

生态水利工程设计在水利建设中的运用

杨 通 李 倩

长江勘测规划设计研究有限责任公司 湖北 武汉 430010

摘 要：生态水利工程设计融合生态学与水利工程学理念，对实现水资源可持续利用意义重大。其在水利建设中通过优化水资源配置、推进河道生态治理、实施水库生态调度及开展湿地生态修复等实践，平衡水利工程功能性与生态保护需求。然而，技术瓶颈、资金短缺与公众认知局限制约其发展。通过强化技术创新、拓宽资金来源、提升公众参与，可推动生态水利工程设计深化应用，为生态环境与社会经济协同发展筑牢基础。

关键词：生态水利工程；设计；水利建设；运用

引言

随着生态文明建设推进，传统水利工程对生态环境的负面影响日益凸显，生态水利工程设计应运而生。其强调以生态保护为前提，协调水资源开发与生态系统保护关系。本文聚焦生态水利工程设计在水利建设中的运用，深入剖析其于水资源优化配置、河道治理、水库调度及湿地修复等环节的实践路径，同时探讨面临的技术、资金与公众认知等挑战，并提出针对性解决策略，旨在为水利工程生态化转型提供理论参考与实践指导。

1 生态水利工程设计概述

生态水利工程设计以实现水生态系统功能完整性与可持续性为核心目标，通过融合生态学原理与水利工程技术，构建兼具水资源调控与生态保护功能的工程体系。该设计理念突破传统水利工程仅聚焦防洪、灌溉、供水等单一目标的局限，转而从流域尺度综合考量水体、生物、底质、岸带等生态要素的交互作用，在满足人类对水资源合理开发利用需求的同时，维护水域生态系统结构稳定与服务功能。在工程设计实践中，生态水利工程强调以自然生态系统为参照，模拟天然河道的蜿蜒形态、多样化断面及流速梯度分布。例如，通过恢复河道弯曲度和浅滩深潭交替结构，可创造不同流速与水深的生境，为鱼类产卵、索饵及幼鱼生长提供适宜场所；采用透水材料构建生态护岸，允许地表水与地下水自由交换，既能稳固岸坡防止水土流失，又能为两栖动物、昆虫提供栖息通道，促进水陆生态系统的物质与能量循环。生态水利工程设计的技术路径涵盖多维度的创新应用。水文过程模拟技术通过分析历史流量数据，结合生态需水要求，确定工程运行调度方案，保障关键时期河道生态基流；生态修复材料研发则致力于开发兼具工程强度与生态友好性的新材料，如多孔混凝土鱼巢砖、植物纤维复合护坡毯等，既满足工程结构需求，又

能促进微生物附着与植物根系生长。生态水力模型的构建整合流体力学、生态学等多学科知识，通过数值模拟与物理模型试验，优化工程布局与结构参数，减少工程建设对生态系统的负面影响。这种融合生态理念的水利工程设计，不仅注重工程设施的物理结构与运行效能，更着眼于长期生态效益的实现。通过合理配置水工建筑物与生态修复措施，生态水利工程可有效提升水体自净能力，增强生物多样性，缓解因工程建设导致的生态退化问题，最终实现水利工程与自然生态系统的协同共生与协调发展。

2 生态水利工程设计在水利建设中的具体运用

2.1 水资源优化配置

(1) 水资源优化配置通过构建多水源联合调度模型实现，整合地表水、地下水及非常规水源，以动态模拟技术分析不同来水情景下的水资源供需关系。基于水文循环规律与生态需水阈值，对城市供水、农业灌溉及生态补水进行统筹分配，在保障生产生活用水需求的同时，维持河道基流与湿地水位稳定，避免因过度取水导致生态退化。例如，在干旱半干旱地区，通过对水库群的蓄水、调水方案优化，协调上下游用水矛盾，提升水资源利用效率。(2) 利用分布式水文模型与地理信息系统(GIS)耦合技术，对流域水资源进行精细化管理。通过模拟不同土地利用类型、植被覆盖条件下的产汇流过程，识别水资源关键控制节点，合理布局取水口与输配水工程。结合水质水量联合调控策略，对污染水体进行生态净化处理后再利用，实现水资源的循环利用与质量提升，缓解区域水资源短缺与污染问题。(3) 生态化的水资源配置注重生态系统服务功能的保护与恢复。在规划过程中，充分考虑河流廊道、湖泊湿地等生态敏感区的需水要求，通过生态流量保障、地下水回灌等措施，修复受损的水生态系统。例如，通过优化灌区灌溉制

度,采用滴灌、喷灌等节水技术,减少无效蒸发与渗漏损失,将节约的水量用于生态补水,维持河流生态系统的健康稳定^[1]。

2.2 河道生态治理

(1)河道生态治理摒弃传统硬质化护岸模式,采用生态护坡技术重塑河道边界。运用植物根系固土与土工材料相结合的方式,构建具有透水性、柔韧性的护岸结构,既能抵御水流冲刷,又能促进水陆生态系统的物质交换。例如,采用石笼网内填充卵石并种植水生植物的形式,形成兼具防洪与生态功能的护岸,为鱼类、两栖动物提供栖息繁殖场所,恢复河道生物多样性。(2)针对河道萎缩、断流等问题,通过河道清淤疏浚与生态修复工程结合的方式,恢复河道行洪与生态功能。在清淤环节,选用环保绞吸船等先进设备,最大程度减少对底栖生物的扰动。疏浚出的底泥经科学处理后,用于堤防加固,增强防洪能力,或用于滩地造陆,拓展土地资源。开展河道岸线整治工作,恢复自然蜿蜒的河道形态,增加河流水体与土壤、植被的接触面积,提升水体自净能力与生态系统稳定性。(3)构建多样化的水生生态系统是河道生态治理的核心内容。通过设置浅滩、深潭交替的河床结构,营造不同流速与水深的栖息环境,满足多种水生生物的生存需求。种植沉水植物、浮叶植物与挺水植物,构建完整的水生植物群落,吸收水体中的氮、磷等营养物质,抑制藻类过度繁殖,改善河道水质。投放适宜的鱼类、底栖动物等生物,完善食物链结构,增强生态系统的自我调节能力。

2.3 水库生态调度

(1)水库生态调度以维持河流生态系统健康为目标,在保障防洪、发电、供水等基本功能的基础上,优化水库蓄水、泄水过程。通过分析河流生态系统的关键生物过程与水文节律的关系,确定生态调度的关键指标,如生态基流、洪水脉冲时间与规模等。在枯水期,按照生态基流要求下泄水量,维持河道生物生存与栖息地环境;在鱼类繁殖期,模拟自然洪水过程进行生态放水,刺激鱼类产卵繁殖。(2)采用实时水文预报与水库调度模型相结合的技术,实现水库调度的动态优化。利用气象卫星、水文监测站等获取的实时数据,预测来水过程,结合水库当前蓄水量与下游用水需求,制定科学的调度方案。在保障水库安全运行的前提下,尽量减少对河流自然水文过程的干扰,维持河流生态系统的完整性。例如,在满足防洪要求的情况下,适当延迟水库蓄水时间,保留更多洪水过程,促进河道滩地植被生长与鱼类资源恢复。(3)水库生态调度注重对水库上下游生

态系统的综合影响评估。通过长期监测水库运行前后河流物理化学指标、生物群落结构的变化,分析生态调度措施的实施效果,并根据反馈结果及时调整调度方案。通过水库调度改善下游河道的水动力条件,促进水体混合与交换,提高水质,恢复退化的河岸带生态系统,实现水库与流域生态系统的协调发展^[2]。

2.4 湿地生态修复

(1)湿地生态修复先从水文条件恢复入手,通过构建湿地水系连通工程,改善湿地水体的流动性与补水条件。利用闸坝、泵站等水利设施,调节湿地水位,模拟自然水文节律,形成季节性淹水与退水过程,为湿地植物生长与动物栖息创造适宜环境。例如,在退化的滨海湿地,通过修建潮汐通道,恢复潮汐动力,促进湿地与海洋的物质交换,改善湿地盐度与营养条件,加速生态系统的恢复进程。(2)针对湿地植被退化问题,采用植被重建与恢复技术,筛选适合当地生态条件的湿地植物进行种植。对于草本湿地,通过撒播芦苇、香蒲等植物种子或移栽幼苗,重建湿地植被群落;对于木本湿地,如红树林湿地,采用容器苗造林、裸根苗造林等方式进行修复。控制外来入侵物种,保护本土植物多样性,恢复湿地植被的生态功能,如水质净化、固碳释氧等。(3)湿地生态修复注重生物栖息地的营造与生物多样性保护。通过开挖浅塘、修筑岛屿、种植水生植物等方式,构建多样化的微生境,为鸟类、鱼类、两栖动物等提供觅食、繁殖与避难场所。引入本地濒危物种进行人工繁育与野化放归,逐步恢复湿地生物群落结构。通过控制周边污染源,减少农业面源污染与生活污水排放,改善湿地水质,为湿地生态系统的可持续发展提供保障。

3 生态水利工程设计在水利建设运用中面临的挑战与对策

3.1 面临的挑战

3.1.1 技术难题

生态水利工程设计需融合多学科知识,涉及水文水资源、生态环境、工程力学等领域,这对技术整合提出极高要求。在实际建设中,既要保障水利工程防洪、灌溉等传统功能,又要实现生态修复与保护,精准平衡两者关系存在巨大难度。例如,河道生态修复工程中,如何设计合适的生态护坡结构,使其既能抵御水流冲刷、维持岸坡稳定,又能为动植物提供栖息环境、促进生态系统健康发展,现有的技术手段难以完全满足多样化需求。生态水利工程的长期监测与效果评估技术尚不完善,难以准确判断工程对生态环境的动态影响,给后续优化设计带来阻碍。

3.1.2 资金投入压力

生态水利工程相较于传统水利工程,在建设过程中需采用更多新型材料、特殊工艺,以及开展生态修复、生物多样性保护等工作,这些都大幅增加了工程成本。从前期规划设计阶段的生态调研、多方案模拟分析,到施工阶段的生态友好型技术应用,再到后期的生态监测与维护,每一个环节都需要大量资金支持。生态水利工程的经济效益回报周期长,难以在短期内吸引社会资本投入。水利建设项目本身资金需求量大,有限的资金难以充分满足生态水利工程建设与长期运维的需求,导致项目推进缓慢,甚至因资金短缺影响工程质量与生态效益的实现^[3]。

3.1.3 公众认知不足

由于生态水利工程的生态效益具有长期性、隐蔽性特点,普通民众难以直观感受到其对生活环境和生态系统的积极作用。公众更多关注水利工程带来的防洪、供水等直接效益,对生态水利工程在改善水质、保护生物多样性、维持生态平衡等方面的重要意义缺乏深入了解。这种认知偏差使得在生态水利工程建设过程中,部分公众存在不理解、不配合的情况,甚至可能因工程建设对局部区域的短期影响产生抵触情绪,影响工程的顺利实施。公众缺乏参与生态水利工程建设与监督的意识和主动性,不利于形成全社会共同推动生态水利发展的良好氛围。

3.2 对策

3.2.1 加强技术研发与创新

聚焦生态水利工程设计中的关键技术难题,整合高校、科研机构及企业的技术力量,开展联合攻关。针对生态护坡结构优化问题,深入研究不同地质、水文条件下的适用材料与结构形式,通过实验室模拟与现场试验相结合的方式,不断改进创新。研发高精度、智能化的生态监测设备与数据分析系统,实时获取工程区域内水文、水质、生物等多维度数据,运用大数据、人工智能等技术对生态水利工程的实施效果进行精准评估,为工程设计优化提供科学依据,逐步攻克技术瓶颈,提升生态水利工程设计的科学性与实用性。

3.2.2 拓宽资金渠道

充分挖掘生态水利工程潜在的经济价值,探索多元化的资金筹集方式。第一,利用生态水利工程带来的生态旅游、水资源综合利用等附加价值,吸引企业进行商业投资,通过项目合作、特许经营等模式,实现互利共赢。第二,引入金融机构的绿色金融产品,如绿色债券、绿色信贷等,为生态水利工程建设提供资金支持。还可鼓励社会公益组织、个人通过捐赠、众筹等方式参与生态水利工程建设,缓解资金压力,保障工程建设与运维资金的充足供应。

3.2.3 提高公众认知

通过多种渠道开展生态水利工程知识科普宣传活动。利用互联网、社交媒体、短视频平台等新媒体手段,制作生动形象的科普视频、图文信息,以通俗易懂的方式向公众介绍生态水利工程的原理、功能及生态效益。组织公众参观已建成的生态水利工程示范项目,让公众直观感受生态水利工程对环境改善的实际效果。开展生态水利主题的社区活动、讲座,鼓励公众参与讨论与互动,增强公众对生态水利工程的认同感与参与感,引导公众树立正确的生态保护意识,为生态水利工程建设营造良好的社会舆论环境^[4]。

结语

综上所述,生态水利工程设计是水利建设迈向可持续发展的关键路径。其在水资源管理、生态修复等领域的应用,有效缓解了传统水利工程对生态系统的破坏,但技术、资金与公众认知等问题仍亟待解决。未来需持续加大技术研发投入,创新投融资模式,加强生态理念宣传,推动生态水利工程设计在水利建设中更广泛、深入应用,助力构建人水和谐的生态文明新格局。

参考文献

- [1]陈旭.生态水利工程设计在水利建设中的运用[J].东北水利水电,2023,41(7):67-70.
- [2]曹珊珊.生态水利工程设计在水利建设中的运用[J].现代农业科技,2021(4):149-150.
- [3]隋建华.生态水利工程设计在水利建设中的运用[J].砖瓦世界,2022(3):154-156.
- [4]马壮.生态水利工程设计在水利建设中的运用[J].价值工程,2021,40(3):212-213.