

水利工程中河流生态修复技术的应用研究

程 梦

(安徽省蚌埠闸工程管理处, 安徽 蚌埠 233000)

摘要 随着全球经济的快速发展和人口的不断增长, 水资源开发利用与生态环境保护的矛盾日益突出。水利工程作为人类调控水资源、防治水旱灾害的重要手段, 其建设对河流生态系统产生了深远的影响。因此, 如何在保障水利工程功能的同时实现河流生态的有效修复成为当前水利科学研究的重要课题。本文探讨水利工程中河流生态修复技术的最新进展、应用实践及存在的问题, 并提出相应的对策与建议。通过对国内外河流生态修复技术案例的分析, 总结出一套适合我国国情的河流生态修复策略, 旨在为促进水利工程的绿色可持续发展提供参考。

关键词 水利工程; 河流生态修复技术; 河流形态修复; 水文过程修复; 水质改善技术

中图分类号: TV5

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0052-03

河流生态系统作为地球上不可或缺的生命线, 承载着水资源的供给、生物多样性的维护和水文循环的保障等多重生态服务。然而, 伴随着长期的水利设施建设, 河流的原始形态、水动力学特性以及生物群落结构遭受了日益严重的干扰与破坏, 导致生态系统的功能退化, 生物多样性锐减。为逆转这一趋势, 深入探究与实践河流生态修复技术显得至关重要。修复工作旨在恢复河流的生态健康, 提升水环境质量, 以科技手段重塑人与自然的平衡。这包括重塑河岸线以复原自然形态, 调整水文过程以维持生态流量, 采用生态净化技术改善水质, 以及重建生物群落以促进生态多样性。同时, 综合管理策略, 如政策引导、公众参与和监测评估, 也是保障修复成效的关键。这些努力旨在为我们的工程师提供科学指导, 以实现水利工程与生态环境的和谐共融。

1 河流生态修复技术概述

河流生态修复技术是指通过一系列工程和非工程措施, 改善河流生态系统结构、恢复其生态功能、提高生物多样性和水质的过程。根据修复对象和手段的不同, 河流生态修复技术可分为以下几类。

1.1 河流形态修复

河流形态修复涉及对河岸线的重塑, 以恢复其自然蜿蜒和支流的复杂性, 同时考虑到河流动力学和地貌特征。这可能涵盖重塑河岸形态以模拟自然侵蚀和沉积过程, 重建河漫滩和河中岛屿, 以及采用柔性生态材料构建护岸, 如植被土堤和生物砌块, 以促进生态稳定, 同时减少对水生生物的负面影响。调整河道横断面形态以适应自然河流形态, 增强河流的自净

能力和生物多样性。这一系列操作旨在恢复河流的自然流动状态, 为水生生物提供多样化的环境, 包括浅水滩、深水区和流动速度的差异, 以满足不同物种的生存需求^[1]。

1.2 水文过程修复

水文过程修复涉及精准调控的水文策略, 这需要优化水库运行, 确保生态流量随季节波动, 再现自然洪水动态。生态坝和人工瀑布等工程设施用于重塑洪水和枯水周期, 兼顾人类用水需求与生态需求。雨洪管理倡导绿色基础设施的应用, 如绿色屋顶、雨水收集系统和生物滞洪池, 以减少城市化对水循环的干扰, 增强洪水抵御能力, 确保水源的长期可持续性。此外, 智能水文模型和实时监测技术的集成应用, 能更精确地模拟和调控水文过程, 以实现人与自然的和谐共存。

1.3 水质改善技术

水质改善技术涉及一系列生态净化策略, 包括精准疏浚底泥以控制内源性污染, 辅以生态浮岛、人工湿地系统和植物修复技术。生态浮岛通过植被吸收与降解功能, 优化水体质量; 生态滞洪区则利用临时储存和自然净化过程减少污染负荷。人工湿地设计, 配备多层植被床和生物膜反应器, 借助物理拦截、生物吸附与生物降解机制, 能高效去除包括有机物、氮、磷等有害物质。同时, 通过调整微生物群落结构与水生植物多样性, 可强化自然净化过程, 促进水质提升, 确保水生态系统健康平衡, 进而实现水体的长期保护与修复。

1.4 生物群落修复

生物群落修复包括对本土物种的保护和引进, 确

保鱼类和其他水生生物的栖息地连通性。这可能涉及建设鱼类梯级、鱼梯和生态桥,恢复鱼类的洄游路径。同时,通过植被修复、湿地修复和河岸带的生态优化,以增加生物多样性和恢复河流食物链结构。此外,对入侵物种的管理和本土物种的优先保护也是重要一环。

1.5 综合管理措施

综合管理措施包括建立全面的政策框架,如流域管理计划、生态补偿制度和河长制,以确保河流生态修复的合规性。公众参与河流保护和修复活动,通过环境教育和社区参与项目,提升公众的环保意识。此外,定期的环境监测和评估,结合遥感和地面调查,以科学地评估修复效果,优化管理策略,并为未来的河流生态修复提供数据支持。这些措施的综合运用,旨在构建一个系统性的河流生态保护网络,以应对人类活动和自然环境之间的动态平衡。

2 国内外河流生态修复技术应用实践

2.1 国内应用实践

在河流生态修复的实践中,我国在长江、黄河等主要水系的治理中展现出卓越的创新能力。政府不仅推行了全面的生态保护政策,包括大规模的退耕还林还草项目,以恢复流域内的生态平衡,防止水土流失,而且采用了先进的生态补水技术,如通过人工调控洪水周期,以模拟自然洪水过程,恢复河流的生态活力和湿地的生态服务功能。同时,城市水系的治理强调了生态友好型解决方案,生态砌石和植被混凝土等新型护岸技术广泛应用于城市河道,有效提高了河流生态的稳定性和生物多样性。在城市水环境治理中,人工湿地系统的应用日益普及,成为提升水质和改善城市景观的重要手段。以杭州西湖为例,建立的人工湿地和生态浮岛系统,不仅美化了湖滨环境,还通过科学配置的水生植物,强化了水体的自我净化能力,显著降低了氮磷等污染物的浓度,为城市湖泊和河流生态修复提供了成功的案例,为未来河流生态修复技术的推广提供了借鉴^[2]。

2.2 国外应用实践

德国在莱茵河的生态修复中,实施了严格的环境法规,以限制工业排放和农业污染。通过全面的流域管理,包括水质监控和生态补偿机制,成功恢复了莱茵河的生态平衡。国际间的合作与信息共享,如欧盟的水框架指令,促进了各国在河流管理策略上的协同,显著提高了效率和效果。美国在密西西比河的恢复项目上采取了跨学科的综合策略。他们结合洪水管理,通过构建洪水平原,模拟自然洪水过程,以恢复河流

生态功能。同时,栖息地重建和生物通道的建立,为水生生物提供了迁移路径,保护了生物多样性,体现了人与自然和谐共生的理念。澳大利亚在墨累-达令盆地的修复实践中,利用创新的水文模型,精准预测水资源的分配和流动,以适应气候变化。通过生态修复技术,如植被恢复和人工湿地建设,改善了河流廊道的水质,维护了生态系统的稳定性,展示了生态修复的科技创新和可持续性。这些国际案例揭示了成功的河流生态修复需兼顾环境、社会和经济因素。严格的法规制定是保障,跨学科合作是关键,科技创新则是推动修复进程的动力。同时,注重河流管理的长期性和整体性,以确保生态健康与人类福祉的持续性。这些经验对于全球河流生态修复工作具有重要的借鉴意义。

3 河流生态修复技术面临的挑战与对策

3.1 面临的挑战

1. 技术集成度不高。当前,河流生态修复技术体系的多元化发展虽展现出生物技术、工程技术、环境化学等多学科交叉的广阔前景,但各技术间的协同整合仍处于初级阶段。缺乏统一的标准化应用体系,导致在实际操作中,技术间的协同效应难以充分发挥,限制了技术应用的效率和修复效果,影响了整体修复策略的科学性和系统性。

2. 资金投入不足。河流生态修复项目通常涵盖复杂的生态恢复过程和长期的监测管理,资金需求大,回报周期长。受制于财政预算限制,部分地方政府在资金分配上对生态修复项目的投入相对保守。企业层面,由于经济效益考量,对大规模生态修复投资持谨慎态度,资金短缺成为制约修复进程的关键难题。

3. 公众参与度低。河流生态修复涉及广泛的社区利益,需要公众的理解和积极参与。然而,目前公众对河流生态系统及其服务功能的认知普遍不足,参与意愿不强。缺乏有效的公众参与平台和机制,使得修复工作在社会层面的认同度和持续动力受到削弱,影响了修复项目的社会基础和长期可持续性。

4. 政策法规不完善。虽然我国已建立起较为完善的生态环境保护法律法规体系,但在河流生态修复的具体操作层面,相关法规仍存在模糊地带。权责界定不清、资金保障机制不健全、修复标准与评估体系缺乏,以及对违法行为的惩罚力度不足,这些都导致了法规执行的实效性和修复成果的可持续性面临挑战。

面对上述挑战,必须采取多元化策略,强化技术创新,建立多元化的资金支持机制,提升公众参与度,并进一步完善法规体系,以确保河流生态修复工作的

高效推进和长期成功。这要求政府、企业、科研机构、公众及非政府组织等多方形成合力,共同应对挑战,推动我国河流生态修复事业的健康发展^[3]。

3.2 对策与建议

1. 强化技术创新与合作。鼓励科研机构与企业间建立深度产学研联盟,以联合实验室、技术研发中心等形式,共同研发针对性的河流生态修复技术,包括水生植物恢复、底栖生物群落重建及河岸带修复策略等。通过国际技术交流会、研讨会和项目合作,引进并结合本土实际情况,发展适应我国复杂地理条件、水资源特性和生态多样性的修复技术。构建涵盖分子生物学、生物工程、生态工程、环境科学与管理学的跨学科技术体系,设计出模块化、标准化的修复方案,以确保技术的可操作性、可复制性,以适应全国各类河流的修复需求。同时,鼓励设立技术成果转化平台,加速科研成果向实际应用的转化,提升整体修复效率和成果。

2. 多元化资金支持机制。构建政府、企业、非政府组织、公众、金融机构共同参与的投融资平台,探索政府购买服务、环境服务付费等多种融资模式。引导企业通过公私合作(PPP)模式积极参与河流生态修复,设立绿色债券市场,鼓励金融机构发行生态修复专项金融产品,为修复项目提供稳定资金来源。设立河流生态修复专项基金,优化资金配置,确保长期性、持续性资金投入。通过设立环境服务交易市场,让修复项目自身产生经济效益,以自给自足,实现经济与生态的双赢^[4]。

3. 提升公众意识与参与。通过多媒体平台、教育课程、科普读物、公众讲座等多元方式,加强生态教育,普及河流生态知识,提高公众的环保认知。构建线上线下公众参与平台,利用大数据和移动互联网技术,实现公众在修复决策、规划、监督过程中的全程参与。鼓励设立河流守护者计划,通过志愿者活动、公民科学项目,让公众深入参与河流监测和保护,形成全社会共同参与河流生态修复的浓厚氛围。

4. 健全法规政策框架。修订和完善河流生态保护和修复的法律法规,明确中央与地方政府、企事业单位、社会组织和个人的权利与义务。制定科学、量化的修复目标与成效评估体系,建立全过程、全方位的生态修复监管网络,强化对违法行为的追踪和惩处,通过绿色信用评级、绿色税收等经济激励机制,鼓励各方积极履行生态修复责任。

5. 推动跨界协作与协同管理。强化水利、环保、

自然资源、农业、交通等部门,以及地方与地方之间在河流修复中的协同与合作,打破信息壁垒,实现数据共享,优化资源配置。强化上下游流域管理协调,建立流域治理联盟,确保河流修复的系统性和连贯性。同时,推动生态修复与水资源配置、洪水预警、水土保持、水环境质量控制等水利工程的深度融合,确保河流修复的系统性、综合性和持续性^[5]。

6. 加强科学研究与监测评估。构建全国性河流生态监测网络,运用遥感技术、无人机巡检和物联网设备,实时监测河流健康状况。设立长期跟踪项目,进行修复效果的科学评估,持续优化修复策略和技术手段,确保修复工作的科学性、精准性。通过大数据和人工智能技术,实现修复决策的智能化和高效化。

7. 推广案例示范与经验交流。加强成功河流生态修复案例的传播,举办案例展览、修复论坛,推广修复技术和管理经验。通过在线学习平台、修复实践培训,提升各地修复工作的学习与交流,建立区域间修复合作网络,鼓励修复技术和管理经验的共享,以提升整体修复水平和可持续性。

4 结束语

水利工程中河流生态修复技术的研究与应用是实现水资源可持续利用和生态环境保护的重要途径。本文综述了河流生态修复技术的分类与特点,分析了国内外河流生态修复技术的应用实践及其成效与不足。针对当前面临的挑战提出了相应的对策与建议。未来,应继续加强技术研发与集成、拓宽融资渠道、提高公众参与度并完善政策法规体系等方面的工作,以推动河流生态修复事业的健康发展。同时,应注重生态修复与水利工程的有机结合,实现水利工程建设与生态环境保护的双赢目标。

参考文献:

- [1] 王磊,张杰.河流生态修复技术的现状与展望[J].水利与环境科学,2018(03):34-42.
- [2] 刘强,李磊.应用生物工程技术于河流生态修复的实践研究[J].环境保护与循环经济,2019(05):58-64.
- [3] 赵刚,陈伟.城市河流生态修复技术探索与应用[J].中国水利,2020(08):92-100.
- [4] 周波,张强.河流生态修复中的植物选择与配置研究[J].生态学报,2021(06):213-220.
- [5] 李明,刘洋.河流生态系统服务功能恢复的技术与方法[J].水科学进展,2022(02):150-158.