



车身结构胶单面粘及回弹效应问题分析及解决

□ 北京奔驰汽车有限公司 / 靳广林 徐文欢 赵立斌

涂胶工艺是汽车白车身制造中非常重要的一环，车身涂胶不仅可以提升车身的强度和刚度，还可以提高车身的减振降噪功能和密封防腐性能。在焊装车间，涂胶分为

人工涂胶和机器涂胶，其中在自动涂胶工位，尤其是和安全相关的胶段，都配备有摄像机辅助检查系统，涂胶质量被实时记录（见图1）。而无论哪种涂胶方式，由于车

间生产环境复杂、影响因素众多，难免会造成涂胶缺陷。在涂胶缺陷中，常见的问题类型有胶缺失、胶位置错误、单面粘、回弹效应、零件间隙大等缺陷，其中单面粘和回



图1 人工涂胶设备、机器涂胶设备和摄像机辅助检查设备

弹效应是生产过程中发生频率最高的问题，因其影响因素多，导致其解决也较为复杂。

本文以北京奔驰某车型的车门结构胶单面粘、回弹效应两种问题缺陷为研究对象，探究分析不同条件对车身结构胶质量的影响，得出最佳的解决方案，从而为车身其他部位以及其他车型提供借鉴经验和解决思路，提高整车车身的连接强度和防腐性能。

单面粘与回弹效应的问题判定

近年来，有机胶黏剂有了越来越广泛的应用，胶接技术亦已发展成熟，并成为胶接、焊接、机械连接当代三大连接技术之一。白车身上所用的结构胶是胶黏剂的一种，其通过粘附力和内聚力由表面粘合而起连接物体的作用（见图2）。粘附力指某种材料附着于另一种材料表面的能力，内聚力是破坏面没有任何正应力作用下的抗剪强度。

在车身上焊接装配金属零件时，零件很容易发生形变。例如工装夹具对零件的固定和挤压，或者焊点在板材之间的挤压，都对板材施加了力的作用，因此造成了板材的变形。另外，在喷漆车间电泳后的烤箱里，由于不同的热膨胀系数，在加热的过程中，板材间会发生相对移动。由于变形后的弹性恢复，板材会从原始的变形位置发生位移，发生回弹。当板材发生回弹时，板材之间的体积增大，由于胶的黏度较高，空气进入板材之间的膨胀空间，并在板材一侧隔离粘胶，因此胶与板材之间的连接失效，在固化后，胶不能连接两侧的板材，此时称其为回弹效应。当粘胶被两侧板材挤压固定后，由于板材表面的原因或者板材的变形而使其在固化后只有一侧板材发生了粘结的情况，此时我们称其为单面粘。

白车身结构胶会进行破坏性检查（又称剔试），剔试的主要过程

如图3所示，其通过断裂面的好坏来检验结构胶质量的好坏，断裂面的检查指标有断裂面宽度、断裂面长度和断裂面断裂形态，根据缺陷长度及其所占整个胶段的百分比，可将缺陷评为1、2、3、4四种不同级别的缺陷。

原因分析及试验设计

为明确哪些因素能造成结构胶单面粘和回弹效应的问题，首先对结构胶单面粘、回弹效应问题进行了系统分析，列出了如图4所示的鱼骨刺图，并从中选取板件开合、上件错动、点焊空点、夹具夹紧力、板件残油和零件匹配等6个主要因素进行分析，由此确定问题发生的根本原因。

由于试验影响因素较多，如果采用正交试验方法和车身零件进行试验设计，必然会极大地提高试验费用和时间成本，因此，从节约成本和提高效率的角度出发，试验方案采取单因素试验和试片的试验设计。

单因素试验即在安排试验时只考虑一个指标对试验结果的影响，其他因素保持不变。针对本次试验，即分别设计六组试验分别探究每个因素对结构胶质量的影响，设计方案见表1。

试验的试片采用冲压车间的车门用钢板，每组试样采用两个试片，试片及试验的具体参数见表2。

试验条件

在焊装车间的人工工位上按照如上试验设计完成样件的制作，其中，为尽量减少人为因素带来的影响，样件的夹持由相同的人员完成，焊点的焊接由相同的人员完

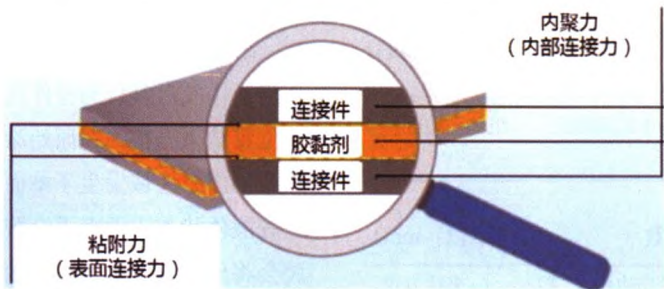


图2 胶连接示意

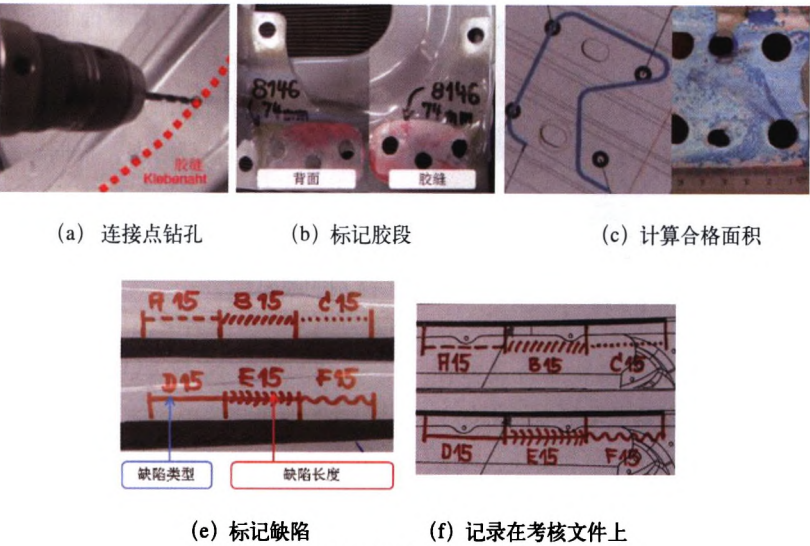


图3 结构胶测试流程

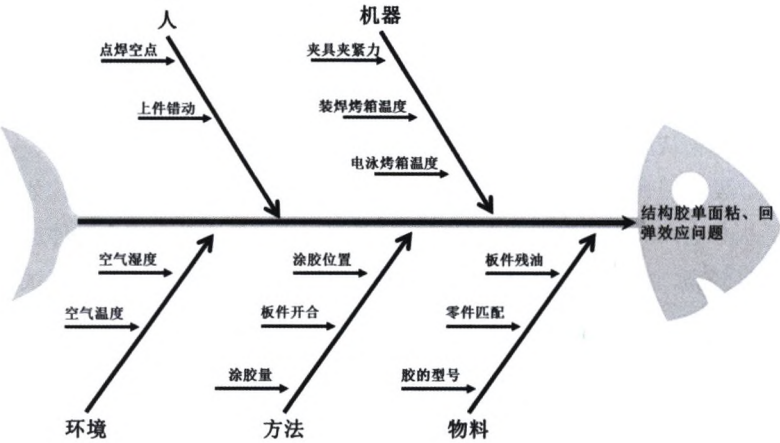


图4 结构胶单面粘和回弹效应问题分析鱼骨刺图

表1 试验影响因素及内容

试验影响因素	试验内容
板件开合	两组试样：一组为正常条件，一组为开合板后复位
上件错动	两组试样：一组为正常条件，一组为搓胶后复位
点焊空点	两组试样：一组为正常条件，一组为中部点焊空点
夹紧力	四组试样：一组为正常条件，一组为中部夹紧后松开，一组为中部间隙大的条件下夹上夹具后松开点焊，一组为中部间隙大的条件下夹上夹具点焊后松开夹具
板件残油	四组试样：一组为正常条件，一组为上下板材擦油，一组为一面板材油多，一组为上下板材油多
零件匹配	三组试样：一组为正常条件，一组为中间间隙大，一组为两边间隙大

表2 试片及试验参数 (单位: mm)

长度	宽度	焊点边距	双点距	胶直径	胶径向边距	胶长	夹持方式
175	55	45	85	3	20	135	双侧夹钳

成，焊点的焊接由相同的人员完成。样品制作完成后，立即用烤箱完成对样品胶的固化（180℃下烘烤30min）。固化完成后，按照标准化作业指导完成对样品的破坏。

其中试验所采用的结构胶为北京奔驰汽车有限公司焊装车间所使用的型号为1630的结构胶，产品参数如表3所示，样品表面所涂抹的油为冲压车间冲压车门内板所使用拉延油，其产品参数如表4所示。

试验结果与分析

1. 板件开合的影响

通过标准作业方法对样品进行测试，结果如图5所示。

结果显示，正常条件下的样品和开合板后复位的样品均合格，两者均发生内聚力破坏。由于胶是在液体状态下涂在试片上，有一定的润湿性能，并且内聚力很小，开合板后两层板的板材表面和挤压状态未发生明显变化，也并未破坏胶的润湿性能，因此在其固化后结构胶的内部仍形成了良好的内聚力，胶与板材表面形成了良好的粘合力，因此板对结构胶的固化成型影响不大或者基本无影响。

2. 上件错动的影响

通过标准作业方法对样品进行测试，结果如图6所示。

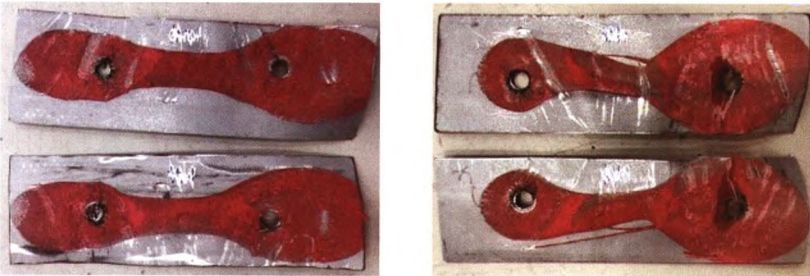
结果显示，正常条件下的样品合格，搓胶后复位的样品在原始涂胶位置结果合格，在原始涂胶位置的两侧部分区域发生了单面粘。因在胶液体状态下垂直于涂胶方向搓胶会将部分粘胶剂带到原始涂胶位置两侧，而偏移的胶量又不充分，

表3 试验用结构胶的产品参数

基材	颜色	23℃密度/ (g/m)	固体含量	粘度/屈服点 (45℃)	固化条件	标准固化	拉伸强度/MPa	搭接剪切强度/ MPa
环氧树脂	红色	1.23	>99%	30 Pas/150 Pa	>140℃/30min	180℃/30min	29	29

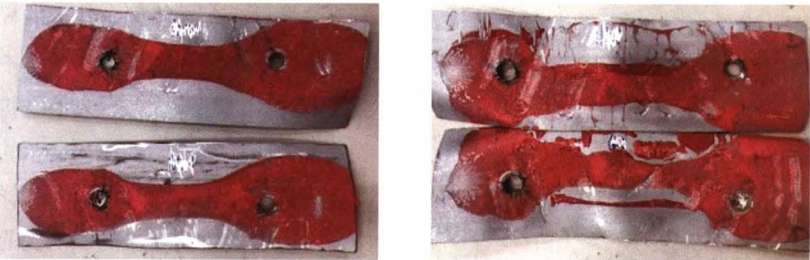
表4 试验用拉延油的产品参数

外观	密度 (15℃) / g·mL ⁻¹	运动粘度 (40℃) / mm ² ·s ⁻¹	闪点 (闭口) /℃	水分 (%)	酸值/mgKOH·g ⁻¹	机械杂质 (%)	湿热试验A级/h
棕色透明液体	0.844	3.3	68	0.03	0.1	0.008	240



(a) 正常条件下样件 (b) 开合板后复位样件

图5 板件开合影响组别测试样件



(a) 正常条件下样件 (b) 搓胶后复位样件

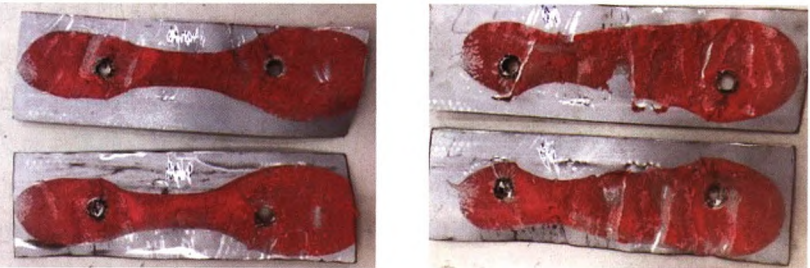
图6 上件错动影响组别测试样件

不足以填充两层板的间隙，因此，偏移的胶粘剂并未和两层板发生粘合，在粘附力较小的一侧发生了界面破坏。而在中间位置的胶粘剂胶量、润湿性能和板材间隙并未发生明显变化，最终固化后的粘接性能也未发生明显变化。

3. 点焊空点的影响

通过标准作业方法对样件进行别试，结果如图7所示。

结果显示，在正常条件下的样件合格，点焊空点的样件在点焊位置发生了单面粘，其余部分合格。由于焊钳在点焊时给样件在点焊



(a) 正常条件下样件 (b) 点焊空点样件

图7 点焊影响组别测试样件

位置施加了一个较大的压力，导致点焊位置的一部分胶粘剂被挤压了出来，当焊钳撤回时，压力消失，两层板间的间隙变大，而此时点焊位置的胶粘剂胶量不足，液态下的胶粘剂与两侧板材表面也形成不了足够的粘合力使其均发生粘接，因此，粘合力较小的一侧胶粘剂粘合力小于内聚力，发生了界面破坏而未能粘合。而点焊空点对样件的其余部分影响较小，因此其余部位结构胶的粘接质量均未发生明显变化。

4. 夹紧力的影响

通过标准作业方法对样件进行别试，结果如图8所示。

结果显示，在正常条件下的样件合格，中部夹紧后松开样件在夹具夹紧力集中位置发生单面粘，周围部分区域发生回弹效应，夹上夹具后松开点焊样件在夹具位置发生单面粘和回弹效应，夹上夹具点焊后松开夹具样件在夹具夹紧位置发生回弹效应。对于样件B，发生单面粘的位置是夹具夹紧力的位置，原因同试验3的样件B，而周围区域由于受到夹钳的影响，板层间的空间被压缩，夹具撤回时，板层回弹、空间变大，胶量同样不足以填充整个回弹后的空间，但此时胶粘剂的粘合力大于内聚力，发生内聚破坏，形成蜘蛛网形态。对于样

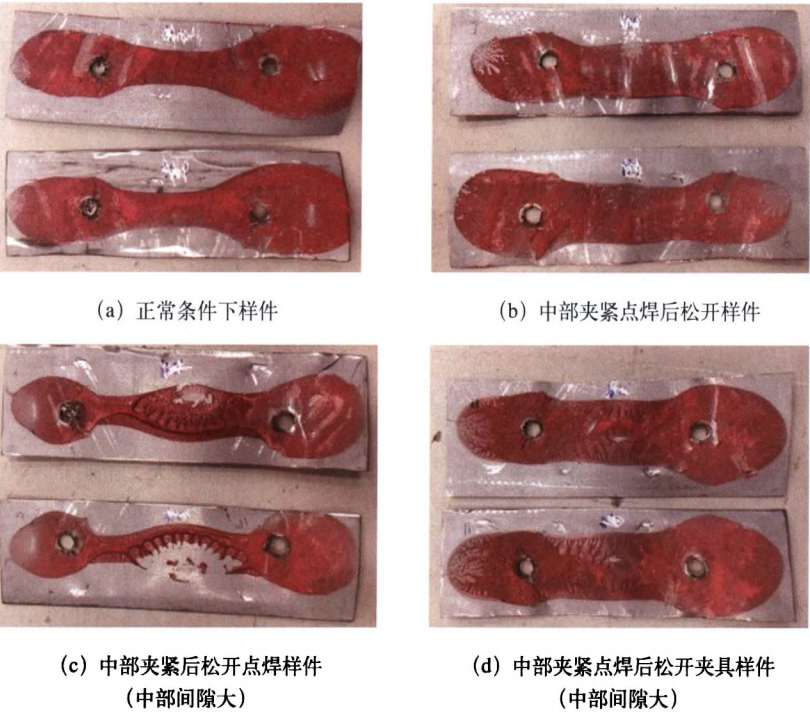


图8 夹紧力影响组别试件

件C，由于板层中间空隙过大以及夹具夹紧力的影响，发生单面粘和回弹效应的原因同样件B。对于样件D，夹紧后点焊再松开，由于中部间隙大，胶量不足以填充整个空间，同样发生了回弹效应导致内聚力破坏，形成了蜘蛛网形态。

5. 板件残油的影响

通过标准作业方法对样件进行别试，结果如图9所示。

结果显示，在正常条件下的样件合格，两侧板材擦油的样件合格，一侧板材涂油样件局部发生单面粘，两侧板材涂油样件局部发生

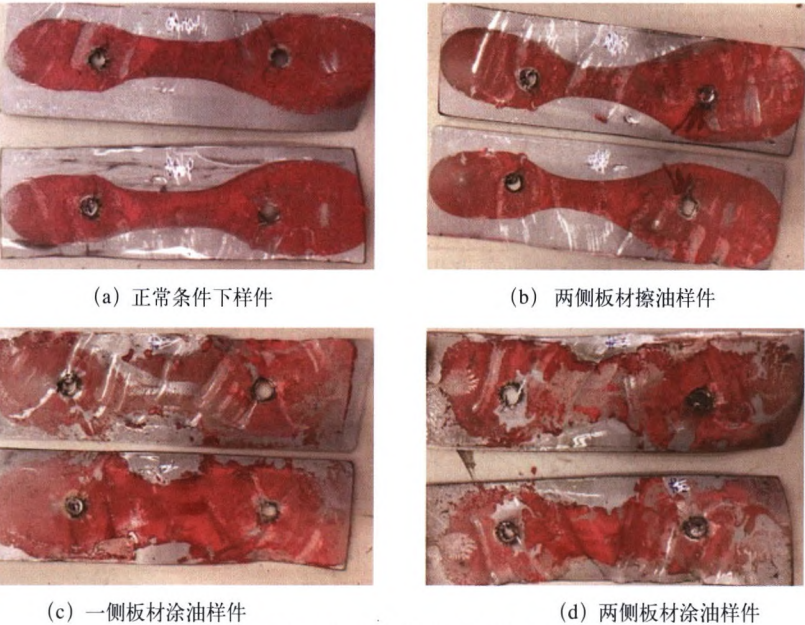


图9 板件残油影响组别试件

单面粘。对于样件B，擦去大部分油污，减少了油污对粘接质量的影响，形成了良好的断裂面。对于样件C和样件D，板材表面增加了油量，在两侧板材的挤压力下，一部分油被挤压出去，一部分油和结构胶发生融合，边界区域的油胶混合物发生不规则的流动，最终也形成了也不规则的边界形状。在部分无法排除油的地方未形成粘附力或者粘附力小于内聚力，导致了板材撕开时发生界面破坏形成单面粘。

6. 零件匹配的影响

通过标准作业方法对样件进行别试，结果如图10所示。

结果显示，在正常条件下的样件合格，中部间隙大，样件由于中部间隙过大，间隙大位置未使结构胶发生挤压，造成了如图10所示的不合格别试结果。两侧间隙大的样件由于两侧夹钳的夹紧力和两侧的点焊抵消了两侧间隙的影响，最终形成了合格的别试结果。

综上所述，可以得出以下原因总结：

(1) 夹紧力过大是造成胶回弹效应的一个重要因素。

油污和夹紧力过大均会造成胶单面粘缺陷。

应用实例

根据以上试验结果的分析，进而针对北京奔驰实际生产中容易发生单面粘和回弹的胶段进行了改进（见图11）。试验选取的零件为某车型车门内板，其中，内板中的胶段1和胶段2容易发生单面粘，胶段3容易发生回弹效应。

试验分为两组，由于冲压残油

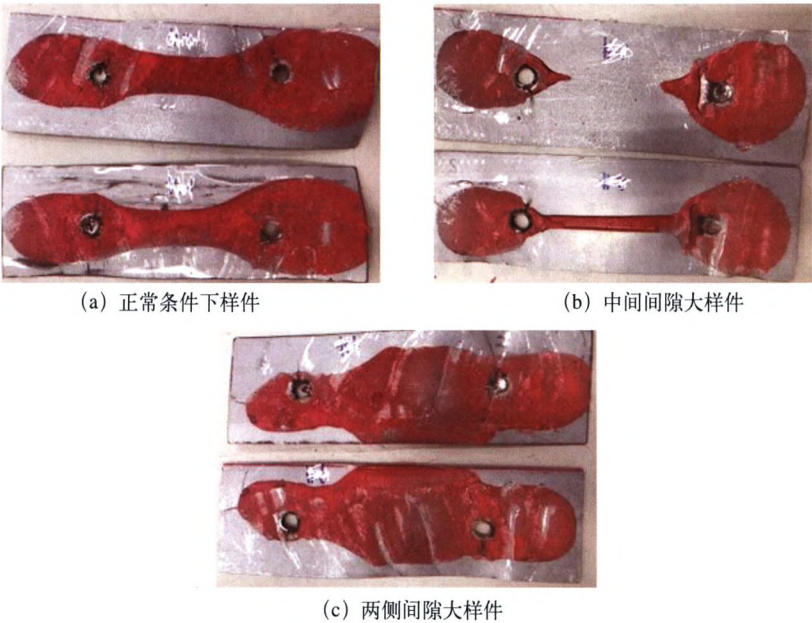


图10 零件匹配影响组别试样件

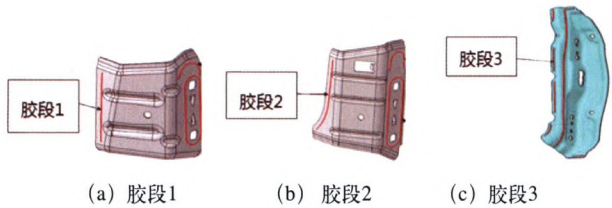


图11 优化胶段工艺图

在允许范围内，因此车门内板残油量不做变化，其中两组的变量条件为：1组为工装夹具的实际生产状态，不做任何变化；2组为调整工装夹具的夹紧力，将夹紧力进行一定

程度的降低。其余条件两组试验均相同。样件制作完成后，立即将样件的结构胶进行固化（180℃下烘烤30min）。固化完成后，按照标准化作业指导完成对样件的剔试。

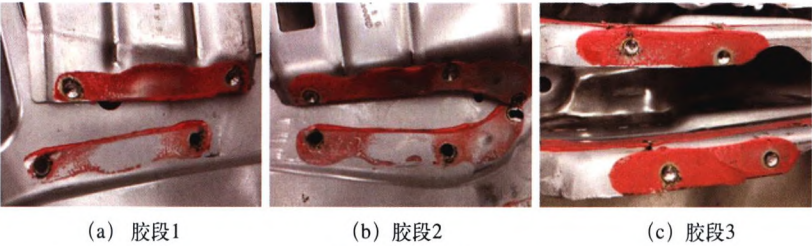


图12 第一组试验

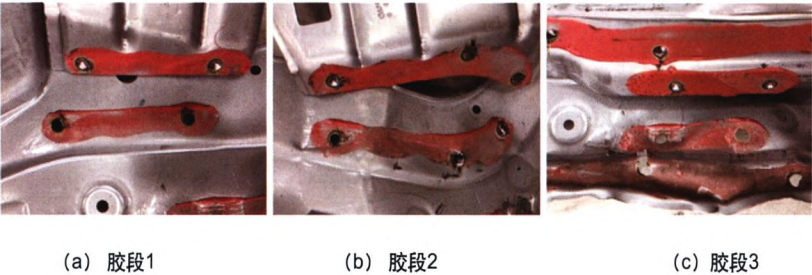


图13 第二组试验

试验结果如下：

- (1) 1组试验胶段1和胶段2发生单面粘，胶段3发生回弹效应。
- (2) 2组试验3个胶段均正常，未发生问题缺陷。

因此，经过以上原因分析和优化，车门内板三段胶问题缺陷得以解决。

结语

(1) 板材开合未明显改变结构胶在液体状态下的润湿性能以及板材焊接后的间隙，因此对结构胶固化后的粘接质量无明显影响。

(2) 板材搓胶后复位改变了部分结构胶的位置，但胶量不大，也同样未明显改变结构胶在液体状态下的润湿性能以及板材焊接后的间隙，因此对结构胶固化后的粘接质量无明显影响。

(3) 点焊空点的压力造成了板材间结构胶的胶量发生了变化，进而在其液体状态下内聚力大于粘合力而发生界面破坏形成单面粘。

(4) 夹具夹紧力与点焊空点造成的效果相同，尤其在零件间隙大的情况下，会放大其造成的结构胶单面粘和回弹效应。

(5) 油污过多会阻碍粘胶剂在固化时与板材形成粘合力进而发生单面粘，并使其固化后的断裂面形态质量下降。

(6) 零件匹配质量不好尤其是间隙大，会造成结构胶发生单面粘，如其他因素能抵消间隙的影响，则同样能形成良好的粘接质量。 **AUTO1950**

新广林 硕士，主要研究方向：汽车白车身破坏性试验。