

水利工程生态水利设计理论与应用探索

徐成林

洛阳水利勘测设计有限责任公司 河南 洛阳 471000

摘要: 在水利工程建设与运行过程中,传统“以工程效益优先”的发展模式,虽在防洪、灌溉等领域发挥关键作用,本文聚焦水利工程领域的生态水利设计理论与应用探索。首先阐释生态水利设计的概念内涵,对比其与传统水利工程设计的差异,揭示其以空间异质性、经济性、整体性为核心原则,融合可持续发展理念的理论框架。继而探讨其在河道治理、城市水系规划、湿地保护与恢复等领域的实践应用。最后分析当前面临的设计理念转变困难、技术标准不完善等挑战,并从理念培训、标准完善、资金投入及后期管理等方面提出未来发展方向,为生态水利设计的理论创新与实践推广提供参考。

关键词: 水利工程;生态水利;设计理论;应用探索

引言:随着全球生态环境保护意识的提升,传统水利工程因过度侧重功能性而忽视生态平衡的弊端逐渐凸显。生态水利设计作为融合水利工程技术与生态保护理念的新兴领域,以可持续发展为导向,旨在通过科学设计实现水资源利用与生态系统健康的协调统一。近年来,我国在河道生态修复、城市水系统优化等实践中,对生态水利设计的需求日益迫切。通过梳理生态水利设计的理论基础,分析其应用场景及现实挑战,以期为推动水利工程与生态环境的协同发展提供理论支撑与实践路径探索。

1 生态水利设计的概念与内涵

1.1 生态水利设计的定义

生态水利设计是以生态学原理为基础,将水利工程建设与生态系统保护、修复相融合的设计理念与方法。它打破传统水利工程仅以防洪、灌溉、发电等功能需求为导向的局限,强调在满足人类用水需求的同时,维护生态系统的结构完整性与功能稳定性。通过模拟自然水文过程、优化水域空间布局,构建具有自我调节能力的生态型水利工程,促进水体、生物、土壤等要素间的良性互动,实现水资源高效利用与生态环境可持续发展的双重目标。生态水利设计不仅是技术层面的创新,更是一种对人与自然和谐共生理念的践行,为水利工程注入生态智慧与长远发展的生命力。

1.2 生态水利设计与传统水利工程设计的差异

传统水利工程设计多以工程效益最大化为核心,侧重于通过堤坝、渠道等硬质设施改造自然水系,快速实现防洪、供水等功能,但常对生态系统造成不可逆破坏。与之相比,生态水利设计以生态功能优先,采用柔性工程手段,如生态护坡、透水堤岸等,在保障水利功

能的同时,为生物多样性营造适宜生境;其设计目标更注重长期的生态效益与社会效益,通过模拟自然水循环规律,减少对生态系统的干扰。此外,传统设计重建设轻管理,而生态水利设计强调全生命周期管理,从规划、施工到运营阶段,均将生态监测与修复纳入考量,推动水利工程从单纯的功能性建设向生态友好型转型^[1]。

2 生态水利设计的核心理论

2.1 空间异质性原则

空间异质性原则是生态水利设计的基础理论之一,强调生态系统中不同空间位置在结构、功能和过程上的多样性。在水利工程设计中,该原则要求打破传统工程对河道、水域的均质化改造,通过构建多样化的地貌形态与水文条件,如蜿蜒河道、浅滩深潭交替布局,为不同生物群落提供差异化的栖息环境。这种异质性空间设计不仅能提升水体自净能力,还能促进物种间的生态位分化,增强生态系统的稳定性与生物多样性。例如,在河道整治中,通过模拟自然河流的弯曲形态和河床起伏,可增加水体与底泥、植被的接触面积,为微生物分解污染物创造条件,同时为鱼类产卵、鸟类觅食提供适宜场所。空间异质性原则的应用,本质上是通过尊重自然生态规律的尊重与模仿,让水利工程成为生态系统动态演化的有机组成部分。

2.2 经济性原则

经济性原则要求生态水利设计在保障生态功能与工程效益的前提下,实现资源的优化配置与成本控制。它并非单纯追求经济利益最大化,而是强调通过科学规划与技术创新,降低工程建设、运营及维护的综合成本,同时挖掘生态水利工程的潜在经济价值。在实践中,一方面可采用低成本的生态修复技术,如利用本土植物构

建生态护坡替代硬质混凝土结构,既能减少材料与施工成本,又能发挥植被固土保水、净化水质的生态功能;另一方面,通过将生态水利工程与旅游、休闲等产业结合,开发滨水生态景观,创造绿色经济收益。此外,经济性原则还体现在对水资源的高效利用上,例如通过优化灌溉系统、推广节水技术,在减少水资源浪费的同时降低用水成本。平衡生态效益与经济效益,使生态水利工程兼具环境友好性与经济可行性,是实现其可持续发展的重要保障。

2.3 整体性原则

整体性原则是生态水利设计的核心思维,强调将水利工程所在区域视为一个有机整体,统筹考虑水文、地质、生物、社会等多要素的相互关联与协同作用。在设计过程中,该原则要求跳出单一工程目标的局限,从流域尺度出发,综合分析水利工程对上下游、左右岸生态系统的影响,避免因局部优化导致整体生态失衡。例如,修建水库时需同步考虑库区蓄水对周边土壤盐碱化、动植物栖息地的影响,以及对下游河道流量、河口生态的连锁效应,通过科学调度与生态补偿机制,维持流域生态系统的完整性。同时,整体性原则还强调人与自然的和谐统一,在满足防洪、供水等人类需求的同时,注重保护区域内的历史文化景观与社会经济功能,实现生态、经济、社会的协同发展。通过整体性思维,生态水利设计能够构建更具韧性与适应性的复合生态系统。

2.4 可持续发展理念

可持续发展理念贯穿生态水利设计的全过程,其核心在于实现当代水利工程需求与未来生态环境承载能力的平衡。这一理念要求在设计阶段充分考虑资源的有限性与生态系统的可恢复性,避免过度开发水资源或破坏生态环境。例如,在城市水系规划中,通过建设海绵城市设施,增强雨水的自然积存、渗透与净化能力,减少对传统排水管网的依赖,既满足城市防洪排涝需求,又改善区域水生态环境,为城市的长期发展奠定基础。在工程运营阶段,可持续发展理念体现为建立动态监测与反馈机制,及时评估水利工程对生态系统的影响,并采取适应性管理措施进行修复与优化。此外,该理念还倡导公众参与,通过普及生态保护知识、鼓励社区参与水利工程管理,形成全社会共同维护生态水利设施的良好氛围,确保水利工程在满足当代需求的同时,不损害子孙后代利用自然资源的权利^[2]。

3 生态水利设计的应用领域

3.1 河道治理

在河道治理中,生态水利设计致力于恢复河道自然

功能与生态活力。通过摒弃传统硬质化、直线化改造方式,转而遵循空间异质性原则,重塑蜿蜒曲折的河道形态,营造浅滩、深潭交替的多样化生境,为鱼类洄游、水生植物生长提供适宜条件。同时,采用生态护坡技术,以植被、石笼等柔性材料替代混凝土护岸,既稳固河岸防止水土流失,又促进水陆生态系统的物质交换与能量流动。此外,结合整体性原则,统筹考虑河道上下游的水文联系,优化水资源调度方案,避免因过度取水或蓄水导致生态退化。例如,在一些城市河道治理中,通过引入生态补水、建设人工湿地净化系统,有效改善水质,恢复河道生物多样性,同时打造滨水景观带,实现防洪、生态、休闲功能的有机统一。

3.2 城市水系规划

城市水系规划是生态水利设计解决城镇化水问题的重要实践领域。基于可持续发展理念,生态水利设计以构建韧性水系统为目标,将自然生态过程与城市功能需求深度融合。一方面,通过建设海绵城市设施,如雨水花园、透水铺装、下沉式绿地等,增强城市对雨水的吸纳、渗透和净化能力,缓解内涝压力,减少面源污染;另一方面,注重水系的连通性与整体性,打破城市中水系被割裂的局面,恢复水体流动,提升水系自净能力。在经济性方面,合理规划滨水空间,开发亲水公园、生态廊道等公共空间,带动区域经济发展与土地增值。

3.3 湿地保护与恢复

湿地保护与恢复是生态水利设计守护生物多样性、维护生态平衡的关键应用场景。遵循生态水利设计的核心理论,首先通过科学评估湿地生态系统退化原因,针对性地开展水文调控与栖息地修复。例如,通过恢复湿地的自然水位波动规律,重建浅水区、深水区 and 沼泽区等多样化生境,为候鸟栖息、鱼类繁殖提供理想场所。同时,采用本土植物群落重建技术,结合经济性原则,优先选择耐湿、净化能力强且易管护的植物品种,降低生态修复成本。在湿地周边水利工程建设中,严格遵循整体性原则,避免因堤坝、渠道建设破坏湿地与周边水系的连通性,通过生态闸坝、生态沟渠等设施,保障湿地生态需水。

4 生态水利设计面临的挑战与未来发展方向

4.1 面临的挑战

4.1.1 设计理念转变困难

传统水利工程长期以功能性建设为主导,形成固化的设计思维惯性,使得生态水利设计理念难以快速普及。部分设计人员对生态与工程融合的认知不足,缺乏生态学相关知识储备,仍倾向于采用硬质化、标准化的

工程手段。同时,部分地方政府与建设单位更关注工程的短期效益,对生态水利设计带来的长期生态与社会效益认识不充分,导致设计理念转变缺乏有力的政策与实践支持,阻碍生态水利设计的推广应用。

4.1.2 技术标准不完善

生态水利设计涉及多学科交叉,目前尚未形成统一、系统的技术标准体系。不同地区生态条件差异大,现有技术规范难以满足多样化需求,且缺乏对生态评估、监测及修复技术的具体量化指标。此外,生态水利工程在施工工艺、材料选择等方面缺乏标准化流程,导致工程质量参差不齐,部分项目因技术规范缺失难以达到预期生态目标,限制了行业规范化发展。

4.1.3 资金投入不足

生态水利工程前期建设需采用生态友好型材料与技术,成本普遍高于传统工程;且其生态效益具有滞后性,难以在短期内产生显著经济回报。这种高投入、慢回报的特性,使得社会资本参与意愿较低,而相关部门财政资金有限,难以覆盖大规模生态水利项目的建设运营需求。资金短缺导致部分项目被迫简化设计、降低标准,或因后期维护经费不足,致使生态功能逐渐衰退。

4.1.4 后期管理维护难度大

生态水利工程依赖动态监测与持续性维护,以保障生态系统的长期稳定运行。但目前缺乏专业的运维团队,人员技术能力难以满足生态系统管理需求;同时,生态水利工程涉及多部门协作,管理权责划分不明确,容易出现监管空白或重复管理现象。此外,生态系统的复杂性与动态性,导致管理过程中需不断调整策略,进一步增加了后期管理维护的难度与不确定性。

4.2 未来发展方向

4.2.1 加强设计理念培训

生态水利设计的推广应用,亟需强化设计人员的理念更新与知识储备。行业内应构建常态化培训机制,定期组织设计从业者参与生态水利设计专项课程,课程内容涵盖生态学基础理论、生态与工程融合设计案例、生态修复技术等实践知识,帮助设计人员突破传统工程思维局限。同时,鼓励高校与职业院校开设生态水利设计相关专业或课程,培养兼具工程技术与生态保护素养的复合型人才。

4.2.2 完善技术标准体系

针对当前技术标准不完善的问题,需加快构建系统化的生态水利设计技术标准。整合水利、生态、环境等

多领域专家力量,结合不同地区生态特征与工程需求,开展技术标准的调研与编制工作。细化生态评估、监测及修复技术的量化指标,制定生态友好型施工工艺、材料选择的标准化流程。同时,建立动态更新机制,定期收集生态水利工程实践反馈,根据新技术、新需求优化标准内容,确保技术标准的科学性与适用性。

4.2.3 加大资金投入力度

为解决生态水利工程资金短缺问题,需拓宽资金来源渠道并优化资金使用效率。一方面,探索多元化投融资模式,吸引社会资本参与生态水利项目。例如,通过生态效益证券化、绿色金融产品创新等方式,将生态水利工程的长期生态价值转化为可预期的经济收益,增强项目对社会资本的吸引力。另一方面,在资金使用上,引入第三方评估机构对项目进行成本效益分析,优先支持生态效益显著、技术成熟的项目。

4.2.4 强化后期管理维护

提升生态水利工程后期管理维护水平,需从团队建设与管理模式优化入手。组建专业化运维团队,通过招聘生态学、水利工程等多专业人才,结合定期技能培训,提升团队对生态系统动态监测、数据分析及应急处理的能力。同时,构建信息化管理平台,利用物联网、大数据等技术实时监测工程生态指标,为管理决策提供数据支持。此外,创新管理模式,探索市场化运维机制,引入专业生态运维企业参与项目管理,明确各方权责^[1]。

结束语

生态水利设计是推动水利工程可持续发展的关键路径,其理论与应用的探索意义深远。未来,随着理念普及、技术完善、资金与管理保障加强,生态水利设计将打破当前发展瓶颈。它不仅能实现水利工程功能与生态保护的平衡,更能为构建人水和谐的生态环境提供有力支撑。期待更多行业人士投身其中,共同推动生态水利设计理论创新与实践发展,为守护地球生态、实现永续发展贡献力量。

参考文献

- [1]杨丽荣.生态水利工程设计在水利建设中的运用[J].黑龙江水利科技,2022,11:198-199.
- [2]唐建.试论生态水利工程设计在水利建设中的运用[J].黑龙江科技信息,2022,08:128-129
- [3]迟长海.发展生态水利工程设计在水利建设中的作用[J].农业与技术,2022,01:151-152