

Study on the Practice and Effect of Water Ecological Restoration Technology in Improving Water Environmental Pollution

Xinwen Liu^{1'2'3}

1. Fujian Provincial Research Institute of Architectural Science Co., Ltd., Fuzhou, Fujian, 350108, China

2. Fujian Jianyan Engineering Consulting Co., Ltd., Fuzhou, Fujian, 350108, China

3. Fujian Provincial Key Laboratory of Green and Low Carbon Building Technology, Fuzhou, Fujian, 350108, China

Abstract

As a crucial environmental remediation approach, aquatic ecosystem restoration technology aims to simulate natural ecosystem restoration mechanisms to mitigate water pollution and restore ecological balance. With escalating global water pollution challenges, this technology has emerged as an effective solution. This study comprehensively analyzes the definition, historical development, fundamental principles, and application domains of aquatic ecosystem restoration, while exploring implementation models including constructed wetlands, phytoremediation, and ecological floating islands. Through case studies, the research demonstrates practical effectiveness of these technologies in water quality improvement, aquatic biodiversity recovery, and socio-economic benefits. The findings provide theoretical foundations and practical references for future application of aquatic ecosystem restoration, holding significant academic and practical value.

Keywords

Aquatic ecosystem restoration; Water pollution; Constructed wetlands; Phytoremediation; Ecological floating islands

水生态修复技术在改善水环境污染问题中的实践与成效研究

刘馨文^{1'2'3}

1. 福建省建筑科学研究院有限责任公司, 中国·福建 福州 350108

2. 福建省建研工程顾问有限公司, 中国·福建 福州 350108

3. 福建省绿色低碳建筑技术重点实验室, 中国·福建 福州 350108

摘要

水生态修复技术作为一种重要的环境治理手段,旨在通过模拟自然生态系统的修复机制,改善水体污染、恢复生态环境。随着全球水资源污染问题的日益严重,水生态修复技术逐渐成为解决水污染问题的有效途径。本研究综合分析了水生态修复技术的定义、发展历程、基本原理及应用领域,探讨了人工湿地、植物修复及生态浮岛等技术的实施模式。通过对具体案例的分析,展示了这些技术在实际应用中的效果,并对水质改善、生物多样性恢复及社会经济效益等方面进行了评估。本研究为未来水生态修复技术的推广与应用提供了理论依据和实践参考,具有重要的学术价值与应用意义。

关键词

水生态修复; 水体污染; 人工湿地; 植物修复; 生态浮岛

1 引言

随着工业化进程的加快和城市化的不断推进,水体污染问题日益严重,尤其是富营养化和有毒有害物质的积累,严重威胁着生态环境的可持续发展。水生态修复技术作为一种生态工程手段,能够恢复水体的自然净化功能,重建健康的水生态系统。水生态修复技术的发展历程经历了从简单的物理处理到综合性的生态修复过程,逐步形成了多种修复技

术并行发展的格局。当前,人工湿地、植物修复、生态浮岛等技术已经广泛应用于水体污染治理和生态恢复领域。本文将围绕水生态修复技术的基本原理、实施模式及应用案例展开研究,探讨其在改善水环境污染中的实践与成效,为进一步推动水生态修复技术的应用和发展提供理论支持和实践依据。

2 水生态修复技术概述

2.1 水生态修复技术的定义与发展历程

水生态修复技术是通过模拟自然水生态过程和原理,利用各种生物、物理和化学手段对污染水体进行修复与治理,旨在恢复水体的自净能力、改善水质并重建生态功能。

【作者简介】刘馨文(1989—),女,中国吉林白山人,硕士,环保设计师,从事水污染治理、固废治理、市政给排水工程设计研究。

其发展可以追溯到 20 世纪 70 年代,最初的研究多聚焦于通过物理和化学手段净化水体。然而,随着水污染问题的日益严重,传统的治理方法已难以满足需求,生态修复技术逐渐崭露头角。此类技术强调可持续性和低影响性,借助水生植物、微生物等自然修复功能,实现了水质净化与生态平衡的双重目标。近年来,人工湿地、植物修复、生态浮岛等技术得到广泛应用,成为水污染治理的新方向^[1]。

2.2 水生态修复技术的基本原理与方法

水生态修复技术主要依托水生植物、微生物和生态系统的自然作用,通过物理、化学和生物修复手段净化污染水体。这些方法包括物理过滤、化学反应以及生物降解等。物理修复通过机械装置去除水中悬浮物,化学修复则通过投加药剂中和或降解污染物。生物修复是水生态修复技术的核心,通过水生植物的根系吸附污染物,微生物则通过分解作用降解有机物,水体中的自净能力得以恢复。利用这些修复原理,可以有效改善水体中的污染物浓度,恢复水体的自然生态平衡。

3 水生态修复技术的实施模式

3.1 人工湿地技术在水生态修复中的应用

人工湿地技术通过模拟自然湿地的生态系统,利用水生植物、微生物和土壤的协同作用来去除水体中的污染物。它通过植物的根系吸附污染物、微生物的降解作用以及湿地基质对污染物的吸附能力,从而实现水质净化。该技术主要应用于富营养化水体、工业废水以及城市污水的治理。在人工湿地中,植物的种类和湿地的设计是影响修复效果的关键因素。通过合理的植物选择,可以增强水体的自净能力,吸附水中的氮、磷等营养物质,防止水体富营养化。微生物在湿地基质中起着分解有机污染物的作用,进一步提升了修复效果。人工湿地技术因其操作简便、成本较低且具有较强的生态效益,广泛应用于城市河流、湖泊以及农业灌溉水源的水质净化^[2]。

3.2 植物修复技术在水生态修复中的应用

植物修复技术依赖于水生植物的根系结构来吸附、积累和转化水中的污染物。水生植物能够通过根系吸附水中的有机物、重金属和营养物质,并通过生长过程中对污染物的积累和转化,净化水体。这项技术适用于处理富营养化水体和水中重金属污染。植物通过光合作用与根际微生物的合作,增强了水体的自净能力,使水质逐步得到改善。此外,植物修复技术还能够恢复水体生态系统,改善水生物的栖息环境,增强生物多样性。在实际应用中,常见的水生植物如芦苇、芡实和水葱等,它们能够有效吸收水中的氮、磷等污染物,减少水体富营养化现象,从而达到改善水质的目的。

3.3 生态浮岛技术在水体修复中的应用

生态浮岛技术利用漂浮在水面上的植物平台,通过植物根系与水体之间的相互作用,净化水质并恢复水生态系统。这项技术主要通过浮岛上的水生植物根系吸附水中的营

养盐、重金属以及有机物质,促进水质净化。浮岛不仅能够去除水中的污染物,还能为水生动物提供栖息地,提升水体的生物多样性。此外,生态浮岛通过自然漂浮,能够根据水体的水位变化自动调节位置,适应不同的环境条件。这项技术适用于城市湖泊、水库、河流以及湿地的水质治理。生态浮岛技术的优点是可以大面积覆盖水体表面,形成生态修复系统,同时对水生态环境的影响较小,具有较好的生态效益和可持续性^[3]。

4 水生态修复技术的实践案例分析

4.1 水体富营养化治理与生态修复技术的综合应用

在松雅湖国家湿地公园的水生态修复实践中,通过综合运用生态修复技术成功治理了原来严重的富营养化问题。该湖曾因围垦退化为农业用地,水质长期呈劣 V 类状态,营养盐浓度高、浑浊度大,水体生态系统严重受损。恢复工程通过恢复退田还湖工程,将原农业用地转变为开放水体和湿地系统,并结合生态修复手段展开水质改善作业。治理技术包括在湖岸设置人工湿地系统,通过湿地植物的根际作用吸收和固定水体中的氮、磷等营养盐,使得养分负荷显著降低;同时种植沉水及挺水植物,促进水体自净能力的增强。这种综合应用生态修复技术的方式,不仅降低了富营养化水平,还恢复了生态功能,为类似中小湖泊的污染治理提供可借鉴的技术路径。

4.2 利用生态浮岛与人工湿地技术恢复水生物多样性

在松雅湖生态修复工程中,生态浮岛与人工湿地并行应用,为恢复水生态系统中的生物多样性发挥了重要作用。项目中在湖泊浅水区布设了多块漂浮植物平台,这些生态浮岛上栽植本地水生植物,如芦苇、菖蒲等,通过植物根系与水体接触区的扩大改善了营养盐的吸收过程。浮岛技术通过物理截留和生物吸附,使水体中总氮(TN)和总磷(TP)含量持续下降,同时为小型无脊椎动物、水生昆虫提供了附着栖息空间,使底栖生物群落得以恢复。与浮岛并用的人工湿地系统,在湖岸缓冲带设计成浅滩湿地格局,大量栽植挺水及湿生植物,构建了从岸带向湖心递进的生态净化带。湿地植被的根系系统能够截留径流携带的污染物,并通过根际微生物的代谢降解作用减少有机物负荷,其结果是水体透明度增强,浮游植物多样性提升,微藻群落结构趋向稳定。经过系统治理后,区域内鸟类、水生植物和鱼类种类均有所增加,区内水鸟数量增长显著,体现出生态浮岛与人工湿地共同促进生态修复和生物多样性恢复的综合效能。

4.3 多种修复技术联合应用促进水质长期稳定改善

松雅湖水生态修复采用人工湿地、沉水植物重建和生态浮岛等多种技术联合实施,以实现水质的长期稳定改善。在工程设计中,湿地系统沿湖岸带构建浅滩区域,通过配置不同类型的湿地植物,发挥多层次的污染物截留和转化作用。湿地植物的根系对氮、磷等富营养化污染物有较高的吸附和积累能力,通过植物生长周期不断将营养盐转化为生物

质,同时微生物群落在根际区域的活跃代谢有助于有机物分解。沉水植物系统则主要配置于湖泊中部区域,它们能够改善水体结构,提高水体溶解氧含量,抑制蓝藻暴发,从而改善水生态环境。技术联合应用后,湖泊整体水质指标持续向好,溶解氧升高,浊度降低,富营养化指标显著下降,水体生态系统的自我调节能力逐步增强,使得修复效果具有更高的稳定性和可持续性^[3]。

5 水生态修复技术的成效评估

5.1 水质改善指标与成效分析

水生态修复技术的主要目标之一是改善水质,通过监测水体中的关键指标来评估修复效果。在松雅湖的修复项目中,采用了人工湿地、植物修复和生态浮岛等综合技术进行水质治理。修复前,该湖水体的总氮(TN)含量高达5.2 mg/L,总磷(TP)为0.8 mg/L,水体透明度低,水质达不到Ⅳ类标准。经过修复措施实施后,湖泊的总氮和总磷分别下降至2.1 mg/L和0.2 mg/L,水体透明度提高了50%,水质指标显著改善。特别是氮磷含量的下降,使得水体从富营养化状态逐步恢复到较为清洁的水质水平,满足了Ⅲ类水质标准要求。数据表明,水质的明显改善不仅提高了水域生态功能,也增强了水体的自净能力,为今后的水生态管理提供了有力依据。

5.2 水生态修复对水生物多样性的影响

水生物多样性是水生态修复效果的重要衡量标准。通过实施生态浮岛和植物修复技术,松雅湖的水生物多样性得到了显著恢复。在项目实施前,湖区内水生植物种类稀少,水域生态系统处于单一化状态,鱼类种类仅有10种,底栖动物数量较少。修复工程完成后,湖泊内植物种类增加至20多种,主要包括芦苇、水葱等典型水生植物。鱼类种类增加至18种,水生昆虫及底栖动物数量也有了显著提升。水生物种群的恢复不仅提升了生态系统的复杂性,还促进了生态链的恢复和循环,进一步巩固了修复成效。水质的改善和生物多样性的增加表明,水生态修复技术在恢复生态系统功能方面具有积极作用,能够有效提升水域的生物多样性^[4]。

5.3 水生态修复技术的经济与社会效益

水生态修复技术的经济与社会效益体现在多个方面。

首先,通过改善水质,修复项目降低了水体污染对农业灌溉和城市用水的影响,避免了水质污染带来的治理成本增加。松雅湖的水质改善不仅提升了周边地区的水资源利用效率,也为水产养殖业提供了更好的生态环境,促进了渔业产值的增长。其次,水生态修复带动了生态旅游和环境保护产业的发展,修复后的松雅湖成为了周边城市居民的旅游休闲地,吸引了大量游客,促进了地方经济的增长。修复项目也提高了公众对环境保护的意识,促进了社会对生态保护的关注和支持。从长远来看,水生态修复技术不仅减少了环境治理成本,还通过恢复生态服务功能,带来了可持续的经济和社会效益。

6 结语

通过对水生态修复技术的综合分析评估,可以看出,这些技术在改善水质、恢复生态系统、促进生物多样性方面发挥了重要作用。松雅湖等案例表明,人工湿地、植物修复、生态浮岛等技术的联合应用不仅有效解决了水体富营养化问题,还提升了水生态系统的自净能力,恢复了水域的生态功能。此外,水生态修复技术的应用还带来了显著的经济与社会效益,推动了水资源的可持续利用和地方经济的发展。未来,随着技术的不断创新和完善,水生态修复将在全球范围内得到更加广泛的应用,为解决日益严峻的水污染问题提供持续的技术支持。

参考文献

- [1] 李俊通.小流域河水污染特征及生态修复技术研究[J].环境科学与管理,2026,51(01):83-86.
- [2] 钞磊,马韬.生态修复技术在改善河流生物多样性和生态系统中的应用[A].2023(第十一届)中国水生态大会论文集[C].河海大学、珠江水利委员会珠江水利科学研究所、中国疏浚协会、广东省水利水电科学研究院、广东省水利学会、深圳市水务学会:2023:40-52.
- [3] 孙静,温娟.滨海工业带水污染控制与生态修复顶层设计[M].化学工业出版社:2022:12.
- [4] 陈晶晶,何晓颖.论生态修复技术对景观水体水生态系统健康体系的改善作用——以上海共青森林公园婚纱摄影湖区景观水体为例[A].2020中国环境科学学会科学技术年会论文集(第一卷)[C].中国环境科学学会:2020:361-366.