

塑料油箱口盖及充电口盖外板随车身喷涂 少漆橘皮超差真因分析及验证思考

申 标, 完颜成功, 王 明, 张 辉
(奇瑞汽车股份有限公司, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 针对汽车车身不同材质一体化涂装过程中出现的少漆、橘皮超差等问题, 通过系统性分析及试验论证, 结合不同材质特殊特性, 确定其根本原因并提出改进措施。首先, 通过工艺参数对比、涂层外观测量及油漆材料特性测试, 验证喷涂工艺参数与塑料基材表面能匹配性。其次, 验证面漆工装辅具的一致性对口盖外板的影响。最后, 验证口盖外板的材质对外观的影响, 主要验证外板表面的粗糙度及体积电阻率。验证结果为塑料口盖外板随车身一体化喷涂工艺优化提供了理论和实践依据。

关键词: 塑料油箱口盖; 随车身喷涂; 少漆; 橘皮; 粗糙度

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)12-0050-05

Analysis and Verification of the Root Cause of the Plastic Fuel Tank Cap and Charging Cap outer Panel being Sprayed with Less Paint and Orange Peel with the Whole Vehicle Exceeding the Tolerance

SHEN Biao, WANYAN Cheng-gong, WANG Ming, ZHANG Hui
(Chery Automobile Co., Ltd., Wuhu 241000, Anhui, China)

Abstract: Regarding the integrated coating of different materials on car bodies, issues such as insufficient paint and orange peel exceeding the standard may arise during the process. This article conducts systematic analysis and experimental verification, combined with the special characteristics of different materials, to determine the root cause and propose improvement measures. Firstly, by comparing the process parameters, measuring the appearance of the coating, and testing the characteristics of the paint material, the compatibility between the spraying process parameters and the surface energy of the plastic substrate is verified. Secondly, verify the consistency of the topcoat tooling and accessories on the impact of the mouth cover outer panel. Finally, verify the influence of the material of the cover outer panel on its appearance, mainly by examining the surface roughness and volume resistivity of the outer panel. The verification results provide theoretical and practical basis for the optimization of the integrated spraying process of the plastic cover outer panel with the vehicle body.

Key words: plastic fuel tank cap; spray painted with the body; less paint; orange peel; roughness

0 引言

随着整车轻量化、低碳环保及客户感官质量要求

的提升, 车身漆面是展现品牌和品质的重要部分, 车身外观色泽饱满度、靓丽、漆面平整度及均一性等均是一个全新的挑战。为了更好地控制质量、节省能耗等, 开展提质增效工作, 对此整车厂会选择不同油漆基材一体化生产喷涂工艺。这种工艺是指在整车生产过程中, 如油箱口盖及充电口盖外板与车身其他部件一起进行

收稿日期: 2025-02-10

作者简介: 申标(1982—), 男, 本科, 工程师, 主要从事涂装工艺设备开发工作。E-mail: shenbiao2@mychery.com。

喷涂的工艺。此工艺能更有效地确保油箱口盖及充电口盖外板与车身的颜色和涂层质量一致，同时提高生产效率。本文重点以塑料油箱口盖随钢质或镀锌车身基材整体喷涂为例，采用 PDCA 的报告形式进行论证分析。

1 问题现状

在塑料油箱口盖及充电口盖随车身一体化喷涂过程中，塑料油箱口盖及充电口盖外板因基材差异，常会出现少漆和橘皮现象，影响外观质量。如某基地车型生产过程中同时发生充电口盖及油箱口盖外板喷涂少漆及橘皮问题，影响整车外观及车身交付质量。

1.1 问题现象及频次

某基地车型塑料充电口及油箱口盖外板随车身一体化喷涂后产生 100%少漆、橘皮问题，无法满足质量交付标准，喷涂工艺为 B1B2 工艺。

1.2 临时工艺

- 1)在色漆外喷站后新增人工补漆工位对塑料口盖进行补喷，人工补喷量大，成本增加。
- 2)塑料口盖橘皮短波数据超差小于两倍时，对该车型喷漆后的口盖进行集中抛光处理；超差大于两倍时，重新喷涂处理。

1.3 节拍

- 1)浪费检查工时，且返工后合格率低于 70%，无法满足交付节拍。
- 2)堵塞返工线，影响大线节拍。

2 目标设计及原因分析

2.1 目标设定

目标设定：塑料口盖外板随车进行机器人喷涂，其外观、色差、橘皮同车身整体保持一致，除常规精修作业(颗粒打磨、抛光)外，无特殊要求即可满足质量标准(无目视少漆，色差满足要求，橘皮数据要求：长波≤20，短波≤25，鲜映性 DOI≥80)，可进行正常交付。充电口盖/加油口盖少漆率目标设定由 100%降至 3%。

2.2 现状调查

现场对某系列车型及涂装车间混线生产的其他车型生产情况进行系统调查，对导致充电口盖/加油口盖少漆的因素进行整理分析，调查结果见表 1。从现场调查生产状态分析，某系列车型总计使用 3 种同类材质口盖外板，不同批次口盖外板，均随车喷涂，其中物料号 5401901 加油口盖无少漆状态，其他两种均呈现少漆状态。对口盖橘皮数超差车型数据统计见表 2。

表 1 塑料口盖外板少漆调查

板物料号	物料名称	现场喷涂方式	随车安装位置	喷涂状态
5401901	车型 1:塑料加油口盖	内表面:人工喷涂	右后门	喷涂正常
	车型 1 混动:塑料快充充电口盖	外表面:机器人喷涂		
5401901EV	车型 1:无塑料加油口盖	内表面:人工喷涂	左后门	周边少漆
	车型 1 混动:塑料加油口盖	外表面:机器人喷涂		
5401901EM	车型 1:无塑料加油口盖	内表面:人工喷涂	尾门左侧	周边少漆
	车型 1 混动:塑料慢充电口盖	外表面:机器人喷涂		

表 2 塑料口盖外板橘皮统计

名称	批次	颜色	长波	短波	DOI
加油口盖	10月	珠光白	12.1	31.0	83.0
充电口盖	10月	珠光白	17.3	28.5	82.0
加油口盖	11月	金属黑	19.2	27.8	77.0
充电口盖	11月	金属黑	24.5	35.6	78.0
加油口盖	12月	金属灰	18.2	28.5	78.0
充电口盖	12月	金属灰	21.5	33.6	77.0

2.3 原因分析

从人、机、料、法、环 5 个方面进行全面调查分析，最终确认了 7 个潜在影响的末端因素，分别为：机器人仿形位置异常及口盖面漆辅具的状态异常、口盖表面

张力大及口盖外部粗糙度超差、口盖外板不同批次状态不一致、口盖供应商厂家不统一、原材料采购渠道不一致、口盖受到污染。

- 1)人：作业内容均衡，共线生产，人员稳定；新员工

偏多,但岗位技能不熟练;无交叉作业。

2)机:设备参数正常,生产过程未发生停线,机器人仿形位置异常;口盖面漆辅具的状态发生变化且不一致。

3)料:油漆物料无异常,口盖表面张力大,口盖外板不同批次状态不一致,口盖供应商厂家不统一,原材料采购渠道不一致;口盖外部粗糙度现场来货未进行监控,厂家及批次不一致。

4)法:人工喷涂方法未发生变化;机器人喷涂参数未变化;作业内容定义完整;作业标准编制、设计合理;分体方案策划有局限。

5)环:不存在工位设置不合理情况;喷涂环境温湿度无变化,风速在工艺要求的范围内,点检符合工艺要求;现场 5S 精益管理提升合理;但口盖受到污染。

3 要因确认及对策制定实施

3.1 末端因素确认

针对以下 7 个末端因素:机器人仿形位置异常及口盖面漆辅具的状态、口盖表面张力大及口盖外板粗糙度超差、口盖外板不同批次状态不一致、口盖供应商不统一、原材料采购渠道不一致、口盖受到污染等,逐一制定验证方案及目标方向,开展 5 项验证,确认影响少漆的要因,具体见表 3。

表 3 末端因素验证计划

序号	验证内容	方案	验证目的
验证一	1)机器人仿形位置异常; 2)口盖面漆辅具的状态	左右快充口盖(5401901)与加油口盖(5401901EV)对调位置后喷涂;口盖面漆辅具上检具校准验证	确认仿形、喷涂参数对喷涂效果影响; 确定面漆辅具有无形变
验证二	3)批次间差异	使用老批次慢充口盖(5401901EM)11月8日批次进行喷涂测试	确认同类口盖不同批次间喷涂状态差异
验证三	4)素材验证	结合不同批次口盖喷涂验证,查询供应商供件路线,取样模具厂素材件进行第三方检验	确认不同模具厂之间原材料性能差异
验证四	5)表面张力; 6)口盖外部粗糙度超差	用达因笔进行表面张力测量;对不同批次及厂家来件进行粗糙度测量	确认新老批次表面张力差异;确认粗糙度对外观的影响因素
验证五	7)口盖受到污染	对口盖进行打磨清洗	确认清洁后喷涂状态

针对以上 7 个因素,制定详细验证方案,充分地试验样本,按照验证计划进行验证。

3.1.1 机器人仿形位置异常确认

末端因素:机器人仿形位置异常;

确认内容:确认仿形、喷涂参数对喷涂效果影响;

确认方法:两组不同批次物料,分别置于车身左右两侧喷涂对比,左右对调后,确认喷涂后是否正常;

标准:自动喷涂可满足交付标准;

试验结论:左右对调后,快充口盖(5401901)喷涂正常,加油口盖(5401901EV)仍存在少漆状态,证明机器人仿形位置异常因素为非要因。验证过程见图 1。

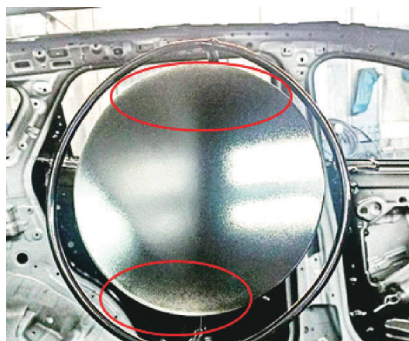


图 1 验证喷涂后塑料加油口盖外板状态

3.1.2 口盖面漆辅具的状态确认

末端因素:口盖面漆辅具的状态变化;

确认内容:口盖面漆辅具是否变形、不一致;

确认方法:口盖面漆辅具上检具校准验证;

标准:面漆辅具满足检具校准要求;

试验结论:口盖面漆辅具无变形及一致性满足检具要求,证明机口盖面漆辅具不是口盖少漆及橘皮的影响因素。

3.1.3 不同批次间塑料油箱口盖及充电口盖外板差异确认

末端因素:不同批次充电口盖及油箱口盖外板验证;

确认内容:不同批次充电口盖及油箱口盖外板上漆率是否一致;

确认方法:现场验证、确认;

标准:自动喷涂可满足交付标准;

验证过程:分别对开发初期新/老件,共计 4 个批次同班次连续过线验证;

试验结论:新批次口盖在喷涂过程中上漆不良,老批次口盖在喷涂过程中满足质量标准,不同批次物料之间材质存在差异,导致边缘少漆。证明不同批次充电

口盖及油箱口盖外板因素为要因。

3.1.4 口盖材质确认

末端因素:口盖原材料不一致;
 确认内容:确认不同模具厂之间原材料性能差异;
 确认方法:第三方检测;
 标准:对比首轮认证件/合格件;
 验证过程:口盖材质性能验证见表4;

试验结论:结合验证状态,查询供件路线,确认物料由同一家供应商的三家不同地点的模具厂供货,其原材料采购虽为同一牌号,但采购渠道、厂家均不相同,为此对三家素材件进行第三方检验,检测结果均为PA+PPE类材料,密度及熔融温度基本一致,但体积电阻率差异较大。证明口盖原材料不一致的因素为要因。

表4 口盖材质性能验证统计

物料号	物料名称	产地	取样批次	密度/(g·cm ⁻³)	红外光谱	熔融温度/°C	体积电阻率/Ω
5401901	车型1:加油口盖	武汉	首轮认可件	1.094	PA+PPE类	262.57	未检测
	车型1混动:快充口盖	武汉	喷涂正常批次	1.100	PA+PPE类	260.30	6.546×10 ¹¹
5401901EV	车型1:无	芜湖	喷涂缺陷批次	1.092	PA+PPE类	252.90	9.734×10 ¹³
	车型1混动:加油口盖						
5401901EM	车型1:无	苏州	喷涂缺陷批次	1.072	PA+PPE类	261.25	5.843×10 ¹⁴
	车型1混动:慢充口盖						

3.1.5 表面张力确认

末端因素:口盖表面张力;
 确认内容:确认油箱口盖表面张力对边缘少漆是否有影响;
 确认方法:运用达因笔对不同批次的油箱口盖进行测试;

试验结论:新批次少漆件与老批次合格件,达因笔检测结果均保持一致,由此判定表面张力无差异,并不会造成少漆现象,证明表面张力因素为非要因。

3.1.6 口盖外板的粗糙度确认

末端因素:口盖外板的粗糙度;
 确认内容:确认口盖外板的粗糙度对边缘少漆、橘皮是否有影响;

确认方法:运用粗糙度仪对不同批次的油箱口盖外板进行测量;

标准:公司对塑料口盖粗糙度无相关的要求标准;
 验证过程:验证粗糙度0.2 μm、0.3 μm、0.4 μm、>0.4 μm对口盖油漆外观的影响,验证批次为相近的粗糙度样件每组20个样本;

试验结论:口盖外板粗糙度0.2 μm、0.3 μm、0.4 μm、>0.4 μm均有少漆发生,粗糙度≤0.4 μm,口盖短波超差严重。由此判定粗糙度大小,并不会造成少漆现象,但会影响口盖外板喷涂后的短波。证明粗糙度因素为影响口盖外板短波的要因。

3.1.7 口盖表面污染确认

末端因素:口盖受到污染;
 确认内容:确认清洁后喷涂状态;
 确认方法:对口盖进行打磨清洗;

标准:口盖边缘无少漆;

验证结论:对新批次多个少漆件打磨清洗后进行机器人喷涂,喷涂后仍出现少漆现象,由此判定口盖无污染现象。证明口盖受到污染因素为非要因。

3.2 对策制定及实施

1)根据要因制定详细的对策实施。

2)根本原因:充电口盖及加油口盖外板批次不一致;材料存在差异,改善电阻值。

对策:对现场问题件进行清查隔离,优先使用无问题材料注件;供应商对不同模具厂统一原材料规格,当前定义材料标号。

目标:由100%喷涂口盖少漆及橘皮问题下降至3%。

3)对策实施方案一:临时清查隔离问题批次物料,将无问题材料进行注件,形成新批次件;根据验证记录,隔离问题件,对新批次10个件进行验证;批量切换新到合格件。

4)对策实施方案二:改善口盖外板导电性能;明确原材料材质标号,统一不同模具厂家原材料采购渠道;供应商对不同模具厂统一原材料规格,当前定义材料标号;供应商对不同模具厂要求使用同渠道采购原材料,保证原材料品质一致;供应商品质部增加表面电阻检测仪器,对来件进行抽检。每批次来件进行粗糙度测量抽查,要求粗糙度小于0.4 μm。

4 效果检查及成果巩固

4.1 效果确认

1)固化件材料到货后,验证随车喷涂状态。

2)确认内容:固化件是否少漆及橘皮。

3)确认方法:现场验证、确认。

4)标准:自动喷涂可满足交付标准。

5)效果确认:新批次材料到货后,随机抽取 20 件随车喷涂,确认结果见表 5。口盖粗糙度和长短波对应关系见表 6。

表 5 塑料口盖外板少漆确认

物料号	到货时间	喷涂仿形及参数	是否少漆橘皮
PB388775	12月10日	喷涂状态良好	无少漆、橘皮
PB388779		喷涂状态良好	无少漆、橘皮
PB388819		喷涂状态良好	无少漆、橘皮
PB388830		喷涂状态良好	无少漆、橘皮
PB388831		喷涂状态良好	无少漆、橘皮
PB388832-47		喷涂状态良好	无少漆、橘皮

表 6 口盖粗糙度和长短波对应关系统计

序号	名称	粗糙度/ μm	颜色	长波	短波	DOI
1	加油口盖	0.225	珠光白	8.1	13.0	86.0
2	充电口盖	0.286	珠光白	8.3	14.5	86.0
3	加油口盖	0.386	珠光白	15.2	22.8	82.0
4	充电口盖	0.342	珠光白	13.5	19.0	84.0
5	加油口盖	0.542	珠光白	19.2	29.3	78.0
6	充电口盖	0.587	珠光白	22.5	34.7	77.0

6)巩固期经过 1 个月跟踪确认(200 台车身),随车喷涂的加油口盖外板、充电口盖外板均不再出现少漆及短波超差现象,原临时设置的在线补喷、检查岗位均已撤除,塑料口盖外观质量满足质量交付要求。口盖外板少漆及橘皮产生频次由 100%降至 0.3%,见表 7。

表 7 塑料口盖外板少漆跟踪

物料号	日期	仿形、参数	工装状态	是否少漆
PB378695	2025年1月	正常	正常	OK
PB378696		正常	正常	OK
PB378697		正常	正常	OK
PB378698		正常	正常	OK
PB378699		正常	正常	OK
PB378700		正常	正常	OK
PB378701		正常	正常	OK
PB378702		正常	正常	OK
PB378703		正常	轻微变形	轻微少漆
PB378704		正常	正常	OK
PB378904		正常	正常	OK

4.2 经济效益确认

1)塑料口盖少漆及橘皮问题解决后,单车节约油

漆 0.2 kg/台。

节省费用=年产量(300 000 台计算)×单车油漆节省量×油漆价格= 300 000 台× 0.2 kg/台× 60 元/kg= 3 600 000 元/a。

2)塑料口盖少漆及橘皮问题解决后,工时节约。节约线上人工补喷工时 8 s/台,检查工时 20 s/台,总计 28 s/台。

3)塑料口盖少漆及橘皮问题解决后,避免工时浪费。避免线下返工、补漆工时,避免额外工时发生 40 000 min。计算公式为:年返工工时(min)=年产量(台)×缺陷发生率(100%)×单台修补工时(8 s)/60= 300 000×100%×8/60=40 000 min。

4)口盖少漆及橘皮潜在风险:延期交付,损失市场订单。

4.3 巩固措施——标准化

经过分析、试验、大量验证体量,形成三项巩固措施:

1)供应商增加表面电阻检测仪器、粗糙度仪,对塑料口盖进行出厂检测。

2)产品开发增加塑料口盖件体积电阻率定义要求 $<9.99 \times 10^{11} \Omega$ 。

3)塑料口盖要求粗糙度小于 0.4 μm 。

以上要求纳入产品开发规范及现场作业文件进行例行检查及过程品质确认。

5 结语

通塑料油箱口盖及充电口盖外板在整车喷涂过程中出现的少漆与橘皮超差问题,需从多维度系统性分析。通过排查发现主要原因。通过试验对比 7 个影响因素,证明塑料件外板底材粗糙度对油漆外观短波影响大,塑料件底材体积电阻率影响口盖上漆率为口盖边缘少漆的主要原因。同时为首次解决 PA+PPE 材料喷涂沉淀了宝贵的经验,更为后期整车涂装低温一体化生产研究奠定基础。行业及企业没有相关塑料件喷涂体积电阻率及粗糙度要求,经过理论分析及现场验证,这两个因素是影响此类缺陷的主要原因,最后形成此类标准。

参考文献:

[1] 王楚悦.塑料加油口盖板在线喷涂研究[J].现代涂料与涂装, 2023(11):9-11.
 [2] 何章翔.油漆车身橘皮控制研究[J].现代涂料与涂装, 2011(4):41-43.
 [3] 王会玲.减少车身橘皮提高涂膜外观的工艺实践[J].现代涂料与涂装, 2010(1):64-65.
 [4] 李欢欢,韩静超,汤海荣,等.机器人喷涂对汽车保险杠橘皮性能影响的研究[J].现代涂料与涂装, 2021(7):62-65. ◆