

# 循环变色涂料报废削减的应用研究

曹裕清, 许 龙, 仲兆婷, 葛 沛, 蔡治富  
(东风本田汽车有限公司, 武汉 430056)

**摘要:** 主要阐述了涂料循环变色的机理, 针对易循环变色涂料, 从循环变色能力验证、现场涂料管理、非标涂料系统等方面的施策应对涂料循环变色, 以期对循环变色涂料的生产管理、颜色保证、成本节约等提供理论依据及参考。

**关键词:** 循环变色涂料; 涂料管理; 非标涂料系统

**中图分类号:** TQ639 **文献标志码:** B **文章编号:** 1007-9548(2025)01-0024-03

## Application Research on End-of-life Reduction of Circular Color-changing Coatings

CAO Yu-qing, XU Long, ZHONG Zhao-ting, GE Pei, CAI Zhi-fu  
(Dongfeng Honda Motor Co., Ltd., Wuhan 430056, China)

**Abstract:** This paper expounds the mechanism of circular color-changing coatings, and copes with the circular discoloration of coatings from several aspects such as cyclic color-changing ability verification, on-site coating management, and non-standard coating system for easily recyclable color-changing coatings, in order to provide theoretical basis and reference for the production management, color assurance, cost saving, etc. of cyclic color-changing coatings.

**Key words:** circular color change paint; paint management; non-standard coating system

## 0 引言

东风本田的主要颜色是黑白两种颜色, 占比达到将近 80%, 近年由于颜色趋势年轻化和多样化的个性需求, 小产量颜色的种类越来越多。小产量颜色的主要特点是产量低、涂料置换更新率低, 涂料长时间循环会出现不同程度的劣化, 尤其是铝粉含量高的颜色。在颜色上最直观的表现是小角度明度降低, 大角度明度升高, 这种现象即通常所说的循环变色。

由于循环变色不可逆, 铝粉后添加无法达到循环变色前的颜色效果, 因此一旦循环变色导致的颜色变化超出颜色的管控基准, 只能对涂料置换更新, 造成人力和材料的浪费。以东风本田某高明度铝粉漆为例, 涂料系统连续循环时间对颜色变化(明度)的影响结果详见表 1。

收稿日期: 2023-12-18

作者简介: 曹裕清(1988—), 男, 本科, 工程师, 主要从事涂装工艺品质保证等工作。E-mail: 779854023@qq.com。

表 1 循环时间对颜色变化(明度)的影响

角度/(°)	L	$\Delta L$			
		基准	循环 1 d	循环 3 d	循环 5 d
15	139.05	$\pm 2.5$	0.12	-2.20	-3.83
25	104.42	$\pm 2.5$	1.61	0.41	0.16
45	55.22	$\pm 2.0$	1.40	1.87	2.79
75	32.47	$\pm 2.0$	1.55	1.92	2.69
110	27.49	$\pm 2.0$	0.69	1.31	1.65

## 1 循环变色影响因素

### 1.1 涂料循环变色性能

车身涂料是由树脂、溶剂、添加剂、颜料组成的悬浮液体, 根据溶剂的不同, 分为水性涂料和溶剂型涂料。为达到涂料的闪烁感和金属质感, 通常涂料中会加入铝粉和珠光颜料。铝粉是粒径达到微米级别的片状铝, 由于铝粉在酸性和碱性条件下均能与水发生化学反应, 所以水性铝粉涂料循环变色较溶剂型铝粉涂料循环变色明显。在剪切力的作用下, 铝粉会发生变

形、弯折、扭曲,甚至与水反应导致铝粉含量变少或者粒径变小,水性涂料中铝粉粒径越大,含量越高,循环变色越明显。涂料循环变色与涂料循环变色性能直接相关,材料导入前最好对涂料循环变色性能确认,在实验室可通过模拟现场涂料系统,使用相同型号的涂料气动泵,设置相同的泵压、备压,将一定量的涂料放入小型循环系统中,调整泵压、备压至规定值,测试回流管流出 1 kg 涂料所需的时间或者单位时间(1 min)回流管流出的涂料,根据涂料总量算出系统循环一次所需的时间,系统循环 1 000 次、2 000 次、3 000 次时,分别取适量涂料喷板,测试色差数据,并与初始循环涂料颜色对比,要求色差在 WDHAC 色差运用基准范围内,若循环变色性能不达标,需要对涂料循环变色性能提升。

## 1.2 涂料循环系统

涂料循环系统主要有循环泵、罐体、循环主体管路、涂料输送到喷涂站的分支管路及附属配件等。涂料循环系统对涂料的影响主要是循环时的剪切作用和循环时间。剪切力与泵压、备压的差值、泵压脉动、流速等直接相关,降低循环变色涂料的报废可通过降低循环时的剪切作用和循环时间。涂料循环系统影响较大的主要有泵的类型、压力、频率、循环模式、搅拌系统转速等,这些直接影响涂料循环时的剪切力和循环次数。本田一工厂涂料循环泵由气动泵更换为电动泵,循环系统有调漆间涂料系统、线边 MINI 泵系统以及后期导入的走珠循环系统。

## 2 循环变色涂料报废削减的施策

### 2.1 涂料循环变色能力提升

涂料循环变色性能与铝粉粒径、铝粉包裹处理工艺及涂料黏剪、流变等直接相关。通常铝粉粒径越大,小角度明度越高,循环变色越明显,因此调色时尽量选用较小粒径的铝粉或者粒定向性更好的铝粉。铝粉包裹处理主要是隔绝铝粉与涂料中的水反应,通常铝粉包裹主要有树脂包裹和二氧化硅包裹,由于树脂在剪切力作用下易发生形变,因此二氧化硅包裹的铝粉更稳定,循环变色性能更佳。涂料中的亲水溶剂对树脂有较强的溶胀性,亲水性较好的溶剂对树脂的溶胀性能更强,在循环时导致树脂更易形变,铝粉定向性不稳定,所以降低溶剂对树脂的溶胀性对循环变色性更有利。除了溶剂,调整助剂中流变剂,降低涂料的流变性能对提升循环变色性能有利。以东风本田某高明度铝粉漆为例,采用二氧化硅包裹定向性更好的铝粉,降低挥发率接近的溶剂中亲水性更好的溶剂比例,更低流变的流变剂,涂料循环变色能力有一定的提升。

### 2.2 非生产时涂料泵压力设置及循环间隔控制

涂料无生产时,可以关闭循环系统,最大限度地减

少循环变色,由于涂料中本身黏性较强,且树脂有胶黏固化的特性,加上涂料中的铝粉等易沉降,长时间关闭可能会造成涂料颗粒返粗、涂料在涂料支管、接头、CCV 阀芯等附着、沉积甚至堵塞,再次生产时出现颗粒增多甚至混色等品质不良,因此涂料系统不生产时,涂料系统不能一直关闭,只能适当延长涂料循环的时间间隔。涂料不生产时涂料系统循环,不需要像生产时保证足够的压力和流速确保涂料填充和手喷压力等,只需要保证涂料系统所有涂料管路涂料循环,因此可以适当降低泵压与备压,降低流速,降低剪切力。经测试,不生产时涂料循环时泵压由 1.0 MPa 降低至 0.7 MPa,备压由 0.4 MPa 降低至 0.2 MPa,循环时间间隔 7 d,每次循环 4 h,无新增品质问题,东风本田某高明度铝粉漆从连续循环 3 d 出现明显变色延长至 1 月。

气动泵更换为电动泵后,由于电动泵使用液体水平循环技术和往复驱动技术,使涂料驱动时压力脉动最小化,剪切力作用更小,不生产时的涂料循环可设置为休眠模式,自动切换为流量模式,涂料系统内压差最小,相同涂料循环劣化较气动泵提升明显。

### 2.3 涂料喷涂参数调整

涂料循环变色主要表现为小角度明度降低,大角度明度升高,调整 R/B 喷涂参数可实现涂料循环变色后明度一定的回调,根据涂料循环变色的规律,生产前颜色确认,明确涂料循环劣化的结果,根据不同颜色涂装参数变更颜色变化规律,生产前调整涂料喷涂参数,达成颜色管控基准。以东风本田某高明度铝粉漆为例,提高旋杯转速和整形压,小角度明度提升,大角度明度降低,试验结果详见表 2。

表 2 涂料喷涂参数对颜色变化(明度)的影响

角度/ (°)	旋杯转速( $r \cdot \min^{-1}$ )/整形压( $NL \cdot \min^{-1}$ )					
	35 000/ 350	40 000/ 350	45 000/ 350	35 000/ 400	35 000/ 450	45 000/ 450
15	-1.02	0.51	1.12	-0.45	0.33	2.68
25	-1.34	-0.95	-0.36	-0.82	-0.44	-0.11
45	0.56	-1.05	-1.11	0.11	-0.55	0.16
75	1.83	1.06	0.78	1.32	0.98	0.54
110	1.65	1.17	0.88	1.23	1.02	0.68

### 2.4 非标涂料生产系统

#### 2.4.1 线边 MINI 泵系统

调漆间涂料系统由于涂料输送管路长,主管路与支管路连接附件多,涂料在涂料系统中时间长,导致涂料系统清洗周期长,线边 MINI 泵系统直接设置在生产线上,涂料管路短、管路布局简单、使用涂料软管

连接也易于清洗,清洗周期可缩短至 2 h,可实现每次使用完即清洗干净,方便下一次使用。循环变色涂料使用线边 MINI 泵系统生产用完就洗,无过多的劣化循环,可实现循环变色涂料多次生产。MINI 泵系统不足的是 MINI 泵的位置要求防爆空间,设置在室内,涂料的填充和清洗需要在生产间隙进行,涂料加料不方便导致连续生产台数不能超过 30 台,最好连续排产且生产台数不超过 30 台,每次清洗时有几十 kg 管路填充涂料的报废,理论上使用线边 MINI 泵系统,可有效解决循环变色涂料报废的问题,由于东风本田一厂线边 MINI 泵系统是在线体建成后加装了 1 套,涂料填充、换色、清洗等无法满足多个颜色或者单个颜色反复生产,因此使用范围有限,如果新线建成之初预留几套线边 MINI 泵,且位置与生产无干涉,较传统调漆间 PCS 系统,成本和改善效果优势将很明显。

#### 2.4.2 走珠快速换色系统

走珠系统最早应用于石油化工行业,通过可移动的走珠实现管道填充涂料的最大限度回收,涂料和清洗溶剂的更换实现管道的快速清洗。系统步骤:填充油漆→喷涂→回收油漆→系统清洗。隔膜泵把涂料泵入管道后,推到走珠到达接收站,对应支管球阀打开,支管油漆填充。喷涂,隔膜泵持续工作,保持系统压力稳定。喷涂结束后,支管球阀关闭,走珠退回,回收主管油

漆。支管排放阀打开,支管油漆排掉。分配站阀门打开溶剂、纯水、空气清洗支管。接收站阀门打开、溶剂、纯水、空气清洗隔膜泵和主管路。桶盖及附属的搅拌等单独清洗。系统特点:换色快、涂料回收、清洗消耗低。东风本田一厂引进走珠快速换色系统后,1 套系统可实现 5 个小颜色的生产,且 2 颜色间隔 2 h,就能切换为另一颜色。涂料在系统中没有反复的耐压循环,彻底解决了涂料循环变色报废的问题。缺点是投入成本高,投资回报周期较长,涂料管路采用单主管不循环,单次填充生产时间不宜超过 3 h,否则有管路爆裂的风险,一桶 180 kg 油漆最多可连续生产 44 台车,由于生产中不能更换涂料桶,当产量大于 44 台车时,需外添加涂料。

### 3 结语

当前循环变色涂料不能单从涂料改良解决循环变色问题,针对铝粉涂料尤其是高亮度铝粉涂料,最好在涂料导入前期让涂料厂家确认循环变色能力。对于还在使用气动泵的老工厂,可通过降低泵压、备压,延长不生产时涂料循环的时间和循环间隔,气动泵老化更新时最好使用电动泵,轻微变色可通过涂料参数回调。场地允许时,可根据颜色排产需求及排产特点使用线边 MINI 泵系统、走珠快速换色系统等非标涂料系统,以为循环变色涂料的生产管理、颜色保证、成本节约等提供理论依据及参考。◆

(上接第 10 页)剂产品退漆过程中受温度、相对湿度影响,温度越高,退漆效率越快,相对湿度越高,退漆效率越快;4) 可选择性退漆剂退漆效果与是否含有中间

涂层密切相关,可有效退除含有中间涂层的涂层系统,完整保留底漆,对于未含中间涂层的涂层系统,不能够退除。

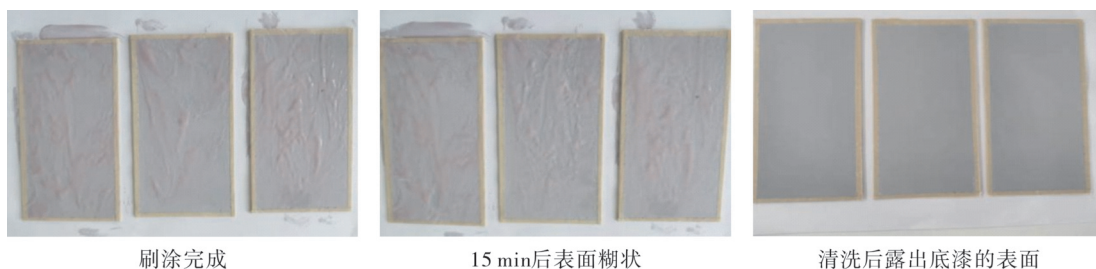


图 3 中间涂层退漆效果

#### 参考文献:

- [1] 宣善勇.飞机复合材料部件表面激光除漆技术研究进展[J].航空维修与工程,2016(8):15-18.
- [2] 张朵等.喷丸脱漆技术在航空复合材料涂装领域的应用研究[J].涂层与防护,2018(5):35-38.
- [3] 吴志恩.A350 的复合材料构件制造[J].航空制造技术,2013(13):32-35.
- [4] 王智红,付维江.机载雷达罩表面涂层的脱漆工艺研究[J].现代涂料与涂装,2016(2):9-12.
- [5] 梁延峰,赵华鹏.新型塑料脱漆剂的研制[J].现代涂料与涂装,2009(8):5-7.
- [6] 熊金平,左禹.高效脱漆剂的研制[J].现代涂料与涂装,2005(3):7-9.