

浅析水环境生态治理工程设计

李赛超

中冶华天南京工程技术有限公司 江苏 南京 210004

摘要：水环境生态治理工程是保障水资源可持续利用、维护生态平衡的关键举措。其设计需综合考量污染源控制、生态修复、水系连通及景观融合等关键要素。在实践中，工程设计面临治理技术适配性不足、多目标协同复杂及长期运维困难等挑战。通过加强技术研发创新、构建多目标优化模型、完善运维管理体系等对策，可有效提升工程设计科学性与治理成效，为改善水环境质量、促进生态系统健康发展提供有力支撑。

关键词：水环境；生态治理工程；设计

引言

随着工业化与城市化进程加速，水环境问题日益严峻，威胁生态安全与人类健康。水环境生态治理工程作为系统性解决方案，对恢复水体功能、提升生态服务价值意义重大。其设计不仅需实现水质改善、生态修复等核心目标，还需兼顾景观营造与社会需求。然而，复杂的环境条件与多元治理诉求，对工程设计提出更高要求。本文围绕工程设计关键要素，剖析面临的挑战并提出应对策略，以期水环境生态治理工程实践提供参考。

1 水环境生态治理工程概述

水环境生态治理工程作为改善与修复水生生态系统功能的综合性技术实践，以生态系统完整性保护与可持续发展为核心目标，通过物理、化学、生物等多学科交叉技术手段，对受损水生生态系统进行系统性修复与重构。其核心任务涵盖水质净化、水生态结构重建及水生态功能恢复，致力于解决因自然变迁与人类活动引发的水体污染、生态退化、生物多样性下降等问题。在技术实施层面，水环境生态治理工程针对不同水体特征与污染成因采用差异化策略。对于城市黑臭水体，常采用清淤疏浚技术去除底泥污染物，同步配合微生物强化技术加速污染物降解，通过种植沉水植物、投放滤食性水生动物构建水生生态链，利用生物群落的自净能力提升水体透明度与溶解氧含量。对于湖泊、河流等大型水域，生态护坡工程通过植被缓冲带构建与柔性护岸材料应用，既能稳固岸坡防止水土流失，又能为水生生物提供栖息场所，同时结合生态湿地建设，利用植物根系吸收、微生物代谢及基质过滤协同作用，有效削减水体中的氮、磷等营养物质，遏制富营养化进程。工程实践中，水环境生态治理注重生态系统的整体性与动态平衡。在构建水生植物群落时，需充分考量物种间的生态位互补性与季节性演替规律，选择适应本地环境的土著物种，避免外

来物种入侵风险；通过生态基流保障与水文节律调控，模拟自然水体的水文过程，维持鱼类等水生生物的繁殖、洄游需求，促进物质循环与能量流动。水质监测与生态评估贯穿工程全周期，借助在线传感器网络与无人机遥感技术实时获取水质参数、生物群落变化数据，运用数学模型预测生态系统响应，为工程优化与长效管理提供科学依据，最终实现水环境质量提升、生态服务功能增强与景观价值改善的多重效益。

2 水环境生态治理工程设计的关键要素

2.1 污染源控制与截污工程设计

（1）污染源控制与截污工程设计是水环境生态治理的基础环节，核心在于切断污染物进入水体的途径。对于点源污染，需针对工业废水和生活污水排放口，运用精准化收集技术，通过构建封闭式管网系统，实现污水与雨水的严格分流，避免污水溢流混入自然水体。管网设计应充分考虑地形地貌和水流特性，采用重力流与压力流相结合的方式，确保污水高效输送至处理设施。

（2）面源污染的控制则需采取综合性措施，在农业区域，通过建设生态拦截沟、人工湿地等设施，拦截农田径流中的农药、化肥；在城市区域，推广透水铺装、下沉式绿地等海绵城市设施，削减地表径流中的污染物含量。针对初期雨水污染问题，可设置调蓄池，对初期雨水进行收集处理，降低其对水体的污染负荷。（3）在截污工程中，截污井的设计至关重要，需合理确定其位置、形式和规模，保证对污水的有效截流。新型截污井采用智能控制系统，可根据水位变化自动调节截流倍数，提高截污效率，最大限度减少污染物进入受纳水体，为后续水体生态修复创造有利条件^[1]。

2.2 水体生态修复工程设计

（1）水体生态修复工程设计旨在重建健康的水生态系统，恢复水体自净能力。水生植物系统构建是关键步

骤,根据水体的水质、水深、光照等条件,选择适宜的沉水植物、浮叶植物和挺水植物进行搭配种植。沉水植物如苦草、狐尾藻,可通过光合作用释放氧气,吸收水中的氮、磷等营养物质;浮叶植物如睡莲,能有效遮挡阳光,抑制藻类过度繁殖;挺水植物如芦苇,可起到拦截悬浮物和净化水质的作用。(2)水生动物群落恢复是水体生态修复的重要组成部分,投放滤食性鱼类如鲢鱼、鳙鱼,可摄食水中的浮游生物,控制藻类生长;底栖动物如河蚬、螺类,能分解底泥中的有机物质,改善底质环境。通过合理配置水生动物种类和数量,构建完整的食物链,增强水体生态系统的稳定性。(3)微生物强化技术可加速水体污染物的分解转化,向水体中投加高效降解微生物菌剂,或通过人工曝气、生物膜载体等方式,为微生物提供适宜的生存环境,促进其对有机污染物、氨氮等的降解,逐步恢复水体的生态平衡,实现水质的持续改善。

2.3 水系连通与水动力改善设计

(1)水系连通与水动力改善设计通过打通阻隔水系,优化水流路径,增强水体流动性,解决水体滞流、水质恶化等问题。在工程实施中,会综合运用多种手段,对河道进行全面清淤疏浚,精准清除河道内长期淤积的底泥,有效扩大过水断面,显著降低水流阻力。拆除废弃桥墩、阻水建筑物等阻碍水流的障碍物,恢复河道的自然形态和连通性。(2)通过建设连通沟渠、节制闸、泵站等水利设施,实现不同水体之间的水量调配和循环流动。节制闸可根据水位和水质情况,调节水流方向和流量;泵站则在地势复杂或自然水流动力不足的区域,提供额外的水流动力,促进水体的交换和循环。(3)在设计过程中,充分考虑水流的动力学特性,运用数值模拟技术,对水系连通后的水流流态、流速分布、水质扩散等进行模拟分析,优化工程方案。确保水系连通后,水体能够形成稳定的流动状态,避免出现死水区域,提高水体的自净能力和生态功能,改善区域水环境质量^[2]。

2.4 景观与生态功能融合设计

(1)景观与生态功能融合设计以生态理念为指导,在满足水环境治理需求的同时,打造兼具生态效益和美学价值的水景观。在河道两岸,采用生态护坡技术,摒弃传统硬质护坡形式,选用植物护坡、石笼护坡等柔性结构。植物护坡通过种植草本植物、灌木等,稳固河岸土体,减少水土流失;石笼护坡则为水生生物提供栖息空间,促进水陆生态系统的物质交换。(2)构建滨水生态湿地景观,利用湿地植物对污染物的吸收、降解作

用,净化水质的同时,营造多样化的生态栖息地。设置亲水平台、木栈道等景观设施,拉近人与水的距离,满足人们休闲游憩的需求。通过塑造起伏的地形、布置景观小品等方式,丰富滨水空间的层次感和趣味性。(3)在景观设计中,注重融入地域文化元素,提取当地传统建筑、民俗文化等特色符号,将其应用于景观小品、铺装设计等方面,赋予水景观独特的文化内涵。合理配置灯光照明系统,在夜间展现水景观的别样魅力,提升区域整体形象,实现生态、景观、文化功能的有机统一。

3 水环境生态治理工程设计面临的挑战与对策

3.1 面临的挑战

3.1.1 治理技术适应性问题

水环境生态治理技术的应用需紧密贴合复杂的自然环境与水质状况,而实际工程中,不同区域的水文条件、污染类型及生态基底差异显著,致使技术适应性成为关键难题。河流治理中,部分河道流速、流量变化大,传统生物膜法处理效率易受水流冲击影响,微生物附着载体易脱落,难以稳定降解污染物;湖泊富营养化治理时,底泥污染物释放与藻类繁殖形成恶性循环,常规物理清淤虽能快速减少污染物存量,但可能扰动底泥引发二次污染,化学除藻剂的使用又易破坏水体生态平衡。地下水污染治理面临介质渗透性低、污染物迁移规律复杂等问题,原位修复技术在不同地质结构中的作用效果差异巨大,若未充分考量地质条件与污染物特性,极易导致治理方案失效,造成资源浪费与生态损害。

3.1.2 多目标协同难度大

水环境生态治理通常涵盖水质改善、生态修复、景观营造等多重目标,各目标间既相互关联又存在矛盾,实现协同优化极为困难。在城市滨水区域治理中,水质净化需求与景观亲水性设计常产生冲突,为提升水体自净能力需构建生态湿地,但湿地植物配置若过度追求景观效果,可能削弱其对污染物的吸收降解功能;生态修复强调本土物种恢复与生物多样性保护,而景观营造倾向引入外来观赏植物,二者理念的差异易导致生态系统稳定性与景观美学价值难以平衡。不同功能区的水质标准不同,如饮用水源保护区与景观娱乐用水区的水质要求存在梯度,治理过程中需兼顾上下游、左右岸的水质衔接,协调不同区域的治理目标,避免出现顾此失彼的情况,进一步增加了多目标协同的复杂性^[3]。

3.1.3 长期运维保障困难

水环境生态治理工程建成后的长期运维保障是维持治理效果的关键,但实际操作中面临诸多困境。人工湿地、生态浮岛等生态治理设施在运行过程中,会因植物

生长代谢、填料堵塞、微生物活性衰减等问题,逐渐降低污染物去除效率。水生植物的季节性生长与死亡若不及时清理,腐烂后会重新释放污染物,影响水质;填料在长期截留污染物后孔隙率下降,水流阻力增大,处理能力显著降低。水环境系统受自然因素(如极端天气、水文变化)和人为活动(如周边土地开发、排污行为)的影响动态变化,运维过程中需实时监测水质、生态指标的波动,并及时调整运维策略。监测设备的精度衰减、数据传输故障以及运维人员专业能力参差不齐等问题,使得精准运维难以实现,治理工程的长期有效性难以保障。

3.2 对策

3.2.1 加强技术研发与创新

针对治理技术适应性难题,需加大技术研发与创新力度,结合不同水环境特征开发定制化解决方案。通过多学科交叉融合,将材料科学、微生物学与环境工程技术相结合,研发新型高效的污染物去除材料与微生物菌群。例如,开发具有抗冲刷、高比表面积的复合生物填料,增强微生物附着稳定性,提升在复杂水流条件下的污染物降解能力;筛选耐污能力强、净化效果好的本土水生植物品种,并通过基因工程技术优化其污染物吸收转化功能。利用人工智能与大数据技术,构建水环境治理技术智能决策平台,整合区域水文、地质、污染等数据,模拟不同技术在特定环境下的应用效果,为技术选型与参数优化提供科学依据,提高治理技术的适应性与有效性。

3.2.2 构建多目标优化设计模型

为实现水环境生态治理多目标协同,需构建综合多目标优化设计模型,量化各目标间的相互关系与影响权重。运用系统工程理论,将水质改善、生态修复、景观营造等目标纳入统一框架,建立包含水质指标、生物多样性指数、景观美学评分等参数的评价体系。通过数学规划方法,如多目标遗传算法、粒子群优化算法,求解不同目标约束下的最优设计方案,平衡各目标间的冲突。在城市滨水区域设计中,利用模型模拟不同湿地植

物配置、景观布局对水质净化与景观效果的影响,筛选兼顾生态功能与美学价值的设计方案;针对不同功能区的水质需求,通过模型优化生态廊道布局与生态缓冲区设置,实现区域间水质的有效衔接与协同改善。

3.2.3 完善运维管理体系

建立完善的运维管理体系是保障水环境生态治理工程长期稳定运行的核心。构建智能化运维监测网络,部署多参数水质传感器、生物指标监测设备与视频监控系统,实时采集水体理化性质、生物群落结构等数据,并通过物联网技术实现数据的远程传输与实时分析。利用机器学习算法对监测数据进行挖掘,预测水质变化趋势与设施运行状态,提前制定维护计划。引入模块化运维管理模式,将治理工程划分为不同功能单元,针对人工湿地、生态浮岛等设施制定标准化运维流程,明确各单元的维护周期、操作规范与质量标准。定期开展运维人员技能培训,提升其对设备故障诊断、生态系统调控的能力,确保运维工作的科学化、规范化,实现水环境生态治理工程的长效运行^[4]。

结语

综上所述,水环境生态治理工程设计需统筹多方面要素,协调技术、目标与运维间的关系。通过精准把控污染源控制、生态修复等关键环节,创新技术应用,优化设计方法,完善管理体系,可显著提升工程治理效能。未来,随着技术发展与认知深化,水环境生态治理工程设计应持续探索更科学、高效、可持续的路径,助力实现水环境质量全面提升与生态系统良性循环。

参考文献

- [1]高琦.水环境生态治理在城市河湖治理工程中的应用[J].黑龙江环境通报,2025,38(3):122-124.
- [2]花成军.水环境综合治理工程项目规划设计要点分析[J].工程建设与设计,2023(23):115-118..
- [3]刘建坤.简述水环境治理工程设计采购施工总承包的特点[J].建筑与装饰,2021(9):40,45.
- [4]汪新明.水环境治理工程中堤岸防护设计探讨[J].工程技术研究,2023,5(12):134-136.