

# Analysis of Volatile Organic Compounds (VOCs) Control Technologies in Atmospheric Environment

Xuezheng Lv<sup>1</sup> Xiangmei Dang<sup>2</sup>

1. Inner Mongolia Yuantong Hongsheng Environmental Protection Technology Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia, 014000, China

2. Inner Mongolia Ageri Environmental Engineering Consulting Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia, 014000, China

## Abstract

With the acceleration of the urbanization process and the development of industry, the types of pollutants in the air are constantly expanding, and the total amount is also gradually increasing, adding to the intensity and difficulty of air pollution control. In air pollutants, volatile organic compounds VOCs, as a common pollutant, has become the focus of the governance personnel, the relevant personnel need to deeply analyze the types and causes of volatile organic compounds, and on this basis to study the difficulties of governance, so as to choose the appropriate treatment strategy. This paper starts from the perspective of atmospheric environment governance, studies volatile organic compounds VOCs, combined with the characteristics of volatile organic compounds, treatment difficulties, discusses their commonly used treatment technology, hoping to provide some theoretical help for the treatment of VOCs.

## Keywords

atmospheric environment management; volatile organic compounds; environmental protection

# 试析大气环境中挥发性有机物 (VOCs) 治理技术

吕学正<sup>1</sup> 党香梅<sup>2</sup>

1. 内蒙古源通鸿盛环保科技有限公司, 中国·内蒙古 包头 014000

2. 内蒙古爱格瑞环保工程咨询有限公司, 中国·内蒙古 包头 014000

## 摘要

随着城市化进程的加快以及工业的发展, 空气中的污染物种类不断扩大, 总量也逐渐增长, 增加了大气污染治理的强度和难度。在大气污染物中, 挥发性有机物VOCs作为常见的污染物, 就成为治理人员关注的要点, 需要相关人员深入分析挥发性有机物的类型以及成因, 并且在此基础上研究治理的难点, 从而选择合适的治理策略。论文就从大气环境治理入手, 对挥发性有机物VOCs进行研究, 结合挥发性有机化合物的特点、治理难点等, 探讨其常用的治理技术, 希望可以为VOCs的治理工作提供些许理论帮助。

## 关键词

大气环境治理; 挥发性有机物; 环境保护

## 1 引言

挥发性有机物 (Volatile Organic Compound), 简称 VOCs。如果在气压 101.32kPa 下, 该化合物的沸点在 50°C ~250°C, 就是挥发性有机物。它们会在常温下以气体形式存在。按其化学结构的不同, 可以进一步分为八类: 烷类、芳烃类、烯类、卤代烃类、酯类、醛类、酮类和其他。所以在大气环境中, 挥发性有机物的污染一直是行业关注的要点。然而挥发性有机物具有易挥发的特点, 使得污染物很容易在大气中扩散, 一定程度上增加治理难点。此背景下, 就要求治理人员在大气环境中加强对挥发性有机物的重视与研究, 结合治理

需要, 引进先进的设备与技术, 实现对挥发性有机物的治理, 从而推动大气环境治理的实现。

## 2 挥发性有机化合物概述

### 2.1 概念

挥发性有机化合物 (VOCs) 作为一类在常温常压下能够挥发的有机化学物质, 通常来自溶剂、油漆、化学品、汽车尾气以及工业排放等来源, 能够对大气环境造成污染, 并且是生成臭氧和细颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>) 的前体物质, 对空气质量和人类健康有较大影响。因此, 其对大气环境造成严重影响, 对其进行治理就十分必要<sup>[1]</sup>。现阶段常见的治理技术主要包括吸附法、催化燃烧法、热力燃烧法、光催化氧化法、生物处理法、冷凝法、膜分离法以及化学吸收法等。

【作者简介】吕学正 (1984-), 男, 中国陕西宝鸡人, 本科, 副高工程师, 从事环境工程研究。

## 2.2 挥发性有机物的来源

大气环境中,挥发性有机物的来源较为广泛,包括以下几种:一是工业排放,化工、石化、涂料、油漆、溶剂等行业是 VOCs 的重要来源,常见的 VOCs 包括苯、甲苯、二甲苯等。二是汽车排放,汽车尾气是 VOCs 排放的重要来源之一,主要来自燃油的燃烧过程。三是建筑材料,如油漆、地毯、黏合剂、木材加工材料等,它们释放的 VOCs 成分在一定条件下挥发到空气中。四是自然来源,如植物和森林中会释放出挥发性有机物质(如萜烯类物质),但这些自然释放的 VOCs 通常较少对空气质量造成显著影响。五是还包括家居日常用品,如空气清新剂、清洁剂、杀虫剂等家居产品中含有的 VOCs。

## 2.3 挥发性有机物 VOCs 的种类

VOCs 种类繁多,一是苯类:如苯、甲苯、二甲苯等,这些物质常见于溶剂、涂料、清洁剂等;二是醛类:如甲醛、乙醛等,主要来源于建筑材料、家具、烟草烟雾等;三是烃类:如烯烃、芳烃等,通常来源于石油化工、汽车排放等;四是酮类:如丙酮、丁酮等,常见于溶剂、清洁剂等产品。挥发性有机物 VOCs 的类型与来源,详见表 1。

表 1 挥发性有机物 VOCs 的类型与来源

工业排放	化工、石化、涂料、油漆、溶剂等行业
汽车废气	燃油的燃烧过程
建筑材料	油漆、地毯、黏合剂、木材加工材料等
自然来源	植物和森林中会释放出挥发性有机物质
日常用品	空气清新剂、清洁剂、杀虫剂等

## 3 大气环境中挥发性有机物 VOCs 治理的难点

VOCs 治理在大气环境中至关重要,但是鉴于其来源较广而且成分复杂,实际治理环节就还存在一些难点,需要相关人员进行深入分析。

### 3.1 VOCs 种类繁多

VOCs 包括成百上千种化合物,它们的物理化学性质差异较大,如沸点、挥发性、反应性等。因此,不同类型的 VOCs 需要采用不同的治理技术,增加了治理过程的复杂性。

### 3.2 来源和分布复杂

VOCs 的来源广泛,涉及工业排放、交通运输、建筑涂料、溶剂使用、农业活动等各个领域。不同的来源在不同区域、时间段的排放量和成分也有所不同,导致治理工作难以统一和标准化。

### 3.3 低浓度且分布广泛

大气中 VOCs 的浓度通常较低,并且广泛分布在各个地区。低浓度使得直接捕集和治理变得更加困难,需要高效且低能耗的技术来处理这些分散的污染源。

### 3.4 治理技术和成本问题

目前常用的 VOCs 治理技术包括吸附法、吸收法、催化燃烧、光催化等,每种技术都有其优缺点。例如,催化燃

烧效率高,但成本较高且催化剂容易失效;吸附法成本较低,但处理量有限。选择合适的技术需要考虑治理效率、成本和维护等因素。

## 3.5 政策和监管难度

虽然很多国家已出台 VOCs 排放标准和法规,但由于 VOCs 来源多样且涉及多个行业,执行监管仍面临一定挑战。对 VOCs 的监测、数据收集和管理需要较高的技术支持和法规配合。

## 4 大气环境中挥发性有机物 VOCs 的治理技术

大气环境中挥发性有机化合物(VOCs)治理的技术多种多样,具体选择何种技术取决于 VOCs 的种类、浓度、排放源的特点以及经济性等因素。就需要相关人员深入了解各种技术,对技术的优缺点进行分析,以充分发挥技术的优势,实现对挥发性有机物的治理。

### 4.1 吸附技术

吸附法是通过物质(如活性炭、分子筛等)吸附 VOCs 的技术。适用于低浓度、大气量的污染源。吸附技术采用固体介质的吸附剂所具有微孔结构,将挥发性有机废气的吸附质吸附在表面,废气中的目标物质与主体得以分离。常见的吸附剂是活性炭和沸石。其中,活性炭吸附是最为常见的吸附技术。利用活性炭吸附挥发性有机废气,饱和之后活性炭脱离吸附进行再生,有机废气在吹脱之后开展催化燃烧,将挥发性有机废气的有害物质销毁,并转化成无害物质。再生的活性炭还能实施二次利用,活性炭的作用得到有效发挥。实际来看,吸附技术具有技术简单、操作方便、设备投资较少的优势。但是吸附剂需要定期再生或更换,处理能力有限,也需要相关人员合理应用。

### 4.2 吸收技术

吸收法通过液体(如水、醇类溶液)吸收气态 VOCs,将其转化为液态,从气相中去除。液体吸收技术是依据有机物相似相溶原理,采用沸点较高、蒸汽压较低的有机溶剂作为吸收剂,利用 VOCs 在吸收剂中溶解度或化学反应特性差异,使 VOCs 从气相转移到液相,然后对吸收液进行解吸处理,回收其中的 VOCs,同时使溶剂得以再生。实际来看,该技术不仅能消除气态污染物,还能回收一些有用物质,去除率可达到 95%~98%<sup>[2]</sup>。技术优点是投资少、运行费用低、工艺流程简单、吸收剂价格便宜,适用于中高浓度 VOCs 的治理,能够处理多种有机物。但是需要注意的是,相关人员需要考虑溶剂的选择和回收,溶剂可能会造成二次污染。

### 4.3 燃烧技术

燃烧技术主要包括催化烧以及热力燃烧等几种。其中,催化燃烧法通过催化剂在较低温度下促进 VOCs 的氧化反应,将 VOCs 转化为二氧化碳和水。作业环节,催化剂降低 VOCs 氧化反应的温度,减少能量消耗,达到去除效果。现阶段常见的燃烧技术主要包括直接焚烧炉、对流换热式焚

烧炉以及蓄热式焚烧炉。实际应用中,需参考待处理气体组分等诸多物理和化学性质来选用适宜炉型以及焚烧参数。实际来看,该技术的优点是高效、适用于高浓度 VOCs,能耗低。但是需要注意的是,催化剂的选择性和寿命有限,维护成本较高相关人员应合理应用。另一方面,热力燃烧法通过将 VOCs 加热至高温,使其氧化分解为二氧化碳和水。该技术通过燃烧温度将 VOCs 分解,通常需要将温度升高至 500℃~800℃<sup>[9]</sup>。实际来看,该技术在高浓度 VOCs 治理中的效果显著,适用于连续排放的污染源。但缺陷是能耗大,操作复杂,成本较高,需要相关人员合理应用。

#### 4.4 光催化技术

挥发性有机物治理环节,光催化技术也是常见的处理技术。光催化氧化法利用光催化剂(如 TiO<sub>2</sub>)在紫外线照射下催化 VOCs 氧化反应。紫外线光照下,催化剂激活,产生强氧化能力的自由基,将有机物氧化成 CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 及无机小分子物质,将 VOCs 氧化为无机物质。实际来看,该技术对 VOCs 降解率可达到 90%~95%。根据研究,该技术的优势是适用于低浓度 VOCs 污染,环境友好,能耗较低。缺点是处理效率受光照强度、催化剂性质等因素的影响,适用范围有限,要求相关人员合理应用。

#### 4.5 生物处理技术

近些年来,生物技术也逐渐应用到挥发性有机物的处理中,成为废气处理的关键一环。应用环节,有的微生物在污染物中有着较强的适应力,所以可以将有机物作为微生物的养料进行新陈代谢,从而降解挥发性有机废气中的化合物。在处理过程中,微生物的成长养分靠有机物,将挥发性有机废气中的有机物进行转化和分解后,形成水与二氧化碳,从而有效地将挥发性有机废气对大气环境带来的污染降低。这种方法通常应用于低浓度、有机物种类较为单一的污染源,具有无二次污染、运行成本低、能效高的优点。但是该技术对 VOCs 的种类和浓度敏感,适用于低浓度污染,反应条件苛刻。

#### 4.6 冷凝技术

冷凝法通过降低温度使 VOCs 从气态转化为液态,从而实现去除。该技术利用温度降低或压力增加使 VOCs 达到其凝结温度,将其从气相冷凝回收。冷凝技术针对一定浓度

下的有机蒸汽形成的挥发性有机废气,强行进行降温处理,以确保挥发性有机废气中的有机物蒸气浓度得到维持,饱和蒸汽气压比其组分分压值要低,从而将其组分凝结为液体,废气内的组分分压值得到减少,达到分离气体的目的。一般而言,冷凝技术具有诸多优势,主要适用于高浓度 VOCs 的治理,能够有效回收溶剂或有机物<sup>[4]</sup>。但需要注意的是,该技术的能耗较大,需要复杂的温控系统,技术性较强,需要专业的技术人员进行应用。

#### 4.7 等离子体技术

废气治理环节,等离子体技术通过高能电子、自由基等活性物质的作用,可以将 VOCs 分解成简单的无害物质,也成为挥发性有机物治理的关键技术。作业环节,该技术通过电场产生等离子体,使 VOCs 分子激发、解离、氧化,最终分解为水和二氧化碳等无机物质。作业环节,相关人员还可以引进低温等离子技术,低温等离子体法通过低温放电等离子体产生强氧化性自由基,然后利用低温等离子体产生的高能量电子和离子,使 VOCs 分解。实际来看,该技术能有效分解多种 VOCs,而且处理效率较高,十分适用于低浓度 VOCs,能处理多种有机污染物。但是设备成本较高,能量消耗较大,造成成本较高。

### 5 结语

综上所述,大气环境中,挥发性有机物 VOCs 作为常见的污染物,一直是造成环境污染的关键。所以,挥发性有机物的治理就成为社会发展的要点,要求相关人员深入分析挥发性有机物的来源以及特点,收集相关信息,并且合理选择治理技术,实现对环境的保护。

#### 参考文献

- [1] 房建.大气环境中挥发性有机物废气的环境监测及治理技术研究[J].皮革制作与环保科技,2023,4(24):59-61.
- [2] 王镜雲.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:南京信息工程大学,2023.
- [3] 康怡,贺亚楠.大气环境中挥发性有机废气污染特征与治理方案研究[J].环境科学与管理,2023,48(4):61-65.
- [4] 胡文聪.大气中VOCs的监测和治理技术现状及应用进展[J].黑龙江环境通报,2022,35(2):63-65.