

Application of ecological restoration technology in water environment protection project

Yubei Zhu

Foundation Engineering Consulting Co., Ltd. Shanghai Branch, Shanghai, 202505, China

Abstract

Ecological restoration technology is a new environmental protection technology, which can provide new ideas and methods for water environment restoration and protection. It can simulate the function of natural ecosystem and promote the self-repair and reconstruction of damaged water ecosystem, so as to achieve the dual purpose of improving water quality and restoring ecological function. Therefore, in-depth study of water environment restoration technology is of great significance for improving water environment quality and maintaining ecological balance.

Keywords

ecological restoration and management ; water environmental protection ; application research

生态修复治理技术在水环境保护工程中的应用探究

朱玉北

建基工程咨询有限公司上海分公司, 中国 · 上海 202505

摘 要

在全球生态环境面临严峻挑战的今天, 保护水环境已成为生态文明建设的一个重要方面。随着工业化、城镇化进程的加快, 水资源污染、生态环境恶化等问题日趋严重, 对人类生存环境及社会可持续发展产生了重大影响。生态修复技术是一项新兴的环境保护技术, 可为水环境修复与保护提供了新的思路与方法。它能够模拟自然生态系统功能, 促进受损水体生态系统的自我修复与重建, 从而达到改善水质、恢复生态功能的双重目的。因此, 对水环境修复技术进行深入研究, 对改善水环境质量和维持生态平衡具有重要意义。

关键词

生态修复治理; 水环境保护; 应用研究

1 引言

将生态修复技术应用于水环境治理工程, 体现了现代环境科学和工程学的交叉。水环境是生态系统中最重要的一环, 它的健康状况直接影响着生物多样性与生态服务功能的发挥。生态修复技术是一种综合运用生物、物理、化学等技术, 以恢复水体自净能力, 提高水质, 恢复水生态系统功能为目的。强调生态系统的整体性、系统性, 着眼于水环境问题的源头治理, 而不是单纯的末端治理。然而, 生态修复技术在实践中还面临技术选择的适应性、生态系统的长期稳定性和与经济社会发展的协调等问题。因此, 如何科学、合理地运用生态修复技术, 充分发挥水环境保护工程的效益, 是当前环境科学研究中迫切需要解决的重要问题。

2 生态修复治理技术在水环境保护工程中的应用探究作用

2.1 提升水质净化能力

传统水处理技术多依赖于化学药剂或物理过滤, 虽有一定的去除效果, 却严重影响了水生态平衡及生物多样性。生态修复是一种利用水生植物、微生物、底栖动物等生态因素, 在自然生态系统中引入净化机制, 建立生态系统的动态平衡^[1]。这些生物对水体中的氮、磷、重金属等有较强的吸附、降解能力, 可有效地降低水体的富营养化程度及毒性。另外, 生态修复技术还可以促进水体循环, 提高水体溶氧, 提高水体自净能力。该方法具有长效、环保等优点, 可长期稳定地改善水质, 为水生生物提供适宜的生境。

2.2 增强生态系统稳定性

在水环境保护工程中, 生态修复技术是通过对水生生态系统结构进行重构与优化, 从而提高水环境的抗扰力与自修复能力。利用乡土植物、构建人工湿地、生态护坡等措施, 可提高水体生物多样性, 形成复杂的食物网与生态位, 降低

【作者简介】朱玉北(1987-), 男, 中国河南郸城人, 本科, 高级工程师, 从事水土保持和水利规划研究。

单一物种间的竞争,减少病虫害发生。此外,生态修复技术还可以改善水体理化环境,如调节水温、提高水质、提高透明度等,为水生生物提供适宜的生存环境。这一稳定的生态系统,既可维护水体生态平衡,又可在自然灾害或人类活动干扰下快速恢复,降低生态系统退化风险。

2.3 促进生物多样性恢复

在水环境保护工程中,采用生态修复技术可以促进生物多样性的恢复。水体污染与生态系统退化是造成生物多样性损失的主要原因,而生态修复技术能够为水生生物提供适宜的生存与繁殖场所,促进生物多样性恢复^[2]。如建立人工湿地、生态护坡等措施,为水生动植物提供栖息繁衍场所,增加生物种类与数量。此外,生态修复技术还可以改善水环境,促进生物生长繁殖。因此,通过系统生物学等多学科交叉的方法,对水生态系统功能的恢复具有重要意义。

2.4 提升环境教育与公众参与度

在水环境保护工程中应用生态修复技术,可以促进环保教育,提高公众参与程度。生态恢复项目是一种极具观赏性、互动性强、能吸引公众关注与参与的项目。通过在整治工程中设置生态展示区、生态体验区,将生态修复知识普及于公众,提高公众对水环境保护的认识。此外,还可通过组织志愿活动、社区参与等方式,鼓励市民直接参与到生态修复中来,如种植水生植物,清理河道垃圾等。这样的公众参与,不但可以提高项目执行效果,而且可以增强公众对环保事业的长期关注与支持,从而在水环境保护中营造良好的氛围。

3 生态修复治理技术在水环境保护工程中的应用有效应用

3.1 水生植被恢复技术的系统性构建

水生植物恢复是水生态修复的核心技术,其构建能够提高水体自净化能力和生态系统稳定性。其实施需要遵循“基础改良—物种筛选—群落配置—后期养护”的系统流程^[3]。在基底改良阶段,可通过监测沉积物的理化性质,在有机质含量小于2.5%的情况下,添加15-20 g/m²的复合微生物改良剂,提高沉积物的肥力;当沉积物中重金属含量超过规定标准时,需对沉积物进行置换,置换厚度不小于30cm。中营养水植物以芦苇(16株/m²)和香蒲(12株/m²)为主,沉水植被选择为苦草(20-25 g/m²)和马来眼子菜(15-20 g/m²);但对于富营养水体(总氮>3 mg/L),需种植耐污能力强的菹草(30-40 g/m²)和茳草(25-30 g/m²)。

植物群落的配置要遵循生态位互补的原则,挺水植被带宽度控制在3~5m之间;睡莲(9株/m²)和芡实(4株/m²)间隔种植。沉水植被按照“先锋种-建群种”的梯度配置,先锋种(茳草等)种植深度控制在1.5m以内,建群种(苦草)种植深度控制在2.5m左右,种植斑块面积控制在5-10m。在栽植过程中,挺水植被采用穴栽方式栽植,穴深

20~30cm,株行距按栽植密度确定。沉水植被采用插穗法,插穗长度为15~20cm,插于底泥5~8cm处。前半年每月对水质进行每月监测,若透明度小于50cm,则需添加微生物制剂(5-10 g/m³)。在生长季节(5~9月),定期收获挺水植物地上部,收获比例为30%-40%,避免有机物累积。在实际运行中,废水COD_{Cr}的去除率达40~50%,TP的去除率达到35%~45%,透明度提高到1.2m。

3.2 微生物生态修复技术的精准调控

微生物修复技术能够优化水体中微生物种群结构,强化污染物降解,适合处理各种类型的污染水^[4]。应围绕“污染源辨识—微生物筛选—投加体系设计—效果调控”这一关键环节开展研究。利用高通量测序技术对水体微生物群落结构进行分析,发现氨氧化降解功能基因(如amoA)丰度小于 1×10^{-4} 时,则需要强化氨氮降解能力,当厌氧氨氧化细菌(AnAOB)比例小于0.5%时,厌氧氨氧化过程需要强化。以目标污染物为筛选依据,对COD_{Cr}>100 mg/L的水体,筛选出COD去除率≥60%的复合菌(如芽孢杆菌和假单胞菌属为3:1);对于总氮大于5 mg/L时,应选择硝化反硝化复合菌剂(硝化菌与反硝化菌比例为2:1),去除率≥75%。投加系统的设计要考虑水体的流态,在静水区设置固定微孔曝气装置,曝气强度为0.5~1.0 m³/(m²·h),菌剂投加量为5~10 g/m³。动水区(流速>0.1 m/s)需设置多级投加点,投加间距50~100 m,接种剂投加比例提高20~30%。投加过程分为三个阶段:第一阶段(1~7天),投加量为设定投药量的50%;中期(8~21天)维持量20%;后期(22天后)采用10%的保持投喂量。通过对水体溶解氧、pH等参数的实时监测,在DO<2 mg/L的情况下,需加大曝气量至1.5 m³/(m²·h);在pH小于6.5的条件下,为保持最佳的微生物活性,可以在pH值为7.0~8.0的条件下投加碳酸氢钠。通过项目的实施,可使污水中氨氮的去除率提升,TP的去除率更高,微生物多样性指数提高1.5-2.0倍。

3.3 生态护岸构建技术的多维度设计

生态护岸技术是将工程构筑物和生态功能有机结合起来,可达到防洪安全和生态修复的目的。按照“岸坡稳定分析—生态结构设计—选材—植物配置—监测养护”的思路进行^[5]。在岸坡稳定分析中,采用比什普法进行安全系数计算,当安全系数小于1.2时,需采取削坡措施,将坡比调为1:2.5—1:3.0。当岸坡有软弱夹层时,应设置格栅,格栅间距1.0~1.5米,抗拉强度≥30 kN/m。在高水位以上2米范围内,设置台阶宽1.5~2.0米、高差0.5米的阶梯式生态带;常水位以下0.5 m范围内的水生植物带由鱼巢式(孔隙率≥30%)混凝土预制块构成;在低水头以下采用抛石护岸(块石粒径20~40cm)。

材料选用符合生态兼容的原则,以抗压强度不低于20 MPa、孔隙率为15~20%的生态混凝土为主要材料,碱性要小于10.5、以椰纤维毯(10-15mm,拉伸强度≥8 kN/m)和

生态袋(填料有机质含量 $\geq 5\%$)作为软质材料。植物配置采用“乔灌草”的立体种植模式,在河岸上植柳(株行距为3米 $\times$ 4米),苜蓿(播量15~20克/米)。河岸边种植狗牙根(20~25克/米)和紫穗槐(株行距1.5米 $\times$ 2.0米);近水区种植芦苇16株/ m^2 和菖蒲12株/ m^2 。在施工过程中,生态混凝土预制块的安装误差不超过5cm,椰纤维毡的铺设必须与坡面紧密结合,搭接宽度 $\geq 20\text{cm}$ 。后期维护需定期对植物进行修剪(生长旺季每月一次),一旦发现岸坡发生塌陷,需及时填塞(填土体积的120%)生态修复材料。实施后,可使河岸带的抗冲能力得到大幅度提高,增加物种多样性2~3倍,增加非点源污染截留率。

3.4 水生态系统重构技术的整体性实施

水生态系统重建技术是将生物-物理-化学等因素有机结合起来,构建完整的水生态系统,适合于修复严重退化水体。按照“基础调研—系统诊断—结构设计—功能调控—稳态维护”的思路开展。可通过对水文(流速0.05~0.5 m/s)、水质(COD_{Cr} 20~100 mg/L)、生物(浮游植物密度 $< 1 \times 10^6$ 个/L)等12个指标,利用层次分析法确定生态系统健康状况。系统诊断需要识别关键限制因素,当磷浓度小于0.1 mg/L时,需控制外源磷的输入量不超过0.05 mg/L,滤食性鱼类在群落中的比例小于30%时,需要对群落结构进行调整。

项目可以“生产者-消费者-分解者”为主线,构建“生产者-消费者-分解者”生态链条。取食层:滤食性鱼类(鲢、鳙)生物量在30~50 g/ m^2 之间,杂食性鱼类 < 10 g/ m^2 , 50~80 g/ m^2 底栖动物(螺、蚌)。分解者层:生物量碳值100~200 mg/ m^2 。功能调控主要有三个方面:水位控制,利用周期性波动(变幅0.5~1.0米)促进物质循环;通过水力调控,构筑以0.1~0.2 m/s的环流流强化溶解氧迁移。生物调控,每月对鱼类群落结构进行监测,当食草鱼的比例大于20%时,需将其捕获量降至10%以下。在水体透明度小于80cm时启动一级预警(增加沉水植物种植比例10%~20%);如果DO小于4 mg/L,则启动二级预警(开启曝气系统,曝气量1.0~1.5 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$);一旦蓝藻浓度超过 1×10^8 个/L,启动三级预警(添加5~10 g/ m^3 的生物控藻药剂)。实施后,水生态系统服务价值将增加50%~60%,系统稳定指数由 < 0.3 提高到0.6~0.8,实现由“浊水稳态”向“清水稳态”过渡。

4 生态修复治理技术在水环境保护工程中的应用案例分析

4.1 案例背景

某城区内湖面积1.2 km^2 ,平均水深2.5米,由于周边生活污水和初期雨水的污染,水体长期处于劣V类,COD_{Cr}和TP浓度分别为65 mg/L、TP1.2 mg/L,透明度不

足30 cm,蓝藻爆发时浓度可高达 5×10^1 个/L,目前尚无有效防治措施。湖底沉积物中有机物占35%,氮、磷、磷的含量分别为1.2%、0.8%。该湖为周边5万余人提供景观和休闲服务,但水质较差,已严重影响当地的生态环境和居民的生活质量。

4.2 施工过程

在工程建设过程中,采取“底泥改良—水生植物重构—微生物调控—生态护岸”的技术措施。在污染较重的20%区域实施疏浚(50 cm深),在其他区域投放复合微生物改良剂(18 g/ m^2)。项目以苦草(25 g/ m^2)和狐尾藻(35 g/ m^2)两种沉水植物为研究对象,以芦苇(16株/ m^2)为材料,沿湖岸宽3米种植。同步投加硝化反硝化复合菌(8 g/ m^3),6套微孔曝气设备(曝气强度为0.8 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$)。生态护岸是以狗牙根25 g/ m^2 和紫穗槐(1.5 m $\times$ 2 m株行距)为材料,采用生态混凝土预制块(孔隙率20%)和椰纤维毯(椰纤维毯)构建生态护岸。

4.3 施工效果

经过半年的运行,水质达到III类,COD_{Cr}降低到20 mg/L,TP降低到0.15 mg/L,透明度达到1.5米,蓝藻浓度小于 1×10^7 个/L。水生植物覆盖率达到75%,底栖动物由3个增加到12个,滤食性鱼类的比例增至35%。采用生态护岸后,非点源污染的截留率达到65%,湖岸线的抗冲性提高了40%。通过本项目的实施,将直接减少污水处理费用280万元,使生态系统服务价值由治理前的1200万元提高到1800万元,实现水环境质量和生态价值双提升。

5 结语

综上所述,将生态修复技术应用到水环境治理工程中,不仅能有效地提高水环境质量,修复被破坏的生态系统,而且能为社会提供丰富的生态服务,促进人类与自然的和谐共存。未来,随着生态修复技术的不断创新与完善,该技术必将在水环境保护领域得到更广泛、更深入的应用。通过强化技术研发,优化治理方案,促进多学科交叉融合,实现水环境可持续发展,促进全球生态文明建设。

参考文献

- [1] 杨娟,徐海涛,冉巧玲.水生态修复治理技术在水环境保护工程中的应用分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(17):123-125.
- [2] 颜妮.水生态环境保护工程与治理修复的对策[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(20):49-51.
- [3] 贾冬梅.水环境保护工程中生态修复治理技术的应用分析[J].水上安全,2024,(13):95-97.
- [4] 梅林武.水环境保护工程中的生态修复治理技术[J].科技资讯,2024,22(07):200-202.
- [5] 邢依燕.水环境质量影响因素及水生态环境保护措施分析[J].山西化工,2023,43(10):244-246.