

# 喷漆废气处理技术的探讨

李平<sup>1</sup>, 王翔<sup>2</sup>, 林国辉<sup>2</sup>

(1. 浙江嘉环环境科技有限公司, 浙江 台州 318000)

(2. 浙江泰诚环境科技有限公司, 浙江 台州 318000)

**摘要:** 为实现对喷漆废气的有效处理, 减少喷漆废气对环境以及人体造成的伤害, 本文特对其处理技术进行了分析。文章首先分析了喷漆废气中的主要成分及其危害性; 其次分析了喷漆废气的预处理技术, 包括湿式净化处理技术以及干式净化处理技术; 最后分析了喷漆废气的主要处理技术, 包括膜分离处理技术、光催化处理技术、生物处理技术以及等离子体净化处理技术。经分析可知, 采取合理的技术措施对喷漆废气进行处理, 便可使其中的有毒有害污染物含量得以有效降低, 以此来实现大气环境质量的良好保障。希望通过本次的研究与分析, 可以为喷漆废气的有效处理提供相应参考。

**关键词:** 喷漆废气; 废气处理; 环境保护; 处理技术

**中图分类号:** X701

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.12230/j.issn.2095-6657.2021.47.028

喷漆废气中含有很多的有毒有害物质, 如果这些物质得不到科学处理, 便会对大气环境以及人体健康产生很大程度的不良影响。基于此, 相关单位与技术人员一定要对喷漆废气的处理技术进行深入研究, 并根据实际情况、结合实际需求, 对相应的处理技术加以合理应用。通过这样的方式, 才可以使喷漆废气得到有效处理, 让大气环境质量得到良好保障。

## 一、喷漆废气中的主要成分及其危害性分析

### (一) 主要成分分析

因为油漆涂料中所应用的溶剂有很多种, 所以在喷漆过程中, 形成的废气也具有不同的组分。比如, 在汽车喷漆中, 其废气的主要组成部分有苯系物、酮类、醇类以及醚类等的VOCs(挥发性有机化合物)<sup>[1]</sup>。如果这些物质得不到有效处理, 直接排放到大气中, 便会造成严重的大气污染, 并对环境和人体造成严重危害。

### (二) 主要危害性分析

喷漆废气如果在未经处理或者是处理效果不佳的情况下排放到空气中, 在达到一定浓度后, 便会对人体造成非常严重的危害。如果人直接将喷漆雾气吸入到呼吸道内, 达到一定剂量便会出现急性中毒现象, 进而对人体的造血系统和神经系统造成极大损害。另外, 如果人吸入了浓度较高的乙酸乙酯、甲苯和苯等废气, 其感觉运动速度、注意力以及记忆力便会在短时间内受到抑制; 如果人长期处于这样的环境中, 其肝脏便会出现毒性反应, 严重的情况下甚至会出现中枢神经破坏。由此可见, 喷漆废气对于人类身体健康具有非常大的危害性。

## 二、喷漆废气的预处理技术应用分析

在喷漆废气中, 除了有机污染物之外, 还有一些漆雾在控制中悬浮, 这些漆雾会对后续的废气处理产生不良影响。为有效避免此类情况的发生, 相关单位就需要采取合理的预处理技术来进行漆雾处理。

### (一) 湿式净化处理技术

该技术主要以相似相溶这一原理作为基础, 采用化学吸收或溶解剂吸收法将废气中含有的漆雾去除。就目前来看, 湿式净化技术主要包括以下几种。

第一是水帘式净化处理, 该方法是通过水泵循环喷淋的形式来形成一个帘状的水幕, 以此来对飞散的漆雾进行捕集。通

常情况下, 水帘式大型喷漆室的底部需要设置水帘斜坡, 水帘形状需经专用形式的水泵来进行调节, 在喷漆气流从水帘中通过时, 其中的漆雾就会附着在水帘上。该技术可将喷漆废气内的大量漆雾去除, 且结构简单, 操作便捷。但是该技术在应用中也会有废水产生, 且需要对废水进行科学处理。

第二是无泵水幕净化处理, 该方法是通过空气诱导提水的方式实现水幕形成, 在喷漆废气碰撞到水幕之后, 其中的漆雾便会被水幕截留, 之后, 废气会在水帘中穿过, 进入到气水搅拌通道内与水混合, 然后再进入到集气箱中实现气液分离, 气体被净化之后, 便可排放出去。用来分离气体的水将会在溢水槽中汇集, 再从泛水板中通过, 形成水幕, 以此来达到喷漆废气的重复、循环净化效果<sup>[2]</sup>。

第三是水旋式净化处理, 该方法是让喷漆废气从水幕经过, 以此来达到清洗效果, 然后再使其进入到水旋器内, 由于气流速度很高, 其冲击力会将水卷起, 这样便可达到良好的漆雾捕集效果。

### (二) 干式净化处理技术

所谓干式净化处理, 就是将喷漆废气通入过滤器中, 借助于滤层对其中的漆雾以及其他颗粒物进行阻留。就目前来看, 玻璃纤维棉是最为常用的滤料。从理论而言, 过滤法可以将大量漆雾去除, 并吸附其中的少量挥发性有机物。这种方法不会产生废水, 也不会出现二次污染。但是此方法也存在一定的缺点, 其过滤通常不够彻底, 设备会出现严重污染, 且很容易被堵塞。同时, 相比较湿式净化处理而言, 该方法在稳定性方面也存在不足。

## 三、喷漆废气主要处理技术应用分析

在对喷漆废气进行处理的过程中, 其处理方法有很多。在传统处理中, 吸附、吸收、冷凝、燃烧等都是主要的处理方法, 且很多方法目前依然在应用。但是在这些方法的具体应用中, 往往会存在工艺流程复杂、能源消耗大、处理成本高、反应时间长、占地面积大和二次污染等的诸多问题, 并不能达到理想化的节能环保处理效果, 经济性也比较差。随着近年来科学技术的不断发展, 很多新型的喷漆废气处理技术开始投入应用, 其中最具典型性的技术包括膜分离处理技术、光催化处理技术、生物处理技术以及等离子体净化处理技术。以下是对这几种主要处理技术的应用所进行的分析。

### (一) 膜分离处理技术

该处理技术是依据喷漆废气内所含有的各个组分不同分子大小的特点,借助于膜的扩散能力以及传递速率差异来达到分离效果。该处理工艺具有比较简单的流程,能源消耗非常小,处理设施占地面积不大,运行费用较低。凭借着这些优势,该技术在当今的食品、医疗等行业中都得到了广泛关注,尤其是在喷漆废气处理中,该技术更是备受重视。

在通过该技术对喷漆废气进行处理的过程中,一项最关键的内容就是膜材料的合理选择,其结构与化学性质将会对喷漆废气的分离效果产生直接影响。就目前来看,无机膜、有机聚合物膜以及混合基质膜是最为常用的几种膜材料,但是不同膜材料的特征也有所差异。

无机膜有两种,其一是无孔结构,其二是纳米孔结构,这种膜材料具有非常高的热稳定性以及化学稳定性,且具有很长的使用寿命。但是该膜材料的价格十分昂贵,容易破损,且可塑性不好。

有机聚合物膜在单位体积内的过滤面积比较大,这种膜材料的机械性能以及气体选择性能都比较好,且价格比较低廉。但是该膜材料却不适合在腐蚀和高温环境条件下工作,具有一定的局限性。

混合基质膜的主要类型有两种,其一是界面复合,其二是膜相镶嵌,这种膜材料成本低廉、加工容易,且具有非常好的选择透过性、热稳定性和机械性能。但是该膜材料的相界面有缺陷,且不具备足够的兼容性,混合基质膜上的无机纳米颗粒达不到良好的分散度。

在近年来的工业发展中,相关企业、研究人员和学者们开始对膜分离技术和传统形式的气体吸收技术加以结合,进而形成了膜气体吸收技术<sup>[3]</sup>。在该技术的具体应用中,首先需借助于气液膜接触器来实现气液分离,然后再借助于驱动压力让气体从分离膜中朝着液体扩散,并使其被液相吸收。通过这样的方式,就可以让喷漆废气得以有效处理,以此来满足其排放标准,防止大气环境污染。

### (二) 光催化处理技术

所谓光催化处理,就是在光照条件下,借助于催化剂的作用,让 VOCs 产生氧化反应,进而使其分解为不会对大气环境造成污染的水和二氧化碳。就目前来看,Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、ZnS、CdS、WO<sub>3</sub>、ZnO 以及 TiO<sub>2</sub> 等都是比较常用的催化剂。尤其是 TiO<sub>2</sub>,更是凭借其无毒无害、价格低廉、催化效果好等的诸多优势得到了广泛应用。光催化剂中的粒子含有能带结构,这种结构的主要组成部分包括 VB(低价能带,其中充满了电子)、CB(高能导带,其中为空)以及导带和价带这两者之间的禁带。在能量一定的光照作用下,价带内的电子便会向导带跃迁,而在电子离开的位置上,将会有空穴(h<sup>+</sup>)产生。这种光生空穴的氧化性非常强,可以将催化剂表面上吸附的 OH<sup>-</sup> 以及 H<sub>2</sub>O 氧化为·OH(羟基自由基);而跃迁的光致电子则具有非常强的还原性,可将 O<sub>2</sub> 还原为·O<sub>2</sub><sup>-</sup>(超氧阴离子自由基),然后再借助于质子化作用实现·OH 的生成,最后再由光生空穴、·OH 与喷漆废气中的 VOCs 分子之间进行反应,从而生成对大气环境无毒无害的水和二氧化碳<sup>[4]</sup>。下图 1 是喷漆废气光催化处理技术的反应原理示意图。

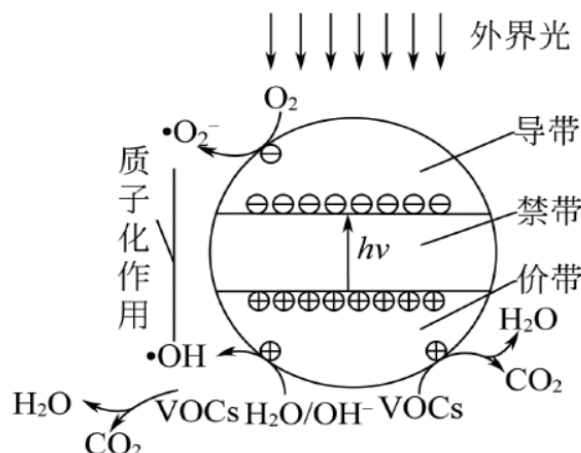


图 1 喷漆废气光催化处理技术的反应原理示意图

而在通过光催化处理技术进行喷漆废气处理的过程中,其化学反应式如下。

1. 催化剂 + hv → H<sup>+</sup> + e<sup>-</sup>
2. h<sup>+</sup> + H<sub>2</sub>O → H<sup>+</sup> + OH
3. h<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup> → ·OH
4. e<sup>-</sup> + O<sub>2</sub> → ·O<sub>2</sub><sup>-</sup>
5. O<sub>2</sub><sup>-</sup> + 2e<sup>-</sup> + 2H<sup>+</sup> → OH + OH
6. h<sup>+</sup> + OH + VOC → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O

具体处理中,如果应用的催化剂是粉末或者是液体,则需要先进行固化处理,然后再投入应用。就目前来看,催化剂的固化处理方法有离子交换法、胶黏法、溅射法、电沉积法、气相化学沉积法、液相沉积法和溶胶-凝胶法等。而在具体的固化处理中,需要将喷漆废气中所含有的 VOCs 具体种类、操作的难易程度以及降解效果等作为依据,对相应的催化剂固化工

艺进行合理选择,以此来确保催化剂的应用效果及其经济性。

### (三) 生物处理技术

在喷漆废气中的 VOCs 处理中,生物处理技术是一种比较先进的处理技术。相比较传统形式的物理处理技术和化学处理技术而言,该处理技术将会让喷漆废气中的 VOCs 得到更加彻底的净化,同时也不会有二次污染产生,且工艺成本十分低廉。凭借着这些优势,生物处理技术已经成为当今喷漆废气新型处理工艺中的热点研究内容。

该处理技术的主要原理是借助于真菌、细菌等的微生物对喷漆废气中所含有的 VOCs 进行分解,使其转变为简单的无机物。按照荷兰研究者 OTTENGRAF 在相关研究中所提出的吸收和生物膜这一理论,当喷漆废气进入到液膜之后,借助于浓度差的作用,其中的有机物便会在生物膜中扩散,而生物膜中存在的微生物则会捕捉到这些有机物,并将其吸收<sup>[5]</sup>。在这样的

情况下,喷漆废气中所含有的有机物就成为了微生物的能量及其营养来源,以供微生物的生长和繁殖,而在微生物将其吸收之后,则会将其分解成水和二氧化碳的形式排出。下图2是喷漆废气生物处理技术的反应原理示意图。

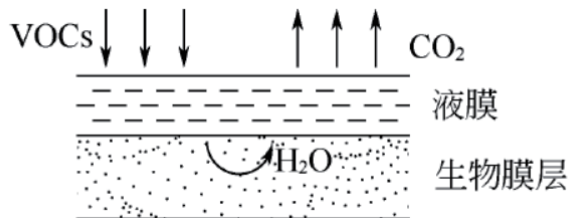


图2 喷漆废气生物处理技术的反应原理示意图

而通过相关专家学者的进一步研究发现,在采用该技术进行喷漆废气的处理过程中,当喷漆废气中所含有的VOCs由气相从气膜中通过,并到达了生物膜表面时,因为生物膜表面十分湿润,所以可直接将其吸附,在吸附之后,生物膜上的微生物便会将这些有机物捕获,并使其分解为水和二氧化碳,从而达到良好的净化处理效果。

在当今喷漆废气生物处理过程中,生物滴滤塔、生物洗涤塔以及生物滤池是最为常用的处理工艺。其中,生物滤池主要在VOCs浓度较低的喷漆废气处理中比较适用,尤其是对于不容易在水中溶解的VOCs,更是具有很高的降解优势,但是应用在其中的填料很容易发生老化,且pH值的控制也比较困难。相比较生物滤池而言,生物洗涤塔中的反应条件控制更加容易,且其反应速度也更加稳定,但是这种处理技术仅仅对容易在水中溶解的VOCs处理中适用,且其前期投资和后续的运行费用都比较高,并不适合大范围的应用。生物滴滤塔虽然可以让生物滤池应用过程中的一系列问题得以有效克服,但是在液相流失的过程中,生物膜上的微生物也将很容易随之流失。基于此,在具体的喷漆废气生物处理过程中,相关单位与技术人员应根据实际情况、结合实际需求来进行处理工艺的科学选用,在确保处理效果的同时实现处理成本的进一步节约。

在通过生物处理技术对喷漆废气进行处理时,最为关键的物质就是微生物。而在目前的喷漆废气非生物处理中,放线菌、真菌以及细菌等微生物最为常用。比如,在苯的微生物处理中,可选择木糖氧化产碱杆菌和假单胞菌属的细菌来进行处理,也可以选择外瓶霉属、孢瓶霉属、曲霉属、黄孢原毛平革菌以及球孢枝孢菌等的真菌来进行处理;在甲苯的微生物处理中,可选择嗜温鞘氨醇杆菌、膝黄微球菌、门多萨假单胞菌、类产碱假单胞菌、恶臭假单胞菌以及不动杆菌等的细菌进行处理,也可以选择外瓶霉属、孢瓶霉属、杰氏棒杆菌以及尖端足分支霉等的真菌进行处理;在二甲苯的微生物处理中,可以选择诺卡氏菌、类产碱假单胞菌来进行处理,也可以选择枝孢霉属、拟青霉素菌属以及青霉素菌属等的真菌来进行处理。

#### (四) 等离子体净化处理技术

等离子体净化处理方法就是借助于辉光放电或者是电晕放电来实现低温等离子体的生成。通过这样的方式,便可让气体分子处在激发或者是电离状态中,进而具有极其活泼的化学性质,在与电子碰撞时,如果电子动能高于气体分子中的C-C键,气体分子便会被氧化,进而生成无毒无害的水和二氧化碳。通常来讲,在高压放电的情况下,电子便会在电场中实现大量的能量获取,以此来实现高能电子的形成。而在对喷漆废气进行处理时,这些高能电子中的一部分会和其中的氧气分子以及水

分子发生碰撞,进而实现·O以及·OH等自由基的产生,这些自由基具有非常强的活性;而另外的一部分将会和VOCs分子之间实现非弹性形式的碰撞,然后再转化为VOCs分子中的动能或者是内能转化,在这样的情况下,VOCs分子便会被解离或电离,当被解离、激发或者是电离之后的VOCs分子接触到活性非常强的自由基时,便会出现十分复杂的物理反应和化学反应,以此来实现喷漆废气的有效降解<sup>[6]</sup>。下图3是喷漆废气等离子体处理技术原理示意图。

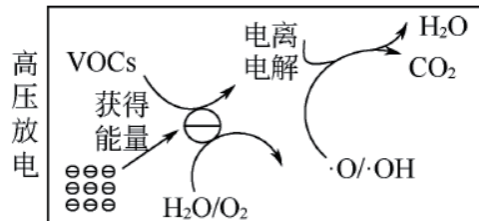


图3 喷漆废气等离子体处理技术原理示意图

相比较传统形式的喷漆废气处理技术而言,该技术不仅具有更短的处理流程,且处理效果也更高,但是因为该技术在目前依然处在发展阶段,且在等离子体降解中可能会有NO<sub>x</sub>、CO以及O<sub>3</sub>等的有害物质产生,进而容易引发二次污染。而关于该技术的进一步应用及其相关问题的解决,依然有待后续的深入研究。

#### 四、结束语

综上所述,喷漆废气如果得不到有效处理,不仅会对大气环境造成严重污染,同时也会对人体健康乃至于生命安全造成严重危害。基于此,相关单位和研究人员一定要加强喷漆废气处理方面的技术研究,并将科学合理的技术措施应用到喷漆废气的处理中。具体处理中,首先需要通过预处理的方式来进行漆雾去除,其次对喷漆废气进行正式的处理。就技术层面而言,无论是预处理技术还是正式处理技术,其方法都有很多。因此,相关单位和人员需要根据废气中实际的污染物组分、具体的含量和处理要求等来进行处理技术的合理选择。通过这样的方式,才可以使喷漆废气得以良好处理,避免喷漆废气逸散到大气环境中所造成的不良影响,促进当今社会经济与环境之间的协调可持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 陈杰营. 喷漆废气处理技术的分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2021(10): 78-79.
- [2] 王克军. 喷漆废气治理措施和处理效果[J]. 资源节约与环保, 2021(04): 85-86.
- [3] 王光. 汽修行业喷漆废气处理工艺技术进展[J]. 南方农机, 2020(18): 176-177.
- [4] 程光. 喷漆废气治理措施和处理效果[J]. 环境与发展, 2020(08): 63-65.
- [5] 封瑾. 浅谈汽车涂装喷漆废气处理系统的节能规划[J]. 时代汽车, 2020(07): 111-112.
- [6] 陈顺强. 喷漆废气中漆雾处理及有机废气净化技术[J]. 内燃机与配件, 2019(23): 219-220.

作者简介:李平(1980-),男,浙江台州人,本科,助理,浙江嘉环环境科技有限公司,从事环境影响评价、工程治理研究。