

A Study on the Effect of Changes in Side Impact Protocol of 2015 Euro NCAP

Liu Xilong¹, Dong Liping¹, Zhu Xichan¹, Ye Wentao², Huang Xuan²

¹ *School of Automotive Studies, Tongji University, Shanghai, China, 201804*

² *FAW-Volkswagen Automotive Company Ltd, Changchun, 130011*

Email: tj_liuxilong@hotmail.com

Abstract: In 2015 Euro NCAP will be updating its side impact test procedure and assessment parameters. These updates will be centred on the adoption of the WorldSID (World side impact dummy) anthropometric test device and a new barrier face for the mobile deformable barrier (MDB)-Advanced. In this article, based on one tested car, using PAM-SAFE the simulation tests in side impact were designed. It studied the effects of the new MDB and the new dummy WorldSID on the design of vehicle, especially on the damage of the dummy.

Keywords: Euro NCAP, Side impact, Simulation, WorldSID, AE-MDB

2015 年 Euro NCAP 侧碰规程变化的影响研究

刘喜龙¹, 董丽萍¹, 朱西产¹, 叶文涛², 黄 炫²

¹ *同济大学汽车学院, 上海, 中国, 201804*

² *一汽-大众汽车有限公司, 长春, 中国, 130011*

Email: tj_liuxilong@hotmail.com

摘 要: 2015 年 Euro NCAP 规划计划对侧面碰撞的评价规程进行更新, 主要更新内容是将原壁障 MDB 更换为新的壁障 AE-MDB, 将原来的 ES-2 假人更换为 WorldSID 假人。本文基于有限元软件 PAM-SAFE 设计针对某车型的侧面碰撞模拟计算试验, 分析更新后的壁障和假人对于整车设计的影响, 主要考虑假人伤害情况。

关键词: Euro NCAP, 侧面碰撞, 仿真, WorldSID, AE-MDB

1 引言

Euro NCAP 于 1997 年由 7 个欧洲国家(法国、德国、瑞典、荷兰、英国、卢森堡及西班牙)牵头, 与国际汽车运动联合会、国际消费者研究及测试机构(ICRT)、欧洲汽车俱乐部以及车辆保险修复研究中心共同发起推出。通过十余年的发展, Euro NCAP 已经成为世界上很有影响力的汽车安全评价体系。

2013 年之后, Euro NCAP 制定新的规划, 计划在 2015 年 Euro NCAP 更新侧面碰撞的评价规程, 其中较为重要的变化就是前排的驾驶员侧的碰撞假人由原来的 ES-2 假人更换为 WorldSID 假人, 侧面碰撞的移动壁障由原来的 MDB 更换为 AE-MDB, 同时壁障与碰撞车辆的碰撞点也向后移 250mm。

2 WorldSID 假人与 AE-MDB 壁障介绍

2.1 WorldSID 假人介绍

目前国际上有至少三种侧碰的成人假人。一个是由美国的 NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) 开发研制的 SID 假人, 这个假人在美国的 FMVSS214 (Federal Motor Vehicle Safety Standards)

侧面碰撞法规中使用,还有一个是由欧洲开发研制的 EuroSID 假人,在欧洲的法规要求中,必须使用这个假人。而 WorldSID 假人的开发使得在全世界,不同的法规标准要求下,都可以使用一个共同标准的假人。

研究开发的 WorldSID 五十百分位男性假人,具有更好的生物学仿真度,这对于提高整个侧面碰撞规程的国际化有很大的帮助,同时可以提升车辆使用者的安全性,并且降低客户和厂商的成本。



Figure 1. WorldSID dummy model

图 1. WorldSID 假人模型

ES-2 假人从头部、胸部、腹部、骨盆四个方面对假人在侧面碰撞中的伤害情况进行评价的,而 WorldSID 假人则是从头部、肩部、胸部、腹部、骨盆五个方面进行评价的。其中,头部的评价基本保持不变;WorldSID 假人增加了对于肩部的评价,肩部增加了扣分项,当肩部的侧向力大于 3kN 时,进行扣分;胸部、腹部、骨盆的评价指标也重新做了调整。

2.2 AE-MDB 壁障介绍

自从欧洲的 R95 侧面碰撞壁障被应用以来,欧洲汽车车型逐步得到改进,因此,目前使用的侧面碰撞壁障不能再真实的反应目前市场上的乘用车型,尤其是在事故情况下的乘用车型。2011 年 Euro NCAP 同意将 AE-MDB 引入到未来的侧面碰撞测试中,其侧碰小组(SIWG)成立了新的特别工作组来进行新的壁障模型和细节的设计。

AE-MDB 在材料、质量、几何形状、刚度、强度等方面都有一定的变化。相比于目前正在使用的 MDB R95 (UN-ECE Regulation 95), AE-MDB 重量由 950kg 增加到 1300kg;如图 2 所示,AE-MDB 在左右两侧增加了长宽为 300mm 的 45° 倒角;同时在宽度上,AE-MDB 由原来 MDB 的 1500mm 增加了 200mm;相较于 MDB, AE-MDB 将原来底部蜂窝铝块突出于上部蜂窝铝块的部分设计为刚度不同的一个缓冲块。

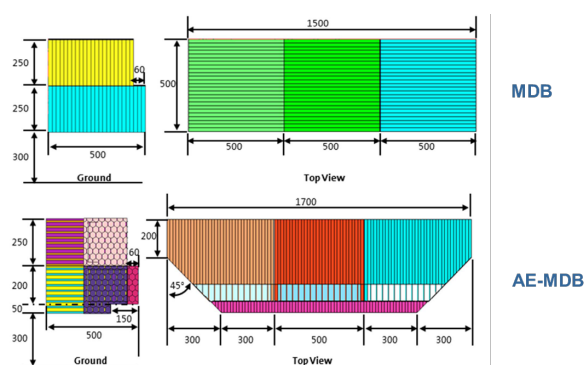


Figure 2. Comparison of MDB and AE-MDB model

图 2. MDB 与 AE-MDB 模型对比

欧洲汽车安全委员会和国际标准化研究中心共同研究并开发的这个新侧面碰撞的可变形移动壁障，满足现有车型的前端结构刚度趋势。其与目前市场上面现有的车型的形状相似。在图 3 中可以看出，现在使用的 MDB 和即将使用的 AE-MDB 与不同类型车辆前端的对比研究。AE-MDB 更符合这些车型的前端特征。

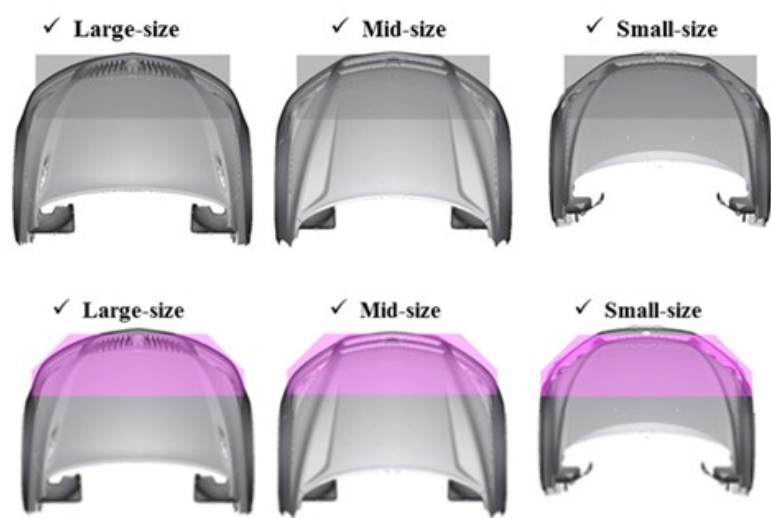


Figure 3. Comparison of MDB and AE-MDB model
图 3. MDB 与 AE-MDB 模型对比

3 实验设计方案

本文中所用的车辆车体模型是经过产品验证的模型。由于目前没有实体模型，也没有进行过对 WorldSID 假人和 AE-MDB 侧碰壁障的实车试验，所以在本文中，主要进行的是有限元模型的仿真试验。

根据前排侧碰假人的变化和侧面碰撞壁障的变化设计了如下的四组侧碰试验，研究分析其变化对于整车侧面碰撞安全系统开发的影响：

Table 1. Table of experiment
表 1. 实验设计表

试验组	1	2	3	4
假人	ES-2	ES-2	WorldSID	WorldSID
壁障	MDB	AE-MDB	MDB	AE-MDB

根据上述实验设计，进行四组侧面碰撞模拟仿真试验，分析试验中假人的伤害情况，进行研究。

4 实验结果与分析

4.1 试验 1 与试验 2 对比分析

试验 1（ES-2 假人、MDB R95）与试验 2（ES-2 假人、AE-MDB）对比，主要是研究分析全新壁障 AE-MDB 对目前的整车侧面碰撞安全系统开发的影响。

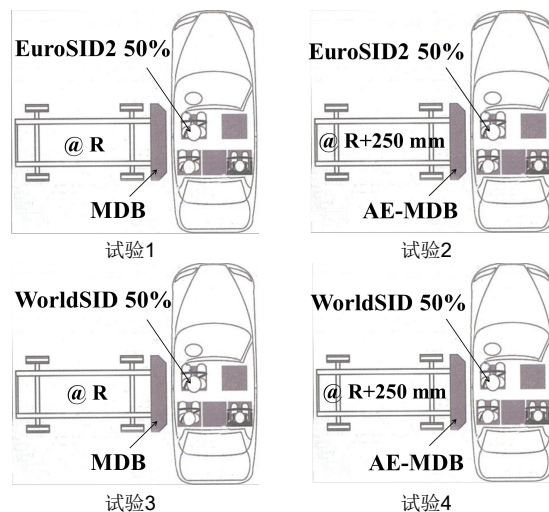


Figure 4. Schematic diagram of experiment design
图 4. 实验设计示意图

本文中蓝色虚线为试验 1（ES-2 假人、MDB R95）结果，红色实线为试验 2（ES-2 假人、AE-MDB）结果。

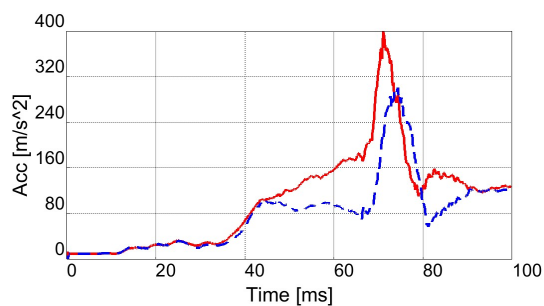


Figure 5. Curve: Head acceleration of driver
图 5. 驾驶员头部加速度曲线图

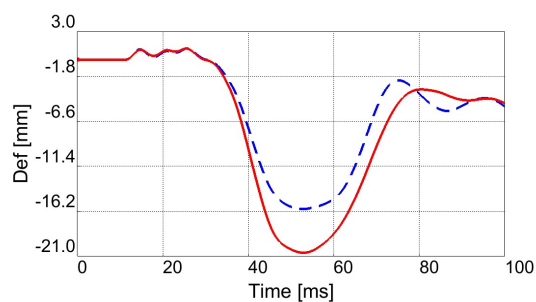


Figure 6. Curve: Upper chest rib lateral compression of driver
6. 驾驶员胸部上肋骨变形量曲线

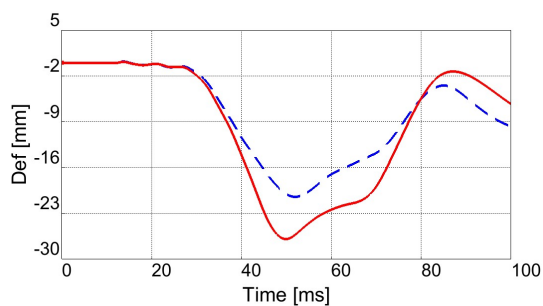


Figure 7. Curve: Middle chest rib lateral compression of driver
图 7. 驾驶员胸部中肋骨变形量曲线

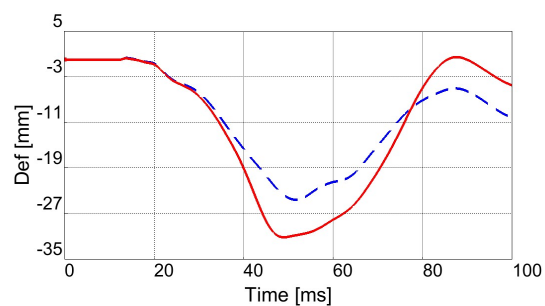


Figure 8. Curve: Low chest rib lateral compression of driver
图 8. 驾驶员胸部下肋骨变形量曲线

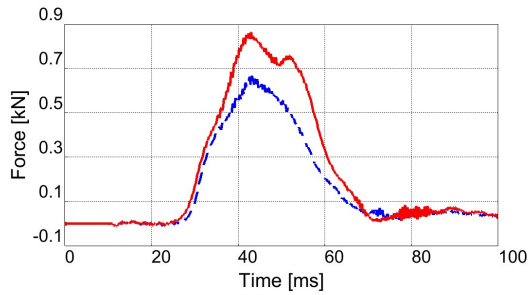


Figure 9. Curve: Abdominal force of driver
图 9. 驾驶员腹部力曲线

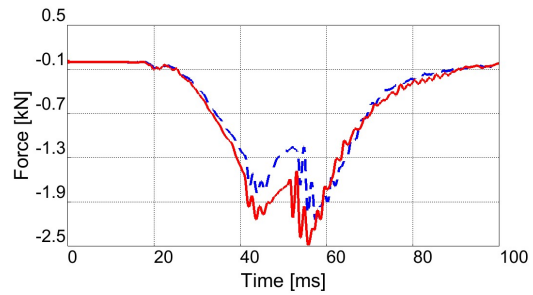


Figure 10. Curve: pubic symphysis lateral force of driver
图 10. 驾驶员耻骨力曲线

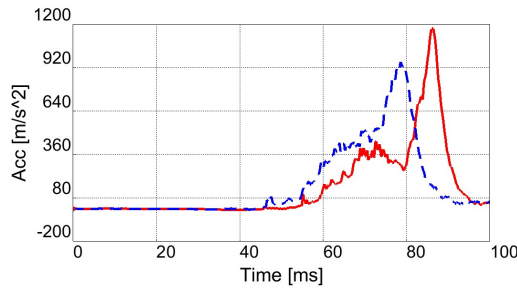


Figure 11. Curve: Head acceleration of rear passenger
图 11. 后排乘员头部加速度曲线

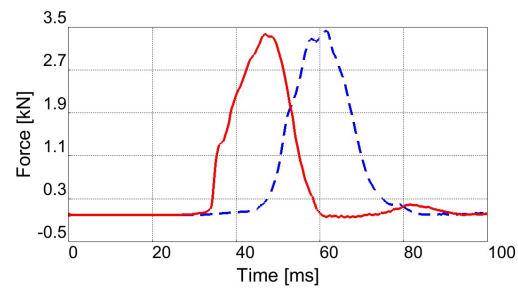


Figure 12. Curve: Pelvis force of rear passenger
图 12. 后排乘员骨盆合力曲线

Table 2. Resulting data of test1 and test2

表 2. 试验 1 与试验 2 结果数据

测量参数	试验 1	试验 2	变化百分比
HIC36	26.73	55.58	107.9%
3ms 合成加速度	27.32	33.66	23.2%
肋骨变形量	24.59	31.16	26.7%
VC 值	0.15	0.34	126.7%
背板力	0.31	0.75	141.9%
T12 Fy	0.50	0.62	24.0%
T12 My	66.65	106.55	59.9%
腹部力	0.66	0.86	30.3%
耻骨力	2.14	2.49	16.4%
HIC15	495.63	526.30	6.2%
骨盆合力	3.46	3.40	-1.8%

在假人响应方面:

1) 相较于 MDB 的碰撞试验, AE-MDB 碰撞试验中, ES-2 假人在头部、胸部、腹部、骨盆四个部位的伤害值都相应的增大, 其中头部的 HIC36 值, 胸部的粘性系数, 背板力的增幅变化较大。

2) AE-MDB 质量的大幅增加, 前端的碰撞块的强度增强使得 B 柱车门的侵入量和侵入速度增加, 同时也使得假人的伤害情况变得更为恶劣。从图 13 中可以看出, 试验 2 中的假人的侧向移动大于试验 1 的假人, 同时头部的运动情况更为剧烈。

后排假人 SID-IIIs 的头部加速度曲线峰值降低, 但是其加速度高值出现比较集中, 使得头部伤害值也有小幅增加, 骨盆合力基本保持不变。从曲线出现峰值的时间看, 试验 2 更早一些, 这是由于 AE-MDB 的碰撞点相较于原来的 R 点向后移动了 250mm, 使得碰撞时对后门的侵入量、侵入速度变得较大, 从而使得假人与车门接触的时间变短, 更早的出现峰值。

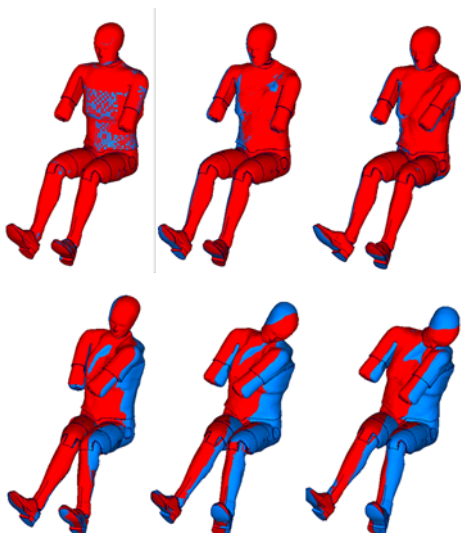


Figure 13. Reaction of ES-2 dummy in test1(blue) and test2(red)
图 13. 试验 1 (蓝) 与试验 2 (红) 中 ES-2 不同响应

4.2 试验 1 与试验 3 对比分析

试验 1 (ES-2 假人、MDB R95) 与试验 3 (WorldSID 假人、MDB R95) 对比, 主要是研究分析全新假人 WorldSID 假人对目前的整车侧面碰撞安全系统开发的影响。



Figure 14. Reaction of ES-2 dummy in test1
图 14. 试验 1 中 ES-2 假人侧面碰撞响应

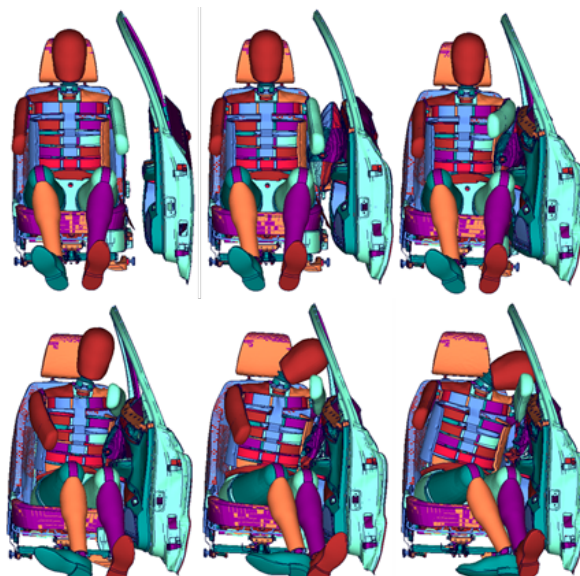


Figure 15. Reaction of WorldSID dummy in test3
图 15. 试验 3 中 WorldSID 假人侧面碰撞响应

本文中蓝色虚线为试验 1 (ES-2 假人、MDB R95) 结果, 黑色实线为试验 3 (WorldSID 假人、MDB R95) 结果。

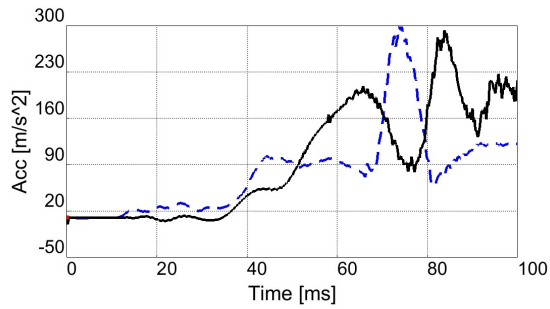


Figure 16. Curve: Head acceleration of driver
图 16. 驾驶员头部加速度曲线

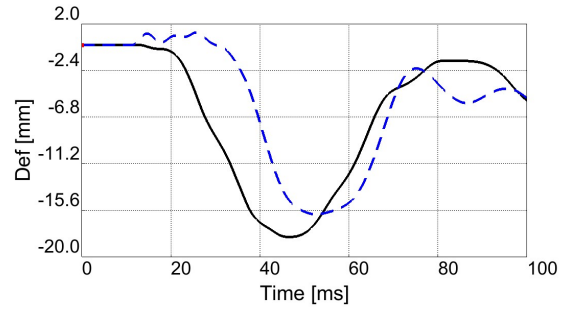


Figure 17. Curve: Upper chest rib lateral compression of driver
图 17. 驾驶员胸部上肋骨变形量曲线

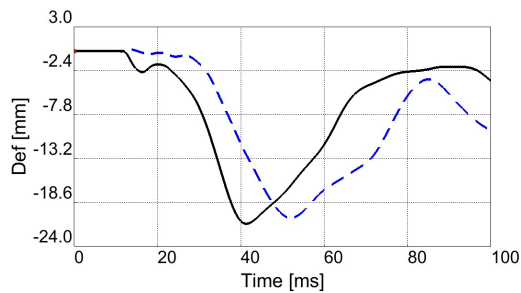


Figure 18. Curve: Middle chest rib lateral compression of driver
图 18. 驾驶员胸部中肋骨变形量曲线图

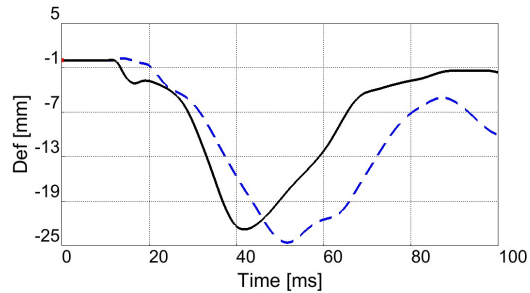


Figure 19. Curve: Low chest rib lateral compression of driver
19. 驾驶员胸部下肋骨变形量曲线

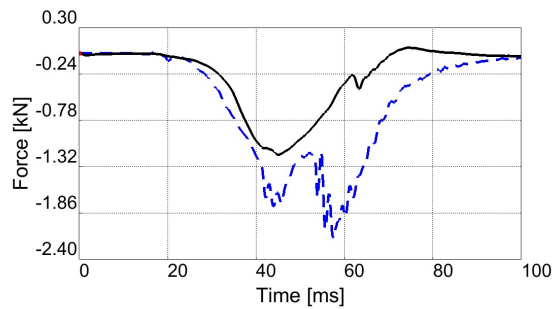


Figure 20. Curve: pubic symphysis lateral force of driver
图 21. 驾驶员耻骨力曲线

Table 3. Resulting data of test1 and test3
表 3. 试验 1 与试验 3 结果数据

测量参数	试验 1	低限值	试验 3	低限值
HIC36	26.73	4.1%	31.96	4.9%
3ms 合成加速	27.32	37.9%	23.41	32.5%
肋骨变形量	24.59	111.8%	21.75	77.7%
VC 值	0.15	46.9%	0.16	50.0%
腹部	0.66kN	66.0%	19.78mm	42.1%
耻骨力	2.14	71.3%	1.36	80.0%

在假人响应方面:

1) 由于两种假人的评价标准不同, 不能直接进行比较, 因此采用假人的测量参数占其对应标准中的低性能限值的百分比来表示, 其中头部伤害值上面没有明显的变化, 腹部的伤害值情况 WorldSID 假人略好于 ES-2

假人，这可能与 WorldSID 假人在腹部的结构上面的巨大变化相关，WorldSID 假人能够更好的对侧面碰撞中模拟乘员响应。骨盆的伤害值情况 WorldSID 假人的略高于 ES-2 假人，但是变化不是很明显。

2) WorldSID 假人在肋骨变形量上低于 ES-2 假人，从结构和动画可以看出 WorldSID 假人的肋骨设计更为灵活，每根肋骨部分可以独立的运动，同时能够有转动的动作，ES-2 假人的胸部结构为一个整体，不能灵活运动，这样的设计使得 WorldSID 假人是用于 $\pm 30^\circ$ 的侧面碰撞，这可能是其伤害值变小的原因之一。

3) ES-2 假人的手臂可以随着锁骨转动至假人的前部，使得胸部的肋骨与车门直接接触，原本肩部受到的部分载荷也会由胸部承担；WorldSID 假人手臂不能向前转动，这也可能是胸部伤害情况降低的原因之一。

4.3 试验 3 与试验 4 对比分析

从表 4 分析结果可以看出，相较于 MDB 的碰撞试验，AE-MDB 碰撞试验中，WorldSID 假人在头部、肩部、胸部、腹部、骨盆五个部位的伤害值都相应的增大，其中头部的 HIC36 值变化最大，胸部变形量次之，这与试验 1 与试验 2 的对比结果接近；后排假人 SID-IIs 的头部加速度曲线峰值降低，头部伤害值也有小幅增加，基本保持不变，与试验 1 和试验 2 对比结果相同，验证了试验 1 与试验 2 对 AE-MDB 影响分析的正确性。

Table 4. Resulting data of test3 and test4

表 4. 试验 3 与试验 4 结果数据

测量参数	试验 3	试验 4	变化百分比
HIC36	31.96	109.5	237.6%
3ms 合成加速度	23.41	36.96	57.9%
肩部力	1.38	2.09	51.4%
胸部肋骨变形量	21.75	26.54	22.0%
VC 值	0.16	0.23	43.8%
腹部肋骨变形量	19.78	23.89	20.8%
耻骨力	1.36	1.57	15.4%
HIC15	504.73	537.79	6.6%
骨盆合力	3.49	3.51	0.6%

4.4 试验 2 与试验 4 对比分析

从表 5 分析结果可以看出，在同样用 AE-MDB 进行侧碰试验时，WorldSID 假人和 ES-2 假人头部伤害值上面变化不大，WorldSID 假人在肋骨变形量上低于 ES-2 假人，腹部的伤害值情况 WorldSID 假人略好于 ES-2 假人，骨盆的伤害值情况 WorldSID 假人的略高于 ES-2 假人，但是变化不是很明显。与试验 1 和试验 3 对比结果相同，验证了试验 1 与试验 3 对 WorldSID 假人影响分析的正确性。

Table 5. Resulting data of test2 and test4

表 5. 试验 2 与试验 4 结果数据

测量参数	试验 2	低限值 百分比	试验 4	低限值 百分比
HIC36	55.58	8.6%	109.5	16.8%
3ms 合成加速度	33.66	46.8%	36.96	51.3%
肋骨变形量	31.16	141.6%	26.54	94.8%
VC 值	0.34	106.25%	0.23	71.9%
腹部	0.86kN	86.0%	23.89mm	50.8%
耻骨力	2.49	83.0%	1.57	92.4%

5 结论

5.1 AE-MDB 对侧面碰撞安全系统开发的影响

1) AE-MDB 质量的大幅增加，前端的碰撞块的强度增强也使得假人的伤害情况变得更为恶劣，假人

在头部、肩部、胸部、腹部、骨盆部位的伤害值都相应的增大，其中头部的 HIC36 值变化最大。

2) AE-MDB 的碰撞点相较于原来的 R 点向后移动了 250mm，使得碰撞时对后门的侵入量、侵入速度变得较大，从而使得假人与车门接触的时间变短，后排假人的头部加速度曲线及骨盆合力曲线更早的出现峰值。

5.2 WorldSID 假人对侧面碰撞安全系统开发的影响

1) 相较于 ES-2 假人，WorldSID 假人头部伤害值上面没有明显的变化，腹部的伤害值情况 WorldSID 假人略好于 ES-2 假人，这可能与 WorldSID 假人在腹部的结构上面的巨大变化相关，WorldSID 假人能够更好的对侧面碰撞中模拟乘员相应。骨盆的伤害值情况 WorldSID 假人的略高于 ES-2 假人，但是变化不是很明显。

2) WorldSID 假人在肋骨变形量上低于 ES-2 假人，从结构和动画可以看出 WorldSID 假人的肋骨设计更为灵活，每根肋骨部分可以独立的运动，同时能够有转动的动作，ES-2 假人的胸部结构为一个整体，不能灵活运动，这样的设计使得 WorldSID 假人是用于 $\pm 30^\circ$ 的侧面碰撞，这可能是其伤害值变小的原因之一。

3) ES-2 假人的手臂可以随着锁骨转动至假人的前部，使得胸部的肋骨与车门直接接触，原本肩部受到的部分载荷也会由胸部承担；WorldSID 假人手臂不能向前转动，这也可能是胸部伤害情况降低的原因之一。

由于没有 AE-MDB 和 WorldSID 假人的真实模型，目前没有做过相应的真实试验，仅限于模拟仿真，所以对于 AE-MDB 和 WorldSID 假人对侧面碰撞安全系统开发的影响还需要进一步调查研究。

致 谢

感谢刘静岩工程师对我在实际工程上的指导和帮助！

参考文献

- [1] Ellway J D. *The development of an advanced European mobile deformable barrier face (AE-MDB)[C]*//Proceedings of the 19th Conference on Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Washington DC, USA. 2005
- [2] Youn Y, Lee E D, Kim D. *A COMPARISON STUDY OF TWO SIDE IMPACT DUMMIES BASED ON THE PROBABILITY OF INJURY RISK CURVES[J]*.
- [3] Iwata K, Tatsu K, Saeki H, et al. *Comparison of Dummy Kinematics and Injury Response between WorldSID and ES-2 in Side Impact[J]*. SAE International Journal of Transportation Safety, 2013, 1(1): 192-199.