

涂装车间色差质量管理流程优化

王 婧, 胡治文

(北京奔驰汽车有限公司, 北京 100176)

摘要: 色差是汽车制造中涂装工艺的重要质量标准之一, 随着市场发展和客户要求不断提高, 汽车厂家对色差质量也越来越重视。基于色差质量标准和现场工艺情况, 开展色差质量提升专项攻关, 项目通过油漆批次使用管理、喷涂过程控制、车身考核流程和双方向颜色匹配评估等流程优化, 有效且稳定地提升了色差质量, 为汽车厂的车身色差管理提供了全流程、系统化的管理方案。

关键词: 色差; 喷涂工艺; 质量提升

中图分类号: TQ639

文献标志码: B

文章编号: 1007-9548(2024)09-0059-05

Color Difference Quality Management Process Optimization in Paint Workshop

WANG Jing, HU Zhi-wen

(Beijing Benz Automotive Co., Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: Color difference is one of the significant quality standards in the automotive manufacturing paint process, with the continuous development of the market and increasing customer demands, the quality of color difference is being increasingly emphasized. Based on the color difference quality standards and onsite process conditions, the paint workshop promptly initiated a color difference quality improvement project, the paint workshop implemented process optimizations including paint batch management, spray process control, vehicle assessment procedures, and bi-direction color matching evaluations. These optimizations effectively and consistently improved the color difference quality. The project provides a whole process and systematic management scheme for the color difference control in automobile factory.

Key words: color difference; spraying technology; quality promotio

0 引言

随着汽车市场的发展和客户要求的提高, 优异的汽车外观成为重要的市场竞争力之一, 也对汽车厂的色差管理带来了挑战。汽车漆面外观主要包括颜色、光泽和丰满度, 其中颜色和光泽主要由色漆提供, 而平滑性和丰满度则由清漆提供。

色漆通常分为实色漆和金属漆。实色漆中起到颜色作用的只有色浆和颜料, 漆膜在各个角度下颜色相

同; 金属漆则是在实色漆的基础上添加了铝粉或云母粉等效果颜料, 使漆膜呈现出金属闪光的效果, 且在不同角度下呈现的亮度甚至颜色也不同^[1]。

不同的面漆喷涂工艺需开发、配备不同的油漆, 以满足颜色要求。当前汽车涂装行业主要为三涂层工艺, 即底色层+发色层+清漆层。根据烘烤次数区分, 又可分为传统的中涂工艺(3C2B)和“湿碰湿”的免中涂工艺(3C1B)^[2]。本车间使用的是传统中涂工艺, 即以中涂为底色漆, 需要在中涂后进行烘烤, 在烘干后的中涂漆膜上进行色漆喷涂, 色漆后闪干、喷涂清漆、再烘烤。

面漆喷涂后呈现的颜色状态, 与喷涂方式紧密相关。目前车身的面漆喷涂方式主要是机器人静电旋杯

收稿日期: 2023-10-12

作者简介: 王婧(1995—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事汽车制造中喷漆工艺的生产过程与质量控制相关工作。E-mail: wangji06@bbac.com.cn。

喷涂,即使用高速旋杯和压缩空气使油漆雾化,通过静电高压使漆雾吸附在车身表面。静电旋杯喷涂的优点:漆膜外观性能好,质量稳定;上漆率高,喷涂效率高,节省涂料。

静电旋杯喷涂的工艺参数设置会直接影响漆膜质量,故喷漆车间现场调整漆膜厚度、外观和颜色时,通常是通过调整喷涂工艺参数实现的。另外,由于旋杯雾化后的漆雾较小,其喷涂质量与环境的温湿度和风速等也有直接关系。常见工艺参数设置见表1。

表1 静电旋杯喷涂的工艺参数范围

项目	参数	
设备工艺参数	电压/kV	60~80
	电流/ μ A	<400
	转速/($\text{kr}\cdot\text{min}^{-1}$)	40~55
	枪距/mm	200~300
	成型空气/($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$)	80~200
	油漆流量/($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$)	<400
环境工艺参数	温度/ $^{\circ}\text{C}$	23 ± 3
	相对湿度/%	65 ± 5
	下压风速/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	<0.2

色差作为喷漆车间的重要质量项之一,其考核方式和考核标准应充分立足于客户角度,基于“目视为主,测量为辅”的控制原则,且对整车(车身和外饰件)的色差匹配单独考核、严格要求。首先,此色差体系使用的理论模型为 CIELAB 系统的 Lab 坐标模型,由明度 L(亮暗)、色相 a(红绿)、b(黄蓝)3个颜色象限组成,在每个考核点的每个角度,都要进行3个颜色象限的评估,以判定、分析当前颜色的情况。

其中色差目视评判,是指已获取专业资质的考核员在稳定的模拟自然光的色差房中,以标准色板为参照,对被考核件的色差状态进行评估。目视评判通常采取图1的对称公差模型,如a值红绿色相,考核点色差为绿1.5或红1.5时,均为合格(OK);若为绿2或红2时,均为条件合格(COK);若为绿3或红3时,均为不合格(NOK)。

基于“目视为主,测量为辅”的原则,色差测量工作的主要目的和作用是喷涂过程控制、辅助颜色优化、辅助车身与外饰件厂家交流和辅助车身和外饰件的放行。生产过程主要将色差数据用于喷涂过程控制和辅助颜色优化,因为色差测量值可以更客观、准确、敏感、量化地反映出参数调整后或油漆批次调整后颜色的变化情况,从而观察喷涂过程稳定性和指导颜色优化方向。

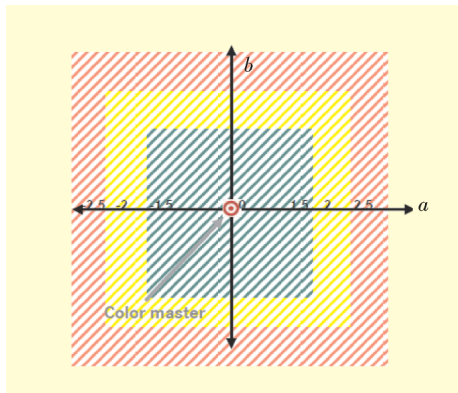


图1 色差目视评估的对称公差模型

1 色差管理流程概述

本文的色差管理流程是以车间喷涂工艺和质量体系为基础,结合现场实际情况和色差问题,进行了充分的“人、机、料、法、环、测”6个方面的影响因素分析,找到根本原因并制定对应措施,不断归纳总结、完善色差管理流程,得到的涂装车间色差管理流程(见图2)。图中蓝色字体的管理方式是常规方式,绿色字体的方式为本文中结合现场实际情况、处理大量色差问题后创新、补充的管理方式。

色差涉及到的工艺流程:从油漆入厂前检测开始,新批次送货前需要进行批次板色差考核,合格后方可送货;到油漆批次上系统置换使用、机器人喷涂过程;喷涂完成后依次进行油漆车身考核及整车考核,并将考核结果反馈给喷涂工艺工程师,以便进行调整优化和控制。

色差影响因素:1)人——考核员的目视评判标准是否一致;2)机——喷涂机器人的喷涂参数设置及过程稳定性直接影响车身色差表现;3)料——油漆的配方(色浆或效果涂料的种类和添加量)和质量,油漆使用过程的循环、搅拌和置换过程;4)法——本文中“法”融入到“人机料环测”中一并分析;5)环——喷漆室温湿度和下压风速,闪干时间和炉温曲线;6)测——色差数据测量方法和标准,目视评判方法和标准。

2 油漆使用过程的色差管理

通常在新车型、新颜色放行时,油漆材料已达到相关质量标准,故在汽车厂的日常生产过程中,对油漆质量的主要要求就是稳定。油漆入场前的批次板考核只能保障批次板色差合格、在允许范围内,但无法精确反映批次间波动变化。而车身喷漆车间的油漆系统,通常是较大的百公斤级的系统,其投料、搅拌、循环和批次更换等过程都会影响到颜色变化,所以仍需要在新批次油漆使用时进行趋势追踪、过程控制^[3]。

在稳定性的监控上,色差数据测量能够更为准确

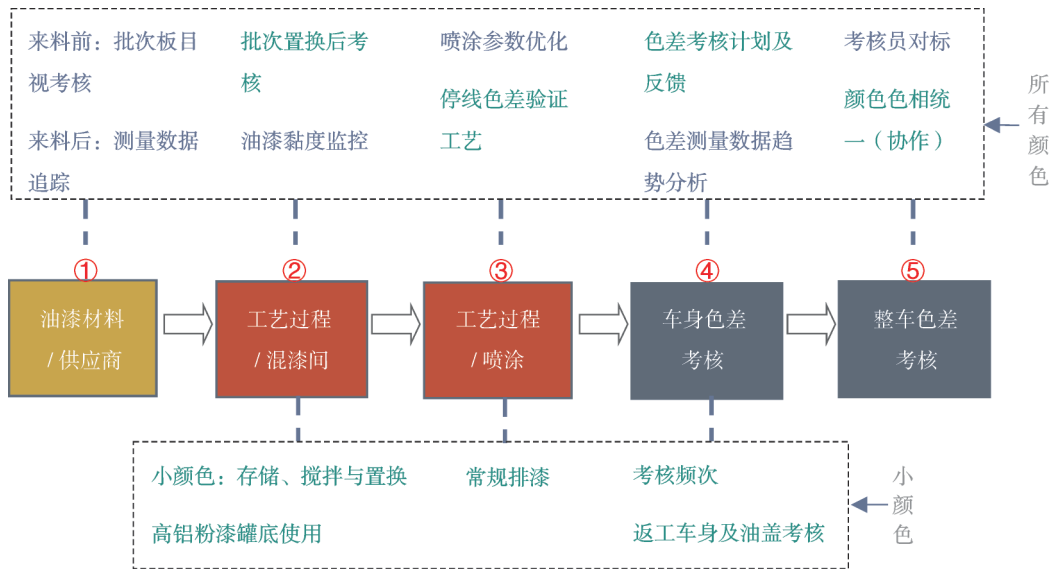


图2 喷漆车间色差管理流程

地反映出车身或油漆的变化趋势，从而帮助预测和判断颜色走向。所以每日对每个颜色进行1台车身的色差数据测量是基本工艺要求，也是色差问题分析的重要依据。

关于油漆使用过程控制，一方面是要做好新批次投入系统后、开始置换时的数据监测和目视考核；另一方面是对于敏感颜色、小颜色，还要在批次使用末尾、罐底时，关注投料方法。

1) 批次更换后，需要在置换率50%和100%时进行颜色考核，根据排产计划和单车耗量估算确定需要考核的车身。通过数据判断和预测此批次变化方向和幅度。通过目视确认变化方向并判断当前状态是否可以接受。如有明显异常走向，及时更换批次，避免色差NOK车身产生。图3为批次更换过程控制流程。

需要注意的是，采用此法应提前设置安全批次或备用批次，以防止新批次发生色差问题无法使用后影响生产。若新批次不能继续使用，可直接更换至安全批次，从而缩短问题发生后的反应时间。

2) 低产量颜色和敏感颜色(如银色纯铝粉漆)中通常含有大量的金属粉，在长时间无排产时需要开启假期模式，如每天循环2h，其余时间关闭循环，防止色浆沉淀或对铝粉的过度剪切、破坏造成颜色变化；同样，产量过低时，使用到包装罐底无法搅拌，如无法迅速投料，会有大量铝粉堆积，这部分油漆进入系统后会使得颜色迅速发生变化，故需根据前期数据监测，判断这部分油漆能否一次性投入使用。

3 喷涂过程的色差管理

除油漆质量外，现场的喷涂过程也会直接影响车身色差效果。通常在新颜色或新车型放行时，会将车身

各部位色差调整至一致状态，但随着生产过程中其他质量问题或工艺问题的发生，相关工艺参数会有所变动，导致色差发生改变。

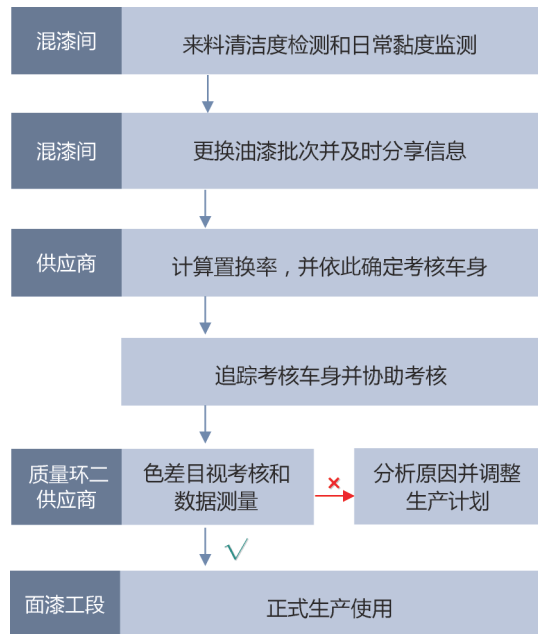


图3 批次更换过程控制流程

现场常见的情况是不同生产线色差一致、不同车型色差不一致或同车型不同部位的色差状态不一致，这些情况会使油漆材料的可调整空间变小，即油漆颜色稍有波动时，会导致突出部位或车型产生色差不合格的情况。所以喷涂参数一致性、色差一致性调整，是车间色差管理中需要持续进行的工作，参数调整也需要得到有效的统一管理，需制定规范参数调整和

验证流程,并对参数调整内容进行记录、总结,图4为相关流程示意。

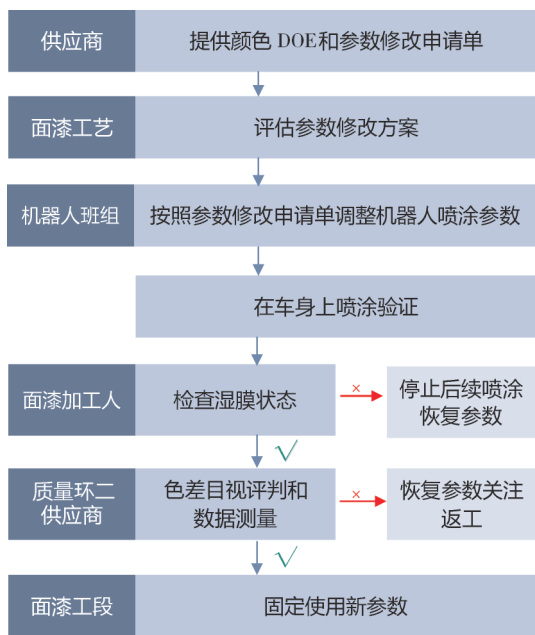


图4 喷涂参数调整流程

另外,在连续式喷涂工艺下,如有车身在喷涂过程中遇到停线,尤其是在B1和B2喷涂之间发生停线,会直接影响漆膜干湿,从而影响金属漆中的铝粉或云母粉排列,对色差产生较大影响。现场发现此类问题风险后,联系各供应商在实验室模拟、并在现场实车验证,确定各颜色可接受的停线时间,若停线超过该时间则需进行颜色验证。

通过对此类问题的分析对比,明确了色差异异常点问题的主要风险原因,并创新性地提出停线色差验证工艺,直接将色差问题控制在环一环二,显著降低了色差问题车身流出车间的风险,保证质量的同时降低了返修成本。

4 质量考核过程的色差管理

质量考核的过程,在满足基本工艺要求的基础上,应配合色差管理流程进行调整,灵活地与各项过程相关联,记录表示意见表2。在上文的批次更换管理和喷涂停线管理流程中,色差考核工作必不可少。另外,返

工车、带件车等,也需纳入日常考核工作中。

表2 色差考核记录表示意

色差考核周记录 —— 第 ____ 周									
序号	颜色	置换时间	是否更换批次	是否考核	车型 1	车型 2	车型 3	主要问题	考核频次
1	白								
2	黑								
3	蓝								
4	绿								
5	灰								每批抽检 1
6	红								
7	棕								
8	银								车型 1 百检

色差质量考核涉及到的各要素,也需要进行管理:1)色差考核员均经过专业培训并获取色差考核资质,并且每年参与质量部组织的色差对标活动;2)考核位置与摆板方式均按照标准作业指导书进行;3)颜色标准板、色差间和色差仪的定期校准。

5 双方向颜色成车匹配的色差管理

当前在产颜色多为对称允差模型的颜色,即双方向颜色。在成车匹配时,由于车身与外饰件的匹配面积远大于标准色板与车身匹配面积,所以即使在车身和外饰件均为COK、甚至OK状态时,若两者颜色反向,也可能导致匹配结果不合格^[4]。

为避免此类色差问题,可与各车身涂装车间及外饰件厂家协商,设置双方向颜色的色相偏向并定期更新,即双方向颜色允许车身和外饰件向其中一个方向略微偏移,以达到更好匹配结果。如白色,按色差体系可允许L、a、b双方向,即亮暗、红绿、黄蓝均可,但结合颜色特性和视觉效果,多规定色相偏向为亮、红、蓝。

本文按照双方向颜色偏向规定对在产颜色的色相状态进行归纳对比、对匹配风险情况进行分级汇总(分级原则见表3),并每周对汇总表格进行更新。依次对高、中风险的颜色进行色差问题分析,找出原因并进行喷涂参数调整或油漆批次优化,逐步改善。

表3 成车匹配风险分级原则

风险标识	风险等级	判定原则	调整优先级	调整措施
高	高	车身与建议色相相反;外饰件与建议色相相同	高	通过材料批次优化、参数调整等实现
中	中	车身、外饰件都与建议色相相反;或车身与建议色相相同,外饰件相反	中	追踪稳定性;若均持续反向,则反馈协商色相
低	低	车身、外饰件都与建议色相相同	低	保持稳定

该方案实施后,在产车身的成车匹配风险明显降低,成车匹配效果显著提升;在该方案持续实施过程中,表现出稳定、良好的成车色差质量。此外,该方案已推广到其他喷漆车间,有效提高了整车匹配质量,进而减少了由于匹配 NOK 导致的换件、返喷等成本损失。

6 难点颜色攻关

色差难点颜色“亮银色”,由于是低色浆、高铝粉含量的色漆,其颜色表现对喷涂参数非常敏感,故在颜色放行时,要尽可能优化喷涂参数和油漆材料,使整车颜色各部位、各角度一致,从而尽量扩大生产过程中的作业窗口,提高稳定性。

在现场银色漆颜色调试放行的过程中,详细记录并分析每次调整效果,充分吸取经验,总结现场适用的施工参数调整效果,对量产后的色差调整有较为准确的指导作用。

其中喷涂参数调整对银色漆亮度(L 值)的影响效果见表 4~5,以原始喷涂参数作为 0 号参考,分别调整油漆流量(FR)、转速(BS)、成型空气 1(SA1)和成型空气 2(SA2),对 L 值不同角度有不同影响。

此次新颜色“亮银色”投产时具有较好的初始放行状态,且在量产后严格按照色差管理流程进行过程控制,所以在生产过程中展现出较好的颜色稳定性。

表 4 亮银色现场原始喷涂参数

项目	流量(FR)	转速(BS)	成型空气 1 (SA1)	成型空气 2 (SA2)	静电高压(HV)
原始喷涂参数 standard	250 mL/min	50 kr/min	300	600	70 kV

表 5 亮银色现场喷涂参数调整效果

调整效果	0#	1#	2#	3#	4#	5#	6#
	标准	FR +20%	FR -20%	BS +5 kr/mim	BS -5 kr/min	SA1 +200 SA2 -400	SA1 -100 SA2 -200
色差仪数据	25° ΔL	-0.12	-0.41	0.26	-1.06	2.32	-0.94
	45° ΔL	1.08	-0.54	-0.66	0.39	-1.61	0.99
	75° ΔL	0.63	0.22	0.11	0.44	-1.83	1.57
色差目视评分	25° ΔL	-1	0	0	0	1	-1
	45° ΔL	-1	-1	0	0.5	1.5	-1
	75° ΔL	0	0	0	0.5	1.5	-1.5

7 结语

此次喷漆车间色差质量管理流程优化,在各方面都有创新性改善和明显的质量提升:

1)油漆材料使用管理:基于涂装车间供漆系统特点,制定批次更换监控流程和小颜色循环搅拌控制方法,通过色差数据趋势进行辅助判断,有效降低材料问题导致的色差次数;

2)喷涂过程管理:充分考虑喷涂过程中影响色差的各个因素,并进行控制,如规范参数调整流程、制定停线色差验证工艺,有效控制色差不合格的单点问题,车身不流出车间,大幅降低返修成本;

3)质量考核流程:协调配合色差优化调整工作,机动调整考核频次、及时反馈,提高色差优化效率;

4)成车匹配色差控制:结合双方向颜色特性和质量标准,制定双方向颜色匹配风险评估表并定期更新,提前预测匹配问题并及时调整,有效提高成车匹配率,

并推广至涂装工厂其他车间。

通过落实这一套系统化、创新化的色差质量管理流程,车间实现车身单件色差合格率、成车匹配色差合格率的大幅提升,并显著缩短问题后反应时间,减少质量成本,对主机厂的色差问题分析和色差管理具有一定的参考意义。

参考文献:

[1] 刘仁龙.车身油漆色差控制[J].上海涂料,2009,47(3):33-37.
 [2] 王锡春.汽车涂装工艺技术[M].北京:化学工业出版社,2005.
 [3] 郝志强.涂装车间的色差控制体系的建设[J].中国涂料,2021,36(11):70-74.
 [4] 李文滔,朱玉萍,马江宇,等.汽车涂装联合色差管理与控制[J].现代涂料与涂装,2013,16(2):48-50.