

DOI:10.19344/j. cnki. issn1671-5276.2024.03.011

基于 40%正面碰撞的车身结构改进与分析

戴海燕, 李景彬

(广州城市理工学院 汽车与交通工程学院, 广东 广州 510800)

摘要:为提高轿车车身结构强度,改善汽车碰撞安全性,以某紧凑型轿车为研究对象,应用 CATIA 建立该车白车身三维模型,根据 C-NCAP 碰撞试验法规的要求进行合理的前处理设置后,采用 LS-DYNA 软件对该车进行 40% 正面偏置碰撞分析,结果显示该车前围板及部分构件变形较大,存在一定的安全隐患。通过改进车身结构和材料,40% 正面碰撞模拟分析结果表明:该车碰撞安全性得到一定提升,前围板的入侵量减小了 98.3 mm,车门腰线和门槛变形量分别减小了 3.3 mm 和 1.5 mm。

关键词:碰撞安全;改进;车身结构;汽车

中图分类号:TH122 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2024)03-0054-04

Improvement and Analysis of Vehicle Body Structure Based on 40% Frontal Collision

DAI Haiyan, LI Jingbin

(School of Automotive and Traffic Engineering, Guangzhou City Institute of Technology, Guangzhou 510800, China)

Abstract: In order to enhance the structural strength of the car body and improve its collision safety, a compact car is taken as the research object to establish the three-dimensional model of the car body in white by CATIA. After reasonable pretreatment settings are made according to the requirements of C-NCAP collision test regulations, LS-DYNA software is used to conduct 40% frontal offset collision analysis on the car. The results show that the cowl panel and some components of the car are deformed greatly, causing certain safety hazards. With the improved body structure and materials, 40% of frontal collision simulation analysis results show that the vehicle collision safety is upgraded to a certain extent, i.e. the intrusion amount of the cowl panel is reduced by 98.3 mm and the deformation amount of the door waist line and the threshold is reduced by 3.3 mm and 1.5 mm respectively.

Keywords: collision safety; improvement; body structure; automobile

0 引言

当前社会人民生活水平日益提高,汽车产销量和保有量也逐年增加,随之带来的交通事故所引起的死亡人数也居高不下,近年来因汽车交通事故导致的死亡人数超过 4 万人。碰撞事故可分为正面碰撞、追尾碰撞和侧面碰撞,资料显示正面碰撞在交通事故中最为常见,占比约 28.7%,且 3 种碰撞事故中正面碰撞死亡率最高^[1]。正面碰撞包含了 100% 全宽碰撞和 40% 偏置碰撞。根据交通事故统计发现,重叠率为 30%~40% 时,死亡率最高^[2]。汽车 40% 偏置正面碰撞分析和车身耐撞性结构优化,对降低交通事故中驾乘人员伤亡具有一定的实际意义。

许多研究人员主要从车身材料、防撞梁结构形式、厚度、车身钣金件焊接方式、对车身前舱乘客舱等位置结构改进等方面进行汽车车身偏置碰撞安全性结构优化。其中任明伟等^[3]采用复合材料取代铝合金材料,分析了 40% 正面碰撞情况下,复合材料的防撞梁铺层厚度、吸能盒壁厚和铺层方式对汽车耐撞性的影响。杨帆^[4]通过试验和 CAE 分析,针对某车 40% 正面碰撞时小腿失分过多的现象进行了分析并提出改进方案,使汽车碰撞性能得以提升。王占宇等^[5]通过采用铝合金材料,同时改善碰撞力传递路径对某纯电动 SUV 进行了优化,提供了该车碰撞安全性。肖龙等^[6]通过改变车体结构和关键部位的材料,达到了提高碰撞安全性的目的。张元瑞等^[7]采用泡沫铝复合

基金项目:广东省高等教育学会“十四五”规划高等教育研究课题项目(21GYB64)

第一作者简介:戴海燕(1982—),女,湖北红安人,副教授,博士,研究方向为汽车类相关零部件开发和性能分析, haiyan0312@126.com。

材料填充汽车座椅横梁,提高车辆的抗弯曲和抗压缩性能。徐中明、杨昆、谢晖等^[8-10]针对前纵梁在碰撞模拟中发生的折弯变形问题进行了分析,并对其结构优化,提高了碰撞安全性。邓利军等^[11]为了提高汽车车身耐撞性,对汽车前防撞梁进行了优化设计。祝学亮^[12]通过设置不同的焊接误差方式,分析了100%正面碰撞中前纵梁的变化情况。由此可见,以上分析在提高车辆耐撞性方面,主要是针对汽车局部进行优化或采用不同材料进行改进。

本文在前述研究基础上,以某紧凑型轿车为研究对象,分析该车在40%正面碰撞时的耐撞性,并从车身局部材料、车身的结构方面进行改进,以提升汽车的碰撞安全性,可为汽车正面碰撞车身结构优化提供一定参考。

1 车身有限元模型建立

针对某紧凑型轿车,应用CATIA软件建立该轿车白车身三维模型,导入HyperMesh,对模型进行几何清理,修复模型中缺失或重叠的部分,去掉多余自由边、共享边,改善各部件之间的拓扑关系。根据车身结构特性,采用大小为5mm的三角形和四边形壳单元划分车身网格,其中三角形网格占比5%,共划分为151 425个单元,车身网格整理失败率为0.5%,总体符合要求。为车身钣金件赋予弹塑性MAT24型号钢材材料属性,密度为7 850 kg/m³,弹性模量为210 GPa,泊松比为0.3。设置车身、焊点、刚性壁障之间的接触关系,结合经验接触面间的摩擦因数设置为0.2。

根据我国C-NCAP碰撞试验法规的要求,汽车40%正面碰撞(图1)的分析中,汽车初始车速设置为64 km/h,重力加速度为9.8 m/s²。在划分网格、材料属性定义、接触条件和初始条件设置完毕后,形成K文件并导入LS-DYNA求解运算,对汽车前围板侵入量、前门门框压缩量进行分析。

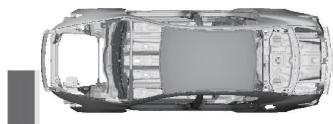


图1 40%偏置碰工况

2 汽车40%正面偏置碰撞分析

2.1 模拟结果可靠性分析

图2为碰撞过程中系统总能量、动能、内能和

沙漏能的变化曲线。由图可知,系统的总能量为 4.0×10^7 J,基本保持不变。

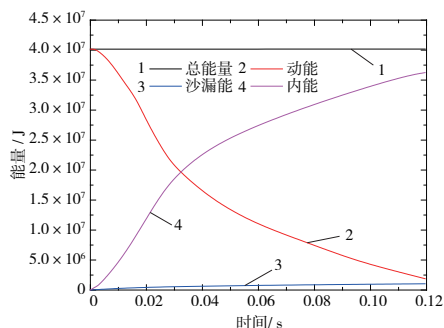


图2 能量曲线

汽车正面40%碰撞过程中,动能随时间延长逐渐减少,而内能随时间增加逐渐增加。根据曲线变化情况可看出,系统总能量、动能、内能和沙漏能均为光滑过渡,未出现明显的突变,沙漏能为 1.04×10^6 J,约占总能量的2.26%。沙漏能占比较小,则碰撞试验模拟的结果准确性较高,模型可靠。

2.2 碰撞结果分析

1) 车身变形分析

40%偏置碰撞过程车身的变形情况如图3所示,分别为0 s、0.04 s、0.08 s、0.12 s时的变形情况。由图3车身变形结果可以看出:碰撞初始阶段主要是可变形避障与车身接触,该阶段壁障进行吸能和变形,车体前部部位的保险杠前端出现压溃,但未出现较大的形变;随后的碰撞产生的冲击力沿纵向路线传递,吸能盒、翼子板和前纵梁等结构出现压溃变形。由于40%偏置碰的特性,出现变形比较大和侵入量大的区域主要集中在驾驶员侧,非碰撞侧的挤压变形较小。

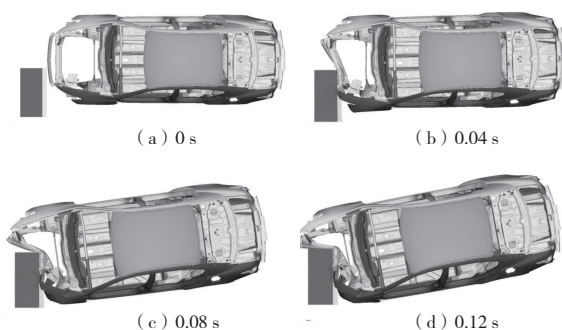


图3 40%碰撞车身变形情况

2) 前围板侵入量

正面偏置40%碰撞过程中,前围板的侵入量过大,将人体的胸部、腹部以及大腿造成较大的

伤害。为减少碰撞时车体变形造成对人体部位的伤害,设计过程中应保证前围板的侵入量尽可能较低。图4为40%正面碰撞仿真试验时前围板相对于车身的侵入量。由图可知前围板的最大侵入量主要集中在左侧,最大变形量达到191 mm,不满足工程目标要求值150 mm,会对乘员造成较大的伤害,因此需对车身进行改进。

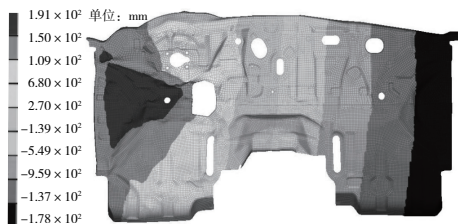


图4 前围板侵入情况

3) 门槛、腰线变形

A、B柱的侵入量过大会导致车门卡死无法打开,对驾驶员和乘客的安全性造成较大影响,且会影响事故发生后的救援工作。本分析中A、B柱最大变形量16.5 mm,满足一般要求的最大变形量35 mm。由于A、B柱变形产生的车门腰线和门槛长度也产生一定的变化,其变化量如图5所示。由图可知,腰线宽度最大变化量约为5.5 mm;门槛宽度最大变化量约为2.3 mm,其变化量在合理范围内。

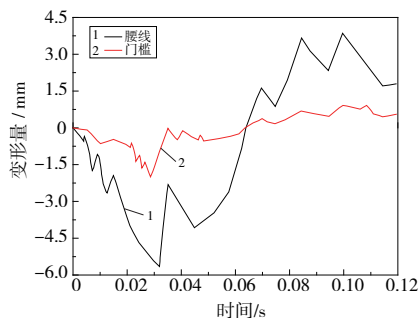


图5 门槛、腰线变形量

3 车身结构改进与分析

3.1 车身结构改进

根据汽车40%正面偏置碰撞分析结果,该车碰撞安全性与标准要求具有一定偏差,需进行改进。汽车整车碰撞安全性较大部分取决于车身强度,车身结构与材料选取大大影响车身强度。结合前述分析结果,对车身部位进行改进,具体如表1所示。

表1 车身改进方案

序号	改进方案	改进方案图示
1	保险杠采用热成型钢板材料(DP700)	
2	前围板的厚度增加0.5 mm	
3	纵梁、车门内板、中央通道、顶盖支撑板、门槛梁采用高强度低合金钢(HSLA350)	
4	B柱、门槛内板、地板支撑梁加强板采用高强度低合金钢(HSLA490)	

由于0.04 s时前部保险杠部位已产生明显变形和溃缩,为改善车身后部的安全性,保险杠采用DP700热成型钢板材料,使汽车车身质量在几乎不发生变化的前提下,承受力大大提升;针对前围板侵入量较大的问题,通过将前围板的厚度增加0.5 mm以提高前围板强度;针对A、B柱及其他重要防护部位的变形可能造成对人体伤害的问题,局部采用不同高强度钢板材料的方法来提升各部位强度。

3.2 改进前后结果对比

对车体结构进行改进并赋材料,和前述分析一样,按照我国C-NCAP碰撞试验法规的要求,对其进行正面40%偏置碰撞分析。

1) 前围板侵入量

图6为改进后前围板侵入量变化情况。由图可知,最大变形量集中在左侧部位,数值约为92.7 mm。与改进前比较,最大变形量减小了98.3 mm,减小了51.5%,变化明显,增强了车体结构的安全性。

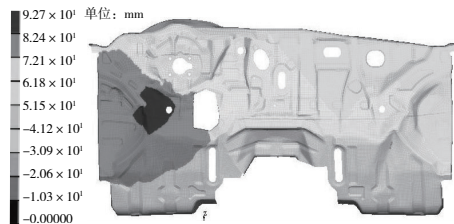


图6 优化后前围板侵入量

2) 门槛、腰线变形

对改进后的模型进行碰撞分析,根据正面40%偏置碰撞结果发现,由于A、B柱变形产生的腰线及门槛宽度变形量也相应减小,如图7所示。

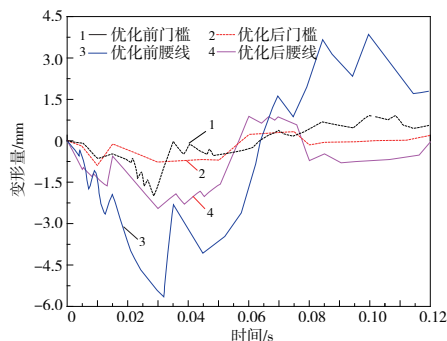


图7 优化后A-B柱门槛变形情况

改进后,正面40%偏置碰撞中,腰线最大变形量为2.2 mm,比改进前减少3.3 mm,减小60%;改进后的门槛变形量为0.8 mm,比改进前减少1.5 mm,减小65%。符合车身安全性要求。

4 结语

本文针对正面碰撞类型的汽车碰撞安全问题的研究背景与意义,分析了研究人员针对40%正面偏置碰撞的研究方法和研究成果,在此基础上,结合某紧凑型汽车车身碰撞安全性进行了分析和改进,得到如下结论。

1) 根据C-NCAP碰撞试验法规的要求,应用LS-DYNA软件对小轿车车身碰撞进行模拟分析,由系统总能量、动能、内能和沙漏能的变化曲线可知,该模型仿真分析结果可靠,具有较好的可信度。

2) 由40%正面偏置碰撞分析及改进结果发现,通过改进该车车身结构和材料,可有效提高该车的车身强度,从而提高该轿车的车身碰撞安全性。

3) 应用LS-DYNA软件对汽车车身进行碰撞

分析换热结构改进,可缩短汽车车身设计周期,节省设计成本,提高汽车设计开发效率。

参考文献:

- [1] 黄彬兵,李少鹏,许述财. 汽车拼焊B柱成型工艺与耐撞性分析[J]. 汽车工程,2021,43(10):1513-1518,1527.
- [2] 付月. 中等重叠碰撞车辆安全性能研究及碰撞相容性分析和优化[D]. 重庆:重庆大学,2021:1-94.
- [3] 任明伟,洪治国,周玉敬,等. 碳纤维复合材料防撞梁低速碰撞渐进损伤及优化[J]. 复合材料学报,2022,39(2):1-15.
- [4] 杨帆. 某车型偏置碰撞车身结构优化[J]. 汽车技术,2019(10):8-13.
- [5] 王占宇,周士兵,张本宏,等. 纯电动SUV正面25%偏置碰撞仿真和优化[J]. 公路交通科技,2020,16(9):120-127.
- [6] 肖龙,李莉,段大伟,等. 基于正面25%重叠偏置碰撞测试的轿车改进设计[J]. 汽车工程,2018,40(2):184-191.
- [7] 张元瑞,汪高飞,张永亮,等. 基于泡沫铝复合结构的汽车座椅横梁填充设计与优化[J]. 机械强度,2022,44(1):140-147.
- [8] 徐中明,王青青,范维春,等. 汽车前纵梁吸能盒结构耐撞性多目标优化[J]. 振动与冲击,2021,40(3):212-217.
- [9] 杨昆,王江波,邹健,等. 汽车吸能盒结构参数的优化及其耐撞性能分析[J]. 制造业自动化,2022,44(2):110-113,127.
- [10] 谢晖,陶泽,李凡. 电动汽车前纵梁轻量化优化设计[J]. 计算机仿真,2017,34(3):142-146.
- [11] 邓利军,王书贤,杨芳庆. 汽车前防撞梁的耐撞性与轻量化优化设计[J]. 现代制造工程,2021(8):64-69.
- [12] 祝学亮. 基于焊接误差的汽车前纵梁碰撞仿真试验研究[J]. 机械设计与制造工程,2021,50(10):86-89.

收稿日期:2022-10-17