

车门包边漆面鼓包质量问题的研究及解决

邹三千 黄小勇 张东民 迟文涛 李斌

宜宾凯翼汽车有限公司

摘要: 车门内外板扣合后包边空腔处折边胶的填充状态及涂装车间对包边上止口的密封状态和边缘的防腐起着关键性的作用。本文通过一种新的对折边胶涂胶工艺和内外板扣合方式的优化方法研究, 解决车门包边漆面鼓包质量问题。

关键词: 车门包边; 镀锌板; 防腐; 鼓包

0 前言

大多数主机厂为提升车辆整体的防腐性能以满足客户需求及增加质量竞争优势, 大量采用镀锌板替代冷轧板, 其中不少车门内板也选用镀锌板, 但在实际运用中, 因制造工艺过程未进行充分验证及更新升级时, 一些平时比较容易忽视的位置易出现新的防腐质量问题。本文主要阐述车门内板在使用镀锌板后, 在包边位置的内腔防腐质量问题的研究与解决。

1 车门现状

1.1 车门质量现状

为提升某海外项目车型的防腐能力, 某公司将该车型国内外全系的四门内外板由冷轧板切换为镀锌板。这种材料正常状态下防腐性能更好, 但在板料切口边缘未被电泳漆保护的位置, 极易出现问题。项目进入标准作业程序 (Standard Operating Procedure, SOP) 半年后, 质量部便接收到市场反馈, 该车型四门的焊缝密封胶条边缘附近位置出现不同程度的漆面鼓包现象, 如图 1 所示。

通过对库区 100 多台车的排查发现, 该问题的故

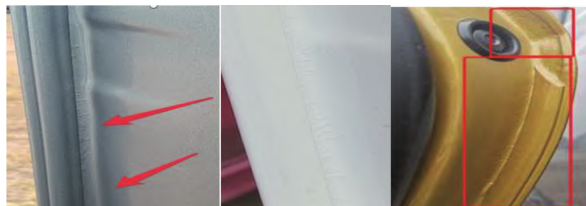


图 1 焊缝密封胶条边缘漆面鼓包

障率高达 40% 以上, 车门的三边 (铰链侧、锁扣侧及底边) 均存在不同程度的鼓包, 且位置不固定。同时, 经排查生产日期发现, 个别车在夏季生产下线入库后 3 个月便出现轻微鼓包现象。经搜寻类比对发现, 该问题同样存在于一些合资和国产品牌的近期新上市的某些中高档车型门盖上。

1.2 车门工艺现状

车门由冲压件至油漆件的主要工艺过程, 包括焊装车间作业人员使用带螺母限位的简易涂胶枪沿镀锌外板总成四周翻边进行折边胶涂布, 结构胶涂布于镀锌内板总成对应位置上后, 将内板总成手抬至于涂有折边胶的外板总成上, 放下内板总成, 使涂有胶的内外板总成扣合到一起, 然后一并送至输送带上, 再由输送带送至压机中进行包边压合。包边压合间隙小于等于 0.1 mm。从冲压机输出的车门总成单件, 再由人工对车门包边进行补焊增强焊点并打磨平整。车门安装于白车身上进入涂装车间进行电泳, 然后在车门包边上进行焊缝密封胶施工, 焊缝密封胶处于半干状态后再经过 B1B2 工艺对车门进行喷漆, 烘干后形成油漆件。

外板涂折边胶、内板涂结构胶、内外板扣合、车门焊接和车门焊缝密封胶等工序作业均为人员手工操作。因人员手工操作过程存在较大的不稳定性, 部分工序作业为后续的防腐埋下了隐患。

2 鼓包问题研究

2.1 问题剖解调查

首先针对该焊缝密封胶条附近漆面鼓包问题, 对

故障区域进行漆面完整性目视检查和故障部位剖解检查分析。通过目视检查，未发现漆面及焊缝密封胶条表面存在破损或孔洞。同时使用 PT 渗透方法验证了漆面和焊缝密封胶的完整性和密封性。通过使用刀片对鼓包漆面和焊缝密封胶进行剥离，发现锌层已成片与铁基材脱离并附着在油漆和胶条上，锌层已成粉化状态并生成白锈，且铁基材表面已锈蚀。同时焊缝密封胶下方锌层存在同样状态。经过打开外板包边，发现包边内也存在同样状态，如图 2 所示。



图 2 鼓包处剥离后内外板状态

2.2 问题原因分析

根据对故障区域的剖解检查发现，故障区域包边内对应区域的折边胶存在断胶或折边胶量较少的状态，折边胶未对包边 R 角进行填充。通过对锈蚀区域的分析，推断锈蚀鼓包的开始位置为内板切口边缘。内边切口边缘位于包边空腔内，无法进行电泳上漆，同时无折边胶包覆，水汽等腐蚀介质通过折边胶断口进入包边空腔内，形成锈蚀条件（通过渗透显色验证），如图 3 所示。镀锌板切口边缘在腐蚀介质作用下，切口边缘锌层与铁基材的结合面开始出现电化学腐蚀，开始横向扩蚀，在横向扩蚀一定时间后开始纵向腐蚀。同时经循环腐蚀试验（镀锌板不易进行中性盐雾试验）模拟验证在高温、高湿作用下，温湿度越高，扩蚀速度越快。在腐蚀介质（如水汽和空气等）作用下，锌层作为阴极的保护层先被腐蚀，此时腐蚀的方向为横向扩蚀为主，纵向扩蚀为辅（即横向扩蚀速度大于纵向扩蚀速度）。电化学反应过程中产生的气体无法及时排出（仅针对有油漆等覆盖的致密条件），局部压力增加，汇同疏松多孔的锈渣一起，导致油漆层连同锌层从铁基材上逐渐鼓起，形成局部鼓包，最终大面积脱落。经试验跟踪观察，腐蚀位置的锈蚀痕迹颜色展现随着

时间的推移由白色变为黑色，最终变为红色（即白锈—黑斑—红锈）。

经跟踪制造过程人员涂布折边胶的状态，发现施工过程中折边胶较易存在断胶、胶距过大及胶径过小等问题，如图 3 所示。其次，在内板往外板上扣合时，内板底边先与外板底边的折边胶进行接触，在扣合放置过程中，内板易导致外板底边的折边胶位置发生变化，导致内外板间无折边胶或胶量较少，压合后使包边内空腔与外部环境贯通，形成腐蚀条件。

排查焊装工艺折边胶终版 PDM 的要求，折边胶的胶距为 (10 ± 1) mm，胶径为 2 ~ 3 mm，同时在拐角处的胶距要求为 (20 ± 2) mm。同时经调查发现，项目开发前期为解决车门焊缝密封胶的胶泡问题，在未进行防腐评审及验证的情况下直接将折边胶的工艺要求进行了调整。通过剖解常规车门，发现在终版 PDM 工艺要求的胶距及胶径条件下，包边 R 角基本无折边胶填充，同时在腰线和门角拐角区域，内板无法填压外板边上的折边胶，造成包边空腔内无有效密封性。再次，在涂装过程中，未对包边上止口进行胶密封（涂装 PDM 图未进行要求），导致大量水从包边上止口进入包边空腔内，加速了腐蚀。

2.3 问题预防及解决

根据对问题的研究，解决方向为：①优化折边胶的胶距及胶径，同时细化门边不同型面处的折边胶涂胶要求；②优化内板与外板的扣合方式；③涂装车间利用焊缝密封胶对包边上止口进行密封。

通过实物及剖解验证，在尽量不影响其他过程（如包边溢胶、焊缝密封胶胶泡等）的情况下，进行改进：①将折边胶的胶距调整为 (5 ± 1) mm，胶径 3 ~ 4 mm；腰线处的胶径走上限，胶距取下限，以足够填充空腔区域；包边翻边宽度变窄区域胶距取上限以减少溢胶；

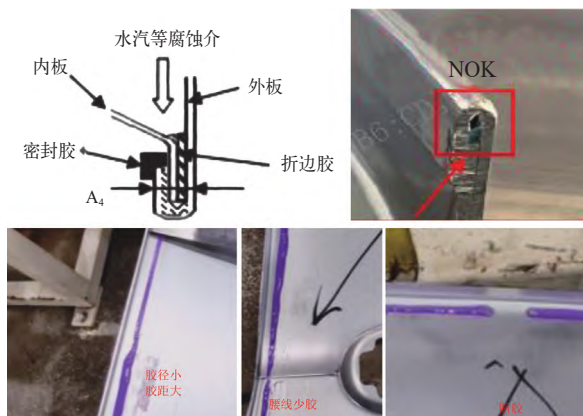


图 3 腐蚀原因—折边胶缺陷

底边拐角胶距调整为 (15 ± 2) mm；②内板在与外板扣合时，将内板底边与外板底边接触后放平，切勿内板底边在与外板底边接触前将折边胶刚蹭破坏，造成 A 区填充不充分；③在涂装电泳后利用小刷子蘸取焊缝密封胶对包边上止口进行密封作业。在后续新车型的开发中，车门折边胶和焊缝密封胶的涂胶状态需满足如图 4 所示要求并通过验证确定（注：折边胶对翻边的填充量应 $\geq 1/2h$ 翻边宽度，至少应将 R 角填充完整及保证 A 区的填充性）。

最后，为避免人工涂胶作业的不稳定性（即便是使用了限位工具），实施机器人涂胶及自动扣合，同时优化机器人涂胶的相关作业参数和内外板扣合方式，以达到最佳的涂胶效果，保证包边空腔内的密封性。

3 车门涂胶密封性检查

因车门各处的造型弧度影响，内外板在扣合及包边压合后，边缘各处内外板间的间隙各不相同，在腰线及门角处间隙较大，折边胶对包边 R 角的填充密封效果不相同，因此需检测折边胶对包边 R 角的密封性。密封性检查一般采用的方法是直接剖解目视检查或对 R 角进行打磨后检查（用磨片打磨 R 角，外板短侧在打磨过程中自动脱落，用外力将内外板撕开，观察撕裂后板材上折边胶分布状态）。因剖解或打磨时折边胶可能会随板料被带走或打磨剖解过程中折边胶被无意地造成缺失，对判定结果造成偏差。本次问题解决过程中找寻了一种新方法对胶的密封性进行检测，采用渗透着色法（颜色浸透干燥后再剖解）检验折边胶或 PVC 密封胶对包边的密封性。

3.1 试验材料及工具

试验材料包括着色渗透剂（首选红色）、门盖件（电泳+PVC 密封胶）、防割手套、擦净布、张力钳、铁锤和记号笔等。

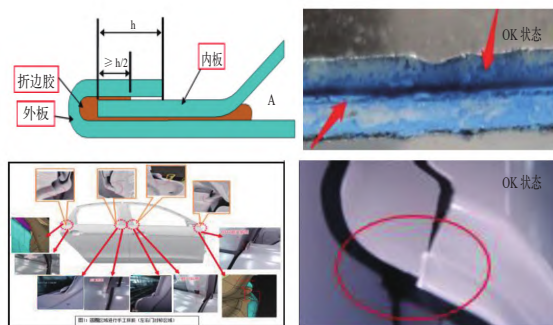


图 4 包边及止口涂胶填充要求

3.2 渗透着色操作步骤

(1) 将零件竖立放置（任意需试验一边先挨地面侧即可）。

(2) 将渗透剂摇匀（摇晃 15 ~ 20 s），从零件内板大孔中向包边内腔喷射一定量的渗透剂。

(3) 将零件竖立并左右侧摆，让渗透剂充分流至折边胶区域。

(4) 将喷有渗透剂一侧靠地面放置 10 ~ 15 min，让渗透剂充分浸润入缺陷处。

(5) 将零件换一边靠近地面竖立放置，重复步骤 2 ~ 4，对其余边缘进行渗透浸润。

(6) 利用擦净布，尽可能多地将夹缝表面多余的渗透剂擦掉。

(7) 零件放置 1 ~ 3 天（根据室温不同，放置时间不同，亦可使用压缩空气对内腔进行吹气加速干燥或直接烤干）。

(8) 待渗透剂干燥后对零件进行包边剖解，并进行密封性评价。

3.3 评价规范

评价结果定义分为 A、B、和 C 三个等级。

A：合格（OK），无渗透。B：让步接受（COK），有渗透，但未渗透至包边根部 R 角。C：不合格（NOK），渗透至根部 R 角，评价结果及说明见表所示。

表 渗透显色检测结果判定

结果	说明	图示	等级
OK	折边胶贴合紧密，无向下渗透		A
COK	轻微向下渗透		B
COK	由胶孔向下渗透，但未到根部 R 角		B
COK	由胶孔向下渗透，但未到根部 R 角（R 角填充饱满）		B
COK	端头，渗透长度 ≤ 20 mm		B
NOK	端头，渗透长度 > 20 mm		C
NOK	向下渗透至根部		C

4 结语

本文通过对包边空腔内镀锌板边缘因无法电泳且未有效保护导致包边附近漆面鼓包问题的解决,巩固和固化了折边胶的施工工艺标准及折边胶涂覆状态对防腐起到的作用;探讨及试验了一种质量检验方法——渗透着色法,来检测车门包边的密封性。经过1年以上(经历夏天室外高温高湿环境)整改后,车身零件的锈蚀跟踪,确定车门包边漆面鼓包问题得到解决。

参考文献

- [1] 徐文欢. 车身覆盖件用折边胶涂覆质量问题分析及控制措施[J]. 汽车工艺与材料, 2019(3):9-13.
- [2] 王仁宏. 折边胶的涂布方法及质量检测[J]. 科学与信息化, 2016(35):44-47.
- [3] 陈拯. 汽车常见腐蚀问题分析及改进措施探讨[J]. 环境技术, 2010(31):37-41.
- [4] 黎敏. 典型汽车用镀锌板耐腐蚀性能研究[J]. 表面技术, 2023(4):295-303.

(上接第52页)

发盖的时间,提高了生产效率,在生产时间不变的情况下可生产更多的汽车。

减少用工成本:每天节约 $1.25 \times 2 = 2.5$ h(双班次),按发盖工位3个员工的配比计算:52元/h $\times 2.5$ h $\times 3 = 390$ 元,每月节省人工成本390元/月 $\times 24$ 天=9360元/月。如果将节省的时间用于生产汽车,则每天可多生产: 2.5×3600 s $\div 79$ s/台 ≈ 120 台,产值提升:120台 $\times 10$ 万元/台 ≈ 1200 万元,每月(24天)增加产值约2.88亿元,极大地提高了公司的竞争能力。而开发一套此种辅具的成本仅约3万元,远低于使用辅具带来的收益,实现了小投入大回报的目的。

以上的产量和产值是基于整条生产线都能同时提高生产效率的情况下进行分析所得。在实际生产过程中,生产节拍会受到多种因素影响,只有不停地优化才能不断提升生产效率,提高企业的竞争力。

4 结语

通过对本文中用辅具来安装和调试发动机盖后的车辆进行测量和分析,可知通过改善生产线装配工艺或增加相应的工装辅具,就能实现效率的提升,也为后续车型开发提供了技术和数据支持,最终同时实现了降低开发成本和提高生产效率的目的。

参考文献

- [1] 高建军. 轿车白车身门盖尺寸调试与匹配方法探讨[J]. 企业技术开发, 2014.3(22):26-55.
- [2] 尹雪松,等. 浅谈轿车门盖关键零件的定位及尺寸的调试方法(一)[J]. 电焊机, 2013.43(6):39-43.
- [3] 尹雪松,等. 浅谈轿车门盖关键零件的定位及尺寸的调试方法(二)[J]. 电焊机, 2013.43(7):80-87.