

基于 RG-PDCA 法的汽车翼子板电泳条印问题研究

邹 飞, 周金波

(上汽大通汽车有限公司无锡分公司, 江苏 无锡 214107)

摘要: 以汽车涂装为背景, 研究了汽车翼子板电泳条印问题, 并针对问题原因提出了相应改善方案。首先, 概述了 RG-PDCA 法, 并基于 RG 环节确定了翼子板电泳条印问题是影响 A 车型批量返修的主要因素; 然后, 基于 P 环节确定了 A 车型在前处理过线时发盖夹腔包裹槽液并流淌于翼子板上是该问题的要因; 最后, 基于 DCA 环节引入了翼子板引流工装从而解决了此区域电泳条印问题。本文对汽车翼子板电泳条印问题的解决提供了低成本方案。

关键词: 汽车涂装; RG-PDCA 循环法; 电泳条印; 汽车翼子板

中图分类号: TQ639 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-9548(2025)07-0013-05

Research on the Electrophoretic Paint Film Imprints of Automobile Fenders Based on RG-PDCA Method

ZOU Fei, ZHOU Jin-bo

(Wuxi Branch, SAIC MAXUS Automobile Co., Ltd., Wuxi 214107, Jiangsu, China)

Abstract: Based on the background of automobile painting, the problem of electrophoretic paint film imprints of automobile fenders is studied, and corresponding improvement plans are proposed to address the causes of the problem. First of all, this paper summarizes the formation reasons of RG-PDCA cycle method. Secondly, based on the RG link, it is determined that electrophoretic paint film imprints of the fenders are the main factor affecting the high-frequency problem of the off-line car of A-vehicle. Thirdly, based on the P link, it is determined that the liquid wrapped in the hood clip cavity and flowing on the fender during the pre-treatment process of A-vehicle are the main causes of the fender electrophoretic paint film imprints. Finally, based on the DCA link, the fender drainage tooling is designed and introduced to solve the electrophoretic paint film imprints in this area. The article provides a low-cost solution to the problem of electrophoretic paint film imprints of automobile fender.

Key words: automobile painting; RG-PDCA method; electrophoretic paint film imprints; automobile fenders

0 引言

电泳涂层是汽车防腐涂层中最为关键的一层^[1], 它能够极大提升整车的耐酸耐碱能力, 并覆盖整车各个区域起到边缘保护性。若出现汽车电泳涂装质量问题, 一般需要通过打磨、修补处理, 这样将极大破坏整车电泳涂层, 严重影响了车身的整体防腐能力。同时, 问题处理过程中不仅存在粉尘、噪声, 而且造成了砂纸

辅料、人工工时的浪费^[2]。

一般而言, 影响汽车一次性电泳涂装合格率的问题主要有: 1) 颗粒^[3], 其主要源于电泳槽液过滤效率不足或车间洁净度失控; 2) 条纹/花纹^[4-5], 其通常与槽液流速、电压梯度设置相关; 3) 麻点^[6], 其由前处理脱脂不彻底或磷化膜不均导致; 4) 缩孔^[7-8], 通常为油污污染引起, 直径 0.1~0.5 mm; 5) 针孔^[9-10], 一般是电泳气泡滞留或烘烤挥发造成的; 6) 流痕^[11], 主要由槽液温度波动或出槽角度不当所致。通过对涂装车间各车型 3 个月的质量跟踪数据(样本量 $n=44\ 235$)进行分析发现, A 车型电泳条印问题占其返修问题车辆的 64%(帕累

收稿日期: 2024-03-04

作者简介: 邹飞(1986—), 男, 本科, 工程师, 主要从事汽车涂装工艺及质量优化工作。E-mail: zoufei@saicmotor.com。

托图显示为“关键少数”问题),其表现形式为左右翼子板区域从上向下的线性痕迹(宽度 0.5~2 mm,长度 50~300 mm)。

RG-PDCA 法由戴明循环(PDCA)升级而来,在传统计划(Plan)、执行(Do)、检查(Check)、处理(Act)4阶段基础上,创新性地增加了调研(Research)和目标(Goal)两个前置模块^[12]。这种改进使问题界定更加精准,特别是通过 QFD 质量屋工具将客户需求转化为技术指标,并采用 SMART 原则目标设定更具科学性。王烽等^[12]将 RG-PDCA 法应用在特种设备的安全管理工作,并形成高效的企业精益安全管理模式。张静^[13]探索 RG-PDCA 循环管理法在企业战略导向下目标管理体系的应用。陈明狄^[14]运用 RG-PDCA 循环模型,开展了地级市烟草企业法律风险防控体系研究。

因此,本文采用 RG-PDCA 循环法作为技术解决思路,针对电泳涂装过程中 A 车型电泳条印问题进行系统性分析与研究,以期通过关键举措的实施降低问题频次,进一步提高产品电泳涂装质量的可靠性。此外,这种结构化的问题解决方法,不仅可提升 A 车型的质量水平,其方法论还可扩展至其他涂装缺陷的改善,具有显著的工程应用价值。

1 RG-PDCA 法概述

RG-PDCA 法作为 PDCA 循环的进阶方法论,由日本质量管理协会在 2015 年提出 JQMA-2015-042 号技术报告,其创新性地将风险管理理论与传统戴明循环相融合。如图 1 所示的改进模型中,新增的调研(Research)环节采用 VOC(客户声音)采集、CTQ(关键质量特性)转化等工具,确保问题输入的全面性;目标(Goal)环节则引入 SMART 原则进行目标量化,具体环节内涵深化如下所述^[13]。调研环节(R):收集有关问题、机会或目标的详细信息,包括收集数据、进行调查或访谈等;目标环节(G):基于调研的结果,设定明确的、量化的和具有挑战性的目标;计划环节(P):基于目标来制定行动计划,包括明确具体的任务和责任分配,确定所需的时间、资源和其他支持;实施环节(D):按照计划实施,通过改变过程、系统或组织结构,以达到新的质量标准;检查环节(C):在实施过程中或完成后,检查实际结果是否符合预期目标;处理环节(A):根据检查结果,对成功和失败的经验进行总结,以便于改进和防止问题再次发生。

2 基于 RG-PDCA 法分析电泳条印问题

2.1 调研阶段(Research)

在调研阶段,针对涂装车间各车型电泳涂装问题下线情况展开了全面、深入的调查研究,旨在精准确定实施 PDCA 循环改善的对象。在 2023 年 3 月至 6 月期

间,对涂装车间各车型的电泳涂装问题进行详细统计,累计返修次数高达 24 550 次,而同期产量为 44 235 台,返修车频次占比达到了 55.5%。这一数据充分表明涂装车间电泳涂装问题较为严重,亟待解决。



图 1 RG-PDCA 循环

首先,借助柱状图对各车型电泳涂装问题返修次数进行直观展示和分析。可以清晰地看出,A 车型电泳涂装问题返修次数最多,达到 10 802 次,占返修问题车辆的 44%。这一显著的数据差异表明 A 车型在电泳涂装过程中存在较为突出的问题,需要进一步深入分析原因,以确定改善的重点方向。

其次,运用帕累托图对影响 A 车型一次性电泳涂装合格率的主要问题进行深入剖析。帕累托图遵循“关键的少数和次要的多数”原则,能够快速识别出问题的关键因素。通过分析发现,电泳条印问题是影响 A 车型一次性电泳涂装合格率的主要因素,占返修问题车辆的 64%。这一结果为后续的质量改进工作明确了重点,即集中精力解决电泳条印问题。

最终,对电泳条印问题进行进一步细致统计。统计结果显示,A 车型左右翼子板区域所出现的电泳条印问题频次占比较大,占全部问题的 82.4%。

综合以上分析结果,可以明确得出结论:如何有效降低翼子板电泳条印频次是提高 A 车型一次性电泳涂装合格率的关键所在,为后续目标设定和计划制定提供了明确的方向。

2.2 目标阶段(Goal)

根据调研阶段所取得的详实结果,经过慎重研究和讨论,将目标对象精准定位为 A 车型翼子板电泳条印问题。明确的目标为后续的质量改进工作提供了清晰的方向和重点,使得整个团队能够集中资源和精力,有针对性地开展工作的,提高工作效率和质量改进效果。

2.3 计划阶段(Plan)

2.3.1 现状分析

为了全面、深入地了解 A 车型翼子板电泳条印问

题,采用 5W2H 分析法对其进行详细描述,具体内容如表 1 所列。

表 1 5W2H 分析

问题	说明
Who(谁)	涂装车间电泳打磨班组
What(什么)	A 车型翼子板区域出现电泳条印问题
When(何时)	A 车型投产以来
Where(何地)	前处理电泳段
Why(为什么)	影响一次性电泳涂装合格率
How(怎么样)	翼子板电泳条印呈现出密集的竖直状态
How much(程度)	频次占 A 车型电泳质量问题的 82.4%

如图 2 所示,A 车型翼子板电泳条印呈现出密集的竖直状态,这种质量问题不仅严重影响车辆外观质量,而且发生后需要在线进行打磨返修,增加了生产成本和生产周期,对 A 车型一次性电泳涂装合格率产生了极大的负面影响。通过对现状的详细分析,为后续的原因分析和改善对策制定提供了重要依据。

2.3.2 原因分析

针对 A 车型左右翼子板电泳条印问题,组织团队成员进行头脑风暴,基于 4M1E(人、机、料、法、环)5 个方面展开系统研究。4M1E 分析法是质量管理中常用

的方法,通过对人员、机器设备、原材料、工艺方法和环境因素进行全面分析,能够找出影响产品质量的各种潜在因素。

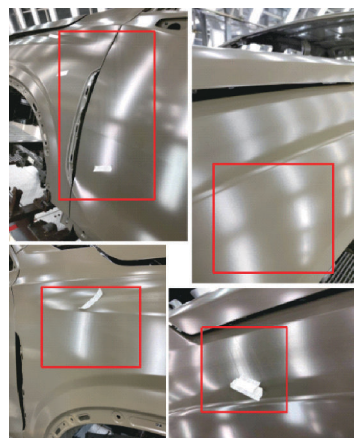


图 2 A 车型翼子板电泳条印状态

经过团队成员的充分讨论和分析,整理得出 A 车型翼子板电泳条印问题鱼刺图,如图 3 所示。从图 3 中可以清晰地看出,影响电泳条印问题的因素众多,经过进一步梳理和分析,得出其末端影响因子有 10 个。这些末端因子涵盖了生产过程中的各个环节,为后续确认要因提供了丰富的线索和依据。

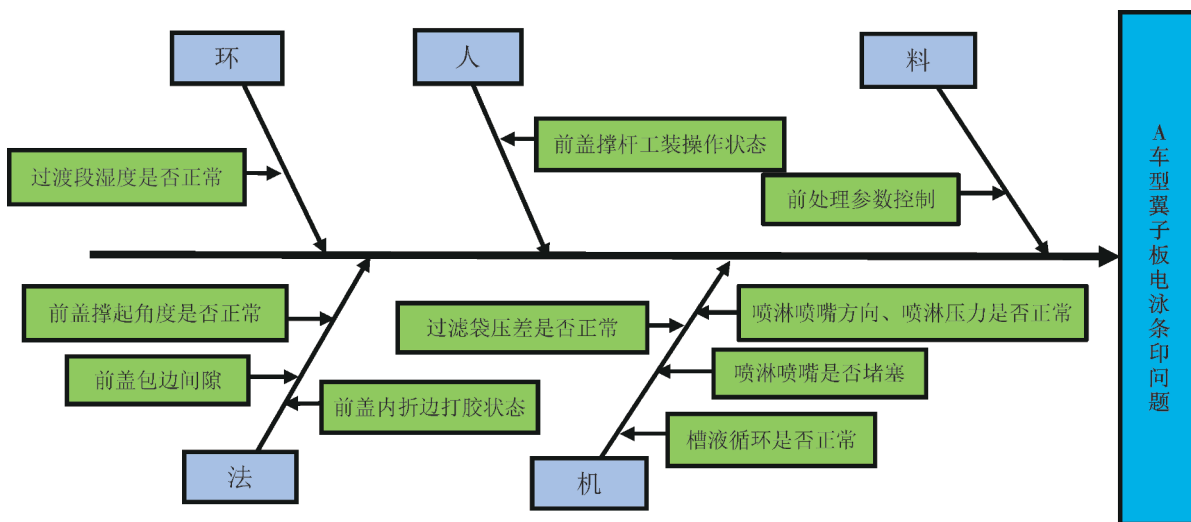


图 3 鱼刺图

2.3.3 确认要因

为了准确找出导致 A 车型翼子板电泳条印问题的关键因素,对图 3 中列出的 10 个末端因素进行了严格的验证与确认。通过实地考察、数据收集、试验分析等多种方法,对每个末端因素与电泳条印问题之间的因果关系进行了深入探究。经过全面、细致的验证工作,最终得到了 1 个关键要因,如表 2 所列。确认关键

要因是制定有效改善对策的重要前提,只有准确找出问题的根源,才能有的放矢地采取针对性措施,提高质量改进的效果和效率。

2.3.4 制定改善对策

针对上述确认的根本原因,团队组织专业技术人员制定了一系列相应的改善对策进行优化,具体内容如表 3 所列。改善对策的制定充分考虑了实际情况和

可行性,结合先进的技术和管理方法,力求从根本上解决电泳条印问题。针对因前盖夹腔槽液流淌导致的电泳条印问题,制定了优化工艺流程、增加引流工装等对

策;对于因人员操作不规范导致的问题,制定了加强培训、制定标准化作业指导书等对策。通过这些综合措施的实施,为解决电泳条印问题提供了全方位的保障。

表2 末端因素分析

可能因素	末端因素	确认内容	确认方法	确认结果	是否要因
人	员工操作	翼子板处前盖撑杆工装操作状态	检查是否按照JIS进行操作	NOK	否
	前处理喷淋喷嘴方向	喷淋冲洗方向是否影响	前处理喷淋喷嘴方向调整验证	NOK	否
机	前处理喷淋喷嘴状态	喷嘴堵塞是否影响	疏通喷嘴进行验证	NOK	否
	槽液循环	槽液循环量小是否影响	调大槽液循环量进行验证	NOK	否
料	白车身翼子板板材	白车身翼子板板材是否有缺陷	预擦洗检查打磨翼子板验证	NOK	否
	前处理槽液参数	前处理槽液参数是否影响	对前处理脱脂和钝化槽液参数调整验证	NOK	否
法	前盖角度	前盖撑起角度大小是否影响	前盖工装高度调整验证	NOK	否
	前盖包边状态	前盖包边状态是否影响	测量包边间隙及目前包边状态,调整前盖内折边打胶验证	NOK	否
环	发盖内腔存在积液	发盖内腔过线时是否存在积液	在前盖与翼子板中间使用挡板遮挡验证	OK	是
	前处理过渡段湿度	前处理过渡段湿度是否影响	前处理过渡段加湿验证	NOK	否

表3 改善对策

项目	内容
要因	翼子板为镀锌板表面活性高于普通冷板,前盖内腔两侧流淌槽液残液发生反应而造成条印缺陷
根本原因	前处理过线时前盖夹腔包裹槽液
整改对策	加翼子板引流工装,前盖夹腔残液可以全部阻挡,不让流淌到翼子板,解决翼子板条印问题

2.4 实施阶段(Do)

通过上述分析与验证,开发与设计了一款翼子板引流工装^[5],如图4~5所示。其结构由固定组件及引流组件构成,固定组件通过长、短插销与旋转卡扣的配合将引流工装固定在翼子板上沿,这样仅需将长、短插销固定到相应区域并拧紧卡扣即可实现固定牢靠,人机工程好且操作效率高;而引流组件由钣金件构成,通过多个折面的相互配合将前盖内腔两侧流淌的槽液引流至内腔中,避免了前盖夹腔残液流淌到翼子板而导致的条印问题。同时,采用了可拆卸式结构来降低引流工装的制作与维护成本,其基于模块式设计理念,将工装拆分成固定组件与引流组件用于后续单独拆卸与更换。

2.5 检查阶段(Check)

为确保所采取的改善措施具有长期有效性,需要进行全面、严格的检验。按照产品车的严格要求,进行了小批量工艺验证,在A车型上采取“1+10+50+100+...+n”台次的阶梯式实车测试方法。这种测试方法能

够逐步增加测试样本量,全面观察改善措施在不同生产规模下的效果,确保测试结果的准确性和可靠性。经过总计循环测试5000台车的严格检验,未出现因翼子板电泳条印问题导致的车辆返修情况。可知该问题得到彻底解决,本轮RG-PDCA循环改善有效。

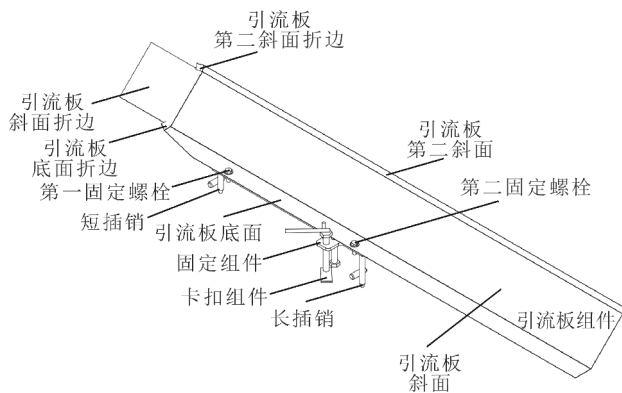


图4 翼子板引流工装模型



图5 翼子板引流工装安装示意

2.6 处理阶段(Action)

从上述检验结果可知,已基本解决了A车型翼子板电泳条印问题,后续将固化改善措施与流程管控,此外,针对质量问题解决过程中不足的地方,需要提出并作为下阶段改进的方向。

2.6.1 巩固成效

1)固化改善方案中的措施与流程。首先,将翼子板引流工装标准化设计图纸妥善存档,确保工装批量制作的一致性和稳定性,避免因设计差异导致工装质量参差不齐;其次,制定翼子板引流工装相关作业指导书,对新员工进行系统培训考核,并定期组织员工进行实践操作演练,确保每位员工都能熟练掌握工装的安装、使用和维护方法,提高操作的准确性和规范性;最后,制定翼子板引流工装相关PM(预防性维护)计划,明确维护周期和维护内容,定期对工装进行检查、保养和维修,确保工装始终处于良好的运行状态,实现工装问题损失为零的目标。

2)强化借助质量工具解决问题的能力。基于本文中成功采用RG-PDCA循环法的技术解决思路,在部门内部广泛开展学习与培训活动。通过组织专题讲座、案例分析、小组讨论等多种形式的培训,让绝大部分技术人员深入掌握相关质量工具的使用方法和技巧,并充分运用于日常工作中。鼓励技术人员在实际工作中积极运用质量工具分析问题、解决问题,形成良好的质量改进氛围,从而更为高效地解决问题,提升工作质量与效率,推动企业质量管理水平的不断提升。

2.6.2 提出尚未解决的问题

1)A车型其他电泳涂装问题分析。基于二八法则来分析A车型现有的质量问题与频次,可知:车门流痕和尾门铰链针孔占有质量问题的80%以上。这两项缺陷的改善,将作为下一阶段RG-PDCA循环的关键方向。

2)其他车型电泳条印问题的研究与改善。本文中A车型翼子板电泳条印问题的基本解决为其他车型电泳条印问题的研究与改善提供了关键思路。电泳条印的改善,不仅避免了打磨后车身漆膜质量的下降,而且节省了砂纸辅料与人员打磨工时,能够有效降低整车的涂装生产成本。下一步的RG-PDCA循环,将进一步全面且深入地解决其他车型电泳条印问题。

3 结语

本文基于RG-PDCA循环法,对A车型电泳过程中翼子板的条印问题进行了深入而系统的研究。通过详尽的问题分析、原因查找及措施制定,我们成功找到了导致翼子板电泳条印的根本原因,并制定了相应的解决措施。这些措施的实施,使得整车电泳涂装质量得

到了显著提升。实施效果表明,A车型翼子板电泳条印问题已得到彻底解决,不仅提高了A车型的一次性电泳涂装合格率,更节省了条印打磨、修补的返工成本,为企业带来了显著的经济效益。此外,本文中RG-PDCA循环法的案例实施,不仅为A车型电泳条印问题的解决提供了有效方案,更为类似问题的解决提供了宝贵参考。我们相信,随着RG-PDCA循环法在更多领域的广泛应用与深入实践,企业的质量管理水平将得到持续提升,从而为企业的持续发展奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 冯德进,薛涛,蒙钱东.浅谈汽车涂装电泳[J].现代涂料与涂装,2013(11):61-63.
- [2] 张灿生.浅析汽车电泳针孔的解决[J].汽车实用技术,2020(11):177-179.
- [3] 李平.汽车涂装电泳颗粒问题研究[J].现代涂料与涂装,2019(1):26-28.
- [4] 李梁,王磊,徐盛.汽车发动机盖电泳条纹分析与解决[J].电镀与涂饰,2020(14):939-942.
- [5] 田身坤,隋焱霞.汽车涂装电泳花纹问题的分析和解决[J].现代涂料与涂装,2017(7):55-57.
- [6] 董蓓,王刚,周郑.热镀锌板在汽车涂装线上出现电泳麻点的原因分析[J].电镀与涂饰,2021(8):622-626.
- [7] 刘家威.浅谈汽车夹缝爆油电泳缩孔不良解决方案[J].现代涂料与涂装,2022(10):61-63.
- [8] 李飞,谢国菊,韩志伟,等.Ro-Dip电泳线车身气泡型缩孔缺陷的解决方法[J].电镀与涂饰,2020(18):1279-1283.
- [9] 张灿生.浅析汽车电泳针孔的解决[J].汽车实用技术,2020(11):177-179.
- [10] 方宇,李世军,刘善亮.涂装线复产过程中电泳针孔问题排查方法[J].现代涂料与涂装,2024(10):56-58.
- [11] 李胜,曾润良.电泳车身常见流痕产生原因及解决方法[J].现代涂料与涂装,2021(10):36-38.
- [12] 王峰,张志超.RG-PDCA循环与“五微”工作法结合的精益安全管理模式在特种设备安全管理中的应用——以武汉卷烟厂的锅炉房为例[J].化学工程与装备,2019(3):247-249.
- [13] 张静.基于高质量发展提升企业核心竞争力的对策研究[J].全国流通经济,2023(4):56-59.
- [14] 陈明狄.RG-PDCA循环管理在烟草商业企业法律风险控制体系中的应用[J].河北企业,2023(8):158-160.
- [15] 周金波,陆天安,陈卓,等.一种解决汽车翼子板电泳流痕的引流工装:CN218478815U[P].2023-02-14.