

# 涂装前处理防腐分析与预防

甘 登, 薛江段

(上汽通用五菱重庆分公司, 重庆 400000)

**摘要:** 前处理作为涂装的关键工序之一,除了为电泳提供一个洁净的车身的作用外,在防腐性方面也起到至关重要的作用。经过对汽车涂装制造过程中的防腐工艺深入探究,在前处理过程防腐能力提升明显。本文主要阐述了前处理过程中的腐蚀问题及过程控制方法,为汽车前处理防腐控制提供参考建议。

**关键词:** 前处理; 防腐; 过程控制方法

中图分类号: TQ639

文献标志码: B

文章编号: 1007-9548(2025)01-0064-03

## Anti-corrosion Analysis and Prevention of Coating Pretreatment

GAN Deng, XUE Jiang-duan

(SAIC-GM-Wuling Chongqing Branch, Chongqing 400000, China)

**Abstract:** Pretreatment as one of the key processes of painting, not only provides a clean body for electrophoresis, but also plays a crucial role in anti-corrosion. After in-depth exploration of the anti-corrosion technology in the manufacturing process of automobile coating, the anti-corrosion ability in the pre-treatment process has been significantly improved. This paper mainly describes the corrosion problems and process control methods in the pre-treatment process, and provides reference suggestions for the anti-corrosion control of automobile pre-treatment.

**Key words:** pretreatment; anti-corrosion; process control method

### 0 引言

随着社会经济的发展,人们的生活质量随之改善,对汽车出行需求增加的同时性能要求也在同步提升。从汽车保有量来分析,由2013年的1 267.14万辆到2023年的3.3亿辆,已和人们的生活息息相关。随着汽车的普及使用,其中也存在各式各样的问题,从目前的汽车售后问题分析,对于用户来说,用户的关注点不再局限于安全性、舒适性等基本性能,对汽车的漆膜外观及防腐性能的关注也达到一定高度。对于各大主机厂来说,防腐性能是车身的重要性能之一,如果防腐能力差,轻微则会影响外观降低汽车使用寿命,严重的可能会损坏汽车品牌形象。本文主要总结车身在前处理

阶段产生腐蚀的原因和对应的控制措施,降低因腐蚀问题而导致的报废成本,增加过程稳定性。

### 1 前处理的工艺流程简介

涂装前处理主要是为了去除被涂物表面上的所有污染物(如油污、砂子打磨灰、铁屑、焊球、焊渣、灰尘、盐碱斑、锈斑等),通过磷化在车身表面形成一道具有一定防腐性能的薄膜,然后经过电泳使车身的防腐性得到保证。各主机厂的前处理工艺流程大同小异,主要有洪流热水洗、预脱脂、脱脂、一水洗、二水洗、表调、磷化、三水洗、四水洗、纯水一、纯水二等11个工艺流程,各个工艺段之间存在过渡段,减少工艺槽液串液。

### 2 腐蚀的分类

工业生产中,金属材料与周围环境中的化学物质发生反应从而导致金属表面损坏和性能下降的现象称为金属腐蚀;根据不同的反应特点,可以分为6类,分别是酸性腐蚀、碱性腐蚀、氧化腐蚀、电化学腐蚀、微生物腐蚀和废品腐蚀。汽车在前处理区域涉及到的腐蚀

收稿日期: 2023-12-12

作者简介: 甘登(1996—),男,本科,工程师,主要从事底漆工艺和电泳漆膜防腐能力提升工作。E-mail: deng.gan@sgmw.com.cn。

类型主要为酸性腐蚀、碱性腐蚀、氧化腐蚀三类。

### 2.1 氧化腐蚀的预防

前处理区域氧化腐蚀主要出现洪流热水至磷化工序,白车身表面油膜洗掉的同时车身温度较高,氧化速率快,在一定条件下及易发生氧化反应,而导致氧化腐蚀。

#### 2.1.1 洪流热水洗过渡段的腐蚀预防

洪流热水洗工序是采用常温或者加热的大流量的工业水,对白车身内外表面的颗粒、灰尘、油污进行初步冲洗,经过此工艺段后进行温度测量,车身表面的温度与槽液的温度接近,温度差 5℃ 范围内,经过清洗后的车身在经过洪流工序与预脱脂工序的过渡段,还未进入预脱脂时,易出现局部干燥并开始锈蚀的情况,电泳后形成电泳颗粒。经过实验室验证,板材经过清洗后,暴露在空气中 40 s 左右出现氧化腐蚀,从而导致防腐性能下降。

针对此类腐蚀问题,经过理论分析和问题经验总结(使用报废车身进行验证),可通过以下措施进行控制:1)减少过渡段的距离(槽体设计阶段)或增加喷淋管路;2)控制洪流热水洗的温度,温度不超过 50℃;3)洪流热水洗槽液中添加亚硝酸钠,将促进点(使用氨基磺酸法对亚硝酸钠的含量进行滴定的终点)控制在 5.0 mL 左右。

#### 2.1.2 二水洗工艺段腐蚀的预防

二水洗工序的腐蚀的故障表现模式为车身表面出现黑点(图 1),直径在 0.1 mm 到 2 mm 不等,电泳后触摸为电泳颗粒,通过电镜分析为电泳凹坑(图 2),通过电泳层剥离,观察磷化层,可知此位置磷化不良(图 3),通过元素分析,此位置氧含量偏高,可以判定发生了氧化锈蚀。



图 1 点蚀故障

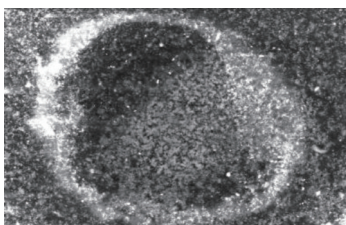


图 2 电泳凹坑

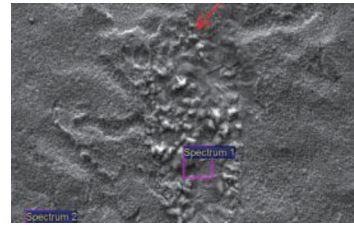


图 3 磷化不良

引起此类故障有以下原因:1)水洗液促进点与 pH 控制过低;2)板材活性强,氧化反应快;3)新鲜工业水直接喷淋至车身;4)槽液中渣含量高。针对以上原因,采取对应措施可预防腐蚀问题。

二水洗促进点和 pH 的控制范围确定来源是试验板验证确定,收集车身使用板材,配置干净槽液,浸泡 3 min,验证结果见表 1。

表 1 二水洗促进点控制范围

促进点/mL	pH			
	8	9	10	11
0	锈蚀	锈蚀	锈蚀	锈蚀
1.0	锈蚀	锈蚀	锈蚀	锈蚀
2.0	锈蚀	锈蚀	正常	正常
3.0	锈蚀	锈蚀	正常	正常
4.0	锈蚀	锈蚀	正常	正常

板材活性确认取用车身不同区域使用的板材,在脱脂完成后,使用 50 g/L 的氯化钠溶液进行浸泡,活性结果见表 2。

表 2 板材活性测定

板材种类	锈蚀时间/s
板材 1(不定期出现点蚀的板材)	34
板材 2	77
板材 3	90

经过理论分析和问题经验总结,得到以下预防措施:1)二水洗的促进点控制在 3~4 mL,pH>10(控制范围可根据实际情况调整);2)使用活性较弱的板材;3)槽液补水避免直喷车身;4)增加过滤袋更换频次。

#### 2.1.3 表调工艺段腐蚀的预防

表调顾名思义就是起到表面调整的作用,在板材表面形成有序的晶核,此过程为物理反应,因此此工序也是工程师易忽略的防锈工序。市面上表调目前主要为钛系表调和锌系表调两种,钛系表调也称为粉末表

调, 锌系表调称为液体表调。表调工序主要控制 pH、对应的有效成分的浓度, 过低均会导致磷化反应慢, 磷化成膜不完整, 最后产生锈蚀。此次验证总结的为锌系表调, 经过长时间的验证跟踪, 得到了相应的过程控制经验。

控制措施: 1) 表调配槽 (使用纯水和表调物料配槽) 初期, 槽液的活性较高, 反应速率过快, 需通过控制表调锌离子含量在 0.6 mL 左右, pH 在 10.5 左右, 控制反应速率; 2) 表调槽液度过初期后, 需提升锌离子含量至 1.0 mL 左右, pH 需降低至 9.5 左右, 通过以上两项控制措施, 可有效预防此工序的腐蚀问题。

## 2.2 酸腐蚀的预防

因磷化为酸性溶液, 前处理区域酸腐蚀主要出现在磷化和三、四水洗工艺区域。

### 2.2.1 磷化酸雾腐蚀预防

正常磷化液 pH 在 2~3, 有一定的挥发性, 使用 pH 试纸测量, 酸雾的 pH 在 4 左右, 存在腐蚀性。在生产停线后, 为降低能源消耗, 大多数的主机厂会选择关闭磷化送排风, 过车时开启, 提前开启时间不足时, 车身内顶可能会出现大面积黄锈导致整车报废, 针对以上问题控制措施如下: 经过持续生产过车跟踪, 磷化送排风需要在车身过线前 30 min 开启, 可保证过车不受酸雾影响。

### 2.2.2 磷化液腐蚀预防

经过前工序的清洗, 干净的白车身在经过磷化时, 表面产生化学反应生成致密的磷化膜, 磷化膜的质量在防腐性能方面起到关键作用, 首先磷化膜具有一定的防腐性能, 同时还可以提高电泳漆膜的附着力。但是磷化槽液参数控制不良, 可直接导致生锈, 甚至造成整车报废。磷化槽液主要控制以下参数, 总酸 (磷化液中磷酸二氢盐 ( $\text{Me}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ) 含量和游离酸含量之和)、游离酸 (磷化液的游离磷酸含量)、促进点、温度、锌离子。

经过长时间的验证跟踪总结, 磷化参数控制预防措施: 1) 磷化总酸过低时, 磷化反应慢, 反应前形成酸腐蚀, 正常不高于 22 mL, 不高于 24 mL; 2) 磷化游离酸过高, 反应过于剧烈, 反应过程中产生大量气体, 车身顶盖区域形成酸腐蚀, 磷化游离酸过低, 磷化反应慢, 反应前形成酸腐蚀, 常规控制在 0.7~0.8 mL; 3) 促进点过低, 无法有效氧化气体, 导致成膜慢, 反应前形成酸腐蚀, 常规控制在 5.0 mL 以上; 4) 温度过低, 导致成膜慢, 反应前形成酸腐蚀, 温度控制在 36 °C (不同温度体系的磷化液控制范围不同); 5) 锌离子含量低, 磷化成膜速率慢, 成膜薄, 车身内侧钣金搭接区域低落的磷化液在表面形成酸腐蚀, 锌离子需控制在 1.0 mL 以

上。通过以上控制措施, 可有效预防因磷化液波动导致的酸腐蚀。

## 2.3 三、四水洗腐蚀预防

三水洗为磷化后的第一道喷淋水洗, 四水为磷化后的第一道浸泡水洗, 主要作用为对车身残留的磷化液进行清洗, 正因为如此在不补水的情况下, 三、四水洗的 pH 会随着过车逐渐降低, pH 在 4 以下时, 存在超出磷化膜防腐能力的风险。使用磷化板在不同 pH 水溶液中浸泡验证, 验证结果见表 3。

表 3 不同 pH 槽液的浸泡锈蚀时间对比

pH	时间/min							
	2	4	6	8	10	12	14	16
4.5	正常	正常	正常	锈蚀	锈蚀	锈蚀	锈蚀	锈蚀
5.5	正常	正常	正常	正常	正常	正常	锈蚀	锈蚀
6.5	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
7.0	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常

控制预防措施: 1) 正常正常过线时, 水洗液 pH 控制在 4.5 以上, 可保证无腐蚀的情况; 2) 产线停线超过 10 min 时, 补充新鲜水, pH 控制在 6.5 以上, 可保证无腐蚀的情况。

## 2.4 碱腐蚀的预防

前处理区域碱腐蚀主要出现在脱脂工艺区域, 为保证良好的脱脂效果, 脱脂槽液需要保证一定的碱度, 将总碱 (溶液中所有碱性物质的总浓度, 包括游离碱和可溶性的碱性盐类) 和游离碱 (溶液中游离的氢氧离子) 控制在合适的范围内。目前部分车型为降低车身重量或者提高局部防腐性能, 板材会使用铝板或者镀锌板材与冷轧板混合使用, 因为铝和锌的活性较强, 槽液 pH 过高会发生碱腐蚀现象, 导致电泳后漆膜不平整, 需要使用碳酸氢钠控制槽液 pH, 一般控制在 10.5~11.5 之间为宜。

## 3 结语

前处理区域的防腐对整个漆膜性能起到至关重要的作用, 对于涂装现场的腐蚀问题需要高度关注, 结合现场实际, 从人、机、料、法、环、测等多个方面分工序分工艺深入分析, 对应改善并保证过程稳定性, 从根本上解决问题。

## 参考文献:

- [1] 徐增建, 田冰星. 浅谈白车身防腐分析方法[J]. 现代涂料与涂装, 2021(8): 47-48.