

Research on Treatment Strategies for VOCs Pollution in Industrial Parks

Nan Zhao

Inner Mongolia Menghuan Ecological Judicial Appraisal Center, Hohhot, Inner Mongolia, 010000, China

Abstract

With the acceleration of the urbanization process, the social demand for industrial parks is constantly increasing, leading to the continuous expansion of the scale of the park. Some parks will emit a large number of volatile organic compounds, namely VOCs, in the production link, causing serious environmental pollution. Under this background, VOCs treatment in the park is very necessary. The management personnel of the park are required to pay more attention to the waste gas treatment, and to formulate appropriate solution strategies according to the actual situation of the park. This paper starts from the industrial park, analyzes the causes, source, composition and scale of VOCs, and analyzes the difficulties of waste gas treatment, so as to formulate targeted solutions, and reduce the impact on the environment while industrial development.

Keywords

industrial park; VOCs governance; environmental protection

工业园区 VOCs 污染的处理对策研究

赵楠

内蒙古蒙环生态司法鉴定中心, 中国·内蒙古 呼和浩特 010000

摘要

随着城市化进程的加快, 社会对于工业园区的需求不断提升, 导致园区规模不断扩大。而部分园区在生产环节会排放出大量的挥发性有机化合物, 即VOCs, 造成严重的环境污染, 此背景下, 园区VOCs治理就十分必要。就要求园区管理人员加强对废气治理的重视, 根据园区实际状况, 制定合适的解决策略。论文从工业园区入手, 分析VOCs产生的原因、源头、成分以及规模等, 并且分析废气治理的难点, 从而有针对性地制定解决策略, 在工业发展的同时降低对环境的影响。

关键词

工业园区; VOCs治理; 环境保护

1 引言

工业园区是一个国家或区域的政府根据自身经济发展的内在要求, 通过行政手段划出一块区域, 聚集各种生产要素, 在一定空间范围内进行科学整合, 提高工业化的集约强度, 突出产业特色, 优化功能布局, 使之成为适应市场竞争和产业升级的现代化产业分工协作生产区。VOCs 则是指挥发性有机化合物, 具有较强的挥发性, 很容易导致严重的大气污染。此背景下, 园区管理人员就需要加强对挥发性有机化合物的研究与分析, 对其性质现状进行研究, 然后通过引进先进设备, 学习先进技术以及人员意识培训等手段, 制定合适的治理策略, 规避园区废气对大气环境的影响。

【作者简介】赵楠(1988-), 女, 中国内蒙古呼和浩特人, 本科, 工程师, 从事环境工程、环境影响评价等环保领域相关工作的研究。

2 工业园区 VOCs 污染概述

2.1 概念

VOCs(挥发性有机化合物)是指一类容易蒸发进入空气的有机化合物, 广泛存在于工业园区、交通运输、建筑、家庭等多个领域。工业园区由于其集中的生产活动, 往往成为 VOCs 污染的重要源头, 主要的 VOCs 污染源包括石化、化工、涂料、印刷、汽车制造等行业^[1]。VOCs 不仅对环境产生污染, 还对人体健康构成危害, 因此在环境保护中, VOCs 治理是一个亟须重视的问题。

2.2 污染来源

由于工业园区是大量化工企业的集成, 就导致工业园区 VOCs 污染的来源较多, 增加了处理难度, 主要包括以下方面: 首先, 化学合成、精细化学品生产、溶剂使用等过程中会导致挥发性有机物大量排放。特别是涂料、溶剂、清洗剂、油漆等的使用, 产生大量挥发性有机化合物。其次, 石油的炼制、天然气的提炼及化学品的运输中, VOCs 的排放

尤为显著。尤其是石油产品的储存、运输和装卸过程可能产生大量挥发性有机化合物。而且在生产过程中，常用的溶剂和添加剂会产生 VOCs。再次，涂装、喷漆、表面处理等过程中，使用的溶剂和涂料中含有大量 VOCs，尤其在车身涂装和家具制造中非常常见。最后，许多印刷过程（如油墨印刷、喷墨打印等）使用的溶剂会挥发成有机化合物。

2.3 VOCs 污染对环境的影响

工业园区作业环节，产生的挥发性有机化合物会对环境生态造成多方面的影响，主要体现在以下方面：首先是对空气质量的影响，VOCs 与氮氧化物（NO_x）在阳光照射下发生光化学反应，形成臭氧（O₃），并且臭氧是城市空气污染的重要成分之一，属于二次污染。臭氧浓度过高会导致“光化学烟雾”，并对人体健康产生不利影响；其次是对人体健康的影响，长期接触高浓度 VOCs 可能对呼吸系统、神经系统、肝脏、肾脏等器官产生危害。例如，某些 VOCs 如苯、甲苯、二甲苯等被认为是致癌物，长期接触可能引发癌症或其他严重疾病；然后是温室效应：某些 VOCs（如甲烷、乙烯等）属于温室气体，它们的排放有可能加剧气候变化；最后则对生态系统的影响：高浓度的 VOCs 不仅会影响空气质量，还可能通过酸雨或地面臭氧等途径对水体、土壤以及植物造成损害，影响生态系统的稳定性。

3 工业园区 VOCs 污染治理的难点

工业园区中，由于其产品类型较多，生产环节排放出的挥发性有机化合物种类也就较多，一定程度上增加治理的难度，需要相关人员进行深入分析。

3.1 VOCs 排放种类和来源复杂

工业园区内不同企业的生产过程和原材料各异，导致 VOCs 的种类繁多，来源复杂。化工、涂料、油墨、塑料加工等行业使用的溶剂、涂料、清洁剂、催化剂等，都可能含有不同的挥发性有机化合物。而且不同 VOCs 的化学特性、挥发性、毒性和反应性差异很大，给统一的治理方案设计带来难度。这些多样化的排放源和复杂的污染物种类使得污染治理工作更加困难。

3.2 治理技术的适应性差

不同 VOCs 的处理方法和效率会因其物理化学性质的差异而有所不同。常见的治理技术如吸附法、催化氧化法、热力燃烧法和冷凝法等，各有优缺点。其中，适用于低浓度的 VOCs 气体，但对于高浓度气体的处理效果不佳，且需要定期更换或再生吸附剂，增加了运营成本；催化氧化法对于低浓度的有机废气处理效果较好，但催化剂容易中毒，处理过程需要精细调控，维护和更换催化剂也需额外投入；而热力燃烧法虽然高效，但能耗高，处理成本大，且对气流温度、湿度等的要求较为严格。由于工业园区内排放的 VOCs 种类复杂、浓度变化大，选择合适的治理技术往往非常困难，一定程度上制约治理的效果。

3.3 存在成本问题

VOCs 的治理往往需要较高的初期投资和持续的运营维护费用。尽管治理技术不断进步，但许多企业由于缺乏资金或成本控制的压力，往往对 VOCs 治理不愿投入过多资源，导致治理效果不理想。例如，高效的治理设备如催化燃烧炉、吸附塔等设备的购买、安装及运行成本较高，尤其对于中小型企业而言，经济负担较重。而且废气治理过程中需要消耗大量能源，如热力燃烧法和催化氧化法对温度要求高，会增加能源消耗，进而提高企业的运营成本。

3.4 排放监测和数据管理困难

VOCs 的排放量通常存在不确定性，且不同企业的排放标准与实际排放量可能存在较大差异。对于园区内多家企业的 VOCs 排放进行统一监测与管理，面临以下问题：一些 VOCs 具有较强的挥发性和较低的浓度，难以实时准确地监测其排放量。园区内多家企业共同存在 VOCs 排放，如何将各企业的排放数据集中收集和管理，以便及时发现超标排放并采取相应措施，是一个技术和和管理上的挑战。工业园区 VOCs 污染全过程控制如图 1 所示。



图 1 工业园区 VOCs 污染全过程控制

4 工业园区 VOCs 污染的处理对策

4.1 重视源头控制，实现清洁生产

园区废气治理环节，源头控制是最根本的污染治理方法之一。通过优化生产工艺、改进设备和材料，可以减少 VOCs 的产生。首先，要使用低 VOCs 或无 VOCs 的原材料，如低挥发性溶剂、水基涂料等；其次，要改进工艺流程，减少溶剂的使用量。例如，采用水性涂料替代溶剂型涂料，使用气动设备减少泄漏等；最后，可以通过自动化生产线、实时监控等技术，减少操作中的溶剂挥发。通过这些措施，可以从源头上降低 VOCs 的产生，减少后续的治理压力。

4.2 重视末端治理技术的优化与应用

工业园区治理环节，针对已经产生的 VOCs 废气，末端治理技术的选择与优化至关重要。第一，可以应用催化燃烧法，该技术适用于低浓度、大流量的 VOCs 废气。通过催化剂的作用，低温下就能促进 VOCs 的氧化反应，将其转化为无害物质（如水和二氧化碳）。该方法能源消耗较低，适合大规模应用。第二，可以引进热力燃烧法，该技术适用于

高浓度 VOCs 废气，尤其是在某些工业过程中 VOCs 浓度较高时。虽然处理效果好，但能耗较高，适合于高浓度、低流量的气体处理。第三，还可以使用吸附法，该技术通过吸附材料（如活性炭、分子筛等）将 VOCs 吸附，然后通过再生处理去除吸附的有机物。这种方法适合低浓度、波动较大的 VOCs 废气，但吸附剂的更换和再生需要投入一定的成本。第四，冷凝法的应用，通过降低温度，使 VOCs 凝结成液体。这种方法适用于浓度较高、沸点较低的 VOCs 废气，但需要低温设备，且能耗较大。第五，还有生物法，主要使用微生物分解 VOCs，是一种环保、低能耗的处理方式，但对废气中的 VOCs 种类和浓度要求较高，且设备建设和管理成本较高^[2]。而且实际应用环节，技术选择应根据 VOCs 的浓度、流量、组成、气候条件等具体因素来进行综合评估。

4.3 应重视多种技术的联合应用

由于 VOCs 废气成分复杂且变化大，单一的处理技术往往无法达到理想的治理效果。因此，工业园区可以考虑将多种技术结合起来，以实现协同治理。一是吸附+催化氧化，首先通过吸附法去除废气中的大部分 VOCs，再通过催化氧化进一步处理剩余的有机物；二是冷凝+热力燃烧，先通过冷凝法回收高浓度的有机液体，再通过热力燃烧法处理剩余气体；三是生物法+吸附，对于一些低浓度、有机成分简单的 VOCs 废气，先用生物法处理，再通过吸附法进一步净化。这种技术组合可以充分发挥各个技术的优势，提高 VOCs 的处理效率。工业园区 VOCs 监测体系如图 2 所示。



图 2 工业园区 VOCs 监测体系

4.4 重视排放监测与实时控制

VOCs 污染治理需要精确的排放监测与数据管理系统支持，通过实时监控排放源的 VOCs 浓度，可以及时发现超标排放并采取措

施，需要安装在线监测设备，使用高精度的在线监测仪器，实时监测园区内企业排放的 VOCs 浓度和种类^[3]。这些数据可以帮助园区管理者掌握污染源的动态变化，并制定相应的应对策略。另一方面，可以设计智能化控制系统，通过物联网技术与智能控制系统，对 VOCs 排放进行自动化管理。系统能够根据实时数据调整治理设备的运行状态，优化处理效果。

4.5 需要建立园区企业联合治理与共享平台

工业园区内的多个企业通常会有共同的环境污染问题，所以通过促进园区内企业间的合作，可以实现污染治理的协同效应。一方面，要建立共建共治共享机制，园区可以建立统一的 VOCs 治理设施或平台，减少重复投资，提高治理效率。例如，多个企业可以共享一套集中治理设施（如废气处理厂），分摊治理成本^[4]。另一方面，要加强园区内企业的环保意识，定期举办 VOCs 治理技术培训，提升企业自我治理能力，确保每个企业都能遵守环保规定，减少超标排放。

4.6 重视政策引导与激励机制的建立

政府应通过政策引导、法规制定和激励措施，促进工业园区内 VOCs 污染治理的落实。一是要制定和严格执行 VOCs 排放标准，定期更新相关环保法规，确保 VOCs 污染控制的及时性和有效性；二是要对采用先进 VOCs 治理技术的企业提供财政补贴或税收减免，鼓励企业投资环保设备；三是需要建立园区企业环保信用档案，对于排放超标的企业进行处罚，对于积极治理、达标排放的企业给予奖励和政策支持。

5 结语

工业园区 VOCs 污染治理是一项系统工程，需要从源头控制、技术应用、政策引导、企业合作等多个方面入手。通过实施多维度的对策，可以显著降低 VOCs 的排放，改善环境质量，实现可持续发展目标。同时，政府、企业和社会的共同努力也是确保治理措施有效落地的关键。

参考文献

- [1] 王镜云.工业影响下环境大气挥发性有机物(VOCs)污染特征、恶臭因子及健康效应探究[D].南京信息工程大学,2023.
- [2] 郝宇杭.工业园区天然气精细化工行业大气污染全过程防控研究[D].重庆工商大学,2021.
- [3] 徐欣腾.工业园区恶臭污染及源解析的研究[D].浙江大学,2021.
- [4] 张鹏.工业园区挥发性有机物污染治理措施[J].资源节约与环保,2021(2):77-78.