

有效解决车门下垂的方法

随着汽车工业的发展，对车身外观质量、制造水平要求越来越高。在实际的汽车车身制造过程中，车门下垂是在很多车企普遍存在的质量问题。车门下垂容易导致B柱前后门段差明显，水切饰条段差，影响外观及性能；会导致车门铰链轴线后倾，车门难关闭；还会导致车门限位器链接部位发生扭曲，使限位器工作时产生异响。车门下垂严重影响整车的外观配合及性能，同时也直接影响客户对整车的评价。导致车门下垂的原因，总体来说有两方面：前期设计不良和后续制造产生。

从设计方面分析解决门下垂

从CAE方面分析车门下垂，要考虑最大变形和残余变形，将车门、铰链和A、B柱假设成刚体进行分析、模拟加力，找出最薄弱的地方，再采取加强措施。铰链锁付螺栓和铰链自身强度、车门上铰链安装板的强度要足够，必要时要在铰链安装处增设加强板，上下铰链加强板尽可能做成一体。另外，铰链安装板和门内板优先设计成分开式结构，车门铰链安装板和内板采用不同材料和不同厚度的钢板。比如铰链安装板可以选择1.2~1.4mm厚的高强度钢板，内板则采用0.7mm厚度的普通冷轧钢板。

车门下垂，是由于铰链本身强度或者刚度不够引起的现象很少，大多数是由于立柱或门上安装铰链的位置强度和刚度不够，无法支撑车门的重量。设计上，铰链本身的力臂不要做得太长，日系车一般在

45mm以下，否则给立柱或车门上结构设计带来一定的麻烦。其次，立柱上的结构设计很关键，一定要形成一个较大的腔体，安装铰链的位置尽量做一个凸台，而且尽量做高，多做些特征在上面，多加些加强筋，这样立柱的强度和刚度才好，车门上安装铰链的位置也同样需要多做特征。以上是前期设计过程中，对车门下掉的分析处理方式，一般是增加料厚或者增加加强件。

以公司A车型为例，左前门内板和铰链安装板采用分开式设计；铰链安装板采用1.2mm板厚的钢板，内板采用0.7mm厚的钢板（见图1a）。未设计独立的铰链安装加强板，但是设计了一些加强特征，车体立柱（见图1b）由三层板组成，结构上也设计了加强特征。对于A车型一类的量产车型，一般不可能再从设计上去更改结构，更多的会从制造工艺上进行改进。

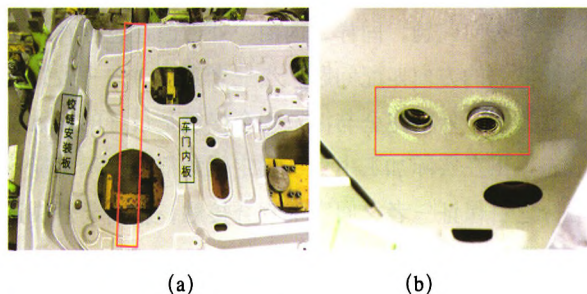


图 1

车门和车身靠铰链连接，我公司该车型前门铰链采用如图2a所示的冲压式铰链，即铰链是由冲压钣金件组成，加工容易，重量也较轻。但是这种铰链轴向

定位精度较差，松动量偏大，轴向强度也较弱，不利于减小门下垂量。大众汽车公司某车型前门铰链如图2b所示，采用铸造式铰链，就是由铸造件经过车床等设备精加工而成，优点是体积小，强度高，轴向定位精度高，比一般的冲压铰链更结实，安全性更好，不易变形；缺点是成本偏高，重量偏大。

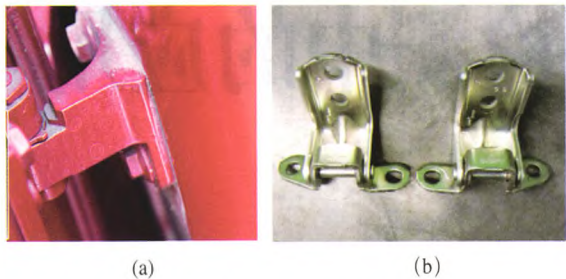


图2 车门和车身的铰链连接

除了铰链结构，铰链布置也会影响车门下垂。侧开门铰链装在车门和车体之间，布置空间小，所以要求车门铰链体积要小；此外，出于轴向强度的考虑，上下铰链的间距要尽可能大，即铰链布置要考虑后序。但是在铰链布置时需要考虑结构以及涂装等工艺问题，有很多限制条件决定其不可能做到相距太远，一般要求间距不少于车门宽度的三分之一。设计阶段保证车门开启 68° 或其他角度时，车门底角点上抬一定的数值，这个数值是保证不下掉的基础，然后求解出铰链布置的轴心线，再布置铰链。铰链轴心线一般先布置上铰链的中心点，确保门与翼子板间隙以及最大开启后与立柱间隙，考虑铰链安装间隙，这点就可以定出，再以此点求解下铰链点，最后得出轴心线。铰链轴线一般要垂直或者稍前倾。分析公司该车型，上下铰链间距和铰链轴线倾角均符合设计要求和经验值，会减少门下垂的可能性。

从制造工艺分析解决门下垂

焊接工艺方面，门铰链安装板和内板尽量采用激光拼焊，激光拼焊的门内板在承受纵向拉力的情况下，状态会比点焊焊接稳定。门内外板间要用单面点焊焊接，或用胶后进行热固化，试验证明，没有加焊点和有焊点的尺寸变化在2mm左右。要保证铰链装配面的平整度，主要是焊接后焊点要平整，A、B柱铰链加强板焊接后缝隙要弥合好。公司该车型车体立柱内外板采用点焊焊接，焊点较为平整，焊接后内外板贴合良好无缝隙。

制造过程中的变异分析

焊装装调线调整车门后，经过焊装终检检验点时，偶尔会出现车门下垂现象，在对下垂车身进行返修时，不允许采用向上抬车门的方法解决，而要采取调整铰链的方式。因为不松铰链螺栓，人为将车门向上塑性变形，表面上看已经将车门高度调整完成，实际却产生了内应力，在经过涂装车间电泳、烤漆后，应力释放，车门又恢复原状。

此外需要注意，在焊装装调线调整完车门之后，后序有无下压车门的动作。比如涂装电泳后，操作工有时会存在人为向下挤压车门的动作，造成下垂。

设置工艺补偿，在焊装装调时根据总装段差下掉量，人为将段差抬高 $1\sim 1.5\text{mm}$ 左右，即做抵消量。再就是在焊装装调时加车门配重。以A车型为例，工程技术人员已经在焊装装调线和焊装出车终检检验点增加了车门调整配重（见图3），并且根据总装下掉量设置了工艺补偿，即在焊装装调线下发工艺文件，将B柱段差抬高到 $0.5\sim 1.5\text{mm}$ ，来抵消下掉量。很多车型车门在总装会分装，即从车体上将门拆掉后（铰链留在车体上），在门分装线将总装零件装配到车门上，之后将车门重新装配到车体。

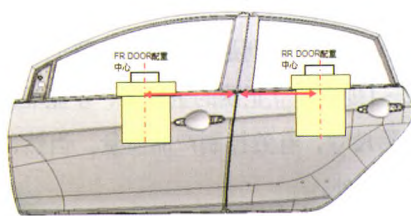


图3

按照设置的段差补偿量，调整30台车。从焊装出车后经过涂装到总装后，在车门重新拆掉之前进行测量。根据段差数据对比可以看出，这个过程前后门段差波动很小。说明涂装过程不会造成批量性的门段差下掉。这批车在总装经车门分装后，重新测量B柱段差，段差下掉明显，所以左前门下垂的主要原因在于车门分装过程。

首先，总装重新装配车门时，前门铰链锁付扭矩和锁付顺序与焊装是否一致也是车门分装过程影响门下垂的原因。以左前门铰链为例，从上到下一共4个螺栓，序号为1234（见图4a）。焊装装配是按先锁住主定位孔，即按1432顺序锁住，但在总装门分装后重

（下转第73页）

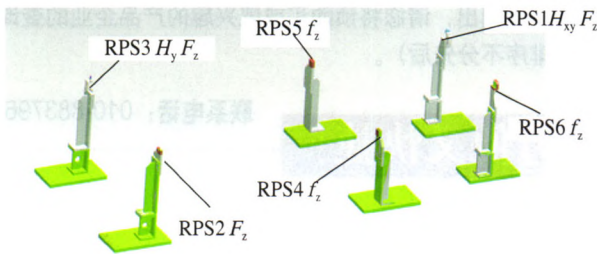


图 2

RPS6辅助定位确定平面建立车身坐标系Z轴，由RPS1、RPS3确定直线建立车身坐标系Y轴，坐标系方向确定后，由RPS1确定坐标系原点。并且，各定位点平行于车身坐标系的X轴和Y轴，符合坐标平行规则。

对车身进行三坐标检测采用的是悬臂式测量机和PCDMIS测量软件。进行测量时，首先在三坐标测量机平台上调整并固定好车身定位夹具，然后对夹具进行测量，用迭代法建立车身坐标系并保存，作为车身检测的依据。

当车身放置到夹具上后，根据RPS系统定位统一原则，调用对夹具测量时建立的车身坐标系，对车身各个功能点及外形尺寸进行数据采集，生成检测数据，并形成检测报告。

需要说明的是，各个测量点坐标的理论值是由数模给出的，数模与车身、车身夹具也同时遵守RPS系统定位点统一原则，这就保证了在设计、生产制造、检测各个环节使用相同的定位标准，避免了标准不统一产生的各种失误，一定程度上保证了产品质量，提高了工作效率。

目前，RPS定位点系统主要应用于汽车行业，根据其优点和功能，相信将来一定会在其他机械制造业得到更广泛的应用。

关键词：

RPS定位系统 三坐标检测 白车身

(收稿日期20140615)

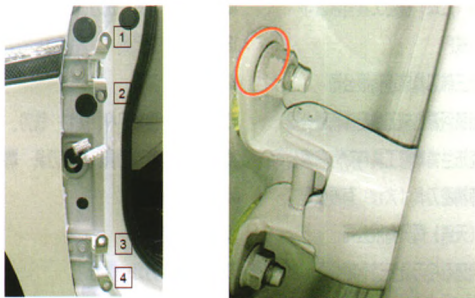
(上接第71页)

新装配时，按2431顺序进行锁付，锁付后的铰链面有明显的位置偏移(图4b)，铰链在车体一侧的锁付位置没有发生移动，导致车门下垂。将总装铰链螺栓锁付顺序和焊装统一后，铰链面无位置偏移，下垂现象减少。其次，车门分装后，装配上总装零件，重量增加，段差下掉可能是焊装配重不能准确地模拟总装车门重量。经确认，配重重量是按照投产初期的车门

进行计算的。在后期的量产和改款过程中，车门进行过改变，但是配重重量和摆放位置没有做相应调整，即目前配重不能满足整车车门重量，导致车门下垂。重新对车门重心和配重进行分析计算，更改配重重量和摆放位置后，前门下垂明显减小，进入公差范围内。

结语

在设计阶段，全面的分析可能造成门下垂的原因，提前采取措施，减少后序制造的困难，是解决门下垂问题的根本措施。对于制造过程出现的门下垂现象，合理的运用上面的思路和方法进行分析验证，可以快速找到车门段差下掉的原因，从而及时采取措施进行优化。



(a)

(b)

图 4

关键词：

车门下垂 装配 焊接

(收稿日期20140615)