

# 工业有机废气污染治理技术及其进展探讨

杨浩鹏

四川华易工程技术有限责任公司

DOI:10.12238/eep.v7i2.1908

**[摘要]** 在工业化进程逐渐发展的今天,越来越多的工业产品出现在大众视野中,而这些产品在生产阶段容易出现较多的有机污染物,这些污染物将会对人体造成极大的危害。工业有机废气治理技术的相关研究能帮助治理人员采用恰当的治理技术,保障治理效果,提升工业有机废气治理质量。

**[关键词]** 工业有机废气; 污染治理; 治理技术

**中图分类号:** Q958.116 **文献标识码:** A

Discussion on the treatment technology and progress of industrial organic waste gas pollution

Haopeng Yang

Sichuan Huayi Engineering Technology Co., Ltd

**[Abstract]** In today's gradually developing industrialization process, more and more industrial products are appearing in the public's vision, and these products are prone to a large amount of organic pollutants in the production stage, which will cause great harm to human health. The relevant research on industrial organic waste gas treatment technology can help managers adopt appropriate treatment techniques, ensure treatment effectiveness, and improve the quality of industrial organic waste gas treatment.

**[Key words]** Industrial organic waste gas; Pollution control; Governance technology

## 引言

伴随着时代的变化,整个国家的城市化进程正在加快,城市工业化的过程也在逐渐地进行着。笔者从事环保工作二十多年,经常到各行业车间生产线调研,发现在工业生产过程中,排放出的各种有机废气,对环境和人类的生活都造成了很大的影响,有机废气的污染也是空气污染的一个重要来源,与其它普通的废气污染相比,有机废气的污染性更重。在此基础上,重点研究新的废气处理方法,以提高空气质量,推动我国产业的可持续、健康发展。

### 1 工业有机废气的主要来源以及造成的危害

工业有机废气主要来自于石化、化工、印刷、涂装、塑料和橡胶加工、纺织印染、食品加工、畜牧业等。在这些行业中,会用到很多有机溶剂,如甲苯、二甲苯、丙酮、乙醇、甲醇、苯、氯化碳及各种挥发性有机化合物等。在生产过程中,不可避免地会出现泄漏、蒸发或不完全燃烧等现象,从而造成了有机废气的排放。工业有机废气是一种严重的环境和人类身体健康的污染物,它所含的化学成分具有很强的毒性,部分有机污染物进入大气后,会在太阳光的照射下与氮氧化物发生化学反应,形成光化学雾霾,严重影响空气品质,使能见度下降,引起一系列呼吸道疾病。例如二甲苯,苯等,均被视为具有致癌危险的物质,人类一旦长时间接触这些化学物质,会对人体的呼吸系统、中枢神经系

统和肝脏等器官造成损伤,从而引起慢性疾病。

部分有机污染物与NO<sub>x</sub>在紫外辐射作用下会发生复杂的光化学反应生成臭氧,进而引起地面臭氧浓度上升,进而引发光化学雾霾,对人类健康构成严重威胁。高浓度臭氧会引起肺部功能障碍,加重哮喘等呼吸系统疾病,还会对植物产生毒害效应,使作物、林木长势减弱,破坏生态平衡。VOCs是大气细粒子(PM<sub>2.5</sub>)生成的关键前体物质,可经呼吸道进入人体,引起心血管、呼吸系统等疾病,对人类健康造成直接危害。由于其气味难闻、腐蚀性强,给周围的环境带来了很大的负面影响。例如,含有硫的有机化合物,如硫化氢,甲硫醇等,不但气味难闻,而且会侵蚀金属及建材,从而影响设备的使用寿命与安全性。

### 2 工业有机废气主要污染治理技术

#### 2.1 催化燃烧法

催化燃烧是解决有机污染物污染的有效方法,其核心是利用催化剂降低有机物的燃烧温度,从而达到高效、低耗、低排放的目的。催化燃烧是指在低温(250-350℃)条件下,利用催化剂对有机废气进行低温氧化,生成无害的二氧化碳和水蒸气。相对于传统的直接燃烧方法,该方法具有燃烧温度低、能量消耗大、可避免直接燃烧过程中NO<sub>x</sub>等副产物问题。催化燃烧是一个由预处理、催化燃烧和废气排放组成的复杂系统,其中包括预处理和烟气净化。

笔者在工作中接触的一些工业涂装企业和大型包装印刷企业,采用较多的是RCO(Regenerative Catalytic Oxidation)和RTO(Regenerative Thermal Oxidation)这两种常见的废气治理技术。RCO技术适用于处理大流量、低浓度的有机废气;而RTO技术适用于处理高浓度、高温度的有机废气以及无机废气。

RCO(Regenerative Catalytic Oxidation)即蓄热式催化氧化技术,是一种高效、环保的废气治理技术。该技术利用催化剂将废气中的有机物氧化分解为无害的二氧化碳和水蒸气。与传统的催化氧化技术相比,RCO技术在处理大流量、低浓度的废气时具有更高的处理效率。RCO技术的原理是借助催化剂的催化作用,使废气中的有机物在较低的温度下氧化分解。催化剂的活性与废气中有机物的浓度和成分有关,通常需要将废气加热到一定温度以激活催化剂。在催化剂的作用下,有机物与氧气发生氧化反应,生成无害的二氧化碳和水蒸气。

而RTO(Regenerative Thermal Oxidation)即蓄热式热力氧化技术,也是一种广泛应用的废气治理技术。该技术通过将废气加热到高温(通常在700-800℃),并在氧化催化剂的作用下进行氧化反应,将废气中的有机物氧化分解为无害的二氧化碳和水蒸气。RTO技术的原理是利用高温条件下的氧化反应,将废气中的有机物氧化分解。在高温条件下,有机物与氧气发生热解反应,生成自由基。这些自由基进一步与氧气反应,生成无害的二氧化碳和水蒸气。同时,高温条件下的热解反应也可以将废气中的无机物分解为无害的物质。

事实上,很多产生挥发性有机物的企业,无法运行RTO和RCO这两种治理措施,如塑料制品行业和非规模化的包装印刷行业,其产生浓度低,废气量小,往往只能采用活性炭吸附处理。曾经一段时间里,有些地方环保管理人员和行业专家,认为采用RTO或者RCO这种高效处理技术能进一步减少企业挥发性有机物的排放总量,在环评文件中强制要求企业必须采用RTO或者RCO等高效治理措施,反而造成环保治理设施安装后无法运行—因此环保治理技术要根据不同情况进行分析和使用。

## 2.2 吸附法

吸附技术是指通过对有机气体中的有害组分进行吸附,达到降低污染物浓度的目的。活性炭以其高的孔容和高的吸附能力,在各种废气处理中得到了广泛的应用,它是活性炭为吸附剂,吸收有机废气,以达到净化废水的目的。其孔体积是决定其对重金属离子的吸附能力的主要因素,同时也与其表面化学性质密切相关。在实际使用中,可通过表面修饰提高其对重金属的吸附能力。沸石分子筛是一类表面积较大,孔道尺寸可在纳米尺度上进行精确调控的多孔材料。分子筛吸附是一种高效、高选择性、高选择性的新型吸附剂,是一种高效、高选择性的新型吸附剂。

活性炭吸附是目前应用最广泛的吸附剂,需控制挥发性有机物浓度不高于 $300\text{mg}/\text{m}^3$ ,且废气中的颗粒物浓度不高于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ,废气温度不高于 $40^\circ\text{C}$ ,废气相对湿度不高于70%,因此在实际运用过程中,根据不同行业的有机废气种类,前端还有喷

淋、过滤棉吸附等辅助装置酌情安装。活性炭去除挥发性有机物的效率相对于RTO和RCO来说较低,根据行业经验,两级活性炭去除效率约40%-60%,根据废气浓度和风量判定活性炭的初始填充量。活性炭使用一段周期需要更换,从而产生废活性炭(危废),这个是环保上一大问题。

## 2.3 液体吸收法

液体吸收方法又叫洗涤方法或吸收方法,是指将有机废气与吸收溶液相接触,通过物理化学的方法,把废气中的有机污染物输送到吸收溶液中,从而实现对废气的净化。液体吸收工艺的关键部件是吸收塔,它是一种典型的气-液混合反应器。废气由塔底流入,吸收液体从塔顶喷出,二者在塔内逆向相接触。在此过程中,废气中的溶质组分被吸收液吸收。吸收的效果与接触面积、接触时间、吸收溶液的特性和水动力条件有关。

液体吸收方法按其吸收介质可分为两种:一种是物理吸收,另一种是化学吸收。

(1)物理吸收:即利用水溶性及扩散梯度对废气中的污染物进行吸收。这里所说的吸收液体一般是水或者一些石油、酒精等有机溶剂。物理吸收是一个可逆的过程,可以通过改变温度、压力或者采用解吸剂等方法将吸收后的有机物质从吸收溶液中排出,然后进行循环利用。

(2)化学吸收:利用废气中的有机物与溶液中的化学物质进行化学反应,生成非挥发性物质或离子,将其除去。化学吸收剂包括醇胺、硝酸盐和碳酸盐等,能与废气中的某些组分发生作用,生成稳定的化合物。在实际应用中,通常采用填料塔、喷淋塔和泡沫塔等多种吸收塔,以达到最优吸收效果,并通过添加填料、使用高效喷嘴等方法增大气-液接触面积,从而提高吸收剂的吸收效率。

## 2.4 微生物降解法

微生物降解技术是指通过特定菌种对有机气体进行降解,使其产生无毒或毒性较小的物质,从而实现对污染物的减排。微生物降解技术是指在一定的温度、pH、养分等条件下,微生物对有机废气中的有害物质进行代谢转化,生成结构相对简单、无毒的物质。常用的生物降解菌有细菌,真菌,藻类等。对含氧量高,含氧量少的废气,采用生物降解方法是可行的。例如,化工,医药,印染等工业排放的废气就是其中之一。微生物降解技术能够高效地去除苯、甲醛、丙烯酸酯等有机污染物,同时也能处理高浓度的有机污染物,具有经济和环境友好的优点。微生物降解技术是一种行之有效的方法,它能彻底地将有机气体中的有害成分全部分解成无害的物质,而且能有效地降解各种有机气体,特别适合于高浓度的有机气体,而且它的处理费用也比较低廉,而且操作简便,容易实现。

## 2.5 冷凝法

冷凝法是一种利用冷凝技术,对废气中的有机物进行降温或冷凝,达到对有机物进行净化的目的。常规冷凝方法是一种常用的冷凝方法,它将有机废气引入制冷装置,借助制冷剂的降温效应,将废气中的有机物冷凝为液态。冷凝液可做进一步处理或

循环使用。常规凝结工艺适合高温、高浓度有机废气的处理。薄膜凝结法利用半透膜的特点,实现有机物与水的分离,废气经冷凝设备降温后再进入膜分离器,利用膜的选择性渗透功能将有机物与水分离到废气与水分离。当废气中含湿度高时,可采用薄膜冷凝法。低温凝结技术是利用有机物在低温条件下容易凝结而形成的,对其进行降温,实现有机物的冷凝。

### 3 工业有机废气污染治理技术展望

#### 3.1 生物膜法

生物膜法是一种以微生物为主体,通过微生物与有机物构成的复合系统,能够高效降解有机污染物,耐冲击负荷,耐污染。生物膜法是将有机气体导入到生物膜中,并与生物膜进行直接接触,达到对有机物进行降解、净化的目的。采用生物膜技术处理高浓度的有机废气是可行的,例如,印染、医药、化工等行业排放的气体中,常含有较多的有机污染物,常规的处理方法很难取得满意的效果。然而,生物膜技术以其高效、经济的优势,能够对废水进行高效的处理。另外,该工艺还可以应用于苯和甲醛等难降解有机污染物的处理。生物膜法是一种耐污染、耐冲击负荷、高效、可彻底降解尾气中的有机污染物、降低维修成本、长期稳定的优点。但是,生物膜工艺也有其不足之处,如温度、pH等,对环境要求较高,且成膜周期较长,不适用于实时处理,且前期投入大。

#### 3.2 吸附浓缩燃烧法

吸附浓缩燃烧法是一种将吸附-燃烧耦合到工业有机废气处理的前沿技术,其核心思想是利用吸附剂对有机污染物进行捕集、富集,达到饱和状态后,再经解吸,释放出吸附态的有机质,进而在高温条件下,在高温条件下,充分发挥吸附与燃烧各自的优势,达到对低浓度有机废气的高效净化与能源回收。吸附富集方法通过首先进行浓缩,大大减少了用于燃烧的废气量,因此可以降低能源消耗,提高燃烧效率。在吸附过程中,常用的吸附剂是活性炭、沸石和硅胶等,这些材料的比表面积大,能高效地吸附尾气中有机组分。吸附装置有固定床,移动床、流化床三种形式,吸附剂饱和时,必须经过一段时间的再生,也就是解吸过程,

才能使吸附剂的吸附性能得以恢复。

吸附一般采用加热或减压的方法,使被吸附的有机物挥发,再输送到燃烧设备中。燃烧设备可为直燃式或触媒式。直接燃烧要求高温,而催化燃烧是通过催化剂使有机物在低温下被完全氧化。在此基础上,提出了一种新的节能技术,即通过对烟气进行循环再循环,使系统的综合能源利用率得到进一步提升。吸附-浓缩-燃烧工艺是一种高效的处理低浓度、大风量的工业有机废气,其排放量以CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O为主,符合苛刻的环境要求。通过浓缩,不仅可减小工艺容积,还可减少燃料消耗,且可循环再用,减少外界能量投入。

### 4 结束语

综上所述,解决工业有机废气一直是重点研究内容。特别是在如今工业的进一步发展过程中,人们的环保意识逐渐提升,有机废气的种类也会越来越多,加强有机废气的污染治理技术研发工作,能有效解决工业废气带来的大气污染问题,这对于工业持续性发展有着重要的研究意义。

#### [参考文献]

- [1]房世超,马健,朱玉.中小企业涂装废气污染治理存在的问题及对策[J].资源节约与环保,2022,(12):91-94.
- [2]吴晓春.工业有机废气污染治理技术的探讨[J].化工管理,2022,(36):69-71.
- [3]张敬,侯艺文.工业有机废气治理技术研究[J].化工设计通讯,2022,48(08):186-188.
- [4]梁智聪.工业有机废气污染治理技术与实践研究[J].云南化工,2021,48(10):85-87.
- [5]孙泽渊.煤化工大气污染治理技术进展及发展方向[J].化学工程与装备,2021,(06):234-235.

#### 作者简介:

杨浩鹏(1979--),男,汉族,四川资中人,大专,高级工程师,总经理,从事环保治理和环境影响评价二十多年,原中国华西工程设计建设集团环评中心总工,现为改制后的四川华易工程技术有限责任公司法人,总经理,现在成都市。