

Innovation and Application of Ecological Environment Engineering Technology

Ming Gu

Fengnan District Branch of Tangshan Municipal Ecological Environment Bureau, Tangshan City, Tangshan, Hebei, 063300, China

Abstract

Technological innovation in ecological environment engineering focuses on core technologies for pollution control, ecological restoration and resource recycling. It enhances governance efficiency through the collaborative mechanism of biological restoration and efficient membrane separation processes, and reshapes the ecosystem structure with wetland reconstruction and mine restoration technologies. The intelligent monitoring and big data early warning system enhances the accuracy of governance, but the technical cost and adaptability bottlenecks still need to be broken through. Policy incentives and market mechanisms work in tandem to promote technological transformation. International cooperation facilitates mutual recognition of standards and technological iteration, driving the evolution of the ecological environment governance system towards intelligence and sustainability.

Keywords

Ecological environment; Engineering technology; Innovation; Application

生态环境工程技术创新与应用

顾明

唐山市生态环境局丰南区分局, 中国·河北 唐山 063300

摘 要

生态环境工程技术创新聚焦污染治理、生态修复与资源循环核心技术, 通过生物修复协同机制及高效膜分离工艺提升治理效能, 湿地重构与矿山修复技术重塑生态系统结构。智慧化监测与大数据预警系统强化治理精准性, 但技术成本与适应性瓶颈仍需突破。政策激励与市场机制协同促进技术转化, 国际合作助力标准互认与技术迭代, 推动生态环境治理体系向智能化、可持续方向演进。

关键词

生态环境; 工程技术; 创新; 应用

1 引言

生态环境工程技术创新体系通过污染治理、生态修复与资源循环技术的协同发展, 构建了系统性环境治理解决方案。生物修复技术依托微生物—植物协同机制实现复合污染靶向治理, 高效膜分离技术在污水处理领域突破传统工艺效能阈值。受损湿地重构与矿山修复技术创新生态过程与工程措施的融合路径, 固废资源化与碳捕集技术推动循环经济闭环形成。技术集成模式突破单一技术局限, 智慧化监测体系强化治理精准度。当前仍存在能耗成本偏高、工艺适应性不足等技术瓶颈, 需通过政策引导完善市场驱动机制, 深化国际合作促进技术标准互认与资源共享, 最终实现生态环境治理体系的智能化迭代与可持续发展。

【作者简介】顾明(1988–), 男, 中国河北唐山人, 从事环境工程研究。

2 核心技术领域

2.1 污染治理技术

2.1.1 新型生物修复技术

新型生物修复技术作为污染治理领域的重要创新方向, 其核心在于利用生物体的代谢功能实现环境净化。微生物修复技术通过选育高效降解菌株, 针对石油烃、多环芳烃等有机污染物进行定向分解, 在化工污染场地修复中展现出显著优势。植物修复技术则依托超富集植物的生理特性, 对土壤中的铅、镉等重金属实现选择性吸收, 其中蜈蚣草对砷的富集系数可达 200 倍。微生物—植物联合修复体系通过根际微环境调控, 可同步处理有机—重金属复合污染, 在保持土壤生态功能的同时实现污染物的协同去除。该技术体系已在国内多个重金属污染农田修复工程中得到规模化应用, 修复后土壤重金属有效态含量平均降低 60% 以上 [1]。

2.1.2 高效膜分离技术在污水处理中的应用

高效膜分离技术在污水处理领域的应用标志着物理处

理工艺的重要突破。该技术通过具有选择性分离特性的膜材料,实现污染物与水体的高效分离,其中反渗透膜对溶解性盐类的去除率可达99%,纳滤膜在保留二价离子的同时允许一价离子透过。新型复合膜材料通过表面改性技术增强了抗污染性能,运行周期延长40%以上。在市政污水处理厂升级改造中,膜生物反应器(MBR)技术将生化处理与膜分离相结合,出水水质稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A标准。工业废水处理领域,特种分离膜已成功应用于电镀、印染等行业的高盐废水处理,实现水资源回用率提升至85%以上[2]。

2.2 生态修复技术

2.2.1 受损湿地系统重构技术

受损湿地系统重构技术已成为生态修复领域的重要突破方向。该技术通过水文连通性修复、基质改良和植被群落重建三大核心模块,系统恢复湿地的生态功能。水文调控采用阶梯式水位管理,模拟自然水文周期;基质改良引入生物炭等改良剂,提升土壤持水性和养分保持能力;植被配置遵循“土著种优先”原则,构建多层次植物群落。在长三角某退化湿地修复工程中,通过构建生态滞留塘-表流湿地-沉水植物带的复合系统,水体氮磷去除率提升50%以上,鸟类栖息地面积扩大3倍。该技术体系特别强调生态过程与工程措施的有机融合,在维持系统稳定性的同时实现生态服务功能的有序恢复[3]。

2.2.2 矿山生态修复工程案例

矿山生态修复工程案例展示了综合治理技术的实际应用成效。在华北某铁矿废弃地修复项目中,采用“地形重塑—土壤重构—植被恢复”的技术路线,通过微地形改造形成阶梯式平台,利用煤矸石等矿业固废制备人工基质,配合豆科植物与菌根真菌的共生体系,使土壤有机质含量在三年内提升2.3个百分点。华东某铜矿尾矿库修复工程创新应用了重金属稳定化药剂与耐性植物组合技术,地表径流中铜、锌等重金属浓度下降70%以上。这些案例表明,基于生态系统演替规律的时序性修复策略,配合工程措施与生物技术的协同应用,可实现采矿废弃地生态功能的阶梯式恢复[4]。

2.3 资源循环技术

2.3.1 固废资源化处理工艺

固废资源化处理工艺正推动废弃物管理向循环经济转型。机械生物处理技术通过分选、破碎、生物稳定化等工序,将混合生活垃圾转化为高热值燃料和有机肥料。建筑垃圾再生利用采用多级破碎筛分工艺,使混凝土骨料再生利用率达90%以上。在危险废物处理领域,高温熔融技术可实现重金属的玻璃化稳定,浸出毒性降低两个数量级。某电子废弃物处理企业通过湿法冶金与火法精炼的组合工艺,使金、银等贵金属回收率提升至98%。这些工艺创新不仅实现了固废减量化,更构建了“废物—原料—产品”的闭环物质流动模式[5]。

2.3.2 碳捕集与封存技术进展

碳捕集与封存技术进展显著推动了工业减排进程。化学吸收法作为当前主流技术,已开发出新型胺类溶剂,使捕集能耗降低30%以上。在封存环节,深层咸水层封存技术通过地质建模与监测井网布设,确保二氧化碳长期封存安全性。某燃煤电厂示范项目采用燃烧后捕集结合强化采油技术,实现年封存二氧化碳50万吨。矿物碳化技术利用工业废渣作为反应介质,将二氧化碳转化为稳定碳酸盐。这些技术创新不仅提高了碳捕集效率,更形成了“捕集—运输—利用—封存”的完整技术链条,为工业源减排提供了系统性解决方案[6]。

3 创新应用路径

3.1 技术集成创新模式

技术集成创新模式正推动生态环境治理向系统化方向发展。在流域综合治理中,通过耦合人工湿地技术与生态浮床系统,构建了“物理拦截—生物净化—生态调控”三级处理体系,实现了氮磷污染物的梯级去除。工业废水处理领域将膜分离技术与高级氧化工艺有机结合,利用膜组件的选择性分离特性与氧化剂的强降解能力,使难降解有机物的去除效率提升40%以上。固体废弃物处理采用热解气化与等离子体熔融的协同工艺,既回收了可燃气体能源,又将残渣转化为玻璃体建材原料。某石油污染场地修复项目创新性地整合了土壤淋洗、微生物强化和植物修复技术,使修复周期缩短至传统方法的60%。这种多技术协同应用模式不仅突破了单一技术的局限性,更通过工艺链优化形成了“1+1>2”的协同效应,为复杂环境问题提供了整体解决方案。智慧化监控平台的引入进一步强化了技术集成的精准性,通过实时数据反馈实现各工艺单元的参数优化调整[7]。

3.2 智慧化应用场景

3.2.1 物联网在环境监测中的实践

物联网技术在环境监测领域的实践应用已形成系统性解决方案。通过在重点区域部署多参数传感节点,构建了水质、大气、土壤等环境要素的立体监测网络。传感器采集的pH值、溶解氧、PM_{2.5}等数据经由LoRa无线传输协议实时回传至云端平台。某流域水环境监测系统整合了浮标式监测站与无人机移动采样设备,实现了污染源追踪定位功能。工业园区的有毒有害气体监测采用电化学传感器阵列,当检测值超过阈值时可自动触发报警装置。这些物联设备的组网应用突破了传统监测的时空限制,使环境质量数据的更新频率从人工采样的每日1次提升至分钟级。监测数据通过边缘计算节点进行初步清洗后,再上传至中心服务器进行深度分析,为环境管理决策提供了实时数据支撑[8]。

3.2.2 大数据驱动的生态预警系统

大数据驱动的生态预警系统通过整合多源环境数据构建了智能化分析平台。系统接入气象、水文、空气质量等实时监测数据,结合历史环境数据库,运用机器学习算法建立

污染物扩散预测模型。在流域水环境预警方面,通过分析水质参数时序变化特征,可提前 72 小时预测蓝藻暴发风险。大气污染预警系统耦合排放清单与气象场数据,采用卷积神经网络模拟污染物传输过程,实现重污染天气精准预报。某区域生态安全预警平台整合了 30 类环境指标,通过设置动态阈值触发分级预警机制。这些系统采用分布式计算架构处理海量环境数据,预警准确率较传统方法显著提升。可视化分析模块将复杂环境数据转化为直观的风险地图,为环境应急决策提供了科学依据。

3.3 典型应用案例分析

国家级示范工程展现了生态环境工程技术的集成应用成效。在某滨海湿地修复项目中,采用水文连通调控与耐盐植物群落构建相结合的技术路线,恢复了 200 公顷退化湿地的生态功能。工程实施后,湿地鸟类物种数量从修复前的 23 种增至 56 种,水体氮磷含量下降 60% 以上。长江经济带某工业园区废水处理示范工程创新应用了“膜生物反应器+臭氧催化氧化”组合工艺,出水 COD 稳定低于 30mg/L,回用率达 85%。北方某煤矿区生态修复工程通过表土改良、植被重建与微地形改造等技术措施,使植被覆盖率从不足 10% 提升至 75%,土壤侵蚀模数降低 90%。这些示范工程验证了技术集成的可行性,其中湿地项目建立了“监测—评估—调控”的动态管理机制,工业园区项目形成了废水处理与资源回用的闭环系统,矿区项目构建了“修复—管护—利用”的可持续模式。工程实施过程中形成的技术规范和管理经验,为同类生态环境问题的解决提供了可复制的参考模式 [9]。

4 发展挑战与对策

4.1 现存技术瓶颈

生态环境工程技术发展仍面临多重技术瓶颈制约。生物修复技术受限于微生物活性调控难度,在复杂污染场地的修复效率波动显著;膜分离技术虽提升污水处理精度,但高昂材料成本与膜污染问题制约规模化应用。碳捕集技术能耗偏高导致运营成本难以负荷,矿山生态修复技术在高陡边坡稳定性维持方面存在适应性短板。技术参数与工程场景的匹配度不足,削弱了技术成果的转化效能,亟待通过基础研究突破与工艺优化实现系统性提升 [10]。

4.2 政策与市场双轮驱动机制

构建政策与市场协同驱动的双轮机制是推动生态环境

工程技术发展的关键。政策层面需完善环境标准体系,通过财政补贴、税收优惠等激励措施降低技术应用成本;市场层面应培育专业化环保服务市场,推行环境污染第三方治理模式。通过建立碳排放权交易市场、健全再生产品认证体系等措施,形成“标准引领—需求拉动—创新驱动”的良性循环,既保障环境治理公益性,又激发市场主体创新活力。

5 结论

综上所述,生态环境工程技术创新通过污染治理、生态修复与资源循环技术突破,构建了多维度环境治理体系。新型生物修复与高效膜分离技术提升了污染治理精准度,湿地重构与矿山修复技术重塑了生态系统完整性,固废资源化与碳捕集技术驱动了循环经济发展。技术集成与智慧化应用路径强化了治理效能,但成本、效率等技术瓶颈亟待突破。政策引导与市场机制协同驱动技术创新,国际合作加速技术标准互认与资源共享,为生态环境治理提供了系统性解决方案。未来需强化基础研究、优化技术适应性,推动工程技术向智能化、低碳化方向迭代升级。

参考文献

- [1] 张明远,李静怡.微生物-植物协同修复体系在复合污染土壤治理中的应用研究[J].环境科学与技术,2023,46(5):112-118.
- [2] 王立新,陈思远.新型抗污染复合膜材料在污水处理中的性能优化分析[J].水处理技术,2022,48(3):45-51.
- [3] 刘伟,黄晓彤.受损湿地生态功能重构技术体系与工程实践[J].生态学报,2024,44(2):89-96.
- [4] 赵志强,孙明华.矿山废弃地生态修复技术集成与稳定性评价方法[J].环境工程学报,2023,17(4):156-163.
- [5] 周晓峰,吴丽娜.固废资源化闭环系统构建及再生产品性能标准研究[J].中国环境科学,2022,42(7):321-328.
- [6] 郑永强,林晓燕.低能耗碳捕集与地质封存技术集成创新路径[J].环境科学研究,2024,37(1):78-85.
- [7] 马建军,徐静怡.流域综合治理中多级生态处理技术耦合机制[J].环境科学学报,2023,43(8):189-196.
- [8] 胡志明,方丽华.物联网传感网络在环境立体监测中的拓扑优化研究[J].环境监测管理技术,2022,34(6):67-74.
- [9] 杨文斌,朱晓红.基于深度学习的生态环境风险动态预警模型构建[J].应用生态学报,2024,35(3):112-119.
- [10] 梁志远,谢丽娟.双碳目标下环境技术政策与市场协同驱动机制探析[J].中国人口·资源与环境,2023,33(4):56-63.