

# Research on the Path of Volatile Organic Waste Gas Treatment under Low Carbon Background

Zhonghua Liu

Sichuan Radiation Environment Evaluation Management Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611139, China

## Abstract

In recent years, with the worsening global climate change, people's call for a low-carbon economy has become increasingly fierce. Low carbon is not only a balance between economic development and environmental protection, but also a competition between technology, energy revolution, and economic development. Volatile organic waste gas is the main component of air pollutants in the rapidly developing industry, directly participating in photochemical reactions, leading to compound air pollution. The paper mainly explores the treatment path of volatile organic waste gas under the low-carbon background, helping to solve problems such as VOC treatment technology selection, process design, pretreatment, and operation in practical applications, in order to meet higher environmental governance requirements such as pollution reduction, carbon reduction, and synergistic efficiency enhancement.

## Keywords

atmospheric environment; volatile organic waste gas; reduce pollution and carbon emissions; governance

## 低碳背景下挥发性有机废气治理的路径研究

刘忠华

四川省辐射环境评价治理有限责任公司, 中国·四川成都 611139

## 摘要

最近几年,随着不断加重的全球气候改变,人们对低碳经济的呼喊也日趋激烈,低碳不只是经济发展与环境保护的平衡,而且是技术、能源革命和经济发展的一次比拼。挥发性有机废气是工业快速发展的当下大气污染物的主要成分,直接参与光化学反应,导致复合型大气污染。论文主要对低碳背景下挥发性有机废气的治理路径进行探究,帮助实际应用中,VOCs治理技术选择、工艺设计、预处理、运行等问题解决,以满足减污降碳协同增效等更高的环境治理要求。

## 关键词

大气环境;挥发性有机废气;减污降碳;治理

## 1 引言

挥发性有机物,常用VOCs表示。根据世界卫生组织(WHO)的定义,VOCs是指在常温下,沸点 $50^{\circ}\text{C}\sim 260^{\circ}\text{C}$ 的各种有机化合物。通常分为非甲烷碳氢化合物、含氧有机化合物、卤代烃、含氮有机化合物、含硫有机化合物等几大类<sup>[1]</sup>。

## 2 挥发性有机废气来源及危害

近年来,随着工业企业的发展,大量的废气排放,直接影响人们的日常生活。进行工业废气处理非常紧迫,环境保护问题越来越突出。随着大气污染的增加,雾霾及其他现象严重影响了人们的日常生活。挥发性有机废气主要由工业生产产生,包括多种碳氢化合物、酒精、醛、酮和胺等。这些废气来自广泛的来源,包括一些化学工业石化和有机合成

反应设备的排放、印刷工业印刷油墨的有机溶剂、机械工业的机械喷漆、金属制品造成的气味、汽车工业的汽车喷漆、干燥炉铸造生产设备的尾气、家具工厂喷漆排放气体等。

大多数VOCs有毒,部分VOCs有致癌性,如大气中的苯、多环芳烃、芳香胺、树脂化合物、醛和亚硝胺等有害物质对机体有致癌作用或者产生真性瘤作用;某些芳香胺、醛、卤代烷烃及其衍生物、氯乙烯等有诱变作用。多数VOCs易燃易爆,不安全。VOCs在阳光照射下,与大气中的氮氧化物、氧化剂等发生光化学反应,生成光化学烟雾,危害人体健康和作物生长,如光化学烟雾刺激人们的眼睛和呼吸系统、卤代烃类VOCs可破坏臭氧层等<sup>[2]</sup>。

## 3 低碳背景下挥发性有机废气的减量路径

VOCs末端治理技术众多,主要包括吸附、燃烧(高温焚烧和催化燃烧)、吸收、冷凝、生物处理及其组合技术。

### 3.1 吸附技术

吸附技术早已用于各种有机溶剂的回收,尤其是在印

【作者简介】刘忠华(1989-),女,中国四川广安人,硕士,工程师,从事环境工程研究。

刷、电子、喷漆、胶粘剂等行业，用于对苯、二甲苯、四氯化碳等有机溶剂的回收。根据吸附质和吸附剂之间吸附力的不同，吸附操作分为物理吸附与化学吸附两大类，而 VOCs 废气的净化主要采用物理吸附方法。吸附法适宜处理低浓度、大风量的有机废气，主要用于吸附回收脂肪和芳香族碳氢化合物、大部分含氯溶剂、常用醇类、部分酮类和酯类等。

吸附法的吸附效果主要取决于吸附剂性质、气相污染物种和吸附系统工艺条件（如操作温度、湿度等因素），因而吸附法的关键问题就在于对吸附剂的选择。通常固体都具有一定的吸附能力，但只有具有很高选择性和很大吸附容量的固体才能作为工业吸附剂。吸附剂要具有密集的细孔结构，内表面积大，吸附性能好，化学性质稳定，耐酸碱、耐水、耐高温高压，不易破碎，对空气阻力小。常用的吸附剂主要有分子筛、活性炭（颗粒状）和活性炭纤维、活性氧化铝、硅胶等<sup>[3]</sup>。如图 1 所示。

### 3.2 燃烧技术

燃烧技术是通过热氧化作用将废气中的可燃有害成分转化为无害物或易于进一步处理和回收的物质的方法。燃烧法又称为热氧化法，是在 300℃~900℃ 的高温下，使 VOC 燃烧分解为二氧化碳和水。如石油工业碳氢化合物废气及其他有害气体、溶剂工业废气、城市废弃焚烧处理产生的有机废气，以及几乎所有恶臭物质（硫醇、H<sub>2</sub>S）等，都可用燃烧法处理。燃烧法具有工艺简单、操作方便、净化效率高、可回收热能等优点，但在可燃组分含量较低时，需预热耗能。燃烧法是目前成熟的有机废气治理技术。燃烧法的主要分为直接热氧化、催化热氧化和蓄热热氧化。

常见的方法为蓄热式热力焚烧法（RTO）、蓄热式催化燃烧法（RCO）、催化燃烧法（CO）、直燃式燃烧法（TO）、转轮分子筛吸附+RTO/RCO/CO 组合法、活性炭吸附/沸石

吸附+催化燃烧组合法<sup>[4]</sup>。

### 3.3 吸收技术

吸收技术是对挥发性有机废气进行回收的技术，将不易挥发的液体作为吸收剂，利用其所具有的吸收功能，借助吸收装置来回收挥发性有机废气。在回收过程中，借助组分溶解度和化学反应间的差异，挥发性有机废气的有害组分可以得到充分吸收。

吸收法包括物理和化学吸收法。其中物理吸收法是利用洗涤装置中的溶剂将废气中的有害成分吸收掉，利用溶剂与有机分子的物理性质差异，分离和处理有害气体。比如，利用水吸收丙酮、甲醇及醚等，并利用活性基因将水溶性差的“三苯”等吸收掉。但是，针对净化要求高、废气量大的有机废气，物理吸收法存在局限性。而化学吸收法是利用溶剂中的化学物质和废气进行化学反应，来实现废气的处理。相较于物理吸收法，化学吸收法具有更高的吸收效率。

### 3.4 冷凝技术

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，挥发性有机废气冷凝后形成的液体所需方法采取冷却和压缩两种相结合的方式进行处理。当挥发性有机废气的浓度较高时，采取冷凝技术做好对其的预处理、回收。冷凝法的优点是通过控制增压和减压的程度，可以实现不同程度的有机废气净化。该方法适用于低温、高浓度有机废气净化处理<sup>[5]</sup>。

### 3.5 生物处理技术

生物处理技术是利用微生物的氧化代谢作用处理 VOCs，具有成本低、除臭效果好、无二次污染等优点，受到广泛关注。基于生物法的优势，目前应用领域较广泛，利用生物法处理橡胶废气；对臭味的去除效果较好，应用于污水处理厂臭味处理。



图 1 吸附材料

根据生物降解工艺的结构类型不同,可分为生物过滤、生物滴滤、生物洗涤及膜生物反应器,反应过程中微生物作为催化剂,利用有机废气作为营养物质供自身繁殖,产生二氧化碳和水。生物过滤是利用微生物的氧化代谢作用将废气中的有机污染物分解为无害或者低害类的物质,生物过滤器内部含有填料,为微生物的生长繁殖提供附着位点,废气流经填料床,通过填料的扩散作用到达生物膜,与微生物接触并发生氧化代谢反应,进而达到有机废气降解的目的。生物滴滤是比较常见的废气处理工艺,与生物过滤工艺相似,但没有独立的预加湿部分,通过循环水系统在顶部喷淋进行加湿,在填料上呈现液滴状态,废气从装置底部进入系统内,经过填料层时与微生物膜接触,有机废气首先被生物膜周围的水膜吸收,然后被微生物氧化代谢,转变成低害或者无害物质。反应器膜生物反应器是一种替代传统废气处理工艺的新型装置,允许污染物选择性通过,通常在膜纤维表面富集一层生物膜,该生物膜与悬浮液体接触,纤维膜的另一面与气体直接接触,有机废气依靠浓度梯度穿过纤维膜到达微生物膜的表面,在此过程中有机废气得以降解<sup>[6]</sup>。

## 4 挥发性有机废气治理对策建议

### 4.1 源头替代和过程控制

生产和使用环节使用低 VOCs 含量原辅材料替代,切实从源头减少 VOCs 产生。石化、化工行业可使用低(无) VOCs 含量、低反应活性的原辅材料,加快对芳香烃含卤素有机化合物的绿色替代;包装印刷行业可选择水性、辐射固化、植物基等低 VOCs 含量的油墨,可选择水基、热熔、无溶剂、辐射固化、改性、生物降解等低 VOCs 含量的胶粘剂,可选择低 VOCs 含量、低反应活性的清洗剂;工业涂装行业可选择水性、粉末、高固体分、无溶剂、辐射固化等低 VOCs 含量的涂料。

对含 VOCs 物料(包括含 VOCs 原辅材料、含 VOCs 产品、含 VOCs 废料以及有机聚合物材料等)储存、转移和输送、设备与管线组件泄漏敞开液面逸散以及工艺过程等五类排放源实施管控,主要是通过采用全密闭、连续化、自动化等生产技术,以及高效工艺与设备等,有效减少工艺过程无组

织排放。遵循“应收尽收、分质收集”的原则,科学合理地设计废气收集系统,保持微负压,有效地将无组织排放转变为有组织排放进行控制。

### 4.2 末端治理

现阶段企业存在治理设施设计不规范,治理效果差,治理设施建设质量良莠不齐,治理设施运行不规范,定期维护不到位的问题。新建治理设施或对现有治理设施实施改造,应依据排放废气特征、VOCs 组分及浓度、生产工况等,合理选择治理技术,宜采用多种技术相结合的组合工艺。

## 5 结语

“十四五”时期,中国生态文明建设进入以减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期,在此低碳背景下,VOCs 污染减排工作方向与国家双碳目标和装备高质量发展紧密结合,减少有害物质的源头使用,提升行业清洁生产水平,提高废气收集效率,升级改造末端治理设施,在重点行业推广先进适用的治理装备,治理技术创新将成为有机废气治理的主要驱动力。新技术的应用将帮助提高治理效率和降低治理成本,另外,国家层面政策支持需继续加强,继续加大对大气污染治理的支持力度,进一步提高有机废气处理水平,形成高效的治理方式。

### 参考文献

- [1] 杜芳芳.大气环境中挥发性有机废气治理技术发展研究[J].山西化工,2020(1):158-159.
- [2] 冯焯锋.大气环境中挥发性有机废气治理技术研究[J].资源节约与环保,2021(11):84-86.
- [3] 生态环境部大气环境司.挥发性有机物治理实用手册[M].北京:中国环境出版集团,2020.
- [4] 张雪娇.有机废气治理技术研究[J].黑龙江环境通报,2020(1):52-53.
- [5] 周佳琦,金海洋,申晓彤.工业有机废气治理的综述[J].化工安全与环境,2022(49):22-24.
- [6] 戚磊,王根,李名洲.大气环境中挥发性有机废气治理技术[J].资源与环境,2023(5):172-174.