

# 汽车涂装工艺对环境的污染及其治理措施

刘德强

南宁智诚动力电池科技有限责任公司 广西 南宁 530000

**摘要:** 随着汽车工业的蓬勃发展,汽车涂装工艺在提升汽车外观品质与耐久性方面发挥着不可或缺的作用。本文围绕汽车涂装工艺展开探讨,先是概述其定义、流程、在汽车制造中的作用以及技术发展现状。随后着重分析该工艺对环境造成的污染,涵盖涂装废水、废气和固体废弃物方面。最后针对这些污染问题,详细阐述相应治理措施,包括废水、废气、固体废弃物各自的预处理、处理及回收利用、资源化利用等技术手段,旨在助力汽车涂装工艺实现绿色环保,减轻对环境的不良影响。

**关键词:** 汽车;涂装工艺;环境的污染;治理措施

**引言:** 汽车涂装工艺是汽车制造的关键环节,关乎汽车外观与防护性能。然而,随着环保要求日益提高,其带来的环境问题愈发受到关注。涂装过程中产生的废水、废气及固体废弃物,若处理不当,会对土壤、水体、大气等造成污染,影响生态平衡与周边居民生活。因此,深入分析汽车涂装工艺对环境的污染情况,并探索有效的治理措施,对推动汽车产业可持续发展,实现经济与环境协调共生有着重要意义。

## 1 汽车涂装工艺概述

### 1.1 涂装工艺的定义与流程

汽车涂装工艺是指将涂料涂覆于汽车车身表面,经干燥成膜,赋予汽车美观外观并提供防腐蚀、耐磨损等保护功能的一系列作业过程。其主要流程包括车身预处理,如脱脂、磷化等,以去除油污和提高涂层附着力;底漆涂装,常采用电泳涂装方式,使底漆均匀覆盖车身;中间涂层施工,进一步填平表面缺陷;面漆涂装,可通过喷漆或静电喷涂等工艺赋予车身丰富色彩与光泽;最后是烘干固化,使各涂层完全干燥硬化,形成坚固且美观的涂膜,每个环节紧密相连且相互影响。

### 1.2 涂装工艺在汽车制造中的作用

从外观角度看,它能为汽车提供绚丽多彩、光滑平整的外观效果,满足消费者对汽车美观性的需求,提升汽车的市场竞争力。在防护性能方面,涂层犹如汽车的“铠甲”,有效防止车身金属受到大气、水分、紫外线、盐分等环境因素的侵蚀,减缓生锈与腐蚀进程,延长汽车使用寿命。

### 1.3 涂装工艺的技术发展及现状

汽车涂装工艺技术不断发展演进。早期多采用传统溶剂型涂料与简单喷涂工艺,如今水性涂料、粉末涂料等环保型涂料逐渐兴起并应用。水性涂料降低了挥发性有机化

合物(VOC)排放,更环保。涂装技术上,静电喷涂、自动喷涂机器人等自动化技术广泛应用,提高了涂装效率与质量稳定性,减少了人工误差,涂装工艺的数字化管理也在推进,可精准控制涂料用量、喷涂参数等<sup>[1]</sup>。

## 2 汽车涂装工艺对环境的污染分析

### 2.1 涂装废水污染

#### 2.1.1 脱脂废水

脱脂废水主要产生于汽车涂装前处理的脱脂工序。为去除车身表面油污,常使用碱性脱脂剂,其中包含氢氧化钠、碳酸钠等物质。脱脂废水具有强碱性,pH值通常在10~12之间,化学需氧量(COD)含量较高,可达到2000~5000mg/L,还含有大量表面活性剂及少量的油脂、金属离子等污染物。这些污染物若未经有效处理直接排放,会导致水体酸碱度失衡,破坏水生生物的生存环境,引起水体富营养化,影响水资源的循环利用,对周边水域生态系统造成严重危害。

#### 2.1.2 磷化废水

磷化废水源自磷化处理过程,目的是在车身表面形成一层磷化膜以增强涂层附着力。磷化废水含有磷酸根离子、锌离子、镍离子等重金属离子以及磷酸盐。其总磷含量较高,一般在50~200mg/L,重金属离子浓度因磷化工艺和配方不同而有所差异。这些重金属离子和高浓度的磷会对水体产生多方面污染,如导致水体浑浊、产生异味,影响水体的透明度和感官性状,重金属在水生生物体内富集,通过食物链传递,最终危害人体健康,还可能造成水体的富营养化,引发藻类过度繁殖等一系列生态问题。

#### 2.1.3 电泳废水

电泳涂料由树脂、颜料、溶剂和添加剂等组成,所以电泳废水成分复杂。其中含有较高浓度的有机物,

COD 可高达 5000 – 10000mg/L, 还包含大量的水溶性树脂、颜料以及少量的重金属离子如铅、锡等。这些有机物和重金属的存在使电泳废水具有较大的毒性。未经处理排放会消耗水中大量氧气, 导致水生生物缺氧死亡, 而且重金属离子会在底泥和水生生物体内累积, 改变水体生态结构, 影响水生生态系统的平衡与稳定, 长期来看, 对整个水域生态环境的破坏是极其严重的。

#### 2.1.4 喷漆废水

喷漆废水产生于汽车喷漆过程中对喷枪等设备的清洗。其主要污染物为颜料、有机溶剂、树脂等。喷漆废水的 COD 浓度较高, 约为 1000 – 5000mg/L, 且含有苯系物、酯类、酮类等多种挥发性有机化合物 (VOC)。这些物质具有毒性和异味, 若直接排放, 会使水体散发刺鼻气味, 影响周边空气质量, 高浓度的 COD 和 VOC 会导致水体的化学性质发生变化, 降低水体的自净能力, 对水生生物的生存和繁殖产生抑制作用, 破坏水体生态系统的正常功能, 给当地水环境带来较大压力。

### 2.2 涂装废气污染

#### 2.2.1 喷漆室废气

喷漆室废气是汽车涂装过程中产生量较大且成分复杂的废气来源。主要包含挥发性有机化合物 (VOC), 如苯、甲苯、二甲苯、酯类、酮类等有机溶剂, 这些物质具有毒性和刺激性气味。此外, 还伴有漆雾颗粒, 其粒径大小不一。喷漆室废气的排放浓度通常较高, 大量 VOC 排放到大气中会形成光化学烟雾, 危害人体呼吸系统和神经系统, 还会对大气环境造成污染, 导致臭氧层破坏、气候变暖等环境问题, 并且漆雾颗粒若未经有效处理, 会影响周围空气质量, 形成粉尘污染, 对周边居民生活和生态环境产生不良影响。

#### 2.2.2 晾干室废气

晾干室废气主要由未固化的涂料挥发产生。其中 VOC 含量较高, 成分与喷漆室废气有相似之处, 包括各类有机溶剂。由于晾干过程是在相对封闭空间内进行, 废气浓度会逐渐累积。这些废气排放到大气中, 会增加大气中的 VOC 负荷, 参与光化学氧化反应, 生成臭氧等二次污染物, 对空气质量产生负面影响。长期暴露在含有此类废气的环境中, 可能会引发人体头晕、恶心等不适症状, 同时也会对周边植物生长产生抑制作用, 破坏生态平衡, 对区域环境的可持续性发展构成威胁。

#### 2.2.3 烘干室废气

烘干室废气是在涂料烘干固化过程中产生的。主要成分有 VOC、热分解产物以及少量的酸性气体如二氧化硫、氮氧化物等。VOC 浓度相对较高, 在高温作用下,

涂料中的有机物迅速挥发。这些废气若直接排放, 会对大气环境造成严重污染。大量 VOC 会加剧光化学烟雾的形成, 酸性气体则会导致酸雨, 对土壤、水体、建筑物等造成腐蚀和破坏, 烘干室废气排放还会影响局部地区的空气质量, 对居民的健康产生潜在危害, 例如引发呼吸道疾病等, 不利于区域环境质量的提升和生态保护。

### 2.3 涂装固体废弃物污染

#### 2.3.1 涂料废渣

涂料废渣是汽车涂装过程中剩余的涂料以及涂装后从车身表面清理下来的不合格涂层等物质形成的废弃物。其成分复杂, 包含树脂、颜料、填料、溶剂等多种成分。这些废渣若随意丢弃, 其中的有机溶剂会挥发到大气中, 造成空气污染, 其中的重金属颜料和填料可能会渗入土壤和地下水中, 导致土壤和水体污染, 破坏周边生态环境。而且, 涂料废渣的堆积占用大量土地空间, 影响土地资源的有效利用, 还可能因长期堆放引发自燃等安全隐患, 对周围环境和人员安全造成威胁。

#### 2.3.2 水性沉渣

水性涂料中的一些不溶性物质、颜料颗粒等在涂装系统中逐渐沉淀形成沉渣。水性沉渣含有大量的有机物和颜料成分, 虽然相比传统溶剂型涂料废渣其有机挥发物含量较低, 但仍存在一定污染风险。若未经妥善处理, 其中的有机物在自然环境中分解可能会消耗水中氧气, 影响水体的生物需氧量 (BOD) 平衡, 导致水生生物生存环境恶化。

#### 2.3.3 废的涂料桶

废的涂料桶在汽车涂装中数量众多, 材质通常有金属和塑料两种。这些废涂料桶表面残留有大量的涂料, 涂料中的有害物质如有机溶剂、重金属等会残留在桶壁。若随意丢弃, 残留涂料会挥发到大气中污染空气, 当遭遇雨水冲刷时, 有害物质会溶出进入土壤和水体, 造成土壤和水体污染。而且废涂料桶占用大量空间, 难以自然降解, 影响环境卫生, 在回收处理过程中, 如果处理不当, 也容易造成二次污染, 对环境的整体质量和生态平衡产生负面影响<sup>[2]</sup>。

## 3 汽车涂装工艺污染的治理措施

### 3.1 涂装废水的治理

#### 3.1.1 废水预处理技术

废水预处理是涂装废水治理的关键起始步骤。针对脱脂废水, 常采用酸化法, 利用酸与碱性脱脂剂中的氢氧根离子反应, 降低 pH 值并使油脂析出分离, 还可投加混凝剂促使悬浮物沉淀。磷化废水预处理则侧重于除磷, 通过添加钙盐, 如氯化钙, 使磷酸根离子形成磷酸

钙沉淀去除。电泳废水可先进行超滤处理,分离出大分子树脂和颜料,减少后续处理负荷。喷

### 3.1.2 废水处理工艺及设备

混凝沉淀通过投加聚合氯化铝、聚丙烯酰胺等混凝剂,使废水中的胶体和细小悬浮物聚沉。吸附法利用活性炭等吸附剂去除废水中的有机物和残留重金属。生化法主要采用活性污泥法或生物膜法,利用微生物分解废水中的有机污染物,将其转化为无害的二氧化碳和水。在设备方面,有专门的混凝反应池、沉淀池、吸附塔、生物反应池等。这些工艺和设备协同作用,能有效降低废水的 COD、重金属离子、磷等污染物浓度,使其达到排放标准或可回用标准。

### 3.1.3 废水回收利用技术

涂装废水回收利用可节约水资源并减少排放。对于处理后的电泳废水,可经过超滤和反渗透等膜分离技术进一步净化,去除残留的盐分和小分子有机物,回用于电泳涂装工序的清洗环节。喷漆废水经处理达标后,可回用于对水质要求较低的喷枪初步清洗或车间地面冲洗。部分物化处理后的达标废水也可回用于一些非关键生产环节,如厂区绿化灌溉等。

## 3.2 涂装废气的治理

### 3.2.1 废气预处理技术

废气预处理对于涂装废气治理极为重要。对于喷漆室废气中的漆雾颗粒,常采用过滤法去除,如使用玻璃纤维过滤器,能有效拦截较大颗粒漆雾,减轻后续处理负担。晾干室废气和烘干室废气中含有的高浓度 VOC,可先通过冷凝法处理,利用低温使部分 VOC 凝结成液态回收,降低废气中 VOC 含量,针对废气中的酸性气体,如二氧化硫、氮氧化物等,可采用碱洗法使废气通过碱性溶液吸收塔,酸性气体与碱液反应生成盐类而被去除,经过这些预处理步骤可提高后续废气处理的效率与效果。

### 3.2.2 废气处理工艺及设备

涂装废气处理工艺主要有吸附法、燃烧法和催化氧化法等。吸附法常用活性炭吸附剂,将废气通入活性炭床层,VOC 被吸附在活性炭表面,达到净化目的,其设备有固定床吸附器等。燃烧法分为直接燃烧和蓄热式燃烧(RTO),直接燃烧是将废气在高温下直接燃烧分解,RTO 则通过蓄热体回收热量提高能源利用率,燃烧设备包括燃烧炉等。催化氧化法是在催化剂作用下使 VOC 低温氧化分解,设备有催化氧化反应器。

### 3.2.3 废气排放控制技术

废气排放控制技术旨在确保涂装废气达标排放。首先要建立精准的废气监测系统,采用气相色谱仪、质谱仪等设备实时监测废气中的污染物浓度、流量等参数。根据监测数据,调整废气处理工艺的运行参数,如吸附剂更换周期、燃烧温度等,严格执行国家和地方的废气排放标准,对排放口设置规范的采样点,定期进行人工抽检。对于超标排放的情况,及时排查原因并采取整改措施,如优化废气处理设备的运行、加强设备维护保养等,通过这些措施,有效控制涂装废气的排放,减少对大气环境的污染影响。

## 3.3 涂装固体废弃物的治理

### 3.3.1 固体废弃物分类与收集

汽车涂装固体废弃物分类与收集是管理的基础。可分为危险废弃物和一般废弃物,涂料废渣、废涂料桶因含有重金属、有机溶剂等有害物质属于危险废弃物,水性沉渣等若符合相关标准可归为一般废弃物。分类后采用专门容器分别收集,危险废弃物需置于密封且有标识的容器,防止有害物质泄漏。

### 3.3.2 固体废弃物处理与处置技术

对于涂装危险固体废弃物,处理处置技术要求严格。涂料废渣可采用焚烧法,在高温焚烧炉中使有机物彻底分解,但需配备完善的尾气净化系统,防止二噁英等有害物质排放。废涂料桶可先进行清洗回收,对于无法清洗或破损严重的,可进行破碎、压实后填埋于专门的危险废弃物填埋场,并做好防渗处理<sup>[3]</sup>。

## 结束语

汽车涂装工艺在为汽车赋予美观外观与防护性能的同时,不可忽视其对环境造成的污染挑战。通过对废水、废气和固体废弃物污染的深入剖析,以及相应治理措施的探讨,我们明确了实现绿色涂装的路径。汽车制造企业应积极承担环保责任,加大在环保技术研发与设备投入上的力度,严格落实各项污染治理举措。

## 参考文献

- [1]任尔小.汽车涂装工艺对环境的污染及其治理措施[J].时代汽车,2021(01):111-112.
- [2]简云久,杨海先,郑敏,乔润,邓涛.浅谈汽车涂装节能减排技术的应用[J].中国设备工程,2020(S2):142-143.
- [3]安东.汽车涂装行业VOCs减排途径的研究[J].皮革制作与环保科技,2020,1(Z2):71-75.