Proceedings of the 13th International Forum of Automotive Traffic Safety, 2016, pp 305-312 No. ATS.2016.411

Research on Car Body Side Impact Crashworthiness Based on 2018 C-NCAP

Suhong LIU¹, Jinfu DONG², Jingang TU³, Linbo ZHANG⁴

¹Basic research &technology research institute. Chery Automobile Co., LTD, WuHu, 241009 Email:liusuhong@mychery.com

Abstract: It is more difficult for vehicle side impact in C-NCAP 2018 discussing edition and vehicles' structure crashworthiness design is going to confront with new challenge. Based on the new rule, by CAE simulation method, we analyzed the side crashworthiness performance of vehicles with different curb mass and height from the same platform. The results showed that vehicles with lighter mass and lower height would meet the performance target more difficultly. Meanwhile, a vehicle's side impact test based on the new rule was preformed, and CAE model was correlated. After this we did some optimization on side body structure to improve the crashworthiness performance, so as to satisfy the requirements of the new rule. It serves as a good recommendation for the followed-up vehicle development.

Keywords: 2018 C-NCAP; side impact crashworthiness; CAE simulation correlation; structure optimization

基于 2018 版 C-NCAP 侧面碰撞车身结构耐撞性研究

刘素红¹,董金富²,涂金刚³,张林波⁴ 奇瑞汽车股份有限公司,芜湖,241009 *Email: liusuhong@mychery.com*

摘要:2018 版 C-NCAP 侧面碰撞新规则难度显著增大, 侧面结构耐撞性设计面临新的挑战。本文以 2018 版 C-NCAP (讨论稿) 新规则为基础, 通过 CAE 仿真手段, 分析某平台下不同重量和高度的车型在新规则下侧碰性能表现。结果表明, 对于整备质量较小、车身高度偏低的轿车在新规则下侧碰性能下降 更为明显。同时, 结合某款车在新侧碰规则下的试验结果, 通过仿真模型对标分析, 针对侧碰中存在 的问题对车身结构进行优化, 使车身结构侧面耐撞性能满足新规则要求, 为后续车型开发提供参考和 依据。

关键词: 2018 版 C-NCAP 规则, 侧面耐撞性, CAE 仿真对标, 结构优化

1引言

当前各国的汽车碰撞法规及新车评价规程(NCAP)中都包括汽车侧面碰撞安全性能的评估,且汽车的侧面碰 撞因其碰撞缓冲空间小的特点也给汽车结构设计提出了较高的要求。各国法规对侧碰的重视的根源还是道路交通事 故的统计。来自美国公路保险安全协会(IIHS)的统计,2009年美国的客车乘员死亡人数中,27%是侧面碰撞导致 的^[1]。而近些年随着市场上各车型占比的变化,现行汽车碰撞规则对车辆侧面结构的耐撞性考察的合理性越来越模 糊,从 2012 版和 2015 版 C-NCAP 试验侧碰前后排假人得高分的比例看,得分率普遍较高,侧面被动安全性优劣 的区分度较小^[2]。基于对中国市场车辆状况的把握,2018 版 C-NCAP 侧面碰撞规则将对壁障尺寸规格、碰撞中心点 位置及前排假人等作调整^[3]。

对于汽车结构耐撞性设计,其实就是对车身结构选择最佳的刚度匹配。对于侧面碰撞同样如此,通俗说就是车 子不能太软也不能太硬。太软的车身结构会使汽车通过大的变形吸收碰撞能量,使乘员生存空间不足,而太硬的车 身则更多的碰撞能量转化为车子的动能,加速乘员与车的二次碰撞,对乘员头部保护更为不利。针对 2018 版新规

INFATS Conference in Hangzhou, November 24-26, 2016

则,由于碰撞能量的增加,壁障撞击点的后移和上抬,侧面碰撞性能开发面临更大挑战。车身侧面结构耐撞性设计应更精确地匹配前后和上下的刚度和强度。

本文以分析 2018 版与 2015 版 C-NCAP 侧面碰撞的差别为基础,展开分析新规则下面临的挑战,同平台下不同质量的车和不同高度的车在新旧规则下对车身结构侧面耐撞性设计的不同要求,针对新规则试验中存在的问题进行结构优化,为后续新车开发提供参考。为了表述方便 2018 版规则简述为新规则,2015 版规则简述为旧规则。

2 侧面碰撞新旧规则对比

由于本文仅对车身结构的耐撞性研究,不涉及约束系统,所以对新规则中更换假人的影响不作对比。

2.1 壁障形状尺寸的对比

新版规则中侧碰壁障的尺寸是根据目前市场上车辆占有率,经过统计分析得到,更能够真实模拟现实事故中侧 碰人体伤害响应和车体运动响应。新旧壁障尺寸上的差异主要有两点:

1,前端硬块的高度:新壁障与旧壁障相比,前端硬块上表面离地间距相同,而总高度却减小了 50mm。这种 变化使壁障与门槛的重叠量减小,对 B 柱本身的强度、B 柱顶部的支撑强度及车门窗框的强度提出了更高的要求。

2, 壁障的宽度: 壁障宽度由原来的 1500mm 增加到 1700mm。而新壁障的楔形设计却使前端硬块宽度由原来的 1500mm 减小为 1100mm。换言之前端硬块不但小而且窄,这会使汽车局部变形增大,假人胸部的扣分风险增加。

2.2 壁障重量的对比

壁障重量由 950kg 增加为 1400kg, 质量增加 47%, 也意味着碰撞能量相应增加 47%。这些碰撞能量最终转换 为汽车和壁障的变形能和动能,部分被人体吸收。

2.3 撞击点位置对比

新规则中撞击点后移 250mm。壁障后移使后门及 C 柱处变形更大,整车偏转程度也增加,对后门、门槛后端 及 C 柱的结构设计提出了更高的要求。

3 整备质量和车身高度在新旧规则下对侧碰性能的影响

车的整备质量和车身高度是对整车侧碰性能影响较大的两个因素。

首先,在整个侧碰过程中系统满足动量守恒和能量守恒。随着整车速度的上升,壁障车的速度逐渐下降,总的碰撞能量也转化为整车和壁障车的动能及系统消耗的能量。假设壁障车质量为 M_{barrier},整车质量为 M_{vehicle},初始碰 撞速度为 V₀,碰撞结束时刻的壁障车和整车共同速度为 V₁,那么系统消耗的能量 E_N可由下列公式计算

$$M_{\text{barrier}} * V_0 = (M_{\text{barrier}} + M_{\text{vehicle}}) * V_1 \quad (1)$$

$$V_1 = \frac{M_{\text{barrier }} *V_0}{M_{\text{barrier }} + M_{\text{vehicle}}} (2)$$

$$\frac{1}{2}M_{\text{barrier}} * V_0^2 = \frac{1}{2}(M_{\text{barrier}} + M_{\text{vehicle}}) * V_1^2 + E_N (3)$$

$$E_{N} = \frac{1}{2} * \frac{M_{barrier} * M_{vehicle}}{M_{barrier} + M_{vehicle}} * V_{0}^{2} (4)$$

由公式可以看出,当壁障的质量和速度一定时,整个系统消耗能量的多少只取决于的整车的质量。设计者可以 通过调整车身的刚度来调整车和壁障变形吸能的比例。

其次,车身高度的变化一般会影响门槛与壁障的重叠量,门槛与壁障前端的重叠量大小直接影响门槛—座椅横

306

梁—中通道这条传力路径承受力和力矩的比例,如图1所示。当门槛与壁障前端重叠量大时,门槛—座椅横梁—中 通道承受较大的力和较小的力矩的作用,而门槛与壁障前端重叠量小时相反。当传力路径承受的力较大时,易发生 压溃变形,当承受的力矩较大时,易发生翻转和折弯变形。



Figure 1. The force transmission path to the influence of different body height on the bottom 图 1. 不同车身高度对下部传力路径受力影响示意图

基于某平台开发的车型, sedan 和 SUV 整备质量相差约 200kg, 车身高度相差约 50mm。针对这两个因素在新旧规则下进行对比分析,分析清单如表 1 所示。旨在得到不同整备质量和车身高度在新旧规则下对侧碰性能的影响。

Table 1.Analysis of the listing 表 1. 分析清单

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
新旧规则	新	新	旧	旧	新	新	旧	旧
分析因素	1400kg	1200kg	1400kg	1200kg	SUV	Sedan	SUV	Sedan

3.1 整备质量在新旧规则下对侧碰性能的影响

模型中在关心区域(B 柱对应对假人胸部处,前门对应假人胸部处和后门对应假人骨盆处)分别建立测量点。 通过分析得到:(1)新规则下侧碰侵入量均比旧规则下增加约1倍,后门的增加幅度更大;(2)整备质量较重的 车侵入量偏大,但侵入速度偏低;(3)整备质量较重的车整个变形时间持续更久;(4)在新规则下整备质量重的 车侵入量增加更多。如图2-图7所示。



Figure 2. B pillar intrusion quantity contrastFigure 3. The front door into comparisonFigure 3. The back door into comparison图 2. B 柱侵入量对比图 3. 前门侵入量对比图 4. 后门侵入量对比



图 6. 前门侵入速度对比

图 7 后门侵入速度对比

3.2 车身高度在新旧规则下对侧碰性能的影响

图 5. B 柱侵入速度对比

通过分析发现: (1) 车身高度在新旧规则下表现得规律不完全一致: 对于新规则, 车身高度较低的轿车侵入 量偏大,侵入速度初始碰撞阶段较高,中间偏低,曲线整体更平缓;对于旧规则,车身高度较低的轿车侵入量也偏 大,但侵入速度在反弹前一直偏高;(2)车身高度的变化对新旧规则的影响程度不同:对新规则,车身高度的变 化对后门的侵入量影响较大,对B柱和前门的影响偏小,而对于旧规则恰好相反。如图8-图13所示。



Figure 11. B pillar intrusion velocity contrastFigure 12. The front door intrusion velocity contrast Figure 13. The back door intrusion velocity contrast 图 11.B 柱侵入速度对比 图 12. 前门侵入速度对比 图 13. 后门侵入速度对比

整备质量的变化对新规则的影响更明显,车身高度的变化对新规则下后门的侵入量影响更大。对于整备质量较 小、车身高度偏低的轿车在新规则下满足侧碰性能要求的难度更大。

4 新规则下侧碰试验、对标及结构优化

为了更好地应对 2018 版侧碰新规则的变化,基于某款车进行试验,并且将 CAE 模型对标,而后基于对标模型 针对试验中的问题进行结构优化,以满足性能目标的要求。

4.1 试验结果

试验中在 B 柱上对应假人胸部处、前门对应假人胸部处和后门对应假人骨盆处分别贴传感器。对比新旧规则下侧碰测量点的侵入量曲线发现新规则下侵入量增加明显,超出了目标值,如图 14-16 所示。使试验中前排假人胸部 压缩量超标和后排假人耻骨力超标。试验变形图见对标结果。



4.2CAE 模型对标

4.2.1 整车运动姿态

通过观察试验视频与仿真动画及对比整车运动速度曲线,得到试验与仿真中的整车都发生偏转,开始偏转的时 刻及偏转程度基本一致;整车开始反弹的时刻基本一致。如图 17 示。



Figure 17. The vehicle and walls speed curve contrast 图 17 整车及壁障运动速度曲线对比

4.2.2 结构变形

分析发现结构的变形(包括整车、壁障的变形及关键件的变形)位置及程度仿真和试验很相近,如图 18 和图 21 所示。对比 15 版小壁障试验结果,18 版门槛中部出现轻微折弯,后门及后围变形也增加。



Figure 18. Deformation of the vehicle 图 18. 整车变形图



Figure 19. Walls deformation 19. 壁障变形



Figure 20. Deformation of B pillar 图 20. B 柱变形图

Figure 21. The threshold deformation in central 21. 门槛中部变形

4.2.3 侵入量及侵入速度

试验前在假人附近结构件上(B柱、前门和后门)贴传感器,仿真模型定义了对应的测量点。图 22-图 24 展示 了 B 柱和前门对应假人胸部处及后门对应假人骨盆处的侵入量曲线对比。图 25-图 27 展示了 B 柱和前门对应假人 胸部处及后门对应假人骨盆处的侵入速度的曲线对比对比。结果表明仿真和试验拟合较好,误差较小。





4.3 结构优化及结果

有了良好的对标模型,就可以基于此模型针对试验中的问题进行结构优化,以满足性能目标。本次试验中,前 排假人胸部压缩量和后排假人的耻骨力均略有超标,导致扣分。前排假人失分原因主要是门槛中部折弯,导致 B 柱整体侵入增加;后排假人耻骨力大主要的原因是后门防撞梁下部与门槛搭接量较小,门槛后端本身的强度亦偏小, 因而门槛后部及后门中部区域变形较大。基于此提出侧碰性能优化方案:一是后门防撞梁在允许范围内向下旋转, 增加与门槛后端的搭接;二是门槛后端件向后延长一段,并与后围增加焊点;三是门槛中部折弯处增加一段加强板。 具体如图 28 所示。



a) The back door anticollision beam rotation a) 后门防撞梁旋转



b) Threshold back-end piece backward extend
b) 门槛后端件向后延长



c) Threshold increased central reinforcing platec) 门槛中部增加加强板

经过优化后侧碰性能提升明显。门槛中部没有折弯,后门及后门槛处变形明显减小如图 29 所示。统计 B 柱、前门和后门的测量点侵入量发现各测量值均降低,满足目标值要求,如图 30-图 32 所示。

Figure 28. Optimization schemes 图 28. 优化方案示意图



a) B pillar a) B 柱



b) The back door anticollision beam b) 后门防撞梁

Figure 29. Key-module deformation contrast figure 图 29. 关键件变形对比图



c) The threshold at the back of the c) 门槛后部



5 结论

2018 版 C-NCAP 新规则(讨论版)对汽车侧面耐撞性设计提出了新的要求。文中分析了整备质量和车身高度 两个因素在新旧规则下对侧碰性能影响的差异,为新开发车型(尤其是平台车型)的结构耐撞性设计提供参考。另 外,为更好地应对新规则变化,进行了侧碰试验。试验后通过 CAE 模型的对标,在对标后的模型基础上进行结构 的优化,使结构性能达到目标要求。后续可以对假人和约束系统进行分析、对标和优化,以综合提高侧碰性能。

参考文献

- [1] Teoh, E.and Lund A, IIHS Side Crash Test Ratings and Occupant Death Risk in Real World Crashes, Insurance Institute for Highway Safety Arlington VA, 2011.
- [2] LI XR、MA WJ、ZHU HT, Side touch deformable research team performance and vehicle front end stiffness relations. China automotive engineering society annual meeting, 2015
- 李向荣、马伟杰、朱海涛,侧碰可变形壁障性能与车辆前端刚度关系的研究.中国汽车工程学会年会,2015. [3] ZHU HT, C 2018 NCAP side impact test scheme, 2016
- 朱海涛, 2018 版 C-NCAP 侧面碰撞测试方案, 2016.