

# 工业区 VOCs 废气污染特征及治理技术优化研究

朱胜利

上海外高桥保税区环保服务有限公司 上海

**【摘要】**工业区挥发性有机化合物 (VOCs) 废气排放是城市大气污染的重要来源之一, 具有复杂的成分和显著的环境危害。本文系统分析了工业区 VOCs 废气的污染特征, 重点揭示其排放成分、浓度分布及季节变化规律。在此基础上, 评估了现有治理技术的效果与不足, 结合工业区实际排放特点, 提出了针对性治理技术优化方案。研究结果为提升工业区大气环境质量提供了理论支持和技术指导, 推动 VOCs 废气治理的科学化和高效化。

**【关键词】**工业区; VOCs 废气; 污染特征; 治理技术; 优化方案

**【收稿日期】**2025 年 5 月 6 日

**【出刊日期】**2025 年 6 月 13 日

**【DOI】**10.12208/j.jccr.20250022

## Research on pollution characteristics and governance technology optimization of VOCs exhaust gas in industrial zones

Shengli Zhu

Shanghai Waigaoqiao Bonded Zone Environmental Protection Service Co., Ltd, Shanghai

**【Abstract】** The emission of volatile organic compounds (VOCs) exhaust gas in industrial zones is one of the important sources of urban air pollution, with complex components and significant environmental hazards. This paper systematically analyzes the pollution characteristics of VOCs exhaust gas in industrial zones, focusing on revealing their emission components, concentration distribution, and seasonal variation patterns. On this basis, the effectiveness and shortcomings of existing governance technologies are evaluated. Combined with the actual emission characteristics of industrial zones, a targeted optimization scheme for governance technologies is proposed. The research results provide theoretical support and technical guidance for improving the atmospheric environmental quality of industrial zones, and promote the scientific and efficient governance of VOCs exhaust gas.

**【Keywords】** Industrial zone; VOCs exhaust gas; Pollution characteristics; Governance technology; Optimization scheme

### 引言

挥发性有机化合物 (VOCs) 作为重要的大气污染物, 广泛存在于工业区废气排放中, 成为影响城市空气质量和生态环境安全的关键因素。工业生产过程中多种工艺释放大量的 VOCs, 这些污染物不仅对人体健康构成威胁, 还参与大气光化学反应, 形成臭氧和二次颗粒物, 加剧区域污染问题。鉴于 VOCs 排放的复杂性和治理难度, 深入分析工业区 VOCs 废气的污染特征, 并结合实际排放状况优化治理技术, 已成为当前环境治理研究的重要方向。本文将通过系统的污染特征分析, 揭示工业区 VOCs 排放的成因和变化规律, 进而评估现有治理措施, 提出切实可行的技术优化方案, 旨在为工业区空气质量改善提供科学依据和技术支持。

### 1 工业区 VOCs 废气的污染特征分析

工业区挥发性有机化合物 (VOCs) 废气的污染特征具有明显的复杂性和多样性, 主要表现为成分种类繁多、浓度水平波动较大以及排放强度受工艺流程影响显著。VOCs 包括烷烃、芳烃、酮类、醛类等多种化学物质, 这些组分在工业生产中因原料、工艺差异表现出不同的排放特征。具体来看, 不同行业如石化、涂装、印刷和制药等, 其排放的 VOCs 组分比例及浓度呈现显著差异, 这直接影响了污染物的环境行为和治理难度。工业区 VOCs 排放受生产规模和设备运行状况影响明显, 季节性和日间变化规律也较为突出, 这与气象条件及生产周期密切相关。

工业区 VOCs 废气的浓度分布往往存在空间不均

衡现象,靠近排放源的区域污染水平较高,而远离源头的区域浓度则呈递减趋势。通过对典型工业区的监测数据分析发现,VOCs 浓度的高峰多集中于生产活跃时段,尤其是在设备开机和维护期间,排放强度会显著上升<sup>[1]</sup>。成分结构的复杂性也导致了废气中部分高反应活性的有机物对大气光化学反应的贡献较大,进而促进臭氧和二次有机气溶胶的生成,增加了环境治理的难度。部分 VOCs 成分具备较强的挥发性和易扩散性,扩散特性受风速、温度和大气稳定度等气象因素的影响较大,使得污染物在工业区内外扩散和沉降行为复杂多变。

综合污染特征的分析为 VOCs 治理技术的优化提供了重要依据。对污染组分的详细识别有助于精准确定控制重点,有针对性地选择适合的治理方法。对浓度分布和排放规律的理解则为治理设施的布局和运行调控提供参考,确保治理效果的最大化。深入挖掘工业区 VOCs 排放的内在联系和变化趋势,能够有效支持污染源管理和减排政策制定,从而提升整体大气环境质量。未来对污染特征的持续监测与动态分析将成为实现科学治理和技术升级的关键环节。

## 2 现有 VOCs 治理技术及其应用现状

当前工业区 VOCs 治理技术体系已逐渐形成多样化的发展格局,涵盖了物理法、化学法和生物法等多种处理手段。吸附法作为物理处理技术的代表,凭借其操作简便和适应性强的特点,广泛应用于废气中低浓度 VOCs 的回收与处理。活性炭吸附由于表面积大、孔结构丰富,成为工业区常用的吸附材料之一。活性炭的再生能力和使用寿命限制了其长期运行效率,需要结合其他技术协同应用以提升治理效果。冷凝法通过降低废气温度实现 VOCs 的冷凝回收,适用于高浓度气流的处理,但对设备能耗和操作条件要求较高。

化学法中,催化燃烧技术因其能够高效将 VOCs 氧化分解为二氧化碳和水而被广泛关注。催化剂的选择和反应条件的优化对提升催化燃烧的效率至关重要,尤其是在处理含芳香烃和卤代烃等难降解组分时表现出较高的处理性能。热力燃烧则适用于高浓度废气的深度处理,尽管能耗较大,但因其工艺成熟、处理彻底,仍然是工业区治理中不可或缺的手段之一。吸收法利用溶剂吸收废气中的 VOCs,适合含水量较高且浓度变化大的气体,近年来通过开发绿色环保溶剂和强化吸收技术,提升了处理效率和经济性。

生物法治理逐渐成为 VOCs 控制领域的新兴方向,利用微生物代谢特性实现有机污染物的降解,兼具环

保和节能优势。生物滤池和生物转盘等设备被广泛应用于低浓度、多组分 VOCs 废气处理。其运行稳定性和对环境友好的特点,使其在印刷、涂装等行业逐步推广<sup>[2]</sup>。生物法受限于微生物适应性、废气成分及温湿度条件,存在一定的应用局限性。现有治理技术在工业区应用中表现出各自优势与不足,技术的集成与优化成为提升治理效果的关键。未来,结合污染特征和排放规律,开发高效、低耗、适应性强的复合治理技术将推动工业区 VOCs 废气治理向更加科学化和智能化方向发展。

## 3 工业区 VOCs 治理技术存在的问题及挑战

工业区 VOCs 治理技术在实际应用过程中面临诸多技术和管理层面的挑战,这些问题直接制约了治理效果的提升与长效运行的实现。当前,治理设施普遍存在处理效率不稳定的问题,主要由于 VOCs 废气成分复杂且浓度波动较大,导致单一技术难以兼顾所有污染物的处理需求。复杂的有机物组分中含有多种难降解或高毒性的化合物,如芳香烃和卤代烃,使得传统催化燃烧和吸附技术在实际运行中出现催化剂中毒、吸附剂饱和等现象,增加了维护成本和运行风险。工业生产过程中排放量的不确定性也给治理系统的动态调节带来困难,常常导致处理过程中的能耗升高和二次污染问题。

设备运行维护方面,许多工业区的 VOCs 治理设施缺乏完善的监测与管理系统。监测技术的不完善使得排放数据难以实时获取和分析,导致对治理效果的评估滞后。部分企业存在设备运行不规范、维护不到位等现象,降低了整体系统的稳定性和处理能力。尤其是在小型或分散式工业区,治理设施的投资和运营成本较高,经济效益不明显,影响了技术推广的积极性。部分技术对环境条件较为敏感,如生物法对温度、湿度的依赖较强,在工业区复杂多变的环境中难以保持高效稳定运行。治理设备的自动化和智能化水平普遍较低,限制了对排放动态变化的快速响应和精准控制。

从政策和管理层面来看,工业区 VOCs 治理还面临法规执行力度不足和标准体系不完善的问题。现有环保政策多侧重于总量控制,对各类 VOCs 组分的分类管理和差异化治理支持不足,难以满足复杂工业排放的实际需求。监管手段相对滞后,缺乏针对具体工艺和排放特点的精准监管措施,使得部分企业存在“达标排放”表面现象,但实际减排效果有限。技术创新投入不足以及缺乏系统的技术集成与协同机制,也限制了治理技术的持续优化<sup>[3-7]</sup>。面对工业区 VOCs 排放特征

日益复杂和治理需求多样化的现实,亟需加强技术研发与应用推广,推动治理设备智能化升级,完善监测和管理体系,以提升治理的综合效能和可持续发展能力。

#### 4 基于污染特征的治理技术优化策略

针对工业区 VOCs 废气的复杂污染特征,治理技术的优化必须建立在对排放成分及浓度分布的深入理解基础之上。通过精准识别主要污染组分和关键排放源,可以实现治理技术的精准匹配,提升治理效率。针对高浓度且含有大量芳香烃和卤代烃的废气,应优先采用高效催化燃烧技术,结合选择性催化剂以降低能耗并延长催化剂寿命。对于低浓度、多组分且易挥发的 VOCs 废气,则适合采用吸附-热脱附复合工艺,通过周期性吸附和再生循环,提高废气处理的连续性和稳定性。优化工艺流程中应考虑废气的季节性变化和日变化规律,动态调整运行参数,确保治理系统在不同条件下均能保持较高的净化效率。

提升工业区 VOCs 治理技术的智能化和自动化水平,成为优化治理效果的关键途径。通过部署在线监测系统和高精度数据采集设备,可以实时掌握废气中 VOCs 的浓度变化、成分结构以及生产工艺的运行状态,为治理设施的精准调节提供可靠数据支持。结合大数据分析技术与数学模型预测,构建动态调控机制,实现对关键参数如温度、风量和催化剂活性等的自动化调整,极大提升系统对排放波动的适应能力和响应速度。推动多种治理技术之间的协同联动,诸如将吸附技术与生物法有机结合,催化燃烧技术与吸收技术相互补充,打造多级联动处理体系。这种复合型治理模式不仅能够有效应对工业区复杂多样的 VOCs 污染物,还能显著降低能耗和运营成本,提升治理系统的经济性与可持续发展能力。

在治理技术优化过程中,注重污染源头的管理和排放控制同样具有重要意义。通过改进工业生产工艺,减少 VOCs 的生成量,是实现持久减排的根本途径。具体措施包括优化生产流程,采用低挥发性或无害化的原材料配方,同时强化设备的密闭性和密封性能,以最大限度地降低废气中 VOCs 的初始浓度。推进废气处理设备的定期维护与技术升级,保障设备的高效稳定运行,避免因设备故障或性能下降导致的二次排放<sup>[8]</sup>。建立完善且高效的排放监测与管理体系统,结合实时监控数据推动环保标准的细化和动态调整,使治理措施更加科学合理。针对不同工业区的环境质量和排放

特点,制定差异化的排放控制策略,实现对 VOCs 污染的精准管理和综合治理,最终促进区域空气质量的持续提升和环境健康的保障。

#### 5 结语

工业区 VOCs 废气污染特征复杂多变,治理技术需针对性优化以提升治理效果。通过深入分析污染组分和排放规律,结合多种技术手段的集成应用,能够有效解决传统治理中存在的难题。智能化监测与动态调控的引入,为实现高效稳定运行提供技术保障。强化源头控制与管理,推动治理技术与生产工艺协同发展,是实现工业区大气环境质量持续改善的关键路径。未来,持续创新与完善治理体系,将助力工业区 VOCs 废气污染防治迈向科学化和高效化。

#### 参考文献

- [1] 张洁,李青.工业废气 VOCs 排放特征分析及高效净化技术研究[J].中国战略新兴产业,2025,(14):96-99.
- [2] 凌川,张建,吕伟剑,等.工业大气污染的治理工艺技术与预防措施分析[J].科技资讯,2025,23(01):185-187.
- [3] 龙文辉.浅析工业源 VOCs 气体污染治理工艺[J].清洗世界,2024,40(12):133-135.
- [4] 郑娇娇.工业涂装 VOCs 废气污染防治措施探讨[J].皮革制作与环保科技,2024,5(19):112-114.
- [5] 饶进.眉山市工业废气中 VOCs 废气排放分析与治理措施研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(16):124-126+135.
- [6] 汪艺梅.典型电子高分子材料喷涂线产生高浓度 VOCs 废气治理应用研究.重庆市,重庆市生态环境监测中心,2024-08-16.
- [7] 张裴.电子工业废气 VOCs 排放特征及防治对策探讨[J].清洗世界,2024,40(01):111-113.
- [8] 翟增秀,马波,王亘,等.典型工业污水站 VOCs 废气环境影响和健康风险评价[J].环境科学学报,2024,44(03):335-344.

**版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**