

# 环境工程中的有机废气处理技术要点研究

吕敏娟

中环广源环境工程技术有限公司

DOI:10.32629/eep.v9i4.3141

**[摘要]** 有机废气是大气复合污染的核心前驱体,做好有机废气治理是环境工程建设的重要课题,明确有机废气的来源与危害并在此基础上合理应用活性炭吸附法、光催化氧化法、液体吸收法、低温等离子体法等相应技术方法对有机废气进行处理是十分必要的。相关单位应当引起关注和重视结合有机废气处理需求及不同技术的技术特点科学进行技术选择,提高技术应用成效。

**[关键词]** 环境工程; 有机废气; 处理技术; 污染治理

中图分类号: Q958.116 文献标识码: A

## Research on the Key Points of Organic Waste Gas Treatment Technology in Environmental Engineering

Minjuan Lyu

Zhonghuan Guangyuan Environmental Engineering Technology Co., Ltd

**[Abstract]** Organic waste gas is the core precursor of atmospheric composite pollution. Effective treatment of organic waste gas is an important issue in environmental engineering construction. It is necessary to clarify the sources and hazards of organic waste gas and apply corresponding technical methods such as activated carbon adsorption, photocatalytic oxidation, liquid absorption, and low-temperature plasma to treat organic waste gas. Relevant units should pay attention to and attach importance to the scientific selection of technologies based on the needs of organic waste gas treatment and the technical characteristics of different technologies, in order to improve the effectiveness of technological applications.

**[Key words]** environmental engineering; Organic waste gas; Processing technology; pollution control

### 前言

近几年来随着工业化、城市化加剧,石油化工、涂料印刷、医药制造、电子信息等相应行业得到了前所未有的发展。而在该类行业发展带动经济发展、改善人们物质生活条件的同时也带来了较为严重的有机废气污染问题,不利于生态文明建设和我国可持续发展,了解有机废气的危害和来源科学选择有机废气处理技术是十分必要的。

### 1 有机废气的来源与危害

有机废气的来源构成相对而言较为复杂,具体可以从工业固定源、工业移动源、居民生活源和其他来源4个方面来展开分析,工业固定源是有机废气的核心排放源,主要集中于煤化工、石油化工、医药制造等相应行业。如石油化工行业的催化裂化、加氢精制、储罐呼吸、装卸车等相应环节,在运行过程中都会排放大量的烷烃、烯烃、苯系物。涂装行业在涂料挥发、油墨干燥、粘接剂使用等环节会排放大量的甲苯、二甲苯、酯、酮等有机溶剂。医药制造业的合成反应、结晶干燥、蒸馏提纯环节也会排放醛类、酸类等复杂有机废气。工业移动源以烷烃、烯烃、芳香烃排放为主,主要集中于农业机械、船舶、飞机等移动设备

运行期间所产生的尾气排放,同时往往还伴有一氧化碳、氮氧化物等相应污染物质,很容易破坏大气环境。居民生活源的有机废气排放具有分散、无组织的特性。例如建筑装饰装修过程中涂料、粘合剂、板材挥发会释放甲醛、苯系物等。餐饮行业运行期间的油烟挥发会排放油脂类有机废气等。除此之外,垃圾填埋场、污水处理厂运行中会排放硫化氢、硫醇、氨类等相应有机物。在农业生产中农药喷洒、化学挥发会排放有机磷、有机氯等相应有机物,这些也会破坏大气环境。

有机废气的危害主要可以从三个方面来展开论述。首先,从人体健康的维度来看,有机废气排放过多会在人体内积累,威胁人体健康,短期高浓度暴露会导致人的眼、鼻、喉粘膜受到破坏,引发头晕、恶心、呕吐、咳嗽、胸闷等相应急性症状,严重时可能会引发呼吸困难、意识模糊等相应问题。长期暴露在低浓度条件下可能会破坏人体呼吸系统、神经系统、免疫系统,引发支气管炎、哮喘、神经衰弱等相应疾病,且部分有机废气如苯、甲醛、多环芳烃已列为一类致癌物,长期暴露可能会引发白血病、肺癌等相应癌症。其次,会破坏生态环境。有机废气会和氮氧化物在紫外线照射下发生光化学反应,生成臭氧和二次有

机气溶胶,这会引发臭氧污染、光化学烟雾,降低大气能见度,并加重雾霾天气。臭氧也会影响植物的光合作用,导致农作物减产、植被枯萎。二次有机气溶胶会影响气候系统,改变辐射平衡,对生物群落造成破坏和影响。同时部分难降解的有机废气会通过干湿沉降进入土壤、水体,进一步破坏生态平衡。最后,有机废气污染可能会影响社会经济的可持续发展。例如导致农作物减产、植被破坏,影响农业与林业发展,再例如降低环境承载力,制约产业结构的优化升级等。

## 2 环境工程中有机废气处理技术要点

### 2.1 活性炭吸附法

活性炭吸附是利用活性炭多孔结构的物理吸附与表面官能团的化学吸附作用来有效去除废气中的污染物质,是现阶段应用频率最高且应用体系较为成熟的有机废气处理技术之一,多应用于大风量、低浓度有机废气治理当中。活性炭内部拥有丰富的微孔、介孔和大孔,其比表面积相对较大,可借助范德华力等分子间作用力将有机废气分子吸附于孔隙内部,实现废气净化。醛类、酸类、醇类等极性有机分子可利用活性炭表面的羧基、羟基官能团发生化学吸附。对于苯系物、烷烃等相应非极性分子,可通过物理吸附来进行污染物质处理。若活性炭吸附饱和则可通过热脱附、蒸汽脱附、惰性气体吹扫等多种方式实现再生重复利用。

在活性炭技术应用期间需尤为引起关注和重视的是科学选择活性炭类型、做好预处理、明确操作参数和再生参数。在活性炭类型选择上应根据有机废气种类、浓度、温度等实际情况来对活性炭进行选择。在预处理上需通过除尘、除油雾、降温降湿处理使其颗粒物浓度、温度、湿度达到标准要求,避免堵塞孔隙或降低吸附性能。在操作参数控制上需要结合吸附剂的类型确定气流速度,避免气流短路。在再生参数调节上应控制热脱附温度使其处于100~200℃,若采用蒸汽脱附,则需确保温度处于100~150℃,脱附时间应根据活性炭吸附量和再生方式具体问题具体分析,以此来确保脱附效果和后续的吸附性能。

### 2.2 光催化氧化法

光催化氧化法是借助半导体光催化剂在光照条件下产生的强氧化性活性物质,将有机废气转化为二氧化碳和水,实现无害化处理,属于一种绿色高效新型处理技术,多应用于低浓度、小风量有机废气处理当中。在该项技术应用期间需科学选择半导体光催化剂,确保其吸收能量大于其禁带宽度的光子,价带电子跃迁至导带,形成电子-空穴对,然后迁移至催化表面,与吸附的氧气、水分子发生反应生成羟基自由基、超氧阴离子等强氧化性活性物质。这些活性物质具备极高的氧化电位,能够有效分解VOCs分子,打断其化学键,降解为二氧化碳和水,并生成少量的无害无机盐,实现彻底矿化<sup>[1]</sup>。

在技术应用中需紧抓光催化剂选型、光照条件、反应条件、催化剂再生四大关键点来展开分析。TiO<sub>2</sub>的化学稳定性高、成本低、无毒性,是较为常用的光催化剂。Bi<sub>2</sub>WO<sub>6</sub>具有优异的可见光催化性,多应用于自然光利用场景,可根据实际情况对催化

剂的类型进行选择。在光照条件上多选用紫外线灯,并控制其波长为254 nm,光照强度应超过30 W/m<sup>2</sup>,光源应定期更换,以此来确保光照强度稳定,避免催化效率大幅下降。在反应条件上应确保反应温度达到标准要求,一般情况下废气温度应控制在20~60℃,否则可能会因温度过高致使催化剂失活;相对湿度可以控制在40%~60%,否则会竞争吸附位点,降低催化效率,过低也会影响羟基自由基的正常生成。最后可通过紫外光照射、空气吹扫、温和加热等多种方式有效去除催化剂表面吸附的中间产物,恢复催化活性。

### 2.3 液体吸收法

液体吸收法是利用VOCs在吸收剂中的溶解度差异或化学反应使其从气相转化为液相,完成废气净化。一般情况下液体吸收分为物理吸收和化学吸收两种类别,多应用于有组织、高浓度排放的有机废气治理当中。物理吸收是利用相似相溶原理,选择与VOCs极性相近的吸收剂,如有机溶剂、水等,通过气液传质,将VOCs溶于吸收剂当中,实现分离。化学吸收则是借助VOCs与吸收剂中的化学物质发生不可逆的化学反应,生成稳定盐类或化合物,提高吸收率,保障吸收效果。

在该项技术应用中需紧抓吸收剂选择、吸收设备类型选择、操作参数和解析参数四大关键点来进行技术控制。在吸收剂选择上应选用低挥发性、高溶解度、化学稳定性好、无毒无害的物理吸收剂。若选用化学吸收剂则需要根据VOCs种类选择,处理酸性VOCs可引入氢氧化钠溶液等碱性吸收剂或胺类,处理碱性VOCs可引入硫酸溶液等酸性吸收剂。在吸收设备选择中,可选用喷淋塔、填料塔、文丘里洗涤器,其中填料塔的处理效率最高,可通过填充拉西环、鲍尔环等相应填料进一步扩大气液接触面。喷淋塔在实际应用的过程中应做好流速管控,填料塔应控制填料高度。喷淋结构相对而言较为简单,操作难度较低,可用喷嘴雾化吸收剂,并通过压降调整提高处理效果。在操作参数控制上需要紧抓液气比等相应关键点,根据VOCs浓度和吸收效率做出动态调节,浓度越高,液气比越大。物理吸收温度可以控制在20~40℃,化学吸收温度可以控制在20~60℃,pH值应控制在6~9之间,以此来达到较好的处理效果<sup>[2]</sup>。

### 2.4 低温等离子体法

低温等离子体法是通过高压放电产生非平衡态等离子体,利用等离子体内的高能电子、离子、自由基等相应活性粒子,分解氧化VOCs实现废气净化,可采用介质阻挡放电等多种方式产生低温等离子体。然后借助高能电子撞击VOCs分子,打断化学键,将大分子VOCs降解为小分子中间物。同时,等离子体中的羟基自由基、氧原子、臭氧等活性粒子与小分子中间产物发生氧化反应,可以将VOCs彻底分解为二氧化碳和水等相应无害物质。该技术的技术优势在于反应期间并不需要高温加热,反应条件较为温和,且可以同步完成恶臭物质和VOCs的降解处理工作<sup>[3]</sup>。

在技术应用期间需要科学选择放电方式,一般多使用介质阻挡放电,确保放电均匀、稳定,能耗也可以得到控制。在电场

参数控制上需关注放电电压控制、频率控制、电压与频率匹配等关键点,保障参数合理。同时在该项技术应用期间需要做好废气预处理,通过除尘、除油、干燥处理,满足后续处理需求。

### 2. 5膜生物反应器

膜生物反应器是将膜分离技术与生物处理技术相结合,属于一种新型有机废气处理工艺,可利用微生物代谢作用降解VOCs,借助膜组件实现气液分离,适用于低浓度、可生化性较好的有机废气治理中。在有机废气治理中需要通过增湿塔加湿预处理再通入膜生物反应器的生物膜区,生物膜中高效降解微生物会吸附VOCs分子,将其作为碳源和能源进行代谢交换,最终转变为二氧化碳和水以及微生物自身物质,实现污染物降解。一般情况下,膜组件多选用微孔滤膜,这可以有效拦截微生物、阻止废气短路、增大接触面积,提高污染治理效果。

在膜生物反应器技术应用中首先需要注意的是科学选择微生物菌种,根据污染物类别进行菌种筛选。其次需要做好膜组件参数控制,尤其是膜孔径、孔隙率必须引起关注,确定具体参数。在运行过程中需紧抓反应器内温度、pH值、溶解氧含量等相应关键点展开管控<sup>[4]</sup>。

## 3 环境工程中的有机废气处理技术趋势

### 3. 1高级氧化技术

高级氧化技术是现阶段有机废气治理中的重点研究方向,以高浓度、高活性强氧化自由基为核心,可以实现VOCs快速彻底的转化。相较于传统技术方法,其有效解决了反应不彻底、处理效率低等相应问题。除了光催化氧化以外,芬顿氧化、臭氧催化氧化、湿式催化氧化、电化学氧化等相应高级氧化工艺在近几年来都得到了迅速发展,大大改善了反应条件,提升了污染物处理的效率和质量,在高浓度、难降解VOCs治理中得到了广泛应用。未来高级氧化技术也会朝着高效催化剂方向发展,反应条件会更加温和,也可以进一步提高污染物治理过程中光能、电能的利用率<sup>[5]</sup>。

### 3. 2组合工艺技术

就现阶段来看单一VOCs处理工艺往往难以适应日趋复杂的污染问题。在这样的背景下多技术耦合工艺俨然已经成为了未来有机废气处理的重点与核心,可通过工艺组合发挥不同技术的技术优势,提高处理效率,降低运行成本。例如活性炭吸附加

催化燃烧、光催化氧化加低温等离子体、液体吸收加膜生物反应等一体化工艺的应用都可以较好地保障VOCs处理效果。而在未来组合工艺将会朝着模块化、智能化、高效化发展,可以根据不同行业、不同工况来定制组合方案,配合自动控制系统,实现各单元、各工艺的协同运行,优化工艺参数,简化工艺流程,满足工业化应用需求。

### 3. 3纳米技术

纳米材料具有比表面积大、高催化活性、强吸附性等相应特性,这也使其为有机废气治理提供了新的思路,成为了现阶段VOCs治理技术创新突破的主攻方向。纳米材料、纳米金属氧化物、改性活性炭在吸附领域可大幅提高吸附容量和选择性,实现高效吸附和快速再生。而纳米级光催化剂、纳米贵金属催化剂在催化领域可显著提高催化反应效率,降低反应活化能<sup>[6]</sup>。

## 4 结束语

有机废气治理是环境工程建设及生态文明建设中十分重要的组成部分。而活性炭吸附法、光催化氧化法、液体吸收法、低温等离子体法、膜生物反应器等相应技术在有机废气治理中的应用可以更好地保障有机废气处理质量和处理效率,需要引起关注和重视,结合实际情况来进行技术选择。

### 【参考文献】

- [1]杨振波,魏光亮.环境工程中的有机废气处理技术分析与应用研究[J].皮革制作与环保科技,2026,7(03):127-129.
- [2]何觉安.环境工程中的有机废气处理技术研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(22):13-15.
- [3]李刚.化工企业有机废气治理新技术与工程实践研究[J].华东纸业,2025,55(10):55-57.
- [4]付新玉.环境工程中的有机废气处理技术措施分析[J].皮革制作与环保科技,2025,6(17):98-100.
- [5]孙学光.环境工程中的有机废气处理技术探讨[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(07):145-147.
- [6]郑琪豫.环境工程中的有机废气处理技术要点分析[J].清洗世界,2025,41(03):35-37.

### 作者简介:

吕敏娟(1992--),女,汉族,河北省邢台市人,硕士,工程师,研究方向:生态环境及工程技术。