



随着消费者对汽车的使用体验要求不断提升,车门关闭的轻便性成为衡量汽车品质的重要指标之一。本文基于能量对车门关闭性能进行研究,建立车门关闭过程的计算模型,对车门关闭及影响因素进行理论分析和对比测量试验,提供一种定量的评价方法。

□ 广汽本田汽车有限公司 江松伟

基于能量的车门关闭轻便性分析与研究

汽车车门关闭过程中是否沉重,密封性能是否良好,关闭是否轻便、灵活都是用户直接感受的项目,根据君迪公司的新车质量调查显示,顾客对车门关闭轻便性的抱怨次数呈逐渐增长的趋势。本文通过确定影响车门关闭力的主要因素,基于能量的观点,提出定量计算和测定建立车门关闭能量计算模型,为产品设计和质量管理提供参考方法和数据。

车门关闭机理分析

1. 车身结构原理说明

汽车的车门与车身通过密封条进行密封配合,起到防水、防风、隔音及降噪的作用。在车门关闭状态下,车内空间近似为一个密闭空间。当车门快速关闭时,其受力极其复杂,从密封条开始接触门框表面到车门完全关闭,车门密封胶条被压缩直到车门锁止,车门在极短的时间内压缩车内密闭空间的空气。从力学角度来看,限位器、车内空气、密封胶条及缓冲胶粒、车门锁、车门铰链和车门重心变化等,在车门关闭过程中都会相互产生作用。

2. 现有车门关闭性能评价方式

通常情况下,我们以车门关闭使用的力来衡量车门的关闭的轻便性。但从实际操作的方便性出发,

常常使用车门关闭“最小速度”来评价车门关闭的轻便性。如图1所示,将车辆置于水平状态,所有车窗玻璃和行李舱(或后背门)完全关闭,测量车门上的A点通过B点时的最小速度(恰好是车门能锁闭所需要最小速度),我们称为车门关闭最小速度,用符号 V 表示。其中A点位置为车外门把手水平线上方($60 \pm 10\text{mm}$)位置,B点位于为车门A点在打开($100 \pm 10\text{mm}$)时对应的位置。一般情况下,当车门最小关闭速度在($1.0 \pm 0.2\text{m/s}$)是比较理想的,速度越小表示车门关闭的轻便性越好。

使用车门关闭最小速度的评价方法存在两个局限,一是对于不同级别车型不够客观且缺乏可比性,如车门关闭最小速度相同的两个车型,质量较大的车门相比质量较小的车门,因为要加速到相同的速度,显然质量更大的车门,需要施加更大的力而感受更难关闭。二是车门关闭最小速度不能直接分解到车门系统的各要素进行控制,故对质量改善和设计优化较为困难。

根据顾客感受和体验,可以使用车门关闭最小能量对车门关闭轻便性进行评价:当使用较小的力和较短的行程(做功较少)推动车门,车门获得较小动能后能完全锁止,顾客会有车门关闭轻快的体验。反之若须使用更大的力和较长的行程(做功较大)推动车门,车门获得更高的动能才能完全锁止,顾客会有车门关闭困难的体验。

车门关闭能量分析

1. 车门关闭能量及影响因素分析

车门关闭最小能量是克服关门阻力所需的最小能量,能量的损耗是多种因素共同作用的结果。从

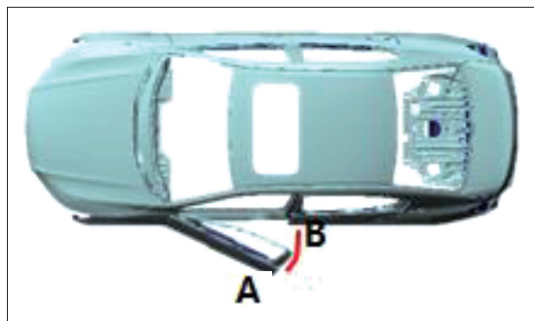


图1 车门关闭速度测量

力学角度来看,限位器阻力、车内空气阻力、密封条压缩阻力、车门锁机械阻力、车门铰链摩擦阻力、车门质心变化重力等,都会在车门关闭过程中对车门产生作用力。依据相关数学模型计算方法,进行系统各因素能量测算。其中车门铰链、锁扣对车门关闭过程的影响较小。

2. 限位器阻力

车门限位器是控制车门开闭角度的装置,通常有 2 ~ 3 个档位使车门驻留在不同的角度,且需要施加一定的力才能脱出档位,一旦跳出此档位,车门就会在限位器储备的能量的作用下继续向前运动。限位器阻力主要是由力学特性所决定,并通过作用于车门上的转矩对车门运动进行影 响,其扭矩大小与车门转过角度曲线在产品 设计图纸上获得。限位器在车门关闭瞬间起到了推动车门关闭的作用,减小了车门关闭力。通过给定的限位器转矩曲线图,进行不定函数总积分值。

此外,根据相关计算方法,计算空气压缩阻力及密封胶条变形阻力。

3. 车门自身重力影响

根据车型的关闭性能要求,车门链轴线的方向通常设计为向车厢内倾斜的,车门在关闭过程中,车门质量的变化可以提供车门关闭的能量。根据能量守恒定律,通过车门质量高度变化量和车门重力,计算在车门关闭过程中的能量变化。

4. 数学模型的计算结果

通过上述数学模型计算某车型前门关闭能量消耗为 5.58 J,车门重力系统贡献能量 1.05 J,故车门关闭所需最小能量为

4.53 J。其中关闭能量消耗中,车内气阻和限位器系统合计达占比达 85.7%,是影响车门关闭性能的最主要因素。某车型车门关闭能量计算见表 1。

(1) 车门面积越大,关闭车门所需克服的阻力越大,车门关闭能量越大。

(2) 驾驶室容积空间越大,驾驶室内空气压缩比例越小,关门关闭能量越小。

(3) 车门密封条弹性系数越大,关门关闭能量越大。

应用关门能量设备分析运用

根据前面分析和理论验算,我们已得出车门关闭的要素,并进行模型建立和定量分析。接下来我们利用某品牌能量测量仪并设计试验方案,对车门关闭过程能量各系统能量消耗进行测定分析和验证,如图 2 和表 2 所示。

通过对比,总能量误差在 10% 以内,说明车门关闭能量/力分析工具有较好准确性。限位器的误差原因可能是由于实际装配与设计位置的偏差造成。车内气压阻力误差可能一方面是建立系统模型时需要必要的简化。而密封胶条的误差,可能由于车门与车身内间隙及密封胶条弹性标准与实际的偏差。另外引起注意的是,当车门内间隙局部超出设定公差导致胶条过度压缩时,密封胶条的弹性系统不再适用,此时胶条系统的消耗能量会陡然增大,理论计算方法显然不适用。

基于能量评价模型建立和应用

以车门关闭能量模型的理论

计算和实际测定为基础,进一步探讨和建立一套基于能量的评价方法和体制,为产品设计和品质管理提供定量的基准和具体解决方法。

(1) 通过顾客体验评价,通过车门关闭轻便性主观感受与能量的关联对比试验和整理,形成车门关闭能量的管理标准,用于产品评价和质量监控,见表 3。同时通过关门能量标准,明确系统各主要因素的能量和占比,通过各个系统部件规格设计,保证能量值管理相关要素,如因设计需要某个子系统的能量较高时,应从总能量上进行控制,降低其它子系统的设计能量消耗,从而整体最优保证。

(2) 从前面分析得出,车内气阻和限位器对车门关闭轻便性有非常大的影响,且量产阶段是难以通过规格设计变更来改善。故在产品设计和选型阶段,一定

表 1 某车型车门关闭能量计算

评价	能量消耗 /J	比例
限位器系统	2.360	42.3%
车内气阻系统	2.424	43.4%
胶条系统	0.795	14.3%
消耗能量合计 (1)	5.580	100%
车门重力系统 (2)	-1.05	—
关门最小能量合计 (1+2)	4.525	—

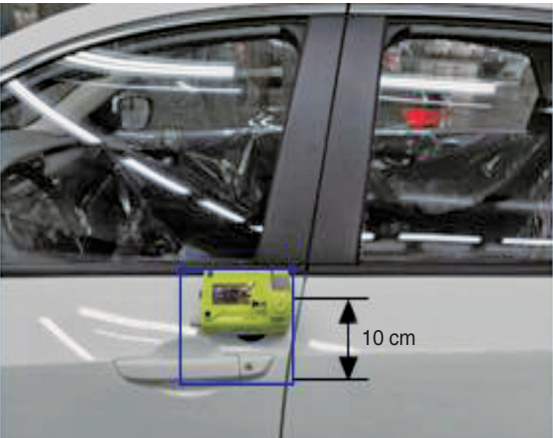


图 2 车门关闭能量测定试验



要进行充分的验证。如上面某车型总体能量适中，但其限位器消耗占总能量 42.3%，故产品设

计时，可以通过不同结构的限位器系统，进一步优化车门关闭能量。而对于车内气阻压力改善，可减少密封胶条压缩体积变化量和增大泄压装置的排气面积进行改善。

(3) 量产品质管理时，通过各系统消耗能量分解，构建影响关门能量剥离分析表，快速分析相关要素关门能量状态，定期监控各系统的能量消耗 / 贡献情况。发现明显偏差时，应对子系统进行专项调查对策，提升对应的速度和准确度。如限位器可通过直接的能量测量和单品荷重结果分析，从制造上降低限位器荷重及波动量，改善车门关闭的效果。胶条压缩所消耗异常偏大时，要分析车门配合内间隙是否有超差，利用排除试验快速锁定影响门难关原因并明确对策方向。

(4) 通过车门关闭能量模型

表 2 关门能量测定方案

测试状态	测试说明	平均值 / J
车门关闭总消耗能量	初始状态下进行关门能量测定 (a)	4.89
限位器消耗能量	拆除限位器进行关门能量测定 (b)	2.43
	(1) 限位器消耗能量 =a-b	2.46
车内气阻消耗能量	打开车窗和车门进行关闭能量测定 (c)	2.31
	(2) 车内气阻消耗能量 =a-c	2.58
密封胶条消耗能量	打开车窗和车门，拆除密封胶条进行关闭能量测定 (d)	1.62
	(3) 密封胶条消耗能量 =c-d	0.69

表 3 车门关门体验评价与能量基准

主观感受	很容易关	容易关	有点难关，可接受	很难关，不能接受
具体评价	较慢速度可以关闭 手感很轻 声音质感较差	要有一定速度 关门手感适中 声音质感较柔和	较快速度 手感点硬 声音质感较闷	要很快的速度 手感很硬 声音质感很硬
最小关门能量	≤ 3.5J	> 3.5J, 且 ≤ 6.3J	< 6.3J, 且 ≤ 8.6J	> 8.6J

和评价基准解析，利用关门能量仪建立的日常监控管理数据，通过关门能量对不良现象对比分析，可以快速解析和定位问题影响因素并采取对策。

结束语

本文通过理论分析和对比试验，基于能量的观点对影响汽车车门关闭轻便性的关键因素进行了较为全面的分析，并从顾客体

验的角度提出基于能量的评价方法和基准，建立产品设计和量产品质管理的分析方法和改善对策。本文通过自主的摸索和研究，探讨并通立能量设备标准使用方法、关门能量剥离分析，量产测量日常监控和改善的方法等，通过对多款车型的数据研究已初步形成一套标准化的量产快速分析管理经验，实现较好的用户体验。 AI

(上接第 25 页)

这一失效模式，对座垫钢丝相互连接方式提出了要求。

如果座垫弹簧钢丝相互之间无横向连接，当受到乘客压载时产生横向的摆动，易致使该区域发泡无足够支撑从而导致座垫塌陷。在弹簧钢丝之间需使用以下方式中的一种或多种：① mold in 的横贯弹簧钢丝的塑料条；② mold in 的使弹簧钢丝两两相连的塑料条；③采用 clip 环形固定弹簧钢丝的矩形钢丝；④采用 clip 横贯弹簧钢丝的直线钢丝；⑤使弹簧钢丝两两相连的钢丝 hook。

座垫发泡常见结构

发泡结构设计：发泡上必须避免易塌陷的结构，发泡横向槽结构与悬置弹簧方向一致且空间距离较近，在发泡受压后槽口处容易撕裂而导致发泡塌陷。

发泡加强设计：与骨架接触的发泡面上增加大于 90 g/m² 的无纺布防止发泡被骨架割破而位置下降。

发泡的物理特性要求：一般发泡滞后损失和恒力碾压下的高度损失随发泡密度的增大而降低。建议前排座椅坐垫发泡芯部密度必须高于 50 kg/m³。

试验认证

所有整椅在进行完导入 / 导出和颠簸蠕动耐久性试验之后，都不能出现下列情况：(1) 发泡破碎导致撕裂，割伤，破洞或者零件分裂；(2) 支撑钢丝断裂失效；(3) 在颠簸蠕动试验后，发泡高度损失不能超过 15%。导入 / 导出和颠簸蠕动试验以后，需要对座椅的 H 点进行测定。目标 H- 点的分布应该在以 SgRP 为中心的 25 mm 的球形区域内。 AI