

# 挥发性有机物污染综合控制与治理

马冬怡

肇庆市环科所环境科技有限公司 广东肇庆 526040

**摘要:** VOCs 废气是指挥发性有机物, 根据 WHO (世界卫生组织) 定义, 挥发性有机化合物是指再常压下, 沸点 50°C ~260°C 的各种有机化合物。它们广泛存在于工业生产、交通运输、化学品使用等各个领域, 对环境和人类健康造成潜在威胁。为了保护环境和维护人类健康, 挥发性有机物污染的综合控制与治理成为一个重要的研究课题。鉴于此, 本文围绕挥发性有机物污染综合控制与治理展开探讨, 以期对相关工作者起到参考作用。

**关键词:** 挥发性有机物; 大气污染; 防治措施

随着全球环境问题的日益突出, 挥发性有机物的综合控制与治理成为一个重要的研究课题。在过去几十年里, 挥发性有机物的排放量不断增加, 导致空气质量恶化和大气环境污染。据统计, 挥发性有机物被认为是造成光化学烟雾、酸雨、地面臭氧等环境问题的主要原因之一。此外, 长期暴露于挥发性有机物污染环境中还会对人类健康产生严重影响, 包括呼吸系统疾病、神经系统损伤、免疫系统紊乱以及某些癌症的发生。因此, 挥发性有机物污染的综合控制和治理具有重要意义。本论文将对挥发性有机物的来源、影响以及综合控制与治理措施进行详细阐述, 以期对相关研究和实践提供参考。

## 一、挥发性有机物的主要来源

VOCs 污染源分为固定源和移动源两种。(1) 工业生产。工业领域是挥发性有机物主要的排放源之一。以煤、石油和天然气为燃料或原料的工业与它们有关的化学工业是挥发性有机物产生的三大重要来源; 当下许多工业企业生产过程中涉及使用含有挥发性有机物的溶剂, 如: 水性涂料、溶剂型涂料、胶粘剂、油墨、固化剂、稀释剂等, 这些物质在生产过程中会释放出挥发性有机物。(2) 交通运输。车辆尾气是挥发性有机物的重要来源之一。汽车和其他交通工具燃烧燃料时, 会产生挥发性有机物的排放, 尤其是汽油和柴油的燃烧会释放出大量的挥发性有机物。(3) 化学品使用。许多日常使用的化学品中含有挥发性物质, 如清洁剂、消毒水、香水等, 这些化学品在使用过程中, 挥发性有机物会释放到空气中<sup>[1]</sup>。(4) 家庭和商业活动。家庭和商业活动也是挥发性有机物的来源。烹饪、加热和燃烧过程中产生的蒸

气和烟雾中含有挥发性有机物。此外, 建筑和装修过程中使用的建筑材料和涂料也可能释放挥发性有机物。(5) 自然源。一些自然源 (例如植物) 也会产生挥发性有机物, 如松树脂、柑橘类水果的气味等这些物质通常具有芳香气味。上述是挥发性有机物的主要来源, 它们在不同领域和活动中广泛存在, 并对环境和人类健康造成潜在影响。因此, 需要采取措施来减少挥发性有机物的排放量并加强其综合控制与治理。

## 二、挥发性有机物的危害

挥发性有机物产生的危害主要体现在以下几个方面:(1) 大气污染。挥发性有机物是光化学烟雾和臭氧生成的前体之一。它们与氮氧化物在太阳辐射下发生反应产生臭氧, 导致空气质量恶化。高浓度的挥发性有机物还会造成可见的雾霾现象, 影响能见度。(2) 全球变暖。某些挥发性有机物也被称为温室气体, 如甲烷。这些气体能够吸收地球表面辐射的红外线, 导致地球温度上升, 加速全球变暖的过程。(3) 有毒性。某些挥发性有机物具有毒性, 对人体健康产生危害。长期接触高浓度的挥发性有机物可以引起头痛、眼刺激、呼吸系统不适、中枢神经系统受损等。(4) 臭氧层破坏。部分含氯或溴的挥发性有机物, 如氯氟碳化物(CFCs)和卤代烷类, 在释放到大气中后可破坏臭氧层。这会导致紫外线穿透增加, 对植物生长、动物生态系统和人类健康产生负面影响。(5) 室内空气污染。挥发性有机物在室内环境中也是一个重要的污染源。室内家具、装饰材料、清洁剂等释放的挥发性有机物会积聚在室内空气中, 长时间暴露可能导致呼吸道刺激、过敏反应和室内空气质量下降<sup>[2]</sup>。

### 三、挥发性有机物的预防途径

#### 1. 监测挥发性有机物

为了有效控制和治理挥发性有机物的污染，首先需要对其进行监测。以下是一些常见的监测方法和技术：（1）环境空气监测：通过在空气中设置采样点，使用空气采样器或袋式采样器收集空气样品，然后使用色谱仪等仪器分析样品中的挥发性有机物含量。这种方法可以定量评估空气中的挥发性有机物浓度水平，以及确定可能存在的污染源。（2）室内空气监测：室内空气质量检测可使用类似于环境空气监测的方法。通常会选择关键区域进行采样，如厨房、卫生间、办公室等。通过监测室内空气中的挥发性有机物含量，可以评估室内空气污染程度，并找出可能的污染源。（3）溶剂残留监测：在工业生产和化学品使用过程中，挥发性有机物溶剂常用于溶解固体或作为反应介质。监测溶剂残留可以通过对产成品或生产设备进行采样和分析来实现。（4）持续监测系统：持续监测系统利用自动化仪器和传感器，实时监测环境中的挥发性有机物浓度<sup>[3]</sup>。这种系统能够提供更频繁和准确的数据，帮助及早发现污染源和异常情况，并及时采取控制措施。

#### 2. 预报挥发性有机物

为了更有效地预防和控制挥发性有机物的污染，掌握挥发性有机物的预估排放量和分布是非常重要的。以下是一些常见的预报方法和技术：（1）模型预测：使用数学模型来预测挥发性有机物的排放量和分布是一种常见的方法。这些模型基于环境条件、工艺参数、化学反应等因素，通过对系统进行建模和求解，可以得到挥发性有机物的排放预测结果。这种方法可以帮助确定潜在的污染源和区域，并提前采取相应的控制措施。（2）统计分析：统计分析可以通过对历史数据的分析、物料相关资料来估算挥发性有机物的排放情况。通过收集和整理过去的监测数据和相关信息，利用统计模型和趋势分析方法，可以推断出未来挥发性有机物排放趋势和变化规律。这种方法适用于长期监测数据较为完备的情况下。（3）地理信息系统（GIS）：GIS 技术可用于将空间数据与挥发性有机物排放数据相结合，以预测挥发性有机物的空间分布<sup>[4]</sup>。通过建立环境特征、产业布局和污染源等数据的空间关联性，可以生成挥发性有机物的分布图像和热点区域。（4）模拟和预警系统：利用模拟和预警系统可以根据实时监测数据和气象预报等信息，预测挥发性有机物的

暴露风险和可能的污染事件。这些系统可以及时发出警报，并提供相关的建议和控制措施，以避免或减轻挥发性有机物造成的危害。

### 四、挥发性有机物的治理方法

在对挥发性有机物进行治理过程中，常用的治理手段与技术主要如下：

#### 1. 挥发性有机物回收技术

（1）吸收：利用吸收剂将挥发性有机物从气体中吸收到溶液中，实现回收。常用的吸收剂包括水、有机溶剂和化学溶液。这种方法适用于高浓度、高流量的挥发性有机物处理，如工业废气处理。（2）吸附：通过固定吸附剂将挥发性有机物从气相吸附到固相上，完成回收。常见的吸附材料有活性炭、分子筛和膜材料等。吸附可以进行物理吸附或化学吸附，具有高效、经济、可再生的特点。这种方法适用于低浓度、低流量的挥发性有机物处理，如室内空气净化。（3）冷凝：通过降低挥发性有机物气体的温度，使其冷凝成液体，然后进行回收。冷凝是一种常见的工业废气处理技术，可以利用冷却器、冷凝器等设备实现。这种方法适用于高温、高压的挥发性有机物处理，如炼油和化工过程中的废气处理。（4）膜分离：利用特殊的膜材料对挥发性有机物进行筛选和分离，使其从气体流中分离出来。常见的膜分离技术包括渗透蒸发、逆向渗透和纳滤等。膜分离具有高效、节能和易于操作的特点，适用于低浓度、高流量的挥发性有机物处理<sup>[5]</sup>。

这些挥发性有机物治理工艺在治理过程中可根据不同的污染源、排放条件和治理需求选择合适的方法进行应用。此外，还需要综合考虑成本、效益和环保要求，通过优化设计和管理，实现有效治理和资源利用，最大限度地减少挥发性有机物对环境 and 人类健康的影响。上述几种回收技术的优缺点见表 1。

表 1 各种 VOCs 回收技术的优缺点

VOCs 治理技术	优点	缺点
吸收	工艺简单、价格适当、投资成本低，并且可以处理低温度、高浓度以及数量大情况下的 VOCs 污染问题。	处理设备易被气体腐蚀，且伴有二次污染的可能性
吸附	VOCs 去除率高，不会出现二次污染，且可以进行自动化控制	具有有限的吸附剂吸附量，无法对高浓度以及有胶质杂质的 VOCs 进行处理
冷凝	可以回收高浓度、高沸点的 VOCs，且可作为其他辅助手段	需要消耗大量能量，处理成本高昂
膜分离	可以回收高浓度 VOCs，且不会造成二次污染情况	处理成本高昂

#### 2. 挥发性有机物销毁技术

除了回收挥发性有机物,有时需要对这些有机化合物进行彻底的销毁以防止其进一步造成环境和健康风险。以下是常用的挥发性有机物销毁技术:(1)热氧化:热氧化是将挥发性有机物暴露在高温条件下与氧气反应,通过化学或生物的技术使 VOCs 转化为二氧化碳、水以及氯化氢等无毒或毒性小的无机物,使其完全氧化为二氧化碳和水。这种方法适用于高浓度、高温度的挥发性有机物处理,如工业废气中的有机溶剂和 VOCs。(2)光催化氧化:光催化氧化利用光催化剂(如二氧化钛)和紫外光辐射,促使挥发性有机物分子发生氧化反应。这种方法具有高效、无二次污染的特点,适用于低浓度、低温度的挥发性有机物处理,如室内空气净化和水处理[6]。(3)等离子体处理:等离子体处理利用高温、高能量的等离子体环境,使挥发性有机物产生电离、激发和解离反应,最终转化为无害物质。这种方法适用于高浓度、高能量的挥发性有机物处理,如工业废气和废液处理。(4)生物降解:利用微生物的新陈代谢过程对多种有机物和某些无机物进行生物降解,可以有效去除工业废气中的污染物,该技术已大规模并成功地应用于控制气味,挥发性有机化合物和空气中的有毒排放。

### 3. 挥发性有机物组合处理技术

组合技术可以充分利用各个单一技术的优势,提高治理效率和效果,以此来有效控制和减少挥发性有机物对环境的污染。

以下是常用的挥发性有机物组合处理技术:(1)吸收-氧化:将挥发性有机物先通过吸收技术进行回收,然后将回收液进行进一步处理,如热氧化或光催化氧化,使有机物得到彻底分解。这种组合技术可以将挥发性有机物回收并销毁,同时减少对环境的影响。(2)吸附-膜分离:将挥发性有机物先通过吸附技术进行固定,然后利用膜分离技术进行分离和回收。吸附可以提高挥发性有机物的浓度,而膜分离可以实现高效的分离和回收。这种组合技术适用于低浓度、高流量的挥发性有机物处理。(3)吸附-生物降解:

将挥发性有机物通过吸附技术固定后,利用特定的微生物或酶进行生物降解。吸附可以提供适宜的环境条件和接触时间,促进生物降解的进行。这种组合技术适用于挥发性有机物的高效降解和资源利用[8]。(4)冷凝-热氧化:通过冷凝将挥发性有机物从气相中转化为液相,然后利用热氧化技术将液相中的有机物完全氧化为无害物质。这种组合技术适用于高温、高浓度的挥发性有机物处理,如工业废气中的有机溶剂和 VOCs。

## 五、结语

总而言之,挥发性污染物严重威胁着大气安全,对此,需要采取有效的措施针对挥发性污染物进行有效的防治,以此来降低大气挥发性污染物浓度,这样一来也能够保证大气环境的安全性,进一步促进人类能够依靠大气环境实现可持续发展的目标。

## 参考文献

- [1] 黄希. 取样技术在挥发性有机物污染土壤治理中的作用分析[J]. 环境与发展,2020,32(10):190-191.
- [2] 邓忆凯,韩彪,黄世友,何俊贺,潘翠. 挥发性有机物污染土壤修复技术研究[J]. 科技创新与应用,2020,(28):163-164.
- [3] 樊璠. 挥发性有机物污染环保治理新思路的探讨[J]. 皮革制作与环保科技,2020,1(14):32-35.
- [4] 于飞. 挥发性有机物污染及防治对策[J]. 低碳世界,2020,10(06):22+24.
- [5] 吴凯. 化工区域挥发性有机物污染控制[J]. 环境与发展,2020,32(03):49-50.
- [6] 王龚博,杨琳,于忠华,滕腾. 挥发性有机物污染防治探讨与分析[J]. 环境保护与循环经济,2019,39(10):27-29.
- [7] 赵冬利. 挥发性有机物污染治理对策研究[J]. 山西化工,2019,39(04):141-143+146.