

# 环境工程视角下工业废气综合治理技术的创新与实践

刘淑敏

中勘冶金勘察设计院有限责任公司

DOI:10.32629/eep.v8i10.2918

**[摘要]** 随着工业化进程的加速推进,工业废气排放对大气环境质量及公众健康的影响日益凸显。传统治理技术在实际应用中普遍存在处理效率低、能耗高、易产生二次污染等问题,亟需发展高效、绿色的综合治理技术体系。本文基于环境工程视角,系统梳理了工业废气治理技术的最新进展,重点围绕多元协同治理、源头控制以及新材料应用等创新路径展开探讨。通过工艺流程优化与设备升级,实现了多组分废气的协同净化,显著提升了处理效率、降低了运行成本,并推动治理系统向智能化与绿色化方向发展。研究表明,将高效吸附、催化氧化及生物治理等技术有机结合,不仅能有效提高污染物的去除效率,还能促进资源的回收与循环利用。该技术体系为当前工业企业废气治理提供了理论依据与实践参考,对推动我国环境工程领域技术创新、改善空气质量及促进可持续发展具有积极意义。

**[关键词]** 工业废气治理; 环境工程; 多元协同治理; 新材料应用; 智能化; 绿色化

**中图分类号:** U491.9+2 **文献标识码:** A

## Innovation and Practice of Industrial Waste Gas Comprehensive Treatment Technology from the Perspective of Environmental Engineering

Shumin Liu

ZHONGKAN METALLURGICAL INVESTIGATION DESIGN & RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

**[Abstract]** With the acceleration of industrialization, the impact of industrial waste gas emissions on atmospheric environmental quality and public health is becoming increasingly prominent. Traditional governance techniques commonly suffer from problems such as low processing efficiency, high energy consumption, and susceptibility to secondary pollution in practical applications, and there is an urgent need to develop an efficient and green comprehensive governance technology system. Based on the perspective of environmental engineering, this article systematically reviews the latest developments in industrial waste gas treatment technology, with a focus on exploring innovative paths such as diversified collaborative governance, source control, and the application of new materials. Through process optimization and equipment upgrades, collaborative purification of multi-component exhaust gases has been achieved, significantly improving treatment efficiency, reducing operating costs, and promoting the development of intelligent and green governance systems. Research has shown that the organic combination of efficient adsorption, catalytic oxidation, and biological treatment technologies can not only effectively improve the removal efficiency of pollutants, but also promote resource recovery and recycling. This technology system provides theoretical basis and practical reference for the current industrial enterprise waste gas treatment, and has positive significance for promoting technological innovation in the field of environmental engineering, improving air quality, and promoting sustainable development in China.

**[Key words]** industrial waste gas treatment; Environmental engineering; Multi dimensional collaborative governance; Application of new materials; Intelligencization; greening

### 引言

随着我国工业化和城市化进程的持续加快,工业废气排放已成为影响城市空气质量、危害公众健康、威胁生态平衡的突出环境问题。据生态环境部监测数据,工业源排放的污染物占城

市大气污染物总量的60%以上,其中可吸入细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)、挥发性有机物(VOCs)、氮氧化物(NO<sub>x</sub>)等污染物长期超标排放,给大气环境带来沉重负担。

目前广泛应用的工业废气治理技术,如物理吸附、化学吸

收、催化氧化和生物处理等,在实际运行中普遍存在处理效率不稳定、能耗偏高、易产生二次污染等问题,难以满足日益严格的排放标准与环境保护要求。为应对多污染物共存、成分复杂的工业废气,并实现高效治理与能源节约,在环境工程领域不断涌现出创新技术路径,包括多技术协同治理、高性能材料开发、源头减排与工艺优化等。这些新方法已在多个工业场景开展试点,并取得初步成效。

大量研究表明,将高效吸附、催化氧化与生物处理等工艺进行系统集成,不仅能显著提高污染物的整体去除率,还可实现部分组分的资源化回收,并推动废气处理系统向智能化、自动化方向演进。本文旨在系统梳理工业废气综合治理的技术发展动态,结合实际工程案例,分析其应用路径与实施效果,以期为我国环境治理技术提升与工业绿色低碳转型提供参考。

## 1 工业废气排放现状与环境影响

### 1.1 工业废气类型与主要污染物

工业废气是工业生产过程中产生的主要气态排放物,其种类及化学组成因行业类别与工艺路线的差异而显著不同。常见的工业废气主要包括有机废气、酸性或碱性废气、颗粒物,以及含重金属废气与恶臭气体等。其中,有机废气主要来源于化工、涂装、石油炼制等行业,典型污染物包括苯、甲苯、二甲苯等苯系物及挥发性有机物(VOCs)。酸性或碱性废气则多产生于化工、冶炼等过程,主要污染物为二氧化硫( $\text{SO}_2$ )、氮氧化物( $\text{NO}_x$ )和氨气( $\text{NH}_3$ )等<sup>[1]</sup>。工业过程中排放的颗粒物主要以粉尘、烟尘等形式存在,在水泥、火电、冶金等行业中较为突出。含重金属废气及恶臭气体常见于冶金、垃圾焚烧、化学纤维制造等行业,此类废气不仅对生态系统具有显著的破坏性,也对人体健康构成直接的毒性或刺激性威胁。综上,工业废气成分复杂、危害多样,已成为当前环境工程领域废气治理的重点与难点。

### 1.2 废气排放对环境与健康的影响

工业废气排放对自然环境与人体健康构成严重且持久的危害。废气中含有的颗粒物、二氧化硫( $\text{SO}_2$ )、氮氧化物( $\text{NO}_x$ )、挥发性有机物(VOCs)等污染物进入大气后,易引发光化学烟雾与酸雨,导致土壤酸化、水体污染,进而破坏生态系统的稳定性。有害物质可通过呼吸、皮肤接触或食物链进入人体,长期暴露可能诱发呼吸系统疾病、心血管疾病,并增加癌症风险。此外,工业活动排放的大量温室气体加剧了全球气候变暖,不仅扰乱了自然气候平衡,也对人类生存环境造成深远影响。因此,有效控制工业废气排放,已成为保护生态环境与维护公共健康的关键任务。

### 1.3 现有治理技术存在的问题

传统工业废气处理技术在实际应用中普遍存在若干缺陷。其中最为突出的问题是处理效率偏低,难以应对成分复杂多变的废气,导致净化效果不理想、运行成本居高不下。部分工艺在净化过程中还会产生二次污染物,进一步加重环境负担。此外,传统方法普遍缺乏智能调控能力,难以适应废气排放浓度与流量的动态变化,无法满足当前工业向高效、绿色、低碳转型的发展

要求。这些技术瓶颈制约了废气治理效果的持续提升,也为环境保护工作的深入推进带来了显著挑战。

## 2 综合治理技术的创新发展路径

### 2.1 多元协同治理模式

多元协同治理是应对复杂工业废气的关键策略,其核心在于将多种处理技术系统集成,以实现最优的净化效果。该方法针对工业废气成分复杂、多污染物共存的特性,通过将高效吸附、催化燃烧、生物降解等技术进行优化组合,形成一套完整的梯级治理工艺,从而显著提升整体处理效率。

具体而言,通常先采用高效吸附技术捕集废气中的颗粒物和部分气态污染物;随后利用催化燃烧技术将挥发性有机物等组分高效分解;最终通过生物降解过程处理残余的、可生物降解的污染物。通过这种多技术协同的路径,能够在同一系统内实现对多种污染物的同步深度净化。该模式充分发挥了各类技术的优势,弥补了单一工艺的局限性,在显著提高污染物去除率的同时,有效降低了能耗并避免了二次污染,为复杂工业废气的治理提供了切实可行的解决方案,已在多项工程实践中取得显著成效<sup>[2]</sup>。

### 2.2 源头控制策略与流程优化

源头控制与流程优化是工业废气综合治理的核心环节,其根本思路是通过技术和管理手段,在污染物产生之初即最大限度减少其排放量,从而减轻末端治理压力。实现清洁生产是其中的关键路径,具体措施包括采用低挥发性或环境友好型原料、优化燃烧工艺与工况等,从源头上显著降低废气中有害物质的含量。

针对不同行业的工艺特点,制定并实施有针对性的源头减排方案,可在污染产生的初始环节有效控制排放。此外,通过加强生产过程的密闭化管理、改进废气收集系统(如合理布置集气罩与管路),能够极大减少无组织逸散。同时,提高原料利用率、精准控制反应温度与压力等工艺参数,不仅有助于提升生产效率,也可使废气成分趋于简单、稳定,从而为后续净化环节创造更有利的条件,实现从源头到末端的全过程高效管控。

## 3 治理系统智能化与绿色化升级

### 3.1 工艺流程与设备智能化改造

工艺流程与设备的智能化改造是实现工业废气高效治理的关键路径。通过引入先进的自动化控制系统与数字化技术,可对废气处理过程进行实时监测与精准调控,从而显著提升治理效率、降低运行能耗。智能传感器与数据采集系统能够持续监测废气成分、浓度、流速等关键参数,为工艺调整提供科学依据。

结合人工智能与大数据分析技术,可进一步优化运行策略,实现设备的预测性维护与寿命延长。模块化与集成化的设备设计也简化了系统的安装、运行和维护流程,提高了操作便捷性与整体稳定性。智能化改造不仅有助于实现污染物减排目标,也为工业废气治理领域的数字化转型提供了切实可行的技术支撑,具有重要的现实意义。<sup>[3]</sup>

### 3.2 智能监控与自动调节技术

通过构建基于传感器网络与数据分析的智能监控系统,能够实时采集废气排放浓度、流速、成分等关键数据,并在检测到异常时自动发出预警。依托人工智能与大数据技术开发的自动调控功能,可根据设备实时运行状态,动态优化处理工艺参数,例如精准调节催化氧化温度、智能判定吸附材料再生或更换周期,从而确保废气处理系统持续处于高效、稳定的运行区间。该技术不仅显著降低了电能与化学药剂的消耗,节约了运行成本,还大幅提升了处理系统的响应速度与运行可靠性,为工业企业推进绿色生产、实现可持续发展提供了坚实的技术支撑。<sup>[4]</sup>

### 3. 3绿色化治理理念及资源循环利用

绿色化治理理念不仅追求降低能源消耗与避免二次污染,更注重将废气治理纳入循环经济体系,推动资源回收与净化过程深度融合。在实际处理过程中,通过高效回收废气中的有机组分,例如可回用的有机溶剂、稀有气体或可利用的化学原料,能够显著减少对原始资源的依赖,并减轻最终排放的环境影响。这种一体化策略不仅强化了治理系统的环境效益,也通过资源化产出创造了经济价值,从而实现环保目标与经济效益的协同共赢。

## 4 技术融合与应用成效

### 4. 1各类治理技术的协同净化效果

多种治理技术的组合在工业废气净化中展现出显著优势,各类技术通过功能互补形成协同增效。高效吸附技术利用高性能吸附剂,可快速富集气态污染物,尤其适用于低浓度废气的预处理;催化氧化技术借助高效催化剂,能将难降解有机物转化为无害物质,对复杂成分废气具有良好的适应性;生物治理技术则通过微生物代谢实现污染物的自然分解,具有绿色低碳、环境友好的特点。

在实际应用中,上述技术通过系统集成与工艺衔接,可实现颗粒物、挥发性有机化合物(VOCs)及酸性气体等多类污染物的同步深度去除。这种组合不仅显著提升了整体净化效率,也通过优化运行方式降低了系统能耗,从而推动工业废气治理向更高效、更可持续的方向发展。

### 4. 2污染物去除率与运行成本优化

工业废气综合治理技术通过多种方法的科学组合,在显著提高污染物去除效率的同时,有效降低了运行成本。高效吸附技术能够迅速捕集废气中的挥发性有机化合物(VOCs),随后结合催化氧化工艺将剩余难降解污染物彻底转化为水和二氧化碳等无害物质,从而大幅减轻环境污染。生物治理技术则提供了一种可持续的处理路径,其过程能耗低、运行稳定,能够分解废气中特定组分,并将其转化为可利用资源,提升了系统的循环经济价值。

通过工艺流程优化与设备升级,系统整体能耗与维护成本得以显著降低,延长了设备使用寿命,实现了长期稳定、经济高效的运行。这种技术集成策略不仅大幅提升了污染物的整体去除效果,还助力工业企业在有限成本下实现绿色生产目标,兼顾了环境效益与经济效益。<sup>[5]</sup>

### 4. 3推动工业企业可持续发展的实践价值

技术融合不仅提升了工业废气治理中污染物的去除效率、降低了运行成本,还通过资源回收与能源再利用增强了系统的循环经济价值。这一进程推动了环保技术的深入应用,为工业企业实现绿色转型和可持续发展提供了坚实可靠的技术保障。

## 5 结论与展望

本文从环境工程视角出发,系统梳理并探讨了工业废气综合治理技术的发展现状与工程实践路径。研究围绕多元协同治理模式,融合源头防控与新材料应用,实现了对多组分废气的同步高效净化,在显著提升处理效率的同时,有效降低了系统运行成本,为废气治理系统向智能化、绿色化方向发展奠定了坚实基础。

通过集成高效吸附、催化氧化、生物降解等技术,研究不仅显著提高了污染物的整体去除率,还促进了资源的回收与循环利用,为工业企业实施清洁生产提供了技术依据与方法支撑。尽管该技术体系已取得显著进展,但在复杂工况下的长期稳定运行、特殊污染物的高效去除、大规模工程化推广等方面仍面临挑战。此外,材料成本控制、系统集成优化等问题也需在未來开展更深入的研究与实践探索。

### [参考文献]

- [1]孙小军.环境工程大气污染中工业生产废气的危害及治理方法[J].经济技术协作信息,2021,(25):0127-0128.
- [2]杨秀娟刘春芳.环境工程中工业污水治理策略研究[J].市场周刊·理论版,2020,(54):0141.
- [3]靳育东.环境工程大气污染中工业生产废气的危害及治理方法探析[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2023,(03):0076-0078.
- [4]周聪.论环境工程当中工业废气污染的治理[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2020,(04).
- [5]尤涛.关于环境工程中的工业污水治理探究[J].电脑乐园,2022,(01):0025-0027.

### 作者简介:

刘淑敏(1986--),女,汉族,山东省郓城县人,硕士研究生,工程师,研究方向:环境污染治理。