

生态水利工程设计理念、生态维护措施及效果监测评价

方海燕 庄尚乾 杨敏
荆州市河道管理技术中心 湖北 荆州 434000

摘要:生态水利工程以尊重自然等核心理念,规划设计阶段需开展生态调查、避让干扰等;施工阶段采用绿色技术、控制污染等;运营阶段实施动态调度、长期维护等。效果监测构建涵盖水文、形态结构等的指标体系,采用常规与自动、“天地一体化”等监测技术,通过“前后对比”等方法评价,并依据结果适应性管理,形成闭环系统。

关键词:生态水利;设计理念;生态维护措施;监测评价

引言:在生态环境保护与可持续发展需求日益凸显的当下,生态水利工程作为融合水利工程与生态保护理念的创新实践,备受关注。其核心设计理念涵盖尊重自然、保护生物多样性、模拟自然形态及追求系统自我恢复与可持续等方面。在建设过程中,规划设计、施工建设及运营管理各阶段均需落实生态维护措施。构建科学的监测内容与指标体系,运用多元监测方法,建立效果评价与反馈机制,对保障生态水利工程生态效益的充分发挥意义重大。

1 生态水利工程的核心设计理念

1.1 尊重自然与整体性理念

生态水利工程强调将河流、湖泊等水域视为一个有机统一且完整的生命系统,而非孤立、片段化的工程对象。在工程设计过程中,需秉持整体性原则,全面、深入地考量流域的生态特征与内在联系。从宏观层面看,要维护水陆生态系统在空间上的连续性,确保不同生态区域之间过渡自然、衔接紧密;保障生态系统在结构上的完整性,使各类生态要素完整无缺、协同运作。同时,注重生态系统内部各组成部分间的相互作用,维持能量、物质和生物在生态系统中的正常流动与循环。唯有如此,才能避免因工程建设割裂生态系统联系,破坏生态平衡,实现生态水利工程与自然生态的和谐共生,为生态系统的稳定与可持续发展提供有力支撑^[1]。

1.2 保护与修复生物多样性理念

在生态水利工程设计中,保护与修复生物多样性被确立为工程的直接且关键目标之一。生物多样性是生态系统稳定和健康运行的基石,对维持生态平衡意义重大。为实现这一目标,工程需精心营造多样化的栖息地。构建深潭、浅滩等不同水深和水流形态的区域,满足各类水生生物对生存环境的差异化需求;打造湿地,为众多鸟类、两栖类等生物提供繁殖、觅食和栖息的场所;建设生态护岸,采用天然材料和生态结构,增强岸坡的稳

定性和生态功能,为陆生植物生长和昆虫、小型哺乳动物活动创造条件。通过这些举措,为水生和陆生生物构建起适宜的生存、繁衍和庇护空间,进而维持食物链的稳定与完整,促进生态系统的良性循环,实现生态水利工程与生物多样性保护的有机统一。

1.3 模拟自然形态与结构理念

生态水利工程秉持模拟自然形态与结构的先进理念,致力于在工程构建中最大程度还原自然河流的原始风貌。传统水利工程常采用单一的直线化、渠道化、硬质化模式,这种模式虽在防洪、灌溉等方面发挥了一定作用,但严重破坏了河流生态系统的自然平衡。而生态水利工程摒弃此类做法,转而采用近自然的水力形态设计。通过打造蜿蜒曲折的河道,模拟自然河流的动态变化,使水流形成多样的流态,增强水体的混合与交换,进而提升水体的自净能力。同时,选用透水材料铺设河床与护岸,增加水体与周边环境的物质交换;塑造粗糙的河床,为底栖生物提供附着和栖息的场所。如此,为各类生物创造适宜的生存环境,促进生物多样性的发展,实现水利工程与自然生态的深度融合与协调共生^[2]。

1.4 系统自我恢复与可持续理念

生态水利工程以模拟自然形态与结构为核心理念,在工程规划与建设过程中,全力追求对自然河流原始风貌的高精度还原。传统水利工程多倾向于采用直线化、渠道化、硬质化的单一模式,这种模式虽在防洪、灌溉、供水等基础功能上成效显著,但给河流生态系统带来了严重创伤,打破了其原有的自然平衡,导致生物栖息地丧失、生态功能退化等一系列问题。生态水利工程果断摒弃这一弊端模式,积极采用近自然的水力形态设计。精心打造蜿蜒曲折的河道,精准模拟自然河流的动态变化特征,促使水流形成丰富多样的流态,极大地增强了水体的混合与交换效率,有效提升了水体的自净能力。同时,选用透水材料铺设河床与护岸,促进水体与周边环

境的物质交换；精心塑造粗糙的河床，为底栖生物提供理想的附着和栖息场所，从而为各类生物营造出适宜的生境，推动生物多样性发展，达成水利工程与自然生态的深度融合与协调共生。

2 生态水利工程的生态维护措施

2.1 规划设计阶段的生态维护

在生态水利工程的规划设计阶段，生态维护理念需贯穿始终，以确保工程建设与生态环境和谐共生。(1) 开展生态基底调查与评价是基础工作。要对工程区域的生物资源、水文地质、地貌形态等进行全面且详尽的本底调查，运用专业的调查方法和先进的仪器设备，精准识别关键物种、敏感生境和生态廊道，为后续设计提供科学依据。(2) 生态避让与最小干扰设计至关重要。在选址和选线时，应将生态保护放在首位，优先避开生态敏感区和核心栖息地。若因客观条件限制无法避让，则需精心制定最小化干扰的设计方案，通过优化工程布局、采用环保材料等措施，降低对生态环境的影响。(3) 生态流量保障设计不可或缺。要科学核定并设计保障下游生态系统健康所需的基本生态流量，结合水文资料和生态需求，确保河流不断流，维持水生态系统的生存底线。(4) 生境多样性设计能提升生态功能。在工程设计中主动创造多样化的生境结构，如合理设置鱼道、生态岛屿、人工湿地、多孔性护岸等，为生物提供适宜的生存和繁衍空间^[3]。

2.2 施工建设阶段的生态维护

在生态水利工程的施工建设阶段，生态维护工作是保障工程建设与生态环境协调发展的关键环节，需从多方面精准发力。(1) 绿色施工技术是首要举措。要积极采用低振动、低噪音的施工设备和工艺，从源头上降低施工活动对周边水生生物的惊扰。例如，选用新型的低噪音打桩机、振动小的挖掘机等设备。同时，严格控制施工范围和时段，通过详细的生态调查，精准避开生物繁殖期等敏感时期，避免因施工干扰导致生物繁殖失败或种群数量减少。(2) 水土保持与污染控制不容忽视。必须严格执行既定的水土保持方案，在施工现场合理设置沉淀池，对施工废水和生活污水进行分类收集与处理。施工废水中的泥沙、化学物质等经过沉淀、过滤等工艺处理后达标排放，生活污水则通过生化处理等方式净化，有效防止泥沙和各类污染物进入水体，保障水环境质量。(3) 表土保护与植被恢复也至关重要。对施工过程中剥离的表土进行妥善保存，采取覆盖、围挡等措施防止其流失和污染。在工程后期，将这些表土用于植被恢复，为植物生长提供肥沃的土壤基础。并且优先选用本地植

物物种进行绿化，本地植物更能适应当地环境，有利于促进原生生态系统的快速恢复和稳定发展。

2.3 运营管理阶段的生态维护

在生态水利工程的运营管理阶段，生态维护工作需以科学、精细的方式持续推进，确保工程长期发挥生态效益。(1) 动态生态调度是关键举措。依据详细的水文周期数据和生物的多样化需求，实施精准且灵活的水资源调度。通过模拟自然水文情势，例如合理营造人造洪峰，为生态系统的关键过程提供必要条件。鱼类洄游依赖特定的水流速度和水位变化，植物种子传播也需要合适的水流带动，动态生态调度能够精准满足这些需求，维持生态系统的平衡与稳定。(2) 生境的长期维护与管理同样重要。定期对人工湿地、生态护岸等设施展开全面且细致的维护工作，检查设施的完整性和功能性，及时修复受损部分。同时，密切关注外来入侵物种的动态，迅速采取清除措施，防止其对本地生态系统造成破坏，为本地植被群落的稳定与发展创造有利条件。(3) 制定完善的环境风险应急预案不可或缺。针对水质污染、生态灾害等可能出现的突发事件，明确应急处置流程和责任分工，储备必要的应急物资和设备。确保在突发状况下能够迅速响应、有效行动，最大程度减轻对生态系统的损害，保障生态水利工程的安全与可持续运行。

3 生态水利工程的效果监测与评价

3.1 监测内容与指标体系

生态水利工程效果监测与评价，需构建全面且科学的监测内容与指标体系。(1) 水文水质指标是生态系统健康的基石。涵盖流量、水位、流速的时空动态变化，精准反映水资源的分布与流动情况。同时，对水温、溶解氧、氨氮、总磷、重金属等关键水质参数进行严格监测，这些参数直接关联着水生生物的生存环境，是判断水体质量优劣的重要依据。(2) 形态结构指标能反映工程对自然地貌的模仿程度。河岸与河床的稳定性关乎河道生态的持久维持；河道蜿蜒度、横断面形状影响水流特性与生物栖息环境；底质组成和护岸材料的透水性，则决定了水体与底质间的物质交换能力，对维持生态系统平衡至关重要。(3) 生物群落指标是评价生态效果最直接的证据。着生藻类、底栖无脊椎动物、鱼类、滨岸植被的种类、数量、密度、生物量以及生物多样性指数（如香农-维纳指数），能直观呈现生态系统的生物构成与丰富度。底栖动物完整性指数(B-IBI)和鱼类完整性指数(F-IBI)作为常用综合评价工具，可全面评估生物群落的健康状况。(4) 生态系统功能指标反映生态系统的整体运行状况，如水体自净能力通过有机物降解速率等衡

量,初级生产力、食物网结构等则体现生态系统的能量流动与物质循环功能。

3.2 监测方法与技术

生态水利工程的效果监测,为精准评估工程建设与运行对生态环境的影响,需综合运用多元方法与技术。(1)常规监测与自动监测相结合是基础且有效的方式。常规的野外采样工作,由专业人员按照规范流程,在不同监测点位采集水样、土样以及生物样本等,随后送至实验室进行细致分析,以此获取基础且准确的数据,为后续研究提供可靠支撑。与此同时,借助先进的在线水质监测仪、水文自动测站等设备,可实现高频、连续的数据采集。这些设备能够实时记录水质、水文等指标的动态变化,一旦出现异常情况,可迅速发出预警,让管理人员及时掌握并采取应对措施。(2)“天地一体化”监测手段则能实现大范围、全方位的信息获取。利用遥感(RS)技术,可对大范围的植被覆盖、土地利用和水体变化进行高效监测;结合地理信息系统(GIS)开展空间分析和可视化展示,使数据更加直观易懂;再通过全球定位系统(GPS)进行精确定位,确保监测信息的准确性。此外,环境DNA(eDNA)技术作为新兴手段,通过分析水样中的DNA片段,能快速、非侵入性地监测鱼类和其他水生生物分布,在稀有和隐蔽物种调查方面具有独特优势^[4]。

3.3 效果评价与反馈机制

在生态水利工程效果评价与反馈工作中,“前后对比”与“控制-影响”对比是极为基础且重要的方法。(1)“前后对比”法,是将工程实施后的监测数据与工程开展前的本底数据进行细致比对。通过这种对比,能够直观清晰地呈现出工程实施所带来的各类变化,无论是生态指标的改善还是某些负面影响的产生,都能一目了然。而“控制-影响”对比法则更为严谨,在流域内精心选取未受工程影响的相似区域作为参照点,开展全面深入的对比分析。这样可以有效排除自然变化对评价结果的干扰,

让评价结果更加准确可靠,真实反映工程对生态环境的实际影响。(2)在评价过程中,采用多指标综合评价十分必要。构建综合评价模型,如层次分析法、模糊综合评价法等,把不同维度的监测指标有机整合起来。这样能得出工程生态效益的整体评分,全面、客观地反映工程效果,避免因单一指标评价而产生的片面性。(3)适应性管理反馈在生态水利工程中至关重要。监测评价不是最终目的,而是要以此为指导开展管理工作。依据评价结果及时诊断问题,针对性地调整和优化工程运行管理策略,像调整生态流量、修复特定生境等,形成“监测-评价-管理-再监测”的闭环自适应管理系统,推动工程生态效益持续提升。

结束语

生态水利工程以尊重自然、保护生物多样性等理念为指引,在规划设计、施工建设及运营管理各阶段落实生态维护措施。通过构建全面科学的监测内容与指标体系,运用多元监测方法与技术,开展精准的效果评价。借助“前后对比”等方法与多指标综合评价,依据评价结果实施适应性管理反馈,形成闭环系统,不断提升生态效益,实现生态水利工程与自然生态的深度融合、协同永续发展。

参考文献

- [1]吕贺.生态理念在水利工程设计中的应用分析[J].陕西水利,2021(08):225-226+230.
- [2]韩欣.现代水利工程设计中生态景观与文化元素的融入[J].住宅与房地产,2021(21):128-129.
- [3]王英丽,陈俊昂.水利工程对河流形态生态影响的定量评价方法研究及应用[J].水利规划与设计,2025,(03):39-43.
- [4]李晓芬,王建盼,柴璐艳.水利工程生态环境影响评价分析[J].清洗世界,2024,40(07):106-108.
- [5]韩鹏,陈姗姗.水利工程对水环境生态影响评价综合体系的构建与研究[J].陕西水利,2024,(06):83-86.