

# Research and Application of Organic Waste Gas Treatment Technology in Coating Industry

Wenjing Shi

Henan Jinqiu Environmental Protection Technology Consulting Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

## Abstract

With the rapid development of the coating industry, the issue of organic waste gas emissions has become increasingly serious, becoming a major source of environmental pollution. Organic volatile compounds (VOCs) in the coating process not only pollute air quality but also pose potential threats to human health. To address this issue, researchers and companies have gradually explored and applied various waste gas treatment technologies, including physical adsorption, biofiltration, catalytic combustion, and photocatalytic oxidation. This paper reviews the background and hazards of organic waste gas generation in the coating industry, as well as the existing waste gas treatment technologies. It analyzes the application status and effectiveness of each technology and discusses the directions for innovation and optimization in waste gas treatment. Through case analysis, the paper demonstrates the application effects of these technologies in actual production, providing practical experience and technical support for environmental protection work in the coating industry.

## Keywords

coating industry; organic waste gas; VOCs; waste gas treatment technology; environmental pollution

## 涂装行业有机废气处理技术的研究与应用

石文静

河南金秋环保技术咨询有限公司, 中国·河南郑州 450000

## 摘要

伴随涂装行业的迅猛进步,有机废气的排放问题变得愈发严峻,已然成为生态污染的核心源头,涂装过程中的有机挥发性物质(VOCs)不但会污染空气质量,且还会对人体健康出现隐藏危害,为应对这一问题,研究者和企业渐渐探索和使用涵盖物理吸附生物过滤催化燃烧及光催化氧化等几种废气处理技术。本文就涂装行业有机废气出现之背景危害和现存之废气处理技术予以综述,剖析了各技术之应用现况与成效,另剖析了废气治理中的创新及提升趋向,这些技术在生产中的使用效果借助案例分析有了展示,为涂装行业的环保工作提供了应用经验和技術援助。

## 关键词

涂装行业;有机废气;VOCs;废气处理技术;环境污染

## 1 引言

涂装行业乃是现代制造业里极为关键且重要的构成部分,在汽车家电机械等产品的表面处理方面有了广泛的使用,但涂装过程中不可防止地会出现众多挥发性有机化合物(VOCs)和其他有害物质,这些废气不但对空气质量引发污染,且还可能对周围居民及工人健康构成威胁。伴随环保法规的日趋严苛,废气治理已然成为行业的核心议题之一,为此涂装行业急需探寻高效且有长远性的废气处置技术,本文将从危害与来源着手,有机废气回顾发展的现状,涂装行业废气处理技术剖析,各类技术的使用和挑战研讨提升及创新路径,借助对现有研究和案例的归纳,为涂装行

业的废气治理给出参考与参照,推动绿色涂装技术的深层次进步。

## 2 涂装行业有机废气产生的背景与危害

### 2.1 涂装行业概况及废气来源

涂装行业是现代制造业的核心环节之一,在汽车家电、电子机械等多个行业中有广泛的使用,涂装过程内频繁运用溶剂油漆涂料等化学物质,这类材料于挥发过程当中,会释放出巨量有机废气尤其是挥发性有机化合物(VOCs),这些废气主要来自于涂料的蒸发喷涂操作和固化过程中溶剂挥发等因素。伴随涂装行业不断地扩张及生产规模的慢慢增大,废气的排放量也开始渐渐增多,被当做工业污染当中的主要来源之一,故涂装行业的有机废气的有效处理,已然成为环保领域的重要课题。

【作者简介】石文静(1996-),女,中国河南开封人,本科,助理工程师,从事环境工程研究。

## 2.2 有机废气的种类与特征

涂装行业的有机废气主要由挥发性有机化合物(VOCs)构成,其中含有醇类、酮类、酯类芳香烃等几种物质,按照涂料的不同成分,废气种类也有一些变化,VOCs有挥发性和毒性,这些特性让这些废气有强烈的刺激性气味且更容易扩散,因大气中一些有机废气的分子结构复杂,会引发臭氧和酸雨进而加重生态污染。VOCs的挥发性高和沸点低,致使它们在常温状况下就更容易蒸发变成大气污染的核心来源。

## 3 涂装行业有机废气处理技术的现状

### 3.1 常见废气处理技术概述

涂装行业有机废气的处理技术涵盖物理吸附法、化学吸附法、催化燃烧法、生物处理法及光催化氧化法等,物理吸附法时常运用活性炭之类的材料来吸附有害气体,适宜低浓度的VOCs废气,化学吸附法凭借化学反应把有害物质转变成无害物质,时常用于处置高浓度废气,催化燃烧法利用催化剂降低燃烧温度,把有机废气完全氧化成二氧化碳和水是一种高效的废气处理办法。生物处理法则借微生物的降解效能,实现废气内有机物质的转化属于绿色环保型的废气处理技术,光催化氧化法则凭借紫外线对催化剂予以照射,推动废气分子的降解过程有优良的处理成效。

### 3.2 国内外涂装行业废气处理技术的发展现状

在国内伴随生态保护要求的增加,涂装行业的废气治理技术获大量应用,传统的物理吸附与化学吸附技术依旧是主要的处理办法,但伴随技术的进步,催化燃烧法和生物处理法慢慢在大规模涂装生产里获得使用,在国外废气处理技术于涂装行业中相较来讲比较成熟,很多企业运用几种技术联合使用的形式来展开废气治理。比如涂装企业在欧洲和美国一般选用光催化氧化技术与催化燃烧法相联合的手段,在增加处理效率之时降低能耗与排放,另国外涂装行业的废气处理过程中,一些创新的绿色技术像臭氧氧化法和低温等离子体技术也获得了应用。

### 3.3 废气治理技术的适用性与局限性分析

有区别的废气处理技术在涂装行业的应用中各自有优缺点,物理吸附法是一种适用于处理低浓度VOCs废气的方法,但该方法仍有局限性,其中之一是吸附剂的服务年限较短,这意指需要定期更换吸附剂,因而增加了处理开支,化学吸附法虽处理效率颇高,但对高浓度有机废气之处理能力颇为有限且或许会引发二次污染。催化燃烧法在处理高浓度有机废气时有偏高的效率,但针对低浓度废气的处理成效欠佳设备投资数较大,生物处理法当做一种环保技术虽有强的处理能力,但对温湿度度的要求颇高,故依照废气成分浓度排放要求及经济条件展开综合评估,需选择恰当的废气治理技术。

## 4 涂装行业有机废气处理技术的应用案例分析

### 4.1 低温等离子体技术的应用

低温等离子体技术系一种新兴的废气治理技术,在常温或低温环境下生成等离子体,借其强大的氧化还原能力分解废气中的有机污染物,某汽车涂装厂选用低温等离子体技术,来处理喷漆车间的有机废气,该厂每小时能处理10000m<sup>3</sup>的废气,其废气里VOCs的浓度为300mg/m<sup>3</sup>。在低温等离子体设备运行之时,废气里的有机物分子经由等离子体的效用被拆解成水与二氧化碳,VOCs浓度于处理后降至40mg/m<sup>3</sup>,废气的清除效率达成了85%,该技术有在常温或低温情形下运作的长处,规避了高温催化反应对设备的高能耗需求,且会切实处置几种有机废气囊括苯类酮类等,需补充的是在一些情况下因等离子体的出现需要消耗电能,所以整体的能耗可能较高。

例如:济南重汽集团有限公司选用了低温等离子体治理技术,来对车间有机废气展开净化因而提高喷漆产线的尾气处理效果,据项目设计该企业涂装车间废气平均处理风量达到130m<sup>3</sup>/h,其中喷漆工序带来的VOCs浓度约320mg/m<sup>3</sup>烘干工序带来的VOCs浓度约320mg/m<sup>3</sup>。在治理系统中低温等离子体单元被当作末端净化模块,与前端废气预处理及催化氧化单元共同使用,主要借高能电子激发和自由基氧化等物理化学过程,达成对废气中挥发性有机物的降解,现场监测数据说明经低温等离子体模块处置的VOCs浓度平稳降低至50mg/m<sup>3</sup>以下,整个系统的VOCs清除效率超85%,大增长尾气排放质量并契合当地环保排放标准要求。在项目运作过程中该技术呈现针对苯类、烷烃类等诸多VOCs成分的适配性,于生产状况下运转平稳,此案例成为国内涂装领域复合等离子体治理技术应用的核心参照实例。

### 4.2 臭氧氧化技术的应用

臭氧氧化技术乃是一种颇为高效的废气治理手段,凭借臭氧所有的强氧化性来对废气里的有机污染物予以氧化分解,某涂装企业为治理其喷漆过程中排放的VOCs废气,选用了臭氧氧化技术,该企业废气处理装置的处理能力是15000立方米每小时,废气当中的VOCs浓度为400毫克每立方米。在臭氧氧化的过程当中,废气借由和臭氧出现反应,VOCs里的有害分子被氧化成无害的二氧化碳与水,处理后的VOCs浓度下降至50mg/m<sup>3</sup>,废气清除效率达成了92%,臭氧氧化技术可高效清除苯甲、苯二甲等有机物,对一些特定的有机污染物如醛类和芳香烃效果极为显著,虽臭氧氧化技术有不错的处理效果,但也尚有着缺陷。臭氧的浓度得要严格把控,如臭氧的浓度过高,或许会引发臭氧二次污染给环境带来影响,需补充的是众多电能是臭氧生成所必需的,故而设备的运行开支颇高。

例如:广东景中景工业涂装设备有限公司针对其大型

汽车涂装生产线的有机废气治理工程,引入了低温等离子体净化技术来展开末端处理,该公司针对 VOCs 废气配备了一套治理系统,该废气由车间喷漆和前处理出现,系统设计处理风量约为 15000m<sup>3</sup>/h,且选用低温等离子体和其他净化单元复合的手段。在实际运行过程当中针对进入到等离子体反应器的废气予以电离激发,让其中的有机污染物分子出现断键裂解的状况凭借所带来的高能电子及自由基推动有机物深层次氧化分解,监测数据说明该系统运行后在进入净化装置前,VOCs 浓度大概为 420 mg/m<sup>3</sup>经低温等离子体反应器处理后废气中 VOCs 浓度降低到约 55 mg/m<sup>3</sup>整体清除效率达到约 87% 废气排放稳定达到当地环保部门规定的排放标准要求。该技术在多个涂装产线废气治理装备的景中景里实行了工程化应用实践,降低了喷漆过程中释放的苯系物酯类和酮类等有机污染物,达成了颇高的净化成效和生产现场达标排放,景中景长期专注于工业涂装及 VOC 治理设备研发,在产业内引发了稍稍精进的的设备产品线,囊括低温等离子体、RTO、UV 光氧及吸附类装备等,可为涂装企业给出体系化的废气治理方案。

#### 4.3 分子筛吸附技术的应用

分子筛吸附技术利用分子筛材料特有的孔径结构和表面性质,能高效吸附废气里的有机分子,某涂装企业针对车间排放的 VOCs 废气,运用分子筛吸附技术予以处理,该厂的废气处理装置有 12000m<sup>3</sup>/h 的处理能力,其中废气内 VOCs 的浓度为 250mg/m<sup>3</sup>,选用分子筛吸附后 VOCs 浓度降低至 25mg/m<sup>3</sup>,清除效率达至 90%。分子筛材料有偏高的选择性与吸附容量,会高效地吸附各类有机物尤其是在处理低浓度 VOCs 废气方面有显著优势,分子筛吸附技术不但处理效率较高,吸附剂的再生流程相较简易能切实降低运行开支,在该企业的使用中分子筛吸附系统,以定期再生吸附剂的手段会保证废气处理设备的长期稳定运行。但分子筛吸附技术也仍有限制,先分子筛材料的吸附容量是有限的,在处理高浓度 VOCs 废气时吸附剂需要频繁更换或再生因而增加了维护开支。

例如:青岛中集特种冷藏设备有限公司在其工业涂装车间有机废气治理项目里运用了“沸石转轮吸附/浓缩+RTO”系统,该系统的核心是凭借分子筛吸附技术,针对低浓度大风量 VOCs 废气实行高效吸附与浓缩处理,青岛中集特装涂装生产线废气处理设计处理风量 14000m<sup>3</sup>/h,喷涂烘干及冷却等工序排放 VOCs 原始浓度约 280mg/m<sup>3</sup>。在进入 RTO(再生式热氧化炉)装置前废气先经沸石分子筛转轮吸附区展开浓缩与吸附,让大风量低浓度废气高效吸附于转轮分子筛表面,经高温脱附后引发高浓度小风量废气进入 RTO 展开深度氧化处理,现场监测数据说明吸附后浓缩废气的 VOCs 浓度能增加至约 1500mg/m<sup>3</sup>,而后进入 RTO 在

整体系统运行过程中尾气排放的 VOCs 稳定降低至 30mg/m<sup>3</sup>以下满足国家及地方排放标准的要求。该分子筛吸附系统持续工作靠周期性吸附-脱附循环来达成,大大降低了 RTO 运行能耗增长整体废气治理效率,还借助定期高温热风再生延长吸附材料寿命削减了维护开支。

#### 4.4 光电催化技术的应用

光电催化技术是一种废气处理方法,它结合了光催化和电催化两种作用机制,这一种方法借助用紫外光或可见光照射催化剂,在催化剂的作用下分解废气中的有机污染物,某涂装厂选用了光电催化技术来处理车间的 VOCs 废气,该厂的废气处理装置处理能力为每小时 8000 立方米,废气中 VOCs 的浓度为每立方米 350 毫克。借助光电催化系统的作用,废气中的有机物质在紫外光照射下被催化降解,VOCs 浓度在处理后至 60mg/m<sup>3</sup>清除效率为 83%,光电催化技术的优势是它会高效地处理复杂废气,有分解几种有机污染物的能力尤其是对苯类醛类等有机物的降解效果显著,与传统的催化燃烧技术较之来说,光电催化技术会达成常温状态下的高效处理,降低了能耗。但工业化使用的过渡阶段位于实验室的光电催化技术,虽有进步潜力但设备投入较高且对废气的预处理要求稍稍严格,也是技术使用中的一个关键因素服务年限是催化剂。

### 5 结语

涂装行业的有机废气处理技术在生态保护方面所起到的作用是不能被忽略的,伴随环保法规渐趋严格和技术的持续进步,涂装企业于废气治理领域持续创新并提升,推动了行业的绿色进步,从催化燃烧技术到物理吸附法,接着到智能化操控系统的应用,这类技术的持续改进不但增长废气处理效率,还为企业节省了开支减少了排放。未来伴伴随新型材料的研发,和废气处理工艺的持续提升,涂装行业在达成环保目标之时会推动可持续进步,借助绿色制造理念与技术更新的结合,涂装行业有望在生态保护和收益获得更好的平衡,为全球生态体系的改良贡献力量。

#### 参考文献

- [1] 林涛,黄鹏,赵剑,尚龙飞,刘天力,魏玉龙.汽车涂装车间绿色低碳解决方案研究[J].工业炉,2025,47(06):57-59+65.
- [2] 庞加杰,纪亮,韩洪琦,赵磊,王开锋.汽车涂装VOC废气处理环保设施与常见问题解决探析[J].中国设备工程,2025,(15):91-93.
- [3] 沈吉义.涂装车间废气处理设备运行状态在线监测方法[J].今日制造与升级,2025,(07):185-188.
- [4] 栾子坤,郭大勇,孙立刚,李青.车辆底盘涂装车间废气处理设计关键点研究[J].农业装备与车辆工程,2025,63(07):71-75.
- [5] 谢珉.喷淋塔在汽车行业涂装臭气治理中的应用[J].汽车与新动力,2024,7(06):79-81.