

# 挥发性有机物 VOCs 处理技术的研究进展

吴培亭

身份证号码: 3213021983\*\*\*\*1616

**摘要:** 在生产有机化工的过程中以及有机产品被使用过程中都容易产生挥发性有机物, 其会对人体和环境等都造成严重的危害, 为此文章主要是对挥发性有机物 VOCs 处理技术展开了研究和探讨, 望可以为有关人员提供到一定的参考和帮助。

**关键词:** 挥发性有机物; 物理法; 生物法; 化学法; 组合型处理技术

挥发性有机物指的是在常压下沸点在 50 -260 、常温状态下饱和蒸气压大于 133.32PA 等情况下存在的有机化合物, 由于其的结构问题容易危害到人体的健康和污染环境, 对为此文章主要是对如何有效处理挥发性有机物展开了研究和探讨。

## 一、物理方法

### 1. 吸附法

气体污染物是用固体吸附剂将气体混合物分离成吸附性气体混合物, 以吸附气体混合物的选择性的一种方法。吸附过程被浓缩, 气体污染物被浓缩成吸附剂。吸附技术作为最经典、最常用的气体净化技术, 也是工业 VOCs 处理的主流技术之一。当前广泛应用于油漆、鞋类、印刷、电子产品等领域。常用的吸附剂包括活性炭、活性氧化铝矿物和粘土聚合活性炭。由于其巨大的比表面积和吸附容量, 已成为最常用的吸附材料。活性炭吸附方法的优点是: 首先, 它适用于各种低浓度污染物; 其次, 活性炭价格不高, 能源消耗低, 工艺成本相对经济; 第三, 可以通过解吸回收溶剂有机物。然而, 活性炭吸附方法也具有以下缺点: 首先, 吸附容量低, 存在吸附饱和; 随着吸附剂用量的增加, 吸附容量降低甚至丧失; 二是吸附选择性不高, 混合气体的吸附容量降低。分子直径与活性炭的孔径不匹配, 导致脱附。第三, 活性炭吸附仅在没有分解的情况下传输有毒和有害气体, 这可能导致二次污染。

### 2. 吸收法

吸收方法主要使用清洁水, 溶液或溶剂来吸收工业废气中的挥发性有机化合物, 并将它们与废气分开。这种方法不仅可以消除气态污染物, 还可以恢复一些有用的物质。它通常用于治疗具有大流量和小浓度的 VOC, 除去速率可以达到 95% 以上。它通常用于炼油厂和化工厂的石油和天然气回收。加载和卸载油过程中产生的油和气体进入吸收塔, 从出口中排出稀释空气, 吸尘器在解吸塔中吸收液体, 恢复解吸的吸收液, 在回收中恢复解吸气体塔, 尾气返回吸收塔以重复此过程。吸收工艺相对简单, 设备投资低, 由于吸收介质为煤油和吸收液, 不存在二次污染问题, 但吸收法回收效率低, 环保要求高时, 该设备占用较大的空间吸收, 需要补充, 难以满足允许的油气排放标准。

### 3. 膜分离法

膜分离是一种通过使用天然或合成膜材料分离污染物的方法。在气体分子与气体分子接触后, 它们进入膜表面上的溶液并在膜表面上形成浓度梯度。因为不同的气体分子被晶体膜溶解, 所以气体分子在不同的扩散速率下不同。因此, 气体分子的扩散不同于膜的扩散, 最终扩散到膜的另一侧, 这是实现分离目的的关键。高 VOC 选择性半透膜是氯化物、聚乙烯醇、聚乙烯吡咯烷酮、聚丙烯酰胺等膜分离方法的关键。

### 4. 冷凝法

冷凝方法是通过使用不同饱和蒸汽压力的不同温度来降低系统温度或增加系统压力, 利用不同的蒸汽压力, 在不同的温度下, 利用不同的蒸汽压力, 从蒸汽状态的废气中固化分离。适用于净化高浓度和有机溶剂蒸汽。通常用于石油和天然气的回收和利用, 冷凝水回收设备采用多级重叠或用户定义的制冷技术。冷凝方法利用物质的沸点进行回收。适用于高沸点废气。它具有回收纯度高和直接利用液态油输出的优点。但是, 单一的冷凝方法需要低温来降低低温, 耗电量巨大。

## 二、化学法

### 1. 燃烧法

燃烧方法又可分为直接燃烧法和催化燃烧法。直接燃烧法适用于高浓度 VOCs 的处理。由于其工作温度, 工作温度通常为 800 至 1200 , 工艺成本和能耗较高, 且由于废气中 VOCs 浓度较高, 燃烧废气容易产生二恶英、NOx 等产物。另一方面, 通过研究新工艺或新反应器, 可以在更高的温度下获得热量。

### 2. 臭氧氧化法

臭氧具有强烈的抗氧化性能。大多数单个颗粒和化合物可以氧化最高氧化状态, 或产生活性颗粒以打开分子链, 产生单个分子或固体颗粒, 快速有效地分解有机物, 并治疗有机毒素, 常规金属, 金和催化剂如氧化物和具有低浓度臭氧的复合金属盐, 气相催化发生在蜂窝陶瓷等支架上, 以避免与剩余臭氧的产生相匹配, 这非常简单。只需要一个臭氧剂和少量催化剂成本投资。此外, 臭氧氧化具有高效率、纯化的优点。

### 3. 等离子体技术

该技术的最大特点是能有效地破坏和分解各种污染,查找方便,所用设备简单,占地面积小,适合多种工作环境。等离子体放电技术主要包括中阻挡放电法、电子束辐照法、电晕放电法等。电晕放电主要用于治疗挥发性有机化合物。其降解机制如下:通过在废气周围施加增强的电场,电极获得能量并开始加速。在该方法中,电子与气体分子碰撞,激发气体分子,电离或吸附,电子变得高度活性颗粒,其可以降解并将挥发性有机化合物氧化成二氧化碳,并产生无毒和无害的物质,例如水。尽管等离子体技术在治疗 VOC 中非常有效,但特别是在去除芳烃方面,其能量消耗非常高,并且其去除效率受到实验条件的限制,尤其是电极电压,气体浓度,气流等。

### 4. 光催化氧化法

光催化氧化法主要利用  $TiO_2$ 、 $Fe_2O_3$  和  $SnO_2$  等六种催化剂的光催化性能。挥发性有机化合物用于表面氧化。含有高能活性粒子的光催化剂由特定波长的光照射。化学反应是产生自由基并具有高氧化能的活性物质。 $Al_2O_3$  等采用光催化氧化材料,有机物吸附在催化剂表面,形成无毒无害的物质,如二氧化碳和水。实验结果表明,在实验环境中无甲醛时,甲醛的去除率可达 80%。光催化氧化具有选择性高、反应条件温和(室温常压)、无毒、回收率高、操作简单等优点。该催化剂无二次污染,可净化大部分挥发性有机物,但具有反应速度慢、光电转换效率低、易失活等优点。有掺杂二氧化钛、贵金属表面沉积、半导体复合材料、表面光敏或超酸化、微波制备等解决方案。提高二氧化钛的光催化量子效率或可见光利用率。

### 四、生物法

生物降解技术首次应用于除臭剂中。VOC 生物化学是将废气中的污染物转化为无机物和微生物细胞质的过程(例如,二氧化碳和水)通过附着在反应器上的微生物和含硫污染物转化为硫化氢。氮污染物中的氮随后转化为硝酸盐或氨。

### 五、组合型处理技术

随着国内 VOC 有机废气治理标准越来越严格,尤其是大风量低浓度的工况面临着更严峻的挑战。去年生态环境部发布了《重点行业挥发性有机物综合治理方案》,其中中文规定:实行重点排放源排放浓度与去除效率双重控制。车间或生产设施收集排放的废气,VOCs 初始排放速率大于等于 3 千克/小时、重点区域大于等于 2 千克/小时的,应加大控制力度,除确保排放浓度稳定达标外,还应实行去除效率

控制,去除效率不低于 80%。现在市场上主流的大风量低浓度的有机废气治理工艺主要有两种即:沸石转轮吸附浓缩工艺和活性炭吸附脱附工艺。沸石转轮吸附浓缩工艺是近几年在国内逐渐被大家认可并且成为一种主流的 VOC 高效治理工艺。活性炭吸附脱附工艺早在上世纪就已经在国内进行应用,因其技术门槛较低,设备一次性投资较低,目前在国内还有不少业主采用此类工艺。

例如,等离子体和催化剂的组合不仅提高了 VOCs 的去除效率,而且减少了不良副产物的产生。在空气中去除苯,甲苯和对二甲苯的实验表明,等离子体催化混合系统对苯(94%)、甲苯(97%)和对二甲苯(95%)的去除效率比单独的等离子体系统的去除效率高得多,单独系统对苯、甲苯和对二甲苯的去除效率分别只有 2%、19% 和 49%。将生物法与光催化氧化法结合,可以提高处理系统对具有不同特性的 VOCs 的选择性,因为生物滤池对亲水性的 VOCs 具有很高的去除效率,而光催化氧化法对 VOCs 的选择性则较弱,将生物滤池作为光催化氧化法的预处理装置,He 等叫研究了与涂料相关的 VOCs(乙基乙烷,甲苯、乙苯、二甲苯和三甲基苯异构体)的去除效率分别为 79.4%-99.8%(平均 95.6%),高于单独的光催化氧化(平均 88.7%)和生物滤池体系(平均 73.7%)。

### 六、结论

由上可知,各种 VOCs 处理技术都应当依照基本的理化性质、浓度以及气体流量等的相关因素选择最为合适的工艺。未来的 VOCs 处理技术应当在不断创新的同时向组合型处理工艺的方向发展,这样才可以在能够充分发挥优势的同时,突破自身的限制,有效减少到二次污染。

### 参考文献:

- [1] 凌伟洁. 便携式气相色谱-质谱联用技术测定空气中挥发性有机化合物[J]. 中国职业医学, 2021, 48(1):4.
- [2] 刘景帅. 挥发性有机物处理新技术的研究进展[J]. 黑龙江科学, 2020, v.11;No.171(08):22-23.
- [3] 李超. 介质阻挡放电技术处理挥发性有机物的研究进展[J]. 化工进展, 2020, v.39;No.344(05):363-372.
- [4] 武宁, 杨忠凯, 李玉, 等. 挥发性有机物治理技术研究进展[J]. 现代化工, 2020(2).
- [5] 王敏, 翁艺斌, 陈进富. 石油石化行业储罐挥发性有机物治理技术评析[J]. 当代化工, 2020.
- [6] 刘超, 李彦秋, 柳璐, 等. VOCs 催化燃烧的锰铈催化剂研究进展[J]. 辽宁化工, 2020(8).