

生态水利工程设计在水利建设中的运用探讨

孙 甜

沭阳县水利局 江苏 宿迁 223600

摘 要：随着全球水资源危机加剧与生态环境保护意识提升，生态水利工程设计已成为水利建设领域的重要发展方向。其通过将生态学原理融入水利工程规划、设计及施工全过程，强调在满足防洪、灌溉、供水等基本功能的同时，最大限度减少对自然生态系统的干扰与破坏，实现水资源的高效利用与生态环境的和谐共生。本文深入探讨了生态水利工程设计在水利建设中的具体运用策略，包括生态护坡、仿自然河道构建、水生生物保护等关键技术，旨在为推动水利工程的可持续发展提供理论支持与实践参考。

关键词：生态水利工程设计；水利建设；运用

引言：在全球生态危机与水资源短缺的双重挑战下，传统水利工程因过度强调人类需求而忽视生态影响，导致河流断流、湿地萎缩、生物多样性锐减等生态问题日益严峻。生态水利工程设计作为应对这一困境的创新理念，通过科学整合水利工程功能与生态系统服务，在保障防洪安全、供水保障等基础功能的前提下，注重维持河流生态完整性、修复受损水生态系统。本文聚焦生态水利工程设计在水利建设中的实践路径，探索其技术要点与实施策略，以期构建人水和谐的水利发展新格局提供参考。

1 生态水利工程设计的基本理论

1.1 生态水利工程设计定义与内涵

(1) 生态水利工程的定义：融合生态学与水利工程学两大核心学科，以水利工程建设为基础框架，同时纳入生态系统结构与功能规律，通过科学设计实现水利设施与自然生态系统的协调共生，既满足防洪、供水、发电等传统水利功能，又保护生物多样性、维持生态系统完整性的工程设计模式。(2) 核心目标：在保障水利工程功能性的前提下，实现生态保护的动态平衡，避免工程建设对生态环境造成不可逆破坏，确保水利设施在发挥经济效益的同时，维护生态系统的自我调节能力，达成人与自然和谐发展。

1.2 设计原则

(1) 生态优先原则：以最小干预为核心准则，避免过度改造自然地貌与水文过程，优先采用自然修复手段，如利用水生植物净化水质、保留自然河道形态等，减少人工干预对生态系统的扰动。(2) 可持续性原则：注重水资源、土地资源等的高效循环利用，设计方案需兼顾短期工程效益与长期生态价值，确保工程运营过程中资源消耗可控，不对后代发展造成资源制约。(3) 系

统性原则：立足流域整体性视角，打破单一工程设计局限，统筹考虑上下游、左右岸的生态关联，实现防洪、生态保护、水资源利用等多目标协同，避免局部设计引发整体生态问题。(4) 适应性原则：结合区域气候、水文、地质等自然条件，采用动态调整的设计思路，如根据流域水量变化优化水利设施运行模式，确保工程既能适应当地自然环境，又能应对气候变化等潜在风险^[1]。

1.3 与传统水利工程设计对比

(1) 设计理念差异：传统水利工程以工程导向为主，侧重通过刚性设施实现防洪、供水等功能，对生态需求考虑较少；生态水利工程以生态导向为核心，将生态保护纳入设计全过程，追求工程与生态的协同发展。(2) 技术方法差异：传统水利工程多采用混凝土堤坝等刚性结构，对自然河道改造程度高；生态水利工程优先采用生态护岸、人工湿地等柔性生态措施，减少对自然生态系统的破坏。(3) 效益评价差异：传统水利工程以单一经济效益为核心评价指标，侧重工程的功能产出；生态水利工程以综合生态效益为评价重点，兼顾经济、生态、社会效益，注重长期生态价值的实现。

2 生态水利工程设计在水利建设中的具体运用

2.1 河道治理工程中的生态设计

(1) 生态护岸技术：摒弃传统混凝土硬化护岸，优先采用天然材料与仿生结构结合的设计。天然材料方面，选用原木、块石、柳枝等，如在河岸坡体铺设原木框架，内部填充卵石与土壤，既增强岸坡稳定性，又为微生物、小型水生生物提供栖息空间；仿生结构则模仿自然河岸形态，采用格宾网笼、生态袋等，格宾网内填充石块并预留孔隙，允许水流渗透，同时为植物根系生长提供条件，实现护岸与生态系统的融合，减少对河道自然水文过程的干扰。(2) 河道形态自然化：打破传统

河道“直渠化”设计,恢复河道天然蜿蜒形态,通过设置弯道、浅滩、深潭等多样地貌,模拟自然河道的水文动力特征。例如,在河道治理中保留或重塑蜿蜒段,利用弯道水流的冲刷与淤积作用,形成深浅交替的水域,满足不同水生生物的栖息需求;同时,在河道两侧保留一定宽度的滩地,种植水生植物,增强河道的调蓄能力与生态净化功能,提升河道生态系统的完整性^[2]。(3)生态补水与水系连通性恢复:针对断流、干涸或水系碎片化的河道,通过生态补水保障基本生态流量,补水水源优先选用再生水、雨洪水资源,避免过度开采地下水。同时,拆除阻隔水系连通的废弃堤坝、闸门,修建生态通道,如在河道阻隔处设置鱼道、过水管涵等,恢复不同水域间的水力联系,促进水体循环与生物交流,改善河道水质,维持生态系统的物质循环与能量流动。

2.2 水库工程中的生态设计

(1)分层取水技术:在水库取水口设计中,采用分层取水结构,如设置可调节的叠梁门、竖轴式闸门等,根据水库水温分层特点,灵活选取不同深度的水体下泄,保障下游河道的生态流量与水温需求。例如,夏季水库表层水温较高,通过分层取水设施抽取中层或底层水体,避免高温水体下泄对下游鱼类产卵、水生植物生长造成影响;冬季则抽取表层温水,防止下游河道结冰对生态系统的破坏,维持下游河道生态系统的稳定。

(2)库区湿地保护与修复:在水库周边及消落区划定湿地保护范围,保留天然湿地的植被与地貌,避免库区开发对湿地生态系统的破坏。对退化湿地,通过种植水生植物(如芦苇、香蒲)、投放微生物制剂等方式进行修复,构建库岸湿地生态缓冲带。湿地不仅能吸附水体中的污染物,净化入库水质,还能为鸟类、鱼类等提供觅食、繁殖场所,提升水库生态系统的生物多样性。(3)鱼类洄游通道设计:针对水库建设阻断鱼类洄游路径的问题,在大坝两侧或附近修建鱼道、鱼梯等洄游通道,通道设计需结合目标鱼类的洄游习性,确定通道坡度、宽度、水流速度等参数。例如,对于小型鱼类,设计浅缓的鱼梯,设置休息池供鱼类停歇;对于大型鱼类,修建垂直升鱼机等设施,辅助鱼类跨越大坝,保障鱼类的繁殖洄游需求,维持流域内鱼类种群的延续与稳定^[3]。

2.3 灌溉工程中的生态设计

(1)节水灌溉技术:推广滴灌、喷灌、微灌等高效节水技术,替代传统漫灌方式,减少灌溉用水浪费。滴灌通过管道将水分精准输送至作物根部,水分利用率可达90%以上,避免土壤深层渗漏与地表径流;喷灌则模拟自然降雨,均匀喷洒水分,适用于大田作物,且能调

节田间小气候。同时,结合作物需水规律,利用智能控制系统实时监测土壤墒情,精准调控灌溉水量与时间,实现水资源的高效利用,缓解农业用水与生态用水的矛盾。(2)灌溉水质生态保护:在灌溉水源地周边设置生态隔离带,种植乔木、灌木与草本植物,过滤地表径流中的农药、化肥残留,防止污染物进入灌溉水体。对灌溉渠道进行生态化改造,采用生态混凝土、浆砌石等材料衬砌渠道,同时在渠道两侧种植水生植物,利用植物根系与微生物净化水质,避免渠道水体污染影响作物生长与土壤生态环境。此外,严格控制灌溉用水标准,定期监测水质,确保灌溉水质符合农业生产与生态保护要求。(3)农田退水循环利用系统:构建“农田-沉淀池-人工湿地-蓄水池”的农田退水循环利用系统,农田退水先进入沉淀池,去除泥沙、悬浮物等杂质;再流入人工湿地,通过水生植物、微生物的吸附、降解作用,净化水中的氮、磷等营养物质;净化后的水体储存于蓄水池,作为灌溉用水循环使用。该系统不仅减少农田退水对周边水体的污染,还能提高水资源重复利用率,降低农业生产对新鲜水资源的依赖。

2.4 城市水系工程中的生态设计

(1)海绵城市建设:在城市水系工程中融入海绵城市理念,通过建设雨水花园、渗透铺装、绿色屋顶等设施,实现雨水的收集、渗透与净化。例如,在城市河道两侧建设雨水花园,种植耐涝植物,收集周边道路、绿地的雨水,雨水经植物截留、土壤渗透过滤后,一部分补充地下水,一部分汇入河道;城市道路采用透水沥青、透水砖等渗透铺装,增加雨水下渗量,减少地表径流,缓解城市内涝,同时补充城市水系水量,改善水质。(2)城市河道生态景观融合:在城市河道治理中,兼顾生态功能与景观价值,将生态设计与城市景观建设相结合。例如,在河道两岸修建生态步道、亲水平台,选用本土植物打造滨水植被景观,既为市民提供休闲游憩空间,又维持河道生态系统的完整性;在河道内设置人工浮岛,种植水生花卉,浮岛不仅能净化水质,还能丰富河道景观层次,提升城市水系的生态美学价值,实现“水清、岸绿、景美”的目标^[4]。(3)调蓄设施与地下水补给协同:建设城市水系调蓄设施,如人工湖、调蓄池塘等,在雨季收集、储存雨水,削减洪峰,缓解城市内涝;在旱季则将储存的水体用于河道补水、绿地灌溉,保障城市水系生态流量。同时,通过建设地下水回灌工程,将调蓄设施中净化后的水体引入回灌井或渗透场,补充地下水资源,改善城市地下水环境,防止地面沉降,实现城市水资源的“蓄、用、补”协同,维持城

市水系生态系统的可持续发展。

3 生态水利工程设计在水利建设中面临的挑战与对策

3.1 主要挑战

(1) 技术瓶颈:生态水利工程依赖的生态材料(如生态混凝土、天然纤维护岸材料)普遍存在耐久性不足问题,长期受水流冲刷、干湿交替影响易破损,难以兼顾生态性与稳定性;同时,模拟自然水文过程、生物互动关系难度大,现有技术难以精准还原自然生态系统的复杂性,导致部分工程生态效益未达预期。(2) 经济成本:生态水利工程初期投资显著高于传统工程,如生态护岸成本比混凝土护岸高30%-50%,且生态效益多在长期显现,短期难以产生直接经济回报,导致部分建设方因资金压力或追求短期收益,倾向选择成本更低的传统方案。(3) 政策与标准不完善:当前缺乏统一的生态流量核算标准,不同流域、工程的生态流量要求模糊,易引发工程建设与生态保护的矛盾;同时,生态补偿机制缺失,工程建设产生的生态效益未转化为经济激励,难以调动建设方与受影响区域的参与积极性。(4) 公众认知不足:部分公众及地方管理者更关注工程的防洪、供水等短期实用价值,对生态效益(如生物多样性保护、水质改善)的重要性认知不足,存在“重功能、轻生态”的观念,甚至因短期利益冲突(如占用少量农田建设湿地)反对生态设计方案。

3.2 优化对策

(1) 加强多学科交叉研究:打破学科壁垒,推动生态学、水文学、材料科学等领域的深度融合。联合高校、科研机构开展专项研究,如研发高耐久性生态复合材料,提升生态护岸、人工湿地设施的使用寿命;借助水文模型与生态模拟技术,精准预测自然过程对工程的影响,优化河道形态、生态补水等设计方案,突破技术瓶颈。(2) 完善政策激励与补偿机制:通过政策引导降低工程经济压力,一方面推行生态税优惠、绿色信贷等激励措施,对采用生态设计的水利工程给予贷款利率下调、税收减免;另一方面建立跨区域生态补偿机制,明确生态效益受益方的补偿责任,如从水库发电收益、城

市供水收益中提取一定比例资金,用于库区湿地保护与工程维护,实现生态效益与经济收益的平衡^[5]。(3) 推广示范工程与公众教育:选取典型区域建设生态水利示范工程,如生态河道治理、海绵城市水系等样板项目,直观展示工程的生态与社会效益,为其他地区提供参考;同时,通过科普宣传、现场观摩等方式开展公众教育,利用短视频、公益广告解读生态工程的长期价值,引导公众与企业转变观念,主动参与生态水利建设。(4) 建立长期监测与动态评估体系:构建覆盖工程全生命周期的监测网络,利用物联网技术实时监测水质、生物多样性、水文情势等指标;制定科学的评估标准,定期对工程的生态效益、经济效益进行综合评估,根据监测结果动态调整设计方案,如优化灌溉退水净化系统运行参数、调整水库分层取水策略,确保工程持续发挥生态保护作用。

结束语

生态水利工程设计作为水利建设领域的新理念与新实践,其核心在于实现水利工程功能与生态保护的有机统一。通过本文的探讨可知,合理运用生态设计理念,不仅能有效提升水利工程的生态效益,还能促进水资源的可持续利用。未来,应进一步强化生态水利技术的研发与应用,完善相关标准规范,推动水利建设向更加绿色、生态、可持续的方向发展,为构建美丽中国、实现人与自然和谐共生贡献水利力量。

参考文献

- [1]刘峰峰.生态水利工程设计在水利建设中的运用[J].工程技术研究,2022,(07):65-66.
- [2]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(03):212-213.
- [3]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.
- [4]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):68-70.
- [5]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.