

探究生态环境工程技术创新与应用

马 超

石嘴山市生态环境局惠农分局 宁夏 石嘴山 753200

摘 要：随着全球生态环境问题日益严峻，生态环境工程技术的创新与应用成为推动可持续发展的关键力量。本文深入剖析了生态环境工程技术的内涵，详细阐述了水污染治理、大气污染防治、土壤修复、固体废物处理等领域的前沿技术创新，探讨了这些技术在实际工程中的应用案例及成效，并分析了技术创新与应用面临的挑战，最后提出相应的对策建议，旨在为提升生态环境工程技术水平、改善生态环境质量提供理论与实践参考。

关键词：生态环境工程；技术创新；应用

引言：生态环境是人类赖以生存和发展的基础，然而，工业化、城市化进程的加速带来了诸如水污染、大气污染、土壤污染、固体废物堆积等一系列严峻的环境问题，对生态平衡、人类健康和经济社会可持续发展构成了巨大威胁。生态环境工程技术作为解决这些问题的有效手段，在过去几十年间取得了长足进步，但面对日益复杂多变的环境挑战，持续的技术创新与广泛应用依然迫在眉睫。通过研发和推广新型、高效的生态环境工程技术，不仅能够提高环境治理效率，降低治理成本，还能从根本上促进生态系统的恢复与良性循环，为子孙后代创造一个更加宜居的地球家园。

1 生态环境工程技术概述

1.1 定义与范畴

生态环境工程技术是综合运用生物学、化学、物理学、生态学、工程学等多学科知识，针对各类环境污染问题和生态破坏现象，设计、开发并实施一系列旨在保护、改善生态环境质量的工艺、方法和工程系统。其涵盖范围广泛，涉及大气、水、土壤、生物等多个环境介质，包括污染治理、生态修复、资源回收利用、环境监测等诸多领域。

1.2 重要性

生态环境工程技术是落实环保政策法规、实现环境质量目标的核心支撑。它一方面能够直接削减污染物排放，缓解环境压力，改善生态景观；另一方面通过促进产业升级，发展环保产业，为经济增长注入新动力，实现环境与经济的双赢。此外，先进的技术手段还有助于提升环境管理水平，增强公众对环境保护的信心，推动全社会形成绿色发展共识^[1]。

2 生态环境工程技术创新领域

2.1 水污染治理技术

（1）高级氧化技术。以羟基自由基等高活性氧化剂

为核心，如芬顿氧化、光催化氧化等，能快速分解水中难降解有机污染物，将其转化为无害的二氧化碳、水等小分子物质，适用于工业废水深度处理，提高废水可生化性。（2）膜生物反应器（MBR）技术。将膜分离与生物处理有机结合，超滤或微滤膜取代传统二沉池进行泥水分离，实现水力停留时间与污泥停留时间的完全分离，可有效截留微生物和大分子有机物，获得高质量的出水，广泛应用于城市污水处理厂提标改造及中水回用工程。（3）人工湿地生态净化技术。模拟自然湿地生态系统，利用基质、微生物、水生植物的协同作用净化污水。不同类型湿地（如表面流、潜流、垂直流湿地）对氮、磷、有机物等污染物具有良好去除效果，且兼具景观美学价值，常用于农村生活污水、小型景观水体治理。

2.2 大气污染防治技术

（1）挥发性有机物（VOCs）治理新技术。吸附浓缩-燃烧联用技术，先通过吸附剂富集低浓度VOCs，再经热氧化或催化燃烧彻底分解，提高处理效率并降低能耗；低温等离子体技术，利用高能电子轰击使VOCs分子键断裂，转化为无害气体，适用于低浓度、大风量的VOCs废气处理。（2）细颗粒物（PM_{2.5}）控制技术。静电除尘与布袋除尘复合技术，结合静电场预除尘和布袋过滤精除尘优势，对细微颗粒物捕集效率高达99%以上；基于团聚原理的新技术，如声波团聚、化学团聚等，促使细颗粒物团聚长大，便于后续常规除尘设备去除。（3）大气污染监测预警技术创新。卫星遥感监测可实现大面积、实时动态监测大气污染物浓度分布；激光雷达技术能高精度垂直探测气溶胶、污染物浓度廓线，结合大数据分析、机器学习算法，构建智能化大气污染预警预报模型，提前应对污染事件^[2]。

2.3 土壤修复技术

（1）生物修复技术进阶。强化微生物修复，通过筛

选、驯化高效降解微生物菌群,添加营养物质、电子受体等强化手段,加速土壤中有机污染物降解;植物-微生物联合修复,利用植物根系分泌物提供微生物生长基质,微生物协助植物吸收、转化重金属等污染物,实现土壤生态功能恢复。(2)原位化学氧化/还原修复技术。针对污染土壤中的有机氯、重金属等顽固污染物,注入化学氧化剂(如高锰酸盐、过硫酸盐)或还原剂(如零价铁),在地下原位将污染物转化为低毒或无毒形态,减少土壤扰动,降低修复成本。(3)土壤热修复技术优化。热脱附技术精准控温,根据污染物沸点差异,分级加热使污染物挥发并收集处理,适用于高浓度有机污染土壤;电热修复利用电流热效应使土壤升温,促进污染物迁移、挥发,对低渗透土壤修复效果显著,提高修复效率与均匀性。

2.4 固体废物处理技术

(1)垃圾分类智能化技术。基于图像识别、传感器检测、物联网等技术的智能垃圾分类设备,可自动识别垃圾种类并引导居民分类投放;大数据管理平台实时监控垃圾产生量、流向,优化收运路线,提高垃圾分类准确率与收运效率。(2)危险废物无害化处理与资源回收技术。(3)高温熔融固化技术将危险废物制成稳定玻璃体,实现重金属等有害物质的永久固定;超临界流体萃取技术从废旧电子产品、化工污泥等中高效回收贵金属、有机污染物,实现资源循环利用,降低环境风险。(4)有机固体废物厌氧发酵产沼技术升级。通过优化发酵工艺参数、添加微生物菌剂、改进反应器结构,提高有机固体废物(如餐厨垃圾、畜禽粪便)甲烷产率,实现能源回收;沼渣、沼液进一步加工成有机肥料,用于农业生产,形成完整生态产业链^[3]。

3 生态环境工程技术应用案例分析

3.1 案例一:某城市黑臭水体治理项目

(1)项目概况。该城市中心城区多条河道因长期接纳生活污水、工业废水及垃圾倾倒,水体发黑发臭,生态功能丧失,严重影响城市形象与居民生活质量,治理面积达20平方公里。(2)技术应用。采用“控源截污+内源治理+生态修复+活水循环”综合技术方案。首先,通过管网改造、雨污分流工程全面截断污水直排口;其次,运用环保清淤技术清除河底淤泥,降低内源污染负荷;然后,构建生态驳岸、种植水生植物,并投加微生物菌剂强化水体自净能力;最后,建设泵站、水闸实现河道活水循环。(3)治理成效。经过两年系统治理,河道水质明显改善,主要污染物指标化学需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)、总磷(TP)分别下降80%、

90%、85%以上,水体透明度提升至1.5米,水生生物多样性显著增加,河流生态系统逐步恢复生机,周边居民满意度大幅提高。

3.2 案例二:某大型火电企业超低排放改造工程

(1)项目背景。火电行业作为大气污染物排放大户,为响应国家严格的大气污染防治政策,该企业原有脱硫、脱硝、除尘设施亟需升级改造,以实现超低排放目标,机组装机容量为2×600MW。(2)技术集成。脱硫系统采用石灰石-石膏湿法脱硫工艺基础上,优化喷淋塔结构、提高液气比,增强二氧化硫吸收效率;脱硝环节引入选择性催化还原(SCR)技术,选用新型高效催化剂,确保氮氧化物脱除率超90%;除尘采用电袋复合除尘器,配合精细管理,烟尘排放浓度低于5mg/m³。同时,搭建全流程在线监测系统,实时调控运行参数。(3)改造效果。改造后,企业大气污染物排放浓度远低于国家超低排放限值,二氧化硫、氮氧化物、烟尘排放浓度分别稳定在35mg/m³、50mg/m³、5mg/m³以下,每年减排各类污染物数千吨,有效改善了区域大气环境质量,且运行稳定性良好,为火电行业绿色转型提供范例。

3.3 案例三:某重金属污染农田修复示范工程

(1)项目详情。因周边矿山开采、冶炼历史遗留问题,某地区近千亩农田土壤镉、铅等重金属严重超标,农作物减产、品质下降,威胁食品安全与农民生计,亟需修复治理。(2)修复策略。综合运用土壤改良剂添加、植物修复与农艺调控措施。首先,向土壤中施加石灰、生物炭等改良剂,调节土壤pH值,降低重金属生物有效性;其次,种植蜈蚣草、东南景天等超富集植物,定期收割转移重金属;(3)实施成果。经过三年持续修复,土壤重金属有效态含量显著降低,镉、铅含量分别下降40%、35%左右,农作物重金属超标率从80%降至10%以内,农产品质量达标,农田生态功能逐步恢复,农民收入稳步提升,探索出一套适合南方丘陵地区的农田重金属污染修复模式。

4 生态环境工程技术创新与应用面临的挑战

4.1 资金投入不足

生态环境工程技术研发周期长、风险高、前期投入大,尤其新兴前沿技术从实验室到产业化需大量资金支持。一方面,政府财政资金有限,在众多环境项目需求下难以全面覆盖;另一方面,社会资本因回报周期不确定、环境市场机制不完善等因素,参与积极性不高,导致技术创新资金瓶颈突出,许多有潜力的技术难以得到深入研发与推广。

4.2 专业人才短缺

生态环境工程涉及多学科交叉融合,要求从业人员具备深厚的专业知识、丰富的工程实践经验和创新思维能力。当前,高校相关专业教育与实际需求存在一定脱节,实践教学环节薄弱;在职人员继续教育体系不完善,难以跟上技术快速更新步伐,导致既懂环境科学理论又精于工程技术应用的复合型人才匮乏,制约技术研发与项目实施质量。

4.3 政策法规不完善

部分生态环境工程技术标准、规范滞后,跟不上技术创新速度,造成新技术在工程应用中无章可循、审批困难;环境监管政策对新技术推广激励不足,企业采用新技术的驱动力不强;知识产权保护力度不够,研发成果易被侵权,挫伤创新主体积极性,不利于营造良好的技术创新生态环境。

4.4 技术集成与协同难度大

复杂环境问题往往需要多种技术有机组合、协同作战,但不同技术源于不同研发主体,存在接口不兼容、工艺衔接不畅、运行管理复杂等问题。例如,污水处理厂升级改造涉及多个单元工艺集成,若各环节协同不佳,不仅无法发挥新技术优势,甚至可能导致系统故障、处理效果恶化,增加技术应用风险与成本。

5 推动生态环境工程技术创新与应用的对策建议

5.1 加大资金扶持力度

政府应持续增加生态环境科技专项投入,设立技术创新引导基金,重点支持前沿性、基础性研究项目;完善环境财政补贴、税收优惠政策,鼓励企业加大研发投入,对采用新技术的环境治理项目给予资金奖励或税收减免;拓宽融资渠道,引导金融机构创新绿色金融产品,如绿色信贷、绿色债券,为环保企业技术创新与产业化提供长期稳定资金支持;建立环境技术产权交易市场,盘活技术资产,加速科技成果转化。

5.2 强化人才培养与引进

优化高校生态环境工程专业课程体系,强化实践教学环节,与企业共建实习实训基地,培养实用型人才;搭建产学研合作平台,推动科研人员与企业工程师双向交流,促进知识共享与技术迭代;制定优惠政策,吸引海外高层次人才回国创新创业,充实国内生态环境技术

人才队伍;开展在职人员继续教育工程,定期组织技术培训、学术研讨,提升从业人员专业素养。

5.3 完善政策法规体系

加快修订生态环境工程技术标准、规范,建立动态更新机制,确保新技术应用有标可依;出台强制性政策法规,推动重点行业优先采用先进成熟技术,对落后工艺限期淘汰;强化知识产权保护,简化专利申请流程,加大侵权惩处力度,保障创新主体合法权益;建立环境技术评价认证制度,为新技术推广提供权威第三方背书,增强市场信任度。

5.4 加强技术集成与协同创新

构建生态环境技术创新联盟,联合高校、科研院所、企业等创新主体,整合优势资源,开展联合攻关,突破关键技术集成难题;搭建技术共享平台,促进不同技术研发团队交流合作,统一技术接口、规范工艺流程;建立多技术协同示范工程,在项目实践中优化技术组合方案,形成可复制、可推广的技术集成模式,为复杂环境问题解决提供整体方案。

结论:生态环境工程技术的创新与应用是应对全球生态危机、实现可持续发展的必由之路。通过在水污染治理、大气污染防治、土壤修复、固体废物处理等多领域持续探索前沿技术,结合实际工程案例精准发力,已取得诸多显著成效,为改善生态环境质量筑牢根基。然而,前行之路仍面临资金、人才、政策、技术协同等诸多挑战,亟需政府、企业、科研机构、社会各界携手共进,全方位加大投入、完善制度、强化合作,以科技创新驱动生态环境工程发展,助力人类迈向人与自然和谐共生的美好未来。在未来,随着新技术的不断涌现与广泛应用,生态环境有望得到根本性改善,为子孙后代留下天蓝、地绿、水清的宜居家园。

参考文献

- [1]崔胜辉,吝涛,李新虎等.城市生态修复的理论与技术体系探讨[J].生态学报,2023,43(11):4201-4213.
- [2]贺泓,单文坡,王强等.我国大气污染防治技术现状与发展趋势[J].环境科学研究,2023,36(6):1377-1386.
- [3]席北斗,魏自民,李鸣晓等.固体废物处理处置与资源化技术研究进展[J].环境工程学报,2023,17(5):1331-1343.