

化工生产过程中挥发性有机物（VOCs）的治理技术探讨

刘庆利

天津市科密欧化学试剂有限公司 天津

【摘要】挥发性有机物（VOCs）是化工生产中常见的污染物，对环境和人体健康危害严重。本文探讨了化工生产过程中 VOCs 的治理技术，分析了吸附法、催化燃烧法、生物处理法等主流技术的原理、优缺点及应用现状。通过对比研究，提出了优化治理方案的建议，旨在为化工企业 VOCs 治理提供参考，促进绿色化工发展，推动行业可持续发展。

【关键词】挥发性有机物；化工生产；治理技术；吸附法；催化燃烧法

【收稿日期】2025 年 2 月 24 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 28 日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20250125

Discussion on the treatment technology of volatile organic compounds (VOCs) in the chemical production process

Qingli Liu

Than Jin KERMEL Chemical Reagent Co., Ltd., Tianjin

【Abstract】Volatile organic compounds (VOCs) is a common pollutant in chemical production, which causes serious harm to the environment and human health. This paper discusses the treatment technology of VOCs in the production process of chemical industry, and analyzes the principles, advantages and disadvantages of adsorption method, catalytic combustion method and biological treatment method. Through comparative research, the paper puts forward suggestions to optimize the governance scheme, aiming to provide reference for the VOCs governance of chemical enterprises, promote the development of green chemical industry, and promote the sustainable development of the industry.

【Keywords】Volatile organic compounds; Chemical production; Treatment technology; Adsorption method; Catalytic combustion method

引言

化工生产过程中挥发性有机物（VOCs）的排放已成为环境治理的重要难题。VOCs 不仅会导致大气污染，还会对人体健康产生严重危害，如引发呼吸道疾病、致癌等。随着环保要求的日益严格，如何有效治理化工生产中的 VOCs 排放成为亟待解决的问题。本文旨在探讨不同治理技术的适用性与优化方案，为化工行业的绿色发展提供理论支持和技术指导。

1 VOCs 治理技术概述

挥发性有机物（VOCs）治理是当前化工、制药、涂装等行业面临的重大环境挑战。随着环保要求的日益严格，VOCs 的治理技术也在不断发展和多样化。目前，主流的治理技术主要包括吸附法、催化燃烧法和生物处理法。吸附法是一种广泛应用的技术，其核心在于利用吸附剂对 VOCs 进行吸附^[1]。常见的吸附剂包括活

性炭、沸石等，这些材料具有较大的比表面积和良好的吸附性能，能够有效去除低浓度的 VOCs。吸附剂在使用过程中会逐渐饱和，需要定期更换或再生。吸附剂的再生过程往往较为复杂，且可能产生二次污染，这在一定程度上限制了吸附法的大规模应用。尽管如此，吸附法由于其操作简单、设备投资相对较低等优点，仍然在许多中小规模的 VOCs 治理项目中发挥着重要作用。

催化燃烧法是另一种高效的 VOCs 治理技术。该方法通过使用催化剂，在较低的温度下将 VOCs 氧化分解为二氧化碳和水。催化燃烧法具有处理效率高、无二次污染的优点，尤其适用于高浓度 VOCs 的治理。这种技术也存在一些局限性。催化燃烧设备的投资成本较高，需要专业的设计和安装。运行过程中需要消耗大量的能源来维持反应温度，这导致运行成本较高。催化剂在长期使用过程中可能会因为中毒、积碳等原因

而逐渐失活,需要定期更换,这进一步增加了维护成本^[2]。相比之下,生物处理法则是一种相对绿色环保的VOCs治理技术。它利用微生物的新陈代谢作用,将VOCs降解为无害物质。生物处理法的优点在于其运行成本低,且对环境友好,不会产生二次污染。这种技术也有明显的缺点。生物处理法的处理效率相对较低,对VOCs的种类和浓度要求较高,且反应速度较慢,处理时间较长。微生物的生长和代谢过程容易受到环境条件的影响,如温度、湿度、pH值等,这使得生物处理法在实际应用中需要严格控制操作条件。

在实际的VOCs治理过程中,需要根据具体的工况条件选择合适的治理技术。对于低浓度、大风量的VOCs排放,吸附法可能是一个较为经济的选择,尤其是在中小规模的企业中。而对于高浓度、小风量的VOCs排放,催化燃烧法则更具优势,尽管其设备投资和运行成本较高,但能够实现高效的VOCs去除。生物处理法则适用于处理一些易生物降解的VOCs,尤其是在对环境友好性要求较高的场合。还可以考虑将不同的治理技术进行组合应用,以实现优势互补。将吸附法与催化燃烧法结合,先通过吸附法对VOCs进行预处理,再利用催化燃烧法进行深度处理,这样既能降低设备投资和运行成本,又能提高治理效率。总之,VOCs治理技术的选择需要综合考虑排放源的特性、处理要求、经济成本以及环境影响等多方面因素,以达到最佳的治理效果。

2 主流治理技术分析

吸附法是一种广泛应用的挥发性有机物(VOCs)治理技术,其核心在于利用活性炭等吸附剂对VOCs进行吸附。活性炭因其巨大的比表面积和丰富的微孔结构,展现出强大的吸附能力,能够有效去除低浓度的VOCs,尤其适用于处理风量较大但浓度较低的废气。吸附剂在使用过程中会逐渐达到吸附饱和状态,此时需要进行再生处理以恢复其吸附性能。吸附剂的再生过程不仅复杂,而且成本较高,这在一定程度上限制了吸附法的大规模应用^[3]。吸附剂在长期使用过程中可能会吸附一些难以去除的杂质,导致其吸附效率逐渐降低,进而影响VOCs的治理效果。如何优化吸附剂的再生工艺,提高其使用寿命和吸附效率,是吸附法亟待解决的关键问题。

催化燃烧法是一种高效的VOCs治理技术,其原理是通过催化剂的作用,在较低的温度下将VOCs氧化分解为二氧化碳和水。这种方法具有处理效率高、无二次污染的优点,尤其适用于高浓度VOCs的治理。

催化燃烧法能够在相对较低的温度下实现VOCs的高效转化,大大减少了能源消耗和运行成本。催化燃烧法也存在一些挑战。该方法需要高温条件来维持反应的进行,这导致设备投资较大,运行成本较高。催化剂在长期使用过程中可能会因中毒、积碳等原因而逐渐失活,影响治理效果。催化剂的中毒通常是由于废气中存在一些杂质或重金属,这些物质会附着在催化剂表面,阻碍反应的进行。开发高效、稳定的催化剂,降低设备投资和运行成本,是催化燃烧法未来的发展方向。

生物处理法是一种绿色环保的VOCs治理技术,其原理是利用微生物的新陈代谢作用将VOCs降解为无害物质。这种方法具有运行成本低、对环境友好等优点,尤其适用于处理低浓度、易生物降解的VOCs。生物处理法通过微生物的自然代谢过程实现VOCs的降解,无需高温高压等苛刻条件,因此在运行过程中能耗较低^[4]。生物处理法也存在一些局限性。该方法的处理效率相对较低,反应速度较慢,处理时间较长。微生物的生长和代谢过程受环境条件的影响较大,如温度、湿度、pH值等。这些因素的变化可能会导致微生物的活性下降,进而影响VOCs的降解效果。如何优化生物处理工艺,提高处理效率和稳定性,是生物处理法需要解决的关键问题。

3 治理技术优化与组合应用

在挥发性有机物(VOCs)的治理过程中,单一技术的应用往往难以达到理想的治理效果。这是因为VOCs的排放具有复杂性,其成分多样、浓度波动大,且不同行业的排放特点各异。吸附法虽然操作简单、成本较低,但吸附剂饱和后需要再生或更换,且对高浓度VOCs的处理效率有限;催化燃烧法虽然高效,但设备投资大、运行成本高,且对低浓度VOCs的经济性较差;生物处理法虽然绿色环保,但处理效率低、适用范围有限。仅依靠单一技术难以全面应对复杂的VOCs治理需求。

为了克服单一技术的局限性,优化治理技术的组合成为一种有效的解决方案。将吸附法与催化燃烧法相结合,可以充分发挥两种技术的优势。在实际应用中,先利用吸附法对VOCs进行预处理,将废气中的VOCs浓缩并降低风量,从而提高后续催化燃烧的效率。这种组合不仅能够有效降低设备投资和运行成本,还能显著提高VOCs的去除率。生物处理法也可以与其他技术组合使用^[5]。在吸附法或催化燃烧法之前,利用生物处理法对易降解的VOCs进行初步处理,可以降低后续工艺的负荷,同时利用生物处理法的绿色环保特性,

减少对环境的影响。

通过优化治理技术组合,可以为化工生产中 VOCs 的治理提供更有效的解决方案。未来,随着环保技术的不断进步,组合治理技术将朝着更加高效、节能、环保的方向发展。一方面,需要进一步研究和开发新型吸附剂、催化剂和微生物菌种,以提高单一技术的性能;另一方面,应加强不同技术之间的协同作用,优化组合工艺的设计和运行参数^[6]。智能化控制系统的引入也将为组合治理技术提供有力支持,通过实时监测和调控,实现 VOCs 治理的精细化管理。总之,通过技术创新和工艺优化,组合治理技术将在 VOCs 治理领域发挥更大的作用。

4 结论与展望

化工生产过程中挥发性有机物(VOCs)的治理是实现绿色化工的关键环节。VOCs 不仅会导致大气污染,还会对人体健康产生严重危害,因此其治理对于化工行业的可持续发展至关重要。目前,吸附法、催化燃烧法和生物处理法是主流的治理技术,但它们各有优缺点^[7]。吸附法操作简单、成本较低,适合处理低浓度 VOCs,但吸附剂再生困难且存在二次污染风险;催化燃烧法处理效率高、无二次污染,但设备投资大、运行成本高;生物处理法绿色环保,但处理效率低、对 VOCs 种类要求高。选择合适的治理方案需要根据实际工况综合考虑。

为了提高 VOCs 的治理效果,单一技术往往难以满足复杂工况的需求^[8]。通过优化治理技术组合,可以实现优势互补。将吸附法与催化燃烧法结合,先利用吸附法对 VOCs 进行预处理,降低其浓度,再通过催化燃烧法进行深度处理,这样既能降低设备投资和运行成本,又能提高治理效率。生物处理法也可以与其他技术组合,利用其绿色环保的优势,降低后续处理工艺的负荷。这种组合治理方式在实际应用中展现出良好的效果,为 VOCs 治理提供了更多选择。

随着环保技术的不断发展,VOCs 治理技术将朝着高效、低成本、绿色环保的方向迈进。未来,开发新型高效吸附剂、催化剂和微生物菌种将成为研究的重点。新型吸附剂将具有更高的吸附容量和更长的使用寿命,同时降低再生难度和二次污染风险;高效催化剂将提高催化燃烧的反应效率,降低设备投资和运行成本;而新型微生物菌种将拓宽生物处理法的应用范围,提高

处理效率。通过优化治理工艺,结合多种技术的优势,将为化工生产中 VOCs 的治理提供更有力的技术支持,推动化工行业的可持续发展,助力实现绿色化工的目标。这不仅有助于改善环境质量,也将为化工行业的绿色发展奠定坚实基础。

5 结语

化工生产中 VOCs 治理是实现绿色化工的关键。当前,吸附法、催化燃烧法和生物处理法等主流技术各有优缺点,需根据实际工况灵活选择。未来,随着环保技术的不断进步,开发新型高效材料、优化治理工艺将成为 VOCs 治理的重要发展方向。这将为化工行业提供更有力的技术支持,助力 VOCs 治理朝着高效、低成本、绿色环保的方向发展,推动化工行业可持续发展,为环境保护和人类健康保驾护航。

参考文献

- [1] 肖景方,叶代启,刘巧,等.消费电子产品生产过程中挥发性有机物(VOCs)排放特征的研究[J].环境科学学报,2015,35(06):1612-1619.
- [2] 曹磊,陶亚南,赵蓓,等. 西咸新区秋冬季 VOCs 的污染源及健康风险评估 [J]. 环境监控与预警, 2025, 17 (02): 59-67.
- [3] 王炳西,崔阳,郭利利,等. 太原市夏季 O₃ 污染过程 VOCs 污染特征研究 [J]. 山西化工, 2025, 45 (02): 267-270.
- [4] 蒋轶伦,王达玮,杨晓东. 某钢厂炼焦区域环境空气中挥发性有机物特征与臭氧生成潜能 [J]. 宝钢技术, 2025, (01): 57-62.
- [5] 肖景方,叶代启,刘巧,等. 消费电子产品生产过程中挥发性有机物(VOCs)排放特征的研究 [J]. 环境科学学报, 2015, 35 (06): 1612-1619.
- [6] 吴明忠,李沛东,李璐. 储罐挥发性有机物冷凝回收工艺技术研究 [J]. 化工安全与环境, 2025, 38 (04): 46-50.

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/>

