

Reflections on Common Treatment Methods for Industrial VOCs Pollution

Guanxia Dong Xuan Luo

Zhenjiang Ecological Environment Science and Technology Consulting Center, Zhenjiang, Jiangsu, 212000, China

Abstract

With the acceleration of industrialization, industrial emissions of volatile organic compounds (VOCs) are increasing, posing serious threats to the environment and human health. VOCs is a class of volatile organic compounds, including benzene, formaldehyde, xylene, etc., which have potential pollution hazards to the atmosphere, soil and water. Therefore, the treatment of industrial VOCs pollution has become an important topic in the field of environmental protection. This paper discusses and analyzes the common treatment methods of industrial VOCs pollution. Through the study of the common treatment methods of industrial VOCs pollution, it can provide important reference and guidance for improving environmental quality and protecting human health for reference.

Keywords

industrial VOCs pollution; treatment method; measures

工业 VOCs 污染的常用处理方法思考

董关霞 罗璇

镇江生态环境科技咨询中心, 中国 · 江苏 镇江 212000

摘 要

随着工业化进程的加速, 工业挥发性有机化合物 (VOCs) 的排放量不断增加, 给环境和人类健康带来了严重威胁。VOCs 是一类具有挥发性的有机化合物, 包括苯、甲醛、二甲苯等, 它们对大气、土壤和水体都具有潜在的污染危害。因此, 对工业 VOCs 污染的治理成为当前环境保护领域的重要课题。论文就工业 VOCs 污染的常用处理方法进行了探讨和分析, 通过对工业 VOCs 污染常用处理方法的研究, 可以为改善环境质量、保护人类健康提供重要的参考和指导, 以供参考。

关键词

工业 VOCs 污染; 处理方法; 措施

1 引言

工业挥发性有机化合物 (VOCs) 污染是当前环境保护领域的重要问题之一。针对工业 VOCs 污染, 各种处理方法被提出并得到了广泛应用。这些方法涵盖了物理、化学和生物等多个领域, 包括吸附、氧化、生物降解等。不同的处理方法在工业 VOCs 污染治理中各具特点, 但也存在着各自的局限性。因此, 需要在实际应用中综合考虑各种因素, 选择最适合的处理方法。

2 工业 VOCs 污染概述

2.1 VOCs 的定义和特点

挥发性有机化合物 (Volatile Organic Compounds, VOCs) 是指在常温下易挥发的有机化合物, 其主要特点是在大气中能够迅速挥发并形成臭氧、臭氧前体物和光化学臭

氧前体物。VOCs 通常包括碳、氢和其他元素, 如氧、氮、氟等, 是一类极具活性的有机化合物。VOCs 的挥发性和活性使其在工业生产、交通运输、油漆涂料、溶剂、印刷、化工生产等过程中广泛存在。VOCs 的种类繁多, 包括但不限于苯、甲醛、二甲苯、甲苯、乙烯、丙烯等。这些化合物具有较高的挥发性和毒性, 对人体健康和环境造成潜在威胁。

2.2 工业 VOCs 污染的来源和影响

工业 VOCs 污染源头广泛, 诸如化工厂、印染厂、油漆厂等在生产过程中产生的废气排放中含有大量的 VOCs, 是工业 VOCs 污染的重要来源。机动车辆燃烧汽油和柴油时释放的尾气中含有大量的 VOCs, 尤其是一氧化碳、苯、烷烃等, 对大气环境产生直接影响。建筑工程、家具制造、汽车维修等行业使用的油漆涂料和溶剂中含有大量的 VOCs, 其挥发释放会导致室内和室外环境的污染。化学品的生产和储运过程中, 诸如石油化工、精细化工、农药生产等行业都会排放大量的 VOCs。

工业 VOCs 污染对环境和人类健康造成的影响十分严

【作者简介】董关霞 (1991-), 女, 中国辽宁营口人, 硕士, 从事环境管理研究。

重, VOCs 是造成大气污染的重要成分之一, 它们在大气中与氮氧化物反应形成臭氧和细颗粒物, 对空气质量造成直接影响。一些氯氟烃类 VOCs, 如氟利昂等, 具有破坏臭氧层的作用, 对地球的生态环境造成长期不可逆转的影响。VOCs 挥发后易在室内空气中富集, 长期暴露会引起头痛、头晕、恶心、眼睛刺激等不适症状, 甚至诱发严重的呼吸系统疾病和癌症^[1]。

2.3 研究现状和存在问题

目前, 针对工业 VOCs 污染的治理研究已取得了一定进展, 但仍存在一些问题: 尽管有吸附、氧化、生物降解等多种处理方法, 但其中大部分技术在实际应用中存在着效率低、成本高等问题, 需要进一步改进和优化。由于 VOCs 的种类繁多、含量低、排放方式复杂, 因此其治理难度较大, 特别是在工业生产过程中 VOCs 的排放量难以准确监测和控制。工业废气中不仅含有 VOCs, 还可能伴随着其他污染物如颗粒物、氮氧化物等, 多污染物共存使得治理工艺更加复杂。尽管 VOCs 污染已引起广泛关注, 但在一些新型 VOCs 的检测、治理技术等方面仍存在研究空白, 需要加强相关研究和技术攻关。

3 工业 VOCs 污染的常见物质及特性分析

3.1 主要工业 VOCs 污染物质

工业 VOCs 污染物质种类繁多, 涵盖了多个化学类别的化合物, 其中一些具有较高的挥发性和毒性。苯 (Benzene) 是一种无色透明的液体, 具有刺激性气味。苯主要用于有机合成和作为溶剂, 广泛应用于化工、石油化工、油漆涂料等行业。但长期暴露于苯中会引起骨髓抑制、免疫系统损伤以及白血病等严重疾病。

甲醛 (Formaldehyde) 是一种具有强烈刺激性气味的无色气体, 广泛用于制造树脂、涂料、胶水等。甲醛对眼睛、呼吸道和皮肤有刺激作用, 长期暴露可导致哮喘、过敏性疾病等健康问题。二甲苯 (Xylene) 是一种无色透明的液体, 常用作溶剂、清洁剂和油漆的成分。二甲苯对神经系统和肝脏有损害作用, 长期暴露可能导致头痛、头晕、恶心等症状。甲苯 (Toluene) 是一种无色液体, 常用于工业生产中作为溶剂、清洗剂和原料。甲苯具有麻醉作用, 长期接触可能导致中枢神经系统损伤和肝脏损伤。乙烯 (Ethylene) 是一种无色气体, 常用于工业生产中作为原料和催化剂。乙烯具有强烈的刺激性气味, 长期暴露可能引起呼吸系统和皮肤的刺激症状。

3.2 污染物质的特性分析

工业 VOCs 污染物质具有一系列特性, 这些特性直接影响了其在环境中的行为和影响程度: 工业 VOCs 污染物质具有较高的挥发性, 能够在常温下迅速挥发至大气中。这使得它们易于在空气中扩散和传播, 增加了其对环境和人体健康的风险。许多工业 VOCs 污染物质具有较高的毒性, 能够

对人体的呼吸系统、中枢神经系统和肝脏等造成不同程度的损害。长期接触或暴露可能导致严重的健康问题, 甚至致癌。工业 VOCs 污染物质在水中具有一定的溶解性, 因此可能会污染地下水和地表水资源, 对水体生态系统和人类用水安全造成影响。部分工业 VOCs 污染物质具有氧化性, 在大气中与氧气、氮氧化物等物质发生反应, 生成臭氧等有害物质, 加剧大气污染问题。一些工业 VOCs 污染物质具有较高的化学稳定性, 在环境中能够长时间存在而不易降解, 增加了其治理的难度和成本。

4 工业 VOCs 污染的常用处理方法

VOCs 污染治理常用技术如图 1 所示, 主要分为回收技术和销毁技术, 根据技术采用的原理, 有物理处理、化学处理以及生物处理方法三类。

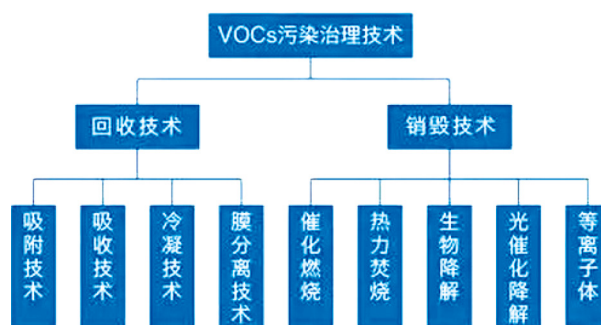


图 1 VOCs 污染治理常用技术

4.1 物理处理方法

4.1.1 吸附

吸附是一种常用的工业 VOCs 污染物处理方法, 其原理是利用吸附剂将气相中的 VOCs 吸附到其表面上, 从而实现污染物的去除。常用的吸附剂包括活性炭、分子筛、硅胶等。吸附剂的选择需考虑到 VOCs 的种类、浓度、湿度等因素。吸附方法简单易行, 操作成本低, 但需要周期性更换或再生吸附剂, 且对 VOCs 的吸附效率受到温度和湿度等条件的影响。

4.1.2 凝结

凝结是通过降低气相中 VOCs 的温度以使其凝结成液体, 从而达到去除的目的。通常采用的凝结方法包括冷凝和压缩凝结两种。冷凝通过降低气相温度至其饱和点以下, 使 VOCs 凝结成液滴, 然后进行收集处理。压缩凝结则是通过增加气相中 VOCs 的压力以提高其饱和蒸气压, 从而使其凝结成液体。凝结方法对 VOCs 的净化效率高, 但操作成本相对较高, 且需要处理凝结液的后续处理。

4.1.3 膜分离

膜分离是利用半透膜将气相中的 VOCs 与其他气体分离的方法。常见的膜分离技术包括膜吸附、膜渗透和膜蒸发等。膜分离方法具有操作简单、设备占地少、能耗低等优点, 但其对 VOCs 的分离效率受到膜的选择和操作条件的影响,

并且需要对废气进行预处理以避免膜的堵塞和破坏。图2为膜分离技术原理示意图。

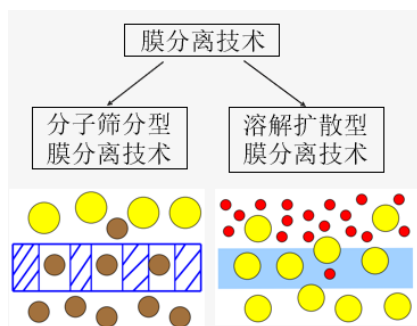


图2 膜分离技术示意图

4.2 化学处理方法

4.2.1 氧化

氧化是通过氧化剂将 VOCs 氧化成无害物质的一种常见化学处理方法。常用的氧化剂包括氧气、臭氧、过氧化氢等。氧化方法主要包括热氧化、光氧化和催化氧化等。热氧化是将 VOCs 加热至高温，与氧气反应生成二氧化碳和水等无害物质^[2]。光氧化则是利用紫外光或可见光催化氧化 VOCs，具有高效、低能耗的特点。催化氧化是在催化剂的作用下促使 VOCs 与氧气反应，降低氧化反应的温度和能耗。

4.2.2 还原

还原是将 VOCs 中的氧化物还原成较低价态的过程，以降低其毒性和挥发性。常见的还原方法包括还原反应和氢化反应。还原反应利用还原剂将 VOCs 中的氧化物还原为低价的化合物，如将醛酮类还原成醇类。氢化反应则是在催化剂的作用下利用氢气将 VOCs 中的双键或三键还原为饱和化合物。

4.2.3 催化

催化是利用催化剂促使 VOCs 与其他物质之间发生反应以实现污染物去除的方法。常见的催化方法包括催化氧化、催化还原和催化裂解等。催化氧化利用催化剂将 VOCs 氧化为无害物质，具有高效、低能耗的优点。催化还原是在催化剂的作用下将 VOCs 还原为较低毒性的化合物。催化裂解则是将 VOCs 在催化剂的作用下分解成较简单的分子，降低其挥发性和毒性。

4.3 生物处理方法

4.3.1 生物降解

生物降解是利用微生物将 VOCs 降解为无害物质的一种常用方法。微生物通过吸附、分解、代谢等过程将 VOCs 降解为二氧化碳和水等无害物质。生物降解方法具有操作简单、成本低、无二次污染等优点，但对微生物的适应性和稳定性要求较高。

4.3.2 生物滤池

生物滤池是利用生物滤料和微生物将 VOCs 降解为无

害物质的一种处理方法。废气通过生物滤料层，微生物在滤料表面附着并降解 VOCs，最终产生二氧化碳和水等无害物质。生物滤池具有处理效率高、能耗低、操作稳定等优点，但对生物滤料和微生物的选择和管理要求严格^[3]。

4.3.3 生物过滤

生物过滤是将废气通过富含微生物的填料层，微生物在填料表面附着并降解 VOCs 的一种处理方法。生物过滤器结构简单，操作成本低，具有良好的处理效果，但需要定期更换填料和管理微生物群落，以维持处理效率。

5 多重工艺组合在工业 VOCs 污染治理中的应用

工业 VOCs 污染治理常采用多重工艺组合的方式，即将两种或多种不同的处理方法结合起来，以提高污染物的去除效率、提高处理稳定性和降低成本。多重工艺组合的优势主要体现在以下几个方面：不同的处理方法具有不同的优势和适用范围，通过多重工艺组合，可以充分发挥各种处理方法的优点，提高污染物的去除效率。例如，将吸附与催化氧化相结合，可以在吸附剂上将 VOCs 浓缩后再进行氧化降解，从而提高处理效率。单一的处理方法可能受到气候条件、废气成分变化等因素的影响，处理效果不稳定。而多重工艺组合能够通过相互补充和配合，提高系统的稳定性和鲁棒性，保证长期稳定的治理效果^[4]。通过合理的多重工艺组合，可以有效降低治理系统的运行成本和能耗，提高资源利用效率。例如，将生物处理与物理或化学处理方法相结合，可以减少废气处理设备的尺寸和能耗，降低运行成本。不同的处理方法适用于不同类型和浓度的污染物，通过多重工艺组合，可以满足不同工业废气的处理需求。

6 结语

综上所述，在未来的工作中，我们还应注重加强环境监测和管理，建立健全的法律法规体系，促进企业加强自主管理和技术创新，共同推动工业 VOCs 污染治理工作取得更大的成效。只有通过持续不断地努力，才能实现工业 VOCs 污染的有效治理，为建设美丽中国、构建人类命运共同体做出积极贡献。

参考文献

- [1] 韦炜.工业源VOCs污染治理存在的问题及解决对策[J].中国科技投资,2019(10):235.
- [2] 张永洁.浅谈工业有机废气(vocS)的污染治理技术和方法[J].商品与质量,2018(22):220-221.
- [3] 赵梓舒,左欣,赵丹,等.VOCs末端治理技术进展及在燃煤电站烟气净化的应用思考[J].洁净煤技术,2022(2):28.
- [4] 许永超.固定污染源挥发性有机物管控策略的思考[J].污染防治技术,2023,36(2):18-21.