

# 汽车涂装车间废气治理技术探讨

郑 聪<sup>1</sup> 卢 远<sup>1</sup> 董俊佳<sup>1</sup> 陈炳彬<sup>2</sup>

1. 宁波浙环科环境技术有限公司 浙江 宁波 315000

2. 上汽大众汽车有限公司宁波分公司 浙江 宁波 315000

**摘要：**汽车涂装车间废气治理技术至关重要，涉及VOCs（挥发性有机物）等有害成分的减少和排放控制。随着环保法规日益严格，涂装车间需采用先进技术来处理废气。常用废气治理技术包括热氧化法、活性炭吸附法及生物处理法等，它们能有效去除废气中的有害物质，确保达标排放。此外，光催化氧化技术和生物膜反应器技术等新兴治理技术正逐步受到重视，以其高效、低能耗和环保特性，为汽车涂装车间废气治理提供了新的解决方案。

**关键词：**汽车涂装；车间废气；治理技术

引言：在汽车制造业中，涂装是不可或缺的工艺环节，然而，涂装车间产生的废气中含有大量挥发性有机物（VOCs）和其他有害物质，对环境和人体健康构成威胁。因此，探讨有效的废气治理技术显得尤为重要。本文旨在综述当前汽车涂装车间废气治理的主要技术，分析其优缺点，并探讨新兴技术在该领域的应用前景。通过深入研究和对比，期望能为汽车涂装车间废气治理提供科学合理的指导，助力环保事业的持续发展。

## 1 汽车涂装车间废气特性分析

### 1.1 废气组成与产生机理

汽车涂装车间的废气主要由涂料中的有机溶剂、涂膜在喷涂及烘干过程中的挥发物以及喷涂作业中产生的漆雾等组成。这些废气成分复杂，统称为挥发性有机化合物（VOCs）。其中，有机溶剂是涂装车间废气的主要成分，包括甲苯、二甲苯、乙酸乙酯等。这些有机溶剂在涂装过程中挥发到空气中，形成有害气体。此外，漆雾也是涂装车间废气的重要组成部分，它来自于喷涂作业中涂料飞散的部分，对人体健康和环境造成潜在威胁。废气的产生机理主要涉及到涂料的挥发、涂膜的干燥和固化等过程。在喷涂过程中，涂料中的有机溶剂不断挥发到空气中；在涂膜干燥和固化过程中，涂料中的高分子化合物发生挥发和交联反应，释放出VOCs等有害气体。这些废气不仅对人体健康构成威胁，还可能对大气环境和生态系统造成污染。

### 1.2 废气浓度与排放标准

涂装车间废气的浓度分布与变化规律受多种因素影响，包括涂料种类、喷涂工艺、环境条件等。一般来说，涂装车间废气的浓度随着喷涂作业的进行而逐渐升高，尤其在喷涂作业高峰时段，废气浓度达到峰值。此外，涂装车间的通风状况也会影响废气浓度，通风不良

会导致废气在车间内积聚，增加对工作人员的危害。为了控制涂装车间废气的排放，各国都制定了相应的排放标准。这些标准规定了涂装车间废气中各种有害物质的最高允许排放浓度和排放速率。然而，由于涂料种类、喷涂工艺以及环境条件的不同，涂装车间废气的实际排放情况往往存在差异。因此，在实际操作中，需要根据具体情况制定合理的废气治理方案，确保涂装车间废气排放符合相关标准。在比较国内外涂装车间废气排放标准时，发现不同国家和地区对于涂装车间废气排放的限制程度存在差异。一些发达国家对涂装车间废气排放的要求更为严格，这反映了他们对环境保护的高度重视。相比之下，一些发展中国家在涂装车间废气排放标准的制定和执行方面还有待加强。然而，随着全球环境问题的日益严峻，越来越多的国家开始重视涂装车间废气治理工作，并逐步提高废气排放标准，以推动涂装行业的绿色可持续发展。需要注意的是，涂装车间废气治理不仅仅是一个技术问题，更是一个需要综合考虑经济、社会和环境因素的复杂系统工程。在制定废气治理方案时，需要充分考虑到企业的实际情况、治理成本和效益等因素，选择既符合排放标准又经济合理的治理技术。同时，政府和相关部门也应加强对涂装车间废气治理工作的监管和支持，推动涂装行业实现绿色、低碳、可持续发展。

## 2 汽车涂装车间废气治理技术综述

### 2.1 热氧化法处理技术

热氧化法处理技术，在汽车涂装车间废气治理中扮演着至关重要的角色。该技术，也被称为催化燃烧法或热焚烧法，其核心原理在于通过高温条件促使废气中的有机组分进行彻底氧化，从而达到清洁排放的目的。

（1）在实际的工艺流程中，热氧化法首先会对废气进行

预处理。这一步至关重要，因为涂装车间产生的废气中往往含有颗粒物、水分等杂质，这些杂质不仅会损害热氧化设备的正常运行，还可能降低处理效率。因此，通过预处理环节，可以有效地去除这些杂质，为后续的氧化反应创造有利条件。（2）预处理完成后，废气进入加热升温阶段。这一阶段的关键在于将废气加热至合适的反应温度。温度的控制十分重要，过低则无法引发充分的氧化反应，过高则可能导致设备损坏或能耗增加。因此，需要根据废气的成分和浓度，精确控制加热温度和升温速率。（3）当废气达到反应温度后，便进入氧化反应阶段。在这一阶段中，有机污染物在高温和氧气的共同作用下发生氧化反应，最终转化为二氧化碳和水蒸气等无害物质。这种转化过程不仅有效地去除了废气中的有毒有害成分，而且确保了排放的清洁度<sup>[1]</sup>。热氧化法的另一大优势在于其热量回收系统。反应产生的热量被用于预热进入系统的废气，从而提高了能源利用效率，降低了整体能耗。这一设计不仅符合绿色环保的理念，也为企业节省了大量的运行成本。然而，尽管热氧化法具有诸多优点，但其高能耗和设备投资成本也是不可忽视的缺点。尤其是在处理低浓度废气时，由于需要补充燃料以维持燃烧，因此能耗问题尤为突出。此外，热氧化设备通常采用耐高温材料和精密设计，这也导致了设备投资和维护成本的增加。

## 2.2 活性炭吸附法处理技术

活性炭吸附法处理技术，在汽车涂装车间废气治理中扮演着重要的角色。该技术凭借其高效的吸附能力和广泛的应用范围，已成为废气治理的重要手段之一。活性炭吸附法的基本原理源于活性炭独特的物理和化学性质。活性炭具有高度发达的孔隙结构和巨大的比表面积，这使得其能够有效地吸附废气中的有机污染物。当涂装车间产生的废气通过活性炭吸附装置时，废气中的有机分子被活性炭表面的官能团和孔隙所吸引，从而实现废气的净化。在实际应用过程中，活性炭吸附法的操作流程相对简单。首先，废气经过预处理，以去除其中的颗粒物和油雾等杂质，确保活性炭不受堵塞或损害。随后，经过预处理的废气进入吸附塔，在塔内的活性炭床层中，有机污染物被吸附在活性炭表面上。然而，活性炭吸附法也面临着一些挑战。由于活性炭的吸附容量有限，随着吸附的进行，活性炭会逐渐饱和，失去吸附能力。此时，需要对活性炭进行再生或更换，以保证吸附效果的持续性。活性炭再生方法主要包括热再生和化学再生。热再生是通过加热使活性炭上的吸附物脱附，恢复其吸附能力；化学再生则是利用特定的化学试剂将

吸附物从活性炭上解吸下来<sup>[2]</sup>。再生方法的选择需要根据废气的成分、浓度以及活性炭的类型和状态来确定。活性炭吸附法的优点在于操作简单、吸附效率高且无二次污染。通过选择合适的活性炭类型和优化吸附条件，可以实现高效的废气治理。然而，活性炭对湿度和温度敏感，因此在湿度过高或温度过高的环境中，其吸附性能可能会受到影响。此外，活性炭的更换和再生也需要一定的成本投入。尽管如此，活性炭吸附法在汽车涂装车间废气治理中仍具有广阔的应用前景。随着技术的不断进步和成本的降低，相信活性炭吸附法将在废气治理领域发挥更大的作用，为实现环保和可持续发展目标作出重要贡献。

## 2.3 生物处理法技术

生物处理法技术是通过利用微生物的代谢作用来降解废气中的有机污染物。其基本原理是将废气通入含有特定微生物的生物反应器中，微生物利用废气中的有机污染物作为能源和营养物质进行生长繁殖，从而实现废气的净化。生物处理法技术主要包括生物洗涤、生物过滤和生物滴滤等。在生物洗涤过程中，废气与含有微生物的洗涤液接触，污染物被微生物吸附并降解；生物过滤则是利用微生物附着在固体填料表面形成生物膜，废气通过生物膜时污染物被微生物降解；生物滴滤则是结合了洗涤和过滤的特点，通过喷淋洗涤液提高微生物与废气的接触效率。生物处理法技术在涂装车间废气治理中具有广阔的应用潜力。首先，该技术能够以较低的成本实现废气的有效治理；其次，生物处理过程中产生的副产物通常为无害物质，无二次污染问题；此外，生物处理法技术还具有良好的适应性和可扩展性，可根据实际情况灵活调整处理规模和参数。然而，生物处理法技术也存在一些限制和挑战。生物处理法技术的成功应用在很大程度上依赖于微生物的种类和活性，因此，对微生物的培养、驯化和维护要求较高<sup>[3]</sup>。此外，生物处理法对废气成分和浓度的适应性有限，对于某些难以生物降解的有机污染物，处理效果可能不佳。同时，生物处理设备的运行稳定性受环境条件（如温度、湿度、pH值等）影响较大，需要严格控制操作条件。尽管如此，随着生物技术的不断发展和完善，生物处理法技术在汽车涂装车间废气治理中的应用前景仍然十分广阔。未来，通过优化微生物菌种、改进生物反应器设计、提高操作管理水平等手段，生物处理法技术有望在汽车涂装车间废气治理中发挥更大的作用。

## 3 汽车涂装车间废气治理新技术与前沿研究探讨

### 3.1 光催化氧化技术

### 3.1.1 技术原理及操作流程

光催化氧化技术以其高效、环保的特点，在涂装车间废气治理领域展现出独特优势。该技术基于光催化原理，利用特定波长的光源激发半导体光催化剂，促使催化剂中的电子跃迁，产生具有强氧化性的活性基团。这些活性基团能有效与废气中的有机污染物发生化学反应，将其分解为水、二氧化碳等无害物质。操作流程简洁高效：废气先经过预处理，清除杂质；随后进入光催化反应器，在光源与光催化剂的共同作用下完成氧化分解过程；最终，经过进一步净化的气体将达到严格的排放标准，安全排放至环境中。整个过程中，光催化氧化技术不仅提高了治理效率，而且减少了能源消耗，为涂装车间废气治理提供了高效且环保的解决方案。

### 3.1.2 技术效果评估

光催化氧化技术在涂装车间废气治理中展现出了良好的效果。其处理效率高，能够快速降解废气中的有机污染物，且反应条件温和，能耗较低。此外，光催化氧化技术具有广泛的适用性，可用于处理多种类型的有机废气，尤其适合低浓度、大流量的废气治理。然而，光催化氧化技术也面临一些挑战。首先，光催化剂的活性受到光源波长、光照强度等因素的影响，需要优化光源和催化剂的选择；其次，废气中的杂质可能对光催化剂产生毒化作用，影响处理效果；最后，该技术在实际应用中可能需要较大的反应空间和设备投资<sup>[4]</sup>。

## 3.2 生物膜反应器技术

### 3.2.1 技术特点与优势

生物膜反应器技术以其独特的生物降解能力和环境友好性，在涂装车间废气治理中展现出显著的优势。该技术运用生物膜上的微生物群落，有效吸附并降解废气中的有机污染物，转化为无害物质。首先，该技术充分利用了自然环境中丰富的微生物资源，无需额外的化学药剂，从而显著降低了运行成本。其次，生物膜上的微生物种类多样，能够适应并降解多种有机污染物，特别适合处理涂装车间复杂多变的废气成分。最后，该技术操作简单、运行稳定，且在整个处理过程中不会产生二次污染，完全符合环保要求<sup>[5]</sup>。生物膜反应器技术不仅提

高了涂装车间废气治理的效率，也为环保事业的发展做出了积极贡献。

### 3.2.2 创新性与适用性探讨

生物膜反应器技术在涂装车间废气治理中的创新性与适用性主要体现在以下几个方面：首先，该技术利用生物膜上的微生物进行废气治理，相比传统的物理或化学方法具有更低的能耗和成本。此外，微生物降解有机污染物的过程中无需添加化学药剂，避免了二次污染的产生。其次，生物膜反应器技术能够处理复杂多变的废气。涂装车间产生的废气通常含有多种有机污染物，而生物膜反应器中的微生物具有广泛的降解能力，能够同时降解多种有机污染物，提高了废气治理的效果。最后，生物膜反应器技术在实际应用中表现出较好的稳定性和可靠性。生物膜载体能够长期保持微生物的活性，同时具有一定的抗冲击负荷能力，能够适应涂装车间废气排放的不稳定性。

### 结束语

在汽车涂装车间废气治理技术的深入探讨中，我们全面分析了当前技术的应用与成效，展望了未来的发展方向。面对环保要求的日益严格，我们必须持续创新，追求治理技术的卓越性能与高效运行。精准治理，降低废气排放及实现清洁生产，是汽车涂装行业绿色转型的关键。展望未来，我们坚信废气治理技术将不断突破，为环保事业做出更大贡献，共同构建绿色、可持续的汽车工业生态环境。

### 参考文献

- [1] 李晓琳,邢汶平.浅谈汽车涂装车间废气治理技术[J].现代涂料与涂装,2020,12(7):23-26.
- [2] 梁国宇.汽车制造涂装废气治理技术研究及实践[J].军民两用技术与产品,2021,24(14):42-44.
- [3] 田云,和军强.乘用车涂装线VOC废气治理环保形势浅析[J].现代涂料与涂装,2020,12(8):69-72.
- [4] 林宣乐.汽车涂装喷漆室有机废气净化技术方案与应用[J].现代涂料与涂装,2021(5):41-46.
- [5] 王臻宇,刘杰,齐祥昭.汽车制造涂装行业VOCs减排方案及潜力分析(II)[J].中国涂料,2020,33(02):39-40.