四门二盖PVC气泡成因及优化方案

□ 上汽大众汽车有限公司/王瑞林 张云飞 夏朝峰

整车厂油漆车间使用的PVC焊缝密封胶，具有防腐、密封、减振等作用，但是PVC气泡的产生将影响到车身的密封性、外观，而且会造成腐蚀的隐患。结合目前生产的实际经验，产生气泡的主要原因有：空腔形成因素、油污因素、水分因素和PVC因素。本文针对四门二盖PVC气泡，分析气泡产生的原因，做出相对应的措施，解决四门二盖PVC气泡问题。

PVC焊缝密封胶是由聚氯乙烯树脂、增塑剂、稳定剂、触变剂和附着力促进剂等构成的高固体分、无溶剂型粘稠膏状涂料，它的固体成分高达95%以上，适用于高压涂胶枪设备以及大型机械喷涂。PVC焊缝密封胶具有很好的弹性，优良的耐腐蚀、耐磨、密封及减振性能，可以起到密封、防腐、防漏水、隔噪声以及提升整车外观美观的作用。

PVC焊缝密封胶喷涂质量的好坏直接影响到车辆的密封性、防腐蚀以及外观的美观，一般要求PVC焊缝密封胶要有突出的触变性，在堆积到一定厚度的时候，可以保持棱角，不产生流淌，在热烘烤下，PVC胶发生胶化反应，变成一种不可逆转的弹性物质，胶化机理是PVC胶变稠（黏度增加），增塑剂开始进入PVC粒料并使之膨胀（胶黏度上升、液相消失），胶化过程继续直至固化表面的胶层，并且具有弹性、不会裂开、外观平顺，对中涂油漆和表面油漆不会产生色变。

四门二盖PVC气泡（见图1）是油漆车间主要的质量问题之一，PVC焊缝密封胶气泡不仅仅影响表面外观，还会增加人员返工工时、动能以及材料的浪费，同时对车身密封质量造成不良的影响。如果PVC气泡数量较多，还有可能造成油漆车间停止生产线的后果。本文对PVC焊缝密封胶气泡成因进行了分析，并总结经验，给出了优化方案。

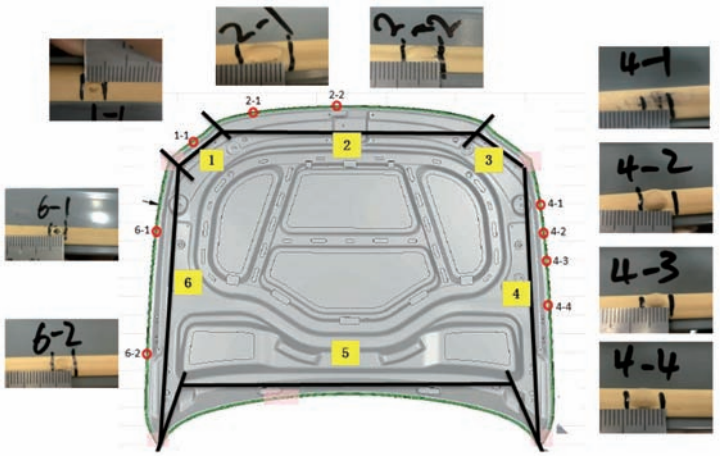


图1 四门二盖PVC气泡

PVC气泡的状态以及形成原因

1.PVC气泡的分类

对四门二盖PVC气泡进行解剖，出现了以下情况：

（1）气泡位置在PVC的中央，直径小于PVC宽度的1/2（一般抱怨）。

（2）气泡位置在PVC的中央，直径大于PVC宽度的2/3（重点抱怨）。

（3）气泡位置在PVC的中央，直径小于PVC宽度的1/2，PVC胶层薄，气泡易破裂（重点抱怨）。

（4）气泡位置偏移PVC中央，直径小于PVC宽度的1/2（重点抱怨）。

2.PVC气泡形成的初步分析

四门二盖折边处PVC胶具有良好的触变性，堆积一定厚度时能保持棱角状态，不产生流淌。在热烘烤下，PVC胶发生胶化反应，变成不可逆转的一种弹性物质，胶化机理是PVC胶变稠（黏度增加），增塑剂开始进入PVC粒料，使之膨胀（胶黏度上升、液相消失），胶化过程继续直至固化。若PVC中混入空气、水分或其他杂质后，在热烘烤下，水分或空气从胶水中排出的过程中就容易产生气泡。气泡在PVC的表面形成凸起的小疙瘩，剖面后是中空的（见图2）。

图2　气泡形成的小疙瘩

根据以往的经验，产生气泡的原因如下：

（1）空腔形成因素。主要有：折边胶水过多，胶水位置偏移，滚边压力波动，外板与内板的压合程度不一，折边厚度，内、外板的切口毛刺。

（2）油污因素。冲压单件的油污。

（3）环境因素。环境湿度。

（4）PVC因素。 PVC位置、PVC厚度和PVC工作环境。

PVC气泡原因的验证、排查

1.空腔形成因素

通常车身四门二盖包边（见图3）有两种方式：滚轮滚压包边和模具折边包边。无论哪一种包边方式，都要求包边后四门二盖的边缘平滑光顺，没有波浪和明显的褶皱，内、外板包合处不能对表面造成损伤和任何的形变。在项目初期，无论是折边还是滚边，都会出现压合不严、压合厚度不均匀、圆弧不顺等问题，造成内、外板包边状态不好，不能达到理想的工艺状态。

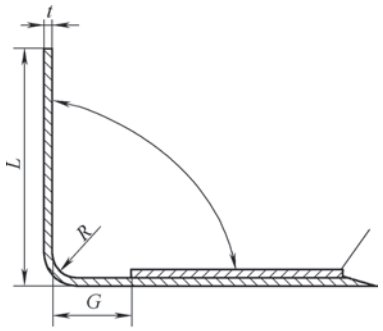


图3　翻边的几何参数

注：L——翻边长度（mm），ϕ——翻边角度（°），R——翻边圆角半径（mm），t——板厚（mm），G——边缘间隙（mm）。

下面以滚边为例，分析下空腔产出气泡的原因（见图4）：滚边咬合b区域，涂胶覆盖面积要求≥30%，因为有涂胶层的存在，未涂胶的区域存在间隙，给电泳空腔的产生创造了条件；滚边咬合b区域，涂胶覆盖面积≥100%，涂胶层溢出板材边缘，在涂胶的区域形成胶水空腔；在涂PVC后，胶中含有的$CaO/CaCO_3$填料容易吸收水分产生空腔，空腔中的空气经烘烤后膨胀将PVC胶顶起形成中空的气泡。

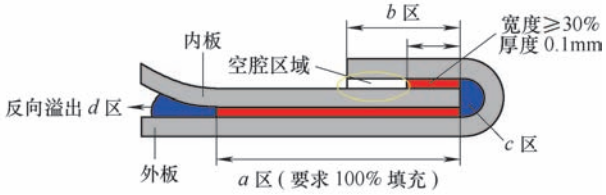


图4　空腔产出气泡

（1）折边胶水过多。折边胶水过多，导致b区胶水填充比例超过100%，胶水溢出外板切边，形成胶水空腔（见图5a）。

（2）胶水位置偏移。*a*区胶水填充比例小于100%，*b*区胶水填充比例超过100%，胶水溢出外板切边，形成胶水空腔（见图5b）。

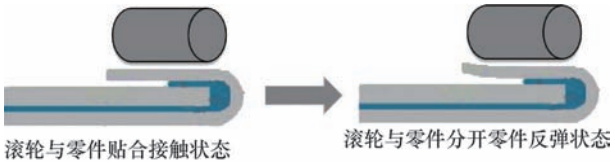
（3）滚边压力波动。内、外板的匹配程度不一，滚边压力曲线不一致导致局部胶水溢出外板切边，形成胶水空腔（见图5c）。

（a）折边胶水过多　（b）折边胶位置偏移　（c）滚边压力波动

图 5

（4）外板与内板的压合程度不一。理论状态下，滚边后，外板、内板、外板呈平行状态（见图6a），但是外板正常咬合后，零件会有反弹，形成空腔（见图6b）。

（a）理论咬合状态



（b）贴合后接触状态与分开后零件反弹状态

图 6

（5）折边厚度。折边压紧的厚度过大导致内、外板之间间隙大，在热烘烤下，较大的空间引起PVC气泡。标准滚边厚度：*H*=2*h*(外板)+ *h*(内板)+0.2±0.2mm=2.4mm（见图7）。

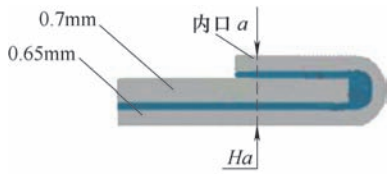


图7　标准滚边厚度

（6）内、外板的切口毛刺。内、外板的切口毛刺导致压合后的零件，存在较大间隙，形成空腔。

2.油污因素

单件上油污的存在会增加咬边区域空腔的产生，单件擦油与不擦油的对比试验如图8所示，发现擦油后可大量减少直径小于2.0mm的PVC气泡。

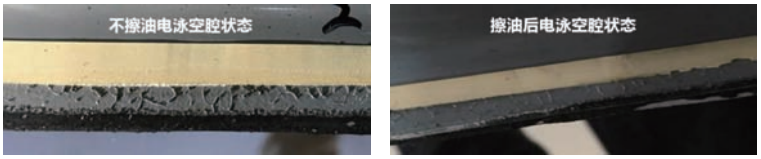


图8　擦油与不擦油的电泳空腔状态

3.环境因素

在小长假或者休息后的工作日总能发现四门二盖PVC气泡抱怨率上升，这是由于零件长时间放置后，折边胶吸收了空气中水分或者其他杂质，增加了质量，从而导致PVC气泡的增加。胶水质量以及气泡的产生情况随放置时间的变化如图9所示。

为了验证PVC气泡产生是否与环境因素有关，进行了对比试验。恒温恒湿下与常规状态下对比，发现气泡并未有增加；而采用胶水烘干预加热法和常规状态对比，发现PVC气泡明显减少（见图10）。

4. PVC因素

油漆喷涂PVC的过程也是至关重要的，PVC喷涂的好坏决定了PVC气泡的产生与否。空气进入PVC中有以下几种可能性：

（1）PVC泵压盘漏气导致密封性差，从而空气和PVC混合一起进入输胶管道。

（2）清洗管道、过滤器时，当中的空气未完全清除。

（3）操作工喷涂过快，未按操作指导书操作，导致PVC未完全覆盖切边的接缝处，形成空腔。

（4）工作温度过湿，PVC吸收水分过多，在加热过程中，形成空腔。

优化方案

（1）首先考虑零件状态，要确保单件的稳定性，控制冲压单件表面的油、切边毛刺的状态，解决不确定因素导致的PVC气泡。

（2）其次有针对性地涂胶轨迹的优化。对胶水位置偏移的优化

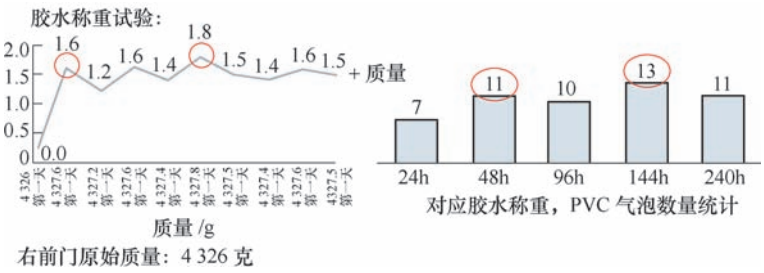


图9　放置时间与PVC气泡的关系

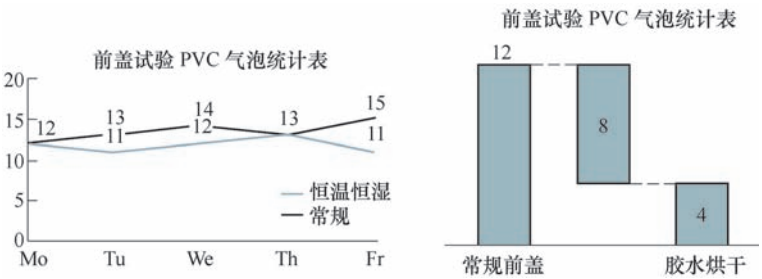


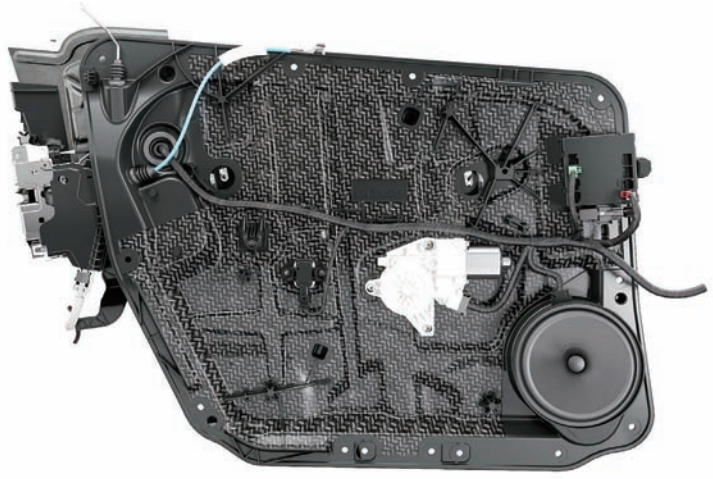
图10　胶水预加热与常规门板的PVC气泡状态

胶水位置；对胶水状态不佳的调整胶嘴与零件的距离；零件拐角处比较容易缺胶，优化胶水轨迹过渡；增加断点程序，有利于调整胶水轨迹，使胶水涂的更顺；胶水时细时粗可以优化轨迹逼近速度；轨迹起始点与结束点容易堆积胶水，使胶水过多，进行优化。

（3）胶水量调整。如果是整段过多或过少可以直接更换胶嘴直径；局部调整调水量可以优化机器人涂胶速度以及胶水压力。

（4）胶水温度。理论温度与实际温度的监控，确保在工艺状态下完成涂胶；现场对胶水直径与涂胶状态的检查，尤其确保人工涂胶的状态。

（5）滚边状态的优化。滚边厚度过大进行压紧，但是要注意表面的变化，防止出现瘪塘或其他缺陷，滚边厚度过小适当放松，但是要跟踪后道的状态，防止由于开口过大导致PVC开裂等问题；在确保滚边厚度的情况下，优化滚轮确保内、外板平行度一致，降低产生电泳空腔，减少气泡的产生；检查压边圈压实状态（蓝油匹配），防止有未压紧或者过紧的情况，最好有定期的检查；还有种情况，可能是压边的边口未咬死，这需要调整滚轮位置，如果是折边，则需要研配胎膜，使之与零件匹配。



（6）零件周转实行先进先出，避免零件滞留太久的情况发生。有条件的情况下，确保车间恒温恒湿，有效降低抱怨。

（7）机器设备检查。PVC喷涂过程着重检查机器，做好点检，预防空气进入PVC；清洗管道、过滤器时，当中的空气需要完全清除；电泳后，设置压缩空气吹扫、增加加热、烘干设备，去除水分和杂质；人工涂PVC的地方需要持证上岗，严格遵照操作指导书，避免气泡的产生；控制油漆车间的环境，保持恒温恒湿。

结语

四门二盖PVC气泡问题将严重影响车身密封性质量、防腐以及美观，因此，减少PVC气泡的产生就显得尤为重要。在生产过程中，如果发生文中所述情况，不管是什么车型或是什么零件，都可以借鉴以上的分析和优化方案。当然，目前还有一些难点仍无法完全攻克，比如：外板单件的咬合后回弹，咬合后呈开口状，无法完全做到咬边外口的封闭；内板折边区域局部的波浪，滚边压力稳定性会受到影响；还有外板回弹的稳定性，对折边胶喷涂位置稳定性起着关键性作用。这些难点有待日后进一步的研究与实践，以求得到完美的解决方案。

AUTO1950