

环境工程建设与生态环境修复技术探讨

曹明全

南京中荷寰宇环境科技有限公司 江苏 南京 210000

摘要:伴随国内工业化与城镇化持续推进,水土污染、植被退化、流域生态破损等环境问题日益凸显,传统末端治理模式已无法适配现代生态治理需求。本文以环境工程建设与生态环境修复技术为研究对象,梳理环境工程与生态修复的基础理论及耦合关系,系统分析物理、化学、生物及复合四类主流修复技术的技术原理与适用场景。结合水土治理、矿山修复、城市整治、流域治理四类实际工程场景,阐述各类技术的落地应用方式。同时结合行业发展现状,从绿色技术创新、智能监测管控、装备升级三个维度,提出生态修复技术的智能化发展路径。

关键词:环境工程建设;生态环境修复;修复技术;具体应用

引言:生态环境是社会经济可持续发展的基础,长期粗放式的生产建设模式,导致我国多地出现土壤污染、水体恶化、土地沙化、生态系统退化等问题,严重制约人居环境质量提升与区域绿色发展。环境工程建设作为生态治理的核心手段,不再局限于单一污染治理,逐步转向全方位、系统性的生态修复与环境提质。为梳理各类生态修复技术的工程应用价值,解决实际治理中技术适配性差、治理模式单一等问题,本文结合工程实践,系统梳理生态修复技术体系,探究技术落地路径与创新发展方向,为现阶段生态环境综合治理提供理论与实践支撑。

1 环境工程建设与生态修复理论基础

1.1 环境工程建设核心内涵与应用范畴

环境工程建设是依托工程技术手段防控环境污染、改善人居与自然生态环境的应用型工程体系,核心是以环境科学为支撑,通过系统化、规范化的工程举措,解决各类生态污染与环境破坏问题。其核心内涵围绕污染治理、环境管控、生态改善三大核心目标,兼顾社会效益、经济效益与生态效益,摒弃传统粗放式发展模式,实现人类生产活动与自然环境的协调平衡。当前环境工程建设应用范畴覆盖多个关键领域,主要包含城乡污水与生活垃圾处理、工业废气废渣治理、土壤污染防治、噪声与扬尘管控等基础污染治理工程,同时延伸至城市生态改造、区域环境综合治理、绿色基础设施建设等拓展领域,是生态环境保护与治理的核心实操载体。

1.2 生态环境修复基本理论与修复原则

生态环境修复以生态系统稳态平衡理论、物质循环理论、群落演替理论为核心支撑,核心目的是对受损、

退化、被污染的自然生态系统进行人工干预与调控,修复生态结构、恢复生态功能,让受损生态系统逐步回归自然健康状态。在修复实践中,需严格遵循三大核心原则。(1)因地制宜原则,结合区域气候、水土条件、生态现状匹配修复方案,杜绝标准化、模板化治理模式。(2)生态优先原则,以自然修复为主、人工辅助为辅,最大限度保留原生生态群落。(3)整体性原则,统筹区域水土、生物、大气等生态要素,避免局部修复、整体失衡的治理问题。

1.3 环境工程与生态修复的耦合关系

环境工程建设与生态环境修复相辅相成、深度绑定,形成紧密的耦合发展关系。环境工程是生态修复的重要技术载体与实操基础,通过专业化工程设施与技术手段,为污染治理、生态改良提供硬件支撑,解决生态修复中人工干预不足、治理效率偏低的问题。生态修复则是环境工程建设的核心目标与价值导向,打破了传统环境工程仅聚焦污染末端治理的局限,推动工程建设从单一污染治理转向系统性生态提质^[1]。

2 主流生态环境修复技术类型及应用原理

2.1 物理修复技术

物理修复技术是依托物理作用分离、移除环境介质中污染物的基础性修复技术,技术原理简单、实操性强,广泛应用于土壤、水体污染治理工程,适用于高浓度、突发性污染场景。(1)土壤物理修复,核心包含客土置换、土壤筛分、热脱附、气相抽提等技术,客土置换通过替换污染土层快速消除污染,多用于场地重金属重度污染区域;热脱附利用高温加热使土壤中有机污染物挥发分离,适配石油、多环芳烃污染土壤治理。(2)

水体物理修复,以底泥疏浚、水体曝气、过滤拦截技术为主,精准清除水体悬浮物、沉积污染物及漂浮污染物,常规应用于河道、湖泊底泥淤积治理,可快速削减水体污染负荷,改善水体通透条件。该类技术以物理分离为核心,不改变污染物化学性质,治理见效快,多作为污染前期预处理工艺使用。

2.2 化学修复技术

化学修复技术通过投放化学药剂与污染介质中的污染物发生氧化、还原、固化、中和等化学反应,实现污染物降解、钝化或稳定化,适配顽固性无机、有机污染治理。(1)化学固化稳定化技术,主要用于重金属污染土壤与水体,通过固化剂改变重金属存在形态,将活性污染物转化为惰性固态物质,阻断污染物迁移扩散路径,是工业污染场地修复的常用技术。(2)化学氧化还原技术,依托氧化剂、还原剂分解水体与土壤中的难降解有机物,有效处理化工、印染行业残留污染物质。(3)酸碱中和技术,针对性治理酸化、盐碱化土壤及酸碱污染水体,通过调节剂平衡介质酸碱度,恢复水土基础理化性质。

2.3 生物修复技术

生物修复技术依托微生物、植物、动物的代谢与富集作用降解、吸收污染物,属于绿色低碳修复技术,适配中轻度生态污染修复。(1)微生物修复,通过筛选、培育特异性功能微生物,利用微生物代谢分解土壤、水体中的有机污染物,将其转化为二氧化碳、水等无害物质,广泛应用于农田土壤、自然河道轻度污染治理。(2)植物修复,利用超富集植物对重金属、氮磷元素的吸附富集能力,固定水土污染物,常见修复植物包括芦苇、蜈蚣草、黑麦草等,多用于湿地、边坡及退化农田生态修复。(3)生物联合修复,结合多种生物菌群与植物协同作用,提升污染物降解效率,弥补单一生物修复效率偏低的短板。

2.4 复合修复技术

复合修复技术整合物理、化学、生物单一技术优势,规避单一技术应用局限,是当前复杂污染场地的主流修复工艺。(1)物理-生物复合技术,先通过物理筛分、曝气方式削减高浓度污染物,再依托生物技术深度降解残留污染物,兼顾治理效率与生态环保性。(2)化学-生物复合技术,采用低剂量化学药剂预处理顽固性污染,降低污染物毒性后,通过微生物完成深度修复,适配复合型工业污染场地。(3)多维度协同修复技术,结合水土同步修复、地上地下联动治理模式,适配流域、

矿区等大面积、多介质复合污染区域,实现污染综合治理与生态结构同步恢复^[2]。

3 生态修复技术在环境工程中的具体应用

3.1 水土污染治理工程中的修复技术应用

水土污染成因涵盖工业排污、农业化肥农药残留、生活污水无序排放等,污染形态复杂且治理难度较高,各类生态修复技术在此类工程中均有常态化落地应用。(1)水体污染修复应用,针对城镇河道、乡村沟渠、小型景观水体的黑臭及富营养化问题,常规采用物理与生物结合的修复方式。工程施工中,先通过机械疏浚技术清理水体底部淤积的污染底泥,移除底泥中富集的氮、磷、重金属等污染物,同步采用水体曝气技术提升水体溶解氧含量,改善水体缺氧状态。后续搭配水生植物种植、微生物投加等生物修复手段,种植芦苇、菖蒲、苦草等本土水生植物,定向吸附水体中的营养盐与微量污染物,投加高效复合微生物菌群,分解水体有机污染物,实现水体长效净化。(2)土壤污染修复应用,针对农田耕地、城郊污染场地的轻度、中度土壤污染,以生物修复与固化稳定化技术为主。农业污染土壤主要采用植物富集修复模式,轮作超富集植物吸附土壤中的重金属与农药残留;工业轻度污染土壤采用化学固化技术,精准投放固化药剂,固定土壤中活性污染物。

3.2 矿山与荒漠生态修复工程技术实践

矿山开采与土地荒漠化造成的生态破坏主要表现为地表裸露、植被消亡、水土流失、土壤沙化,是环境工程中生态重构的重点领域,修复技术应用如下。(1)矿山破损地貌修复,针对露天矿山采坑、排土场、尾矿库等破损区域,采用工程物理修复与生态修复结合的模式。首先通过土方平整、边坡修整、挡土墙修建等物理工程手段,规整破损地貌,防控边坡滑坡、泥石流等地质问题。其次采用客土回填技术,替换矿区贫瘠、污染土体,改良土壤理化性质,搭配乡土草本、灌木混种模式,构建耐旱、固土能力强的植被群落,同时投放土壤改良微生物,加速矿区土壤生态体系恢复。(2)荒漠及退化土地修复,重点采用固沙修复与生态培育技术。工程中通过草方格、沙障等物理固沙方式固定流动沙丘,阻断风沙扩散路径;同步施加有机改良基质,改善沙土地保水保肥能力,选用沙棘、柠条、梭梭等耐旱本土植被进行规模化种植,搭配滴灌节水工程,实现荒漠土地植被覆盖,逐步恢复区域生态肌理,适用于西北荒漠、矿区沙化土地的常态化修复工程^[3]。

3.3 城市生态环境整治工程技术应用

针对城市绿地退化、场地污染、扬尘噪声、水系割裂等城市生态问题,依托轻量化、精细化修复技术,适配城市密集型建设场景。(1)城市老旧场地修复,针对老旧工厂、拆迁地块的遗留污染问题,根据污染程度采用差异化修复技术。重度有机污染场地采用热脱附、气相抽提等物理技术彻底清除污染物;轻度重金属污染场地采用固化稳定化技术,完成土壤无害化处理后,作为城市绿地、休闲场地二次利用。(2)城市绿地与生态景观修复,针对城市绿地碎片化、土壤板结、植被长势衰退等问题,采用土壤生物改良技术,投放腐熟有机质与功能微生物,破解土壤板结问题,搭配乔灌木多层立体植被配置,重构城市绿地生态系统。(3)城市小微水体修复,针对城市景观河、人工湖水质波动、水体浑浊问题,采用生态浮岛、人工湿地组合修复技术,通过浮岛植物吸附净化、湿地基质过滤,实现城市水体常态化保洁与生态稳态维持,契合城市精细化环境治理要求。

3.4 流域水系生态修复工程技术落地应用

流域水系修复属于系统性、跨区域环境工程,涵盖干流、支流、滨岸带、流域土壤等多维度治理,以多技术复合联用为核心修复模式。(1)流域水体全域治理,针对流域水体富营养化、污染物跨境迁移问题,构建“物理预处理+生物深度修复”的技术体系。通过分段式底泥疏浚、水体过滤拦截清除流域存量污染,再通过全域投加微生物菌群、种植水生植被,构建完整水生生态食物链,提升流域水体自净能力。(2)河道滨岸带生态修复,摒弃传统硬质河堤建设模式,采用生态护岸技术,选用生态砖石、植被固坡等柔性护岸工艺,替代混凝土硬质护坡,在稳固河堤的同时,保留水土交换通道,为水生、陆生生物提供栖息空间。(3)流域源头生态管控修复,针对流域上游水土流失、植被退化问题,采用退耕还林、生态梯田、植被固土等修复技术,从源头控制泥沙与污染物入河,搭配流域生态监测设备,实现治理、修复、管控一体化,目前该复合修复模式已广泛应用于中小型流域综合治理工程,落地效果稳定^[4]。

4 环境工程中生态修复技术创新与智能化发展路径

依托科技创新与智能技术赋能,推动生态修复技术转型升级,已成为环境工程生态治理的核心发展方向,具体发展路径主要分为以下几方面。(1)推进绿色低碳修复技术创新。聚焦传统化学修复药剂二次污染、生物

修复效率低等问题,研发环境友好型修复材料与工艺。重点开发天然生物改良剂、低成本固化稳定剂、高效复合微生物菌剂等绿色材料,替代传统高损耗、高污染修复药剂。同时优化多技术耦合修复工艺,优化物理、化学、生物复合修复流程,精简施工工序,降低修复过程的资源消耗与环境扰动,适配农田、流域等敏感生态区域的治理需求。(2)搭建智能化监测与修复管控体系。依托物联网、大数据、遥感探测等智能技术,构建生态修复全过程智能管控系统。通过布设水质、土壤、植被实时监测设备,自动采集污染浓度、生态指标等数据,替代传统人工抽样检测模式,实现污染态势动态感知。结合大数据分析模型,精准判定污染范围、污染层级,自动匹配适配的修复技术方案,提升修复施工的精准性与科学性。(3)推动修复装备智能化升级。针对生态修复人工操作精度低、效率有限的问题,推广智能化修复施工设备。应用智能底泥疏浚设备、自动化土壤修复一体机、无人机生态巡检设备等新型装备,实现场地治理、日常巡检、后期养护的自动化作业^[5]。

结束语: 本文通过梳理生态修复理论体系与主流技术,明确了各类修复技术的适用场景与工艺特点,结合多类环境工程实践,验证了复合修复技术、智能化治理模式在生态整治中的应用优势。研究表明,环境工程与生态修复具备高度耦合性,系统化、精准化、智能化是生态治理的必然趋势。传统单一修复技术存在明显短板,多技术联用、绿色低碳改造、智能设备赋能,能够有效提升生态治理成效。

参考文献

- [1] 程可欣. 环境工程建设与生态环境修复技术探讨[J]. 清洗世界,2026,42(1):177-179.
- [2] 文昌灏. 环境工程管理下的生态系统保护与修复研究[J]. 湖北画报(下半月),2026(4):105-107.
- [3] 刘娜娜. 环境工程中土壤修复技术的研究实践进展[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2026(5):052-054.
- [4] 才让草. 环境治理工程中的多方位生态修复技术研究[J]. 皮革制作与环保科技,2026,7(6):89-91.
- [5] 赵行. 土壤修复技术在环境工程项目中的应用与优化策略分析[J]. 皮革制作与环保科技,2026,7(2):134-136.