

生态清洁小流域治理中的生态修复技术研究进展

孙杰肖^{1,2} 韩存良³ 曹寒¹ 史亚梅¹

1. 河北水科工程技术服务有限公司 河北 石家庄 050000

2. 河北省水利科学研究院 河北 石家庄 050000

3. 河北天和咨询有限公司 河北 石家庄 050000

摘要:生态清洁小流域治理是新时代水土保持工作的重要组成部分,其核心在于通过生态修复技术实现水土流失的有效控制、水质的显著改善以及生态系统的良性循环。本文综述了生态清洁小流域治理中的生态修复技术,包括植被修复、生态护岸、湿地修复、水质净化等方面,并探讨了这些技术的最新研究进展。

关键词:生态清洁小流域;生态修复技术;植被修复;生态护岸;湿地修复;水质净化

引言

生态清洁小流域治理是在传统小流域综合治理基础上的深化与提升,强调以生态和清洁为核心,通过科学合理的治理措施,实现流域内资源的合理利用和优化配置。近年来,随着对生态环境保护意识的增强,生态修复技术作为生态清洁小流域治理的重要手段,得到了广泛关注和研究。

1 生态清洁小流域治理概述

生态清洁小流域治理是一项系统性的环境工程,其核心在于以整个流域作为治理的基本单元,通过科学规划与综合施策,达成对水土流失问题的有效控制,并促进水质条件的根本性改善,进而推动流域内生态系统的良性循环与健康发展。该技术体系深入融合了生态学原理与现代环境治理技术,具体实践包括:实施植被恢复工程,以增强地表覆盖,减少水土流失;开展生态护岸,对进入河道的径流起到过滤和缓冲的作用,并美化河岸、保护生态环境;开展湿地保护与修复工作,利用其自然净化能力提升水质;以及运用物理、生物及化学方法相结合的水质净化技术,直接改善水体质量。这一系列措施共同作用于流域的每一个关键环节,旨在全面恢复并长期维持流域的生态平衡,提升流域的整体生态环境质量,为可持续发展奠定坚实基础。

2 生态清洁小流域治理中的生态修复技术研究

根据《生态清洁小流域建设技术规范》(SL534—2023),将小流域划分为预防保护区、综合治理区和生态修复区三个功能区。

2.1 植被恢复技术

在生态清洁小流域治理中,植被恢复技术是关键一环,尤其综合治理区实施的林草措施。作为小流域治理工作的基石,植被修复不仅能够有效遏制水土流失,还

能显著提升土壤的保持与涵养能力,为流域生态系统的恢复奠定坚实基础^[1]。

综合治理区位于小流域中下游及生产生活集中的区域,这一区域人类活动相对频繁,治理措施以水土流失治理为主。林草措施是该区域植被恢复的主要途径,包括栽植/补植水土保持林、营造经济林、水蚀林地治理等,其中栽植/补植水土保持林尤为重要。通过调查小班地块土层厚度、坡度、坡向等立地条件及现状种植情况,确定该地块实施栽植或补植水土保持林的树种、造林密度、整地方式;坡面常见整地方式有鱼鳞坑整地,结合当地降水情况确定鱼鳞坑规格及数量;造林树种选择上,优先选用水土保持性能和适应性强的树种,采用植苗造林方式进行纯林种植或混交种植,补植则采取采用见缝插针式栽植,确保达到既定密度,以实现水土保持效果的最大化。栽植/补植水土保持林在生态清洁小流域治理中发挥了重要作用,有效促进了植被恢复和水土保持,为生态环境改善和可持续发展奠定了坚实基础。

2.2 生态护岸工程

在生态清洁小流域的治理中,生态护岸工程是一项重要举措,应用于生态修复区,该区域位于沟(河)道及其两侧、湖库、塘堰周边人类活动影响较为频繁的地带,治理以沟(河)道和岸坡的近自然修复为主,同步推进生态岸线、生态栖息地、生物多样性、生态景观的保护修复和水系连通。

生态护岸工程主要措施有对沟(河)道进行清理疏浚,建设防护措施,推进水系连通,兼顾岸边生态景观和环境建设,有效修复沟(河)道水生态,提高沟道连通性。按照距离沟(河)道主沟槽由远及近的顺序,首先进行沟(河)道及湖库周边整治,在沟(河)岸两侧、湖库周边精心选择耐水湿植物或景观绿化植物进行

种植, 这些植物通过其强大的根系紧紧固定土壤, 同时吸收水中的营养物质, 从而起到净化水质和稳固河岸的双重作用; 河岸边坡上部采用生态护坡, 例如绿化混凝土护坡、连锁砖护坡、生态框格护坡等, 尤其对宽度较宽、岸坡较缓的沟(河)道的上部边坡, 不仅有效提升岸坡稳定性, 还为沟(河)道增添一抹绿色与生机; 河岸边坡下部主要采用浆砌石护岸工程, 可选择重力式、仰斜式、台阶式等不同形式的浆砌石结构, 同时经水利计算确定水面线、冲刷深度, 并结合当地冻土层深度, 确定合适的浆砌石护岸规格。通过硬性工程与绿化美化措施相结合方式, 提高生态岸线比例, 改善水环境, 保护流域下游村庄和耕地安全, 增加旅游价值促进当地经济发展。

2.3 湿地修复技术

湿地修复技术在生态清洁小流域治理中占据着举足轻重的地位, 这得益于湿地本身所具备的卓越水质净化能力和气候调节作用, 它如同自然界的“肾脏”, 默默守护着水体的健康与生态的平衡。湿地修复技术主要应用于平原水系生态修复区, 在流域治理的实践中, 旨在通过科学的方法恢复和重建受损的湿地生态系统, 从而有效提升水质, 减少水体中的污染物含量。随着环保技术的不断创新与发展, 人工湿地技术逐渐崭露头角, 为湿地修复提供了全新的思路和途径。人工湿地是一种模拟自然湿地结构与功能的生态系统, 它利用湿地植物、土壤微生物以及填料等元素的协同作用, 对水体进行深度净化。相较于传统的水处理方式, 人工湿地技术不仅

成本更为低廉, 而且处理效果尤为显著。在实际应用中, 人工湿地能够高效去除污水中的氮、磷等营养物质, 以及有机污染物和重金属等有害物质, 使水质得到显著改善^[2]。

2.4 水质净化技术

水质净化技术在生态清洁小流域治理中扮演着至关重要的角色, 它直接关系到流域内水体的健康与生态平衡。为了有效去除水体中的各类污染物, 科研人员与实践者不断探索创新, 形成了一系列高效、经济的水质净化方法。物理方法作为水质净化的基础手段, 主要通过沉淀、过滤等过程去除水体中的悬浮物和部分溶解性物质。面对更为复杂的污染状况, 化学与生物方法逐渐被引入水质净化领域, 与物理方法相结合, 形成了多元化的水质净化技术体系。小流域生态修复区内的沟(河)道的合适地段建设溢流堰、跌水坎, 可实现缓洪拦砂、调整纵坡; 建设景观蓄水绿化、栽植水生植物、投放水生动物、建设生态浮岛、设置曝气增氧机等, 可丰富河道植被层次及色彩, 水生植物的根系吸收水中的富营养化物质净化水质; 水生动物可促进河道水体的循环和氧化, 吸收和分解有害物质, 有效控制藻类暴发情况, 完善系统生物链; 曝气增氧可以提高水体中的溶解氧含量, 改善水质环境, 促进水生生物的生长和繁殖; 多措施相辅相成, 提升生态环境和景观面貌。

3 生态修复技术的综合应用案例

植被修复、生态护岸、湿地修复和水质净化等生态修复技术应用案例。如下表1:

表1 应用案例

治理方面	具体措施	案例描述
植被修复	挑选适宜植物	根据易县台底小流域内气候(暖温带干旱半湿润大陆性季风气候, 四季分明)和土壤类型(以褐土为主), 坡面林草措施选择耐旱易活的水保林常见树种, 如连翘、山桃、山杏等, 按照核算补植密度进行补植, 提高森林覆盖率和土壤水源涵养能力。
	植被种植与养护	水保林种植后, 进行定期浇水、施肥和病虫害防治, 确保水保林成活率及其健康生长。同时, 建立治理措施监测体系, 跟踪水保林生长状况, 及时调整养护策略。
	效益分析	通过补植水土保持林, 降雨径流得到有效调控, 水土流失得到有效治理, 提高水源涵养能力, 达到小流域建设目标, 林草覆盖率大于70%。
生态护岸	生态护岸形式	结合易县台底小流域内沟(河)道宽度、纵坡、走向等下垫面条件, 不同沟段给与不同的设计方案, 在沟道宽度较大处优先选择生态护坡, 采用复式断面, 即岸坡下部为浆砌石护岸、上部为绿化混凝土护坡或连锁砖护坡、岸坡采用乔灌草结合方式营造植被缓冲带。
	生态护坡	生态护坡采用绿化混凝土或连锁砖, 其中绿化混凝土为生态护坡新材料, 是一种由骨料、水泥和专用添加剂组成, 现场拌和、浇筑、振捣成型, 满足绿植生长的多孔干硬性混凝土。绿化混凝土铺设厚度10cm, 下部土料铺设无具体要求, 坡堤稳定性及夯实度必须达标; 上部铺设10cm厚种植土, 铺设完种植土后撒播草籽, 品种选取当地适宜当地生长的品种, 绿化覆盖率达90%以上。
	效益分析	生态护岸工程, 可以有效地减少入河泥沙, 同时减少氮、磷等面源污染, 净化河流水质, 营造水体景观, 改善河、库生态环境, 河道实现“有水则清, 无水则绿”, 维护河道健康生命。

续表:

治理方面	具体措施	案例描述
湿地修复	恢复与重建湿地	通过挖掘浅滩、形成溪流、设置生态岛,为湿地植物和微生物提供生长环境。元氏县槐河综合治理工程中建设槐河千岛湿地,包含崖沙燕岛、崖沙燕长岛、燕尾岛等8个大岛以及数十处生态小岛,岛屿错落有致,其间为溪流,流水潺潺。
	湿地管理	定期对湿地进行清理,防止垃圾堆积;同时,监测湿地水质和生物多样性,确保湿地生态系统稳定。
	效益分析	湿地恢复后,水体自净能力提高,水质改善明显(如氨氮、总磷等指标下降);同时,为鸟类等野生动物提供栖息地,生物多样性进一步丰富。
水质净化	水质净化措施	物理方法有建设溢流堰、跌水坎,应用于易县台底小流域;生物方法有景观蓄水绿化、栽植水生植物亦在易县台底小流域中应用;生物方法中栽植水生植物、投放水生动物、建设生态浮岛、设置曝气增氧机等方法在平原水系生态修复区应用,如白洋淀水系中。
	水质监测与维护	定期开展水质监测,确保净化效果;同时,对水生植物进行修剪和养护,水生生物监测保护其健康生长,对相关设备进行检查及维护,保持其净化能力。
	效益分析	有效去除水体中的污染物(如氮、磷、有机物等),水质得到深度净化;与周边环境相融合,形成独特生态景观,提升流域的整体生态价值。

4 未来发展趋势

4.1 技术融合与创新:生态修复的未来之路

未来生态修复技术的发展,将不再局限于单一学科或技术,而是更加注重多学科交叉融合。生态学、水利工程、环境科学、材料科学等多领域的知识与技术将深度融合,共同构建起一个更加综合、高效的生态修复技术体系。这种融合不仅将促进新技术、新方法的不断涌现,还将使生态修复更加精准、科学,更好地满足不同地域、不同环境条件下的治理需求。同时,智能化与数字化将成为生态修复技术发展的重要趋势。随着大数据、人工智能、物联网等前沿技术的快速发展,生态修复将实现从传统的人工管理向智能化、数字化管理的转变。例如,通过遥感技术和无人机监测,可以实时、准确地获取流域生态环境的各项数据,为治理决策提供科学依据^[3]。而智能传感器和自动化控制系统的应用,则 will 实现治理过程的精准控制和高效管理,大大提高生态修复的效率和质量。

4.2 绿色低碳与可持续发展:生态修复的新方向

在未来的生态修复中,绿色低碳材料的应用将成为一大亮点。为了减少治理过程中的碳排放和环境污染,积极探索和利用生物炭、植物纤维等可再生资源作为土壤改良材料、水质净化剂等。这些绿色低碳材料不仅具有优异的性能,还能实现资源的循环利用,降低治理成本,提高治理效果。此外,生态修复技术将更加注重提升生态系统的服务功能。通过科学合理的治理措施,将恢复和增强流域的水源涵养、水质净化、生物多样性保

护等生态系统服务功能,实现流域的可持续发展。这不仅可以改善流域的生态环境,提高居民的生活质量,还能为流域的经济发展提供有力的生态支撑。

4.3 整体性和协调性:生态修复的新要求

未来的生态修复技术还将更加注重生态系统的整体性和协调性。在治理过程中,将充分考虑流域内水、土、气、生等要素的相互作用和影响,通过构建复合生态系统,实现各要素的协同治理。这种整体性和协调性的治理理念,将有助于形成更加健康、稳定的生态系统,提高流域的生态承载力和抗风险能力。

结语

生态清洁小流域治理中的生态修复技术是实现水土流失有效控制、水质显著改善和生态系统良性循环的关键。近年来,随着新技术和新材料的应用,生态修复技术取得了显著进展。然而,仍存在一些挑战和问题,如技术成本高、治理周期长等。未来,需要进一步加强技术研发和创新,降低治理成本和提高治理效率;同时,还需要加强政策引导和公众参与,形成全社会共同推进生态清洁小流域治理的良好氛围。

参考文献

- [1]安龙飞.流域治理中的生态修复技术应用研究[J].水上安全,2024,(05):82-84.
- [2]谢瑶.水生态修复技术原理及在流域治理中的应用[J].黑龙江环境通报,2023,36(06):122-124.
- [3]方辉,章璐敏,张瑞.污染河道流域综合治理与生态修复探究[J].皮革制作与环保科技,2022,3(06):104-106.