

环境工程中的污染治理与生态修复综合研究

成尚鹏

荣县瑞信环境科技有限公司，中国·四川 自贡 643100

摘要：随着工业化与城市化进程的加快，环境污染问题日益严峻，传统的治理方式已难以满足当前生态保护的需求。环境工程作为跨学科综合技术体系，承担着污染治理与生态修复的双重任务。本文从污染治理技术、生态修复路径及其协同融合三个方面展开研究，系统梳理了当前主流技术的理论基础与实践应用，分析了二者之间的互动关系与优化机制，旨在为实现环境质量改善与生态系统功能重建提供理论支持和技术指导。

关键词：环境工程；污染治理；生态修复；系统协同；绿色可持续

Comprehensive Research on Pollution Control and Ecological Restoration in Environmental Engineering

Cheng Shangpeng

Ruixian Environmental Technology Co., Ltd., Rong County, China Sichuan Zigong 643100

Abstract: With the acceleration of industrialization and urbanization, environmental pollution problems have become increasingly severe, and traditional control methods are no longer sufficient to meet the current needs of ecological protection. As an interdisciplinary comprehensive technical system, environmental engineering undertakes the dual tasks of pollution control and ecological restoration. This paper conducts research from three aspects: pollution control technologies, ecological restoration approaches, and their collaborative integration. It systematically reviews the theoretical foundations and practical applications of current mainstream technologies, analyzes the interactive relationship and optimization mechanisms between the two, aiming to provide theoretical support and technical guidance for improving environmental quality and restoring ecosystem functions.

Keywords: Environmental engineering; Pollution control; Ecological restoration; System synergy; Green sustainability

0 引言

环境工程作为把环境科学、化学、生物学及工程技术整合起来的综合性学科，聚焦在污染防治工作、改善环境质量情况和修复生态系统。近年来，我国在工业“三废”处理、水土污染管控及生态系统修复上成效斐然，但依然要面对区域污染复合化现象、生态退化加剧趋势等情况。仅用单一的污染治理手段无法从根本上攻克生态系统退化问题，孤立开展的生态修复措施，往往缺少对污染源的系统把握。促成污染治理和生态修复的顺畅融合，将作为未来环境工程研究实践的核心要点，本文计划针对污染治理的技术基石、生态修复路径的打造及其协同工作机制进行系统分析，为推动环境工程往系统集成方向发展提供理论凭据。

1 污染治理技术体系研究

1.1 大气污染治理技术发展

大气污染治理技术作为环境工程中重要一环，长久以来在保障空气品质、维系生态环境上起到了关键功效，主要针对治理的对象是颗粒物、硫氧化物、氮氧化物，以及

挥发性有机物（VOCs）等类别。针对不同种类的污染物而言，业界已研发出一系列成熟的处理技术手段，且依照不同行业排放特征加以运用。

从颗粒物控制技术来看，现今大量采用的是静电式除尘器以及布袋式除尘器，静电除尘借助高压电场给颗粒物荷电，之后吸附到集尘极上，适合具有高温、高尘浓度属性的工况；布袋除尘借助滤料对颗粒物实施拦截，展现出除尘效率高、适应场景广等长处，适用于钢铁、水泥之类的多个行业。主要运用湿式石灰石-石膏法脱硫技术实现硫氧化物的脱除，其反应效率甚高，副产物可实现资源再利用。常借助选择性催化还原（SCR）技术对氮氧化物进行治理，通过催化剂的作用把NO_x还原成氮气与水，作为火电行业主流控制途径。伴随污染控制标准的提升，复合型污染排放的问题加剧了，单一控制技术已无法契合高效协同治理要求。催化氧化、等离子体放电、光催化等新兴技术应需求而诞生，且跟传统工艺达成结合，建立多污染物联合治理系统^[1]。在低温条件下，等离子体技术可实

现对污染物分子的激发，推动处理效率提升；通过催化氧化能有效实现 VOCs 降解，抑制二次污染生成，新型协同处理技术正逐渐从实验室迈入工业应用范围，为大气污染治理提供更具前景的技术后盾。

1.2 水体污染治理工程

水环境治理技术成为现代环境工程核心要点，主要包括污水处理、面源污染的治理以及河湖生态的净化等。伴随社会经济进步与城镇化步伐加速，水体污染问题愈发凸显，推动相关治理技术逐步升级且达成集成化进步，在城市污水处理中，活性污泥法和生物膜法这两种传统工艺依旧是技术基础。随着处理要求上提，出水标准也得以升高，比如膜生物反应器（MBR）、A2/O（厌氧-缺氧-好氧）以及序批式活性污泥法（SBR）等先进工艺被广泛采纳，这些工艺可高效去除化学需氧量（COD）、氨氮、总磷等关键的水质污染指标，实现对污水的深层次净化，对城市水体环境改善形成有力的推动力量。

针对农村地带的农业面源污染治理工作，因地理分布宽泛、污染源分散化，常规集中式处理模式难以起到作用。比如生态沟渠、人工湿地、生态浮床等自然基处理技术成为主流选择，采用地表径流管理、水土防护等手段，切实把控农田肥料、农药等污染物流入水体，降低水生态系统存在的压力水平。随着科技进步，智能感知、大数据分析、物联网等新兴技术渐次应用于水环境治理范围，实现水质监测的即时性把控、治理策略的精准化执行与系统运行的智能化调控。该情形标志我国水体污染治理正从传统样式向现代化、智能化方向挺进，提高了整体治理效率以及环境管理水平。

1.3 土壤与固废污染控制

土壤污染作为环境问题的核心组成，主要出自工业生产领域、矿业活动范围以及农业对化学品的错误使用等，主要是重金属、有机污染物和农业化学品残留造成了土壤质量退化，更会对农产品的安全造成干扰，也对地下水、生态环境与人类健康潜藏威胁。科学高效兼具的土壤修复技术正日益成为环境治理关键领域，常见的工程修复手段涉及热脱附、化学氧化/还原以及稳定化/固化等途径，有机污染物污染土壤是热脱附技术适用的对象，采用加热让污染物挥发，再做回收处理；化学氧化/还原法利用药剂达成污染物转化或分解的目的，增加其可降解的程度或降低毒性水平；稳定化/固化在重金属污染方面应用为主，跟稳定剂反应进而形成不易迁徙的形态，有效切断其在土壤中的迁移脉络^[1]。受污染的工业场地、矿山遗址等区域

已经普遍应用这些技术，实现了具有成效的修复结果。

在固体废物的处理方面，焚烧、填埋和资源化回收作为主流处理手段，可极大降低废物所占体积，还可实现部分能量的二次回收；无害化处理后的残余物可采用填埋方式，但得严格落实防渗与监控事宜；资源化回收着重凸显废物的再利用意义，实现经济收益与环境效益的双向利好。伴随“无废城市”理念的诞生，固废治理正自传统末端处置朝着源头减少、分类收集整理、全环节资源利用转化的方向发展，这既推进了城市绿色化的步伐，还为达成可持续环境管控打下基础。

2 生态修复路径及技术构建

2.1 水生态系统修复策略

水生态修复作为近年应对水环境污染、增强水体生态功能关键举措，主要目标是实现水体自净能力与生物多样性的恢复。随着人类活动频繁现象加剧，水体富营养化状况普遍显现，藻类繁衍呈现出大量增长局面，引起水质恶化、生态系统失稳，创建健康稳定的水生态系统，成为水环境治理的关键事项。

常见生态工程手段涵盖生态浮岛、人工湿地、水生植物复建及鱼类种群重塑等，生态浮岛通过植物根系吸收水中污染物，又为微生物提供可依附的空间，加大降解功效；人工湿地借助植物、基质以及微生物协同配合，切实去除氮、磷等营养盐残留，构建出自然化的生态净化格局。复建本土展现优势的水生植物群落，有利于底质稳定、抑制藻类的疯长，又可为水生动物营造栖息的空间。在富营养化水体治理进程中，生态调控策略是极为关键的一环。通过对鱼类群落结构做优化，恰当引入滤食性的鱼类，可加大浮游动物对藻类施加的摄食压力，协调食物网各环节关系，以此阻止水华的爆发。该依赖食物链调节的修复途径，既提升了治理的水平，也提升了生态系统的再生能力与抗干扰性能，最终促成水体功能的持续复原与生态平衡的长期稳固。

2.2 生态修复技术

生态修复技术是借助生态学原理，依靠物理、化学、生物等方式去实现受损或退化生态系统恢复与重建的技术手段。其关键目的为重塑生态系统的架构与机能，涵盖植被覆盖恢复、土壤质量改良、水体净化及生物多样性提升等，使生态系统达成自我持守和自我调节的水平，实现生态系统的长效发展态势。

2.3 矿区与工业遗址生态修复

由于长时间的开采及重工业活动开展，矿区和工业遗

址,往往遇到地形严重受损、土壤结构错乱以及重金属等有害物质高浓度聚集的生态困境。该类区域生态功能发生了退化现象,土地利用价值急剧下挫,甚至会对周边环境与居民健康构成长期隐患。实施科学的生态恢复,对其意义重大,需要统筹兼顾地形修复和生态系统重建的双重要求。

从具体实施角度看,第一步需采用分级填土、地貌重塑等工程手段来整治破碎地形,恢复地表的连贯状态与排水体系,杜绝地表土壤的流失。由于土壤状况不良、重金属污染剧烈的情形,一般采用客土改良相关技术,借助引入外源健康土壤及改良剂,增强土壤理化相关性质,降低重金属对生物的有效程度^[3]。挑选耐瘠薄、抗逆能力颇强的乡土植物开展群落的重建事宜,有利于提高植被覆盖水平,也能推动生物多样性自然复原。为进一步提升生态安全保障水平,也需结合原位钝化手段,通过添加稳定剂把污染物固定到土壤中,减小其迁移及被吸收的风险程度;另外,建设起生态隔离带,如布置植被缓冲地段或隔离围挡,进而阻断污染源跟敏感区域间的物理连接纽带。这些综合性措施可高效抑制污染物的弥散,逐步令区域生态功能复归,提升系统平稳性与提升可持续水平。

3 污染治理与生态修复的协同融合机制

3.1 系统化治理与修复理念

污染治理及生态修复属于生态环境管理重要组成,应借助系统思维达成深度结合与功能协同状态。在工作的实际执行阶段,只有切实掌握生态系统的结构及功能内涵,才有望制定出更具前瞻性、体现整体思维的治理策略,拉动从单一类“污染治理—生态复元”途径,转向多目标汇聚的“生态合作打造—成果合作分享”模式,实现环境状况改善与生态价值增长的双利好。

依照此理念引导,生态保护要素应主动渗透进污染治理整个阶段。在污水处理厂尾水排放范围搭建缓冲湿地,是具备工程及生态功效的实践路径选择,此类湿地借助水生植物和微生物的净化功用,进一步去除尾水所含的残余污染物,明显增进出水的水质水平;其复杂生境构造为鸟类、昆虫、两栖动物等供给了栖息繁衍之所,推动区域生物的多样性进一步丰富^[4]。尤为关键的是,这种模式突破传统“先治理、后修复”线性思维,让生态系统在污染治理活动中同步发挥服务功效,显示出生态系统服务理念转化实施。未来阶段生态环境管理方面,要更多聚焦于系统内部各要素的交互作用,推动环境、生态与社会三种效益协同提升,以此实现绿色持续的发展成效。

3.2 工程技术与生态过程的耦合

处于生态工程实际践行阶段,大部分项目重视工程技术和自然生态环节的结合与互补,杜绝单一倚仗硬质工程手段,通过“灰绿协同”模式,兼顾安全层面与生态维度,该理念不但推进了工程本身的可持续进程,进而促进人与自然达成和谐共在局面。

在生态护坡工程方面,传统护坡多数采用混凝土等刚性材质,即便具备较为突出的稳定及防护功能,不过对生态环境形成的破坏规模较大。而生态护坡在契合防冲刷、防滑移等工程需求时,采用土工网、植生带等物资进行稳固,继而运用本地乡土植物开展群落组合,实现坡面绿化与生态修复的契合状态。植物根系一边增强着土体稳定性,也会吸收降水、过滤污染物杂质、调整局部小气候,切实达成生态系统的连续性与功能的完整维系。城市中的雨水花园项目是工程与生态结合的典范之作,该类项目在城市绿地或广场设置低洼的区域,借助铺设透水材质、布置沉淀池与过滤装置对雨水加以收集,再凭借土壤与植物层实现雨水自然净化及渗透过程,能显著降低城市径流中悬浮物、重金属及养分的含量。

3.3 政策支持与管理机制保障

推动污染治理和生态修复融合发展,作为达成生态环境质量根本向好转变的关键手段,该过程不只是依赖先进技术和治理手段的持续提升,更离不开有力政策支持以及科学合理管理机制保障。生态环境部积极带动“三线一单”生态环境分区管控体系的建设开展,纳入空间管控的有生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线及生态环境准入清单等,达成生态环境管理的差异化与精细化^[5]。流域综合治理制度不断朝着完善迈进,通过统筹上下游、左右方向、干支流的关联,着重水生态系统全面修复与系统性治理,为污染治理和生态修复工作的融合实施提供精准方向和制度后盾。

与此同时,制度框架渐趋健全,激励机制进一步完善,为生态修复添活力。政府采用财政补贴、生态补偿、绿色信贷等经济性手段,驱动企业和社会组织参与生态修复的积极性。尤为值得一提的是生态补偿机制的施行,且体现出“污染担费用、保护得实惠”的环境公平要义,一定程度上牵引社会资本朝生态领域偏移。第三方治理模式的成长,积极推动了专业化、市场化生态治理服务的搭建,促使修复效率及质量提高。在多方携手、一起参与的态势中,正逐步搭建政府引领、企业施治、公众介入的共治理长效体系,为达成生态环境质量提升筑牢根基。

4 总结

污染治理与生态修复作为环境工程核心任务的两项工作，各自肩负着削减污染、重构生态系统的重任。本文完成对污染治理与生态修复主流技术的梳理后，系统剖析了二者协同推进的必要意义与可行办法，未来实现污染管控与生态修复同步施行，不仅是环境质量提高的关键，也是踏入人与自然和谐共生境界的重要阶梯。

参考文献：

[1] 武春霞, 冀辉. 生态修复治理技术在水环境保护工程中的应用分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(12): 98-100.

[2] 王玉岭. 基于多方位生态修复技术的河道水环境治理工程应用研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(17): 100-102.

[3] 张书博. 环境工程建设与生态环境修复技术研究[J]. 生态与资源, 2024(8): 0062-0064.

[4] 王艳芳, 刘晓. 大学生环境与能源工程专业创新创业成果研究[J]. 环境工程, 2023, 41(1): I0046-I0047.

[5] 贾冬梅. 水环境保护工程中生态修复治理技术的应用分析[J]. 水上安全, 2024(13): 95-97.