

# 河道生态修复与水利工程协同规划的关键技术研究

龚开亮

曲靖市麒麟区水务局 云南 曲靖 655000

**摘要:** 本文聚焦河道生态修复与水利工程协同规划的关键技术,阐述了协同规划的理论基础,包括河道生态系统结构功能、水利工程影响及协同规划原则理念。并深入探讨生态水文过程调控、河道形态与栖息地修复、水质净化及信息技术应用等关键技术。因此,介绍了协同规划的目标设定、多目标优化模型及实施流程。分析其直接与间接经济效益,为构建生态健康、功能完善的河道系统提供理论与技术支撑。

**关键词:** 河道生态修复; 水利工程; 协同规划; 关键技术

引言: 在经济社会快速发展与生态环境保护需求并行的当下,河道生态修复与水利工程协同规划成为实现水资源可持续利用的关键课题。传统水利工程在防洪、供水等方面成效显著,却常引发河道生态退化问题;而单一生态修复手段又难以满足复杂的水资源管理需求。本文从理论框架、关键技术、规划方法及经济效益等维度展开研究,探索水利功能与生态保护协同增效的创新路径,为构建健康河道生态系统提供实践参考。

## 1 河道生态修复与水利工程协同规划的理论基础

### 1.1 河道生态系统的结构与功能

河道生态系统是陆地与水生生态系统物质、能量循环的重要枢纽,由水生生物群落与水环境构成,结构复杂、功能多元。其结构分非生物环境与生物群落:非生物环境含水体、底质、水文情势、气象条件等,为生物提供生存载体与物质基础;生物群落由生产者(水生植物等)、消费者(鱼类等)和分解者(微生物)组成,形成完整食物链与物质循环链,维持动态平衡。功能上,生态方面可净化水质、维持生物多样性;水文方面能调节径流、削减洪峰,保障流域水文稳定;社会服务方面,既为工农业生产提供水源,又营造生态景观,供公众休闲游憩,其结构完整性关乎功能稳定与可持续性。

### 1.2 水利工程对河道生态系统的影响

水利工程是人类调控水资源的关键手段,在防洪、供水、发电等方面作用重大,但对河道生态系统影响具有双重性。正面影响在于科学调控水文节律,如水库合理调蓄可缓解枯水期河道断流,保障生态流量,为水生生物提供稳定水源;堤防工程能抵御洪水,减少对沿岸植被和土壤的破坏,利于河道生态修复。负面影响复杂且深远:大坝等壅水建筑会改变河道纵向连通性,阻碍水生生物洄游,导致洄游性鱼类种群衰退;渠道硬化等工程破坏横向连通性,削减滨岸植被带,压缩生物栖息

地;工程建设中的土方开挖等会破坏底栖生物生存环境,降低生物多样性;水量调度不合理还会打破生态平衡,引发水环境问题。因此,需科学协同规划以弱化负面影响、放大正面效益<sup>[1]</sup>。

### 1.3 协同规划的基本原则与理念

协同规划以“生态优先、统筹兼顾”为核心指导思想,融合生态科学、水利工程学、环境科学等多学科理论,遵循四大基本原则。一是生态完整性原则,规划过程中需全面保障河道纵向连通、横向贯通及竖向水文连续性,维持生态系统的结构完整与功能稳定,避免因工程建设导致生态系统碎片化;二是供需平衡原则,统筹协调水利工程的防洪、供水、发电等核心功能与生态系统的流量、水质、栖息地等需求,通过科学调度与布局避免功能冲突;三是因地制宜原则,充分结合河道的自然禀赋、水文特征、气候条件及区域经济社会发展需求,制定差异化的规划方案,例如山区河道侧重生态护岸建设以增强水土保持能力,平原河道则强化湿地修复以提升水质净化功能;四是动态调控原则,建立覆盖水文、水质、生物等要素的长效监测机制,根据生态系统的实时反馈及时调整工程运行参数与修复措施。其核心理念是打破传统“工程优先”的思维定式,将生态目标全面融入水利工程的规划、设计、建设、运维全生命周期,实现水利功能与生态价值的协同提升,达成人与自然和谐共生的目标。

## 2 河道生态修复与水利工程协同规划关键技术

### 2.1 生态水文过程调控技术

生态水文过程调控技术是协同规划的核心支撑,通过模拟自然水文节律实现水利功能与生态需求的平衡。该技术以“维持生态流量阈值”为核心,结合水文模型与实时监测数据动态调整水利工程运行参数。对于水库工程,采用“生态调度”模式,在鱼类产卵期释放适宜

流量,保障繁殖需求,枯水期维持基流避免河道干涸,洪水期预留生态库容模拟自然洪峰,促进泥沙输移与滩地补给。针对渠道化河道,通过建设生态堰坝、透水闸等设施,恢复水流多样性,减缓流速形成深潭-浅滩序列,改善水体交换能力。同时,利用海绵城市理念联动河岸带,通过植草沟、雨水花园滞蓄雨水,减少面源污染入河,调节入河径流量与水质。技术实施中需结合河道水文情势与生物习性,建立“监测-评估-调控”闭环体系,确保水文过程既满足防洪供水需求,又支撑生态系统良性循环。

## 2.2 河道形态与栖息地修复技术

河道形态与栖息地修复技术聚焦于修复自然河道的蜿蜒性与异质性,为生物提供多样化生存空间。针对直线化、硬化河道,采用“生态重塑”策略,通过裁弯取直河段的生态化改造,恢复河道自然弯曲形态,延长水流路径,提升水体净化能力与栖息地面积。在护岸修复中,摒弃传统混凝土硬化模式,推广格宾石笼、生态袋、植被混凝土等生态护岸技术,既保障防洪稳固性,又为水生植物扎根、底栖生物附着创造条件。对于栖息地退化区域,构建“深潭-浅滩-洲岛”复合生境,通过人工堆筑洲滩、布置鱼巢砖、种植水生植物等措施,优化鱼类洄游通道与繁殖场所<sup>[2]</sup>。同时,注重河岸带植被修复,构建乔灌草结合的复层植被体系,增强水土保持能力,为鸟类、昆虫提供栖息环境。技术实施需以河道历史形态为参考,结合地形地貌特征,避免过度人工干预,实现形态修复与生态功能提升的有机统一。

## 2.3 水质净化与生态修复技术

水质净化与生态修复技术通过“工程净化+生态自净”协同作用改善河道水环境质量。工程层面,针对点源污染,在排污口下游建设人工湿地、生态滤池等设施,利用基质吸附、微生物降解去除污染物;对于底泥污染严重区域,采用环保清淤技术清除污染底泥,并结合底泥改良剂提升底质环境质量。生态层面,构建水生生物净化系统,投放土著沉水植物(如苦草、黑藻)吸收氮磷营养盐,种植挺水植物(如芦苇、香蒲)形成缓冲带拦截面源污染,合理投放滤食性鱼类(如鲢鳙鱼)控制藻类生长,构建“植物-微生物-动物”协同净化体系。同时,推广河道曝气技术,通过太阳能曝气设备提升水体溶解氧含量,改善厌氧环境,促进污染物降解。技术应用中需坚持“因地制宜、生态安全”原则,优先选用土著物种避免生物入侵,结合水质监测数据动态调整净化系统配置,实现水质持续改善与生态系统修复的双重目标。

## 2.4 信息技术在协同规划中的应用

信息技术为协同规划提供智能化支撑,实现规划、实施与监管的全流程数字化。在数据采集阶段,通过物联网技术布设水位、流量、水质、生物多样性等传感器,结合无人机航测、卫星遥感获取河道地形、植被覆盖等数据,构建多源数据融合的数据库。规划设计阶段,运用GIS空间分析技术叠加生态敏感区、水利工程分布等图层,明确修复优先级;借助MIKE、SWMM等水文水质模型模拟不同规划方案的生态与水利效益,为决策提供科学依据。实施监管阶段,建立智慧管控平台,实时监控水利工程运行状态与河道生态指标,通过大数据分析预警水质异常、生态退化等问题。此外,利用数字孪生技术构建河道虚拟仿真系统,模拟工程建设与生态修复的长期效果,实现规划方案的动态优化。信息技术的应用打破了传统规划的时空限制,提升了协同规划的精准性与高效性,为跨部门协同管理提供技术保障。

## 3 协同规划的方法与流程

### 3.1 协同规划的目标设定与指标体系构建

协同规划的目标设定需立足“生态-水利-社会”三维视角,实现多重效益的统筹平衡。总体目标为构建“功能完善、生态健康”的河道系统,具体分解为生态目标(如维持生物多样性、改善水质)、水利目标(如提升防洪标准、保障供水安全)与社会目标(如提升景观价值、保障用水权益)。指标体系构建遵循“科学性、可操作性、针对性”原则,生态指标涵盖鱼类物种数、水生植被覆盖率、水质达标率等;水利指标包括防洪标准、供水保证率、生态流量保障率等;社会指标涉及景观满意度、灌溉效益等。指标权重通过层次分析法结合专家打分确定,突出生态指标的优先地位。目标与指标设定需开展前期调研,结合河道现状、区域发展规划与生态红线要求,明确不同阶段的目标值,为后续规划实施提供量化依据,确保目标既符合生态规律,又适应经济社会发展需求<sup>[3]</sup>。

### 3.2 多目标优化模型的建立与求解

多目标优化模型是协同规划的核心工具,用于平衡生态、水利与社会目标间的冲突。模型构建以“效益最大化、成本最小化”为核心,明确决策变量(如水利工程运行参数、修复措施布局)、约束条件(如生态流量阈值、工程投资限额)与目标函数(如生态效益指数、防洪效益、经济成本)。在目标函数中,生态效益通过生物多样性提升、水质改善等指标量化,水利效益结合防洪减灾、供水保障的经济价值计算,成本涵盖工程建设、运维等费用。模型求解采用NSGA-III等多目标优化算法,结合前文构建的指标体系,生成多个非劣解方案。通过引入

熵权-TOPSIS法对方案进行综合评价,筛选出“生态可行、水利可靠、经济合理”的最优方案。求解过程中需结合实际情况验证模型参数,确保优化结果的实用性,为规划决策提供量化支撑。

### 3.3 协同规划的实施流程与保障措施

协同规划的实施流程遵循“调研-规划-实施-监管”的闭环机制。调研阶段开展河道生态现状、水利工程运行情况等基础调查,明确核心问题;规划阶段结合多目标优化模型制定方案,组织专家论证与公众参与;实施阶段采用“分阶段、分区域”模式,优先开展生态敏感区修复与关键水利工程改造,同步推进监测设施建设;监管阶段建立长效监测与评估体系,定期跟踪生态与水利指标,及时调整方案。保障措施包括四方面:一是政策保障,完善生态补偿、水环境保护等法规,明确部门职责;二是资金保障,建立政府主导、社会参与的投融资机制,设立专项修复资金;三是技术保障,组建跨学科团队,开展技术研发与成果转化;四是公众保障,通过宣传教育提升公众生态保护意识,鼓励公众参与规划与监督。实施流程与保障措施的结合,确保协同规划从方案落地到长期运维的全流程顺畅推进,实现规划目标的可持续达成。

## 4 河道生态修复与水利工程协同规划的经济效益分析

### 4.1 直接经济效益

河道生态修复与水利工程协同规划的直接经济效益体现在资源利用效率提升与运营成本优化双重维度。以南桥新城水系整治工程为例,通过河道疏浚与生态护岸建设,工程使区域防洪标准提升至50年一遇,减少暴雨引发的洪涝损失年均超2亿元。同时,结合雨水收集系统与生态滤池技术,项目实现水资源循环利用率提高30%,每年节约市政供水成本约1500万元。大运河修复工程则通过航道优化与桥梁改造,将船舶运输距离缩短20%,物流成本降低12%,直接推动沿岸制造业与贸易业年产值增长8%。另外,生态修复材料生产与环保设备制造等关联产业因项目需求扩张,形成年均50亿元的产业规模<sup>[4]</sup>。技术层面,无人机遥感清淤与在线水质监测系统的应用,使

施工效率提升40%,维护成本下降25%,进一步巩固了直接经济效益的可持续性。

### 4.2 间接经济效益

协同规划的间接经济效益通过土地增值、产业联动与社会资本吸引实现系统性释放。云南省红河哈尼族彝族自治州弥勒市的甸溪河治理工程,争取国家重点建设基金、农发行贷款共7.26亿元,并吸引社会资本参与治理工程建设,通过构建生态廊道、建设湿地公园、完善旅游休闲设施,美化、亮化、绿化甸溪河河道沿线,将甸溪河治理工程与两岸景观融为一体。形成了防洪排涝、生态保护、绿道康体、文化展示、商贸旅游、休闲游憩等功能为一体的滨河绿色发展空间。通过项目治理盘活用地近8000亩,依托工程带来的开发前景,成功吸引了融创甸溪河文旅康养项目、重庆新鸥鹏教育小镇、红河养园、红河未来城等大项目落地,企业通过有序的商业综合开发,带动周边发展“热起来”“活起来”,实现了治理一条河盘活一座城。

### 结束语

河道生态修复与水利工程协同规划是兼顾生态保护与水资源高效利用的关键路径。本文系统梳理了协同规划的理论框架、关键技术及经济效益,通过多维度技术集成与多目标优化,实现了生态效益与水利功能的协同提升。未来需持续完善技术体系,强化跨部门协作与公众参与,推动协同规划从理论走向实践,为构建人与自然和谐共生的水生态环境提供长效保障。

### 参考文献

- [1]施黎泉.水利工程中的河道生态护坡施工技术探讨[J].珠江水运,2024,(19):73-75.
- [2]刘邦其.农村水利工程河道生态护坡施工技术研究[J].湖南水利水电,2024,(05):115-117.
- [3]崔凯.水利工程中的河道生态护坡施工关键技术研究[J].水上安全,2025,(06):106-108.
- [4]段仁辉.水利工程河道生态护坡施工技术探究[J].工程建设与设计,2025,(05):221-223.