

水利工程中的生态问题与生态水利工程

王秋影

吉林市水利水电勘测设计研究院 吉林 吉林 132000

摘要: 水利工程在防洪、发电、供水等方面发挥重要作用,但也可能引发河流断流、水质恶化、生物多样性受损等生态问题。例如,水库建设导致下游河道生态流量不足,湿地萎缩;大坝阻隔鱼类洄游,破坏水生生物栖息地。生态水利工程通过仿自然设计、生态修复技术及智能化管理,模拟自然水文过程,恢复河流连通性,构建人工湿地净化水质。其核心在于平衡水资源开发与生态保护,实现经济、社会、生态效益统一,促进人与自然和谐共生。

关键词: 水利工程;生态问题;生态水利工程

引言:水是生命之源,水利工程作为调控水资源的关键手段,在防洪减灾、灌溉供水、发电航运等方面意义重大。然而,传统水利工程在规划与建设过程中,往往侧重于满足人类经济活动需求,对生态环境考量不足,引发了诸如水文过程改变、水质恶化、生物多样性受损、地质景观破坏等一系列生态问题。这些问题不仅威胁着生态系统的稳定与平衡,还对人类社会的可持续发展造成阻碍。在此背景下,生态水利工程应运而生,它为协调水资源利用与生态保护提供了新的思路与途径。

1 水利工程中的主要生态问题

1.1 水文过程改变引发的生态问题

(1) 河流断流与地下水水位下降:部分水利工程过度拦截地表径流,导致下游河道枯水期流量锐减甚至断流,如某流域因水库蓄水导致下游15公里河道年均断流天数达60天以上。同时,工程建设与运营中大量抽取地下水用于施工、灌溉,或因河道径流减少导致地下水补给不足,引发地下水位持续下降,进而造成周边植被枯萎、土壤沙化。(2) 湿地萎缩与生物栖息地丧失:水利工程改变自然水文节律,如减少洪水期对湿地的补水,导致湿地水位下降、面积萎缩。以某湖滨湿地为例,因上游水库调控使入湖水量减少,湿地面积在10年内缩减30%,原本依赖湿地生存的水鸟、水生植物失去栖息与繁殖场所,栖息地碎片化问题加剧。

1.2 水质恶化与水污染问题

(1) 富营养化与水体自净能力下降:水库、闸坝等水利工程减缓水流速度,导致水体滞留时间延长,氮、磷等营养物质易在水体中累积,引发富营养化。某水库建成后,水体交换周期从1个月延长至6个月,夏季蓝藻水华频发,水体透明度从2米降至0.5米,自净能力大幅下降^[1]。(2) 重金属与有机物污染的累积效应:水利工程拦截水流的同时,也截留了水中的重金属(如铅、镉)、农

药残留等污染物,这些污染物附着在泥沙中沉积于库区底部,形成潜在污染隐患。随着时间推移,污染物在底泥中不断累积,一旦水文条件改变(如泄洪),可能重新释放进入水体,对水生生物造成长期毒害。

1.3 生物多样性受损

(1) 水生生物洄游通道阻断(如鱼类):大坝等水利工程阻断鱼类等水生生物的洄游路径,导致其无法到达产卵场、索饵场,种群数量下降。例如,某流域大坝建成后,中华鲟等洄游鱼类的洄游通道被切断,产卵场消失,种群数量在20年内减少70%以上。(2) 流域生态系统服务功能退化:生物多样性受损导致流域生态系统的调节、供给、支持功能退化,如水体净化能力下降、水土保持功能减弱,进而影响周边农业生产、居民生活用水安全,形成“生态-经济”恶性循环。

1.4 地质与景观生态问题

(1) 库区滑坡、泥沙淤积等地质灾害:水库蓄水改变库区周边岩体的应力状态,导致库岸岩体失稳,易引发滑坡、崩塌等地质灾害,某库区建成后已发生小型滑坡12起,威胁周边居民安全。同时,水流减缓使泥沙大量沉积于库区,导致水库库容逐年减少,工程效益降低。(2) 景观破碎化与视觉污染:水利工程建设破坏自然景观的连续性,如大坝将完整河道分割为库区、下游河道两段,景观破碎化加剧。此外,部分工程采用大面积混凝土硬化结构,与周边自然景观不协调,形成视觉污染,影响生态旅游等功能发挥。

2 生态水利工程的内涵与理论框架

2.1 生态水利工程的定义与特征

(1) 定义:基于生态学原理的水资源开发与保护工程,旨在实现水资源的合理调配、利用与保护,同时维护生态系统的完整性和稳定性,在满足人类社会用水、防洪、发电等需求的基础上,减少对生态环境的破坏,

促进人水和谐共生。(2) 核心特征: 仿自然性体现在工程设计借鉴自然生态系统的结构与功能, 如模拟自然河道形态; 系统性强调从流域整体视角出发, 统筹考虑水文、生态、社会等多要素, 避免局部化设计; 可持续性注重工程长期效益, 兼顾当代与后代的水资源需求及生态保护要求, 实现经济、社会与生态效益的统一。

2.2 生态水利工程的设计原则

(1) 生态优先与最小干预原则: 将生态保护置于重要位置, 优先保障生态系统的核心功能, 在工程建设中尽量减少对自然生态的干扰, 采用环保材料与技术, 降低工程对生物栖息地、水文过程的影响。(2) 模拟自然水文过程原则: 通过设计生态流量、构建仿自然河道断面等方式, 模拟自然状态下的径流变化、水位波动等水文过程, 维持河流的连续性与完整性, 为水生生物提供适宜的生存环境。(3) 多目标协同优化原则: 综合平衡生态保护、水资源利用、防洪减灾等多重目标, 避免单一追求某一目标而忽视其他需求, 通过科学规划与方案优化, 实现各目标的协调发展^[2]。

2.3 生态水利工程的理论基础

(1) 生态水文学理论: 研究水文过程与生态系统之间的相互作用, 揭示水资源变化对生态系统结构、功能的影响, 为生态水利工程中水文情势调控、生态流量确定等提供理论依据。(2) 景观生态学理论: 关注景观格局与生态过程的关系, 指导工程设计中景观的连通性构建、栖息地修复等, 如通过建设生态廊道连接破碎化景观, 提升生态系统的稳定性。(3) 恢复生态学理论: 聚焦受损生态系统的恢复与重建, 为生态水利工程中退化湿地修复、水生生物栖息地恢复等实践提供技术与方法支持, 助力受损生态系统逐步恢复功能。

3 生态水利工程的实践路径与技术

3.1 生态修复技术

(1) 河流生态廊道建设与连通性恢复: 通过拆除阻隔性小型水坝、修建生态连通通道等方式, 恢复河流纵向与横向连通性, 保障水生生物洄游与栖息需求。同时, 在廊道两侧构建植被缓冲带, 选用本土乔木、灌木与草本植物搭配种植, 既能拦截面源污染, 又能为鸟类、昆虫等提供栖息地, 提升河流生态系统的完整性。例如, 某流域通过修复12公里河流生态廊道, 使洄游鱼类种群数量较修复前增长35%, 流域生物多样性显著提升。(2) 人工湿地构建与水质净化技术: 根据流域水质状况, 在河流支流、库区周边构建表面流、潜流等不同类型的人工湿地。利用湿地中水生植物(如芦苇、香蒲)、微生物及基质的协同作用, 吸附、降解水中的氮、磷、有机物等

污染物。例如, 某水库入库口人工湿地系统, 可将入库水质中COD、总氮、总磷分别削减25%、30%、40%, 有效改善库区水质, 降低富营养化风险。(3) 生态护坡与岸线稳定技术: 替代传统混凝土硬化护坡, 采用格宾石笼、生态袋、植草混凝土等生态护坡材料。格宾石笼内填充石块, 缝隙可生长植被, 兼具固坡与生态功能; 生态袋内装入改良土壤与草种, 铺设后能快速形成植被覆盖层。这类技术在保障岸线稳定、防止水土流失的同时, 为水生生物提供了栖息与繁殖场所, 促进岸线生态系统恢复^[3]。

3.2 仿自然工程设计

(1) 生态鱼道与过鱼设施设计: 针对大坝阻断鱼类洄游的问题, 设计符合鱼类行为习性的生态鱼道。根据目标鱼类的体型、游泳能力, 确定鱼道的坡度、流速、池室尺寸, 同时在鱼道内设置水流扰动装置、隐蔽区域, 模拟自然河道环境, 提高鱼类通过率。此外, 还可配套建设升鱼机、集鱼船等辅助过鱼设施, 进一步提升过鱼效率, 保障洄游性鱼类的繁殖需求。例如, 某大型水利枢纽的生态鱼道, 每年可帮助超过10万尾中华鲟等珍稀鱼类完成洄游产卵。(2) 多级跌水与生态型闸坝: 在河道整治中, 采用多级跌水设计, 通过设置低矮堰体形成阶梯式水位落差, 模拟自然河流的浅滩、深潭交替形态, 增加水体复氧能力, 改善局部水域生态环境。生态型闸坝则优化坝体结构, 设置生态泄流孔, 保障枯水期下游生态流量, 同时坝体周边种植水生植物, 减少工程对河道生态的干扰。(3) 透水性材料在堤坝中的应用: 在堤坝建设与加固中, 选用透水性混凝土、透水砖等材料铺设堤坝迎水坡或堤顶路面。透水性材料允许雨水下渗, 补充地下水, 同时减少地表径流, 降低堤坝周边积水风险。此外, 材料缝隙可生长小型植物, 提升堤坝的生态属性, 增强工程与周边自然景观的协调性。

3.3 智能化与动态管理技术

(1) 生态流量调度与实时监测系统: 基于流域生态需水分析, 建立生态流量调度模型, 结合气象、水文实时数据, 动态调整水利工程的泄流方案, 保障下游河道生态流量需求。同时, 在河道关键断面布设水位、流量、水质、水生生物等监测传感器, 数据实时传输至管理平台, 管理人员可通过平台实时掌握流域生态状况, 及时优化调度策略。例如, 某流域通过智能化生态流量调度系统, 使下游河道生态流量满足率从70%提升至95%, 有效维护了河道生态系统功能。(2) 基于GIS的流域生态风险评估: 利用GIS技术整合流域地形地貌、土地利用、水文水质、生物多样性等数据, 构建流域生态风险评估模

型。通过模型分析水利工程建设、气候变化等因素对流域生态系统的潜在风险,识别生态敏感区域,为工程规划、生态修复方案制定提供空间决策支持。例如,某流域借助GIS评估技术,精准划分出3个生态高风险区域,针对性制定了湿地修复、植被保护等管控措施,降低了生态风险^[4]。

4 生态水利工程发展的挑战与对策建议

4.1 主要挑战

(1) 生态效益与经济效益的矛盾:生态水利工程建设往往需增加生态修复、仿自然设计等投入,如生态鱼道、人工湿地的建设成本比传统工程高15%~30%,且生态效益具有滞后性,短期内难以直接转化为经济收益。部分地区为追求短期经济利益,可能压缩生态投入,优先保障发电、供水等经济功能,导致生态目标难以落实,形成“重开发、轻保护”的倾向。(2) 技术标准与评价体系不完善:目前生态水利工程缺乏统一的技术标准,如生态流量确定、生态护坡材料选用等关键环节,不同地区、不同工程的执行标准差异较大,导致工程质量参差不齐。同时,生态效益评价体系尚未成熟,现有评价多聚焦水质、生物数量等单一指标,难以全面衡量工程对流域生态系统结构、功能的长期影响,无法为工程优化提供科学依据。(3) 跨部门协同管理难度大:生态水利工程涉及水利、环保、林业、农业等多个部门,各部门管理职责存在交叉与重叠。例如,水利部门负责工程建设与水资源调度,环保部门负责水质监测与污染防治,部门间数据共享不及时、决策协同不足,易出现“各自为政”的情况。如某流域因水利部门泄流调度未及时同步环保部门,导致下游水质监测数据滞后,影响污染应急处置效率。

4.2 对策建议

(1) 完善生态补偿机制与政策激励:建立跨区域生态补偿制度,明确生态受益方与保护方的权责,通过财政转移支付、生态补偿金等方式,弥补生态水利工程建设方的经济损失,如对实施生态修复的流域,从受益地区的水资源使用费中提取一定比例用于补偿。同时,出

台税收减免、补贴扶持等政策,鼓励企业、社会资本参与生态水利工程,降低建设运营成本,平衡生态与经济效益。(2) 加强多学科交叉研究与技术创新:推动水利工程、生态学、环境科学、信息技术等多学科合作,针对技术瓶颈开展联合攻关,如研发低成本、高性能的生态护坡材料,优化生态流量调度算法。此外,加快制定全国统一的生态水利工程技术标准,构建涵盖水文、生态、社会的综合评价体系,引入第三方评估机构,确保工程建设与效益评价的科学性、规范性。(3) 推动公众参与与生态教育普及:通过线上科普平台、线下宣传活动,普及生态水利工程的重要性,提升公众生态保护意识。建立公众参与机制,在工程规划、设计阶段公开征求公众意见,鼓励民间环保组织参与工程监督,如邀请公众代表参与生态流量监测数据核查。同时,将生态水利知识纳入中小学教育体系,培养公众长期的生态保护理念,为工程实施营造良好社会氛围。

结束语

传统水利工程在助力社会发展时,引发了诸多生态问题,像水文改变导致生物栖息地萎缩、水质恶化威胁生态健康等。生态水利工程应运而生,它以生态优先为导向,运用仿自然设计、生态修复等技术,在满足人类需求的同时,努力修复受损生态。未来,我们要持续完善生态水利体系,加强技术创新与部门协作,提高公众生态保护参与度,让水利工程成为人与自然和谐共生的坚固桥梁,绘就生态与发展共美的画卷。

参考文献

- [1]李丹霞.生态水利工程存在的问题及思考[J].黑龙江水利科技,2023,(14):154-155.
- [2]陈硕,宋亚平.生态水利工程设计若干问题的分析与探讨[J].企业科技与发展,2022,(11):101-103.
- [3]刘多斌.生态水利工程在水资源保护中的运用[J].建材发展导向,2022,(05):52-54.
- [4]姚娟.水利工程中的生态问题与生态水利工程研究[J].中文科技期刊数据库,2021,(07):73-75.