

# 漆面异色问题的分析与解决

刘银平, 李少希, 朱俊龙, 邢英杰, 王志远  
(奇瑞汽车股份有限公司河南分公司, 河南 开封 475000)

**摘要:** 本文主要介绍汽车车身在喷涂过程中产生的漆面异色问题, 对其产生变量进行调查。通过油漆施工性能调整, 喷漆室风速、风向调整及人员的标准化作业, 进行漆面异色问题的调查。针对汽车车身喷涂过程中出现的漆面异色(色差)问题, 进行系统性的过程分析与研究, 该问题直接影响产品外观质量与客户满意度。通过深入排查, 识别出导致异色的关键因素主要存在于3个方面: 油漆材料性能、喷涂环境控制以及人员操作规范性。针对性地实施了多项改进措施, 通过一系列综合性的过程改进与严格管控, 显著提升了车身漆面颜色的一致性, 有效解决漆面异色问题, 保证了涂装质量。

**关键词:** 异色; 清洗溶剂; 清洗程序; 风速; 风向

中图分类号: 639.8 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)10-0039-04

## Analysis and Solution of Paint Surface Discoloration Problem

LIU Yin-ping, LI Shao-xi, ZHU Jun-long, XING Ying-jie, WANG Zhi-yuan  
(Chery Automobile Co., Ltd., Henan Branch, Kaifeng 475000, Henan, China)

**Abstract:** This article mainly introduces the problem of paint discoloration generated during the spraying process of car bodies, and investigates the variables that cause it. Conduct an investigation into paint discoloration issues by adjusting paint application performance, adjusting spray booth air speed and direction, and standardizing personnel operations. A systematic process analysis and research were conducted to address the issue of paint discoloration (color difference) that occurs during the car body spraying process. This issue directly affects the appearance quality of the product and customer satisfaction. Through in-depth investigation, it was identified that the key factors causing discoloration mainly exist in three aspects: paint material performance, spraying environment control, and personnel operation standardization. Targeted improvement measures have been implemented, and through a series of comprehensive process improvements and strict control, the consistency of the car's paint surface color has been significantly improved, effectively solving the problem of paint discoloration and ensuring coating quality.

**Key words:** heterochromatic; cleaning solvent; cleaning program; wind speed; wind direction

## 0 引言

近年来,随着我国汽车工业的快速发展,终端客户对汽车品质的要求愈发严苛。汽车制造工艺分为冲压、焊接、涂装、总装四大工艺。汽车涂装工艺主要是将涂料涂覆于基底(车身)表面、干燥成膜的工艺,达到防腐、装饰、保护及特殊作用,从而延长汽车使用寿命、提

高其使用价值。

面漆喷涂过程是汽车涂装工艺的重要组成部分,丰富的色彩提供个性化的装饰作用、优良的罩光清漆能长久保持漆面光泽和保色,且具有抗光氧化、耐酸雨和耐水解性能。面漆喷涂质量极易受到现场设备、涂料、工艺、环境的影响,从而产生各种漆膜弊病,如颗粒、流挂、缩孔、异色(串色和漆点)等,其中异色问题是解决难度较高的问题之一。在生产过程中,异色等问题产生后,无在线(喷涂过程)修复办法,车身需经烘烤后流入精修工序,离线进行局部小修处理,既影响车身生

收稿日期: 2024-05-21

作者简介: 刘银平(1987—),男,本科,工程师,主要从事汽车涂装车间质量管理工作。E-mail: liuyinping@mychery.com。

产的交付效率及品质,又产生连带的返修成本。

调整方向分为3个方面:首先,精细调整油漆的施工性能参数(如黏度、稀释比例、温度适应性等),确保其成膜均匀性和色彩稳定性;其次,优化喷漆室的关键环境参数,精确控制风速大小与送排风方向,形成稳定、均匀的气流场,有效减少漆雾干扰和溶剂挥发不均;最后,严格规范并强化操作人员的标准化作业流程(SOP),包括喷涂距离、走枪速度、重叠幅度及膜厚控制等关键动作。

## 1 现状分析

### 1.1 故障类型

油漆车身异色主要发生在中上涂油漆喷涂过程中,表现为两种故障现象,见图1。本文主要针对第二种故障进行分析及攻关。

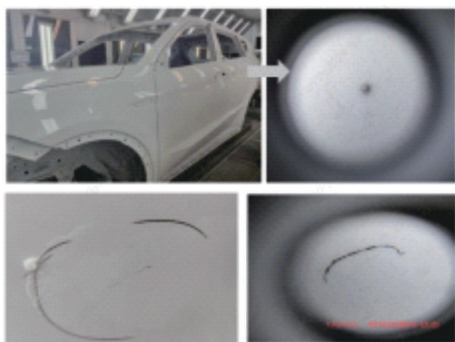


图1 异色故障及显微镜下图示

1)黑灰色、边缘呈现“光晕”状,影响因素有以下3个方面:溶剂清洗效果差,机器人雾化器内油漆管路及旋杯清洗后效果差、明显脏污,在喷涂过程“污染”车身;溶剂温度设定一般在30~50℃,温度波动大、清洗效果存在差异;机器人旋杯、整形空气环、清洗马桶等硬件异常,会造成清洗效果变差。

2)漆面呈“纤维丝”状态,白色车身较明显,影响因素主要有以下两个方面:油漆材料本身存在“拉丝”特性,喷涂后接触过程形成漆丝,污染车身;喷漆室风向及风速变差,风平衡异常对异色问题影响表现为负贡献。

### 1.2 现状

某涂装车间车身在经过面漆中上涂后漆面异色问题频发,尤其在车身换色后,前盖、内板及后盖均存在大量丝状异色,无手感,影响精修交付3%~10%,小修修复效率为30~50 min/台,车间无法完成当日生产目标。

## 2 原因分析

分析车身异色问题产生的难点主要有两个方面:

1)涉及制造过程工位/工序多,喷漆前包括胶修正、车

身擦净及吹净,喷漆过程包括中涂、色漆内外喷、人工检查补漆、色漆流平、色漆闪干、清漆内外喷、清漆检查补喷、清漆流平、烘干等十余道工序;2)产生的因素多,涉及机器人清洗系统、喷漆室风向、风平衡、油漆本身特性、溶剂清洗能力等,均会造成漆膜异色缺陷。

利用质量工具思维导图,从5M1E着手全面分析,存在以下几种情况。

### 2.1 人

人员参与车身实物质量检查工作,不涉及人为影响。

### 2.2 机

1)机器人雾化器及旋杯等附件清洗不净,主要包括旋杯及分配盘,要求无明显磕碰、变形情况;成型空气环无异常,要求本体无开裂、变形,气孔无堵塞情况;油漆管路要求无积漆及色浆沉淀,清洗周期为2年1次;清洗马桶无异常,要求喷嘴无损坏、变形、堵塞等,喷嘴角度(与旋杯)呈45°~60°为最佳。

2)手工喷枪异常,主要包括主针及风帽无堵塞等异常情况;人员定期检查、维护清洗,一般根据车身颜色,每次换色均需清洗。

### 2.3 料

1)油漆材料原漆性能和施工性能,主要包括黏度及细度。

2)溶剂清洗能力,行业内常用的评价方式有两种。

①溶解法:采取标准电泳板(长×宽×厚=150 mm×70 mm×0.8 mm),记录质量 $W_0$ ;浸泡油漆15 s后,记录质量 $W_1$ ;两次浸泡溶剂,每次15 s,中间停顿1 min,记录质量 $W_2$ ;根据溶解力 $=\frac{1-(W_2-W_0)}{(W_1-W_0)} \times 100\%$ ,计算出清洗溶剂溶解力数据;

数据评价:用实测数据与清洗溶剂检测方法规定值比较,检测数据 $\geq 85\%$ ,溶解力合格,反之,溶解力不合格。

②滴落法:标准板喷涂湿膜膜厚50  $\mu\text{m}$ ,倾斜45°,采用固定配比(根据溶剂材料特性,不同品牌溶剂存在差异,一般范围(容积比)在1:4~1:8之间)的溶剂,加热至合适的温度(一般为30~50℃),对比滴落后的效果。

3)溶剂温度:溶剂温度越高清洗效果越好,但不同厂家对施工温度控制略有差异,一般在30~50℃。

### 2.4 法

1)机器人定期维护:在喷漆过程中产生的漆雾,落漆部分会吸附在机器人本体、附件及雾化器端,一般现场会采取溶剂定频擦拭的方式,用于现场维护,通常频次为2 h1次;

2)机器人清洗程序,其中溶剂时间与吹扫时间设

定与清洗效果成正比。通常根据现场实际情况设定为短清洗和长清洗两种形式，主要区别在于长清洗一般用于颜色切换，包括换色阀至雾化器主针端的油漆管路清洗，而短清洗一般用于同色喷涂中间，主要是旋杯清洗，图2为清洗程序案例。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PL1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
V1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
V3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
BY											
泵											
RF1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
HN											
KS											
RF2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

图2 清洗程序案例

3) 机器人清洗程序的一般案例，在用于旋转雾化装置的机器人机臂上进行供漆，它具有最重要的功能和步骤。

机器人管路清洗案例工作状态：从换色阀到雾化装置的整个供漆在喷漆之后仍然充满油漆，供漆中的所有阀都关闭，在供漆中仍然存在输漆压力。

①换色阀和雾化装置两个回路都打开，以便释放压力。如果压力没有被释放，喷漆将渗入阀 PL1 和 V3 的管路。旁通阀打开，以便计量泵准备用于后续步骤。

②压缩空气通过 PL1 进入换色阀，RF2 短暂打开，喷漆流出换色阀，进入回路。RF1 打开，喷漆流出压力调节器和计量泵，进入雾化装置回路。

③阀 V1 和 PL1 以 0.6~1.0 s 的间隔打开，从换色阀到雾化装置，交替清洁涂料供给管。RF2 在 PL1 周期也打开，以便增加换色阀的动态性。V3 总是与 PL1 同时打开。

④继续步骤③，没有打开 RF2 阀。

⑤ PL1 阀关闭。

⑥从换色阀到主雾化装置针阀的涂料供给管加注有稀释剂，主雾化装置针阀打开，溢出的稀释剂清洁漆液喷嘴。

⑦V1 阀关闭，PL1 阀打开，从换色阀到主雾化装置针阀的涂料供给管用压缩空气清洁，杯盘也得到短时清洁。

⑧压缩空气吹干漆液喷嘴，溢出喷嘴的压缩空气与剩余稀释剂混合以形成气雾剂，该气雾剂清洁杯盘中的孔。

⑨涂料供给管中的压力由 RF1 和 RF2 释放。

## 2.5 环

主要包括喷漆室风速及风向两个方面：

1) 风速为喷漆室风平衡的重要监控参数，要求在 0.2~0.5 m/s，采用手持式风速计，某涂装车间在用规格型号为加野 KANOMAX MODEL 6004。

2) 一般采用风向标，粘贴在喷漆室室体中间部位，观察风向标偏移角度，一般要求 ≤ 15°。

## 2.6 基于 5M1E 框架锁定关键因素分析

### 2.6.1 故障类型与现状

车身喷涂过程(中涂/色漆/清漆阶段)频发异色问题，主要表现为两大类。

类型 1: 黑灰色带“光晕”状，主要是机器人清洗系统异常(溶剂效果差、温度波动、硬件故障)；

类型 2: 白色车身“纤维丝”状异色，主要是油漆材料拉丝特性及喷漆室风平衡失控。

现状: 某车间面漆后异色率达 3%~10%，尤其换色后前/后盖、内板区域高发。单台小修耗时 30~50 min，严重拖累生产交付。

### 2.6.2 多维度根因分析

机(设备): 机器人雾化器系统清洗不净(旋杯变形、空气环堵塞、油漆管路积漆); 手工喷枪风帽/主针堵塞(换色清洗不足)。

料(材料): 油漆施工性能差(黏度/细度不达标); 溶剂清洗力不足(溶解力 < 85% 或滴落效果差); 溶剂温度波动大(标准 30~50 °C, 温度低则清洗力下降)。

法(工艺): 机器人清洗程序设定缺陷(短清洗无法彻底清除换色残留); 维护频次不足(本体漆雾擦拭需每 2 h 1 次)。

环(环境): 喷漆室风速超限(>0.5 m/s 或 <0.2 m/s); 风向偏移 >15°(气流紊乱导致漆雾污染)。

### 2.6.3 系统性改进措施

材料优化: 严控油漆黏度/细度, 筛选低拉丝特性材料; 定期检测溶剂溶解力(溶解法 ≥ 85% + 滴落法验证)。

设备与程序升级: 换色时启用“长清洗程序”, 彻底清洁换色阀至雾化器管路; 修复旋杯/空气环硬件缺陷, 每 2 h 擦拭机器人积漆。

环境精准控制: 动态监测喷漆室风速(0.2~0.5 m/s)及风向(偏移 ≤ 15°); 优化送排风布局, 确保气流稳定均匀。

### 2.6.4 实施效果

通过跨维度协同改进: 漆面纤维丝状异色问题根治, 小修效率提升 60% 以上; 精修交付合格率恢复至 98%, 保障生产目标达成。

## 3 过程排查及验证

### 3.1 过程排查

结合涂装车间现场实际情况, 采取分段排除法, 在

喷漆室内各段放置马口铁板材(喷涂白色底漆),跟踪实物,BC2检查站发现前盖及后盖、车身内板均存在异色等问题,锁定风险区域在BC2内喷、BC2外喷及BC2检查站。

通过对喷漆过程作业观察,发现工装辅具接触部位存在油漆拉丝情况,见图3。吸附在辅具上的漆丝,在流平及闪干过程中被吹至车身表面污染车身。



图3 辅具(接触部位)存在漆丝

### 3.2 验证

根据以上油漆特性,逆向分析、进一步对喷漆室壁上积漆及原漆进行指触发法(揉搓)验证,1~2 min内出现油漆拉丝情况,见图4。同时,对国内主流油漆材料厂商进行对标调查,仅供应商A在某涂装车间现场使用油漆存在拉丝现象。



图4 喷漆室壁板积漆及原漆拉丝状态

## 4 异色问题措施落实及解决

为快速解决车身喷涂过程中漆面异色问题,对人员作业进行规范,降低与辅具手触频次及摩擦力,减少漆丝的产生。最终围绕油漆材料优化和喷漆室风平衡的优化两个方面进行调整。

### 4.1 规范作业

规范作业的主要策略是降低员工与辅具的接触频率及摩擦力,来降低漆丝的产生。首先,检查内板时增加专用辅具。其次,前后盖检查时,无法采取辅具协助,主要通过采取手套内侧涂抹凡士林(降低接触摩擦力),20 min 1次,定频、定常开展。

### 4.2 材料优化

本次车身异色的主因是油漆拉丝特性影响。首先,通过添加少量H-572小分子助剂,降低湿膜弹性模量,改善拉丝。实际首次添加0.5%,试线跟踪改善效果不佳。其次,油漆配方微调,通过添加助剂类物料,增加油漆内溶解力,更利于油漆雾化,改善油漆黏度,降低拉丝情况。在试线前,实验室对油漆材料性能进行模拟,对现场施工性能影响较小。

### 4.3 风向优化

通过对喷漆室风平衡进行优化来达到降低漆丝飘落车身的风险。首先,通过增大B2新风空调的送风频率,同时减小B2机器人段风阀开度,使喷漆室横向风与车身输送方向相反。其次,BC2流平段增加物理格挡,减弱闪干炉风外溢的影响。

## 5 结语

车身上中涂油漆在涂装过程中发挥重要的作用,提供良好的车身防护及耐老化、抗刮擦性能。油漆异色是油漆喷涂过程中的常发问题,从全维度进行分析,对过程管理要素进行有效监控,才能预防此问题发生。本文根据现场实际案例进行解析,从油漆特性改善及现场工况优化两个维度着手改进,促使异色问题发生率降低至0.5%~1%,明显受控。同时,精修成本进一步降低,车身良品交付效率得到提升。

### 参考文献:

- [1] 陆岩. 车身面漆异色颗粒问题的分析与解决[J]. 现代涂料与涂装, 2015(3): 8-9.
- [2] 丁帅, 冯双霞, 贾帅锋, 等. 一次特定颜色油漆车身清漆缩孔问题的分析解决[J]. 现代涂料与涂装, 2021(1): 27-29.
- [3] 李惠波. 车身漆膜红变问题的分析和解决[J]. 汽车工艺与材料, 2013(2): 47-52.
- [4] 廖梅东, 徐鹏, 吴剑伟. 浅谈如何提高汽车涂装整体外观一致性[J]. 现代涂料与涂装, 2024(7): 20-22.
- [5] 高洪宾, 郑海. 汽车面漆色差产生的原因及解决方法[J]. 现代涂料与涂装, 2014(5): 43-44.
- [6] 王宗田, 杨国斌, 马芳武, 等. 某车型面漆车身与竞品车外观比对分析[J]. 现代涂料与涂装, 2013(7): 37-38, 45.
- [7] 肖泽远, 黄超群, 任洋. 汽车车身涂装面漆色差的分析与对策[J]. 现代涂料与涂装, 2013(1): 54-55.
- [8] 乔新义, 付宇晨. 喷涂机器人智能技术应用现状及前景[J]. 现代涂料与涂装, 2023(10): 35-38.
- [9] 李明, 钟明强, 邓俊杰, 等. 汽车涂装亚光色批量生产方法研究[J]. 现代涂料与涂装, 2024(3): 48-51.
- [10] 李明, 钟明强, 邓俊杰, 等. 浅析 FANUC 喷涂机器人常见设备故障原理分析[J]. 现代涂料与涂装, 2025(6): 49-52. ◆