

汽车风挡胶粘结原理及失效模式分析探究

靳朝举，王玉静

北京奔驰汽车有限公司 北京 100176

摘要：单组份聚氨酯胶在整车组装车间有广泛的应用。结合实际的经验，从汽车风挡胶的粘结原理，失效模式以及施工工艺进行了探究阐述，具有较高的生产应用和实际指导意义。

关键词：涂胶；风挡玻璃；粘贴原理；失效模式；工艺流程

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.08.002

随着我国现在汽车制造业的不断发展，汽车胶粘剂的开发速度也在逐渐加快，现在汽车方面涉及到的胶粘剂已经超过了四十余种。而且我国已经把胶粘剂和密封剂的高新技术科研开发列为了精细化开发的重点项目，专门针对汽车装配行业开发专门的用胶，不断提升原有的胶粘剂粘结强度，降低了固化的要求，减少了胶粘剂在环境方面的污染。

汽车风挡玻璃采用胶粘剂进行密封，可以很好地避免汽车玻璃出现漏水、漏油、漏气的现象发生，因为胶粘剂有很好的粘结和密封作用。在汽车装配中风挡玻璃常用的胶粘剂有聚氨酯胶、氯丁橡胶等。

聚氨酯的主链柔性很好，其最大特点是耐受冲击振动和弯曲疲劳，剥离强度很高，耐候性好，使用寿命长；粘结性能好；在汽车链接技术中有广泛的应用，主要有单组分和双组份之分。相较于双组份的固

化速度快且可以通过组份间不同比例而进行调节，环境适应性强，不受空气湿度影响，但是需要针对两种组分的设备。单组分的聚氨酯玻璃胶需要的设备比较简单，但是受到空气中湿气由外而内扩散速度的影响比较大。因此，聚氨酯胶的选择需要综合考虑成本，工艺复杂性等；

本文主要针对单组分的聚氨酯玻璃胶的工作机理，其和组件粘结原理，潜在的一些失效模式及可能的原因，以及相应的工艺流程进行了探究阐述。

粘结机理

聚氨酯（Polyurethane或PU）是一种高分子物质，由带有氨酯键（-NHCOO-）的有机结构单元组成的长链构成，其靠空气中的湿气自动固化，无需加热烘烤；聚氨酯胶粘剂因本身具有较强的活性，因此对

各种材料具有良好的粘结性能，对金属、大理石、陶瓷、玻璃、水泥制品、木材及大多数的塑料制品均有良好的粘结性和密封性。

为了使被粘物和胶粘剂形成良好的粘结接头，必须研究胶粘剂与被粘物之间发生的物理和化学变化，从理论上进行解释。

1.物理粘结——浸润

当液体与固体接触时，液体的附着层将沿固体表面延伸。当接触角 θ 为锐角时，液体润湿固体，若 θ 为零时，液体将展延到全部固体表面上，这种现象叫做“浸润现象”。润湿现象的产生与液体和固体的性质有关，如图1所示。

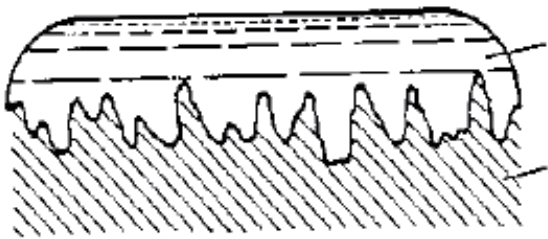


图1 单组份聚氨酯胶物理粘结

2.化学粘结

单组分聚氨酯胶的固化原理都是体系中的异氰酸酯基团与体系内或者体系外含活泼氢的物质发生反应（见图2），生成聚氨酯基团或者聚脲，从而使得体系强度大幅提高而实现粘结的目的。

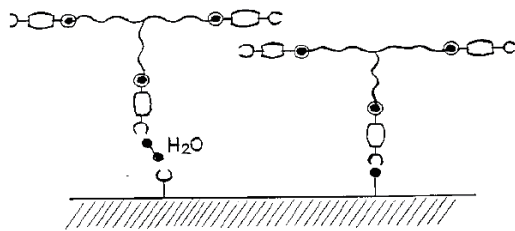


图2 单组份聚氨酯胶与水分子反应过程

在本文中单组分的聚氨酯胶的被粘物分别为车身漆面以及风挡玻璃（见图3）。

（1）触媒剂工作原理 当触媒剂涂刷在玻璃陶瓷层上面后，其与陶瓷层发生化学反应生成化学键，

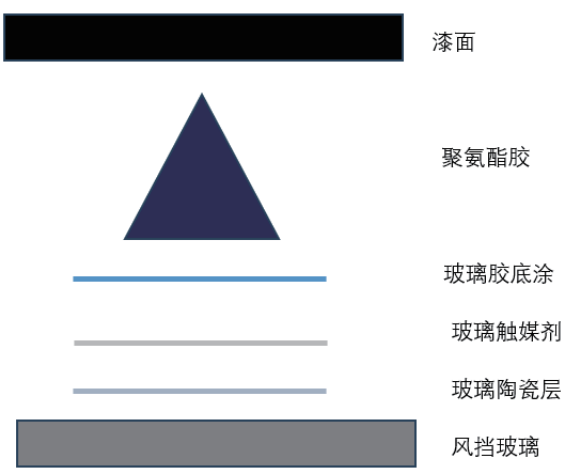


图3 相关的组件的结构图

起到强有力的粘结作用。同时，硅与氢形成的化合物及硅烷具有降低玻璃表面张力、增加底胶浸润性的效用，从而促进粘结效果。

（2）底涂的工作原理 是一种用于增强涂料与基材之间附着力的处理剂。它通常通过喷涂或涂刷的方式施工于基材表面，能够润湿底材，同时辅助增强底材与油漆或胶水之间的粘结力，提高牢靠度。

底涂剂的作用机理还包括机械结合和化学键结合。机械结合通过底涂剂与底材之间的物理咬合作用实现附着力的提升。化学键结合则是通过底涂剂中的活性基团与底材表面的原子或基团发生化学反应，形成化学键，从而增强附着力。底涂剂还可以提高涂料与底材之间的范德华力，通过提高涂料对基材的润湿性，使涂料能在固化前尽量完全地湿润、贴近基材表面，从而提高范德华力并最终提高涂膜对底材的附着力。

此外，底涂剂还可以提高可反应基团，如氨基、羟基、羧基等，为形成氢键、化学键创造条件，从而进一步改善附着力。单组分的聚氨酯是通过与空气中的水分缓慢反应从而增强膜强度的过程。

（3）玻璃胶固化工作原理 整个聚氨酯固化原理其实就是内部的化学成分发生了一定反应，从而形成良好的粘连特性，在和其他的产品相结合的过程中，借助空气中的潮气发生固化反应，成分中的NCO异腈酸酯与空气中的水汽反应从而固化实现有效粘连，如图4所示。

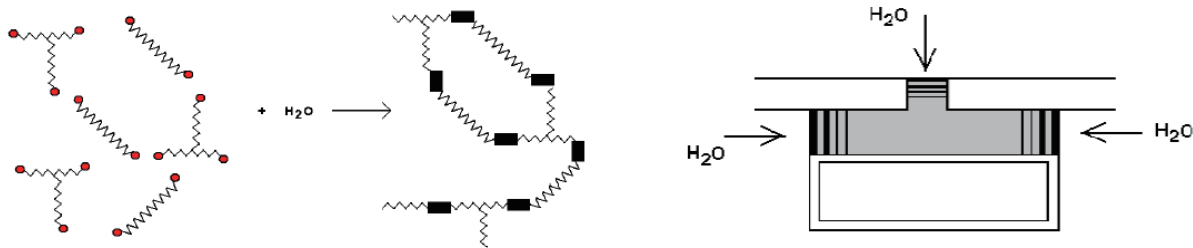


图4 聚氨酯固化工作原理

失效模式分析

本文结合实际的经验，总结了一些常见的失效模式以及相应的原因分析及对应的措施。

1.单面/双面不粘

(1) 问题描述 风挡胶和玻璃或者车身出现不粘的现象，导致漏水或者风噪。

(2) 原因分析 导致该现象发生的原因比较多：第一，涂胶面如果表面清洁度不足或者受到其他物质的污染比如含酒精类物质、汗渍、油及蜡等有机物质，就会导致风挡胶和被粘物离骨的现象发生；第二，在玻璃上涂胶后长时间放置不安装，就会导致胶表层出现表干的现象，固化时间不足导致装配后离骨现象的发生；第三，玻璃触媒剂和底涂在未干的情况下进行下一步的施工导致后续问题的发生，所以需要定义玻璃触媒剂和底涂的有效活性时间，这取决于存储环境的温湿度条件，经验值为触媒剂20s~24h，底涂5min~72h。

2.噪声问题

(1) 问题描述 车辆顺利下线在路试或者行驶过程当中，出现的风挡玻璃区域噪声。

(2) 原因分析 固化速度主要受时间、温度和湿度的影响。冬季在低温低湿条件下，玻璃胶固化速度非常慢，如果在路线或交付时无法达到一定的固化程度，硬度不够，则会产生由于玻璃固定力不足而产生的噪声。这种条件下需要增加风挡胶施工环境的温湿度以及固化的时间，固化后再完成交付。

3.漏水

(1) 问题描述 在水试的过程中，出现涂胶区域

的漏水现象。

(2) 原因分析 一是由于风挡胶的问题而产生漏水的原因比较多，比如说局部断胶，风挡胶没有覆盖车身钣金结合处；二是风挡胶结合处搭接不良；三是风挡胶和玻璃或者车身出现不粘的现象导致进水；四是风挡胶位置出现偏差导致的密封不良；五是在车身的转角处，风挡胶和车身匹配不良导致微小的间隙存在。

4.断胶问题

(1) 问题描述 在涂胶设备涂胶的过程中，出现局部的胶型不连续，如图5所示。



图5 局部断胶

(2) 原因分析 主要原因是胶内混入空气导致，空气多为胶桶更换后未将空气排尽以及在罐装过程中导致的气泡混入胶内。

5.倒胶/溢胶

(1) 问题描述 在风挡装配前发现胶已发生倒塌或者风挡装配完成后出现溢胶的现象。

(2) 原因分析 第一，在涂胶过程中的转角处速

度过快导致胶型倒塌，需要合理配置在不同位置时涂胶的速度；第二，胶嘴和风挡玻璃的距离过大，导致在涂胶过程中，胶型倒塌，一般胶枪嘴和玻璃的距离控制在3mm左右；第三，涂胶机的温度设定过高导致胶温偏高，这时胶材料黏度会降低，在同样的涂胶速度下，材料挤出过多，导致倒胶。这时需要检查设备的加热系统，控制在规定的要求范围内；第四，由于玻璃胶为高分子材料，黏度和温度强相关，温度越高其黏度越稀，则其流动性越好，这时胶表面的张力也越小，在玻璃安装后在压力的作用下会出现溢胶的情况，所以合适且稳定的温度设定不仅可以保证材料有良好的施工流动性，同时还能够保证材料施工过程中有良好的形状保持。

6.拉丝问题

(1) 问题描述 当涂胶结束时，胶型会出现一条很长的“尾巴”，容易导致胶涂在规定区域之外，出现脏污以及胶型不良的现象

(2) 原因分析 第一，胶温过低导致拉丝的现象发生，可以适当提高加热温度；第二，胶的黏度过高，需要检查其黏度是否符合要求，如果不符合要求则需停止使用；第三，如果遇到节假日长时间不施工，需要避免长时间加热，这样会改变材料的性质，在间断施工后需要进行更换胶嘴以及进行排胶的操作。

施工工艺

结合聚氨酯胶的工作原理以及失效模式，制定出适合胶本身性能的工艺流程。

(1) 车身侧 由于表面清洁度与最终的粘性正相关，所以需要车身进行除蜡和除尘的操作

(2) 玻璃侧 包括清洁，触媒剂，底涂以及玻璃的安装

1.清洁

- 1) 将酒精湿润在清洁布上。
- 2) 使用湿润了酒精的清洁布清洁风挡框，清洁时需要在—个方向进行擦拭。
- 3) 上下风挡框需要由中心向外进行清洁，左右外边缘风挡框需要从上至下进行清洁。

- 4) 为了合理使用清洁布，需要定期更换清洁布。

2.触媒剂

在玻璃陶瓷层的表面用毛毡或者纱布均匀的涂抹—薄层触媒剂，自然表干或用干净的纱布擦干即可。

3.底涂

- 1) 底涂使用前应进行充分的震荡摇匀，且底涂需要均匀的涂刷在被粘物的表面。
- 2) 在表干时间内进行安装操作。

4.玻璃安装

玻璃在涂胶后应该立即装配，最迟不得超过5min内安装到车辆上，通过固定工装以及检查量具调整好间隙，不要串动位置并用胶带固定防止出现下滑。

结语

通过对聚氨酯胶的工作原理的探究，以及其在实际应用中的失效模式的分析研究，制定出符合其性能要求的工艺，为今后类似问题的出现的快速解决提供了可参考依据，具有较高的工程应用价值。 **AUTO1950**

(上接第42页)

结语

本项目开发的新能源汽车电动机壳体定子孔测量装置通过创新的机械结构设计，有效解决了传统测量方法在成本、效率和功能集成方面的技术瓶颈。该技术的成功应用为电动机壳体制造过程提供了高效可靠的质量控制解决方案。未来研究可着重于测量机构的智能化升级和更复杂型面的适应性改进，以进一步拓展其在新能源汽车动力总成精密加工领域的应用价值。

参考文献:

- [1] 王冬，薛飞，周世楠，等. 孔口双倒角深度检具的设计[J]. 机械制造，2023 (8) : 90-92.
- [2] 薛飞，王其龙，江豪，等. 曲轴斜油孔漏加工检测装置的设计[J]. 汽车工艺师，2023 (3) : 55-57.

AUTO1950