

基于生态水利工程的河道规划设计研究

李祥云¹ 张 洋² 袁湘宇³

1. 淮安市水利勘测设计研究院有限公司徐州分公司 江苏 徐州 221000

2. 徐州市南水北调工程管理中心 江苏 徐州 221000

3. 徐州市水利建筑设计研究院有限公司 江苏 徐州 221000

摘要:为解决传统河道规划设计的生态短板,本文系统研究基于生态水利工程的河道规划设计。先阐述生态水利工程的核心概念、与传统水利的差异及适用原则,再分析河道生态系统的组成要素、功能及人类活动影响,随后构建规划设计框架,最后提出前期调研评估、方案制定、动态监测反馈的实施路径。研究为河道规划设计提供生态导向的系统方案,助力实现水利功能与生态保护协同,推动河道生态系统修复与可持续发展。

关键词:水利工程;堤防工程;护岸工程;施工技术;安全管理

引言:在水利工程建设中,堤防与护岸工程是保障防洪安全、维护水域生态的关键部分。其施工质量直接影响工程整体效能与周边环境稳定。随着水利事业发展,对堤防及护岸工程施工技术要求日益提高。深入研究相关施工技术,掌握各环节要点,合理应对施工难题,对提升工程质量、保障施工安全、实现工程效益最大化具有重要意义。

1 生态水利工程理论基础

1.1 生态水利工程的核心概念

生态水利工程的核心概念涵盖生态完整性、系统韧性、自然过程模拟。生态完整性强调维护河流、湖泊等水体生态系统的结构完整,保障生物栖息地、食物链及物质循环的连续性,避免因工程建设破坏生态系统的内在联系,这一概念是判断工程是否符合生态要求的核心标尺。系统韧性指水利工程在面对水文变化、自然灾害等扰动时,仍能维持自身功能与生态系统稳定的能力,通过合理设计提升工程对环境变化的适应与恢复能力,如在堤坝设计中预留生态通道增强系统韧性^[1]。自然过程模拟则是模仿自然水体的水文情势、地貌演变及生态交互过程,如模拟自然河流的径流节律、泥沙输移规律,减少工程对自然生态过程的干预,实现水利功能与生态保护的协调,为河道规划提供自然化设计依据。

1.2 生态水利与传统水利的对比

生态水利与传统水利在设计目标、技术手段上存在显著差异,这种差异直接影响工程对生态系统的长期作用。设计目标差异体现在传统水利多以单一功能为导向,如侧重防洪、灌溉或供水,对生态需求考虑较少,易导致生态系统碎片化;生态水利则追求多目标协同,在满足防洪、供水等基础功能的同时,兼顾生物多样性保护、水

体自净能力提升及景观生态价值,实现经济、社会与生态效益的统一,符合可持续发展需求。技术手段差异表现为传统水利常采用硬质工程措施,如混凝土堤坝、渠道硬化等,虽能快速实现水利功能,但易割裂水体与周边生态系统的联系,降低生态系统活力;生态水利则优先选用柔性生态措施,如生态护岸、人工湿地、植被缓冲带等,通过材料与技术的优化,在保障工程安全的同时,为生物提供栖息空间,促进生态系统修复,提升工程的生态兼容性。

1.3 生态水利工程的适用原则

生态水利工程需遵循最小干预、自然优先、动态适应性三大原则,这些原则需贯穿工程设计与实施全过程。最小干预原则要求在工程设计与建设中,以尽可能少的人工干预实现水利目标,减少对水体形态、水文情势及生态系统的改变,如优先采用生态修复手段替代大规模工程改造,避免过度开发对生态造成不可逆影响。自然优先原则强调以保护自然生态系统为前提,工程设计需适配区域自然条件与生态特征,选用本土物种与自然材料,避免引入外来物种或非生态材料破坏本地生态平衡,保障生态系统的自然演替。动态适应性原则注重工程设计的灵活性,考虑水文、气候及生态系统的长期变化,预留调整空间,如设计可调节的生态流量控制设施,确保工程在不同环境条件下仍能发挥生态与水利双重功能,应对未来环境变化挑战。

2 河道生态系统的结构与功能分析

2.1 河道生态系统的组成要素

河道生态系统的组成要素涵盖水文、生物、物理三大类。水文要素中的流量是河道生态系统的核心动力,决定水体交换频率与物质运输能力,不同季节的流量变

化直接影响生态系统的节律；水位高低关系到岸坡植被的生长范围与水生生物的栖息空间，水位波动需维持合理幅度以保障生态平衡；流速则影响水体溶氧量与泥沙输移，适宜的流速既能满足水生生物呼吸需求，又能避免泥沙过度淤积或冲刷^[2]。生物要素中，水生植物通过光合作用为系统提供能量，同时起到固土护岸、净化水质的作用；鱼类作为食物链的关键环节，其种类与数量反映生态系统健康程度，不同鱼类对水质、流速的需求差异推动生境多样化；底栖动物参与有机物分解与营养循环，其群落结构变化可作为水质监测的重要指标。物理要素里，河床形态的深浅、宽窄变化形成深潭与浅滩交替的格局，为不同生物提供专属栖息地；岸坡结构的坡度与材质影响水流冲刷强度及植被附着条件，自然缓坡岸坡更利于生态系统构建；沉积物的颗粒级配与有机质含量决定底栖生物的生存环境，同时影响水体营养盐浓度。

2.2 河道生态系统的功能解析

河道生态系统具备物质循环与能量流动、栖息地提供与生物多样性维持、水质净化与自净能力三大核心功能。物质循环与能量流动通过食物链实现，水生植物吸收水体中的营养盐合成有机物，为鱼类、底栖动物提供食物，生物遗体经分解者分解后释放养分回归水体，形成闭环循环，能量则沿食物链逐级传递，保障系统运转。栖息地提供与生物多样性维持依赖多样化的生境条件，深潭为喜静水生生物提供生存空间，浅滩是鱼类产卵与幼鱼生长的场所，岸坡植被为鸟类、昆虫提供栖息与觅食环境，多样生境共同支撑丰富的生物群落。水质净化与自净能力通过物理、化学、生物协同作用实现，沉积物吸附水体中的污染物，水生植物吸收氮、磷等营养盐，微生物分解有机物与有毒物质，三者共同降低水体污染程度，维持水质稳定。

2.3 人类活动对河道生态的影响

人类活动从城市化、农业面源污染、水利工程干扰三方面对河道生态造成显著影响。城市化进程中，河道硬化、岸线拉直破坏自然形态，减少生物栖息地；城市污水、垃圾入河导致水质恶化，超出生态系统自净能力；地表硬化增加地表径流，加剧河道防洪压力与水土流失。农业面源污染通过农田退水将化肥、农药带入河道，导致水体富营养化，引发藻类大量繁殖，抑制其他水生生物生长；农业生产中的秸秆、地膜等废弃物进入河道，堵塞水流通路，破坏水生环境。水利工程干扰方面，水坝建设改变河道径流节律，影响鱼类洄游与产卵；渠道硬化割裂水体与周边生态系统的联系，降低生态承载能力；过度取水导致河道水量减少，甚至出现断流，破坏生态系

统完整性。

3 基于生态水利工程的河道规划设计框架

3.1 规划目标设定

基于生态水利工程的河道规划需明确生态修复与社会经济双重目标，且生态修复目标需作为基础优先落实^[3]。生态修复目标聚焦河道生态系统功能恢复，恢复河道连通性需打通阻隔河段，消除闸坝等设施对水流与生物迁徙的阻碍，构建连续的河流生态廊道；重建栖息地需结合原有生境特征，营造深潭、浅滩、砾石区等多样化环境，为水生生物提供觅食、繁殖与避难空间，逐步提升生物多样性。社会经济目标需兼顾实用功能与价值提升，防洪安全需优化河道行洪断面，采用生态护岸增强岸坡抗冲能力，确保汛期行洪通畅；水资源利用需合理调配水量，在满足生产生活用水需求的同时，保障河道基本生态流量；景观价值提升需结合河道生态特征，打造自然与人文融合的滨水景观，为居民提供休闲游憩空间，促进区域生态文旅发展。

3.2 设计原则与策略

设计需坚守生态优先、多目标协同、适应性管理三大原则并落实对应策略，各项原则需相互衔接形成整体设计逻辑。生态优先原则要求保留自然河岸的原生植被与土壤结构，避免过度硬化，恢复河道弯曲形态以模拟自然水文过程，减少人工干预对生态系统的破坏；在材料选用与物种配置上，同样遵循自然适配逻辑，优先采用本土材料与物种，降低外来因素对本地生态平衡的冲击，确保工程与区域生态系统特性相融。多目标协同原则需平衡防洪与生态流量保障，在设计防洪设施时预留生态通道，确保洪水期不阻断生物迁徙，通过调控设施在满足防洪要求的同时，维持河道稳定的生态流量，避免因防洪导致生态用水不足。适应性管理原则强调基于生态响应进行动态调整，定期监测河道生态指标，根据生物群落变化、水质波动等情况优化设计方案，确保工程长期适配生态系统演变规律。

3.3 关键设计要素

关键设计要素需围绕河岸带、河道形态、水流调控、生物群落四大核心展开，各要素设计需相互协同形成完整生态系统支撑。河岸带设计需构建植被缓冲带，选用耐水湿的本土乔灌草品种，形成多层级植被结构，减少面源污染入河；生态护坡采用透水材料或植物固坡，增强岸坡稳定性的同时为生物提供栖息空间。河道形态设计需优化蜿蜒度，参考自然河流的弯曲比例，避免河道直线化；构建深潭-浅滩序列，通过地形改造形成深浅交替的格局，提升水力多样性与生境丰富度。水流调控设

计需保障生态流量释放,设置专门的调控设施,根据季节与生态需求调整放水量;通过增设导流结构、改变河床糙率等方式提升水力多样性,满足不同生物对水流速度的需求^[4]。生物群落设计需引入本土物种,避免外来物种入侵,根据食物链关系搭配水生植物、鱼类、底栖动物,构建完整的食物网,促进生态系统物质循环与能量流动,提升自我修复能力。

4 生态导向的河道规划实施路径

4.1 前期调研与生态评估

前期调研与生态评估是规划实施的基础,需通过科学手段诊断河道健康状态并识别生态风险。调研过程中需结合实地勘察与遥感技术,确保数据覆盖河道全段及周边汇水区,为后续评估提供全面支撑。河道健康诊断需结合生物完整性指数与水文地貌指数,生物完整性指数通过调查鱼类、底栖动物等生物群落结构,判断生态系统的稳定程度,群落结构越丰富、优势物种越明确,健康水平越高;水文地貌指数则分析河道的流量变化、河床形态、岸坡结构等特征,评估自然水文过程与地貌格局的完整性,指标异常可能反映河道生态功能受损。生态风险识别需梳理影响河道生态的潜在威胁,如水质污染、栖息地破坏、水文节律紊乱等,结合风险发生概率与影响范围进行优先级排序,优先处理对生态系统核心功能威胁大、发生概率高的风险,为后续规划重点提供依据,确保评估结果能精准指导规划方向。

4.2 规划方案制定

规划方案制定需通过多方案比选与多方协调,保障方案的科学性与可行性。多方案比选需从生态效益、经济成本、社会接受度三个维度展开,生态效益评估方案对生物多样性提升、水质改善、生境修复的作用,优先选择生态增益显著且长期稳定的方案;经济成本核算方案从设计、施工到后期运维的全周期费用,细化材料、人工、设备等成本构成,在满足生态目标的前提下控制成本投入;社会接受度通过调研沿岸居民、相关部门的需求与意见,判断方案是否契合区域发展诉求,避免与社会需求脱节。公众参与与利益相关者协调需搭建沟通平台,邀请居民代表、环保组织、水利部门等参与方案讨论,解释规划思路与生态价值,收集反馈意见并优化方案,平衡各方利益,确保方案落地时能获得广泛支持,减

少实施阻力。

4.3 动态监测与反馈机制

动态监测与反馈机制是保障规划长期有效的关键,需持续跟踪生态指标并调整规划策略。监测频率需根据河道类型与生态敏感程度确定,生态敏感区需加密监测频次,确保及时捕捉生态变化^[5]。生态指标监测需聚焦水质、生物多样性、形态稳定性三大核心,水质监测定期检测pH值、溶解氧、污染物浓度等参数,掌握水体净化能力变化;生物多样性监测通过定期调查动植物种类与数量,评估生境质量对生物群落的支撑效果;形态稳定性监测跟踪河道岸线、河床高程的变化,判断地貌格局是否维持自然状态,监测数据需及时整理归档,形成完整的监测档案。基于监测结果的规划调整策略需建立响应机制,若监测发现水质恶化、生物数量减少等问题,需在规定的时限内分析原因并优化设计,如增加生态缓冲带面积、调整生态流量释放方案;若指标符合预期,则总结经验并固化有效措施,通过动态调整确保规划方案始终适配河道生态系统的演变,长期发挥生态保护与水利功能协同作用。

结束语

水利工程施工中,堤防及护岸工程施工技术涵盖多方面内容,从基础的结构原理到具体的施工操作,再到质量与安全管控,每个环节都紧密相连。通过科学运用各类施工技术,严格把控质量与安全,能有效提升工程的质量与稳定性。未来,随着技术不断创新,应持续优化施工工艺,推动水利工程建设向更高水平发展,更好地服务社会与经济发展。

参考文献

- [1]柏茂桂,朱雨辉,何启飞.生态水利工程的河道规划设计[J].水上安全,2024,(05):22-24.
- [2]黄月琪.基于生态水利工程的河道规划设计研究[J].陕西水利,2021(10):124-126.
- [3]张继武.生态水利工程的河道规划的设计分析[J].绿色环保建材,2021(04):183-184.
- [4]栾巍.河道生态水利工程的规划设计与分析[J].河南水利与南水北调,2021,50(01):16-17.
- [5]张本,孙家煜.基于生态水利工程的河道规划设计研究[J].建筑与装饰,2024(19):97-99.