

Study on Optimization and Application of Flood Control Engineering Design for Small and Medium Rivers

Jian Xu¹ Haiyan Xue²

1. Rugao Water Resources Dispatch Center, Rugao, Jiangsu, 226500, China

2. Rugao City Flood and Drought Disaster Prevention Center, Rugao, Jiangsu, 226500, China

Abstract

As fundamental components of the flood control system in river basins, small and medium-sized rivers are crucial for regional socio-economic stability. The design quality of their flood control projects directly impacts the safety of local communities and the sustainable development of the region. Current designs of these projects often suffer from ambiguous functional positioning and inadequate technical integration, which limits their full flood control potential. This paper examines the characteristics and design status of small and medium-sized river flood control projects, proposing optimization strategies from three perspectives: functional positioning, technical solutions, and ecological integration. Through case studies of successful optimization approaches, the research provides theoretical foundations and practical references to enhance the overall effectiveness of these flood control systems.

Keywords

small and medium-sized river; flood control engineering; design optimization; ecological integration; applied research

中小河流防洪工程设计优化及应用研究

徐建¹ 薛海燕²

1. 如皋市水资源调度中心, 中国·江苏如皋 226500

2. 如皋市水旱灾害防御中心, 中国·江苏如皋 226500

摘要

中小河流身为流域防洪体系的基础单元部件, 其防洪工程的设计品质优劣直接关联到沿岸群众生命财产安全与区域经济社会平稳状态。当前中小河流防洪工程设计当中存有功能定位朦胧、技术适配程度欠缺等状况, 限制了防洪效能的全面施展表现。本文依托中小河流防洪工程的特征与设计当前状况, 从功能定位层面、技术方案方面、生态融合角度提出设计优化途径和方式, 并结合典型案例剖析优化方案的应用成效成果, 为提升中小河流防洪工程综合效益提供理论支撑基础与实践参考范例。

关键词

中小河流; 防洪工程; 设计优化; 生态融合; 应用研究

1 引言

中小河流广泛散布于我国各个地方, 流域内人口密度集中、耕地分布集聚, 是区域水资源调配工作与生态系统的重要承载体。然而来讲, 受气候变异情况、地形特征状况及人类活动作用影响, 中小河流洪水具备突发性强烈、汇流速度迅疾、破坏力量强大等特性特点, 给防洪减灾工作带来严峻艰难挑战。近些年来, 随着防洪减灾体系构建的不断向前推进, 中小河流防洪工程覆盖率显著提升增高, 但部分工程在实际运行过程中暴露显现出设计缺陷不足, 像防洪标准与流域实际需求互不匹配、工程结构与生态环境互不协调、后期管护机制不够健全等情况, 致使防洪效能未能充分释放

展现^[1]。因此来说, 立足中小河流流域特性特征, 开展防洪工程设计优化探究研究, 达成防洪安全与生态保护的协同共同发展, 具备重要的现实实质意义。本文结合中小河流防洪工程设计实践活动, 剖析当前设计当中存在的关键主要问题, 探寻优化路径途径并验证其应用成效效果, 为同类工程设计提供借鉴参考范例。

2 中小河流防洪工程设计当前状况及存在问题情况

2.1 功能定位与流域需求相互脱节

中小河流流域面积差异较大, 水文情势状况复杂, 不同区域的防洪需求存在明显显著差异。但在实际设计过程当中, 部分工程存在“一刀切”现象情况, 未能充分结合流域地形地貌形态、水文特征特性及社会经济发展水平精准精确定位防洪功能作用。比如举例来讲, 部分山区中小河流未能

【作者简介】徐建(1975-), 男, 中国江苏南通人, 本科, 审计师, 从事河道防洪、水资源调度与节水管理研究。

重点着重考虑洪水汇流速度快的特点特征,防洪工程布局过于分散离散,未能形成连贯连接的防洪体系系统;而平原地区部分工程过度过分追求高防洪标准,忽略忽视了水资源利用使用与生态保护的需求需要,导致工程建设成本加大增加,同时造成水资源浪费耗费与生态破坏损毁。除此之外另外,部分工程设计仅仅聚焦于单一防洪目标目的,对防洪与灌溉浇灌、供水供应、生态修复等综合功能的统筹谋划考虑不够充足,难以适应流域高质量发展发展的多元多样需求^[1]。

2.2 技术方案适配性缺乏

技术方案的抉择径直决断防洪工程的安全性及经济性。当前部分中小河流防洪工程设计当中,技术方案存有显著的适配性欠缺。于工程结构选型层面,部分区域盲目参照大型河流防洪工程的结构样式,未充分考量中小河流河床较浅、岸坡稳定性欠佳等特性,致使工程运行过程出现岸坡崩塌、河床冲蚀等状况。譬如,部分中小河流运用刚性护岸结构之际,未结合岸坡土质特性改进护岸坡度与基础处理形式,诱发护岸裂开、滑移等病害。在防洪标准确定方面,部分工程未依据流域洪水频率分析成果科学设定防洪标准,要么标准过低难以抵挡常遇洪水,要么标准过高形成投资浪费。同时,部分工程设计对新技术、新材料的运用不足,传统工程技术难以契合生态保护与高效管护的需求^[3]。

2.3 生态协调性设计匮乏

传统中小河流防洪工程设计多采用“硬化、渠化”的建设范式,过度凸显工程的防洪刚性,忽略了对河流生态系统的保护。部分工程运用混凝土、浆砌石等刚性材料对河岸实施全断面衬砌,致使河流岸坡植被遭受毁坏,水生生物栖息之所丧失,河流自净能力降低。同时,部分工程建设过程对河道形态开展大规模改造,裁弯取直变更了河流天然水文情势,破坏了流域水生态循环体系,引发河道淤积、水质变坏等生态难题。此外,工程设计未充分考虑生态流量保障,部分闸坝工程运行中过度拦截洪水,致使下游河道断流,进一步加重了生态环境恶化。

3 中小河流防洪工程设计优化途径

3.1 精准确定工程功能,统筹多元需要

中小河流防洪工程设计需以流域综合规划为引导,精准确定工程功能,统筹防洪、生态、水资源利用等多元需要。首先,开展流域专项调查,全面掌握流域地形地貌、水文特征、洪水风险分布及社会经济发展需要,构建流域防洪需要数据库。基于数据库剖析不同区域洪水风险等级,结合区域发展规划科学设定防洪标准,对洪水高风险区域优先保障防洪安全,对低风险区域兼顾生态与水资源利用需要。其次,构建“分区防控、系统联动”的工程布局体系,山区中小河流重点建设拦洪、削峰工程,结合河道整治提升行洪能力;平原地区优化堤防、排涝工程布局,衔接骨干防洪工程形成完整的防洪减灾链条。同时,在工程设计中融入灌溉、供水、

生态修复等功能,例如在堤防建设中配套建设灌溉取水口,在河道整治中设置生态补水设施,实现工程多功能协同^[4]。

3.2 技术方案优化,工程适配性提升

技术方案之优化当以中小河流特性为根基,强化技术适配性与经济性间平衡。于工程结构选型领域,“因地制宜、刚柔并济”之结构形式予推广,对河岸稳定性欠佳区域,“混凝土护脚+生态袋护岸”之复合结构施用,结构安全既保障,生态效益亦提升;对河床冲刷剧烈河段,格宾石笼、生态混凝土等柔性材质用之,河床所受破坏以减少。于防洪工程关键技术层面,数值模拟技术引入,流域洪水演进模型构建通过,不同工程方案下洪水运行进程模拟,工程布局与结构参数得到优化。与此同时,新技术、新材料应用力度加大,新型防渗材质采用以堤防防渗性能提升,智能监测装置应用使工程运行状态实时监测达成。于工程建设工艺方面,模块化施工技术推广,建设周期缩短,施工对流域生态环境影响降低;对老旧工程改造,“修旧利废+功能提升”模式施行,在防洪安全保障前提下改造成本以降低^[5]。

3.3 生态融合设计强化,流域生态系统保护

生态融合设计乃中小河流防洪工程优化核心内容,“尊重自然、修复生态”原则应当遵循,防洪安全与生态保护协同发展实现。于河道形态设计范畴,盲目裁弯取直摒弃,河流天然弯曲形态留存,河道拓宽、清淤等举措通过行洪能力提升,同时为水生生物多样性栖息之所提供。于岸坡防护设计方面,生态护岸技术推广,植被护岸、石笼护岸、生态袋护岸等柔性护岸形式优先采用,刚性材料使用减少;在护岸植被选择上,本土水生植物选用,植被存活率提升,岸坡稳定性与生态功能增强。于生态流量保障方面,工程调度优化与生态设施建设经由,河道最小生态流量保障,闸坝工程设计中生态流量下泄通道设置,雨水集蓄设施结合生态补水能力提升。除此之外,工程建设过程中生态保护措施落实,施工占地与植被破坏减少,施工完毕后生态修复及时开展,河道及岸坡植被覆盖恢复。

4 设计优化方案应用实例剖析

以A南方山区中小河流防洪工程为例证,该河流域面积约300平方公里,流域内山地丘陵为主要地貌,洪水具有突发性强、汇流速度快之特征。原有防洪工程建于20世纪90年代,防洪标准偏低、护岸结构老化、生态环境恶化等问题存在,洪水漫堤事故多次发生。本文所提设计优化路径基于,该工程改造优化实施,具体举措及应用成效如下。在功能定位调整方面,借助流域洪水风险分析,把流域划分成重点防洪区域和普通防洪区域,将重点防洪区域(沿河乡镇所在地)防洪标准提高到能应对20年一遇的洪水,普通防洪区域维持应对10年一遇洪水的标准,同时考虑灌溉和生态方面的需要,配套建设3个灌溉取水的地方和2处生态补水设施。在技术方案调整方面,用“格宾石笼保护底部+

生态袋保护岸边”的组合结构代替原来的浆砌石护岸，结合数值模拟技术调整护岸的坡度和格宾石笼的大小；引入智能监测系统，在堤防的重要位置设置12个监测点，实现渗压、位移数据的及时传送。在生态融合设计方面，保留河流自然弯曲的样子，清理河道里的淤积物并用来进行岸坡的生态修复，在护岸植被的选择上种植本地的芦苇、香蒲等水生植物，构建靠近水边的植被带；在闸坝工程改造中设置生态流量下泄的通道，保证下游河道有最小的生态流量。在管护机制设计方面，确定当地水利站为管护的主要责任方，落实专门的管护资金，建立“监测数据平台+人工巡查”的管护方式，

制定《工程管护操作规范》。优化后的工程建成后，经过实际洪水的检验，重点防洪区域没有出现洪水漫过堤坝的情况，普通防洪区域行洪顺利，防洪效果明显提高。同时，流域的生态环境有了明显改善，岸坡植被的覆盖比例从原来的35%提高到80%，水生生物的种类增加了20多种，河道水质从Ⅳ类提升到Ⅲ类；灌溉供水的保障比例提高到95%，实现了防洪、生态、灌溉的共同效益。这个例子说明，本文提出的设计调整途径能够有效解决中小河流防洪工程设计中存在的问题，提高工程的综合效益。

表1 A 南方山区中小河流防洪工程优化改造成效对比表

对比维度	优化改造前状态	优化改造后状态
防洪标准	整体偏低，无明确分区；洪水漫堤事故多次发生	重点防洪区域（沿河乡镇）：20年一遇；普通防洪区域：10年一遇；实际洪水检验无漫堤，行洪顺利
护岸结构	浆砌石护岸，老化严重	“格宾石笼护底+生态袋护岸”组合结构，结合数值模拟优化坡度与石笼规格
监测能力	无智能监测系统	12个堤防重要位置监测点，实现渗压、位移数据实时传输
生态配套设施	无生态补水设施；闸坝无生态流量下泄通道	2处生态补水设施；闸坝增设生态流量下泄通道，保障下游最小生态流量
灌溉功能	灌溉取水保障不足	3个灌溉取水点，灌溉供水保障比例提升至95%
岸坡植被覆盖	植被覆盖比例35%	植被覆盖比例提升至80%（种植本地芦苇、香蒲等水生植物）
水生生物多样性	未明确提及，生态环境恶化	水生生物种类增加20多种
河道水质	Ⅳ类	Ⅲ类
管护机制	责任主体不明确，无专项管护资金与规范	以当地水利站为主要责任方；落实专项管护资金；建立“监测数据平台+人工巡查”模式；制定《工程管护操作规范》

5 结语

中小河流防洪工程设计的调整是提高防洪减灾能力、保障流域生态安全的重要措施。目前中小河流防洪工程设计存在功能定位不匹配、技术适用性不够、生态协调性缺乏以及管护机制不完善等问题，限制了工程综合效益的发挥。通过准确确定工程功能、优化技术方案、加强生态融合设计以及完善管护机制等调整途径，能够有效提高工程的防洪效果和生态效益，A山区中小河流工程的例子证明了调整途径的可行性和有效性。

参考文献

- [1] 陈志强. 乡镇中小河流防洪工程综合效益评价研究[J]. 水上安全, 2025, (18): 118-120.
- [2] 严涛, 夏明鸿, 刘辉. 基于新时代系统治理要求的贵州省山区中小河流防洪治理措施方案[J]. 水利技术监督, 2025, (07): 122-125.
- [3] 牟学银. 中小河流河道防洪工程存在的问题及其对策研究[J]. 农业灾害研究, 2025, 15 (04): 232-234.
- [4] 端木灵子, 李振博, 虎珀, 卢亚召, 刘海燕. 黄河流域中小河流系统治理若干问题思考[J]. 水利规划与设计, 2025, (04): 34-37.
- [5] 袁信, 刘珊, 邓仁贵, 宋文杰. 湖南省中小河流治理成效总结及建议[J]. 水利技术监督, 2025, (03): 67-69+244.