

辅助阳极装置在摆杆链上的应用浅谈

常俊桃, 刘 卫

(柳州五菱新能源汽车有限公司, 广西 柳州 545007)

摘要: 公司新开发一款新型全封闭商用车, 策略是在新能源乘用车涂装线摆杆链上实现其电泳工艺过程。由于此款车型为钢制车顶、货厢无窗、尾门为对开的关闭状态, 货厢约 50% 内腔顶部及两侧电泳不上, 直接影响车体的防腐性能。本文围绕设备实现方案、设备改造重难点及注意事项, 结合现场实际情况, 量身打造一套新型辅助阳极, 解决商用盲窗车及封闭性货柜车内腔电泳不上漆膜的问题。

关键词: 辅助阳极; 摆杆链; 封闭车; 内腔电泳

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)06-0058-04

The Application of Auxiliary Anode Device in Chain of Pendulum Rod

CHANG Jun-tao, LIU Wei

(Liuzhou Wuling New Energy Automobile Co., Ltd., Liuzhou 545007, Guangxi, China)

Abstract: The company developed a new commercial vehicle, the strategy is to achieve electrophoresis process on the pendulum chain of new energy passenger car painting line. Because it is made of steel roof, closed window and tail door, about 50% of the inner cavity top and two sides are not electrophoresis, which directly affects the anti-corrosion performance of the car body. This paper focuses on the key scheme of equipment design, the important and difficult points of equipment transformation and matters needing attention, combined with the actual situation of the site, tailor-made a set of new auxiliary anode, to solve the problem of commercial blind window car and closed container car inside can not electrophoresis paint film.

Key words: auxiliary anode; the pendulum chain; closed car; inner electrophoresis

1 辅助阳极的应用背景及问题的提出

2022 年我公司投资近 5 亿元, 策划投建了一条国内先进的新能源乘用车涂装线, 圆了五菱人造新能源乘用车的梦想, 作者做为涂装工艺工程的主要负责人一直参与此项目, 此项目的目标是制造高品质高颜值乘用车, 所有工艺完全按照乘用车的工艺及质量需求进行产线开发设计。但在汽车形势下滑的严峻大环境下, 加之我公司的乘用车处于上量初期, 为适应和扩大市场, 快速抢占市场, 公司新开发一款新能源箱式物流车。该箱式货车类似于小型客车, 无论是产线的通过性还是电泳导电性对于工艺都是极大的挑战, 如何实现

在 40 JPH 节拍下通过增加辅助阳极保证车体的防腐性能也是一个极具挑战性的课题。

此款商用物流车如图 1 所示, 驾驶室与货箱外部为一个整体, 内腔用隔板独立开来设计, 货箱体仅右侧单开半扇门、无窗、体积为 7 m^3 , 白车身尺寸为(长×宽×高): $5\,370 \text{ mm} \times 1\,735 \text{ mm} \times 1\,780 \text{ mm}$, 这是目前这条线将要生产的最大车型。通过 SE 模拟分析, 受长度方向限制, 尾门需要在几乎完全关闭(尾门开度 $\leq 25^\circ$) 且隔位过线的情况下才能满足前处理电泳、电泳及面漆存储、烘炉转弯等通过性的要求。前处理电泳只能采用隔位的方式过线, 通过方式如图 2 所示。但即使隔位过线, 受限于造型及电泳时整车几乎封闭的姿态, 依据法拉第电场屏蔽效应, 电泳的时候箱体结构产生大面积的电场屏蔽现象: 车身内腔充满了电泳槽液, 内部无电场, 导致涂料粒子无法在车身内腔产生沉积现

收稿日期: 2023-06-26

作者简介: 常俊桃(1985—), 女, 本科, 工程师, 主要从事涂装工艺开发及管理工作。E-mail: changjuntao@wuling.com.cn。

象,即无法上膜。该问题解决的核心就是构建内部电势差消除屏蔽,形成电荷流动进而促进电泳效应的发生。

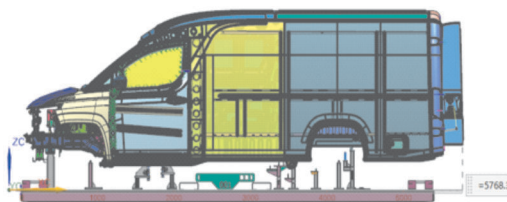


图1 箱式货车+盲窗

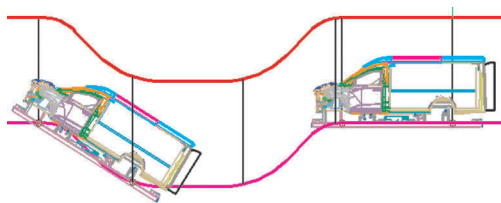


图2 箱式货车隔位过线分析

2 车身泳不上验证及结果

虽然很多涂装专业人员通过历史不良经验及 SE 分析就能准确判断出此风险项存在,但理论分析加上骡子车实车验证,能够更进一步验证问题并从问题的严重程度判断改造的必要性及方案的实施策略方向,为此我们向项目组申请了验证样车。

实车验证结果和 SE 分析非常契合,由于封闭车体内腔电泳面积较大,约 21 m²(车身尺寸较长),以及尾门开度过小(受限于产线最大通过性尺寸),导致内腔中后大部位无电泳或电泳膜厚过低(≤5 μm)。如不对产线进行适应性改造,产品内腔的防腐性能将得不到有效保证,也无法满足内膜膜厚≥12 μm 的工艺要求,此款产品的品质更是低于客户的期望值,无法销售。

要解决电磁屏蔽的问题,还需从电泳反应的机理谈起。电泳涂装是一种特殊的涂膜形成方法,它是将具有导电性的被涂物浸在用水稀释的、固体分较低的电泳漆槽中作为阳(或阴)极,槽中另设与其相应的阴(或阳)极,两电极间通以一段时间的直流电,在被涂物表面析出一层不溶于水的涂膜的一种涂装方法^[1]。

既然电泳漆是在电场的作用下通过电解、电泳、电沉积及电渗等一系列化学反应过程涂覆到车身的,那么在阴极电泳工艺条件下,对于作为阴极的封闭腔体车身,根据法拉第电场屏蔽效应,会产生如图 3 所示的电场屏蔽现象:车体内腔充满了电泳槽液,内部电力线密度很低,几乎无电场,导致带正电荷的涂料粒子无法在车体内腔产生沉积现象,也就无法上膜。

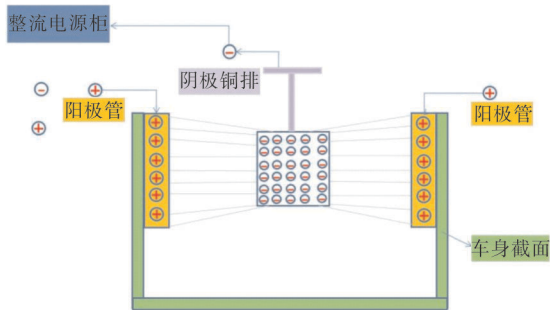


图3 阴极电泳槽电磁屏蔽现象

解决方法:涂装车间电泳采用的是阴极电泳涂装,因此只要在车体内腔再造一个电场,即通过在车体内腔增挂辅助阳极的方式形成新的电场,产生新的电力线,那么槽液中的涂料粒子就会沿着电力线方向向作为阴极的车体内腔移动,进而产生电沉积及电渗现象,完成电泳涂装过程。

为更充分地论证问题,我们采用了对比验证法。本次实车验证共验证 OTS 车 3 台,第 1 台车未增加辅助阳极,同时按照整车盲窗及尾门封闭的状态加装驾驶室隔板。另 2 台车新增临时辅助阳极,同时按照盲窗及尾门封闭的状态加装驾驶室隔板。

其中第 2 台车把验证阳极板与电泳面积按 1:8 进行核算,核算结果是验证阳极板按照约 2 m² 进行制作及吊挂验证,整流电流接入 60 A(2 根阳极管)。

其中第 3 台车把验证阳极板与电泳面积按 1:6 计算,核算结果是验证阳极板按 3 m² 制作,整流电流接入 60 A(2 根阳极管)。

验证结果:增加辅助阳极后效果立竿见影,能够很大程度上解决车厢电泳不上问题,两侧膜厚由原来的 0 μm 增至 13~18 μm,但第 2 台车的车顶电泳效果上膜依然不佳,顶盖与侧围的搭接处无电泳漆,顶部存在电泳花斑。造成车顶电泳不佳的主要原因是由于盲窗封闭车积气和验证使用的阳极板过小;第 3 台车全车内部完全可电泳上,但花斑问题依然存在,说明盲窗封闭车仅靠辅助阳极是无法解决积气问题的。

这次验证为后期辅助阳极的开发提供了设计关键因素,如阳极板结构及面积、阳极板吊挂位置、整流电压分段与设置、产品结构预留和设计吊挂孔、工艺时间等,另外也说明了一个在许多施工场地容易忽视的问题,就是电位分布的均匀性。由第 2 台和第 3 台验证车对比可以看出,影响产品实施效果的一个重要因素就是电位分布的均匀性,因此辅助阳极的布置,对于金属构件的阴极保护极其重要。一个辅助阳极分布理想的阴极保护系统,可以获得均匀电场分布,从而上膜均匀,不至于局部发生过保护及保护不足的缺陷。

3 辅助阳极方案及工程改造核心要点

前期分析及验证确定了产线需要适应性改造及改造的目的和关键因素,接下来进入到项目实施阶段。项目实施的重点是结合产线实际情况进行方案设计。

该此生产线的前处理电泳部分采用摆杆链形式输送,电泳槽为45°倾斜的船形槽,该类电泳槽增加辅助阳极系统的方式为在槽体上方沿仿形轨道设置阳极铜排,并在吊具上设置取电装置,通过电缆将阳极电流引入车身内部的辅助阳极板^[2]。

在智能电源IGBT控制的摆杆链上实现辅助阳极远比推杆链、普通摆杆链或者自行小车复杂,既要在满足连续过线的基础上实现电压分段核算及控制,又要保证每段铜排上每次只有一台车,这样才能满足每段铜排上IGBT的变压控制。经过与国内相似车企对标,初步设定了自动接线和人工接线两种方案,并对两种方案做了详细的对比。

3.1 方案描述

经过前期分析及对一些成功案例的实地考察,本次辅助阳极多轮评审后的确定方案为:在槽体室体上方设置辅助阳极供电铜排,在吊具上设置弹性取电装置,在车身内部设置辅助阳极板,通过电缆及导电夹将阳极电流引入车身内部的辅助阳极。结合现场设备实际情况设计两套工艺线路。

工艺流程1(人工):在前处理擦净工位人工安装辅助阳极板→电泳入槽前连接辅助阳极电缆→电泳摆杆出口之前人工拆卸辅助阳极电缆并将电缆置于收集器中→电泳检查取辅助阳极(在电泳打磨之前车间自行安排取辅助阳极)→辅助阳极物流周转擦净工位。

工艺流程2(自动):在前处理擦净工位人工安装辅助阳极板并连接→电泳检查拆卸辅助阳极(在密封胶工位之前车间自行拆卸辅助阳极)→辅助阳极周转擦净工位。

流程1与流程2的主要区别是辅助阳极电缆与摆杆上电缆连接方式,流程1为辅助阳极电缆与摆杆上电缆人工连接,需要新增2名专人接拆线;流程2为辅助阳极电缆与摆杆上电缆通过滑橇上中转自动连接,其他操作两个流程虽然选取的工位不同,但工作内容相同,主要根据车间操作工位的空间和人员确定。

流程1的优点是一次投资费用较少,但缺点也很明显,在电泳段增加人工连接电缆和拆卸,增加了人工成本。

与流程1相反,流程2的优点主要是电泳段无需额外增加人员连接电缆,但缺点是自动转接装置增加了项目投资费用,同时存在中转连接接触性不良,导致辅助阳极效果较差的风险。

综合考虑安全性、成本及稳定性,我公司采用了流程1对产线实施改造。

3.2 工程改造核心要点

整体方案确定后,改造要达到较好的预期效果,对于工程的关键技术点一定要核实讨论清楚,本次改造的关键要点如下所述。

3.2.1 工艺流程梳理

工艺设计之初,应根据产线实际情况进行工艺合理设计与布置,争取以最小的改造成本,实现辅助阳极的功能及周转。综上考虑,产线的工艺流程如下:预清理工位人工安装辅助阳极板和电缆线,电泳入槽前人工将电缆线与电泳摆杆阳极中转器连接,电泳沥水段后人工将电缆线拆卸,在电泳后检查工位人工将辅助阳极板拆卸,辅助阳极板通过转移小车实现车间内部流转。

3.2.2 阳极铜排分段核算

传统的摆杆线的整流电源的电压分段控制模式为二段式或三段式,且通过阴极铜排机械控制实现分段。较先进的整流电源电压分段控制模式为 n 段式且为智能化控制。

智能化的控制为IGBT模块化控制构架,配置车型识别系统和跟踪系统^[3],既能满足不同的车型在电泳槽的不同位置施加不同的工艺电压,又能实现车身多区域都能独立调压来控制膜厚均匀。简单的说可以分 n 段实现车身电泳精细控制,使每个区域的膜厚匹配最佳上膜电压。但这种智能化模式在满足智能化精细化管理的要求下,也给后续的技术改造带来了困难,既需要结合阴极总体电压控制模式,找出铜排的最佳分段模式,又需根据节拍核算每段铜排上的过车数量,特别是在连续生产的情况下同一段铜排上不能同时存在两台车。对此我们采用连续过车运动模拟分析法,找出阳极铜排的最佳分段数,最终通过计算,智能化摆杆链产线的阳极铜排分3段或者4段设计是比较合理的。

3.2.3 阳极铜排材料选择

阳极铜排要具有足够的韧性、强度、耐磨性等机械性能来应对复杂的工作环境,并带有接线位置。目前市面上所用的铜排材料主要有铍青铜和紫铜两种材料,在材料的选择上,不仅需要考虑到两种材料本身的特性差异,还需要结合铜刷的材质一起做选择。在项目方案评审阶段,结合材料特性,反复对比核查近3年汽车行业辅助阳极改造项目铜排的材质的选择,最终以行业选择比较多的铍青铜作为导电基板,厚度10mm,宽度不小于160mm,保证了大电流的良好导电性,且不打火花。另外也可以通过试验验证选出最佳材料组合,

一般采用对比摩擦试验法进行材料选择,试验通过测量不同材质配合下铜排铜头磨损量与磨损时间关系,

以选出最佳配合材料以及使用寿命。通过试验论证,两种结合方式磨损量及使用寿命均满足要求,见表1所列。

表1 铜排材质选择

材料名称	优劣势	应用场景	铜刷材质最佳配置
铍青铜	高强度,高耐磨,高弹性,成本约为紫铜的3倍; 导电性较紫铜差	高精密电子,汽车制造,防火花防爆器材	紫铜铜刷
紫铜	导电性高;弹性差,耐磨较差	发电机,变压器,热交换器,导热器材	碳铜合金铜刷

铜排设计按弧形分段,分段点设置在铜排的直线段。切口背面加装铜材料的固定板,表面采用沉头螺钉结构,螺孔避开电刷运动面,接触面进行精细磨修确保光滑平整。铜排曲线须与摆杆上导电铜刷的运行曲线吻合,导电铜排连接处平整,间隙小于1mm。

3.2.4 绝缘的实现

阳极板的吊挂材料需耐酸、耐碱、耐油、耐高温、强度较高、绝缘性能好,查相关材料的化学性能,选用10mm厚尼龙板。

新增电缆线路和设备均需与摆杆和滑橇进行绝缘设计,同时电缆线电源最大输出容量不小于载荷的1.5倍,摆杆安装电缆电源最大输出容量必须是载荷的3倍以上。

导电铜排与轨道钢结构和室体间可靠绝缘,在干态下,用1000V电压的摇表测量绝缘块电阻>20MΩ,整体连接电阻<1Ω。

后摆杆左侧上方设计安装铜刷,铜刷用聚四氟乙烯绝缘装置固定在摆杆上。过渡段采用聚四氟乙烯绝缘或PVC绝缘块,确保耐磨以及与铜排接触面平整性,间隙段差≤±0.5mm。

3.2.5 过程工艺人机工程识别

阳极板安装和拆卸分别位于人工擦净和电泳检查工位,通过数模分析,地面距车厢底板高度660mm,需增加滚轮踏台以方便人工操作,具体踏台高度通过现场测量及模拟大概为360mm,进出车厢高度300mm。

阳极接线采用人工接拆线方式,电泳入槽室体和纯水洗后室体地板铺设高370mm踏台,满足人工进出车厢操作高度要求。

4 辅助阳极实施效果

按照以上方案利用车间不生产时间进行详细设计及施工,改造完成后,辅助阳极的使用也产生了预期的效果,内腔不上漆膜问题得到了非常明显有效的解决,经过二十几台OTS车验证,物流车内腔平均膜厚>15μm,实现了内腔膜厚≥12μm的工艺要求,具体的测量点及内膜膜厚分布见图4及表2。

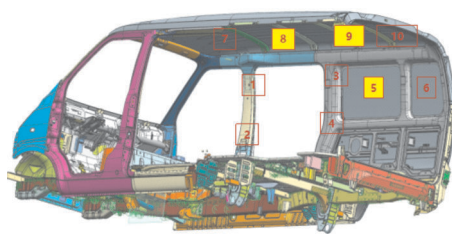


图4 内腔膜厚测量点(测点跟车型无关,左右对称)

表2 内腔膜厚变化对比

膜厚测量点	测点部位	增加辅助阳极后	
		膜厚/μm	膜厚/μm
1	B柱上部	0	17.1
2	B柱下部	0	16.4
3	C柱上部	0	16.0
4	C柱下部	0	15.5
5	侧围封窗左部	0	16.8
6	侧围封窗右部	2.5	16.5
7	B柱顶部	0	15.9
8	中门顶部	0	15.4
9	侧围封窗顶部	0	15.9
10	尾门顶部	3.8	16.3

5 结语

辅助阳极投入使用后,从工艺角度来看很大程度上解决了涂装线目前大小车混线及商乘混线等多品种产品共同生产的质量问题,拓宽了产线柔性度。从产品质量角度来讲,大大提高了车身内腔的防腐性能,保证了产品质量,为公司创造了很好的经济效益。

参考文献:

[1] 卢海涛,谢木宝.电泳辅助阳极工艺在车身内腔防腐处理上的应用[J].轻型汽车技术,2008(7/8):32-37.
 [2] 吴贵生,邢汉平,肖坤.电泳辅助阳极系统设计探讨[J].汽车实用技术,2017(10):62-64.