车门关闭力影响因素及解决办法

□ 安徽江淮汽车股份有限公司/邵何兴 王学敏 王兰

车门关闭力是评价车门关闭性能的重要指标之一。本文介绍了车门关闭力的评价手段及影响因素，并根据我公司某车型左右车门关闭力不一致的现象提出了优化车门关闭力的一些措施，为其他车型关闭力的调整提供了借鉴和建议。

汽车车门的打开与关闭是汽车使用者最常规的动作之一，因此车门关闭力的大小直接影响乘客对汽车品质的判断。车门关闭力问题一直是国内汽车企业自主研发设计与开发的弱项，有效解决车门关闭力问题是各汽车企业急切需要解决的问题。本文针对我公司某车型左右车门关闭力不一致的现象组织团队攻关，对问题进行分析整改，提出一系列解决措施，提高车门品质，为乘客带来更好的价值体验。

车门关闭力影响因素

通过了解影响车门关闭力的主要因素，为解决车门关闭力不合理等问题提供研究方向。因车门关闭时，动能来自于车门的重力矩，阻力主要为胶条反弹力及驾驶室气阻，由此得出影响车门关闭力的主要因素。

1.密封胶条的影响

车门开合过程中，密封胶条会受到持续挤压，由此产生一个反向作用力，作用于车门与密封条的配合位置。密封胶条对车门关闭力的影响即来源于此反向作用力对车门所做的功。此反向作用力的大小主要由密封胶条本身的非线性特征和压缩量决定。密封胶条的非线性特征取决于其截面设计及材料的压缩－负荷变形曲线（CLD曲线），而密封胶条的压缩量取决于车门与侧围之间的配合间隙（内间隙）及密封胶条本身的截面设计。

2.车门与车身的制造精度

对关闭力的影响主要体现为车门铰链安装面精度及门洞区域的配合面精度。车门铰链安装面变形可能会导致车门整体向*Y*向内侧偏移。而门洞区域，无论是车身棱线变形还是车门门框变形，都有可能直接

导致车门与车身之间的间隙变小。一般情况下，要求车门铰链安装面精度控制在±0.5mm范围内，门洞区域精度控制在±1.0mm范围内。

3.空气压缩阻力

车门关闭的过程，近似于空腔压缩过程。假设汽车驾乘空间内的空气为理想气体，车门在关闭压缩过程中忽略温度的上升，驾乘空间内的空气质量不变，则根据理想气体状态方程可得

$P_0V_0=P_iV_i$

在车门关闭过程中，因空气压力变大而产生的空气阻力为：

$\Delta F=(P_i-P_0)A$

式中

P_0——大气压力；

V_0——车门贴着密封胶条但未压缩时的空气容积；

P_i——车门关闭后空气对车门的压力；

V_i——车门关闭后的空气容积；

A——车门的迎风面积。

由上述公式可看出，若要降低空气阻力，必须降低ΔP（即P_i-P_0）。但是在车身容积及车门机构已经设计完成的前提下，只有更改空气质量才能降低P_i。工程上，通常通过在车身内侧增加设计单向排气口来达到此目的。

4.车门重力影响

当车门设计成外倾或者实际生产过程中由于铰链螺母孔的位置偏差导致车门外倾，车门重力的分量将指向车门外侧，使得在车门关闭过程中起到阻力作用。当铰链轴线与Z轴成α角且外倾时，车门重力G可以分解为铰链轴线与重心构成的平面内与铰链轴线平行的分力F_1，以及垂直于轴线-重心平面且指向外侧的分力F_2。F_1与车门关闭方向垂直，在车门关闭过程中不做功，对车门关闭没有任何影响；但F_2与车门关闭方向相反，反作用于车门上，在车门关闭过程中起到阻止作用。重力分解$F_2=G\sin\alpha$，当外倾角α越大，关闭阻力F_2越大。反之，将车门设计成内倾形式，则重力能有助于车门的关闭。

5.车门限位器、铰链及门锁的影响

车门限位器、铰链及门锁对车门关闭力的影响主要体现在克服机械阻力上，且车门限位器和门锁在挡位变换时需要克服的阻力最大。车门限位器一般分为2～3个挡位，在每个挡位处，车门相对处于紧致位置以保持其开度，当需要越过这个挡位时，需要提供一定的作用力。另外，门锁与锁扣在接触过程中，会产生摩擦阻力。若门锁锁眼与锁扣不能处于同一高度位置，则在车门关闭过程中会出现打锁现象，关闭力增大，严重时甚至导致车门无法正常关闭。而铰链对关闭力的影响主要来源与铰链两个支架连接轴的摩擦力，且当上下铰链轴线不平行时会导致摩擦力增大。在车门铰链强度偏弱的情况下，此问题异常明显。

车门关闭力评价手段

车门关闭力的大小直接影响汽车品质，对车门关闭力采取有效评价是车门品质保证的重要手段。评价手段主要是从车门打开最大角度位置开始施力到门关闭（0°）位置为止，计算整个过程中需要消耗的能量。考虑到车门关闭的整个过程中所需的能量不便测量，可通过车门锁扣段的线速度来等价衡量，即在车门打开的初始位置，使用手的方式产生车门的初始速度值，然后检测车门即将关闭前的最终速度值，并以车门可靠关闭所需要的最小速度和车门不应关闭的最大速度来表征车门的关闭力。

关闭力不一致的优化

以我公司某款轻型载货车型为例，车门关闭力目标值要求≤1.2m/s。该款车型在整车Audit评审时反馈左右车门关闭力不一致，左门关闭力0.8～1.0m/s，符合设计要求，而右门关闭力1.2～1.4m/s，超出了车门关闭力≤1.2m/s的设计要求。项目组成立专项小组，对该问题进行攻关。

1. 抽样检测

（1）随机选取现场生产的车

表1 左右车门关门速度比较 （单位：m/s）

位置	不安装胶条关门速度	安装胶条（开窗）关门速度	安装胶条（关窗）关门速度	目标值
左门	0.25	0.53	1.07	≤1.2
右门	0.33	0.81	1.45	≤1.2

表2 左右车门静闭力比较 （单位：N）

位置	不安装胶条车门静闭力	安装胶条车门静闭力
左门	41.5	172
右门	36.4	219

身一辆，对各个环节车门关闭力测量，见表1和表2。

在实车状态下，不安装胶条时，左门阻力更大，但左门可自关，右门无法自关。判断右门关门时动能偏小，右门内倾状态与左门不一致，存在差距。安装胶条后，左右门静闭力差值变大，右门胶条反弹力偏大明显，导致关门阻力偏大。

（2）随机选取生产的一辆载货车驾驶室进行白光扫描，测量车内间隙。内间隙设计要求为13±1mm。从白光扫描数据来看，左门基本在12～14mm范围内。右门1-30基本在12～14mm范围内，3-50基本在15～16mm左右，数据分析左门内间隙对比右门整体偏差量更小、更趋向稳定。

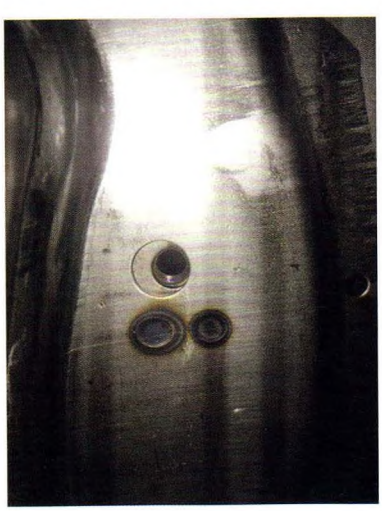
（3）在整车下线区域随机选取一台整车进行整车右车门面差测量。从测量数据可以看出，在整车状态下，右门外倾（上凸下陷），导致车门重力线与铰链轴线不平行，车门重力在在相对车身向外的方向上产生一个分力$F=G\sin\alpha$（α为车门外倾后的轴线与中垂线的夹角）。车门关闭时需要额外克服该分力，因此在车门关闭时需要给车门更大的初始速度。

（4）右侧车门铰链螺母孔偏孔严重，最大偏差3mm，影响车门在车身上的装配及内间隙如附图所示。经分析排查，在内板总成焊接夹具上，螺母孔定位销磨损严重，磨损程度超过1mm，同时，夹具上螺母孔定位销位置度偏差严重，偏差超过2mm。

2.分析整改

（1）明确白车身装调标准，确保在白车身状态下车身外间隙和面差符合设计要求。主要从三方面进行调整：一是关门状态下，测量车门与侧围面差，不合格位置需调整车门，确保满足间隙面差设定书要求；二是关门状态下，测量门框胶条安装位置侧围与车门内间隙，不合格位置，调整侧围钣金件止口边，确保内间隙满足（13±1）mm要求；三是更换车门密封条和门框胶条。车门密封条及门框胶条厂家送件时，需提供压缩负荷测量报告，测量结果需满足图样要求。

（2）识别车门内板及侧围外板单件的胶条安装及压缩面，将其纳入冲压单件检测表中进行管控。



（3）更换内板总成焊接夹具上螺母孔定位，同时对定位销的位置精度进行标定，确保合格。编制夹具标定周期表，使夹具精度及易损件更换受控。

（4）采取上述措施，保证所有项整改合格后生产一套白车身及车门进行检测，完成后再次送江淮福臻车体进行白光扫描，内间隙符合率≥85%。对该台车身进行总装装配跟线，对下线的车门关闭力进行测量，左侧0.91m/s，右侧0.96m/s，均符合设计要求。

结语

作为使用频次非常高的车门，其开合的便利性是乘客满意度重要组成部分，其关闭力的大小亦成为关注热点。本文对车门关闭力影响因素进行叙述，并通过一款车型车门关闭力不达标问题展开分析讨论，提出措施建议，望能给其他同类问题提供借鉴。AUTO1950

邵何兴

毕业于重庆大学，就职于安徽江淮汽车股份有限公司技术中心工艺工程院，焊装工艺工程师，主要从事汽车焊接工艺的设计与规划，白车身后期品质培训等相关工作。