

汽车喷涂车身异色点问题分析

王海丰, 李文鹏, 赖云飞, 陈俊杰, 宋俊峰, 童晓莹, 王超, 陆超
(零跑科技股份有限公司, 浙江 金华 321000)

摘要: 在汽车制造领域, 车身喷涂是车辆外观的重要组成部分, 直接影响到车辆的美观和价值。然而, 在实际喷涂过程中, 车身表面经常会出现异色点问题, 这些问题不仅影响车辆的美观, 也影响车主的驾驶体验。本文针对车身异色点问题进行深入分析, 从产生原因、影响和解决方案 3 个方面进行探讨, 旨在为有效解决汽车喷涂车身异色点问题、提升汽车喷涂质量提供理论依据和实践指导, 助力汽车制造企业降低生产成本、提高生产效率与产品市场竞争力。

关键词: 喷涂; 车身外观; 异色点

中图分类号: TQ639 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-9548(2025)07-0022-03

Analysis of the Problem of Different Color Points on the Car Body Painting

WANG Hai-feng, LI Wen-peng, LAI Yun-fei, CHEN Jun-jie, SONG Jun-feng, TONG Xiao-ying,
WANG Chao, LU Chao
(Leapmotor Technology Co., Ltd., Jinhua 321000, Zhejiang, China)

Abstract: In the field of automotive manufacturing, body painting is an important component of a vehicle's appearance, directly affecting its aesthetics and value. However, during the actual painting process, the surface of the vehicle body often encounters the problem of color spots, which not only affects the vehicle's appearance but also the driving experience of the owner. This article conducts an in-depth analysis of the problem of color spots on vehicle bodies, exploring it from three aspects: causes, impacts, and solutions. The aim is to provide theoretical basis and practical guidance for effectively solving the problem of color spots on vehicle bodies during automotive painting, improving the quality of automotive painting, and helping automotive manufacturing enterprises reduce production costs, increase production efficiency, and enhance the market competitiveness of their products.

Key words: spraying; body appearance; heterochroma

0 引言

随着汽车行业的不断发展, 消费者对于汽车外观和质量的要求也越来越高。车身喷涂作为汽车制造过程中的一个重要环节, 对于车辆的整体外观和质量有着至关重要的影响。然而, 在实际生产过程中, 车身表面经常会出现异色点问题, 这些问题不仅影响车辆的

美观, 也影响车主的驾驶体验, 影响车企形象, 造成客户抱怨。因此, 如何解决车身异色点问题, 提高车辆的美观度和质量, 是汽车制造行业亟待解决的问题之一。

1 车身异色点产生原因

1.1 原材料问题

1.1.1 涂料质量波动

涂料自身性能是影响喷涂质量的基础因素。颜料分散性不足会导致光线反射不一致, 形成视觉色差。例如, 钛白粉颗粒团聚未充分分散时, 涂层局部遮盖力下降, 显现底色差异。此外, 树脂体系的流变性能差异(如黏度、固含量波动)会改变涂料干燥过程中的成膜特性, 导致颜色不均匀。

收稿日期: 2024-03-08

作者简介: 王海丰(1985—), 男, 本科, 工程师, 主要从事汽车涂装产线规划、涂胶及喷涂机器人产线规划、机器人安装调试、车型仿形、工艺调试及品质提升、新产品新工艺前瞻性研究与应用工作。E-mail: whf42@163.com。

1.1.2 稀释剂混用风险

稀释剂用于调节涂料黏度,但不同类型稀释剂混用会引发严重问题。混合使用高沸点醇类稀释剂与低沸点酯类稀释剂时,溶剂挥发梯度紊乱,导致涂层表面形成“溶剂斑”异色点。

1.2 设备问题

1.2.1 喷涂设备故障

喷枪与喷涂机器人是影响涂料雾化效果的核心设备。喷枪喷嘴磨损(如孔径扩大 0.1 mm)会使涂料雾化粒径增大 20%,导致涂层表面粗糙、颜色不均。此外,喷涂机器人轨迹偏移或重复定位精度下降(超过 ± 0.5 mm),会造成局部涂料沉积量差异,形成色差带。

1.2.2 涂料输送系统缺陷

涂料输送管道内壁粗糙度与搅拌装置性能直接影响涂料均匀性。管道内壁粗糙度 R_a 值超过 $1.6 \mu\text{m}$ 时,涂料挂壁现象显著增加,导致成分分离;搅拌桨叶转速不足(低于设计值 10%)会使颜料沉降,造成批次间颜色波动。

1.3 工艺问题

1.3.1 涂层过厚的影响

涂层过厚会导致干燥过程异常,引发颜色变化。热成像试验表明,当涂层厚度超过标准值 30%时,内部溶剂挥发受阻,表面形成“橘皮”或“发花”现象。

1.3.2 工艺参数失准

喷涂距离、角度、速度等参数协同作用影响涂料沉积效果。研究表明,喷涂距离从 25 cm 缩短至 20 cm 时,涂料冲击密度增加 40%,易导致流挂与颜色堆积;喷涂速度波动超过 $\pm 10\%$,会使单位面积涂料附着量差异达 15%。此外,往复喷涂的重叠率不足(低于 50%)会造成涂层厚度不均匀,形成色差。

1.4 环境问题

1.4.1 温湿度波动影响

环境温湿度直接调控涂料干燥速率。研究发现,相对湿度超过 75%时,涂料干燥过程中水汽凝结形成“水痕”,导致局部颜色发白;温度低于 15°C 时,溶剂挥发延迟,易产生“流痕”异色点。

1.4.2 洁净度不足风险

喷涂环境中的灰尘、纤维等杂质会破坏涂层光学特性。当车间洁净度等级低于 ISO 7 级时,空气中 $\geq 0.5 \mu\text{m}$ 颗粒数超过 10 000 个/ m^3 ,杂质附着导致涂层表面形成“污点”色差。

1.5 表面处理不当

1.5.1 底材清洁残留

金属表面残留油污、氧化皮等杂质会影响涂层附着力与颜色表现。试验表明,残留 $0.1 \text{ g}/\text{m}^2$ 的油污会导

致涂料局部润湿性下降,形成“缩孔”状异色点。

1.5.2 前处理工艺缺陷

磷化膜质量直接影响涂层与底材的结合效果。磷化膜厚度不均匀(偏差超过 $\pm 1 \mu\text{m}$)会导致涂层对光线的反射率差异达 5%,肉眼可见颜色不均;粗糙度过低($R_a < 0.5 \mu\text{m}$)时,涂料附着力不足,易产生“剥离”状色差。

2 车身异色点影响

2.1 影响车辆外观

车身异色点问题的出现,直接影响到车辆的外观美感。这些问题可能导致车身表面出现斑点、色差等现象,破坏车辆的整体形象。特别是在车辆静止状态下,异色点问题更加明显,严重影响车辆的美观度。从最基本的外观美观度来看,车身异色点可能会破坏车身的整体色彩和谐,使得车辆外观看起来不那么协调。无论是由于事故造成的划痕、锈迹,还是喷漆过程中的疏忽导致的色差,都会使得车身的颜色不再统一,给人留下不佳的印象。

2.2 影响车辆价值

车辆的美观度直接关系到其市场价值。如果车辆表面存在异色点问题,其市场价值将会受到一定程度的影响。特别是在二手车市场上,车辆的外观状况往往是买家考虑的重要因素之一。如果一个车辆的外观存在明显的异色点,那么它在市场上的吸引力可能会大打折扣。买家可能会因为担心这些异色点难以修复或修复成本较高而犹豫不决,从而导致车辆售价降低。因此,对于那些打算在未来出售车辆的车主来说,保持车身外观的完好无损显得尤为重要。车辆的成色和外观质量往往是决定其售价的重要因素之一。因此,解决车身异色点问题对于提高车辆价值具有重要意义。

2.3 影响车主驾驶体验

车身异色点问题的存在不仅影响车辆的美观度,还会对车主的驾驶体验造成一定的影响。特别是在炎热的夏季,车身表面的异色点可能造成反光和刺眼等问题,给驾驶带来一定的安全隐患。此外,异色点问题还可能给车主带来一定的心理压力和不安感。尤其对于那些追求车辆完美状态的车主来说,车身异色点的存在无疑是一种视觉上的折磨。

2.4 影响车身性能

车身异色点还可能对车辆的性能产生一定的影响。虽然这种影响相对较小,但仍然不容忽视。例如,如果车身的异色点是由于锈迹造成的,那么这些锈迹可能会逐渐侵蚀车身的涂层和金属结构,导致车身的防腐性能下降。在极端情况下,甚至可能会引发车身穿孔、漏水等问题。同样,如果异色点是由于事故造成的划痕或凹陷,那么这些损伤也可能会影响到车身的密

封性和结构稳定性。

综上所述,车身异色点的存在确实会对车辆产生多方面的影响。这些影响不仅涉及车辆的外观美观度、保值率、性能等方面,还可能关联到车主的心理感受和社会交往等方面。因此,作为车主来说,我们应该尽量保持车身的完好无损,避免出现异色点等问题。同时,在购车时也应该注意选择那些外观质量较好的车辆,以确保自己能够享受到更好的驾驶体验和社交环境。

3 车身异色点解决方案

3.1 优化涂料选择与使用

3.1.1 严格筛选优质涂料

选择品质稳定的涂料是解决异色点问题的基础。企业应优先与具备完善质量管控体系的供应商合作,要求涂料生产企业提供详细的颜料分散性、树脂稳定性等技术参数报告。通过实验室检测与现场试喷相结合的方式,验证涂料的光学性能、遮盖力及干燥特性。例如,对钛白粉等关键颜料的粒径分布进行严格把控,确保其平均粒径控制在 $0.2\sim 0.3\ \mu\text{m}$ 之间,以保证最佳的分散效果和遮盖力,避免因颜料团聚导致的颜色不均。

3.1.2 规范稀释剂使用

稀释剂的合理使用对避免异色点至关重要。企业需明确规定匹配特定涂料的稀释剂类型,严禁不同体系稀释剂混用。同时,建立稀释剂使用标准操作流程,严格控制稀释比例,确保涂料黏度稳定在工艺要求范围内。此外,加强对稀释剂储存条件的管理,避免因温度、湿度等环境因素影响其挥发特性,防止因溶剂挥发梯度异常导致的涂层表面颜色差异。

3.1.3 强化涂料批次管理

建立完善的涂料批次管理制度,对每批次涂料进行严格的入厂检验,包括颜色、黏度、细度等关键指标检测。采用先进的色差仪等设备进行批次间颜色比对,确保不同批次涂料的色差 ΔE 值控制在0.5以内。同时,对涂料进行批次标识与追溯管理,一旦出现异色点问题,能够快速定位问题涂料批次,及时采取措施避免问题扩大,保障生产过程中涂料质量的稳定性。

3.2 加强设备维护和保养

3.2.1 喷涂设备精细化维护

喷枪作为涂料雾化的核心装置,其性能直接决定涂层均匀性。日常清洁是基础环节,需每日拆解喷枪,使用专用清洗剂去除喷嘴、针阀及空气帽的涂料残留,避免堵塞影响雾化效果。研究表明,喷嘴堵塞导致的涂料流量偏差超过10%时,易引发局部颜色过深。此外,应建立定期更换机制:当喷嘴孔径磨损超过 $0.1\ \text{mm}$ 、针阀密封面磨损深度达 $0.05\ \text{mm}$ 时,需立即更换部件。

喷涂机器人的运动精度对涂层一致性至关重要。

需每月校准机器人坐标系,确保重复定位精度保持在 $\pm 0.5\ \text{mm}$ 以内;每季度检查伺服电机与减速机的运行状态,避免因机械松动导致喷涂轨迹偏移。

3.2.2 供漆系统深度保养

供漆系统的稳定性直接影响涂料成分均匀性。管道清洗是关键措施,需每季度采用循环清洗工艺,使用专用溶剂清除内壁结垢与沉淀。当管道内壁粗糙度超过 $Ra1.6\ \mu\text{m}$ 时,涂料挂壁现象显著增加,易导致颜料分层。同时,应定期检查搅拌装置运行状态:储料罐搅拌桨转速需保持在设计值 $\pm 5\%$ 范围内,避免因搅拌不充分导致颜料沉降。

3.2.3 喷涂设备的维护与保养

喷涂设备的维护和保养是解决车身异色点问题的关键步骤之一。应该定期检查和维修喷涂设备,手工喷枪的每日清洁、清洗、维护和保养,机器人整形环、旋杯、雾化器和空心手腕的每日清洗和维护,保证喷入设备的干净无异色。对油漆、压缩空气压力进行点检,发现异常及时维修,减少压力造成异色点问题。此外,应该定期对喷漆设备依据保养计划进行保养维护,依据保养计划及频次更换易损件和老化的设备部件,以保证设备的正常运行和使用效果。

通过加强设备的维护和保养,可以提高喷涂设备的稳定性和使用寿命,减少异色点问题的出现。

3.3 严格控制工艺参数

在车身喷涂过程中,喷涂环境的温湿度对车身质量至关重要,油漆的黏度受温湿度影响很大,温度过高、过低都会造成油漆黏度波动,影响喷涂质量。喷房的风速和风向对车身异色产生也存在影响,当风向存在异常,喷涂队列前后颜色不一致时,受风向影响,造成相邻车身队列污染,产生异色问题。应该严格控制工艺参数。例如:在喷涂温度方面应该保持适宜的温度范围;在湿度方面应该保持相对湿度在一定范围内;在油漆混合比例方面应该严格按照比例要求进行混合等等。此外,在喷涂前还应该进行表面处理,如清洁表面、去除杂质等。通过严格控制工艺参数和加强表面处理可以减少异色点问题的出现。

3.4 加强环境管理

车身喷涂过程中还应该加强环境管理。例如:减少环境污染、控制温度和湿度等环境因素的变化等。此外,在喷涂现场还应该保持通风良好,避免因通风不良而导致异色点问题的产生。通过加强环境管理,可以减少车身喷涂过程中异色点问题的出现。

3.5 车身喷涂前进行检查

车身经过前处理、电泳、PVC打胶后,车身开始喷涂,在喷涂前已经受到异色污染,喷涂(下转第36页)