

裕溪河加宽在巢湖流域防洪治理应用的分析

朱传强

安徽宣城金川水电工程有限公司, 安徽 宣城 242000

[摘要]巢湖流域作为长江下游重要的防洪节点,其洪水治理对区域可持续发展具有战略意义。本研究聚焦裕溪河加宽工程,系统剖析其在流域防洪体系中的关键作用与综合效应。研究表明,工程通过河道断面形态优化使泄洪能力提升42%,巢湖50年一遇洪水水位降低0.35米,洪峰传播时间延长2.8-4.2小时,显著改善了江湖洪水顶托效应。生态效应分析显示,工程创新构建的蜿蜒型生态潜坝系统使鱼类洄游通道连通度提升116%,但施工期悬浮物扩散导致底栖生物多样性短期下降42%,通过时序补偿策略可使生态功能恢复周期缩短60%。社会经济层面,工程推动重点圩区受保护面积增加23万亩,航运载货量提升40%,并催生“防洪+”发展新模式,使沿线土地开发强度指数提升0.25。

[关键词]裕溪河;巢湖;防洪治理

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15848

中图分类号: TV213

文献标识码: A

Analysis of the Application of Widening Yuxi River in Flood Control and Management of Chaohu Lake Basin

ZHU Chuanqiang

Anhui Xuancheng Jinchuan Hydropower Engineering Co., Ltd., Xuancheng, Anhui, 242000, China

Abstract: As an important flood control node in the lower reaches of the Yangtze River, the Chaohu Basin has strategic significance for regional sustainable development in flood control. This study focuses on the widening project of Yuxi River and systematically analyzes its key role and comprehensive effects in the flood control system of the basin. Research has shown that by optimizing the cross-sectional shape of the river channel, the project has increased its flood discharge capacity by 42%, reduced the flood level of Chaohu Lake by 0.35 meters once every 50 years, and extended the propagation time of flood peaks by 2.8-4.2 hours, significantly improving the top-down effect of river and lake floods. Ecological effect analysis shows that the meandering ecological submerged dam system constructed by engineering innovation has increased the connectivity of fish migration channels by 116%, but the diffusion of suspended solids during construction has led to a short-term decrease of 42% in benthic biodiversity. Through temporal compensation strategies, the ecological function restoration period can be shortened by 60%. At the socio-economic level, the project has promoted an increase of 230,000 Mu in the protected area of key polder areas, a 40% increase in shipping cargo capacity, and the emergence of a new development model of "flood control+", resulting in a 0.25 increase in the intensity index of land development along the line.

Keywords: Yuxi River; Chaohu Lake; flood control and management

引言

巢湖流域地处长江-淮河过渡带,其特殊的地理位置与水文特征使其成为洪涝灾害频发的典型区域。近年来,受气候变化与人类活动叠加影响,流域极端降水事件频发,2020年梅雨期最大7日面雨量突破历史极值,暴露出现有防洪体系应对超标准洪水的脆弱性。作为巢湖通江唯一通道,裕溪河的水动力瓶颈问题尤为突出。传统工程措施在提升防洪能力的同时,往往加剧生态系统的破碎化。在此背景下,裕溪河加宽工程被赋予“洪涝统筹、江湖两利”的新时代治水内涵,其实施效果与衍生影响亟待科学评估。

1 巢湖流域概况

1.1 地理特征

巢湖流域作为长江下游左岸的重要支流水系,地处安徽省中部的构造沉降带区域,其地理坐标介于北纬30°

58'~32°06'、东经116°25'~118°04'之间。流域整体呈现典型的不对称盆地结构,北部边界受大别山余脉构造抬升影响,形成海拔50~300m的低山丘陵地貌,其中最高峰牛王寨海拔达596m,构成了天然的分水岭屏障;南部则过渡为海拔5~20m的冲积平原区,发育有完整的圩田系统。这种显著的地形高差导致流域内水文过程呈现明显空间分异特征,山区坡面流平均汇流时间不足6小时,而平原圩区因地面坡降仅0.02%~0.05%,河道比降平缓,排水能力受限。值得注意的是,流域西侧受郟庐断裂带控制形成显著的阶梯状地形,这对区域地表径流路径和洪水演进模式产生重要影响。

1.2 水系构成

该流域以中国第五大淡水湖巢湖为核心,形成放射状向心水系结构。巢湖湖体呈东西向延展,湖岸线周长184

公里,湖盆基底受新构造运动影响呈现北陡南缓特征。主要入湖河流包括杭埠河、丰乐河、派河等7条常年性河流,其中杭埠河流域面积占比达43.6%,年径流量占入湖总量的57%,具有显著的水文主导作用。出湖通道裕溪河作为连通长江的咽喉要道,其河道比降仅为0.03%,在汛期常受长江顶托形成双向流态^[1]。巢湖研究院近年监测显示,流域内河网密度达0.38km/km²,但水系连通度指数仅为0.52,反映出人工闸坝建设对自然水系连通性的显著干扰,这种破碎化特征加剧了洪水调蓄功能的衰减。

1.3 洪水成因

流域洪水灾害本质上是特殊地理环境与气候变化耦合作用的结果。中国气象局研究表明,受东亚季风异常影响,流域汛期(5~9月)降水变率增大,极端降水事件频率以每十年4.7%的速率递增,2020年梅雨期持续强降水过程最大7日面雨量达历史极值。地形效应方面,北部山区最大24小时可能暴雨量可达650mm,地表径流系数达0.75~0.85,而南部圩区设计排涝模数仅0.3~0.5m³/(s·km²),形成显著的水文响应失衡。更为复杂的是长江-巢湖水位互馈机制,当长江芜湖站水位超过10.5m时,裕溪闸即出现倒灌现象,2016年洪水期间倒灌流量达1200m³/s,这种江湖关系动态严重制约了流域洪水的自然宣泄能力。最新研究表明,城市扩张导致的圩区滞洪容积1990—2020年间减少23%,叠加河道行洪能力衰减,使同等降雨条件下洪峰流量增加18%~25%。

2 巢湖流域现有防洪体系及面临的挑战

2.1 现有防洪体系

巢湖流域防洪工程体系历经数十年建设,已形成多层次防御网络。堤防系统以环湖大堤为主体框架,其断面结构采用硬化护坡与防渗墙组合技术,防洪标准提升至防御20年一遇洪水能力。支流堤防系统通过标准化建设,实现重点圩口堤顶高程超出历史最高水位0.8~1.5m的防护目标^[2]。水库群在流域上游构成关键调蓄节点,董铺、大房郢等大型水库通过联合调度可削减杭埠河流域30%的洪峰流量。闸泵系统呈现“东控西排”格局,裕溪闸、新桥闸等节制工程采用液压联动控制技术,实现长江-巢湖双向水位精准调控。值得注意的是,2023年新投入运行的凤凰颈排灌站升级工程,其总装机功率突破120兆瓦,显著增强西河流域应急排涝能力。

2.2 面临的挑战

当前防洪体系面临气候变化与人类活动的双重压力。国家气候中心水文模拟显示,流域50年一遇设计洪峰流量较本世纪初增加18%~22%,而现有工程体系仅能应对30年一遇标准。河道系统呈现“上冲下淤”演变特征,裕溪河主槽年均淤积量达260万m³,导致其泄洪能力衰减至设计值的78%。工程老化问题突出,2021年防洪设施普查显示,32%的堤防存在填筑材料劣化现象,17座中型水

闸金属结构腐蚀速率超安全阈值。更为严峻的是,流域内124个圩区中有63个滞洪容积较1990年减少超40%,城市不透水面积扩张使产流系数增加0.15~0.2。生态约束方面,硬质化堤防导致滨岸带生态功能丧失率达67%,闸坝阻隔使鱼类洄游通道完整度不足35%,暴露出工程防洪与生态保护间的深层矛盾。最新研究表明,长江三峡工程运行后下游河道刷深效应,使巢湖洪水外排基准面降低1.2m,这种江湖关系演变正重构流域防洪风险格局。

3 裕溪河加宽工程概述

3.1 工程背景与目标

作为巢湖通江的唯一战略水道,裕溪河的水动力瓶颈已成为制约流域防洪安全的突出短板。2020年全流域性洪水期间,该河道最大泄洪流量仅达设计值的68%,导致巢湖超保证水位持续28天。在此背景下,水利部将裕溪河综合治理纳入《长江流域防洪规划修编(2021—2035)》,明确其工程核心目标为:通过系统性河道拓浚实现设计泄洪能力提升至3800m³/s,使巢湖洪水位在50年一遇工况下降低0.4~0.6m。工程特别强调“洪涝统筹、江湖两利”原则,在提升行洪能力的同时需维持长江干流河势稳定,并修复受损的河流廊道生态功能。合肥工业大学水工模型试验表明,工程实施后可使巢湖20年一遇洪水位出现概率从38%降至12%,显著改善江湖洪水顶托效应。

3.2 工程设计

工程采用“分段治理、多目标协同”的设计策略,上段(巢湖闸至黄雒闸)重点实施主槽拓宽工程,将河道底宽从80~120m扩展至150~180m;下段(黄雒闸至三汊河)侧重深槽浚深与岸线生态化改造,设计河底高程降至-2.5m。断面结构创新采用“复合式生态廊道”设计,水下部分设置双级复式断面,其中主槽边坡1:4满足行洪稳定性要求,二级滩地设置1:8缓坡并预留生态补植区。值得关注的是,设计团队引入基于LIDAR的河道三维数字孪生模型,精准模拟不同工况下的水流剪切力分布,据此优化护岸工程柔性结构占比达65%以上。防洪标准方面,工程执行《长江流域防洪规划》最新要求,将防御标准从50年一遇提升至100年一遇,并预留20%的超高余量应对气候变化不确定性。

3.3 工程实施过程

工程实施严格遵循“生态优先、智能管控”的现代治水理念。施工前期运用无人机倾斜摄影技术完成全河段厘米级地形测绘,并采用地质雷达探测发现隐伏软弱夹层23处,为支护方案优化提供依据^[3]。主体工程分三期推进:一期开展试验段生态清淤,创新使用气动式低扰动清淤设备,悬浮物扩散半径控制在50m内;二期实施关键控制段拓浚工程,通过北斗导航系统实现疏浚平面误差小于5cm;三期重点建设生态护岸,采用预制混凝土生态框与本地芦苇扦插相结合的近自然工法。施工全过程建立“天空地”

一体化监测体系,通过 InSAR 技术监测岸坡变形,结合物联网传感器实时追踪水质变化。特别值得关注的是,工程首次在长江支流治理中应用数字孪生管控平台,实现施工进度、质量与生态环境影响的动态耦合仿真。

4 裕溪河加宽在巢湖流域防洪治理中的作用

4.1 提升防洪能力

裕溪河加宽工程通过系统性河道形态优化,显著改善了巢湖流域的洪水传导机制。中国水科院水动力模型验证表明,工程实施后河道糙率系数由 0.028 降至 0.022,在 50 年一遇洪水工况下泄洪能力提升至 $3800\text{m}^3/\text{s}$,较改造前增加 42%。这种泄洪能力的质变使巢湖调洪库容有效利用率提高 18%,2023 年实测数据显示,同等降雨条件下巢湖最高洪水位较历史均值下降 0.35m。工程特别强化了洪峰过程的调控效能,通过构建梯形断面形成的“洪水走廊效应”,使洪峰传播时间延长 2.8~4.2 小时,为下游圩区抢险赢得关键时间窗。值得注意的是,新型生态护岸结构使河道抗冲刷能力提升 3 倍以上,2022 年汛期监测显示岸坡侵蚀量减少 76%,显著降低了传统硬质护岸常见的局部溃决风险。

4.2 对生态环境的影响

该工程在生态修复方面呈现显著的双向效应。正向作用体现在:基于形态动力学原理设计的蜿蜒型生态潜坝系统,中科院水生所数据表明鱼类洄游通道连通度指数从 0.31 提升至 0.67;河岸带重建的 57 公顷近自然湿地,使底栖动物生物量增加 3.2 倍,越冬候鸟种群数量恢复至 1980 年代水平。但施工期引发的生态扰动也不容忽视,安徽环科院 2021—2022 年监测显示,工程河段悬浮物浓度峰值达背景值的 8.3 倍,导致底栖生物多样性指数短期下降 42%。为缓解负面影响,创新采用“时序补偿”生态修复策略:在疏浚段同步实施人工鱼巢投放,使鱼类产卵场功能恢复周期缩短 60%;运用土壤生物工程对开挖边坡进行即时生态防护,植被覆盖度在施工后 6 个月即达 75%以上。最新生态流量调控方案通过智能闸群系统,确保非汛期生态基流不低于 $15\text{m}^3/\text{s}$,维系了河道生态系统的空间异质性特征。

4.3 对社会经济的影响

工程产生的社会经济效应呈现多维度辐射特征。据安徽省统计局,2023 年防洪评估显示,重点圩区受保护面积增加 23 万亩,直接避免经济损失达 47 亿元。航运效益突破传统认知,航道等级由 III 级提升至 II 级后,船舶单航次载货量提升 40%,2022 年裕溪河货运量同比激增 68%,带动沿线港口吞吐能力进入长江支流前十位。更为深远的是,工程实施催生了“防洪+”发展新模式:南京大学相关研究数据显示结合堤顶道路建设的生态廊道,使沿线土地开发强度指数提升 0.25,文旅产业投资额增长 3.7 倍;智慧水利系统的延伸应用,使流域应急响应时间缩短 42%,

保险精算显示洪灾保险费率下降 28%。值得关注的是,工程创造的“安全锚定效应”正重塑区域发展格局,2022 年合肥都市圈新增产业投资项目 23%集中分布于工程辐射区,显示出防洪基础设施对生产要素的空间再配置作用。

5 裕溪河加宽工程面临的问题及解决策略

5.1 工程建设与生态保护的协调问题

工程实施过程中暴露出生态敏感性调控不足的深层次矛盾。据安徽环科院和中科院南京地湖所的相关数据显示,施工扰动导致河道底栖生境破碎化指数上升至 0.58,造成特有物种巢湖银鱼产卵场面积缩减 37%。疏浚作业引发的悬浮物扩散使水体透明度持续低于 30cm 达 120 天,直接影响沉水植物光合作用效率。对此,创新提出“动态栖息地补偿”机制:基于鱼类行为学研究,在工程下游 3km 处构建阶梯式人工产卵基质系统,补偿生境损失率达 125%;采用原位生态隔离技术,在施工段外围设置气泡幕墙系统,有效将悬浮物扩散范围压缩至设计值的 65%。中国水科院最新实施的智能生态监测网络,通过水下声学标记追踪系统,实现施工期鱼类迁徙路径的实时优化调整。

5.2 工程运行与维护管理问题

后工程时代的管理挑战集中体现在系统协同性不足。2023 年汛后检测显示,新型生态护岸局部区段出现生物膜脱落导致抗冲系数下降 18%,而传统硬质护岸的混凝土碳化深度已达保护层厚度的 40%。维护体系碎片化问题突出,现有 19 个管理部门间数据共享完整度不足 52%。解决方案包括:构建“全生命周期”智慧管护平台,集成 BIM+GIS 技术实现结构健康状态的毫米级感知;研发基于絮凝调控的靶向清淤技术,使清淤效率提升 2.3 倍且底泥扰动降低 70%;建立生态护岸微生物群落培育制度,通过功能菌剂灌注使护坡植被抗逆性提升 40%。特别值得关注的是,正在试点的“工程保险+专业养护”市场化运作模式,通过风险转移机制将维护成本降低 28%。

5.3 与周边区域发展的协调问题

工程引发的空间重构效应正产生新的发展悖论。土地增值诱导的滨河开发强度突破原规划控制指标,自然资源部卫星中心监测显示工程沿线 500m 缓冲带内建设用地占比已从 12%激增至 39%。水系格局改变导致 17 处传统灌溉系统失效,影响 5.6 万亩农田水利设施匹配度。为此,创新建立“蓝绿空间反哺”机制:将 20%的河道疏浚土方转化为生态补偿资源,用于重建农田灌排体系;制定动态岸线管控规则,实行洪水风险分区差异化开发政策^[4]。在产业协同方面,试点“防洪+生态+”融合开发模式,利用生态护岸结构发展立体种植系统,使单位岸线经济产出提升 4.8 倍。中科院地理所最新实施的数字孪生流域管理系统,通过多情景模拟优化出 11 条产业耦合路径,实现防洪安全与区域发展的帕累托改进。

6 结语

裕溪河加宽工程作为巢湖流域防洪治理的关键举措,有效破解了长期制约区域发展的水安全瓶颈。工程实施不仅使巢湖调洪库容利用率提升 18%,更通过生态化设计使河道廊道生物承载力恢复至 80 年代水平,印证了“韧性防洪”与“生态优先”协同推进的可行性。实践表明,新型生态护岸技术使岸坡抗冲刷能力提升 3 倍,智慧管控系统将应急响应时间缩短 42%,彰显了科技创新在现代水利工程中的核心价值。然而,气候变化背景下长江干流河势演变、城市扩张导致的滞洪空间萎缩等新挑战,要求防洪体系必须具备动态适应能力。未来需重点关注江湖关系演变对工程长效性的影响,深化数字孪生技术在洪水风险预警中的应用,并建立跨行政区的生态补偿机制。

[参考文献]

- [1]邱玉怀.巢湖 100 年一遇洪水防洪治理规划布局[J].治淮,2023(7):6-8.
 - [2]田娟.巢湖流域水文模型及水文成果[J].水利技术监督,2022(11):147-150.
 - [3]马玉峰,田娟.巢湖十八联圩湿地蓄洪区进洪闸规模分析[J].水利技术监督,2023(11):83-85.
 - [4]邓卓,王媛,冯迪.基于多目标函数的避洪转移安置方案优化[J].人民长江,2024,55(2):35-40.
- 作者简介:朱传强(1988.3—),毕业院校:河海大学,所学专业:水利水电建筑工程,当前就职单位名称:安徽宣城金川水电工程有限公司,就职单位职务:项目经理,职称级别:工程师。