

水生态修复技术在环境保护中的应用研究

段著君

内蒙古拓新项目咨询有限责任公司 内蒙古 呼和浩特市 010010

摘要: 随着水环境问题日益突出,水生态修复技术成为环境保护的关键支撑。本文界定了水生态修复技术的概念与内涵,剖析其与环境保护的内在关联,系统梳理物理类、化学类、生物类及复合类关键修复技术,阐述该技术在河流、湖泊、地下水及城市水环境中的具体应用要点。研究表明,水生态修复技术需结合不同水体特征针对性选用,通过技术协同实现生态效益长效可持续,为水环境治理与生态保护实践提供理论与技术参考。

关键词: 水生态修复;关键技术;环境保护;具体应用

引言:当前,水体污染、水生生物多样性下降等问题严重制约生态环境质量提升,威胁生态安全与人类生存发展,水生态环境保护已成为生态文明建设的重要课题。水生态修复技术作为破解水环境退化难题的核心手段,其合理应用对提升环境治理成效具有关键意义。基于此,本文聚焦水生态修复技术的概念、关键技术及具体应用展开研究,旨在为推动水生态保护与环境保护协同发展提供有益借鉴。

1 水生态修复技术的概念及内涵

水生态修复技术是基于生态系统自组织与自我修复能力,结合人为干预措施,改善受损水生生态系统结构、功能与服务价值的综合性技术体系。其核心内涵兼具自然性与人为性的统一,强调遵循生态系统演化规律,通过适度干预消除或缓解生态胁迫,推动水生生态系统向健康、稳定的状态演进,最终实现生态、经济与社会效益的协同统一。

从本质而言,水生态修复技术并非对生态系统的完全重构,而是通过调整生态系统组分、优化生态过程,恢复其物质循环、能量流动与信息传递的核心功能。其内涵涵盖三个核心维度:(1)结构修复,聚焦水生生物群落、水文情势、栖息地环境等核心结构要素的优化;(2)功能修复,着力恢复水体净化、水资源调控、生物多样性维持等关键生态功能;(3)过程调控,通过干预生态系统演化过程,增强其抗干扰能力与自我维持能力^[1]。

2 水生态修复与环境保护的内在关联

水生态修复与环境保护并非孤立存在,二者存在深度绑定、协同推进的内在关联,具体体现在以下方面:(1)水生态修复是环境保护的核心攻坚方向。水环境作为生态系统的核心组成部分,其质量直接决定区域生态环境整体状况。当前,水体污染、水生生物多样性下降等问题已成为环境保护的突出短板,而水生态修复通过改善水

体理化性质、修复水生生物栖息地、恢复生态系统功能,能够直接破解水环境退化难题,补齐生态保护短板,是提升区域生态环境质量的关键抓手,为环境保护目标的实现提供核心支撑。(2)环境保护为水生态修复提供保障与导向。环境保护的政策法规体系明确了水生态修复的边界与标准,通过划定生态保护红线、制定水环境质量标准,为修复技术选型、修复目标设定提供科学依据;环境保护的统筹推进模式能够整合资金、技术、人才等资源,为水生态修复项目的落地实施提供保障。(3)环境保护的整体要求还能引导水生态修复从“单一修复”向“系统保护”转变,确保修复成果与生态保护全局目标相契合,实现修复效益的长效可持续^[2]。

3 水生态修复关键技术

3.1 物理类修复技术

物理类修复技术通过物理手段直接干预水体及周边环境,改善水生生态系统基础条件,关键技术包括:(1)水体曝气与复氧技术:借助机械、深层曝气等设备强化气液交换,提升水体溶解氧,缓解厌氧环境,抑制有毒有害物质积累,稳定水体理化环境。(2)底泥疏浚与平整技术:通过机械清除表层污染底泥,减少氮磷、重金属释放,降低二次污染风险;平整底质恢复自然坡度,优化水生生物栖息环境。(3)水生境重构技术:改造岸线、增设浅滩、修复湿地基底,提升水体流动性与连通性;设置生态护岸、透水铺装,强化水陆交错带缓冲功能,减少陆域污染物输入。(4)引水冲污与水流调控技术:引入清洁水源稀释污染物,借助闸门、泵站调控水流,改善循环条件,减少污染物滞留,提升水体自净能力。

3.2 化学类修复技术

化学类修复技术通过投放药剂调控水体化学性质,快速降解或固化污染物,关键技术包括:(1)化学混凝与絮凝技术:投加混凝剂、絮凝剂,通过吸附、架桥作用

使污染物颗粒聚集成絮体,经沉淀或过滤去除,快速降低水体浊度与悬浮物,同步去除部分附着的氮磷和有机物。(2)化学氧化修复技术:投放高锰酸钾、过氧化氢、臭氧等氧化剂,分解有机污染物、硫化物等有毒物质;臭氧氧化兼具杀菌除臭功效,提升水体透明度,适用于难降解有机污染水体。(3)化学沉淀与固化技术:针对重金属投放硫化物、磷酸盐等沉淀剂,生成难溶性化合物去除;或投放固化剂固定游离重金属,降低其迁移性与生物有效性。(4)pH调节与酸碱中和技术:投放石灰、碳酸钠等调节剂,将异常酸碱性水体调节至适宜水生生物生存范围,避免破坏生态系统结构。

3.3 生物类修复技术

生物类修复技术利用生物代谢、吸收、转化功能修复受损水生态系统,关键技术包括:(1)微生物修复技术:投放硝化菌、反硝化菌等功能菌剂或强化土著微生物活性,分解有机物、转化氮磷营养盐,降低营养盐浓度,抑制藻类生长。(2)水生植物修复技术:种植沉水、浮水、挺水等净化型水生植物,通过根系吸收氮磷、富集重金属;遮挡阳光抑制藻类光合作用,为微生物提供附着载体,改善溶解氧条件。(3)水生动物调控技术:投放或调控滤食性鱼类、底栖动物等群落结构,构建完整食物链,平衡物质循环与能量流动,降低污染物含量,提升生态稳定性。(4)生物膜修复技术:设置生物陶粒、弹性填料等载体构建生物膜系统,利用膜上微生物降解污染物,适用于复杂水体环境及尾水深度处理。

3.4 复合类修复技术

复合类修复技术整合多种单一技术优势形成协同体系,提升修复效果与稳定性,关键技术包括:(1)物理-生物复合修复技术:如曝气提升溶氧后投放菌剂,疏浚底泥后种植水生植物,生态护岸结合植被种植,兼顾快速改善环境与长期生态稳定。(2)化学-生物复合修复技术:先通过化学氧化、混凝快速降低污染负荷,再投放菌剂、种植植物构建生态系统,适用于高污染、成分复杂水体,需保障药剂与生物体系适配性。(3)物理-化学-生物复合修复技术:通过引水冲污、疏浚等物理手段降总量,化学氧化、混凝改善理化条件,再构建生物群落,实现重污染退化水体全面修复。(4)生态-工程复合修复技术:构建人工湿地、生态沟渠等工程结构,整合生物净化功能;通过水利工程调控水流配合生物群落构建,恢复自然生态功能^[1]。

4 水生态修复技术在环境保护中的具体应用

4.1 在河流环境保护中的应用

河流生态修复要结合其流动性、连通性特征及受损

核心问题,针对性选用修复技术,应用要点包括:(1)基础环境改善技术应用:针对河流断流、流速异常等问题,采用引水补流与水流调控技术,维持适宜生态流量,提升水体循环能力;对淤积严重河段实施底泥疏浚,配合岸线整形与生态护岸构建,优化河流廊道空间结构,强化水陆交错带缓冲功能。(2)水质净化技术组合应用:针对河流水体溶解氧不足、污染物超标问题,在污染严重河段布设曝气设备提升溶氧;中上游区域投放功能性微生物菌剂,降解有机污染物与营养盐;在岸边带及浅水区种植芦苇、菖蒲等挺水植物,搭配沉水植物构建水生植被带,增强水质净化能力。(3)生物群落构建技术应用:基于河流生态系统食物链结构,调控水生动物群落组成,合理投放滤食性、底栖动物,平衡生物链关系;通过生物膜载体布设,强化微生物附着与繁殖,提升水体自净体系的稳定性;同步改善鱼类产卵场、洄游通道等关键生境,促进生物多样性恢复。(4)长效维护技术应用:建立河流修复区域水流、水质动态监测体系,结合水文情势调整修复技术参数;定期清理水生植物残体与表层漂浮物,避免二次污染;通过生态护岸植被修剪、补种等措施,维持岸线生态功能的持续性。

4.2 在湖泊环境保护中的应用

湖泊生态修复聚焦富营养化控制、水动力改善及生境修复核心目标,技术应用需兼顾整体性与针对性,具体包括:(1)外源污染拦截技术应用:在湖泊入湖口构建生态沟渠、前置库等设施,搭配透水铺装与植被缓冲带,拦截陆域地表径流携带的氮磷营养盐与悬浮物;在入湖河流末端设置生态堰坝,减缓水流速度,促进污染物沉降,降低外源污染输入负荷。(2)内源污染控制技术应用:针对湖泊底泥营养盐释放问题,采用底泥疏浚与平整技术清除表层污染底泥,对疏浚区域实施底质改良;在深水区布设深层曝气设备,抑制底泥厌氧分解,减少营养盐与有毒物质释放;投放化学固化剂,固定底泥中游离的重金属与磷元素,降低内源污染风险。(3)水动力与水质优化技术应用:通过泵站、闸门调控实现湖泊水体循环置换,改善滞水区水流停滞问题;在湖泊中布设生态浮床,种植水生植物吸收水体营养盐,同时遮挡阳光抑制藻类生长;投放控藻微生物菌剂,调控水体微生物群落结构,延缓藻类爆发。(4)生境修复与生态系统稳定技术应用:修复湖泊岸线生态功能,构建生态护岸与人工浅滩,增加水生生物栖息空间;种植沉水植物群落,恢复湖泊“草型生态系统”结构;调控水生动物种群密度,构建完整的食物链,提升湖泊生态系统的自我调节能力。

4.3 在地下水环境保护中的应用

地下水修复要结合其隐蔽性、流动性弱等特征,采用“源头控制+原位修复”为主的技术路线,应用包括:

(1) 源头污染阻断技术应用:针对地下水污染源,构建地下水防渗帷幕,采用黏土、土工膜等防渗材料阻断污染源与地下水的水力联系;对地表污染源实施清理与固化处理,避免污染物持续下渗;在污染区域周边设置截水沟,拦截地表径流,减少雨水淋溶带来的污染负荷。

(2) 原位修复技术应用:针对有机污染地下水,采用原位化学氧化技术,通过注入井投放氧化剂,降解地下水中的难溶性有机污染物;对氮磷污染地下水,布设原位生物反应区,投放功能性微生物菌剂,利用微生物代谢转化营养盐;采用原位曝气技术,提升地下水溶解氧含量,强化土著微生物的降解活性。

(3) 异位修复技术辅助应用:对污染严重、修复难度大的地下水区域,采用抽提处理技术,将污染地下水抽至地表,通过混凝沉淀、生物膜处理等技术净化后回灌;对抽出的污染地下水底泥,采用固化稳定化处理后安全处置,避免二次污染。

(4) 监测与风险防控技术应用:布设地下水监测井网络,实时监测地下水水位、水质变化,掌握污染扩散范围与修复效果;建立地下水污染预警机制,根据监测数据调整修复技术方案;对修复区域周边地下水环境进行长期跟踪评估,保障修复效果的持续性。

4.4 在城市水环境治理中的应用

城市水环境修复要结合城市发展规划,兼顾生态功能与景观需求,实现“治理-修复-提升”协同推进,具体应用包括:

(1) 城市河道修复技术应用:对城市黑臭河道采用“控源截污+生态修复”组合技术,先通过管网改造、截污闸拦截生活与工业污水;再采用曝气复氧提升水体溶氧,投放微生物菌剂改善水质;构建生态护岸,种植水生植物与观赏植物,实现水质净化与景观提升的双重目标;利用城市水系连通工程,提升河道水流流动性,改善水体循环条件。

(2) 城市湖泊与人工湖修复技术应

用:针对城市湖泊富营养化问题,构建生态浮岛与水生植物群落,吸收水体营养盐;采用底泥疏浚与底质改良技术,控制内源污染;在湖泊周边布设透水铺装与植被缓冲带,减少地表径流污染输入。

(3) 城市雨水系统生态修复技术应用:构建海绵城市相关生态设施,采用下沉式绿地、雨水花园、植草沟等技术,收集与净化地表雨水,减少雨水径流带来的污染;在雨水排放口设置生态滞留池,促进污染物沉降与净化;利用人工湿地处理初期雨水,提升雨水资源化利用效率。

(4) 城市再生水回用配套修复技术应用:在再生水排放口周边构建生态缓冲带,种植耐污水生植物,进一步净化再生水水质;采用生物膜处理技术,对再生水进行深度处理,保障回用安全性;在再生水回用区域布设水质监测设备,实时监控水质变化,确保生态与使用安全^[4]。

结束语:本文系统探讨了水生态修复技术在环境保护中的相关核心问题,明确了技术内涵与环保关联,分析了各类关键技术要点及不同水环境的应用逻辑。水生态修复是一项系统性工程,需坚持技术适配与协同推进原则。未来应进一步强化技术创新与实践优化,完善长效管理机制,推动修复技术在更广泛场景的精准应用,持续提升水生态环境质量,助力生态环境保护事业高质量发展。

参考文献:

- [1]曾培培.水生态修复治理技术在水环境保护工程中的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(10):86-88.
- [2]曹务东,丁海波,周军.水生态修复治理技术在水环境保护工程中的应用分析[J].清洗世界,2025,41(5):172-174.
- [3]王政涵.水生态修复治理技术在水环境保护工程中的应用分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025(11):182-185.
- [4]倪峰.水环境保护工程中生态修复治理技术应用分析[J].低碳世界,2025,15(1):22-24.