

## Effect of Dummy weight distribution method on side impact simulation

Shugang Xie<sup>1</sup>, Biqiang Zeng<sup>2</sup>, Jie Ma<sup>3</sup>, Yuanzhi Hu<sup>4</sup>, Rui Fang<sup>5</sup>  
(China Automotive Technology and Research Center, Tianjin, 300162)

**Abstract:** In case of vehicle side impact, B pillar intrusion and intrusion velocity are main injurious factors. So B pillar intrusion and intrusion velocity have become main index to evaluate vehicle structure crashworthiness. In this study, series of the analysis have been conducted to explore the effects of dummy weight distribution method on B pillar intrusion and intrusion velocity. The results indicated that the dummy weight distribution have strong effects on the B pillar dynamic behaviors when B pillar have contact with driver seat during side impact.

**Keywords:** Dummy weight distribution, Vehicle crash, Side impact

## 假人配重方法对侧面碰撞仿真结果的影响

谢书港<sup>1</sup>, 曾必强<sup>2</sup>, 马杰<sup>3</sup>, 胡远志<sup>4</sup>, 方锐<sup>5</sup>  
(中国汽车技术研究中心, 天津市 300162)

**摘要:** B 柱侵入是造成车辆侧面碰撞乘员伤害的主要因素之一, 也是评价车辆侧面耐撞性能的主要指标。本文以某车型的 C-NCAP 侧面碰撞分析为例, 研究了目前在侧碰仿真中常用的三种假人配重方法对仿真结果的影响。结果表明, 当 B 柱与座椅无接触碰撞时, 三种假人配重方法计算得到的结果相差不大; B 柱与座椅发生接触以后, 假人的配重方法对于整车刚度、B 柱侵入量以及侵入速度均产生较大的影响。

**关键词:** 假人配重, 汽车碰撞, 侧面碰撞

### 1 引言

车辆碰撞安全仿真技术与传统的设计分析方法相比, 具有灵活、方便、快捷的特点, 成为车辆碰撞安全设计的重要手段。通过碰撞安全数值仿真, 可以在产品开发阶段可以对产品进行假人伤害与车辆变形评估, 以降低研发周期和成本。目前大多数汽车企业已经具备了整车碰撞分析的能力。并开展了一系列的关于仿真精度的探讨<sup>[1-5]</sup>。但进行结构分析时, 一方面由于缺少车辆内饰件材料的力学参数, 无法建立精确的车辆内饰件有限元模型, 另一方面, 由于假人刚度与车身结构的刚度相差较大, 假人与车身直接接触易引起计算不稳定。所以在目前进行结构碰撞分析中, 多采用质量单元为侧面碰撞假人配重。

本文以某车型 C-NCAP 侧面碰撞分析为例, 研究了目前常用的三种假人配重方法对仿真结果的影响。结果表明, 当 B 柱与座椅无接触碰撞时, 三种假人配重方法计算得到的结果相差不大; B 柱与座椅发生接触以后, 假人的配重方法对于整车刚度、B 柱侵入量以及侵入速度均产生较大的影响。本文中的车型 C-NCAP 侧面碰撞分析表明, 采用刚性假人配重方法, 计算得到的 B 柱侵入量与试验结果基本一致。

### 2 假人配重方法

根据 C-NCAP 试验程序<sup>[6]</sup>, 在驾驶员位置放置一个 EuroSID II 型假人, 用以测量驾驶员受伤害的情况。在第二排座椅的被撞击侧放置 SID-II<sub>s</sub> 假人并使用安全带, 用以考核乘员约束系统的性能及对第二排乘员的保护作用。暂不对该假人伤害指数进行评价。目前在进行 C-NCAP 侧面碰撞仿真分析时, 常采用如图 1 所示的三种方法为假人配重。第一种方法采用单元质量为 75Kg 的集中质量单元代表试验时的假人重量, 并通过安全带单元与车辆安全带固定点相联接。第二种方法采用一组总质量为 75Kg 的质量单元, 分布在车辆座椅骨架上, 模拟车辆侧面碰撞时的假人重量。第三种方法则采用一个刚性假人, 模拟侧面碰撞时假人的重量。



图 1. 三种假人配重的方法

### 3 计算结果分析

对于 C-NCAP 侧面碰撞仿真而言, 最稳定的有限元模块为移动壁障 (MDB)。MDB 的减速度历史直接反映了车身结构的软硬程度。图 2 所示为采用三种方法计算得到的移动壁障的加速度曲线。可以看出, 采用不同的假人配重方式, 计算得到的 MDB 加速度曲线有较大差别, 主要体现在 30ms 到 60ms 之间。试验与仿真结果均显示, 座椅骨架与车辆 B 柱在此时间段内有接触碰撞, 如图 3 所示。因此, 可以判断, 三次试验计算结果的差别是由不同的假人配重方式导致的座椅刚度的差别引起的。

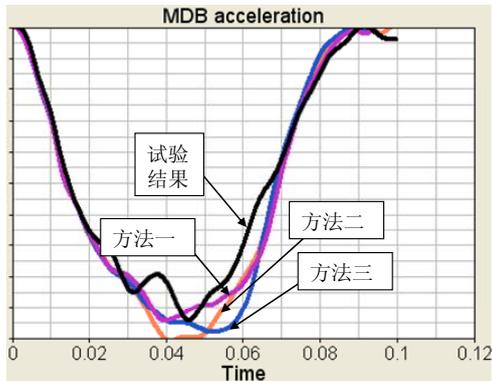


图 2 三种方法计算得到的移动壁障的加速度曲线

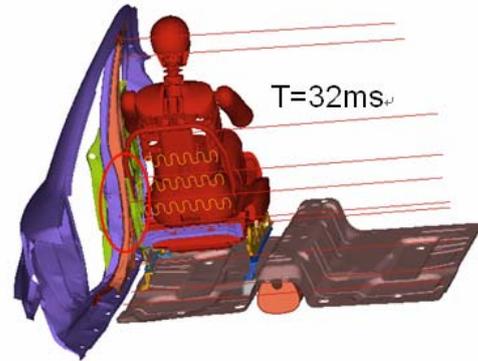


图 3 座椅与 B 柱碰撞时刻

当采用第一种方法为假人配重时, 质量为 75Kg 的集中质量单元通过安全带单元与车身骨架上的安全带固定点相连。由于安全带单元无法承受压力, 导致质量单元无法与座椅相互作用, 所以采用此种方法为假人配重, 缺少假人重量对座椅的作用。在 32ms 以前, 由于座椅与 B 柱未发生冲击接触, MDB 的减速度主要由 B 柱、车门防撞梁和地板横梁等结构件的强度决定, 与座椅以及假人关系不大, 所以三种方法计算到的 MDB 减速度在 32ms 以前基本一致。32ms 以后, 座椅开始挤压 B 柱, 座椅强度及惯性影响 B 柱入侵的程度。由于此种方法缺少假人重量对座椅的作用, 其座椅惯性量小于另外两种方法, 所以采用第一种配重方法计算得到的 MDB 减速度在 30ms 到 60ms 之间低于另外两种配重方法计算得到的结果。

当采用第二种方法为假人配重时, 一组总质量为 75Kg 的集中质量单元分布在座椅骨架上, 质量单元无法与座椅产生相对运动。所以采用此种方法为假人配重, 座椅刚度最高。计算结果显示, 采用第二种配重方法计算得到的 MDB 减速度在 30ms 到 60ms 之间高于另外两种配重方法计算得到的结果。这表明, 在此时间段内, 车身表现出来的刚度高于另外两种情况。

当采用第三种方法为假人配重时, 一个 75Kg 重的刚性假人置于驾驶员座椅上, 模拟侧面碰撞时假人的重量。此时, 座椅与假人对 B 柱的作用并非同时产生, 且在空间上分布也不相同。在 B 柱与座椅接触之初, 假人并未与车辆接触, 所以此时计算得到的 MDB 减速度与方法一计算结果一致。45ms 以后, 假人开始与车身接触, 此时计算得到的 MDB 减速度明显高于方法一的计算结果, 向方法二计算结果靠近。70ms 以后, 假人以及座椅与车身的相互作用结束, 所以三种方法计算得到的 MDB 减速度曲线趋于一致。

图 4 所示为本文侧面碰撞研究 B 柱侵入量的测量点, 结合图 3 可以看出, 侵入量与侵入速度测量点恰好处于座椅与 B 柱在 Y 向的重叠区域。当座椅与 B 柱发生接触碰撞时, 测量点处的单元发生畸变, 导致计算到的侵入速度在此时刻产生突变并发生剧烈振荡。

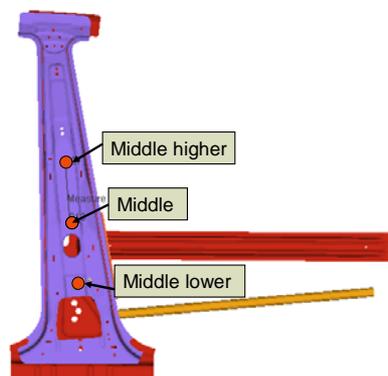


图 4. B 柱侵入量测量点

图 5 所示为三种方法计算得到的 B 柱侵入速度的比较。同样可以看出, 采用三种假人配重方法计算得到的 B 柱侵入速度在 32ms 以前和 60ms 以后, 基本一致。当 B 柱与座椅接触以后, 不同配重方法计算得到的 B 柱侵入速度开始出现差别。

B 柱的中下测量点位置较低，而假人与 B 柱接触在 B 柱的腰线以上，所以假人重量对此处 B 柱侵入速度的影响较小。因此采用方法三与采用方法一计算得到的结果差别不大。B 柱的中上测量点与假人与 B 柱的接触位置较近，假人重量对 B 柱此处的侵入速度影响较大。因此采用方法三与采用方法二计算得到的结果差别不大。无论在 B 柱中部测量点、中上部测量点或中下部测量点，采用方法二计算到的 B 柱侵入速度在座椅与 B 柱碰撞接触时刻的下降幅度都高于另外两种方法。主要原因因为质量单元分布座椅骨架上，在碰撞过程中与座椅无相对运动产生，增加了座椅的刚度，从而增大了座椅对 B 柱挤压力度。

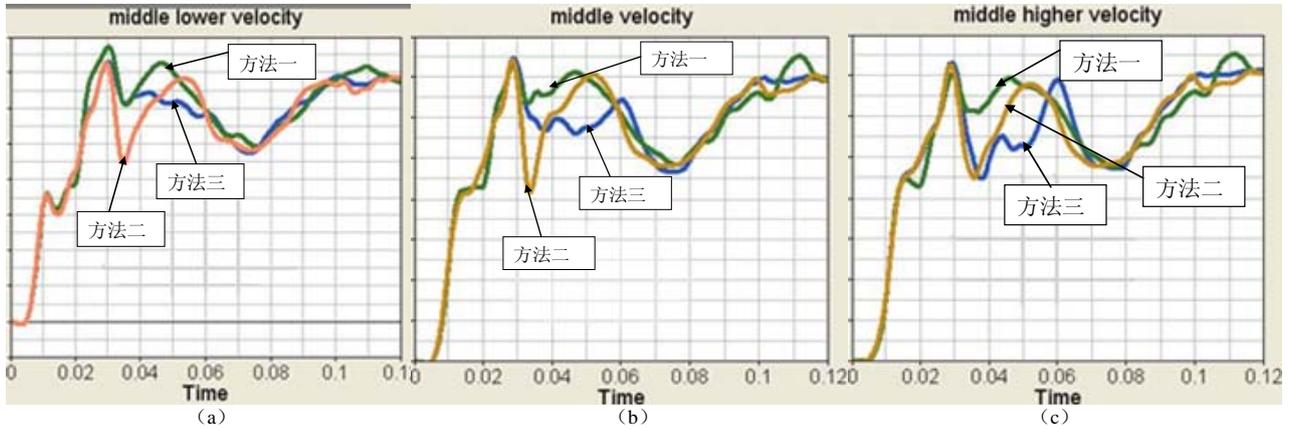


图 5 三种方法计算得到的 B 柱侵入速度

图 6 所示为采用三种配重方法计算得到的 B 柱侵入量的比较。同样可以看出，在座椅与 B 柱接触之前，三种方法计算得到的 B 柱侵入量完全一致；当 B 柱与座椅接触以后，不同配重方法计算得到的 B 柱侵入量开始出现差别。无论是 B 柱中部、中下部或中上部，采用方法三计算得到 B 柱侵入量均最小，其次为采用方法二计算得到的结果，而采用方法一计算得到的 B 柱侵入量均最大。

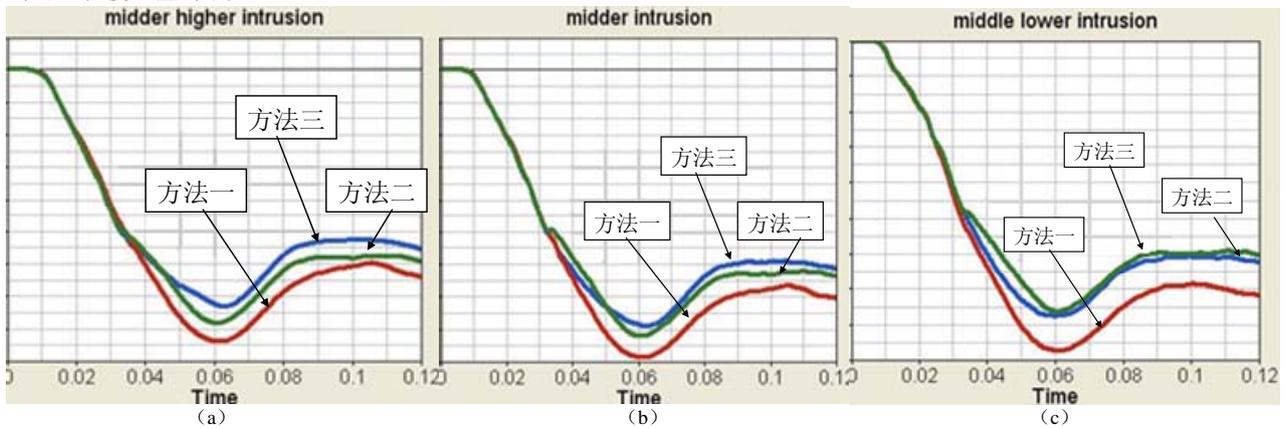


图 6. 三种方法计算得到的 B 柱侵入量的比较

表 1 所示为采用第三种配重方法计算得到的 B 柱侵入量与试验结果的比较。可以看出，采用第三种配重方法计算得到的 B 柱侵入量与试验结果基本一致。

表 1 第三种配重方法计算得到的侵入量与试验结果的比较

Location	Test	CAE	$\Delta D$
Upper	30.4mm	32.2mm	1.8mm
Middle_Higher	97.2mm	105.3mm	8.1mm
Middle	113.3mm	118.3mm	5mm
Middle_Lower	121.5mm	121.6mm	0.1mm
Base	32.8mm	28.5mm	4.3mm

#### 4 结论

通过以上分析可以看出，在侧面碰撞仿真时，当 B 柱与座椅无接触碰撞时，三种假人配重方法计算得到的结果相差不

大。B 柱与座椅发生接触以后，假人的配重方法对于整车刚度、B 柱侵入量以及侵入速度均产生较大的影响。

本文中的车型 C-NCAP 侧面碰撞分析表明，采用刚性假人配重方法，计算得到的 B 柱侵入量与试验结果基本一致。

## 参考文献

- [1] Shugang Xie, Liwei Xu, Discussion on Strain Rate Effects in Numerical Simulation of Vehicle Crash, SAE Paper,2008-010504.
- [2] 曾伟, 叶平, 汤晓东等, 耦合冲压成型效应的汽车碰撞仿真分析[C].2009 中国汽车安全技术国际研讨会.
- [3] Shenrong Wu, Shugang Xie, et al, Study on effect of warping to the accuracy of crash simulation, The 6<sup>th</sup> INFATS.
- [4] 卫董程, 洪求才, 张亮等, 轮胎模型刚度对于前部偏置碰撞结果的影响, 2008 中国汽车安全技术国际研讨会.
- [5] 彭倩, 杨济匡, 吴沈荣等, 诱导槽对纵梁正面碰撞性能的仿真研究, 2009 中国汽车安全技术国际研讨会.
- [6] C-NCAP, 中国新车评价章程。