

# 零件喷漆过程中的挥发性有机物减排策略

赵紫龙

中国商用飞机有限责任公司上海飞机制造有限公司, 中国·上海 201324

**摘要:** 零件喷漆是制造业中不可或缺的一环, 但是在其操作过程中产生的挥发性有机物排放已成为影响环境质量以及危害人体健康的关键问题。因此, 在零件喷漆过程中, 采取有效措施降低挥发性有机物的减排量十分必要。基于此, 论文分析了零件喷漆过程中挥发性有机物的来源以及危害, 并提出了几点科学的减排策略, 以为行业内的环保实践提供理论依据和技术支持。

**关键词:** 零件喷漆; 挥发性有机物; 减排策略

## Emission Reduction Strategies for Volatile Organic Compounds during the Painting Process of Parts

Zilong Zhao

Commercial Aircraft Corporation of China, Ltd. Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd., Shanghai, 201324, China

**Abstract:** Spray painting of parts is an indispensable part of the manufacturing industry, but the volatile organic compound emissions generated during its operation have become a key issue affecting environmental quality and endangering human health. Therefore, it is necessary to take effective measures to reduce the emission of volatile organic compounds during the painting process of parts. Based on this, this paper analyzes the sources and hazards of volatile organic compounds during the painting process of parts, and proposes several scientific emission reduction strategies to provide theoretical basis and technical support for environmental protection practices in the industry.

**Keywords:** spray painting of parts; volatile organic compounds; emission reduction strategy

### 0 前言

随着工业化的快速发展, 零件喷漆行业在促进经济增长的同时, 也面临着严重的环境污染问题。挥发性有机物作为喷漆过程中的主要污染物之一, 不仅对人体健康构成了威胁, 还是形成光化学烟雾、细颗粒物和臭氧的重要前体物。因此, 减少零件喷漆过程中的挥发性有机物排放, 对于改善大气环境质量、保障人体健康具有重要的意义。

### 1 挥发性有机物的来源

在制造业中, 零件喷漆不仅是提升产品外观美感的有效手段, 也是确保零件表面防护性能的关键环节。然而, 这一过程中不可避免地会产生挥发性有机物, 其来源多样且复杂, 对环境与人体健康构成潜在的威胁。其中, 零件喷漆所使用的涂料本身便是挥发性有机物的主要来源之一。传统溶剂型涂料中含有大量的有机溶剂, 如苯、甲苯、二甲苯等, 这些溶剂在喷漆过程中会迅速挥发至空气中, 形成挥发性有机物污染。尽管近年来水性涂料、粉末涂料等低挥发性有机物涂料逐渐得到推广, 但溶剂型涂料在特定应用领域仍占据一定市场份额, 其挥发性有机物排放问题不容忽视。另外, 喷漆过程中的操作环节也是挥发性有机物产生的重要源头。在喷涂作业中, 喷枪将涂料雾化成微小颗粒并喷射至零件表

面, 这一过程中会有大量溶剂以气态形式逸出。同时, 喷涂过程中产生的过喷、飞溅等现象也会增加挥发性有机物的排放。此外, 喷漆后的干燥和固化过程也是挥发性有机物排放的途径。涂料在零件表面形成漆膜的过程中, 溶剂会逐渐挥发出来, 特别是对于需要高温烘烤的涂料, 其挥发性有机物排放量在烘烤阶段会显著增加。

综上所述, 零件喷漆过程中挥发性有机物的来源主要包括涂料本身、喷涂操作环节以及干燥固化过程。为了减少挥发性有机物排放, 企业应从源头控制、过程优化以及末端治理等方面入手, 采取有效措施降低挥发性有机物的产生和排放, 为环境保护和可持续发展贡献力量。

### 2 零件喷漆过程中的挥发性有机物的危害

#### 2.1 环境污染

在零件喷漆环节中, 挥发性有机物的排放成为不容忽视的环境污染源。具体而言, 挥发性有机物在大气中的累积与扩散, 严重破坏了空气质量, 它们作为光化学反应的前体物, 与氮氧化物等污染物在阳光照射下发生反应, 生成臭氧及其他二次污染物, 形成光化学烟雾。这种烟雾不仅降低了大气能见度, 影响了人们的日常生活与交通出行, 还加剧了温室效应, 对全球气候系统造成潜在威胁。另外, 挥发性有机物对水体和土壤环境同样构成威胁。当含有挥发性有机物

的废气未经处理直接排放至大气中,部分物质会通过大气沉降、雨水冲刷等途径进入水体和土壤,造成水体和土壤污染。这不仅破坏了生态系统的平衡,还影响了水资源的利用和农作物的生长。此外,挥发性有机物的长期存在与累积,还会对生物多样性和生态系统健康造成负面影响。某些挥发性有机物具有毒性,能够对植物、动物以及微生物造成损害,影响生态系统的稳定性和多样性。长期暴露于挥发性有机物污染环境中,可能导致生物种群的减少、生态系统的退化甚至崩溃<sup>[1]</sup>。

## 2.2 损害人体健康

在零件喷漆中,挥发性有机物的释放不仅对环境构成威胁,更对人体健康带来了损害。这些有害物质通过空气传播,直接或间接影响人体的多个系统,其危害深远且复杂。具体而言,挥发性有机物对人体呼吸系统具有显著的刺激作用,长期暴露在含有高浓度挥发性有机物的工作环境中,工人可能会出现呼吸道不适,如喉咙疼痛、咳嗽、气喘等症状。随着暴露时间的延长,这些症状可能加剧,甚至引发慢性支气管炎、哮喘等呼吸系统疾病。另外,挥发性有机物对人体的神经系统也有潜在的危害,它们能够穿透血脑屏障,影响大脑的正常功能。长期接触挥发性有机物的工人可能会出现头痛、头晕、注意力不集中、记忆力减退等神经系统症状,严重时甚至可能导致神经功能紊乱或损伤。此外,挥发性有机物还具有潜在的致癌风险,某些种类的挥发性有机物,如苯、甲苯等,已被国际癌症研究机构列为致癌物质。长期暴露于这些有害物质中,可能增加患白血病、淋巴瘤等恶性肿瘤的风险。更为严重的是,挥发性有机物还可能对人体的生殖系统和免疫系统造成损害,它们能够干扰内分泌系统的正常功能,影响性激素的分泌和调节,从而导致生殖障碍或发育畸形<sup>[2]</sup>。

## 2.3 破坏生态系统

在零件喷漆中,挥发性有机物的排放不仅对人体健康构成威胁,更对生态系统造成了破坏。这些有害物质一旦进入自然环境,便会在生物链中逐级累积,对生态系统的平衡与稳定构成严峻挑战。具体而言,挥发性有机物对大气环境的污染是显而易见的。它们与大气中的其他污染物相互作用,形成光化学烟雾,降低大气能见度,影响植物的光合作用,进而干扰生态系统的物质循环和能量流动。此外,挥发性有机物还是温室气体的组成部分,其排放加剧了全球气候变暖的趋势,对生态系统的气候适应性构成挑战。另外,挥发性有机物通过大气沉降、雨水冲刷等途径进入水体和土壤,对水生生态系统和陆地生态系统造成破坏。在水体中,挥发性有机物可能改变水体的化学性质,影响水生生物的生存和繁殖;在土壤中,它们可能破坏土壤结构,降低土壤肥力,影响农作物的生长和产量。这些变化都将对生态系统的生物多样性和生产力产生负面影响。更为严重的是,挥发性有机物在生物体内的累积和放大效应。它们能够通过食物链

逐级传递,并在高级生物体内达到较高的浓度。这种累积不仅会对生物体的健康造成损害,还可能破坏生物种群的遗传稳定性,影响生态系统的遗传多样性和进化潜力<sup>[3]</sup>。

## 3 零件喷漆过程中的挥发性有机物减排策略

### 3.1 从源头控制挥发性有机物

在零件喷漆中,挥发性有机物的排放是环保领域亟待解决的问题。为了有效减少挥发性有机物的排放,必须从源头进行控制。其中,推广使用低挥发性有机物含量的涂料是源头控制的首要任务。随着环保意识的增强和技术的进步,市场上已经涌现出多种低挥发性有机物或无挥发性有机物的涂料产品,这些涂料在保持良好涂装效果的同时,能够显著降低挥发性有机物的排放。因此,企业应积极采用这些环保涂料,从源头上减少挥发性有机物的产生。另外,优化喷漆工艺也是减少挥发性有机物排放的有效途径。通过改进喷漆设备、调整喷漆参数、优化喷漆流程等措施,可以提高涂料的利用率,减少过喷和飞溅现象,从而降低挥发性有机物的挥发量。此外,采用自动化、智能化的喷漆设备和技术,可以进一步提高喷漆效率和精度,减少人为因素对挥发性有机物排放的影响。再者,加强涂料储存和使用的管理也是源头控制的重要方面,企业应建立完善的涂料管理制度,确保涂料在储存和使用过程中不受污染和变质。同时,加强员工的环保意识和技能培训,提高他们对低挥发性有机物涂料的认识和使用能力<sup>[4]</sup>。

### 3.2 从过程中控制挥发性有机物

在零件喷漆中,过程控制是减少挥发性有机物排放、保障环境质量的关键环节。通过精细管理与技术创新,可以有效地在喷漆过程中控制挥发性有机物的释放,实现绿色生产。其中,优化喷漆室的通风系统至关重要。高效的通风系统能够迅速将喷漆过程中产生的挥发性有机物排出室外,降低室内挥发性有机物浓度,从而减少对工人的健康危害和对环境的污染。这要求喷漆室设计合理,通风设备性能优越,且需定期维护检查,确保其高效运行。另外,企业应实施严格的喷漆作业规范。企业应制定详细的喷漆作业指导书,明确操作步骤、注意事项和环保要求。工人需经过专业培训,掌握正确的喷漆技巧,避免过度喷涂、飞溅等现象的发生,从而减少挥发性有机物的浪费和排放。此外,引入先进的废气处理设备。在喷漆作业现场安装废气收集和处理系统,如活性炭吸附装置、催化燃烧装置等,可以有效吸附和分解喷漆过程中产生的挥发性有机物,将其转化为无害物质后再排放。这不仅有助于减少挥发性有机物的排放,还能提升企业的环保形象。最后,建立挥发性有机物排放监测体系。企业应在喷漆作业现场设置挥发性有机物监测点,定期监测并记录挥发性有机物排放浓度和排放量。通过数据分析,及时发现并解决挥发性有机物排放超标的问题,为环保决策提供有力支持。综上所述,从过程控制挥发性有机物需要企业在通

风系统设计、作业规范制定、废气处理设备引入以及排放监测体系建设等方面做出努力。通过精细化管理和技术创新,可以有效地在零件喷漆过程中控制挥发性有机物的排放,为保护环境和人类健康贡献力量<sup>[5]</sup>。

### 3.3 优化末端治理工作

在零件喷漆中,尽管源头控制与过程管理对于减少挥发性有机物排放具有很大作用,但优化末端治理工作同样不可或缺。末端治理作为环保链条的最后一道防线,其有效性直接关系到整个喷漆过程的环保成效。企业应强化废气处理设施的运行维护,积极建立完善的设备维护制度,定期对废气处理设施进行检修、清洁和更换耗材,确保其始终处于良好的运行状态。同时,采用先进的监测技术,实时监控废气处理设施的运行状态和处理效果,及时发现并解决问题,确保废气得到有效处理后再排放。另外,探索创新的废气处理技术。随着环保技术的不断发展,新型的废气处理技术不断涌现,如低温等离子体处理、生物过滤等,这些技术具有高效、低能耗、无二次污染等优点,为废气治理提供了新的选择。企业应根据自身实际情况,积极引进和应用这些先进技术,不断提升废气治理水平。此外,加强废气治理的精细化管理,建立完善的废气治理档案,详细记录废气处理设施的运行情况、处理效果、维护记录等信息,通过数据分析,评估废气治理工作的成效,不断总结经验教训,优化治理方案。最后,加强与环保部门的沟通与合作。企业应积极配合环保部门的监督检查工作,及时报告废气治理情况,接受专业指导和帮助。同时,加强与同行业企业的交流与合作,分享废气治理的成功经验和做法,共同推动行业环保水平的提升<sup>[6]</sup>。

### 3.4 政策支持与监管

在推动零件喷漆行业绿色发展的道路上,实施有效的政策支持与严格的监管机制,对于减少挥发性有机物排放、保护生态环境具有极大的作用。政府应出台一系列针对性强、操作性好的政策措施,以激励企业主动减排,包括提供财政补贴、税收优惠、绿色信贷等经济激励手段,降低企业减排成本,增强其减排动力。同时,制定严格的挥发性有机物排放标准,明确企业排放限值,为监管提供法律依据。同时,加强监管力度,确保政策得到有效执行。环保部门应建立健全的监管体系,对零件喷漆企业实施定期检查和随机抽查,及时发现并纠正违法排污行为。可利用现代信息技术手段,如在线监测、大数据分析等,提高监管效率和精准度。

对于违法排污企业,依法依规进行处罚,形成有效的震慑作用。此外,政府还应积极推广先进的减排技术和经验,引导企业转型升级。通过组织技术交流会、示范项目推广等活动,帮助企业了解并掌握最新的减排技术和方法。同时,鼓励企业开展技术创新和研发,推动行业技术进步和产业升级。最后,加强公众参与和舆论监督,形成全社会共同关注和支持挥发性有机物减排的良好氛围,可通过宣传教育、信息公开等方式,提高公众对挥发性有机物减排的认识和重视程度。同时,鼓励公众积极参与环保活动,监督企业排污行为,共同推动零件喷漆行业的绿色发展<sup>[7-8]</sup>。

## 4 结语

零件喷漆过程中的挥发性有机物减排工作是一项系统工程,需要从源头控制、过程控制、末端治理以及政策支持与监管等多个方面入手。企业应积极利用先进、科学的管理手段和技术,减少零件喷漆过程中的挥发性有机物排放,为改善大气环境质量、保障人体健康作出积极贡献。未来,随着科技的不断进步和环保意识的不断提高,零件喷漆行业的挥发性有机物减排工作将取得更加显著的成效。

### 参考文献:

- [1] 胡晓兰.环境空气中挥发性有机物手工监测数据审核方法探讨[J].仪器仪表与分析监测,2024(3):29-33.
- [2] 张光岳,张扬,马海斌,等.山东省沿海城市大气挥发性有机物污染特征分析[J].中国环境监测,2024,40(4):80-87.
- [3] 周民锋,魏恒.苏州市夏冬季挥发性有机物污染特征及健康风险评估[J].环境化学,2024,43(8):2769-2780.
- [4] 陈少强,戴琳.将挥发性有机物纳入环境保护税征收范围的思考[J].税务研究,2024(8):114-119.
- [5] 赵倩.大气环境中挥发性有机物污染与治理研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(14):54-56.
- [6] 钟桢媛,李亚平.环境空气中挥发性有机物的有效监测分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(14):37-39.
- [7] 余楠,李鹏辉,张鹏辉,等.应急监测用多组分挥发性有机物气体标准物质研制[J].中国测试,2024,50(6):70-78.
- [8] 李传鹏.挥发性有机物检测技术在环境检测中的应用分析[J].化纤与纺织技术,2024,53(6):53-55.

作者简介:赵紫龙(1988-),男,满族,中国上海人,硕士,高级工程师,从事热工艺技术研究。