

# 油性输调漆系统水性化改造方案及应用

晏强, 郑旋, 李彬, 侯颖

(东风本田汽车有限公司, 武汉 430056)

**摘要:** 主要介绍了高极限产能下的汽车保险杠涂装线, 油性涂料输调漆系统的水性化改造方案, 通过在原有油性输调漆系统的基础上进行改造利旧, 确保从成本控制、工艺效果上达到预期效果。在改造过程中, 遇到了较多的技术、工艺、安全品质、生产保障上的难题, 通过大量的现状调查确认、试验确认、技术方案沟通调整、人员培训培养、安全方案制订、作业标准流程制订等措施, 最终实现了保险杠色漆涂装工艺由油性涂料向水性涂料的转换, 从而实现水性涂料在保险杠色漆涂装工艺上的量产应用。

**关键词:** 输调漆系统; 水性化改造; 水性涂料; 油性涂料

**中图分类号:** TQ639      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1007-9548(2025)07-0025-05

## The Scheme and Application of Oil-based Paint Transfer System for Waterborne Transformation

YAN Qiang, ZHENG Xuan, LI Bin, HOU Ying

(Dongfeng Honda Automobile Co., Ltd., Wuhan 430056, China)

**Abstract:** This article mainly introduces the waterborne transformation plan of the paint supply and mixing system for the automotive bumper painting line under high production capacity. By renovating and reusing the existing oil-based paint supply and mixing system, the expected results are achieved in terms of cost control and process effect. During the transformation process, many technical, process, safety and quality, and production guarantee problems were encountered. Through a large number of current situation investigations and confirmations, experimen confirmations, technical plan communication and adjustments, personnel training and cultivation, safety plan formulation, and operation standard process formulation, the conversion of the bumper color paint coating process from oil-based to water-based was finally achieved, thus realizing the mass production application of water-based paint in the bumper color paint coating process.

**Key words:** paint transfer system; waterborne transformation; water-based coating; oil-based coating

### 0 引言

随着国家可持续发展战略的全面实施, 近些年来, 国家环境保护法规对于汽车涂装工艺的 VOC 排放指标要求日趋严格, 给汽车制造厂带来了较大的挑战。而在汽车制造行业, 由于油性涂料具有稳定性好、配套涂装设备技术成熟、喷涂工艺性稳定等特点, 因

此, 目前国内各汽车整车制造厂, 保险杠色漆涂装采用油性涂料喷涂工艺较为普遍。但是由于油性涂料的 VOC 含量高(达 70%~80%), 因此, 在保险杠涂装过程中会产生大量的 VOC, 在 VOC 排放方面存在较大的不足, 如果直接进行排放, 将会不能满足环保法规的要求, 存在环保违法的风险。为了满足环保法规的要求, 在汽车涂装行业中, 通常会通过两种方式对 VOC 排放进行削减。第一种方式是采用 RTO 废气回收处理设备, 对保险杠色漆涂装产生的废气进行收集浓缩后焚烧深度处理, 但是这种方式会增加非常大的设备投入费用、设备占用场地大、后期设备运行成本也非

**收稿日期:** 2024-03-12

**作者简介:** 晏强(1985—), 男, 本科, 工程师、注册安全评价师, 主要从事涂装车间设备保全及安全体系运行管理工作。E-mail: 371178097@qq.com。

常高;第二种方式是对保险杠色漆涂装工艺进行水性化改造,从源头上解决油性涂料 VOC 含量高的问题,即采用水性涂料工艺进行喷涂。本文主要结合改造现场实际情况,重点介绍保险杠色漆涂装工艺输调漆系统水性化改造方案及应用。

## 1 输调漆系统的构成说明

输调漆系统是汽车涂装工艺设备的重要组成部分,不同类型的油漆决定了输调漆系统的选择。该系统是由多个部件组成的油漆循环系统,用于保持和控制油漆的工艺要求,并将油漆以一定的压力、流量、速度、温度输送到汽车涂装线喷漆工位的一种管道网路循环系统。通常该系统包括:中央供漆设备(集中控制柜单元、涂料调和罐、搅拌器、涂料输送泵、过滤模组、管中管涂料温控单元、涂料压力调节单元)、输送管路、喷房枪站等。而输送管路网路循环系统是输调漆系统重要的组成部分,是涂料从调漆间输送到喷房的神经系统,主要有主管循环方式、两线循环方式、三线循环方式、支线循环方式。对于色漆输调漆系统,由于油漆中的固体分(如颜料、金属片或云母片等)含量高,为了保障油漆在输送管路中不发生沉淀,必须让涂料得到充分的循环,两线循环方式采用较为普遍。

## 2 水性涂料与油性涂料的差异性对比

### 2.1 涂料的成分差异对比

由涂料的成分构成可知,油性涂料(也称溶剂型涂料)的主要成分为有机溶剂和涂膜成分,涂料中有机溶剂的占比高达 70%~80%,这些有机溶剂是 VOC 来源的主要成分;而水性涂料的主要成分为水、有机溶剂、涂膜成分,涂料中水的占比为 70%左右,有机溶

剂占比 10%左右,涂料中有机溶剂的占比得到了非常大的消减,对环境保护也更加友好。通过对比可以发现,两种涂料的主要组成成分上存在着较大的差异,因此对于输调漆系统的工艺要求也会有较大的不同,这就要求我们在改造前必须进行详细的数据分析和大量的调查研究,才能确保改造方案的合理性、可实施性,从而达到预期的改造效果。

### 2.2 涂料的工艺性对比

从表 1 的工艺性参数对比可以看出,油性和水性两种涂料的工艺性存在较大的差异。对于水性涂料来说,涂料的高黏度、高工作压力、低循环流速、腐蚀性强、流动性差、易产生沉淀、对油敏感性高、必须使用两线管路循环系统、只能使用水性清洗剂清洗等特性,决定了水性涂料对于输调漆系统的设备要求远比油性涂料高很多,因此在改造前就需要对改造方案进行详细的分析和调查,确保最终改造后的设备能适应于水性涂料输送,应用于现场生产。

## 3 现状分析及改造方案确定

### 3.1 现有输调漆系统设备现状分析

鉴于水性涂料与油性涂料较大的差异性,以及水性涂料对输调漆设备工艺特性的较高要求,本次输调漆系统项目改造方案,本着降低费用投入成本、充分利旧,达成现有油性输调漆系统水性化改造目标的原则和思路,表 2 对现有油性输调漆系统的设备现状进行了整理分析和评估,以期投入最少的费用成本,达到最优的改造方案。

### 3.2 改造方案的确定

通过表 2 对现有输调漆系统的设备现状进行整理分析、评估,以及查阅现有设备相关运行数据,与设备

表 1 油性涂料与水性涂料工艺对比

参数	油性涂料	水性涂料	备注
工作压力/MPa	0.3~0.6	0.35~1.2	
循环流速/(m·s <sup>-1</sup> )	0.2~0.4	0.15~0.25	水性涂料要求在管道内低流速、低剪切力流动
工作流量(单个枪站出口)/(mL·min <sup>-1</sup> )	500	750	与选用的喷涂设备有关
工作温度/℃	18~26	25±1	水性涂料,温度敏感性高
黏度(B60)/cP	90~300	600~1 000	
水/油敏感性	不溶于水	不溶于油	
金属腐蚀性	腐蚀性一般	腐蚀性强	水性涂料易导致金属件生锈
涂料管路材质要求	304/304L、特氟龙	304L/316/316L、特氟龙	
涂料流动性	流动性较好,但金属漆容易产生沉淀	黏度高,流动性差,容易产生沉淀、易堵塞管路	
耐剪切能力	低剪切力	剪切敏感性高	
对循环管路的要求	单线循环、两线循环	两线循环	必须循环到设备,避免产生涂料沉淀
设备清洗	溶剂清洗	水性清洗剂(亲水溶剂+纯水清洗)	

表 2 现有油性输调漆系统设备现状整理分析和评估

改造内容	工作参数		水性涂料适应性评估	
	项目	数值/实际	工艺需求	结论
泵体部分	最大工作压力/MPa	2.9	0.35~1.2	满足
	最大工作流量/(L·min <sup>-1</sup> )	37	6	满足
	运行状况	良好	良好	满足
	洁净度	较好(可拆解清洗)	干净、不含油	彻底清洗后满足
主电控部分	自动控制	PLC 全自动控制	自动控制	满足
	运行状况	良好	良好	软件优化后满足
调和罐	材质	304L	304L/316/316L	满足
	容积/L	100	100	满足
	洁净度	较好(可拆解清洗)	干净、不含油	彻底清洗后满足
过滤模组	材质	316	304L/316/316L	满足
	洁净度	有漆垢,不可拆解清洗很难彻底清洗干净	干净、不含油	不满足
管中管 温控系统	材质	304L	304L/316/316L	满足
	洁净度	有漆垢,不可拆解清洗很难彻底清洗干净	干净、不含油	不满足
	温控方式	三通阀自动温控	六通阀自动精密温控	不满足
输送管路	材质	316	304L/316/316L	满足
	洁净度	有漆垢,不可拆解清洗很难彻底清洗干净	干净、不含油	不满足
	主管路管径/mm	10~25	12~32	不满足
	支管管径/mm	10	12	不满足

原始供应厂家多次沟通交流确认。我们判定,其中涂料输送泵泵体部分、系统主电控部分、调和罐部分,通过彻底清洗和电控部分局部调试能够适应水性涂料的要求,可以进行利旧使用,从而达到降低改造成本的目的。而涂料过滤模组部分、管中管温控系统、输送管路部分,由于水性涂料工艺的一些特定需求(低流速、高黏度、高压、对剪切力敏感性强、对温度敏感性强、对油敏感性强等),且由于现有油性输调漆设备使用年限已达 8 年,管中管温控系统已进入老旧化状态,涂料温度控制精度不佳、温度波动大;8 年的使用,涂料输送管道系统(主要是管道、接头、各类阀、过滤模组等)内壁也产生了较多的漆垢,我们通过两周的反复循环清洗测试,发现管壁漆垢很难彻底清洗干净,而且现有油性涂料输送管路的管径尺寸偏小,也不能完全满足水性涂料的工艺要求,因此无法利旧,需要对涂料输送管道系统进行更新改造;由于前期油性涂料搅拌器叶片选用的是螺旋桨式 3 叶叶片,其搅拌能力可能存在不足,搅拌剪切力大,不适合于水性涂料,改造时需要更换为需更换为低剪切、高搅拌能力的叶片。具体改造方案如图 1 所示。

#### 4 改造难点说明

通过实际改造经验总结,本次改造过程主要存在 3 个方面的难点。

1)本次油性输调漆系统水性化改造是在公司持续

高产环境下实施的,实际产量为设定产能的 1.5 倍,现场生产压力非常大,可供使用的停机改造时间非常有限,为了确保生产不受影响,无法实现一次性完成现场 17 套油性输调漆系统的改造。因此,通过对生产计划的反复确认,对生产班组的任务进行多次分解调整,最终采取了分两期改造、逐步切换量产的方式进行实施。即第一期改造 9 套输调漆系统,保留 8 套系统用于油性大产量颜色的生产,而油性小产量颜色(月产量<600 台),我们采取在涂装喷房安装隔膜小泵的方式临时对应生产,待第一期改造的 9 套输调漆系统达到水性化涂料大批量安定生产切换水平 1 个月后,再开始启动第二期的 8 套系统改造,此时水性大产量颜色由已经改造完成的 9 套系统对应,水性小产量颜色使用隔膜小泵临时对应生产。通过分期改造,实现了油性涂料向水性涂料切换的无缝对接,确保了现场生产完全不受影响。

2)可用于利旧的涂料输送泵泵体、罐体部分,需要全部由人工拆解成单个零件进行清洗。涉及设备专业性强,清洗品质要求高,大量危化品的使用,作业安全风险与职业健康风险高,对人员的整体能力素质要求非常高。针对这些难题,我们提前在保全和生产班组内抽调了对于输调漆系统具有一定专业基础知识的人员,组成了专项设备改造清洗小组,由专业人员事先对这些人员展开设备原理、作业安全防护、危化品使用安

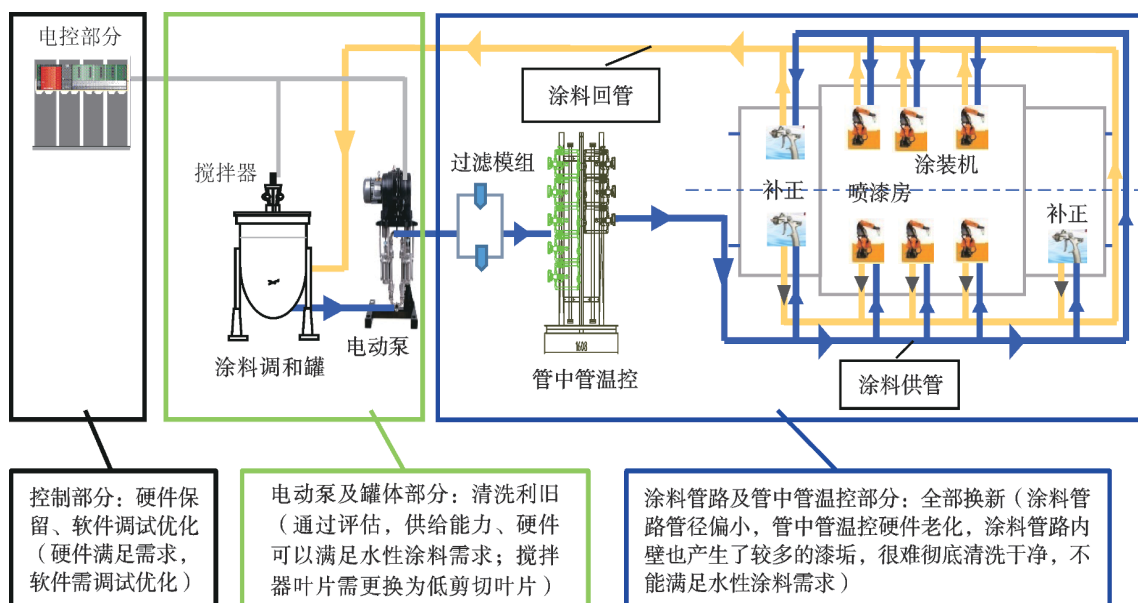


图1 油性输调漆系统的水性化改造方案

全、应急处置能力、清洗品质标准等方面展开系统性的专项培训，并在实施过程中由经验丰富的专业人员进行现场指导确认，以及作业安全标准、职业健康防护的执行监督。为了确保清洗品质，所有清洗后的设备零部件，全部由专人进行洁净度确认，确认合格后，全部按照水性涂料生产标准要求，进行缩孔试验确认，试验合格后才允许装配。由于涂料泵的构成零件多达 60 多个，装配过程复杂，不按照图纸进行装配，会发生泵体泄漏、工作压力波动大、异响等问题。为了确保输送泵在装配过程中不出现装配错误、漏装、精度误差，装配过程必须由经验丰富的专业人员对照图纸进行逐一确认。通过以上对策，确保了项目清洗作业安全和设备品质目标。

3)本次输调漆系统的改造，需要在调漆间、喷房等生产区域进行，边生产边改造，设备异常停机、涂料泄漏、施工火灾、登高作业安全风险高，防尘处理难度大。针对难点，我们事先建立了甲、乙双方施工安全管理体制，明确双方安全管理职责，提前对可能发生的风险进行了全面的分析、识别、评估，整理出了危险源管控清单、施工作业人员劳动防护标准，并制定了详细的施工安全方案和培训教材。在施工开始前，对项目相关人员展开多频次的培训说明，对需要重点防火、防尘处理的区域使用防火布、防静电膜进行提前隔离防护，在施工过程中安排专人全程监督确认，并在每天施工前对当日重点施工安全事项进行培训说明和确认，确保了施工安全、防尘品质安全。

## 5 应用效果确认

本次水性化改造历时 6 个月改造完成，从改造过

程和最终应用效果来看，改造结果符合水性涂料对于输调漆系统的工艺要求，实现了与保险杠涂装生产线机器人的顺利对接、投入量产，取得了良好的改造效果，具体评价结果见表 3。

表 3 改造效果评估

评价项目	评价基准	改造实绩	评估结果
气密性测试	保压 48 h, 压损<5%	保压 48 h, 无压损	符合
洗净性测试	无残渣、无缩孔	无残渣、无缩孔	符合
钝化效果测试	形成钝化膜	形成钝化膜	符合
循环性测试	循环 15 d 品质 无异常	无品质异常	符合
循环流量/(L·min <sup>-1</sup> )	5.9~8	6~8	符合
循环流速/(m·s <sup>-1</sup> )	0.15~0.25	0.16~0.21	符合
系统压力/MPa	0.4~1.0	0.5~0.6	符合
压力波动范围/MPa	±0.005	±0.003	符合
温度控制/℃	25±1	25±1	符合

## 6 其他需要注意的事项

1)输调漆管道钝化处理是保障管道内壁光滑性、防腐性能的关键一步，通常在系统气密性、洗净性测试合格后进行。通常不锈钢钝化需要使用到 20%左右浓度的硝酸，而硝酸是一种腐蚀性很强的易制爆化学品，是公安机关严格管制的化学品，购买流程复杂，使用过程中危险性较高，改造区域所属的涂装车间本身就是重点防火防爆区域，硝酸的大量使用势必会给施工现场带来更多的安全风险点。为了解决这一危险事项，通过调查研究，最终确定使用 15%左右浓度的柠

柠檬酸作为钝化剂。柠檬酸属于一般化学品,从安全性、环保性、便利性,得到了很大的改善。在管道使用柠檬酸循环钝化过程中,同步使用管道材质相同的样件进行浸泡钝化,大约 2 h,管道内壁钝化膜形成,达到预期效果。由于管道经过柠檬酸钝化后,管内酸碱度呈强酸性,而水性涂料的酸碱度多为弱碱性,为了确保管道内循环的涂料品质不受影响,管道钝化完成后,可以用纯水勾兑氢氧化钠进行管道 pH 中和处理,确保最终管道内的 pH 为 7~8。

2)按照国家安全标准要求,输调漆系统管道需要安装防涂料泄漏自动报警安全装置。我们本次改造的输调漆系统全部为油性系统,过往项目初期安装的防涂料泄漏自动报警安全装置是机械触发式的(原理:油性涂料发生泄漏后,会溶解报警装置行程开关下方设置的 EPS 泡沫材料,这时候行程开关置位,设备中控系统发出声光报警),这种报警装置不适用于水性输调漆系统,因此,后续我们也对防涂料泄漏自动报警安全装置进行了更新改造,常用的报警装置有漏液检测带、电容式漏液开关等。

(上接第 3 页)性均能通过 50 mm 的测试,涂膜无裂纹,均满足 GB/T 23455—2009《外墙柔性腻子》II 型的柔韧性 50 mm 的要求;在冷热循环 5 次后,空白或添加了 0.5%~1.5% 硅溶胶的腻子膜,柔韧性完全通过 100 mm 的测试,但随着硅溶胶添加量的增加,柔韧性也会逐渐提升。

### 3 结语

1)在添加了硅溶胶的情况下,尽管硅溶胶来自不同的厂家和型号,但都具有良好的施工性,适用期长,涂膜表面细腻平整。但是硅溶胶的生产厂家和型号的不同会影响腻子的适用期,从试验结果来看,选择 CH83-130 硅溶胶制备的瓷砖翻新腻子适用期最长,施工更方便。

2)应用 CH83-130 硅溶胶于瓷砖翻新腻子中,从试验结果来看,添加量为 1.5% 时,具有良好的黏结强度。同时在不同环境和指标要求下,也具有较好的柔韧性,且完全高于 GB/T 23455—2009 II 型中的技术要求。

3)选用 CH83-130 硅溶胶,无论是在施工性和适用期方面,还是在黏结强度和柔韧性方面,结合原料成本,其最佳添加量约为腻子总量的 1.5%。

#### 参考文献:

- [1] 吴开胜,张菁燕,吴红英.外墙柔性瓷砖翻新腻子的研制[J].墙材革新与建筑节能,2010(12):47-49.

## 7 结语

随着环保法规的日趋严格,汽车制造企业为实现节能减排的目标,满足环保法规的需要,涂装工艺的水性化改造是未来发展的方向。本次输调漆系统水性化改造,在启动前经过了长时间的现场调查、考察、方案分析和交流,最终在综合评估考虑的情况下,取长补短,确定了改造方案,节约了较大的改造费用,希望能为同行业的发展提供一定的参考和借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 杨浪,郑旋,李彬,等.一种涂装车间面漆输调漆管路清洗溶剂的配制方法及应用[J].汽车工艺与材料,2023(7):64-67.  
 [2] 叶显松,张龙,谢国菊.汽车涂装集中输调漆的发展现状[J].电镀与涂饰,2021(10):759-764.  
 [3] 王飞,藏晨刚.浅谈涂装车间中面涂输调漆系统设备及清洗方法[J].现代涂料与涂装,2019(7):48-51.  
 [4] 郭俊强.集中输调漆系统[J].现代涂料与涂装,2011(1):66-70. ◆

- [2] 乌兰.硅溶胶的应用研究[J].西北民族学院学报(自然科学版),2002(48):19-20.  
 [3] 李英丁,张铭,徐迅.可再分散乳胶粉对瓷砖翻新腻子的改性研究[J].化学建材,2008(5):11-12.  
 [4] CHAKRABARTI S, RAY S. Special techniques for synthesis of high solid resin and applications in surface coatings[J]. Paintindia,2003,53(1):33.  
 [5] 李扬,周春利,冯春苗,等.卷材涂料用环氧磷酸酯附着力促进剂的制备及其性能研究[J].涂料工业,2020(3):32-36.  
 [6] KAZYS S, PALATINE, RAJ S, et al. Epoxy-phosphate aqueous dispersions:US442545[P].1984-01-16.  
 [7] 刘国杰.浅谈环境友好型涂料附着力问题[J].中国涂料,2022,(6):22-31.  
 [8] LIN C T. Green chemistry in situ phosphatizing coatings[J]. Progress in Organic Coatings,2001,42(3):226-235.  
 [9] 林喆,高勤波,姜伟涛,等.用于瓷砖类外墙表面翻新体系涂料的开发[J].中国涂料,2004(11):33-34.  
 [10] 林美.《建筑腻子施工及验收规程》福建省地方标准编制要点解析研究[J].福建建设科技,2014(5):43-44.  
 [11] 沈建强,高祎梁,刘传奇,等.包覆改性纳米 TiO<sub>2</sub> 紫外线吸收剂的制备及其在涂料中的应用性能[J].现代涂料与涂装,2022(12):1-4.  
 [12] 袁锐锋,朱学军,张连霞,等.外墙瓷砖翻修用腻子[J].涂料工业,2003(2):25-26. ◆