

融合生态与防洪功能的河道综合治理关键技术 研究与实践

李美蓉

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 611130

DOI:10.61369/WCEST.2026010011

摘 要 : 全球气候变化加剧极端水文事件, 传统河道治理重防洪轻生态的弊端导致水生态系统退化, 生态-防洪协同治理成为水利建设核心需求。本研究立足生态优先理念, 系统探究生态与防洪协同调控机理, 研发形成涵盖河道形态优化、生态护岸稳定、洪水调蓄与生态净化协同、生物多样性保护及智慧化监测调控的关键技术体系。通过选取不同类型河道开展试点工程, 构建生态与防洪指标双控的质量控制标准, 验证了技术组合应用的有效性。建立包含防洪安全、生态环境、社会经济效益及长效性的综合评价体系, 创新多主体协同的长效管护机制。研究揭示了生态-防洪协同规律, 形成可复制的综合治理模式, 为流域水安全保障、水生态修复及人居环境提升提供重要技术支撑, 助力绿色水利发展。

关 键 词 : 河道综合治理; 生态护岸; 洪水调蓄; 智慧监测; 协同调控

Research and Practice on Key Technologies for Integrated River Management Combining Ecological and Flood Control Functions

Li Meirong

PowerChina Chengdu Engineering Corporation Limited, Chengdu, Sichuan 611130

Abstract : Global climate change has intensified extreme hydrological events, and the drawbacks of traditional river management, which prioritizes flood control over ecological considerations, have led to the degradation of aquatic ecosystems. Consequently, the collaborative management of ecological and flood control functions has become a core requirement in water conservancy construction. Based on the concept of ecological priority, this study systematically explores the mechanisms of coordinated ecological and flood control regulation and develops a key technology system encompassing river morphology optimization, ecological bank stabilization, coordinated flood storage and ecological purification, biodiversity conservation, and intelligent monitoring and regulation. Pilot projects were conducted on different types of rivers to establish quality control standards that incorporate dual controls for ecological and flood control indicators, thereby validating the effectiveness of the combined application of these technologies. An integrated evaluation system was established, encompassing flood safety, ecological environment, socio-economic benefits, and long-term effectiveness, and an innovative long-term management and protection mechanism involving multiple stakeholders was introduced. This research reveals the synergistic patterns between ecological and flood control functions, forms a replicable integrated management model, provides significant technical support for ensuring basin water security, restoring aquatic ecosystems, and enhancing the living environment, and contributes to the development of green water conservancy.

Keywords : integrated river management; ecological bank protection; flood storage and regulation; intelligent monitoring; coordinated regulation

引言

全球气候变化背景下, 极端降水事件频发加剧河道防洪压力, 传统治理采用的硬化护岸、等工程措施, 虽提升行洪能力却严重破坏水生态系统完整性, 引发生物多样性锐减、水体自净能力下降等问题。在此背景下, 融合生态与防洪功能的河道综合治理, 成为践行绿色发展理念、保障流域水安全的核心方向。国内外研究已从单一防洪转向生态-防洪协同治理。本研究立足现实需求, 以揭示生态与防洪协同调控机制为核心, 研发适配不同河道类型的综合治理关键技术, 通过试点验证与模式凝练, 为流域水生态修复与防洪安全保障提供技术支撑, 助力人居环境提升与绿色水利建设。

作者简介: 李美蓉 (1990.08-), 女, 汉族, 四川绵阳人, 学历: 硕士研究生, 现职职称: 高级工程师, 研究方向: 水利水电工程。

一、融合生态与防洪的河道综合治理核心理论基础

融合生态与防洪的河道综合治理核心理论基础，以生态系统与水文过程协同共生为核心，涵盖多学科理论支撑与协同调控机理。核心理论包括近自然河道治理理论，强调模拟自然河道形态与生态结构，通过保留弯道、构建深潭-浅滩序列等，兼顾行洪空间与生物栖息地需求；生态系统服务价值理论，明确防洪、水质净化、生物多样性维持等功能的协同与权衡关系，为治理方案优化提供价值导向；洪水风险管理理论，突破传统工程防洪局限，注重生态系统的洪水调蓄与韧性提升能力；河流生态修复理论，指导受损河道生态系统的结构重构与功能恢复。协同调控机理层面，核心是厘清水文过程与生态系统的相互作用：植被通过减缓流速、固土拦沙提升防洪稳定性，而自然河道形态与连通性保障生态基流，增强生态系统自净能力，同时生态系统的健康运转可进一步优化洪水调蓄效果，形成“防洪保障生态、生态赋能防洪”的良性循环，为关键技术研发提供理论依据^[1]。

本研究立足这一现实需求，以揭示生态与防洪协同调控机制为核心，研发适配不同河道类型的综合治理关键技术，通过试点验证与模式凝练，为流域水生态修复与防洪安全保障提供技术支撑，助力人居环境提升与绿色水利建设^[2]。

二、融合生态与防洪的河道综合治理关键技术研发

（一）河道形态优化与连通性修复技术

河道形态优化与连通性修复技术是融合生态与防洪功能的核心技术之一，核心目标是通过重构自然河道特征，同步提升行洪调蓄能力与生态系统完整性。形态优化方面，摒弃传统模式，采用复式断面、梯形生态断面等设计，拓宽行洪断面的同时，预留浅滩、深潭等多样化生境；合理保留或修复河道自然弯道，利用弯道环流减缓流速、削减洪峰能量，同时提升水体交换能力。连通性修复聚焦打破水文阻隔，针对闸坝、堰体等设施，构建生态鱼道、过流通道等衔接设施，保障鱼类等水生生物迁徙通道畅通；拆除冗余阻隔设施，恢复河网水系横向与纵向连通，提升流域洪水调蓄空间与水资源调配能力^[3]。技术实施中需结合河道地形、水文情势精准设计，通过本土植被配置强化边坡稳定，实现“行洪空间拓展-生境多样性提升-水文连通恢复”的协同增效，为生态-防洪良性循环奠定基础^[4]。

（二）生态护岸与边坡稳定技术

生态护岸与边坡稳定技术是兼顾河道防洪安全与生态修复的关键支撑，核心是在保障边坡抗冲刷、抗滑稳定的基础上，构建近自然生态界面。技术体系以新型生态材料应用为核心，包括生态混凝土、植被纤维毯、土工格栅-植物复合体系等，这类材料兼具透水性、抗蚀性，可营造植被生长环境。设计层面需适配不同坡度、水文工况，针对山区河道陡边坡侧重加固与植被协同，平原河道缓边坡注重生态廊道衔接，通过本土耐淹、固土植被的科学配置，形成“材料固坡-植被固土”的双重稳定结构。施工中采用生态友好工艺减少对原有生境扰动，同步构建滨水缓冲带

强化水土保持。该技术既解决了传统硬化护岸生态阻隔问题，又通过植被根系固土、减缓水流冲刷提升边坡稳定性，实现护岸防护功能与生态连通功能的协同增效^[5]。

（三）洪水调蓄与生态净化协同技术

洪水调蓄与生态净化协同技术是实现生态-防洪融合治理的核心环节，核心目标是在提升河道洪水调蓄能力的同时，强化水体净化功能，实现“拦洪、滞洪”与“控污、净化”双重效益。技术体系以生态空间重构为核心，通过在河道沿线构建生态湿地、滞洪塘、深潭-浅滩序列等调蓄单元，拓展洪水存蓄空间，利用水生植物、微生物及底质基质的协同作用削减洪峰、延缓洪峰演进。同时，依托这些生态单元构建净化体系，通过水生植物吸收、微生物降解、基质截留等作用，去除洪水携带的氮磷污染物、悬浮物等，提升出水水质。在技术实施中，需结合流域水文情势优化调蓄单元布局与规模，保障行洪通道畅通；通过本土水生植物的科学配置，提升系统稳定性与净化效率。此外，耦合生态型闸坝调度技术，统筹防洪调度与生态基流保障，实现洪水资源的合理利用与生态系统的良性运转。该技术突破了传统防洪工程与水质净化工程分离的局限，通过生态系统的多功能协同，实现防洪安全与水生态质量提升的同步达成^[6]。

（四）生物多样性保护与生态系统重构技术

生物多样性保护与生态系统重构技术是生态-防洪融合治理的重要支撑，核心目标是修复受损河道生态系统结构，提升生物群落稳定性，同时强化生态系统对防洪功能的协同赋能。技术实施以“近自然重构”为导向，重点开展水生生物栖息地精准营造，通过构建人工鱼巢、修复产卵场、优化深潭-浅滩梯度配置等措施，为鱼类、底栖生物等提供栖息、繁殖与觅食空间。在植被系统重构方面，遵循本土优先原则，科学配置水生、湿生及滨水陆生植被群落，构建“水生-湿生-陆生”连续的生态廊道，提升植被固土拦沙、减缓水流的防洪效能，同时为陆生生物提供迁徙与栖息通道。针对珍稀濒危物种，需开展专项栖息地优化与保护，建立生态监测预警机制，保障物种生存安全。此外，通过恢复河道纵向与横向连通性，促进流域内物种基因交流，提升生态系统韧性。该技术通过重构完整的河道生态系统结构，实现生物多样性提升与生态防洪能力增强的双向协同，推动河道生态系统从“受损退化”向“健康稳定”转型^[7]。在技术实施中，需结合流域水文情势优化调蓄单元布局与规模，保障行洪通道畅通；通过本土水生植物的科学配置，提升系统稳定性与净化效率。此外，耦合生态型闸坝调度技术，统筹防洪调度与生态基流保障，实现洪水资源的合理利用与生态系统的良性运转。该技术突破了传统防洪工程与水质净化工程分离的局限，通过生态系统的多功能协同，实现防洪安全与水生态质量提升的同步达成。

（五）智慧化监测与调控技术

智慧化监测与调控技术是保障生态-防洪融合治理成效的关键支撑，核心目标是通过精准感知、智能分析与动态调控，实现河道生态状况与防洪安全的实时管控与协同优化。监测层面构建“空天地一体化”感知网络，整合遥感、无人机巡检、物联网传感器等技术，对水文情势（水位、流量、洪峰演进）、生态指标（植

被覆盖度、生物多样性、水质)及工程状态(护岸稳定性、闸坝运行)进行全要素、高频次动态监测,形成多源数据融合的监测体系。调控层面基于监测数据构建耦合水文动力学与生态动力学的协同调控模型,精准模拟不同工况下洪水演进过程与生态系统响应规律,为闸坝调度、生态基流保障等提供科学决策支持。同时,开发智慧化运维管理平台,实现监测数据可视化展示、风险预警、调度指令精准下达等功能,提升管护效率^[9]。该技术突破了传统治理“经验驱动”的局限,通过数据驱动实现生态保护与防洪调度的动态协同,为河道综合治理的长效化、精准化运行提供技术保障,强化治理成效的稳定性与可持续性。

三、关键技术实践应用与试点工程

关键技术的实践应用与试点工程是技术落地转化的核心环节,既是检验技术可行性的“试金石”,也是积累规模化推广经验的重要载体。在实践应用阶段,聚焦产业痛点,将核心技术与实际场景深度融合,通过小范围验证优化技术参数、完善配套方案,提升技术的稳定性与适配性。例如在智能制造领域,工业互联网、数字孪生等关键技术通过车间级应用,实现生产流程可视化、运维智能化,有效提升生产效率。试点工程则聚焦重点区域、重点行业开展系统性验证,构建“技术-产品-场景-生态”的完整应用链条。通过试点,精准识别技术应用中的瓶颈问题,联动产业链上下游协同攻关,同时建立标准化应用规范与评价体系^[9]。试点过程中形成的可复制、可推广经验,为技术的全面落地提供了路径参考。目前,多个领域的试点工程已取得阶段性成效,不仅推动了关键技术的迭代升级,更助力产业结构优化升级,为高质量发展注入强劲动力。

四、融合生态与防洪的河道综合治理长效管护机制

融合生态与防洪的河道综合治理长效管护机制,是破解河道

治理“重建设、轻管护”难题的关键,核心在于实现防洪安全与生态保护的协同共生。机制构建需立足全流域统筹,明确“权责清晰、协同联动、科技赋能、群众参与”的核心原则,构建多主体共治体系。在责任体系上,厘清水利、环保、属地政府等部门权责,建立跨区域联防联控机制,确保管护无死角^[10]。在技术支撑上,运用水文监测、遥感溯源等技术,实时掌握河道水位、水质及生态状况,为精准管护提供数据支撑。同时,兼顾防洪工程运维与生态修复,通过生态护岸、湿地重建等措施,提升河道行洪能力的同时,维系水生态系统平衡。此外,建立多元化资金保障与考核评价体系,将生态效益与防洪成效纳入管护考核,引导社会力量参与。该机制通过系统管护实现河道治理长效化,既筑牢防洪安全屏障,又守护水生态环境,助力人与自然和谐共生。

五、总结

融合生态与防洪功能的河道综合治理,核心是通过技术创新实现安全与生态的协同发展。研究聚焦流域统筹调控、生态护岸构建、湿地净化等关键技术,突破传统工程防洪的局限,构建“防洪安全-生态修复-水质提升”一体化技术体系。

实践中,通过水文模拟与遥感监测技术精准研判行洪需求,采用生态格网、植被固坡等护岸技术替代硬质护砌,同步重建河道湿地、恢复水生生物栖息地。同时,结合智慧管护系统实现技术落地后的动态调控,有效提升河道行洪能力,改善水生态环境。相关技术的研究与实践,为破解河道治理中防洪与生态的矛盾提供了可行路径,推动综合治理从“工程干预”向“生态协同”转型,助力流域生态安全格局构建。

参考文献

- [1]朱佳辉,张鑫伟,韩毅.水利工程项目中施工质量控制的智能化方法[J].科学技术创新,2026,(02):161-164.
- [2]钟德明,朱星蔚.基于河道生态和防洪功能的护岸选型实例分析[J].水利技术监督,2025,(03):286-290.
- [3]谢玉凤.近三十年沿海发达地区防洪功能变迁研究——以粤港澳大湾区为例[J].江苏科技信息,2024,41(09):124-127.
- [4]关青松.铁岭市寇河河道生态综合治理关键技术研究[J].新农业,2025,(09):10-13.
- [5]屈维意,邢梦璇,吴德安,等.新理念下河道水环境治理关键技术思考[J].海河水利,2024,(11):5-7+16.
- [6]包阔.扬州市城市河道综合治理施工关键技术研究[J].中国水运,2022,(13):89-92.
- [7]赵建敏.抑制河道冲刷下切综合治理关键技术.云南省,中国水利水电第十四工程局有限公司,2021-10-13.
- [8]王轩,罗育智.临江河综合治理施工关键技术研究[J].四川水泥,2021,(08):308-309.
- [9]聂凯,邢振波.格宾网箱在河道综合治理中的应用关键技术研究[J].珠江水运,2020,(14):66-67.
- [10]黄玉莹,张瑞斌,张宇,等.城市黑臭河道治理关键技术研究——以南京市外港河为例[J].中国环保产业,2019,(02):24-26.