

# 浅谈新能源汽车充电口盖随车喷涂应用

李文鹏, 谭学钢, 王 勉, 齐有升, 刘 浩, 刘永宏, 孟红印, 张 进, 李明轩  
(零跑科技股份有限公司, 浙江 金华 321000)

**摘要:** 本文聚焦塑料充电口盖板在线喷涂工艺展开深入探讨。通过制作充电口盖专用工装确保其稳定牢固、增设机器人喷涂轨迹实现全面均匀覆盖、精准调整刷子流量保证漆膜厚度以及增加静电环等一系列操作, 详细阐述了该工艺的具体实施条件。深入分析涂装车间上件随车喷涂方案, 经综合对比推荐出最优方案。同时, 全面列举喷涂过程中出现的问题, 并针对性地提出切实可行的解决方法, 为塑料充电口盖板的高质量喷涂提供实践参考。

**关键词:** 充电口盖工装; 机器人喷涂轨迹; 烘干; 色差缺陷

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2026)02-0047-04

## Discussion on the Application of New Energy Vehicle Charging Port Cover Onboard Spraying

LI Wen-peng, TAN Xue-gang, WANG Mian, QI You-sheng, LIU Hao, LIU Yong-hong,  
MENG Hong-yin, ZHANG Jin, LI Ming-xuan  
(Leapmotor Technology Co., Ltd., Jinhua 321000, Zhejiang, China)

**Abstract:** This article focuses on the in-line spraying process of plastic charging cover plates and conducts an in-depth discussion. By creating a dedicated tooling for the charging cover to ensure its stability and firmness, adding robot spraying trajectories to achieve comprehensive and uniform coverage, precisely adjusting the flow rate of the brush to ensure the thickness of the paint film, and adding electrostatic rings, etc., the specific implementation conditions of this process are elaborated in detail. A comprehensive analysis of the on-vehicle spraying scheme in the coating workshop is conducted, and the optimal scheme is recommended through comprehensive comparison. At the same time, all the problems that occur during the spraying process are listed, and practical and feasible solutions are proposed to address them, providing practical references for the high-quality spraying of plastic charging cover plates.

**Key words:** charging port cover tooling; robot spraying track; dry; chromatic aberration defect

## 0 引言

在当今社会, 随着环保理念的深入人心以及科技的飞速发展, 新能源汽车的应用正以前所未有的速度普及开来。这一趋势不仅推动了汽车产业的技术革新, 也对车身设计与制造提出了更为严苛的挑战。从车身造型来看, 为了满足消费者日益多样化的审美需求以

及提升车辆的市场竞争力, 车身外观结构变得越来越复杂。设计师们大胆创新, 融入了更多的流线型元素、独特的曲面设计以及个性化的细节处理, 使得每一款新能源汽车都独具魅力。与此同时, 车身外观色彩种类也日益丰富, 从经典的单色系到时尚的双色拼接, 再到充满科技感的渐变色彩, 为消费者提供了更为广阔的选择空间。然而, 用户对车身品质的要求也在同步提升。他们不再仅仅满足于车辆的基本功能, 而是更加注重车身的整体美观度和质感。在众多影响车身品质的因素中, 车身整体外观的颜色匹配至关重要。一个颜色均匀、协调的车身能够给人带来高品质的视觉感受, 而

收稿日期: 2024-06-05

作者简介: 李文鹏(1986—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事汽车涂装现场工艺规划及管理、工艺调试及品质提升、新车型导入、新产品新工艺前瞻性研究与应用。E-mail: lwpqq@163.com。

任何细微的色差都可能破坏这种美感,降低消费者对产品的满意度。

通常情况下,整车外观颜色主要区分为金属车身喷涂颜色与外饰件塑料小件喷涂颜色。金属车身外观颜色的喷涂工作一般在涂装车间完成,这里配备了先进的喷涂设备和专业的技术人员,能够确保金属车身获得高质量的喷涂效果。而外饰塑料小件,如充电口盖等,则往往由其他外包厂家或者单独的线体进行喷涂。这种分开的喷涂方式在初期可能并未引起太多关注,但随着用户对车身品质要求的提高,其弊端逐渐显现出来。

在将外饰塑料件与车身进行匹配的过程中,充电口盖由于其位置特殊,处于金属车身中间,一旦颜色出现一点色差波动,目视效果就会非常明显。在主观面上,人们很容易区分出充电口盖与车身之间的颜色差异,这也使得充电口盖成为整车匹配中最为重要的检查项之一。充电口盖与车身颜色不匹配的问题日益突出,成为常见的弊病之一。在实际生产中,即使充电口盖的颜色在色差控制范围内,但在实车上仍然会出现很明显的色差,严重影响外观颜色质量。为了解决这一问题,不得不在生产过程中对充电口盖进行返修处理,这不仅增加了生产成本,还影响了生产效率。

基于某新能源主机厂车身与充电口盖出现色差问题,研究人员对车身与充电口盖喷涂过程中机器人喷涂轨迹、喷涂刷子流量参数、烘干时间、温度等因素进行了研究,以明确其对车身与充电口盖色差的影响。通过改善充电口盖与金属车身的整体喷涂工艺,确保车身与充电口盖颜色匹配。

## 1 现场工艺

现场为步进式生产线体,产品工艺生产路线依次为:预处理→前处理→电泳→烘干→粗密封→UBS→细密封→PVC烘干→底打→面漆喷涂→面漆烘干→修饰→注蜡→交检。

1)白车身沿着工艺路线进入涂装车间,从焊装WBS线开始上线;金属白车身经过前工段预处理、电泳、电泳烘干、PVC、PVC烘干后进入喷房,进行外观色彩喷涂工作。金属白车身在喷房随滑橇移动,触发相关连锁工序执行信号。油漆喷涂采用机器人全自动喷涂,面漆喷房的主要喷涂工艺分为三大部分:中涂、色漆、清漆,机器人喷涂方式主要采用雾化喷涂,机器人喷涂轨迹通过仿形和机器人刷子流量参数确定,喷涂顺序从前向后、从上到下垂直进行大面喷涂,表侧弧面采用旋转角度进行喷涂。加油充电口盖由相关供应链厂家集中供应,在车身组装时,加油充电口盖工艺采用机器人全自动喷涂,分为

中涂、色漆、清漆3个步骤。喷涂方式为:将加油充电口盖放置在对应该工装支架表面,依次从左到右水平进行全自动喷涂,喷涂完毕后烘干下线。金属白车身与塑料加油充电口盖采用不同的工艺自动喷涂方式。

2)金属车身涂装喷涂的主要相关工艺参数:白车身烘干室工艺参数温度150~170℃,时间1200~1800s;外饰塑料件加油充电口盖喷涂的主要相关工艺参数:外饰塑料件加油充电口盖烘干温度120~150℃,时间1200~1800s;金属车身与外饰塑料件油漆为同一品牌,油漆参数相同。金属车身与外饰塑料件加油充电口盖由于机器人品牌型号不同,相关机器人刷子流量参数也不同。两者产品材质不同,外形大小不同,因此相对的机器人仿形轨迹也不同。两者产品无法直接对比相关参数,外观色差表现出不同的结果。最后,两者产品在整车组装之后,整车出现匹配色差。

3)经过现场对比调查发现,生产过程中金属白车身与塑料加油充电口盖的喷涂工艺存在以下特征:金属车身与外饰塑料件加油充电口盖烘干温度存在20~30℃差异;金属车身与外饰塑料件加油充电口盖喷涂仿形轨迹不同。金属车身与塑料件加油充电口盖机器人品牌不同,对应的机器人的刷子相关流量参数也不一致。

基于以上3点,进行加油充电口盖与金属车身整体喷涂色差的对比和验证。如果要解决两者产品匹配后出现色差问题,只有让两种产品在相同的温度环境、相同的面漆喷涂工艺和相同的工艺参数下一起喷涂、烘干,才能有效减少两者的匹配相对色差。目前,涂装车间想要实现外饰塑料件加油充电口盖随车喷涂,还需要做以下主要整改措施:增加外饰塑料件加油充电口盖随车工装,确保其在随车喷涂过程中位置稳定、固定可靠,保障喷涂质量;重新规划机器人喷涂轨迹,增加外饰塑料件加油充电口盖的喷涂轨迹,并精准设定对应的刷子流量参数,以保证喷涂的均匀性和一致性。

## 2 加油充电口盖随车工装

组织现场相关人员评估外饰塑料件加油充电口盖安装位置及工装结构,对加油充电口盖的工装结构及安装位置暂定为横向工装、竖向工装、前窗安装喷涂和后窗安装喷涂,分别进行验证,如表1~2所列。

通过横向工装与竖向工装,同时放置前窗位置喷涂发现喷涂都有色差,横向工装偏差范围(0.9~1.5),竖向工装偏差范围(1.7~2.1),横向比竖向偏差数值平均少1个单位。

表1 不同结构位置下色差状态

横向工装(前窗)		竖向工装(前窗)	
车号	状态(偏差单位)	车号	状态(偏差单位)
1	1.0	11	1.7
2	0.9	12	1.8
3	1.2	13	1.7
4	1.3	14	1.9
5	0.8	15	1.9
6	1.1	16	2.1
7	1.5	17	2.0
8	1.1	18	1.9
9	1.2	19	1.7

表2 不同结构位置下色差状态

横向工装(后窗)		竖向工装(后窗)	
车号	状态(偏差单位)	车号	状态(偏差单位)
21	0.6	31	1.3
22	0.9	32	1.2
23	0.5	33	1.2
24	0.4	34	1.3
25	0.8	35	1.4
26	0.5	36	1.6
27	0.6	37	1.5
28	0.4	38	1.3
29	0.5	39	1.2

通过横向工装与竖向工装，同时放置后窗位置喷涂发现喷涂都有色差，横向工装偏差范围(0.4~0.9)，竖向工装偏差范围(1.2~1.6)，横向比竖向偏差数值平均少0.7个单位。

### 3 工装结构

1)在不同结构及安装位置验证之后，评审小组决定小批量制作验证，制作横向结构，安装在后窗位置工装(见图1)；

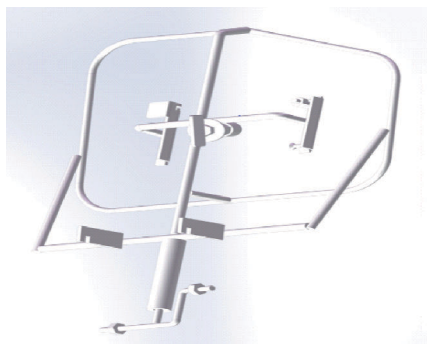


图1 充电口盖工装

2)同时对初级工装进行优化，考虑油漆喷涂后及工装使用循环性能，材质使用不锈钢材质，对固定位置进行三角点位固定；

3)同时开始兼顾加油与充电口盖的通用性及车辆在烘干过程中上下坡度晃动防脱落；

4)工装样式按照口盖外观进行仿形制作造型，仿形制作后，对产品周围增加仿形静电环，保证油漆在喷涂雾化后，漆雾无法集中塑料件周围，造成产品肥边；工装固定后车窗必须有下支点受力点，卡接在车门框边缘，保证工装的稳定性，为了保证左右通用，同时受力均匀，对下端固定点进行设计有伸缩弹簧功能；为保证加油充电工装通用，工装后背增加固定螺栓，保证在安装加油充电口盖塑料件后，有止退卡点，在烘干炉上下过程中平稳运行防止工装脱落。

### 4 随车喷涂

1)车身增加加油充电口盖随车喷涂后，针对原有车身喷涂机器人仿形进行增加口盖仿形喷涂轨迹，增加对应的刷子号，对刷子流量参数进行优化。

2)让加油充电口盖喷涂轨迹方向与车身侧围喷涂方向一致，保证油漆内部金属排列方向与车身喷涂油漆内部金属排列喷涂一致。

3)喷涂工艺作业结束之后，口盖随车身流转修饰线体工序，之后检查人员对加油充电口盖色差数据进行色差对比。

充电口盖随车喷涂改善状态见表3。

表3 充电口盖随车喷涂改善状态

随车后窗喷涂车号	状态(偏差单位)
41	0.2
42	0.3
43	0.4
44	0.3
45	0.2
46	0.3
47	0.3
48	0.4
49	0.3

由表3可知，加油充电口盖，随整车喷涂调整后改善效果较明显，车身与加油充电口盖色差数据明显接近，在标准值允许范围之内，但边缘还有肥边现象，对比之前分开喷涂明显改善了很多，因此充电口盖随车喷涂是解决两者色差问题的重要方向。于是对充电口盖的喷涂刷子参数进行优化调整，减少边缘喷涂的流量后进行生产验证，边缘肥

边现象消除。

## 5 结语

在汽车制造的精细化进程中,加油充电口盖与金属车身的喷涂工艺整合成为一项具有创新性与实效性的举措。当加油充电口盖喷涂工艺与金属车身喷涂工艺达成一致,实现加油充电口盖随金属车身一同进行油漆喷涂时,这一变革带来了多方面的显著优势。

从产品质量角度来看,此举极大地解决了口盖与车身的色差问题。在以往独立的喷涂方式下,由于不同喷涂环境、工艺参数以及材料批次等因素的影响,口盖与车身之间常常会出现肉眼可见的色差,这不仅影响了整车外观的协调性和美观度,还降低了消费者对产品品质的认可度。而随车喷涂的方式,确保了口盖和车身在同一工艺条件下接受喷涂,使得两者的颜色能够高度一致,为整车赋予了更加统一、精致的外观。

在生产效率方面,有效减少了因口盖匹配不良而引发的返修和更换情况。独立的喷涂方式增加了口盖与车身匹配的难度和不确定性,一旦出现匹配问题,就需要进行返修甚至更换口盖,这不仅耗费了大量的时间和人力成本,还可能影响生产进度。随车喷涂则从源头上降低了这种风险,提高了生产过程的流畅性和稳定性。

这种随车喷涂的做法对整车生产有着深远意义。它极大地提升了整车的匹配合格率,保障了产品能够

按时交付,满足了市场对产品供应及时性的需求。同时,高质量的颜色匹配为整车带来了卓越的外观效果,提升了产品的整体档次和吸引力,进一步增强了产品在市场中的竞争力。在未来,这种整合喷涂工艺有望在汽车制造领域得到更广泛的应用和推广,推动行业向更高质量、更高效率的方向发展。

## 参考文献:

- [1] 冉明浩,武京斌,许理璇,等.塑料充电口盖厂内喷涂工艺规划研究[J].汽车实用技术,2021(2):152-155.
- [2] 张亮,李海龙,何家志,等.充电(加油)口盖塑料基材性能及表面喷涂工艺对比分析[J].汽车零部件,2023(4):17-24.
- [3] 赵安伟,周华,易新念,等.塑料充电口盖随车喷涂[J].上海涂料,2022(2):75-77.
- [4] 苑振通,赵玉坤.浅谈塑料油箱盖随车喷涂工艺[J].现代涂料与涂装,2019(6):36-38.
- [5] 刘帅,王飞,田省伟,等.免中涂工艺条件下加油口盖色差问题的解决[J].上海涂料,2020(1):42-46.
- [6] 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.
- [7] 王婧,胡治文.涂装车间色差质量管理流程优化[J].现代涂料与涂装,2024(9):59-63.
- [8] 郝志强.涂装车间的色差控制体系的建设[J].中国涂料,2021(11):70-74. ◆

(上接第 27 页)并顺利批量生产。此次工艺升级的成功实践,可为行业同仁提供有益参考。

## 参考文献:

- [1] 王宗田,吴贵根,陈良印.浅谈涂装节能减排运用[J].现代涂料与涂装,2025(6):53-56.
- [2] 李文鹏,曹克,赖云飞,等.浅谈硅烷薄膜技术在前处理应用与管理[J].现代涂料与涂装,2025(6):12-15.
- [3] 周杰,成亚君.薄膜前处理技术在汽车涂装中的应用[J].涂料工业,2021(12):83-87.
- [4] 朱术名,顾宏.打磨印周边电泳附着力差的原因分析和解决方法[J].现代涂料与涂装,2023(3):33-35.
- [5] 王锡春,宋华,李文刚.谈电泳涂装的泳透率——推荐汽车车身绿色打底涂装最新工艺[J].中国涂料,2014(12):5-9.
- [6] 王金星,阮国庆,郭翰铭,等.冷轧板表面粗糙度与薄膜前处理效果的关系研究[J].现代涂料与涂装,2025(2):19-12.
- [7] 张金星,占梦.液态保护膜易剥离改性改善研究[J].现代涂料

- 与涂装,2024(12):65-67.
- [8] 刘海军,吴为,骆宗伟.汽车钝化薄膜前处理现场管理探讨[J].现代涂料与涂装,2024(1):57-59.
- [9] 黄冠博,周海鹏,胡益舜,等.涂装车间洁净度的管理与改善[J].现代涂料与涂装,2025,(8):42-45.
- [10] 栾珊,林晓泽.汽车涂装用薄膜中涂的实验验证与技术应用探讨[J].现代涂料与涂装,2025(1):30-32.
- [11] 赵凤鹏.浅谈涂装薄膜前处理工艺设计及应用[J].现代涂料与涂装,2025(1):58-60.
- [12] 王连,彭杨,周宪民,等.薄膜处理中离子对钝化膜的影响分析[J].现代涂料与涂装,2025(3):6-9.
- [13] 崔昆.硅烷成膜原理及常见问题的控制措施[J].现代涂料与涂装,2024(12):30-32.
- [14] 梁卫南.薄膜高覆盖率黑色环氧阴极电泳涂料的研制[J].现代涂料与涂装,2024(10):12-14.
- [15] 杨泽旭,完颜成功.涂装专业绿色前沿技术探讨[J].现代涂料与涂装,2024(8):37-39. ◆