

生态水利工程设计初探

朱江鹏

陕西大川水利工程设计有限公司 陕西 西安 710016

摘要：生态水利工程融合生态学与水利工程学原理，遵循整体性、适应性、可持续及生态优先原则开展设计。重点聚焦水文、地形地貌、生物等要素，采用基于生态系统的设计方法、多目标协同策略以及动态设计与适应性管理策略。通过科学规划，达成工程功能与生态功能统一，提升生物多样性，保障水资源合理利用，为水利建设提供兼顾生态保护与发展的新途径。

关键词：生态水利工程；设计原则；关键要素；设计方法；可持续发展

引言：水利工程建设在推动经济发展、保障社会稳定上意义重大，但传统设计常忽略生态影响，引发诸多生态破坏问题。伴随可持续发展理念广泛传播，生态水利工程设计顺势而生。此设计融合生态学与水利工程学知识，兼顾工程功能与生态保护，力求在满足人类用水、防洪等需求时，维护生态系统平衡，实现人与自然和谐共处，成为水利建设领域备受关注的研究方向。

1 生态水利工程设计理论基础

1.1 生态学基本原理

生态系统结构与功能原理是生态水利工程设计的核心依据之一。生态系统由生物群落与无机环境组成，有着特定的结构，包括物种组成结构、空间结构等。其功能涵盖物质循环、能量流动和信息传递^[1]。生态水利工程模仿自然生态系统的结构，通过合理规划工程布局，构建类似自然的水生环境，促进物质在系统内高效循环，优化能量流动路径，提升生态系统的整体效能。生态平衡原理强调生态系统在一定条件下保持相对稳定的状态，有自我调节等维持机制。然而，水利工程建设常改变水流、水域面积等，破坏生态平衡。生态水利工程设计则注重恢复和维持生态平衡，通过科学设计水利设施，调节水流速度与水量，为各类生物创造适宜生存条件，增强生态系统的自我修复能力。生物多样性原理凸显生物多样性对生态系统稳定和功能维持的关键作用。生态水利工程设计充分考虑生物的生存需求，通过营造多样化的生态环境，为不同生物提供适宜的栖息场所，保护和增加生物多样性，提升生态系统的抗干扰能力。

1.2 水利工程学基本原理

水文学原理聚焦水文学的基本概念与研究范畴。生态水利工程设计需深入考量水文循环过程，精准分析降水、蒸发、径流等环节，合理调控水资源，实现水资源的可持续利用。例如，对某流域多年水文数据进行分析

后发现，该流域年均降水量为800 - 1200毫米，蒸发量为600 - 900毫米，径流系数在0.2 - 0.4之间，这为合理规划水资源利用提供了重要依据。水力学原理涉及水流运动规律及水力要素计算等内容。生态水利工程设计运用这些原理，在满足工程功能需求的同时，兼顾生态需求，如优化水流形态，降低对水生生物的干扰。当水流流速超过1.5米/秒时，会对多数水生生物的生存和繁殖产生不利影响，生态水利工程设计要控制水流流速处于这一安全范围。传统水利工程设计遵循安全性、经济性、适用性等原则。生态水利工程设计在继承这些原则的基础上，融入生态理念，注重工程建设与生态环境的协调发展，实现经济、社会和生态效益的统一。

2 生态水利工程设计的原则

2.1 整体性原则

生态水利工程设计绝不能孤立看待水利工程本身，需从流域或者区域的生态系统整体视角出发。流域或区域生态系统是复杂的有机整体，水利工程处于其中，与周边自然环境、社会经济系统联系紧密^[2]。自然环境为水利工程提供基础条件，如地形地貌、地质条件、气候条件等，这些因素直接影响水利工程选址、规模和形式。例如，在山区建设水利工程，地形坡度大于30°，工程施工难度和成本会增加20%-30%，对地质条件要求也更严格。水利工程建成后会反作用于自然环境，改变局部水文循环、生态环境等。社会经济系统为水利工程建设提供资金、技术和人力支持，水利工程功能发挥与社会经济发展需求紧密相关，像灌溉工程满足农业发展需求，防洪工程保障人民生命财产安全。生态水利工程设计要全面考量这些相互关系，通过科学合理规划与设计，达成水利工程与生态系统的协调发展，防止因局部工程措施破坏整个生态系统平衡与稳定。

2.2 适应性原则

自然生态系统有着自身独特的演变规律和特点，这是经过长期自然选择和演化形成的。生态水利工程设计必须充分尊重并顺应这些规律，避免对生态环境造成过度干扰和破坏。要秉持“尊重自然、适度干预”的理念，在工程设计与施工全过程中减少对原有生态环境的扰动，比如避免河湖过度“硬化、白化、渠化”，最大程度维护河湖健康与生态系统功能。例如，在设计河流治理工程时，要了解河流的自然形态、水流特性以及河床演变规律，尽量保持河流的自然弯曲形态，避免过度裁弯取直，以维护河流生态系统的完整性。同时，要选用与当地生态环境相适应的建筑材料和植物品种，减少外来物种入侵的风险，促进生态系统的自然修复和良性发展。

2.3 可持续性原则

可持续发展理念是生态水利工程设计的核心指导思想。生态水利工程不仅要满足当代人对水资源利用和防洪减灾等方面的需求，还要充分考虑后代人满足需求的能力。在水资源利用方面，要合理规划水资源的开发利用规模和方式，提高水资源的利用效率，避免过度开采和浪费。例如，在一个水资源短缺的地区，通过建设节水灌溉设施和推广节水技术，将农业用水效率从原来的0.4提高到了0.6，减少了水资源的浪费。在生态环境保护方面，要采取有效的措施保护水生生物的栖息地，维护生物多样性，实现水资源的合理利用和生态环境的长期保护，确保生态系统的健康和稳定。据监测，一个经过生态修复的河流生态系统，水生生物种类从原来的20种增加到了40种，生物多样性得到了显著提升。

2.4 生态优先原则

在水利工程建设全过程中，生态保护应被置于首要位置。当工程功能与生态保护发生冲突时，必须优先考虑生态效益。例如，在一些生态敏感区域规划建设水利工程时，如果工程建设会对当地的生态环境造成严重破坏，即便工程具有一定的经济效益和社会效益，也应重新评估和调整工程方案，采取更加生态友好的建设方式，或者放弃在该区域建设工程，以确保生态系统的健康和稳定，实现人与自然的和谐共生。

3 生态水利工程设计的关键要素

3.1 水文要素设计

水文情势分析是生态水利工程设计的关键前期工作。在开展工程建设前，需全面且深入地剖析工程建设区域原有的水文情势，涵盖水位、流量、流速等核心要素随时间的变化规律。而在工程建设过程中及完成后，同样要持续监测这些要素的变化情况^[3]。通过对比建设前

后水文情势的差异，精准掌握工程建设对水文环境产生的影响，从而为后续生态水利工程设计提供详尽且可靠的基础数据，确保设计方案的合理性与科学性。生态流量保障对于维持河流生态系统的健康稳定至关重要。河流生态系统依赖于一定的水量来维持基本功能，如水生生物的生存繁衍、水质的自我净化等。因此，要依据河流生态特征和需求确定合理生态流量，通过建设生态泄水孔、放水管道等专门设施，以及制定严格水量调度制度，保障生态流量稳定下泄，为河流生态系统提供必要水量支持。水文过程模拟能为生态水利工程设计 and 运行提供有力科学支撑。借助先进水文模型，模拟自然状态下降水、蒸发、径流等复杂水文过程动态变化。通过分析模拟结果，深入了解水文过程对生态系统影响机制，进而优化工程布局和调度方案，使工程在满足人类需求同时，最大程度减少对生态环境干扰。

3.2 地形地貌设计

地形塑造需紧密结合生态需求和工程功能。依据不同区域的生态特点，对水利工程区域的地形进行有针对性的塑造。例如，在河流治理工程中，营造湿地、浅滩等多样化的地形，为水生生物创造丰富的栖息空间，促进生物多样性的保护和恢复；可通过构建深潭与浅滩交错的格局，调节水流速度的空间差异，满足不同水生生物对水流环境的需求。岸坡防护设计应秉持生态友好的理念。摒弃传统的硬质护坡方式，采用植物护坡、生态格网护坡等新型材料和结构形式。植物护坡利用植物的根系固土作用，增强岸坡的稳定性，同时为昆虫、鸟类等生物提供栖息场所；生态格网护坡则具有良好的透水性和柔韧性，能够适应岸坡的变形，减少对岸坡生态系统的破坏，提升岸坡的生态功能。此外，地形地貌设计还需兼顾行洪安全，确保塑造后的地形在汛期能够顺利宣泄洪水，实现生态保护与防洪功能的有机统一。

3.3 生物要素设计

植物配置设计要充分考虑当地的气候、土壤等自然条件。选择适宜的本地植物种类进行合理搭配，构建多层次、多功能的植物群落。不同植物在净化水质、保持水土、提供栖息地等方面发挥着各自独特的作用，挺水植物可净化水体、浮水植物能遮挡阳光抑制藻类繁殖、沉水植物则为鱼类提供饵料，通过合理的配置，能够充分发挥植物的综合生态效益，提升生态系统的稳定性和抗干扰能力。动物栖息地设计旨在为水生和陆生动物提供适宜的生存环境。根据不同动物的生活习性和需求，设置鱼类产卵场、鸟类栖息地等专门的区域。通过保护和恢复动物的栖息地，促进动物的繁衍生息，保护和恢

复生物多样性,维护生态系统的平衡与稳定^[4]。同时,需注重栖息地之间的连通性设计,构建生物迁徙廊道,避免栖息地碎片化,保障动物种群的正常交流与繁衍。

4 生态水利工程设计的方法与策略

4.1 基于生态系统的设计方法

生态系统服务功能评估是生态水利工程设计的重要基石。水利工程所在区域的生态系统蕴含着丰富多样的服务功能,像供水功能保障着人类的生产生活用水需求,防洪功能守护着人民生命财产安全,净化水质功能维持着水环境的健康,文化娱乐功能则丰富了人们的精神生活。通过科学、全面地评估这些服务功能,明确其价值与现状,以实现生态系统服务功能的最大化作为设计目标,能够使生态水利工程在规划与建设过程中,更加精准地服务于生态系统的良性发展,充分发挥生态系统的综合效益。生态网络构建对于提升生态系统整体性能意义重大。流域或区域内的生态系统并非孤立存在,而是相互关联、相互影响的有机整体。将水利工程与周边的湿地、森林、草地等生态要素有机连接起来,构建起完整的生态网络,能够促进物质和能量在生态系统中的高效流动与循环。这样一来,不同生态要素之间可以相互支持、相互补充,增强生态系统的稳定性和抗干扰能力,有效抵御自然灾害和人为活动带来的不利影响。

4.2 多目标协同设计策略

工程功能与生态功能的协同是生态水利工程设计的核心要求。水利工程的首要任务是满足防洪、灌溉、发电等基本功能需求,但这些功能的实现不能以牺牲生态功能为代价。在设计过程中,要充分考虑生态功能的需求,通过合理规划工程布局、优化工程结构等方式,实现工程功能与生态功能的有机统一,使水利工程在发挥经济效益和社会效益的同时,也能为生态环境的保护和改善做出贡献。不同利益相关者的利益协调是确保生态水利工程顺利实施的关键环节。水利工程建设涉及政府部门、企业、当地居民等多个利益相关者,他们的利益诉求各不相同。政府部门关注工程的综合效益和社会影响,企业追求经济效益,当地居民则更关心自身的生活

环境和切身利益。通过建立有效的沟通协调机制,平衡各方利益,实现经济效益、社会效益和生态效益的最大化,能够为生态水利工程的顺利推进创造良好的条件。

4.3 动态设计与适应性管理策略

动态设计理念充分考虑了自然生态系统的动态变化和不确定性。自然生态系统处于不断演变之中,受到气候、地质、人类活动等多种因素的影响^[5]。采用动态设计方法,根据工程运行过程中的实际情况和生态监测结果,及时调整设计方案和运行参数,能够使生态水利工程更好地适应生态系统的变化,保持工程的生态效益和可持续性。适应性管理机制是保障生态水利工程长期有效运行的重要手段。通过对生态水利工程的实施效果进行实时监测和评估,及时掌握工程的运行状况和生态影响。根据评估结果采取相应的管理措施,不断优化工程设计和运行管理,能够提高工程的生态效益和可持续性,确保生态水利工程在长期运行过程中始终保持良好的状态。

结束语

生态水利工程设计是水利建设契合时代发展的必然要求。遵循科学原则,把握关键要素,运用合理方法与策略,促使工程与生态有机融合。这不仅提升了水利工程的综合效益,更为生态保护筑牢了坚实支撑。持续深化生态水利工程设计研究与实践,有助于构建更为和谐的水利生态格局,推动水利事业迈向高质量发展新阶段。

参考文献

- [1]汪亦清,郝青芳,许明智.生态水利工程设计的环境策略[J].黑龙江环境通报,2024,37(11):121-123.
- [2]吴丽娟.河道建设中生态水利工程设计的应用[J].水上安全,2024(20):31-33.
- [3]石雄.生态水利工程设计的问题分析与探讨[J].水上安全,2023(8):190-192.
- [4]潘国发.河道建设中生态水利工程设计应用研究[J].现代工程科技,2023,2(23):73-75.
- [5]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.