

Study on Computer Simulation of Vehicle Side Impact

LUO Chao, WANG Liangping, XU Liwei,
DONG Ruiqiang, FANG Kehong, YANG Huakai

*Automobile Engineering Research Institute,
Chery Automobile CO., LTD., Wuhu, 241009*

Abstract – With the development of vehicle passive safety research, the side impact regulation has been put into the table. The appropriate vehicle structure design has been considered for many automotive manufactories as the requirement of the side impact regulation. To reduce the design cost and cycle, the computer simulation has been widely employed for auto OEMs worldwide. In Chery, we have started our CAE for vehicle structures several years, and the side impact simulation is one of our major field. During past years, a series of computer methods for passive safety has been developed and applied to many vehicle designs. In this paper, we will focus on the side impact design. A demonstration flowchart is presented followed with a numerical example.

Keywords: MDB; Intrusion; Structure Safety

1 引 言

据相关统计数据显示,我国是世界上交通事故最多的国家之一。而在汽车交通事故统计中,汽车侧面碰撞事故是发生频次最高,造成严重受伤人数最多的交通事故。因此,汽车设计时考虑侧面碰撞安全性是非常必要的。近年来,我国也加强了汽车侧面碰撞安全性方面的研究工作。针对汽车侧面碰撞安全性的汽车侧面碰撞法规即将于 2006 年实施。

汽车作为交通工具,也是乘客生命安全的承载体。改善汽车的安全性,可以大大提高乘客在交通事故中的存活可能性。汽车安全性分为主动安全性和被动安全性。汽车的被动安全性主要是指在发生意外的碰撞事故时,如何对司机和乘员进行保护,尽量减少其所受伤害。

提高汽车的被动安全性,可从下面两个方面采取对策:第一,提高汽车结构的安全性,即使得汽车碰撞部位的塑性变形尽量大,吸收较多的碰撞能量,降低汽车减速度的峰值,尽量减缓一次碰撞的强度;使得汽车乘员舱部分有足够的强度和刚度,确保汽车乘员的生存空间,并保证发生事故后乘员能够顺利逃逸;同时保证碰撞时成员身体不暴露到车外;第二,使用乘员保护系统,即使用安全带、安全气囊等乘员保护装置对乘员加以保护,通过安全带的拉伸变形和气囊的排气节流阻尼吸收乘员的动能,使猛烈的二次碰撞得以缓冲,以达到保护乘员的目的^[1]。

因此,提高汽车的被动安全性,要从汽车结构设计和乘员保护系统两个方面入手。汽车结构设计方面要考虑车身、车架、座椅、转向机、内饰等。乘员保护系统则应考虑使用安全带和安全气囊等。

传统的汽车设计方法是在设计时采用经验加上实验的方法来确定设计方案,这样不仅设计周期长、设计成本高,而且设计方案也不一定是最优方案。为了寻找最优的设计方案,并且减少设计周期,降低设计成本,计算机模拟仿真技术被广泛地运用在设计过程中。

国内在整车碰撞的模拟计算方面开展了大量的工作。国内的一些汽车厂和一些高校都进行了乘员空间、汽车零部件及整车碰撞模拟计算的研究。在奇瑞汽车有限公司,整车开发设计中运用 CAE 技术已有数年时间,侧面碰撞模拟仿真是主要工作方向之一。过去几年间,一系列用于被动安全的计算方法被总结出来并用到整车开发之中。本文针对侧面碰撞安全性设计,通过

奇瑞公司在开发某款车型时 CAE 的应用,说明侧面碰撞仿真的过程以及在汽车结构安全性设计中的作用。

2 CAE 模型的建立

在设计部门提供的 CAD 数据基础上,根据企业的网格标准,对各零部件进行了网格划分。根据工艺设计的要求对各部件进行了焊接。图 1 是整车的网格模型图。

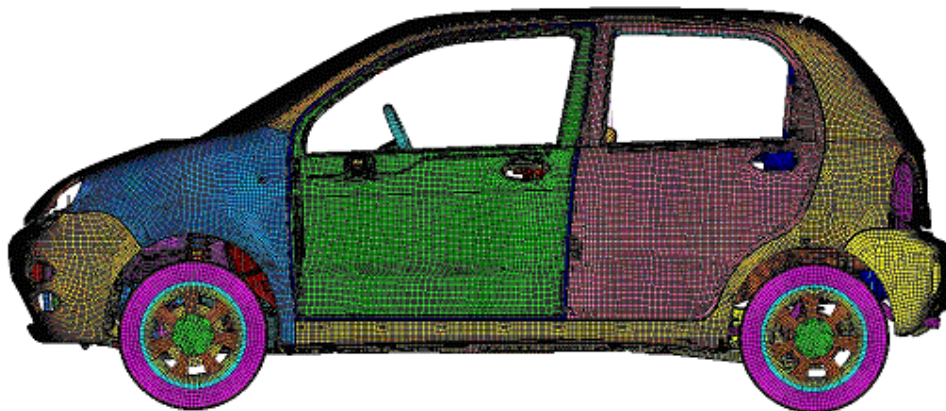


图 1 整车有限元模型图

整车模型共包括以下子系统:白车身、车门、引擎盖和后背门、翼子板、仪表板横梁、保险杠、前座椅、散热器和冷凝器、燃油箱、转向系、踏板、动力总成、排气系统、副车架、驱动轴、悬架与轮胎、蓄电池等等。其中有些部件被简化。内饰用质量点代替。由于发动机是铸件,在碰撞过程中,相对于整车其它部件,其变形很小,外形基本不变,因此发动机被设置成刚体。用壳单元模拟前后风挡玻璃,玻璃与车身连接用的胶用体单元模拟。门锁用 Joint 来模拟。

在汽车碰撞过程中,作用在零部件上并使之产生大的弹塑性变形的载荷主要来源,是接触界面处的法向碰撞力和切向摩擦力。在侧面碰撞模拟中,我们需要定义会发生变形的零件的单面接触-自身的接触,以及相互连接的零件面与面的接触或者是相应节点对面对面的接触。即所有可能发生接触的区域都要定义接触。考虑到碰撞发生后,部件会发生变形并且车体会侧向移动,部件间相互接触不可预测,因此把整车定义成单面接触^[2]。

统计显示,最后模型节点和单元数超过 75 万。建模完成后,通过检查整车质量及整车中心位置、整车质量分布等信息,计算整车的模态和刚度,初步确定模型的正确性。

用于碰撞的 MDB 模型是在 ETA 公司的障碍物模型的基础上修改而成的。MDB 有限元模型可以分为两个部分:移动台车模型和变形吸能块模型。移动台车模型是一个刚性整体。变形吸能块安装在移动台车模型的前部。MDB 质量 950kg。图 2 是 MDB 示意图。

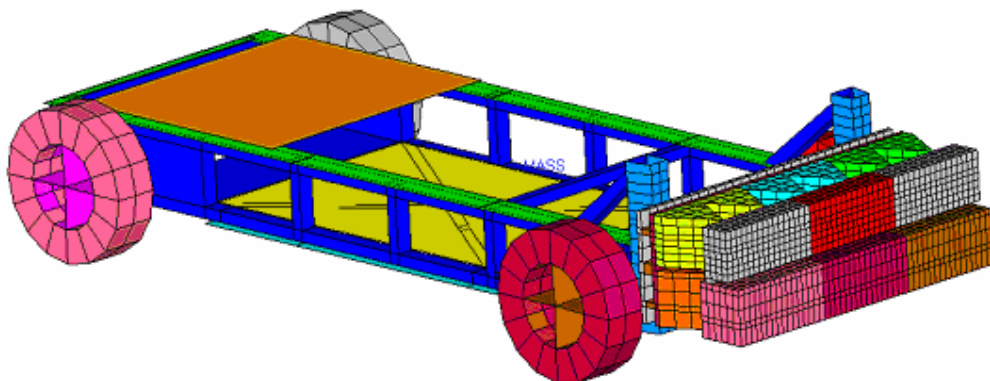


图2 MDB 模型图

3 碰撞仿真计算与分析

由于国内参照 ECE R95 法规制定的我国侧撞法规尚未正式颁布,因此模拟参照 ECE R95 法规进行。仿真计算采用 LS_DYNA 非线性动态显示有限元分析软件,在 SGI 工作站上进行。仿真计算时间和实际的碰撞时间相当,为 100ms。

考察汽车安全性设计是否合理,碰撞试验时假人的伤害值是重要的评价指标^[3]。要减小假人的伤害值,改善车体结构在碰撞时的变形是一个有效方法。合理情况下车体结构变形要使成员的生存空间尽量大。车体结构变形是否合理可以从一些指标上得到反应,例如车体的变形情况、车体 Y 向侵入量和 Y 向侵入速度等。分析完成后,通过考察整车变形及相应曲线,车体的侧面碰撞安全性有以下几点有待改进:

- 1) 地板变形需要改善。
- 2) B 柱 Y 向侵入量需要减小。
- 3) B 柱腰线附近区域的 Y 向侵入速度需要减小。

整车的碰撞性能取决于部件的吸能特性^[4]。分析了侧面碰撞时各个部件的作用后,设计了多种解决方案,进行了多轮次的碰撞仿真。有多种方案效果都符合安全性要求。综合考虑生产工艺、成本等因素,确定了最终方案。

表 1 是初始方案和最终方案 25ms、50ms、75ms 及 100ms 时刻 B 柱变形对比图。

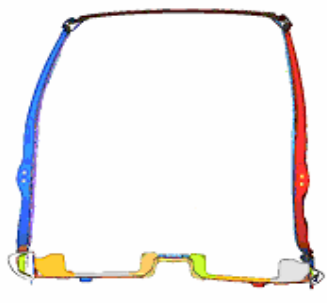
图 3 是初始方案和最终方案地板的变形对比图。

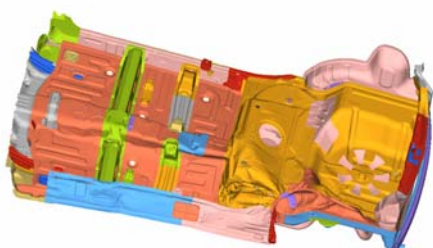
图 4 是两种方案 B 柱上相应点的侧向侵入量。相应测量点的位置按从上倒下的顺序是: B 柱顶部、B 柱腰线等高的区域、B 柱上与前座椅 H 点等高的区域以及 B 柱根部。

图 5 是两种方案 B 柱腰线附近区域的 Y 向侵入速度对比图。

通过对比可以知道,无论是地板变形、B 柱 Y 向侵入量还是 B 柱腰线附近区域的侧向侵入速度,最终方案比初始方案有明显改善。并且参数值都达到了设计目标的 90%以上。车的安全性也符合相关法规要求。同时,新车型的开发设计周期和设计成本也得以大大减少。

表 1 各种时刻 B 柱变形对比图

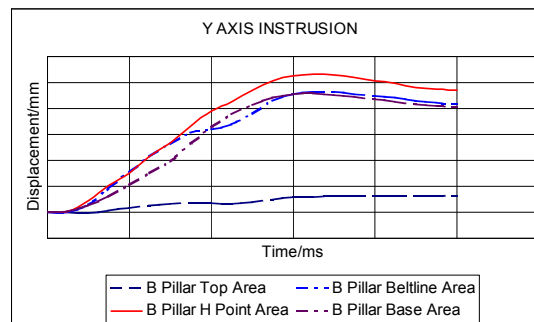
时间	初始方案	最终方案
t=25ms		
t=50ms		
t=75ms		
t=100ms		



(a) (b)

图3 地板变形对比图

(a)初始方案 (b)最终方案



(a) (b)

图4 B柱Y向侵入量对比图

(a)初始方案 (b)最终方案

B Pillar Beltline Area Velocity

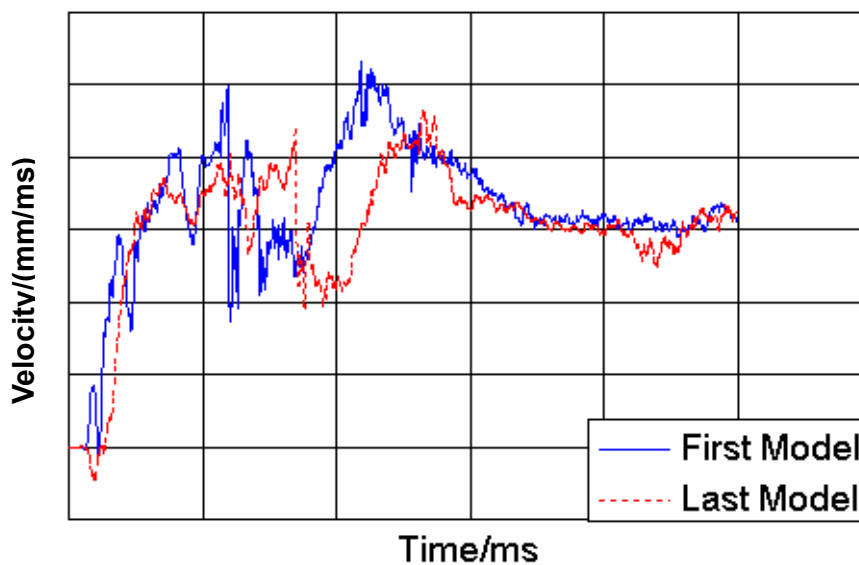


图5 B柱腰线附近区域Y向侵入速度对比图

4 结论

在新车型开发设计时,要尽可能的提高车的安全性能。利用 CAE 技术可以准确的模拟汽车碰撞的全过程,从而检验和指导设计,大大节省开发设计周期和设计成本。汽车碰撞仿真技术在汽车开发设计中日益重要。

本篇文章进行的模拟只集中在车辆的碰撞变形（结构安全性）上，并未加入假人模型。可以将车辆的碰撞变形等结果作为输入条件，利用 Madymo 软件进行假人伤害值的计算，以对车辆设计作进一步的改进和优化。

5 参考文献

1. 黄世霖，张金换，王晓冬等. 汽车碰撞与安全. 北京：清华大学出版社，2000.
2. 金鑫，王吉涛，张金换等. 汽车侧面碰撞试验仿真研究. 见：中国汽车工程学会，汽车安全技术，汽车安全技术国际研讨会，上海，2004，北京：人民交通出版社，2004.
3. 钟志华，张维刚，曹立波等. 汽车碰撞安全技术. 北京：机械工业出版社，2003.
4. 张维刚，钟志华. 汽车正碰吸能部件改进的计算机仿真. 汽车工程，2002，24（1），6-9