土地整治工程中生态修复技术研究

李洪蕾 张珮瑶

无棣县土地整理储备中心 山东 滨州 251900

摘要：随着城市化进程加速和农村土地开发不断扩张，土地资源的合理利用和生态环境保护已成为亟待解决的问题。传统土地整治工程通常集中于土地开发和生产性利用，而忽视了生态系统健康和生态功能恢复，从而导致生态环境恶化、生物多样性丧失以及水资源污染等严重问题。因此，本研究旨在探讨在土地整治工程中应用生态修复技术，以实现土地的可持续开发和生态环境保护。

关键词：土地整治；生态修复；技术

土地整治工程是现代社会中的关键领域，旨在改善土地质量和可持续利用性，以满足不断增长的人类需求。然而，其工程往往伴随着对土地生态系统的不可逆转破坏，此种破坏会对环境和社会均带来严重影响。土地退化、生物多样性丧失、水土流失等问题已经成为土地整治工程中亟待解决的挑战。基于此，生态修复技术逐渐崭露头角，已成为土地整治工程的关键组成部分，其本质是通过人工或半人工手段，恢复、重建或增强土地生态系统功能和结构，可以在土地整治过程中实现土地资源可持续开发。

1 生态修复技术概述

土地通常由于人类活动或自然灾害而遭受破坏，在土地整治工程中，生态修复技术的应用尤为关键。生态修复是一种复杂、多学科交叉技术领域，旨在修复受损或退化生态系统至其自然或近自然状态。该领域技术手段涵盖物理、化学、生物等多个层面，其根本目的是促进生态系统服务的恢复和提升生物多样性。其中，物理修复主要涉及土壤和地形调整。例如，通过土壤改良或地形重塑，可以改善土壤结构和水文条件，为生态修复提供有利的物理环境。化学修复则通常涉及污染物的去除或中和，例如通过吸附、离子交换、氧化还原反应等方式，从土壤或水体中去除重金属、有机污染物等。生物修复为关键环节，包括植物修复和微生物修复两大方面。植物修复通常通过选择适应性强、生长快速的植物种进行植被恢复，以加快土壤固结和有机质积累，此外，某些植物还能通过富集或转化的方式，帮助去除土壤中的污染物。微生物修复则是通过引入或促进某些有益微生物的生长，加速污染物的生物降解或转化。

生态修复技术在实施过程中，通常需要综合运用各种手段，并根据具体条件灵活调整方案。而遥感和 GIS 等先进化模拟和监测技术也常用于评估修复效果和进行动态调整，通过高度集成和个性化技术方案，生态修复不仅能够恢复生态系统基础功能，还能提高其对未来干扰抵抗能力，从而实现可持续性目标。

2 土地整治工程中生态修复技术要点

2.1 土壤成分与性质调整

在生态修复工程中，土壤成分与性质的调整常被视为先决条件，这一环节的管理手段主要分为化学改良和物理干预两大类。其核心目标在于构建一个有利于生态修复的土壤微环境。针对高黏土地的内在排水问题，物理干预主要是通过添加粗颗粒的砂土来进行改良。这一过程能有效地改变土壤孔隙结构和提高渗透性，从而增强土壤排水能力。此举不仅可以缓解土壤侵蚀问题，还能降低地下水污染的风险，其物理改良通过改变土壤物理性质，提供更为稳定和可持续的土壤环境。

对于盐碱地而言，化学改良通常是更为有效的手段。高盐度和不适当的 pH 水平是盐碱地的两大难题。在此种情境下，石膏和硫酸盐类改良剂不仅能替换土壤中的可溶性盐分，还能提供必要的钙离子，进而有助于改善土壤结构。该改良手段通过特定化学反应来调整土壤的离子平衡，降低土壤中的盐分活性，实现土壤性质的改良。在土壤 pH 的调整方面，化学改良剂如石灰或硫酸等也常被使用。以上改良剂与土壤中存在的酸或碱成分发生中和反应，以实现土壤 pH 值的调整至接近中性。该过程在修复酸性或碱性土壤时具有重要意义，其适中的 pH 水平对于多数植物和微生物生长非常必要。

2.2 重金属与有害物质处理

在处理土壤中的重金属和有害物质方面，通常采用化学、物理和生物三个主要技术途径。其中，化学方法的核心机制是通过化学反应来稳定或移除土壤中的污染物。例如，使用特定络合剂或还原剂与土壤中的重金属离子进行反应，从而生成稳定、低溶解度的沉淀物，此类沉淀物通常具有较低的生物可用性，因此能够有效地减少环境风险。物理方法主要是通过土壤洗涤或电动力学修复来实现有害物质的分离。在土壤洗涤中，可以使用水或其他溶剂来悬浮和去除土壤中的有害物质。电动力学修复则依赖于施加的电场，使土壤中的带电污染物沿电场方向移动，最终被固定在电极处。生物方法则更为绿色和可持续，主要通过植物和微生物来实现土壤修复。在植物修复（或称为植物萃取）中，选用的植物种类能够吸收和累积土壤中的重金属，之后通过收割植物来去除这些有害物质。微生物修复主要依赖于特定微生物群落的代谢活动，例如，硫酸盐还原菌在厌氧条件下能将硫酸还原为硫化氢，这一化合物进一步与土壤中的金属离子反应生成不溶性的硫化金属，从而实现金属生物地稳定。以上三种方法并非相互独立，还可以综合运用以实现最佳修复效果。例如，可以先使用化学方法来快速降低重金属浓度，然后再利用生物方法进行长期地土壤稳定和修复。需注意，各类方法选择和组合都需要基于土壤具体污染状况、地理和气候条件以及修复目标来确定。

2.3 地下水和表水修复

在土地整治工程中，地下水和表水修复是一个技术密集和高度专业化领域，涉及多种不同的科学和工程学原理，通常可通过物理、化学和生物三个主要维度来进行。在物理维度中，常用技术包括泵吸法和透水屏障。泵吸法即通过抽水泵将受污染的地下水抽出，然后通过系列的物理过滤和化学反应进行净化；透水屏障则是在污染物流动路径上设置物理屏障（如砂砾或者活性炭），用于吸附或反应分解通过的污染物。化学维度中的修复则主要涉及化学氧化还原、沉淀和络合等反应。如硫酸钡或硫酸铁可用于处理含有重金属的水体，生成不溶解沉淀物，进而通过物理分离方法将其从水体中移除。同样，强氧化剂如过硫酸钠可用于分解有机污染物，将其转化为无害或低毒性物质。在生物维度中，生物降解和植物净化是两种常用方法。

生物降解通常是通过添加或促进微生物（如硝化菌、反硝化菌）生长来实现，其微生物可以分解或转化特定的有机或无机污染物。而植物净化则是通过植物（通常是水生植物或湿地植物）的吸收和积累来去除水中的污染物，其中芦苇、藻类等均为常用植物净化物种。

3 土地整治工程中生态修复技术的应用

3.1 农田土壤生物修复技术的应用

在农田土壤修复领域，生物修复技术的应用主要集中于两个方向：微生物媒介修复和植物媒介修复。首先，微生物媒介修复侧重于利用特定微生物群落，包括细菌、真菌和藻类，以促进有害物质降解或转化。例如，硝化细菌和反硝化细菌可以通过氮循环作用，有效降解土壤中残留的氮化合物，减少氮的走失和环境污染。在此基础上，通过基因工程技术，特定微生物可以被优化以提高特定污染物的降解效率。例如，通过基因编辑，可以将某些降解特定有机污染物的酶基因导入到土壤微生物中，从而增强其降解能力。其次，植物媒介修复则主要依赖于植物对有害物质的吸收、积累和稳定。硫芥和蓝花楹等深根植物具有出色的重金属吸收和积累能力，可以在特定周期内吸收大量土壤中的重金属，随后通过收割和处理，将其有害物质从土壤中移除。同时，应用代谢工程和基因编辑技术，可以实现植物对特定重金属或有机污染物的更高吸收和积累。综合应用方面，微生物媒介修复和植物媒介修复往往可以相互促进，形成修复的协同效应。例如，通过在同一地块内种植具有高重金属吸收能力的植物和接种能有效促进氮循环的硝化细菌，不仅可以降低土壤中的重金属含量，还能改善土壤的氮平衡。在具体实施中，根据土壤化学组成和污染状况，可以通过实验室测试和模拟来确定最适合的微生物群落和植物种类，以及最佳搭配方式和施用量，以实现最优的土壤修复效果。

3.2 城市土地重金属去除技术应用

在解决城市土地中重金属污染问题上，化学沉淀与电动力学修复是两种技术手段，各自具有独特的应用和优点。首先，在化学沉淀过程中，核心步骤是向受污染土壤中加入特定的化学试剂。其试剂与土壤中的重金属离子反应，生成不溶解的沉淀物。例如，硫酸钡可以用于与铅离子反应生成硫酸钡沉淀，而氢氧化铁则可以与砷离子反应生成氢氧化铁沉淀，其沉淀物随后可以通过物理分离技术如离心、沉降或过滤等从土壤矩阵中移除。其次，电动力学修复是一种采用电场来促进土壤中重金属离子迁移的方法。具体可通过土壤表面的阳极和阴极施加电压，使得重金属离子沿电场方向进行迁移。通常，阳离子会朝阴极方向迁移，而阴离子则朝阳极方向迁移。在电极附近，可以设置特殊的集电装置或吸附材料，以便高效地收集和隔离重金属离子。需注意，化学沉淀和电动力学修复可以联合应用以提高修复效率。在部分情况下，化学沉淀用于预处理，以减少土壤中重金属的总浓度，随后通过电动力学修复进行精细的离子去除和分离。或者，也可先进行电动力学修复，集中重金属离子后，再进行化学沉淀以实现更高效去除。

3.3 酸矿废弃地修复技术应用

在酸矿废弃地修复方面，主要面临的挑战是土壤酸度过高，以及可能伴随的重金属等有害物质的富集。酸性土壤对大多数植物种有不良影响，并可能通过食物链进一步影响更高的生态系统。在此方面，碱性物质添加和硫酸盐还原菌（SRB）的应用是两个主要修复途径。首先，碱性物质添加是通过添加石灰（CaO）或石灰石（$CaCO_3$）来实现的，其碱性物质与土壤中的酸性成分反应生成中性或弱碱性的盐，从而提高土壤 pH 值。例如，石灰与硫酸反应生成硫酸钙，即为中性盐。除了直接酸碱中和反应外，石灰还能与土壤中的铝离子反应，降低土壤中游离铝离子的浓度，进而减轻其对植物生长的不良影响。其次，硫酸盐还原菌（SRB）则是一类能够利用硫酸盐作为电子受体进行呼吸的微生物，其将硫酸盐还原为硫化氢或元素硫，过程中释放出碱性物质，从而有助于提高土壤 pH。SRB 通常以生物膜的形态存在，可在土壤中形成微环境，并在其微环境内逐渐提高土壤 pH 值。此外，在多数情况下，以上两种技术可联合应用，技术人员可初步通过石灰等碱性物质进行土壤的大范围中和，随后通过硫酸盐还原菌进行更精细的酸度调整和土壤结构优化。除了 pH 调整外，此种综合应用有助于提高土壤的有机质含量和水保持能力，从而更全面地改善土壤的物理和化学性质。

3.4 湿地水质修复技术应用

湿地水质修复技术的应用主要集中在物理、化学和生物三个方面。物理层面，底物层选择至关重要，通常使用沙、砾石或者某些特定的天然或合成多孔材料，其底物能有效地吸附水中的有机物和某些重金属离子。化学层面，特定的底物如活性炭或者铁砂等，还能通过红 ox 反应去除水中的某些有害物质。生物过程则更为复杂，涉及多种生物种群和多样生物化学反应。首先，硝化细菌和反硝化细菌在去除水中的氮化合物方面有重要作用，其参与氮的生物地球化学循环，将氮气从大气中固定到土壤，或者将土壤中的氮化合物还原为氮气释放到大气。这一过程不仅能去除水中的氮，还能减少氮对水生生态系统的有害影响。其次，某些水生植物，如芦苇和水藻，能有效吸收水中的磷和某些重金属，对于控制藻华和提高水质具有重要意义。此外，通过植物根系与土壤微生物的相互作用，可以进一步提高水质修复效率及稳定性。在技术应用层面，人工湿地通常需要经过精心设计，包括底物选择、水流路径、植物种类和密度等多个参数。具体设计通常基于对当地水质、气候、土壤和生态条件的综合考虑，以及通过小规模的实验或模拟来优化各个参数，从而人工湿地不仅能有效去除水中的多种污染物，还能提供栖息地、促进生物多样性。

4 结束语

综上所述，土地整治工程中生态修复技术研究具有重要的科学和实践价值，有望为改善土地生态环境、推动可持续发展和解决环境问题提供有力支持。在未来研究中，建议继续深入探讨不同生态修复技术的优化和整合，以提高其效果和可持续性。此外，研究人员还可以关注监测和评估方法改进，以确保生态修复工作成功。最后，相关部门应鼓励跨学科合作，将生态修复技术与其他领域的知识和技术相结合，以应对复杂的土地整治挑战，从而为未来社会可持续发展和生态保护作出重要贡献。

参考文献

[1] 杜一 . 土地整治工程中生态修复技术研究 [J]. 城市情报，2022（15）：0127-0129.
[2] 陈新杰 . 土地整治项目中生态修复方法研究 [J]. 区域治理，2023（1）：0184-0187.
[3] 南海龙 . 全域土地整治与生态修复工程中测绘地理信息技术的应用 [J]. 中文科技期刊数据库（引文版）工程技术，2022（8）：4.
[4] 李大伟 . 浅析土壤修复技术在土地工程中的应用 [J]. 中文科技期刊数据库（全文版）自然科学，2023(4)：4.
[5] 仪小梅，陈敏，顾文怡 . 全域土地综合整治项目生态修复效果评估体系初步构建 [J]. 上海国土资源，2022，43（4）：86-90.
[6] 贠守宝 . 土壤修复的土地整治技术体系分析 [J]. 中文科技期刊数据库（引文版）工程技术，2022（8）：3.