

与建模技术,结合土壤和地下水中的污染物浓度、扩散路径及污染源信息,建立污染物迁移与转化模型。例如,通过多点采样与水文地质模型的结合,可以在地下水污染评估中模拟污染物的迁移路径,预测污染扩散的范围与时间。联合监测能够结合不同技术手段,提高污染源评估的准确性,并为污染防治措施的制定提供更加可靠的数据支持。

5 土壤与地下水联合监测评估方法分析

5.1 污染源识别与分布评估

污染源识别与分布评估依赖土壤与地下水联合监测数据,通过空间分析与地质数据,识别污染源及其分布。使用地理信息系统(GIS)与遥感技术,可以对污染场地进行高效勘察,获取污染源的位置及其扩散范围。GIS技术能通过多层数据叠加,结合污染物浓度数据,绘制污染分布图,并计算污染源的污染负荷。在污染源识别过程中,遥感图像可以有效识别土壤表面污染情况,帮助确定可能的污染区域。对于地下水污染源的识别,采用地下水流动模型结合水文地质数据,可以推算污染源的位置及污染物的迁移方向。在污染源分布评估中,结合土壤与地下水中的污染物浓度数据,采用统计分析方法(如Kriging插值法),能够准确估算污染物在场地中的空间分布特征,为污染防治方案的设计提供参考。

5.2 污染扩散与迁移过程评估

污染扩散与迁移过程评估基于联合监测数据与流动模型,通过分析污染物在土壤和地下水中的迁移路径,评估污染物的扩散速度与范围。在土壤中,污染物的迁移通常受土壤类型、湿度、温度等因素影响。通过定期采样与监测,采用污染物迁移模型(如Advection-Dispersion模型)评估污染物在土壤中的扩散规律。对于地下水污染,水文地质模型与水流动态模拟技术(如MODFLOW模型)可用于预测污染物在地下水中的迁移路径与浓度变化。在评估过程中,结合污染源强度、地下水流速和土壤渗透性等数据,采用数值模拟技术预测污染物在未来一段时间内的迁移趋势和污染范围。例如,通过对某地下水污染场地的模拟分析,研究表明,污染物的迁移速度约为0.5 m/d,预计污染物将在5年内扩散至1000米外的区域。通过这些分析,能够精确评估污染扩散的时间与空间特点^[4]。

5.3 污染风险与环境影响评估

污染风险与环境影响评估通过结合土壤与地下水监测

数据,分析污染对生态系统和人类健康的潜在影响。采用生态风险评估模型(如ERA模型),结合土壤与地下水中的污染物浓度,评估污染对生态系统中生物种群的危害。例如,某污染场地土壤中的重金属浓度超过50 mg/kg,评估结果显示,该浓度对地面植物的生长产生显著影响。地下水污染则通过检测水中的有毒物质(如氨氮、亚硝酸盐等)浓度,评估水质对水生生物及周围居民的影响。当地下水中的氨氮浓度超过10 mg/L时,通常会对水体生态系统造成负面影响。风险评估还包括对人类健康的潜在影响,结合饮用水源地的水质数据,采用暴露评估与毒性评估模型,分析污染物对周围居民健康的影响。例如,某地区地下水中砷含量达到0.05 mg/L时,可能导致该区域居民的慢性砷中毒风险。通过这种综合评估方法,能够为污染防治与修复提供科学依据,并制定相应的环境保护措施。

6 结语

土壤与地下水联合监测技术在污染场地评估中的应用,提供了更加全面、精准的污染信息,极大地提升了污染源识别、污染扩散评估以及环境影响分析的准确性。通过结合土壤与地下水的监测数据,可以全面了解污染物的迁移与转化过程,预测污染物的扩散范围,并为污染治理方案的制定提供科学依据。联合监测技术的综合应用,不仅提高了环境风险评估的有效性,还能为环境管理和污染防控措施的优化提供数据支持。未来,随着监测技术的不断进步和数据分析能力的提升,联合监测将为污染场地的修复与环境保护提供更加有力的技术保障。通过多学科的协同合作,土壤与地下水联合监测将在实现可持续发展与环境健康保护方面发挥越来越重要的作用。

参考文献

- [1] 叶媛媛.试论工业地块土壤和地下水的环境调查与风险评估[J].皮革制作与环保科技,2025,6(17):184-186.
- [2] 卢洁.典型化工污染场地的土壤与地下水风险管控与修复技术策略探究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(15):122-124.
- [3] 黄卫东.浅析场地污染状况调查中土壤及地下水重金属[J].实验室检测,2025,3(13):236-238.
- [4] 余倬锋,肖劲光,吴慧娴,张鹏,袁松虎,肖武.傍河退役金属工业场地土壤和地下水中重金属污染特征及成因机制[J].安全与环境工程,2025,32(04):293-302+336.

Exploring Pathways to Enhance Operational Efficiency of Centralized Exhaust Gas Treatment Systems in Industrial Parks

Na Zhang

Xinjiang Chuangyu Water Resources and Environmental Technology Co., Ltd., Yili, Xinjiang, 835000, China

Abstract

Improving the efficiency of centralized exhaust gas treatment systems in industrial parks has become a critical factor in driving industrial green transformation and achieving sustainable development. Current operational challenges, such as design-discrepancies and inadequate coordination mechanisms, hinder the full realization of treatment effectiveness. To address these issues, systematic improvements should focus on four key areas: optimizing system design, implementing lifecycle cost management, innovating operational mechanisms, and strengthening technological integration with talent development. By adopting dynamic precision design, data-driven intelligent management, market-oriented collaborative operations, and targeted R&D initiatives, the operational efficiency and stability of these systems can be significantly enhanced, ultimately achieving a balance between environmental benefits and economic returns.

Keywords

industrial park; waste gas treatment; intelligent management

工业园区集中式废气治理系统运行效能提升路径探究

张娜

新疆创禹水利环境科技有限公司, 中国·新疆伊犁 835000

摘要

工业园区集中式废气治理系统的效能提升已成为推动产业绿色转型和实现可持续发展的关键环节。当前系统运行中普遍存在设计与实际脱节、协同机制不完善等问题,制约了治理效能的充分发挥。应对这些挑战,需从优化系统设计、全生命周期成本管控、创新运营机制、强化技术集成与人才培养四个方面系统推进。通过实施动态精细化设计、数据驱动的智能管理、市场化协同运营及针对性技术研发,能显著提升系统运行效率与稳定性,实现环境效益与经济效益的统一。

关键词

工业园区; 废气治理; 智慧管控

1 引言

在国家深入打好污染防治攻坚战和推动绿色低碳发展的政策背景下,工业园区作为产业集聚区,环境治理水平直接关系到区域生态环境质量与可持续发展能力。当前集中式废气治理系统在设计与运行、管控与协同等方面仍面临诸多挑战,系统效能未能充分发挥。深入探究其效能提升路径,不仅是对国家政策的积极响应,更是推动工业园区实现减污降碳协同增效、培育绿色竞争优势的必然要求。本文旨在剖析系统运行的现实瓶颈,并从系统设计、管理机制、运营模式与技术创新等维度,系统构建其运行效能的提升路径。

2 工业园区集中式废气治理系统运行效能提升的重要性

工业园区集中式废气治理系统运行效能的提升,重要性远超单一技术指标的优化,深刻植根于区域可持续发展的战略全局之中。高效能系统是推动工业园区实现绿色转型的核心引擎,从更广阔的视角看,治理效能直接影响园区的产业竞争力与可持续发展根基。一个运行稳定、排放达标的系统,能显著降低企业治污成本,缓解环境风险引发的社会压力,为高新技术与绿色制造产业提供优质环境基础。因此,效能提升不仅是在筑牢生态环境底线,更是在培育面向未来的绿色竞争优势,成为工业园区实现高质量发展的关键战略环节。

【作者简介】张娜(1991-),女,中国河南人,本科,中级,从事环境工程研究。

3 当前工业园区集中式废气治理系统运行的真实图景

3.1 系统设计与实际运行的结构性脱节

当前工业园区集中式废气治理系统普遍存在前期设计与实际运行之间的显著矛盾。设计阶段通常依赖理论估算与类比推演来确定处理负荷与污染物范围，而园区内企业生产工艺的持续调整、原料替代的灵活性与生产负荷的周期性波动，使得实际排放的浓度、成分与流量始终处于动态变化之中。这直接导致治理设施长期偏离其设定的最优工况，运行效率难以稳定。为求稳妥而过度放大设计裕量的做法颇为常见，结果便是风机、泵等关键高耗能设备长期处于低效运行区间，无谓地推高了系统能耗与整体运行成本，削弱了集中治理的规模效益。

3.2 过程管控与协同机制的运行短板

在管理层面，系统效能提升面临过程管控粗放与协同治理乏力的双重制约。现有管理模式大多未能超越“末端监控达标”的初级阶段，大量在线监测数据仅用于事后监督与报警，尚未有效转化为指导工艺参数优化、实现预防性调控的决策依据。各类数据资源——包括企业生产排污、治理设施运行、园区环境质量及气象信息——彼此隔离，形成信息孤岛，缺乏一个能够进行深度融合与智能分析的中枢平台。此外，园区管理方、运营单位与排污企业之间的权责利关系尚未完全厘清，缺乏高效协同与有效制衡。企业不规范排放冲击处理系统、运营方为控成本而牺牲运行质量等问题时有发生，使得整个系统的稳定性与潜在效能未能充分发挥。

4 构建工业园区集中式废气治理系统运行效能提升的实践路径

治理效能的提升是一项系统工程，其实施路径应围绕“设计优化是基础，成本管控是保障，机制创新是动力，技术人才是支撑”的逻辑主线展开，确保各环节相互协同、互为支撑。具体实践路径如下：

4.1 推动系统优化设计与动态适应性改造

提升废气治理系统效能需要从根本上重构设计理念，将传统的“静态规模化”思路转变为“动态精细化”思维。这一转变的核心在于建立以精准预测与源强评估为基础的精准诊断体系。在园区规划阶段或企业引入前期，就必须对拟入驻企业的生产工艺进行深入分析，通过“产污系数法”、“物料衡算法”以及类比同类已建企业的历史监测数据，科学评估其潜在的特征污染物种类、产生速率以及浓度波动范围。这种基于前瞻性源强评估的设计，能够显著提高治理系统设计的科学性与适应性，有效避免“小马拉大车”或设备空转浪费等常见问题，为系统长期高效与经济运行奠定坚实基础。

设计过程中应当遵循“适度冗余、模块弹性”的原则，采用并联式、模块化的架构设计，使系统具备根据园区产业

实际发展情况进行分期建设与灵活调整的能力，避免一次性过度投资造成的资源浪费。对于已建系统，适应性改造是提升效能的关键环节，这需要在关键节点布设高精度在线监测与快速检测设备，实现对废气组分、浓度、流速等参数的实时感知与精准掌控。通过计算流体力学模拟技术对收集管网进行流场优化设计，可有效解决管路沉积、腐蚀及压力失衡等问题（如图1）。对核心处理单元的技术升级尤为重要，例如在吸附浓缩单元后耦合蓄热式催化燃烧系统，通过优化吸附剂再生周期与燃烧温度控制策略，实现能量回收效率最大化；针对生物处理单元，可采用复合填料层设计与菌群定向驯化技术，增强系统对冲击负荷的缓冲能力与对复杂组分的降解效率。这类改造使治理系统从僵化的基础设施转变为能够适应动态变化的有机整体。

本章提出以“动态精细化”思维重构系统设计，通过精准源强评估、模块化架构和适应性改造，旨在使治理系统从静态设施转变为能灵活响应生产波动的有机整体，奠定高效稳定运行的基础。

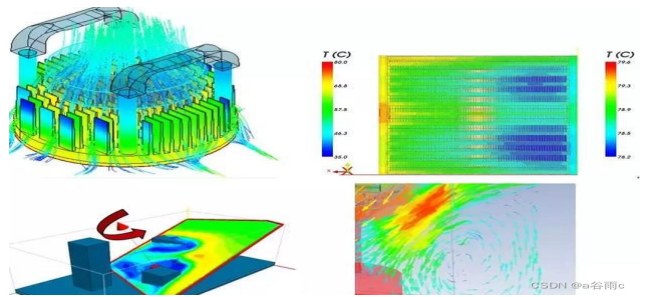


图1 计算流体力学模拟技术实时检测图

4.2 强化标准引领与全生命周期成本管控

除技术与管理创新外，建立高标准引领与精细化的成本管控体系，是确保治理效能持续提升的制度保障。园区应牵头制定严于国家或地方标准的集体性污染物排放标准与治理设施运行规范，从而从源头倒逼企业提升清洁生产水平与预处理效率，为集中治理系统创造稳定、优质的进气条件。不仅能降低末端治理的负荷与难度，更能塑造园区绿色、高端的整体品牌形象，吸引优质企业入驻。

在经济效益层面，必须将管理思维从追求“初始投资最低”转向“全生命周期成本最优”。园区管理机构应建立基于全生命周期成本模型的评估方法，在系统新建或改造的决策阶段，综合考量设备折旧、能耗、药剂、维护、人工等长期运营成本，而非仅仅比较初始建设投资。通过推行合同环境服务、能源费用托管等创新模式，将运营方的收益与系统长期运行的能效和稳定性挂钩，激励其采用高效节能设备和智慧运维策略。同时，建立公开透明的成本共担与收费机制，依据“污染者付费”的原则，根据企业排放废气的污染负荷与波动性实施差异化收费，对主动进行源头减排、预处理达标的企业给予费用优惠，共同推动系统在长达数十年的生命周期内实现环境效益与经济效益的最大化。