

# 多平台车型随车电泳工装整合优化

罗文平

(上汽大通汽车有限公司无锡分公司, 江苏 无锡 214000)

**摘要:** 涂装车间前处理电泳是整车防锈涂装的重要工序之一, 防锈涂装质量在很大程度上取决于前处理电泳的方式好坏。为保证整车在前处理电泳过程中液体介质的进出顺畅, 通用使用限位工装(电泳工装)连接车门和车身门框, 使得车门与车身之间保持一定的开度, 从而提高白车身的表面处理质量。

**关键词:** 电泳; 涂装质量; 限位工装

中图分类号: TQ639

文献标志码: B

文章编号: 1007-9548(2025)04-0065-04

## Integration and Optimization of On-board Electrophoretic Tooling for Multi Platform Vehicle Models

LUO Wen-ping

(Wuxi Branch, SAIC MAXUS Automotive Co., Ltd., Wuxi 214000, Jiangsu, China)

**Abstract:** Electrophoresis in the pre-treatment of the painting workshop is one of the important processes for vehicle anti rust coating. The quality of anti rust coating on construction machinery largely depends on the quality of the pre-treatment electrophoresis method. To ensure the smooth entry and exit of liquid media during the pre-treatment electrophoresis process of the entire vehicle, a limit fixture (electrophoresis fixture) is commonly used to connect the car door and the body door frame, maintaining a certain degree of opening between the car door and the body, thereby improving the surface treatment quality of the white body.

**Key words:** electrophoretic; coating quality; limiting fixture

### 0 引言

涂装车间入口的预擦洗工时已成为效率提升的瓶颈。由于前处理节拍受设备性能影响, 最高只有 37.5 JPH(单车工时在 96 s 左右), 一旦预擦洗工位安装电泳工装超时, 就会导致前处理宕产, 进而影响涂装车间的整体节拍。目前所用的四门电泳工装多属于喷漆/电泳一体式结构, 包括 61/71 车型前门、81/91 四门, 其电泳工装特性是通过螺栓锁扣紧固门框实现。一方面, 工装安装工时损耗大, 安装过程需要借助专业工具拧紧螺栓锁扣起到固定作用, 同时侧身进车内不利于操作且存在一定安全风险。另一方面, 工装损坏后更换影响工时, 现场需要额外工时更换工装, 因为螺纹破坏在非

安装情况下难以识别, 所以前道无法做到提前筛检。

### 1 问题的提出与分析

#### 1.1 现状调查

QC 小组对现有四门电泳工装实际使用情况进行调研, 跟踪 600 台车, 调查结果如下:

质量问题 10%, 螺栓紧固位置位于门框边缘, 与非包覆面的 R 角相近, 安装过程中易碰伤 R 角或人员用力操作导致门框变形情况, 尤其是 81/91 车型。

安全风险 5%, 电泳工装螺栓紧固的安装与拆卸都需要人员侧身进入车内, 侧身操作影响工作效率, 同时操作中存在碰伤、划伤风险。工装损坏 40%, 螺栓锁紧结构在前处理电泳过程中受力易出现卡槽变形, 经过喷漆工艺后易出现螺纹积漆导致卡死情况。螺纹失效问题导致现场需要频繁更换工装, 影响工时。安装工时损耗 45%, 工装螺栓紧固工时占总安装工时的比值较高, 尤其是 81/91 车型, 其安装工时已超出要求的单

收稿日期: 2024-02-26

作者简介: 罗文平(1989—), 男, 本科, 工程师, 主要从事涂装设备技术与管理工作。E-mail: 214397489@qq.com。

车 96 s, 连续过车时存在前处理宕产风险。

从分析数据可知: 安装工时损耗、工装损坏更换是影响预擦洗工时不足的主要原因。

## 1.2 目标设定

- 1) 优化人机工程, 缩短 40% 的工装安装与拆卸时间;
- 2) 优化工装耐用性, 降低 50% 的工装损坏率;
- 3) 优化使用成本, 降低 50% 的工装维护成本;
- 4) 优化工装使用安全性, 避免人员进入车身作业。

## 1.3 目标可行性分析

- 1) 有对标, 与南京名爵现有电泳工装使用情况对

比可知: 从工装安装/拆卸工时、安全性、维护成本与工装损坏率等维度来看, 差额都在 50% 以上, 因此所设定目标切实可行。

2) 有经验, 本 QC 小组在多次质量改善活动中取得了较好的改善效果, 同时积累了一定的质量改善经验。同时, 小组技术力量强大, 高级经理、工程经理、维修主管全程参与, 跨部门合作。

3) 有激情, QC 小组成员改善意识强烈, 具有很强的改善能力和很高的改善激情。

## 1.4 原因分析

利用工具——鱼刺图进行分析, 见图 1。

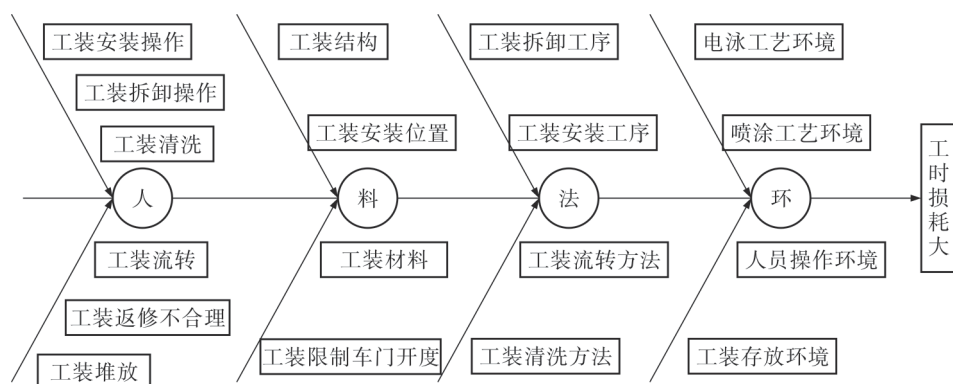


图 1 鱼刺图分析

对鱼刺图梳理归纳得到 6 个末端因素, 并逐一制定验证计划。

1) 一级因素: 人。末端因素: 工装安装/拆卸操作; 确认内容: 是否影响工时, 是否影响工装寿命, 是否有安全风险; 确认方法: 工装重复性验证; 确认标准: 工装正常操作下的操作工时与使用寿命。

2) 一级因素: 料。末端因素: 工装结构; 确认内容: 是否影响工时, 是否影响工装寿命; 确认方法: 不同工装对比验证; 确认标准: 不同四门电泳工装的安装工时与使用寿命。

3) 一级因素: 料。末端因素: 工装安装位置。确认内容: 是否影响工时, 是否有安全风险。确认方法: 不同工装对比验证, 确认标准: 不同四门电泳工装的安装工时与使用寿命。

4) 一级因素: 料。末端因素: 工装限制车门开度; 确认内容: 是否影响工装寿命; 确认方法: 多种开度工装测试; 确认标准: 不同开度工装的使用寿命。

5) 一级因素: 法。末端因素: 工装拆卸工序; 确认内容: 是否影响工时, 是否影响工装寿命。确认方法: 不同工序对比验证; 确认标准: 工序更改后工装的使用寿命。

6) 一级因素: 环。末端因素: 电泳工艺环境; 确认内容: 是否影响工装寿命; 确认方法: 同一个工装过线测试; 确认标准: 工装非安装过线下的使用寿命。

## 1.5 要因确认

### 1.5.1 末端因素 1: 工装安装/拆卸操作

确认内容: 1) 是否影响工时; 2) 是否影响工装寿命; 3) 是否有安全风险。确认方法: 工装重复性验证。判别标准: 1) 现场测试 20 台单门安装/拆卸工时是否 > 10 s; 2) 工装重复安装/拆卸 N 次后是否失效; 3) 是否进入车内操作。确认结果: 1) 单门安装/拆卸工时为 13.25 s; 2) 工装重复安装/拆卸 9 次后, 螺栓锁扣处变形失效; 3) 人员进入车内操作。为要因。

### 1.5.2 末端因素 2: 工装结构

确认内容: 1) 是否影响工时; 2) 是否影响工装寿命。确认方法: 使用 71 车型移门开度锁对比验证。判别标准: 对比测试 10 台车, 1) 71 车型移门开度锁安装用时小于 71 车型前门电泳工装; 2) 71 车型移门开度锁使用寿命大于 71 车型前门电泳工装。确认结果: 71 车型移门开度锁工装安装工时更少, 寿命更长。为要因。

### 1.5.3 末端因素 3: 工装安装位置

确认内容: 1) 是否影响工时; 2) 是否有安全风险。

确认方法:使用 71 车型移门开度锁对比验证。判别标准:1)现场测试 10 台,71 车型移门开度锁拆卸用时小于 71 车型前门电泳工装;2)是否进入车内操作。确认结果:1)71 车型移门开度锁工装拆卸工时更少;2)安装 71 车型移门开度锁工装时人员不需进入车内操作。为要因。

1.5.4 末端因素 4:工装限制车门开度

确认内容:是否影响工装寿命。确认方法:多种开度工装测试。判别标准:以 61 车型为例,制作不同开度的电泳工装装车验证。确认结果:不同开度的电泳工装使用寿命都在 12 次左右。为非要因。

1.5.5 末端因素 5:工装安装位置

确认内容:1)是否影响工时;2)是否影响工装寿命。确认方法:不同工序对比验证。判别标准:以 61 车

型为例,选择不同工装拆卸工序对比验证。确认结果:工装拆卸工序对拆卸工时与工装寿命有一定影响,过烘房前拆除电泳工装可提高工装使用寿命。为要因。

1.5.6 末端因素 6:电泳工艺环境

确认内容:是否影响工装寿命。确认方法:工装重复性验证。判别标准:工装非安装过线 N 次后是否螺纹失效。确认结果:工装非安装过线测试 11 轮出现螺纹卡死。为要因。

通过以上要因确认,确认以下 4 个因素为要因,见表 1。

1.6 对策制定

根据要因制定对策,根本原因:工装结构(不易安装、损坏率高)、工装安装位置(在车内)导致预擦洗工时不足。

表 1 要因确认

序号	末端因素	确认标准	确认方法	确认结果
1	工装安装/拆卸操作	单门安装工时大于 13 s;操作导致工装螺栓锁紧位置变形;侧身进车操作存在安全风险	现场确认,对比试验	要因
2	工装结构	螺栓锁紧方式影响安装工时拧螺栓方式影响工装寿命	数据收集,对比试验	要因
3	工装安装位置	安装位置在车内影响操作工时并存在安全风险	数据收集,对比试验	要因
4	电泳工艺环境	工装非安装过线测试 11 轮出现螺纹卡死	过线试验	要因

对策:1)将工装安装位置调整至车外;2)采取非螺栓连接方式;3)采取人员易安装与拆卸的结构形式;4)采取不受电泳工艺环境影响的结构形式。

目标:预擦洗各车型电泳工装安装工时满足 37.5 JPH 要求。

措施:研究了四门电泳工装使用特性后,决定改变电泳工装结构,重新改进一款人机工程性好、结构耐用的新型电泳工装。

1.7 对策实施

措施实施 1:仿照 71 车型移门开度锁工装形式,见图 2。具体措施,仿照 71 车型移门开度锁工装形式改制。实施步骤:1)根据现场测量的 81 车型四门电泳开度制作开度锁;2)样件制作中发现前后门由于开度问题无法通用;3)分别制作前门与后门电泳工装进行测试;4)测试后效果良好,整体安装工时下降 28%,损坏率根据原 71 车型移门使用情况可知为 1.5%,损坏原因是电泳工艺环境下转轴处易卡死。结论:测试效果距离目标设定要求还有差距,更改方案进行测试。

措施实施 2:采用单插销弹簧结构,见图 3。具体措施,仿照南京名爵电泳工装自设计新弹簧工装。实施步骤:1)根据现场测量的各车型四门电泳开度设计

弹簧做工装;2)设计可调节式的弹簧工装可满足各车型需求;3)测试后效果良好,整体安装工时下降 48%,测试 200 台次的 SV61/SV71 车型/SK81 车型过程中未发现明显损坏因素;4)但在 SV91 车型四门测试过程中(SV91 车型开门角度问题)出现 2 次插销断裂情况,导致车门在电泳过程中打开导致碰伤。结论:测试效果基本满足目标设定要求,但工装寿命存在缺陷,优化方案进行测试。

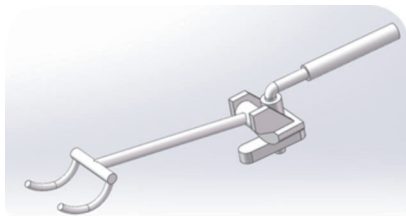


图 2 71 车型移门开度锁示意

措施实施 3:采用双插销弹簧结构,见图 4。具体措施,在单插销弹簧结构上改制。实施步骤:1)调整原单插销结构。参照 71 车型移门开度锁形式,改为双插销结构,解决了强度不足的问题;2)经过 50 轮过线测试后,结果表明 SV91 插销断裂问题已彻底解决,整体

安装/拆卸工时下降 48%，已无明显损坏因素，工装寿命大大提升(总计测试 500 台次未见工装损坏情况)；3)但由于双插销对于螺纹板的影响更大，SV61 盲窗隔板车型出现螺纹板掉落问题，经发现是双插销处法兰直径过小，易陷入锁扣安装孔中，使螺纹板移位甚至脱落。结论：测试效果基本满足目标设定要求，但工装使用对螺纹板存在影响，方案有待进一步优化。



图3 弹簧工装效果

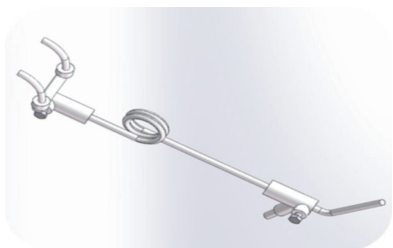


图4 双插销结构

措施实施 4:优化双插销弹簧结构,见图 5。具体措施,增大双插销与车门锁扣安装孔的接触面。实施步骤:1)选择合适直径的法兰面,需避免影响非包覆面,通过成品车测量,法兰直径≤20 mm 不会造成影响;2)分别测试直径 12 mm、15 mm、18 mm、20 mm 的法兰面,经过 300 轮次的验证,18 mm 法兰面的双插销可有效解决螺母板错位、掉落问题,且造成的漆损范围较小;3)经过 300 轮过线测试后,结果表明整体安装/拆卸工时下降 53%,已无明显损坏因素,未出现工装损坏情况。结论:显然测试效果已满足目标设定要求,此结构形式可行。

## 2 效果检查

### 2.1 实施效果

项目措施实施后:1)工时瓶颈改善,将涂装车间入口(预擦洗工位)单车的工装安装工时控制在 70 s 以内,基本规避了预擦洗工时余量不足导致的前处理宕产情况;2)工装损坏改善,四门弹簧电泳工装基本不受人员操作、电泳工艺环境影响,仅有 1 项失效模式,插销出现变形导致无法插入,变形率为 0.4%;3)质量问

题改善,新电泳工装切换后,在电泳打磨工位下线的门框 R 角碰伤与门框变形情况已彻底解决;4)无安全风险,由于安装位置的改变(改为车外安装),基本无安全风险。结论:新型电泳工装彻底解决原有问题,并超额完成预定目标



图5 优化后的双插销结构

### 2.2 经济效益计算

年安装/拆卸工时成本:单门工时节省×单车门数×2(装/拆)×年产量(61/71/81/91 车型)×人工小时费=(8×2×2×58 837+8×2×2×18 763+8×4×2×45 246+8×4×2×8 063)×22=1 637.5 h×22 元/h=36 025 元。

年节约维护成本:单个夹具维护费用节省×年产量(61/71/81/91 车型)×(优化前损坏率-优化后损坏率)=3.43×130 909×(14.3%-4.8%)=42 657 元。

年辅料成本降低:单个夹具辅料费用节省×年产量(61/71/81/91 车型)×(优化前损坏率-优化后损坏率)=0.8×130 909×(14.3%-4.8%)=9 949 元。

工装一次性制作成本:单个工装加工成本×需求量=157.14×500=78 570 元。

第一年节约成本 10 061 元,后续每年节约成本 88 631 元,经济效益计算项目见表 2。

表 2 经济效益计算项目

项目	明细
节省金额	节省人工工时 单门安装/拆卸工时分别节省 8 s,按 22 元/h 的人工费计算,年节省 36 025 元
	节省维护成本 单个夹具节省 3.43 元
	节省辅料成本 单个夹具节省 0.8 元
成本消耗	工装设计成本 自主设计:0 元
	工装加工成本 157.14 元/个(框架价格)

## 3 措施标准化

### 3.1 巩固措施

巩固措施 1:定期检查电泳工装状态,避免弹性失效或插销变形导致锁紧失效。

巩固措施 2:定期清洗电泳工装,避免积漆导致弹力衰退。(下转第 72 页)