

Research on the Control Measures of VOCs Pollution in Urban Atmospheric Environment

Tao Jia

Inner Mongolia Autonomous Region Industrial Technology Innovation Center (Inner Mongolia Autonomous Region Science and Technology Testing and Experiment Center), Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China

Abstract

Volatile organic compounds (VOCs) are prevalent pollutants in urban air pollution and serve as key precursors for ozone and secondary fine particulate matter formation. Strengthening VOC control measures is essential for protecting atmospheric environments, embodying the principle of “harmonizing economic prosperity with ecological sustainability” and aligning with global sustainable development goals. This issue demands urgent attention. Based on local conditions, effective optimization of urban VOC pollution control strategies should integrate source prevention, process management, end-of-pipe treatment, and smart monitoring systems. Such measures ensure targeted and feasible approaches, enhance governance efficacy, safeguard air quality, and advance sustainable development.

Keywords

city; atmospheric environment; VOCs control; implementation path

城市大气环境中 VOCs 污染的治理措施研究

贾涛

内蒙古自治区产业技术创新中心（内蒙古自治区科学技术检测实验中心），中国·内蒙古 呼和浩特 010010

摘要

挥发性有机物是城市大气环境污染中十分常见的污染物质，也是臭氧和二次细颗粒物生成的核心前体物，加强挥发性有机物的治理可以更好地保护大气环境，这是“既要金山银山，又要绿水青山”理念落地的应有之义，同时也符合人类社会的可持续发展需求，必须引起关注和重视。可结合地方实际情况通过源头防控、过程管控、末端治理、智慧监督等多种方法来对城市大气环境中挥发性有机物污染治理措施作出有效优化和调整，保障治理策略的针对性、可行性，提高治理成效，维护大气环境质量，践行可持续发展理念。

关键词

城市；大气环境；VOCs治理；落实路径

1 引言

经济社会的迅速发展以及人们素质的不断提升使得现阶段人们逐渐认识到关注环境保护是十分必要的，这和人类社会的可持续发展、人们的身体健康密切相关。而在大气环境保护中挥发性有机物作为常见污染物质，也是影响空气质量的重要因子，在这样的背景下加强挥发性有机物治理是十分必要的，可从如下几点着手，提高治理能力和治理成效。

2 源头防控

源头防控是我国环境治理过程中必须着重引起关注和重视的一项内容，可通过源头防控减少污染物质的排放，在保护生态环境的同时也可以更好地降低后续治理所需要消耗的成本和资源，一举多得。在挥发性有机物治理中也

需关注源头防控问题，最大化地减少挥发性有机物的产出，进而保护生态环境。而在 VOCs 源头防控上可抓住如下几个关键要点做出优化和调整。首先，可通过清洁原料替代技术的有效应用减少 VOCs 的产生。这就需要根据不同产业的产业特性及 VOCs 排放特质具体问题具体分析，需注意包装印刷、汽车制造、家具涂喷等相应行业都是 VOCs 排放的重点行业，可通过清洁原料替代传统高挥发有机溶剂减少 VOCs 的排放，在此之后则需要根据行业特性做出针对性调整。如在汽车维修行业可通过水性涂料替代传统溶剂性涂料，在控制生产成本、保障生产效率的同时确保车漆品质并有效降低 VOCs 排放。再例如在包装印刷行业可通过水性油墨替代溶剂型油墨，达到 VOCs 减排的效果。当然不同行业的生产特性是存在鲜明差异的需坚持具体问题具体分析原则，根据不同行业的生产需求来做出优化和调整，如表 1 所示。

表 1: 不同行业原料替换方案

行业类型	传统高 VOCs 原料	清洁替代原料
汽车制造 (涂装)	溶剂型涂料、稀释剂	水性涂料、高固体分涂料
包装印刷	溶剂型油墨、甲苯稀释剂	水性油墨、UV 固化油墨
家具制造 (喷涂)	油性木器漆	水性木器漆、无溶剂漆
钢结构涂装	溶剂型防腐涂料	水性防腐涂料、粉末涂料

其次, 可通过产业结构优化及调整的方式淘汰落后产能。因生产结构、生产技术等相应因素影响, 在工业生产过程中很容易会出现 VOCs 污染, 而淘汰落后产能、推进产业集聚升级则可以大幅降低 VOCs 的排放体量。这就需要企业加强项目审核, 在项目分析的过程中除了需要充分考量不同项目所带来的经济效益以外, 还需要分析是否会出现较大的环境污染, 淘汰高污染、高排放项目达到 VOCs 减排的效果。在此基础之上可通过溶剂使用量减少和工艺升级在提高生产优势、保障生产质量的同时降低 VOCs 排放。例如在化工行业可通过连续化生产工艺替代间歇式生产减少物料周转过程中的无组织排放。在电子行业可通过无溶剂焊接技术应用来替代传统的溶剂清洗工艺, 进而减少 VOCs 排放^[1]。

3 过程管控

过程管控是 VOCs 污染治理的核心环节, 可通过过程管控减少因跑冒滴漏进而导致的 VOCs 环境污染问题。在过

程管控中首先需要紧抓化工园区、石化企业等相应排放重点企业的输送、装卸、存储环节。通过储罐低泄漏呼吸阀改造、密闭式装卸料、物料运输管道化等多种改进措施来有效避免物料存储、装卸、输送环节出现的 VOCs 无组织排放^[2]。在生产车间改造中则可通过局部排风罩、整体密闭罩等相应收集设施的应用提高 VOCs 的收集能力, 确保废气能够被集中处理。例如可以在精细化工企业的反应釜上方设置密闭集气罩, 减少 VOCs 逸散问题的出现。在此之后则需要根据 VOCs 特征物种的环境影响差异确定管控清单, 确定相应的治理策略, 通过靶向治理的方式保障治理效果。在管控清单建设中可设置三个等级, 一级为高风险高活性类别, 主要特征物种为乙烯、丙烯、甲苯, 可通过源头替代加密闭收集加高效末端治理的方式控制其排放浓度和去除效率。而二级则为中风险中活性, VOCs 特征物种包括乙酸乙酯、丙酮, 可通过清洁原料替代加过程密闭加末端治理等方式进行治理。具体管控等级、特征物种及治理要求如表 2 所示。

表 2: 不同管控等级的特征物种及治理措施

管控等级	特征物种示例	治理要求
一级 (高风险高活性)	乙烯、丙烯、甲苯	源头替代 + 密闭收集 + 高效末端治理
二级 (中风险中活性)	乙酸乙酯、丙酮	清洁原料替代 + 过程密闭 + 末端治理
三级 (低风险低活性)	甲醇、乙醇、丁醇	工艺优化 + 简单收集处理

4 末端治理

在 VOCs 污染治理中末端治理是最后一道防线也是研究的核心要点, 这将会直接影响 VOCs 是否会破坏生态环境。而现阶段可供借鉴和采用的 VOCs 末端治理工艺是相对较多的, 例如吸附 - 脱附 - 催化燃烧组合工艺、蓄热式热力焚烧技术、绿岛共享治理模式等等。吸附 - 脱附 - 催化燃烧组合工艺多应用于中低浓度、大风量的 VOCs 治理当中, 其净化效率较高且能耗较低, 在印刷、电子、家具等相应产业 VOCs 末端治理中得到了广泛应用, 可根据企业的实际情况来对治理体系作出适当调整。例如印刷包装公司则可通过构建湿式旋流喷雾吸收 + 干式过滤 + 活性炭吸附脱附 + 催化燃烧四级治理体系, 在 VOCs 治理中先借助湿式旋流喷雾和干式过滤完成颗粒物和可溶废气的清理工作, 然后借助活性炭对有机成分进行吸附和脱附, 最后对脱附气体进行催化燃烧, 满足废气排放标准。而这其中活性炭吸附脱附技术可以实现热能回用, 有效降低在末端废气治理上所需要消耗的成本和资源^[3]。

若 VOCs 废气属于高浓度废气且成分构成相对而言较为复杂, 这时则可以采用蓄热式热力焚烧技术。该项技术可通过高温完成 VOCs 的氧化分解, 将其转化为二氧化碳和水, 具有去除效率高且适应性强的特质。在蓄热式热力焚烧技术应用的过程中蓄热体的设计将会直接影响 VOCs 治理所耗成本和资源, 需结合实际情况通过蓄热体设计调整提高热回收效率, 进而降低系统能耗。例如, 可在化工园区使用预处理 + 蓄热式热力焚烧组合工艺, 利用局部收集系统和管道输送系统来完成废气的收集整合, 借助预处理单元去除废气中的颗粒物, 然后利用蓄热式热力焚烧工艺完成 VOCs 组分去除^[4]。

在末端治理技术分析和选择的过程中还需要充分考量的一点问题则是现阶段大多数中小型企业为 VOCs 排放的主力军, 但是这些中小微企业往往缺乏足够的成本和资源去购置先进的设备和仪器, 因此很容易会影响 VOCs 的去除效率。为更好地解决这一问题则可通过集约建设、共享治理的绿岛模式推广, 提高治污成效。可集中建设 VOCs 处理设施, 收集整合中小微企业排放的 VOCs 进行集中处理, 提高处理效率, 并有效降低治理成本。

5 智慧监管

在 VOCs 治理的过程中监管工作的有效落实可以更好地明确不同地区的实际情况,为管控措施的针对性优化提供更多的参考和借鉴。而在监管工作落实的过程中可借助物联网技术、大数据技术、遥感技术等相应现代化技术完善监测网络,提高监测效率,保障监测结果的准确性、真实性和可靠性,具体可从如下几点着手做出优化。首先应完善监测网络,借助无人机巡查、卫星遥感、地面监测站、固定源在线监测设备等多种监测设备实现全方位立体化监测,打造天地空一体化监测网络,配合人工智能技术和大数据技术完成多元数据整合分析,生成可视化图表,帮助相关单位更好地抓住重点与核心。同时也可借助监测网络的监测数据精准溯源,明确哪些工艺环节可能会产生大量的 VOCs 排放,提前发现问题,为解决问题提供信息参考和数据支撑^[5]。

其次,应建立快速响应和预警机制,进一步提高问题的发现能力和响应能力。可建立监测、预警、处置三级响应机制,尤其需要注意的是在预警机制建设的过程中应当明确不同等级的预警标准和预警方法配合人工智能技术提高预警能力。在借助监测设备及物联网技术远程监测不同地区 VOCs 排放情况以后,人工智能技术会自动判定监测数值处于哪一阈值范围内,然后启动对应的预警机制。一级预警可触发自动提醒,将预警信息发送给相关工作人员。二级预警则会联合部门启动技术会商,共同探讨分析如何解决问题。三级预警则需展开执法联动,由相应社会职能部门加强外力约束和规范,保证管理成效。

最后可通过建立治理档案的方式为后续精细化治理、针对性管控提供更多的信息参考和借鉴。针对于 VOCs 排放的重点企业可建立专项治理档案,明确不同企业的排放源、治理措施、监测数据和整改要求,由相应社会职能部门进行

一对一指导整改,要求相应企业严格按照规划要求落实整改工作。若整改不到位相关社会职能部门则可以依照相应法律法规进行处罚以此来提高整治力度。此外,相应社会职能部门还可发挥其规范、约束和引导的作用,通过政策文件的完善建立以奖代补、以减定奖的激励机制。对于能够有效降低 VOCs 排放体量、提高 VOCs 治理能力的企业可予以财政支持、税收优惠等相应的优惠政策,进一步调动相关企业的积极性和主动性,让相关企业自主根据企业的实际情况来优化生产流程创新生产技术,推动企业的升级转型和发展^[6]。

6 结语

在大气环境治理中 VOCs 治理是十分重要的一大板块,对于大气环境治理成效、人类社会可持续发展会起到至关重要的影响,必须引起关注和重视。可通过源头防控减少 VOCs 排放,配合过程管控和末端治理最大化地降低 VOCs 对环境所产生的影响。在此基础之上可通过监测体系优化提高监测预警管理能力和治理效果。

参考文献

- [1] 朱冰梅. 工业源挥发性有机物 (VOCs) 污染治理对空气质量的影响研究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6 (19): 102-104.
- [2] 胡益民,段玉环,郭腾蛟. 制药行业VOCs废气排放分析及污染治理措施研究 [J]. 山东化工, 2025, 54 (12): 199-202.
- [3] 汪易坤. 城市大气环境中VOCs污染特征及综合治理技术研究 [J]. 中国资源综合利用, 2025, 43 (04): 166-170.
- [4] 牛怀文. 中小城市大气环境污染成因及治理措施 [J]. 环境与生活, 2025, (Z1): 98-100.
- [5] 巩加芳. 城市大气环境污染成因及治理措施探析 [J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5 (02): 105-107
- [6] 刘文超. 基于新能源视角下城市大气环境污染现状及治理措施分析 [J]. 科学中国人, 2016, (29): 194.