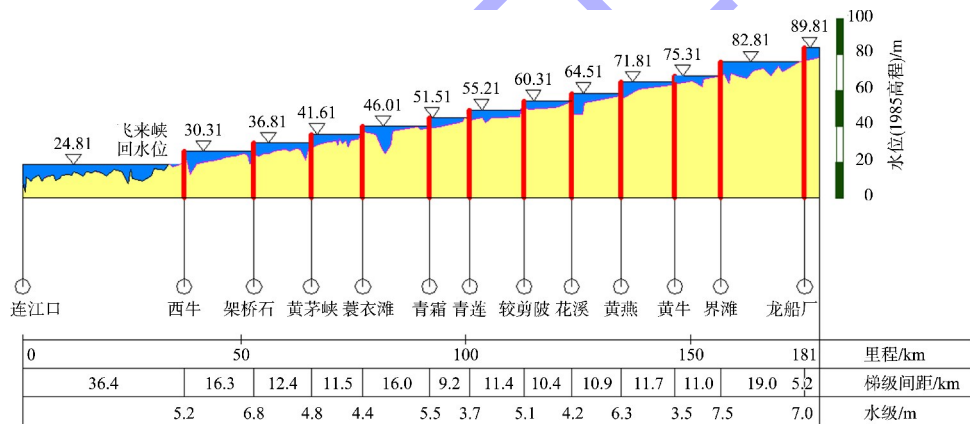


图4 方案2纵剖面

3.1.3 方案3:统一规划,调整梯级布局

现有12座枢纽沿程的总水位差为60.5 m，平均每个枢纽上下游水位差5.04 m，枢纽平均间距为12.1 km。参照国内外其他渠化河流的梯级布置情况来看，渠化河流梯级间河段的长度不宜过小，应使船舶在这一渠段的航行时间大于船舶过闸时间，避免过闸船舶聚集在通航建筑物前而造成拥挤现象。因此有必要适当减

少枢纽数量、适当增大单个枢纽的设计水头，并根据河道的水文、泥沙、地形地貌、地质和接岸等自然条件，充分考虑上、下游渠化梯级通航水位衔接、河道防洪排涝、征地拆迁影响、水资源综合利用等要求进行统一规划，梯级布局从12级调整为8级，枢纽重新选址，建设以航运为主、实现水资源综合利用的综合枢纽。方案布置见图5。

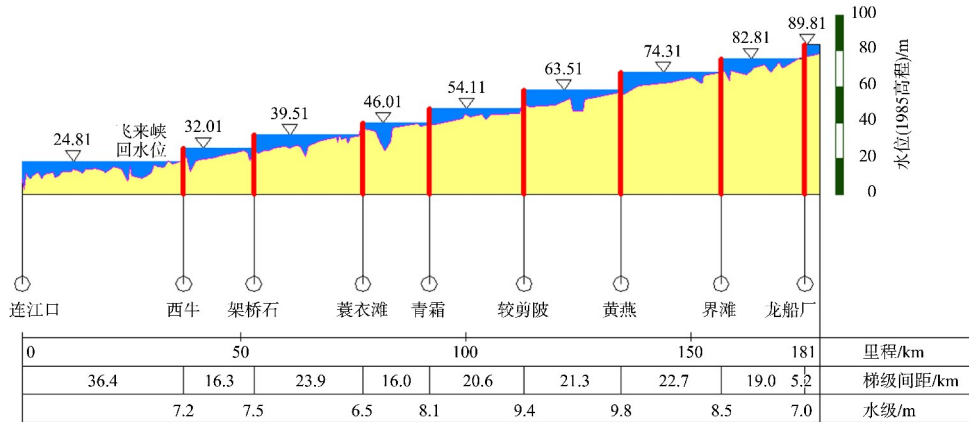


图 5 方案 3 纵剖面

3.2 方案比选

各方案优缺点对比见表 1。从连江航运枢纽生

产安全、防洪体系安全以及经济发展需求出发，推荐采用方案 3。

表 1 连江航运枢纽安全隐患处置方案优缺点对比

方案	优点	缺点
1	1) 恢复天然河流可减少库区淹没,恢复鱼类洄游通道; 2) 彻底消除现有枢纽的安全隐患; 3) 投资小,约为 4.4 亿元; 4) 安全隐患处置时间短,工期 3 a 左右	1) 通航保证率低,库区内湟川三峡—龙潭度假区观光船舶正常通航期缩短,景区游玩项目消减,效益受影响; 2) 沿线水位降低,影响沿线城镇供水和农田灌溉;枯水期水源匮乏,库区储水区消失,鱼类生长环境受影响,对连江渔业资源的保护和发展不利; 3) 部分枢纽交通桥担负着两岸交通出行重任,拆除方案的实施影响两岸群众日常生活,农副产品运输; 4) 现有电站总装机容量 82.01 MW,多年平均发电量 3.98 亿 kW·h,发电功能的丧失将导致沿线厂矿企业和城镇居民用电得不到满足,制约地方经济的发展
2	1) 重新规划选址,解决枢纽布置缺陷,岩溶地基和淤积问题; 2) 建筑物全部采用钢筋混凝土结构,解决结构安全问题; 3) 金属结构摒弃水力自控旋倒闸门,改用提升闸门,扩大泄流闸孔尺度,解决了泄洪及结构安全问题; 4) 航道等级得到提升,增加船舶通过能力,提高社会效益; 5) 根本上消除枢纽安全隐患	1) 安全隐患处置时间较长,工期预计 5~8 a; 2) 投资大,约为 93.1 亿元
3	同方案 2。此外,梯级布局从 12 级调整为 8 级,建设以航运为主,兼顾发电、灌溉、供水、防洪、城市景观等功能的综合性枢纽,实现水资源综合利用,充分满足各行业诉求,综合效益最大化	1) 安全隐患处置时间较长,工期预计 5~8 a; 2) 投资较大,约为 90.3 亿元

4 结语

1) 枢纽报废拆除方案投资最省,可快速、彻底消除现有枢纽的安全隐患,但该方案涉及通航、发电、灌溉、供水、渔业、旅游、交通出行、人员安置等利益相关方的影响较大,需统筹处理好各方关系,规避可能存在的各种社会风险。

2) 枢纽除险重建和梯级统一调整布局方案投

资较大,工程复杂,安全隐患处置时间较长。从连江航道及航运枢纽工程建设及运行近半个世纪的经验教训来看,要保证方案顺利实施,需地方政府、航道、水利主管部门及电站业主单位共同协商,统一领导、统一规划、统一建设、统一管理,最大限度合理利用水资源,使各方利益都能得到保障。

(下转第 187 页)