

生态水利工程设计在水利建设中的运用探讨

王中文¹ 施 敬¹ 裴素祥² 李享鸿²

1. 江苏省宿迁市宿豫区水利局 江苏 宿迁 223800

2. 宿迁市水务勘测设计研究有限公司 江苏 宿迁 223800

摘 要：生态水利工程设计将生态学原理、可持续性理论及环境伦理学价值导向融入传统水利工程建设，以增强生态系统服务功能如水源净化、洪水控制和土壤保持。通过系统性原则、最小干预原则、适应性原则和参与性原则，确保工程项目的长期有效性及其对环境的正面影响。具体应用包括流域生态网络构建、生态友好型工程结构创新、生态水文过程调控与资源循环利用以及生态监测与动态管理机制协同。这些措施不仅提升了工程的实际效果，还促进了生态系统的恢复与维护，为实现绿色、可持续的发展目标贡献力量。

关键词：生态水利工程；水利建设；生态学原理；可持续性；生态监测

引言：随着人类活动对自然生态系统影响的加剧，传统水利工程引发的生态问题日益凸显。生态水利工程设计作为一种创新性解决方案，通过整合多学科理论，将生态保护融入水利建设全过程。其核心在于平衡水资源开发利用与生态系统服务功能，既满足社会经济需求，又维护生物多样性及生态稳定性。本文从理论框架、设计原则及实践应用三个维度，探讨生态水利工程如何通过科学规划与技术革新，推动水利行业向绿色低碳转型，为全球水环境治理提供可借鉴路径。

1 生态水利工程设计理论基础

1.1 生态学原理的工程化应用

生态水利工程设计的核心在于将生态学原理转化为实际工程措施。生态系统为人类社会提供了多种服务功能，如水源净化、洪水控制和土壤保持等。水利工程通过科学合理的设计能够增强这些自然过程，而非削弱它们。在规划新的水利设施时，考虑水流的自然模式以及鱼类迁徙路径至关重要。这样不仅能减少对生物多样性的负面影响，还能提升水资源管理效率。生物多样性保护与工程结构的适配性设计是生态水利工程中不可或缺的一部分。了解项目区域内动植物的生活习性和栖息地需求，并据此调整设计方案，对于保护生物多样性具有重要意义。例如，建设鱼道帮助洄游鱼类克服水坝障碍，或者创建湿地系统处理污水同时提供野生动物栖息地。

1.2 可持续性理论的核心支撑

可持续性理论强调资源循环利用和工程全生命周期管理的重要性。从材料选择到施工过程再到后期运营维护，每个环节都应考虑到如何降低环境负担并提高资源使用效率。这要求工程师们在设计阶段就充分考虑项目的长期影响，确保其在整个生命周期内尽可能减少对环

境的负面影响。社会-经济-生态复合系统的平衡机制是实现可持续发展的关键。水利工程不仅仅是一个技术问题，它还涉及到社会经济发展和环境保护之间的复杂关系^[1]。成功的水利工程项目需要全面评估，其可能带来的社会效益以及潜在环境影响，确保在推动经济增长的同时不损害生态环境。

1.3 环境伦理学的价值导向

环境伦理学为生态水利工程提供了价值导向，指导人类活动与自然演替之间设定合理的伦理边界。虽然人类活动不可避免地会对自然造成一定干扰，但这种干扰应当被限制在一个可接受范围内，以避免破坏生态系统的自我修复能力。工程师和决策者在做决策时需考虑道德责任，确保所采取的每一步行动都是为了促进人与自然和谐共生。生态补偿机制作为一种具体的实践方式，在工程中的嵌入对于缓解工程建设对环境造成的负面影响至关重要。通过资金投入或其他形式补偿受损的生态环境，可以作为对自然界的一种道歉或修复措施。这种方式不仅有助于减轻工程带来的直接环境影响，也促进了当地社区和生态环境的共同繁荣。生态补偿机制的应用体现了对自然资源负责的态度，也是迈向绿色未来的重要一步。

2 生态水利工程设计核心原则

2.1 系统性原则

生态水利工程的设计离不开对整个流域尺度下生态过程连续性的保障。这意味着在规划和实施过程中，需要考虑河流上下游、左右岸以及陆地与水体之间的相互作用关系。通过这种方式，可以确保生态系统服务功能的最大化，如水源涵养、水质净化、洪水调节等。工程措施与自然修复的协同设计成为实现这一目标的重要手

段。例如,在河流治理项目中结合河岸植被恢复与人工湿地建设,既能稳固河岸防止侵蚀,又能为野生动植物提供栖息地,从而促进生物多样性的保护。为了达成系统性目标,必须深入理解流域内各个生态要素之间的联系,并将其纳入到工程设计中。这包括了对土壤类型、植被覆盖、地形地貌等因素的综合考量。还需要考虑到季节变化带来的影响,比如雨季与旱季之间水文条件的变化。只有这样,才能制定出既符合当地自然条件又能有效提升生态系统健康状况的设计方案。例如,在干旱地区,通过合理布局灌溉系统,不仅可以提高水资源利用效率,还能减少对地下水的依赖,保护脆弱的生态环境。

2.2 最小干预原则

最小干预原则强调尽可能减少工程活动对环境造成的干扰。在选址阶段,应优先选择那些对生态基底破坏较小的区域进行施工。对于不可避免的占地情况,则需采取一系列措施以降低对生态环境的影响。比如,采用分段施工的方法,给受影响区域留出足够的时间进行自我修复;或者是在工程结束后迅速开展植被恢复工作,尽快重建被扰动地区的生态平衡。原生地貌与水文特征的保留策略也是遵循最小干预原则的关键所在^[2]。尽量保持原有地形地貌不变,避免大规模挖掘或填埋作业,有助于维持当地的水文循环和生态结构。同样重要的是,尊重并利用自然力量来解决问题,而非过度依赖人工干预。例如,在处理河道淤积问题时,可以通过引导水流冲刷的方式自然清除沉积物,而不是简单粗暴地使用机械挖掘。这种方法不仅减少了对环境的破坏,也促进了自然恢复过程,使得生态系统能够在较短时间内恢复其原有的功能。

2.3 适应性原则

面对气候变化和生态系统演替带来的不确定性,生态水利工程需要具备一定的灵活性和适应能力。动态响应气候变化意味着工程设计要考虑到未来可能发生的极端天气事件,如暴雨、干旱等,并为此做好准备。例如,构建具有弹性的防洪体系,不仅能够应对当前的洪水风险,还能适应未来可能出现的更高强度降雨情况。这样的设计思路要求工程师们在初期规划时就充分考虑到未来几十年甚至更长时间内的气候趋势,确保工程项目的长期有效性。工程功能的弹性调整机制是实现适应性原则的重要途径之一。这就要求在设计之初就预留出足够的空间用于后续改造升级,使得工程项目可以根据实际情况灵活调整其功能。例如,设计可调节的闸门系统,根据不同的水位需求灵活控制水流速度和方向,从

而更好地服务于灌溉、防洪等多种用途。还可以通过设置监测点实时监控环境变化,及时调整管理策略以应对新出现的问题。这种灵活的设计理念不仅提高了工程的适应性,也延长了其使用寿命,降低了维护成本。

2.4 参与性原则

生态水利工程的成功离不开利益相关者的积极参与和支持。整合多元诉求是确保项目顺利推进的前提条件。不同群体对于水资源管理有着各自的看法和期望,因此在项目初期就要建立起有效的沟通渠道,让各方声音都能够得到充分表达。组织座谈会、听证会等形式,收集来自社区居民、环保组织、政府部门等多方面的意见和建议。这种开放的态度有助于建立信任,提高项目的接受度和社会支持度。公众参与生态效益评估的机制设计同样重要。这不仅有助于提高项目的透明度和公信力,还能增强民众对环境保护的认识和责任感。例如,邀请当地居民参与到监测工作中,共同监督水质改善效果或者生物多样性恢复进展。这样做不仅能增加公众的信任感,也能激发他们对家乡环境的关注和热爱之情。通过建立这样的合作模式,可以形成一个良性循环,推动生态水利工程向着更加可持续发展的方向发展。不仅如此,公众参与还能够为工程带来新的视角和创意,进一步丰富和完善设计方案。在这个过程中,工程师和设计师需要学会倾听和理解不同背景人群的需求和想法,以便更好地将这些元素融入到最终的设计之中。这样一来,不仅可以确保工程的有效性和实用性,还能促进社会和谐与进步。通过多方协作,共同致力于打造一个人与自然和谐共生的美好未来。

3 生态水利工程设计在水利建设中的具体应用

3.1 流域生态网络构建与工程布局优化

生态水利工程以流域为单元进行系统化布局,通过工程措施串联关键生态节点,恢复生态过程连续性。在河道治理中,设置生态缓冲区与自然化堤防代替传统硬化护岸,为水陆交错带生物提供栖息地与迁徙廊道。例如,在河流弯道处保留滩地植被,利用水流自然摆动形成浅滩-深潭交替结构,既增强河道自净能力,又为鱼类产卵与鸟类觅食创造条件^[3]。结合水文条件与地形特征,在支流汇入口、湿地周边等区域设置生态调节堰,通过局部水位调控实现水体交换与物质循环,避免因工程截断导致流域生态功能退化。在工程布局层面,统筹考虑上下游生态补偿关系。例如,在上游水库设计中预留生态流量下泄通道,保障下游河道基流需求;在干支流交汇设置生态连通廊道,允许鱼类在不同水体间自由洄游。通过构建多级湿地过滤系统,将工程排水口与人工

湿地、自然沼泽串联,形成梯度净化网络,提升流域整体水质。

3.2 生态友好型工程结构创新与功能复合

传统水利工程结构需通过生态化改造实现功能复合。在闸坝设计中,采用分层取水与鱼道一体化结构,通过不同高程取水口满足鱼类洄游需求,结合仿生流道设计降低鱼类通过阻力。例如,在溢流坝表面设置阶梯状糙化结构,既消减水流能量,又为底栖生物提供附着基质;在泄洪孔道出口安装导流板,引导水流形成螺旋流动,增强水体复氧能力。护岸工程中,推广柔性生态护坡技术,以三维植被网、土工格室与本地植物根系形成复合防护体系。例如,在岸坡底部种植耐水淹植物,中部配置固土灌木,顶部搭配耐旱乔木,形成垂直生态梯度;在坡面嵌入预制生态模块,模块内填充腐殖土与种子,通过雨水浸润自然萌发植被。研发可降解材料制成的临时护岸构件,施工结束后逐步降解为生态基质,避免二次污染。这种生态友好型的设计理念不仅能够有效防止土壤侵蚀,还能为野生动植物提供适宜的生活环境。例如,通过在护坡上种植多种本地植物,不仅可以增加植被覆盖率,还能够吸引昆虫和其他小动物,从而丰富生物多样性。

3.3 生态水文过程调控与资源循环利用

生态水利工程通过精准调控实现水文过程与生态需求的匹配。在农业灌溉区,构建渠田塘生态水网,通过明渠输水与暗管渗流结合,减少水分蒸发损失;在田间设置生态沟渠,利用植物拦截与微生物降解净化农业面源污染;在塘坝周边配置挺水浮水沉水植物群落,形成立体净化系统。例如,通过调节塘坝水位模拟自然涨落,促进沉水植物种子萌发与底栖动物繁殖,恢复水体自净能力^[4]。在城镇水系治理中,推广海绵城市理念与水利工程耦合。通过建设下沉式绿地、雨水花园与透水铺装,实现雨水就地消纳;将净化后的雨水引入河道生态补水,形成灰水绿廊蓝网循环体系。例如,在河道两侧设置生态浮岛,浮岛内种植水生植物并投放滤食性鱼类,通过食物链调控降低藻类密度;在排水口下游建设人工湿地,利用砾石床与植物根系过滤悬浮物,实现污水资源化利用。

3.4 生态监测与动态管理机制协同

生态水利工程建立覆盖全生命周期的监测评估反馈体系。在施工阶段,布设土壤侵蚀传感器、水质监测浮标与鸟类声纹记录仪,实时跟踪工程对生态要素的影响;在运营阶段,利用无人机巡检与卫星遥感技术,监测河道形态变化与植被覆盖度。例如,通过分析鱼类声呐探测数据,评估鱼道通过效率与物种多样性恢复情况;通过对比工程前后卫星影像,量化湿地扩张与植被群落演替趋势。基于监测结果,构建工程参数动态调整机制。例如,根据水生植物生长状况调整湿地水位波动频率,促进挺水植物向沉水植物演替;依据鱼类洄游时间表优化闸坝调度方案,保障繁殖期生态流量需求。建立跨部门协同管理平台,整合水利环保与林业部门数据资源,实现生态效益可视化展示与风险预警。例如,通过数字孪生技术模拟不同气候情景下工程生态响应,为适应性管理提供决策支持。通过这些先进的监测技术和动态管理机制,可以及时发现并解决潜在问题,确保水利工程长期稳定运行,并最大限度地发挥其生态效益。这也为未来类似项目的实施提供了宝贵的经验和参考。

结束语

生态水利工程设计在水利建设中的运用,为水利事业发展开辟了新路径。通过遵循科学理论基础与核心原则,在多个具体应用领域取得显著成效。它有效平衡了水利工程建设与生态保护的关系,促进了生态系统的稳定与恢复。未来,应持续探索创新,不断完善设计理念与技术手段,让生态水利工程在水利建设中发挥更大作用,助力实现可持续发展的美好愿景。

参考文献

- [1] 庞奕锋.生态水利工程设计在水利建设中的应用探索[J].水上安全,2024,(19):80-82.
- [2] 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(07):67-70.
- [3] 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,(04):149-150.
- [4] 范茂雷.水利工程建设中生态堤防设计[J].中国科技投资,2021,(10):152-153.