

关于涂装车间电泳漆膜颗粒管控提升

杨 静

(长城汽车股份有限公司泰州分公司, 江苏 泰州 225321)

摘要: 首先对电泳车身质量的作用和颗粒的定义进行描述, 对问题失效进行定义, 确定产品特性, 确定改进目标。接下来对颗粒问题进行定性与定量分析, 利用矩阵图对影响颗粒的因素进行分析, 识别影响因子, 利用 QFD 质量屋确定优先因子, 采用 DOE 试验分析方法, 探究最优工艺参数, 从而制定实施对策, 最终达成目标。将颗粒管控举措形成《颗粒管控标准化手册》, 便于借鉴运用。

关键词: 颗粒; QFD 质量屋; DOE; 磁棒; 磁通量

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)12-0060-05

The Improvement of Particle Control of Electrophoretic Paint Film in Painting Workshop

YANG Jing

(Great Wall Automobile Co., Ltd., Taizhou Branch, Taizhou 225321, Jiangsu, China)

Abstract: This article first describes the role of electrophoretic vehicle body quality and the definition of particles, defines problem failure, determines product characteristics, and sets improvement goals. Next, the particle problem is analyzed qualitatively and quantitatively, and the factors affecting particles are analyzed using a matrix diagram to identify the influencing factors. The QFD quality house is used to determine priority factors, and the DOE experimental analysis method is adopted to explore the optimal process parameters, so as to formulate implementation measures and ultimately achieve the goal. The particle control measures are formulated into the *Particle Control Standardization Manual* for reference and application

Key words: particle; QFD quality house; DOE; magnetic rod; magnetic flux

0 引言

通过对漆膜性能综合检测, 依据评价数据, 目前泰州工厂电泳漆膜颗粒为影响外观评价的主要因素。电泳车身颗粒单台打磨时间长, 不满足线体节拍, 需要新增 1 名打磨人员, 打磨会造成电泳漆膜破坏, 存在打磨漏铁的风险, 影响车身防腐性能。需要对电泳漆膜颗粒进行改进。

1 课题背景

1.1 背景

依据电泳车身漆膜质量控制标准, 对泰州工厂电

泳车身外观控制指标进行检测, 通过对漆膜性能综合检测显示, 膜厚、粗糙度、硅烷膜重、颗粒达成率分别为 117%~135%、108%~112%、109%~115%、0, 颗粒指标符合性低。依据评价数据, 目前泰州工厂电泳漆膜颗粒为影响外观评价的主要因素。

1.2 问题失效现状

电泳车身颗粒单台打磨点平均为 30 处, 机盖位置更为明显, 打磨点数约为 13 处, 占比 43%。整车打磨时间长, 不能满足线体节拍, 需新增 1 名打磨人员, 质量损失 15.55 元/台。

1.3 漆面颗粒感知评价

以涂装 B1B2 生产工艺为例, 在模拟自然光状态下, 以引起客户感知并抱怨为标准, 检查电泳漆膜颗粒数对面漆后漆膜外观质量的影响。将不同粒径的颗粒

收稿日期: 2024-08-07

作者简介: 杨静(1981—), 女, 本科, 工程师, 主要从事涂装工艺技术工作。E-mail: 1504390391@qq.com。

附着在电泳漆膜上,模拟喷涂面漆后,观察漆面状态。通过模拟验证,电泳漆膜上颗粒粒径 $\geq 100 \mu\text{m}$ 、10~100 μm 的大面积团状颗粒均需打磨处理,否则会影响面漆外观质量。

1.4 目标设定

在满足电泳颗粒粒径 $<100 \mu\text{m}$ 且无粒径为10~100 μm 团状颗粒的情况下,将打磨点数量降至“10”以内(优化1名打磨人员且满足生产节拍要求)。

2 真因分析

2.1 漆面颗粒问题的定性与定量分析

定性分析:由于颗粒粒径不容易测量,通过手触检验颗粒轻重程度,使用打分制(表1)对车身颗粒问题进行判定,对5个部位进行判分(机盖、左侧、右侧、后背门、大顶),判分分值依次为19、12、16、12、13分(表2),机盖分值最高,表明机盖最严重。

表1 打分制标准

颗粒情况	对应粒径/ μm	分值
颗粒直径很大,需要用800#砂纸进行打磨处理	101~200	5
颗粒直径较小,需要用800#砂纸进行打磨处理	51~100	4
颗粒能被面涂油漆遮盖住	11~50	2
颗粒直径很小,目视基本看不出来	10以下	1

表2 评价分值

个人	机盖	左侧	右侧	后背门	大顶	合计
	样本1	样本2	样本3	样本4	样本5	
1	5	2	4	4	1	16
2	4	2	4	4	4	18
3	4	2	2	1	4	13
4	2	4	4	2	2	14
5	4	2	2	1	2	11
合计	19	12	16	12	13	

注:样本取5台车。

定量分析:用显微镜测量颗粒直径,随着目视级别变化颗粒直径变大。

结论:从定性和定量两个维度优化了车身颗粒的评价标准,日常监测颗粒数或者通过手触颗粒感进行评价是否打磨。

2.2 泰州工厂电泳漆膜颗粒成分分析

取10台车辆对电泳车身颗粒进行取样分析,焊球、焊渣、铁屑占比最高,占比70.97%。随着过车量增加,缺陷数量及占比会逐渐升高(此缺陷为重点研究对象)。其产生来源:1)白车身带入,前处理电泳过程不能

冲洗掉;2)焊球、焊渣在前处理电泳槽液中,未有效过滤,黏附在车身。

2.3 电泳颗粒向面涂迁移分析

2.3.1 电泳颗粒经面涂后的迁移研究步骤

- 1)随机选取一台经电泳烘干后的车身;
- 2)使用记号笔标识出该台车身上盖上的电泳颗粒缺陷;
- 3)选取无污染的透明薄膜覆盖在电泳车前盖上,将电泳车前盖的轮廓和所有的缺陷位置都准确记录在薄膜上;
- 4)该车前盖仅擦净不打磨,按工艺顺序进行至面涂烘房结束;
- 5)再次标记出中涂完工的前盖上所有的颗粒缺陷;
- 6)对比缺陷的位置,分辨出源自电泳的颗粒缺陷和面涂过程新出现的缺陷。

2.3.2 迁移分析结果

测试的车身上电泳前盖共计有45个颗粒缺陷,不打磨面涂后的前盖总计有25个颗粒缺陷,其中13个来自电泳颗粒的迁移,电泳颗粒向面涂的迁移率为 $13/45=29\%$ 。经过显微镜分析,发生迁移的电泳漆膜上颗粒粒径均为 $\geq 100 \mu\text{m}$ 、10~100 μm 的大面积团状颗粒。此类颗粒是降低电泳漆膜颗粒的目标。

2.4 颗粒影响因素分析、识别

围绕“前序带入、除渣系统除渣能力、喷淋效率、槽液洁净度、被动处理”这5个影响颗粒的因素进行分析,对变差源进行识别,共计识别影响因子12项,即白车身铁粉、旋液分离器、纸带过滤器、磁棒、槽体锥底排放、喷淋压力、喷淋角度、喷淋流量、清洗周期、换槽方式、机盖湿打磨,见图1。

2.5 优先因子研究

利用QFD质量屋进行分析,将重要度高于所有工程措施平均重要度1.25倍以上的工程措施列为关键措施,因此优先对白车身洁净度、滤袋、磁棒、锥底排液、喷淋压力、清洗周期、湿打磨7个因子进行研究。

2.5.1 白车身洁净度

前处理电泳线为全封闭区域,白车身带入是污染前处理电泳线各槽体槽液的重要影响因素。选取白车身洁净度进行分析研究,对车身内外板使用黏尘布擦拭,内腔使用吸尘器吸附,收集铁屑、焊球、焊渣等质量,统计1个月白车身洁净度和相同时间段电泳车身颗粒数量。结果显示:白车身带入的铁屑、焊球、焊渣等直接影响电泳颗粒数量,见表3所列,对白车身带入进行控制、验证。

2.5.2 过滤袋

前处理电泳线中主要起除渣作用的工位为:热水

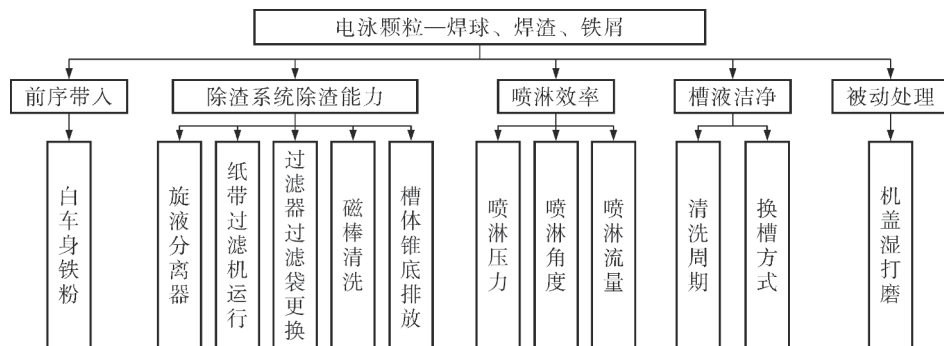


图1 电泳颗粒影响

表3 白车身洁净度对电泳颗粒影响

日期	1.8	1.12	1.15	1.16	1.21	1.22	1.25	1.29	2.2
白车身洁净度/g	5.256 1	5.124 2	4.992 3	4.260 4	3.928 5	3.596 6	3.464 7	3.332 8	3.200 9
电泳颗粒数/个	45	40	36	30	28	26	25	24	22

洗、预脱脂、脱脂。选取脱脂工位过滤袋进行分析研究,对过滤袋前/后杂质进行取样分析。过滤前主要杂质为漆渣、焊球、焊渣、铁屑、黑胶、纤维、红胶、杂质,最大直径杂质为白色块状物(直径为 840 μm);过滤后主要杂质为漆渣、焊球、焊渣、铁屑、黑胶、纤维,最大直径杂质为膨胀黑胶(直径为 139 μm)。过滤袋加装在高压过滤器中,能有效拦截槽液杂质。过滤袋精度数值越高,对颗粒的拦截效果越好,因过滤袋精度决定了现场的更换频次,所以对过滤袋精度的使用需要评估、验证。

2.5.3 磁棒

前处理各工位去除铁屑最有效措施为:高压过滤器中放置磁棒,目前现场每个过滤袋放置3根,每根磁棒的磁力≥8 000 GS,依据过滤器压差对磁棒进行清洗,实际铁屑吸附量与磁力和时间有关系,因此需要对磁力和吸附时间开展验证。

1)铁屑吸附量与磁力的关系:以2 h为基准对铁屑吸附量进行数据收集,磁力越大吸附量越多,因磁棒间干涉原因,确定现场使用的最佳磁棒磁力为12 000 GS,见图2所示;

2)铁屑吸附量与时间的关系(不同时间的铁屑吸附量):对现场使用的8 000 GS磁棒的吸附饱和度进行分析,见图3所示,吸附饱和时间为150 min,达到饱和后就应该拿出进行清洗。

2.5.4 锥底排放

前处理各槽生产结束后,槽液静置,槽液内的铁屑等异物受重力作用会沉降;异物最严重的工位热水洗、预脱脂槽体均设计有锥底排放,定期排放锥底的沉降物,作为一项很重要的除渣措施,需要对锥底排

放时段和排放时间开展验证:锥底排放时间对渣滓沉降、去除影响较大;班后静止排放效果明显;现场更改为班后静止第二天班前排放;排放时间越长渣滓去除量越大,但超过30 s后渣滓的去除量增长不明显,通过上述验证得到锥底排放按照班后静止第二天班前排放,排放时间30 s的组合方式排渣量最优。

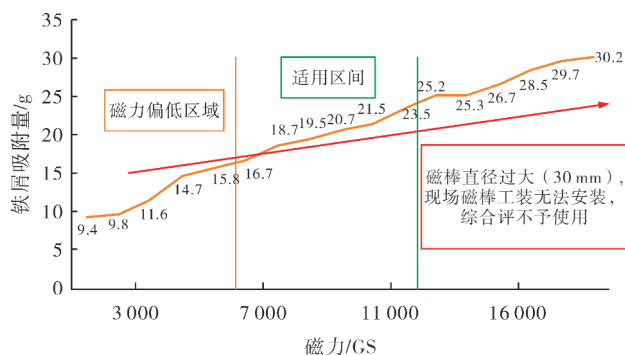


图2 铁屑吸附量与磁力的关系

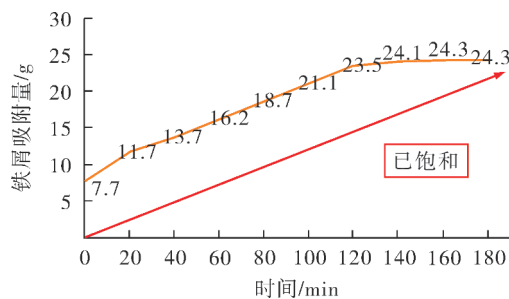


图3 铁屑吸附量与时间的关系

2.5.5 喷淋压力

前处理电泳生产过程中,通过多个水洗喷淋槽对

车身表面进行冲洗,喷淋流量、喷淋压力越大喷淋效果越好,车身表面黏附的铁粉等异物越容易被冲洗掉,车身颗粒数就越低;但为了实现较优的喷淋效果,各喷淋槽需要选择合适的喷嘴,对喷嘴类型开展验证:

1)在循环泵流量满足的前提下,将喷淋槽侧面喷嘴更换为大流量 65100 喷嘴,顶部喷淋更换为扁嘴大流量喷嘴,变更后颗粒降低 1.5 个/台,顶部和侧面更换为大流量喷嘴有利于减轻颗粒;

2)扁嘴大流量高压喷淋在 0.5~1.0 MPa 压力下要优于普通扇形喷嘴,普通扇形喷嘴雾化效果太强,实际到车身的冲击力小,高压喷淋对顶盖、机盖平面的冲洗效果明显,变更后颗粒降低 3 个/台;

3)无喷嘴的洪流工位安装大流量扁嘴,剩余流量增加喷嘴数量,延长冲洗时间,颗粒降低 0.2~1.6 个/台。

通过上述验证喷嘴更换后需要对喷淋压力进行评估、验证。

2.5.6 换槽周期

提高前处理电泳各工位换槽频次有利于污染物及时清除,通过定期更换、清理可降低车身表面的异物黏附,对污染相对较重的热水洗、预脱脂、水洗 1、2 槽进行含渣量测量、统计,经过统计,当喷淋槽(10 T)生产达到 4 d 时(约 2 500 台车),浸洗槽(90 T)生产达到 7 d 时(约 5 000 台车),除渣效果已不明显。

2.5.7 被动处理

观察电泳湿膜,异物悬浮于电泳漆湿膜表面的,可对车身使用砂纸进行湿打磨去除(前序弥补),在电泳出槽后的沥水段使用砂纸对机盖进行打磨,然后对打磨后的机盖用纯水进行冲洗,统计 10 台车显示,通过湿打磨颗粒整体数下降 17.60%,尤其焊球/焊渣、电泳结块数量下降比较明显,电泳结块的粒径得到明显减小,经湿打磨后电泳结块粒径 $<100\ \mu\text{m}$,在打磨线上无需进行打磨,因不同型号的砂纸其对电泳漆膜的表面影响程度不一样,对于打磨使用砂纸型号需要评估、验证。

3 选择探究最优工艺参数

以“提高前处理电泳全系统除渣能力”为目标,组织

相关方运用 DOE 充分验证,选择探究最优工艺参数。

3.1 影响因子水平选择

3.1.1 白车身铁屑量

对标其他标杆主机厂和白车身铁粉含量实测结果平均值,选择两个水平(2.5 g 和 5.0 g)。

3.1.2 滤袋

过滤袋精度改变后除渣效率及更换频次会有变化,精度越高除渣效果会越高,其更换频次会所有上升,以脱脂为例确定滤袋的精度使用水平,选择两个水平(25 μm 和 50 μm)。

3.1.3 磁棒

磁棒架子车上当两根磁棒距离 70 mm 时,发生磁场干扰现象,磁力越大,干扰距离越近。固定磁棒直径为 40 mm,间距为 120 cm;对磁棒架子车布置数量选择两个水平(40 根和 60 根)。

3.1.4 锥底排放

锥底排放时间的不同,对渣滓沉降、去除影响较大,排放时间越长渣滓去除量越大,但超过 30 s 后渣滓的去除量增长不明显,选择两个水平(15 s 和 30 s)。

3.1.5 槽液更换周期

通过监测槽液含渣量降低的极限值确定换槽周期,各非药剂槽选择两个水平:正常工艺更换频次、更换周期缩短一半。

3.1.6 喷淋压力

针对热水洗、预脱脂、水洗 1 三个工位更换为大流量喷淋,对喷淋压力进行验证,选择两个水平(0.1 MPa 和 0.2 MPa)。

3.1.7 湿打磨

因不同型号的砂纸对电泳漆膜的表面影响程度不一样,砂纸选择两个水平(400# 和 800#)。

3.2 因子、水平确定

本次选择 7 因子 2 水平,确认因素 2 水平值,因素水平选择见表 4 所列。

3.3 正交表选择

选择使用 $L_8(2^7)$ 进行正交试验,设计见表 5 所列。

表 4 因素水平选择

因素水平	滤袋精度/ μm (A)	磁棒/根 (B)	槽液更换周期/(次·周 ⁻¹) (C)	锥底排放时间/s (D)	白车身洁净度/g (E)	大流量喷淋喷淋 压力/MPa(F)	湿打磨砂纸型号 (G)
1	25	40	1	15	2.5	0.1	400#
2	50	60	2	30	5.0	0.2	800#

3.4 DOE 交互试验分析

基于颗粒的 7 个影响因素进行 DOE 分析,极差越大,其因子影响程度越大,根据极差值结果,因子主次

分别为滤袋、锥底排放、槽液更换周期、湿打磨、白车身、磁棒、喷淋压力,依据试验结果,确定适用于涂装车间现状的工艺方案,最优方案一般就是最优水平的组

合, 所谓最优水平组合就是指全体最优水平组成的试验条件, 当试验指标最大最好时, 以每列的 K_i 中数值最大的相应水平为最优水平。本例中, 满足颗粒最少的

最优工艺方案为白车身(2.5 g)、滤袋(25 μm)、磁棒(60 根)、更换周期(缩短 1 倍)、锥底排放(30 s)、喷淋压力(0.20 MPa)、湿打磨(800# 砂纸)。

表 5 正交试验设计

因素水平	A	B	C	D	E	F	G
1	滤袋(25 μm)	磁棒(40)	槽液更换周期(1)	锥底排放(15)	白车身(2.5)	喷淋压力(0.1)	湿打磨(400)
2	滤袋(25 μm)	磁棒(40)	槽液更换周期(1)	锥底排放(30)	白车身(5.0)	喷淋压力(0.2)	湿打磨(800)
3	滤袋(25 μm)	磁棒(60)	槽液更换周期(2)	锥底排放(15)	白车身(2.5)	喷淋压力(0.2)	湿打磨(800)
4	滤袋(25 μm)	磁棒(60)	槽液更换周期(2)	锥底排放(30)	白车身(5.0)	喷淋压力(0.1)	湿打磨(400)
5	滤袋(50 μm)	磁棒(40)	槽液更换周期(2)	锥底排放(15)	白车身(5.0)	喷淋压力(0.1)	湿打磨(800)
6	滤袋(50 μm)	磁棒(40)	槽液更换周期(2)	锥底排放(30)	白车身(2.5)	喷淋压力(0.2)	湿打磨(400)
7	滤袋(50 μm)	磁棒(60)	槽液更换周期(1)	锥底排放(15)	白车身(5.0)	喷淋压力(0.2)	湿打磨(400)
8	滤袋(50 μm)	磁棒(60)	槽液更换周期(1)	锥底排放(30)	白车身(2.5)	喷淋压力(0.1)	湿打磨(800)

4 对策制定实施

根据上述分析, 围绕白车身洁净度项目、滤袋精度的提升、磁棒优化布置、更换周期、锥底排放、喷淋压力、湿打磨制定 7 项提升举措。

4.1 白车身洁净控制

在焊装用吸尘器对车身内板、内腔进行吸附, 涂装白车身确认工位人工对外表面进行擦拭。

4.2 滤袋精度提升

对过滤袋的精度进行提升, 热水洗、脱脂、水洗 1、水洗 2 由 50 μm 提升至 25 μm , 硅烷由 25 μm 提升至 10 μm , 电泳由 10 μm 提升至 5 μm , 超滤、UF1、UF2、UF3、UF4 由 25 μm 提升至 5 μm 。

4.3 磁棒优化布置

磁棒架放置 60 根, 每天停产后使用磁棒架子车循环过线, 对各槽铁粉进行循环吸附。

4.4 更换周期

热水洗为前处理第一槽体, 脏污程序最高, 对换槽频次进行加严, 由 1 周 1 次调整至 1 周 2 次。

4.5 锥底排放

热水洗、脱脂槽为前处理第一工序, 槽体污染程度最高, 生产结束后槽液静置, 次日开线前对锥体排液,

排液时间为 30 s。

4.6 喷淋压力

采用大流量喷嘴, 阀门开启最大, 调整喷淋压力在 0.20 MPa 左右。

4.7 湿打磨

在纯水六出槽之后增加操作平台和喷淋管路, 实现人工操作湿打磨, 采用 800# 砂纸降低机盖表面的异物。

5 结语

通过对前处理颗粒的优化提升管控, 颗粒得到明显下降, 整车下降 60%, 尤其机盖部位下降最明显, 节省 1 名打磨员工, 建立标准化, 形成颗粒管控手册, 便于推广运用, 外观性能有效改善, 产品竞争力提升, 提升了客户满意度。

参考文献:

[1] 王锡春. 汽车涂装工艺技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
 [2] 王锡春, 杨必暖, 林鸣玉. 最新汽车涂装技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
 [3] 梁振华. 汽车涂装工艺与设备 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2012.



欢迎订阅

欢迎投稿

欢迎刊登广告