

# 汽车涂装用 2K 清漆常见质量问题分析及解决

廖大政, 赵冉, 解敏

(中国第一汽车集团有限公司, 长春 130011)

**摘要:** 随着汽车市场竞争的日益激烈, 高性能涂料越来越受到业内的关注, 其中 2K 清漆以其卓越的装饰性、耐候性、耐酸雨性等性能获得涂料供应商、汽车主机厂及消费者的关注。本文主要介绍了 2K 清漆涂装生产中常见的色差、气泡、结晶等质量问题及其解决思路。

**关键词:** 2K 清漆; 色差; 气泡; 结晶

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)12-0058-04

## Analysis and Solution of Common Quality Problems of 2K Varnish for Automobile Painting

LIAO Da-zheng, ZHAO Ran, XIE Min

(China FAW Group Co., Ltd., Changchun 130011, China)

**Abstract:** With the increasingly fierce competition in the automotive market, high-performance coatings have attracted more and more attention in the industry, among which 2K varnish has won the attention of paint suppliers, automotive OEs and consumers for its excellent decorative, weather resistance, acid rain resistance and other properties. This paper mainly introduces the common quality problems such as color difference, bubble, crystallization and so on in 2K varnish coating production and their solutions.

**Key words:** 2K varnish coating; color difference; bubbles; crystal

### 0 引言

近年来, 汽车市场的竞争日益激烈, 加之人们对汽车质量的关注越来越多, 车企除了在发动机系统、底盘系统、车身轻量化等方面提高竞争力外, 涂装质量也是提高竞争力不可忽略的因素。汽车车身表面的单光涂层在使用过程中极易受到沙石、洗涤或人为刮擦而损伤, 导致失光、划痕等缺陷, 影响涂膜美观。为持续提升漆面品质, 德国、美国和中国的奥迪、宝马、奔驰等汽车厂都已大范围地使用 2K 清漆。国内自主品牌主机厂也正在用外观效果更好、耐擦伤性能更高的 2K 清漆来代替 1K 清漆。2K 清漆和 1K 清漆工艺特点如表 1 所列。

收稿日期: 2023-11-14

作者简介: 廖大政(1978—), 男, 本科, 正高级工程师, 主要从事汽车涂装材料开发认可、检测、生产管理等工作。E-mail: liaodazheng@rdc.faw.com.cn。

伴随着 2K 清漆的大范围应用, 也遇到各种各样的质量问题, 在此梳理了色差、气泡、结晶等常见问题及其分析解决思路, 供同行交流、借鉴。

### 1 常见质量问题分析及解决

#### 1.1 1K、2K 清漆共线色差问题

某涂装车间用 B 公司 1K 清漆, 为提升漆面品质, 试图引入 2K 清漆共线生产, 首轮引入 A 公司 2K 清漆, 其色差匹配性主要数据为: 白色  $L$  值偏亮 0.6~0.8 个单位,  $b$  值偏蓝 0.7~0.8 个单位, 通过现场工艺参数调整无法满足色差  $\Delta E \leq 0.8$  管控要求; 银色  $L$  值偏亮 3 个单位, 通过现场工艺参数调整无法满足色差  $\Delta E \leq 1.5$  的管控要求。针对色差状态, 引入 B 公司 2K 清漆并对其配套白色漆进行相关试验, 结果如表 2 所列。

试验数据表明: B 公司 2K 清漆  $L$  值较 1K 清漆偏亮 0.5~0.8 个单位, B 公司 2K 清漆  $b$  值较 1K 清漆偏蓝 0.2~0.3 个单位。为降低  $L$  值, 对白色漆膜厚进行优化, 验证  $L$  值、 $b$  值变化情况, 试验结果见表 3 所列。

表1 1K、2K 清漆工艺特点对比

项目	1K 清漆	2K 清漆
常见组成	丙烯酸树脂、氨基树脂、封闭型聚异氰酸酯、抗紫外线助剂、溶剂、催化剂、添加剂	丙烯酸树脂、异氰酸酯、抗紫外线助剂、溶剂、催化剂、添加剂
混合方式及设备	清漆与稀释剂常按体积比 100:(30~40)混合	A 组分(主剂)与 B 组分(固化剂)常按体积比 3:1 混合
混合后使用时间	混合后的涂料在罐体中一般可存放或使用 3~6 个月	A、B 组分在罐体中一般可存放或使用 3~6 个月,在混合器混合后需在 30 min 内完成施工
固化条件	140~150 °C, 20~30 min	140~150 °C, 20~30 min
化学特性	加热交联反应后产生含羟基小分子等产物,涂膜收缩性大,涂膜干瘪	加热交联反应后无羟基小分子等产物,涂膜收缩性小,涂膜丰满
涂膜结构	网状结构不均匀,相对疏松	网状结构均匀,网状结构紧密

表2 1K、2K 清漆色差匹配性

清漆种类	膜厚/ $\mu\text{m}$	色差数据 H(水平方向)			色差数据 V(垂直方向)		
		$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
1K(B)	45~55	-0.14	0	0.48	-0.3	0	0.43
2K(A)	50~55	0.58	0.37	-0.3	0.56	0.36	-0.28
2K(B)	50~55	0.42	0.18	0.21	0.50	0.21	0.18

注:中涂均为现场制板;色漆均为标准状态,膜厚 23  $\mu\text{m}$ ,喷涂 2 遍。

试验数据表明:白色漆膜厚达到 16  $\mu\text{m}$  时(已接近露底状态), $L$  值可降低 0.3~0.4 个单位,可满足色差标准管控要求。多次优化后白色漆的色差如图 1 所示。

白色漆配套 B 公司 2K 清漆,通过优化色漆膜厚, $L$  值比 1K 低 0.2 个单位左右, $b$  值偏蓝 0.4 个单位左右,可满足现场色差管控要求。后续对白色漆本身  $L$ 、

$a$ 、 $b$  值进行控制,使车型间  $L$ 、 $b$  值数据界于正负之间,可满足 1K、2K 清漆稳定共线的生产需求。

同时,B 公司 2K 清漆配套白色漆目视外观也较 1K 清漆配套白色漆外观好, $LW$  值:水平面下降 0.6 个单位,垂直面下降 3 个单位,均优于 A 公司 2K 清漆。 $SW$  值:水平面下降 5 个单位,垂直面下降 7 个单位,均优于 A 公司 2K 清漆。B 公司 2K 清漆与 1K 清漆 DOI 值相比:水平面上升 1 个单位,垂直面上升 2 个单位,均优于 A 公司 2K 清漆。

1.2 2K 清漆气泡问题

某车间实施水性 3C2B 工艺配套用 2K 清漆,经面漆烘干后发现表面有颗粒状缺陷,数量 120 多个。切片分析发现是在清漆层内含有气泡造成的缺陷。针对清漆气泡问题,对可疑系统进行逐一排查。

表3 白色漆膜厚优化试验结果

状态	色漆		清漆	色差数据 H(水平方向)			色差数据 V(垂直方向)				
	颜色	膜厚/ $\mu\text{m}$		公司	膜厚/ $\mu\text{m}$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
标准	白色	24	标准	2K(B)	52	0.52	0.23	0.12	0.47	0.25	0.06
BC(-20%)	白色	21	标准	2K(B)	52	0.31	0.22	0.15	0.34	0.23	0.10
BC(-30%)	白色	18	标准	2K(B)	52	0.28	0.24	0.10	0.22	0.18	0.28
BC(-35%)	白色	16	标准	2K(B)	52	0.10	0.21	0.11	0.16	0.21	0.17

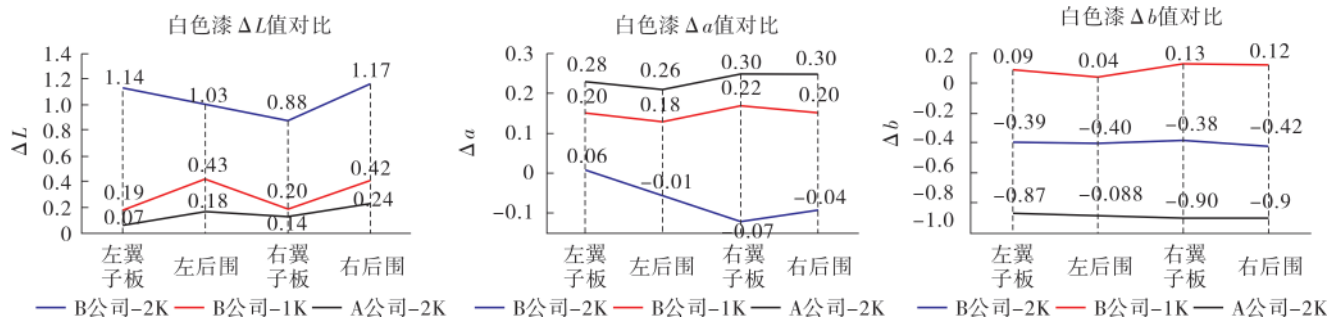


图1 白色漆匹配不同清漆色差对比

### 1.2.1 2K 清漆和固化剂输送系统的影响

怀疑点: 固化剂罐内氮气压力过高或管路内有空气混入。

采取的措施: 1) 固化剂输送系统原有的罐内氮气压力由 0.04 MPa 调整到 0.01 MPa; 2) 重新梳理输调漆管路, 将氮气泄漏点进行检查并加以修正。

结果: 清漆气泡数量没有明显的降低。

### 1.2.2 2K 清漆黏度的影响

怀疑点: 清漆黏度过高, 流平性差或者雾化能力差。

采取的措施: 1) 加入稀释剂, 将清漆黏度从 95 mPa·s 稀释到 75 mPa·s; 2) 将清漆机器人旋杯转速从 35 000 r/min 提高到 55 000 r/min。

结果: 清漆气泡数从 120 多个减少到 70~80 个, 但没有彻底解决问题。

### 1.2.3 2K 清漆产品本身的影响

怀疑点: 2K 清漆产品本身带来的气泡缺陷。

采取的措施: 1) 人工喷涂车身内腔没有发现气泡; 2) 人工喷涂整个车身外表面, 没有发现气泡。

结果: 排除 2K 清漆产品本身的问题。

### 1.2.4 旋杯对清漆气泡的影响

怀疑点: 旋杯对清漆气泡有影响。

采取的措施: 1) 检查清漆使用的旋杯并都更换成新的旋杯; 2) 将雾化器进行清理和调换。

结果: 清漆气泡没有好转。

### 1.2.5 旋杯分配盘(Hub)对清漆气泡的影响

怀疑点: 旋杯分配盘洁净度对清漆气泡有影响。

采取的措施: 1) 使用新的分配盘替换旧的; 2) 清洗旧的分配盘再次安装到旋杯上。

结果: 两种方法清漆气泡明显减少并好转。

其他试验佐证: 在机器人实验室发现 Hub 的外部构造对清漆气泡有明显的影响。当旋杯分配盘凹槽较深且尖锐时, 有利于降低清漆缺陷, 当凹槽较浅且钝时, 易造成清漆气泡缺陷。

旋杯分配盘在机器人喷涂设备中是一个很小的部件, 但其作用却不容小觑。因此需对 Hub 进行如下关注: 1) 在进行匹配验证时, 需进行对比比较, 选择最佳雾化效果的型号; 2) 现场施工时, 应及时对 Hub 进行清洗, 避免由于污染而影响油漆的喷涂效果; 3) 由于 Hub 极易磨损, 应定期检查其完整性, 备足备件, 出现问题及时更换。

## 1.3 2K 清漆结晶问题

某车间面漆有两条涂装生产线, 一条用 H 公司 2K 清漆, 另一条为 D 公司 2K 清漆。某一时段 H 公司 2K 清漆所在生产线发现清漆层有结晶缺陷, 状态是不分颜色, 不分部件, 整车结晶占比 2%, 个别部件出现

成片结晶的比例占 5%, 单个部件最多 20 个以上打磨点。同期 D 公司 2K 清漆所在生产线无此问题。

针对结晶问题, 对可疑系统进行问题排查。

1) 排查 2K 清漆喷涂机器人, 发现在四通阀组后的混合管路有清漆结晶出现, 一直到 Hub 内都有结晶。采样在显微镜下比对: Hub 内结晶体与车身湿膜漆渣状态相似。

2) 利用周末停产间歇对某一清漆外喷机器人拆解查看, 2K 清漆和固化剂在混合前管路无异常, 但在混合后的四通阀组、混合管、雾化器管路都发现有大量白色结晶体, 如图 2 所示。

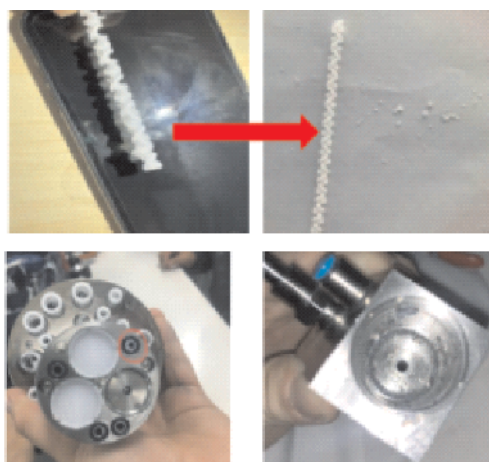


图 2 混合管、雾化器、四通阀内结晶示意

3) 通过实验室显微红外分析, 白色结晶体成分主要为丙烯酸树脂与异氰酸酯固化剂的反应产物, 此外还有少量未反应的异氰酸酯固化剂和抗流挂树脂。

4) 现场验证: 拆解清漆喷涂设备, 只有用 H 公司 2K 清漆线体 Hub 有结晶, 用 D 公司 2K 清漆的线体 Hub 无结晶。针对取样成分分析有清漆与固化剂反应后产物, 现场模拟两家清漆和固化剂常温下反应速率。模拟方法: 将 H 清漆、D 清漆与 H 固化剂、D 固化剂按质量比 3:1 交叉混合均匀, 室温 23 °C 下静置, 每间隔 2 h 观察 1 次混合液体倾斜状态。

结果: H 清漆加 H&D 固化剂 23 °C 下 36 h 成胶状不流动; D 清漆加 H&D 固化剂 23 °C 下 36 h 后仍保持流动状态, 两家清漆差异明显。

结论: H 清漆+固化剂相比 D 清漆+固化剂常温下固化速度更快, 但与使用谁家固化剂无关。

5) 实验室验证: 实验室相同环境温度、不同试验时间下两家清漆混合固化剂及添加剂的模拟试验结果如表 4 所列。H 公司 2K 清漆添加正丁醇(降低 2K 清漆与固化剂反应的速率)的电阻情况如表 5 所列。

表 4 2K 清漆混合状态情况

样本	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
2K 清漆(D)	流体	流体	流体	流体	凝固	凝固
2K 清漆(H)	流体	流体	凝固	凝固	凝固	凝固
2K 清漆(H)+1%正丁醇	流体	流体	胶态	凝固	凝固	凝固
2K 清漆(H)+3%正丁醇	流体	流体	流体	流体	凝固	凝固
2K 清漆(H)+5%正丁醇	流体	流体	流体	流体	流体	流体

表 5 H 公司 2K 清漆添加正丁醇电阻情况

样本	电阻结果/ kΩ
2K 清漆	1 170
2K 清漆+1%正丁醇	1 020
2K 清漆+3%正丁醇	790
2K 清漆+5%正丁醇	610

通过试验看出,H 清漆中加入 3%正丁醇,效果可以达到 D 清漆的固化速率。

## 2 试验结果及分析

基于 2K 清漆涂装常见质量问题及其分析解决思路可得出以下结论:

1)2K 清漆较 1K 清漆目视外观效果好,不管是橘皮 LW 值、SW 值还是鲜映性 DOI 值相比 1K 清漆都有所提升。1K 清漆、2K 清漆匹配同一色漆会略有颜色差别,但通过现场参数调整、工艺优化可满足共线生产需求。

2)人机料法环测 6 个主要方向仍然是分析解决漆膜质量问题的有效途径。对于喷涂设备重点部件,应定期点检、维护、保养,使其处于完好状态和受控状态,避免因小部件造成质量大影响。

3)2K 清漆配方中额外加入正丁醇可延长清漆固化时间,但同时也会降低施工电阻,从而有流挂风险。经实验室和现场跟踪验证,适量正丁醇的加入对施工性能有可控的影响,对漆膜外观无影响,对漆膜性能无影响。

## 3 结语

因 2K 清漆具有优异的目视外观效果、优良的保光保色性及耐久特性,其已成为对涂膜要求极高的乘用车涂装领域的理想选择。随着水性漆的推广和人们对涂膜品质要求的日益增高,2K 清漆在乘用车车身的应用进程必将大大加快。◆

(上接第 47 页)可提前预测故障的发生。如果发现故障隐患,智能控制系统自动触发报警和维修指令。相较于传统的维护方式,预测性维护具有智能化程度高、维护成本低、停机时间短等特点,是数字化制造落地的捷径。摆杆输送机牵引链磨损的预测性维护可通过以下方式实现:

1)在履带链驱动装置附近布置传感器,检测两条牵引链的同步状态。当同步信号出现超差时说明啮合出现偏差,需要立即调整;

2)用传感器检测左右两个配重箱的高度偏差,出现偏差表示摆杆在此位置偏斜可能与配重箱干涉。当偏差达到设定的阈值时立即报警调整;

3)在摆杆输送机接车位,设置两条牵引链同步状态检测传感器。实时检测链条长度偏差,当  $\Delta_n \geq 80\% \Delta_{max1}$  时立即报警,发出维护指令,然后用 3.3.4 节所述方法对链长偏差进行调整。

## 4 结语

本文针对当前汽车涂装使用最广泛的摆杆输送机常见的牵引链磨损伸长问题,结合实际案例分析了牵引链磨损对输送机运行的不利影响。通过数学建模和推导链长偏差与摆杆运行时倾斜角度的解析关系以及

几何作图和现场试验,确认导致摆杆刮蹭和接车失败的主要原因是左右链条从出口到入口的长度偏差。此偏差导致摆杆底部支撑杆在接车位偏斜,偏斜量超过橇体支撑碗宽度一半时,承载杆将不能插入橇体支撑碗内导致上件失败。实践证明,本文的理论分析计算正确可靠,可以作为工程设计、安装调试和预测性维护的基础数据。

本文还分析了导致链条磨损伸长的多种因素,提出了减小链长偏差、减缓链条磨损的技术措施及现场快速解决链长偏差的多种可行方案,使生产线产能得到尽快恢复。并提出了设置传感器监测配重箱高度和左右链条在出口和入口运行的同步性,以实现链条磨损进行预测性维护的技术思路。

## 参考文献:

[1] 陶禹.摆杆输送机在汽车制造中的应用[J].现代制造技术与装备,2017(7):57.  
 [2] 安新伟.双摆杆输送系统故障分析及处理[J].现代涂料与涂装,2023(4):70-72.  
 [3] 卞丰.汽车涂装用摆杆输送系统开发及应用探讨[J].现代商贸工业,2009(4):284-285. ◆