

Study on Injury of Different Child dummy in High Speed Impact

Guo Qingxiang¹, Wang nan², Zheng yanting¹, Bu Xiaobing¹

¹China Automotive Technology and Research Center Co.Ltd. TianJin 300300;

²Tianjin Transportation Technical College Tianjin 300300.

Abstract: Considering multiple collision conditions, The influence of two different quality cars on the hybrid III and Q child dummy is studied. Two vehicle models were built by LS-DYNA software, and the child restraint system model was built by MADYMO software. The simulation analysis was carried out under various vehicle impact conditions, which is focus on three factors. It mainly includes the impact velocity, the vehicle mass and the difference impact position. According to the results of vehicle analysis, it is possible to study the child injury on hybrid III dummy in American standard system and Q dummy in European standard system. The result indicate that the injury of hybrid III dummy is greater than that of Q dummy, but the injury had little difference. In all analyses, the neck tension injury of children dummy is more serious.

Keywords: high velocity impact; child occupant; child restraint system;

高速碰撞中不同类型儿童的损伤研究*

郭庆祥¹, 王楠², 郑艳婷¹, 卜晓兵¹

¹中国汽车技术研究中心,天津市 300300;

²天津交通职业学院,天津市 300300.

摘 要: 考虑多种碰撞工况情况下, 研究对比了两种不同质量轿车对混 III 和 Q 儿童假人的伤害影响。本文应用 LS-DYNA 和 MADYMO 软件分别建立两款整车模型及儿童约束系统分析模型, 选取多种碰撞工况进行整车仿真分析, 主要考虑碰撞速度增加、车辆质量不同及前方撞击位置差异三个因素进行。基于整车分析结果, 进一步研究美标体系的混 III 儿童假人及欧标体系的 Q 假人的儿童伤害情况。结果表明, 混 III 假人的伤害整体上比 Q 假人伤害要大, 但具体分项的伤害值差异不大, 在分析的所有碰撞工况中, 儿童假人颈部拉伸力伤害都较严重。

关键词: 高速碰撞; 儿童乘员; 儿童约束系统;

前言

我国 2014 年各类交通事故死亡人数显示, 12 岁以下儿童伤亡人数为 2423 人, 其中 1-6 岁死亡 1643 人, 7-12 岁死亡 780 人[1]。同时, 中国汽车技术研究中心车辆安全与鉴定技术研究所 CIDAS 数据库资料显示, 2018 年车辆碰撞事故中后排 0-10 岁乘员伤亡率占 7%, 因此研究后排儿童的乘车安全性越来越受到国家、社会和家庭的重视。

目前国际上儿童保护评价主要采用美标体系和欧标体系两种方式。美国法规 FMVSS213、欧洲法规 ECE R44 以及 ECER129 中分别规定使用不同的儿童假人。其中, FMVSS213 分别使用了 CAMI、CRABI 和混 III 系列儿童假人; ECE R44 要求使用 P 系列儿童假人; ECE R129 则规定使用最新的 Q 系列儿童假人[2]。我国 GB27887-2011《机动车儿童乘员用约束系统》采标于 ECE R44, 所以也采用 P 系列儿童假人, 而 2017 版 CNCAP 儿童约束系统(CRS)评价规则中采用 Q 假人。欧洲 ENCAP 中儿童保护评估通过正面 640DB, MPDB 及 MDB 三种工况评估车辆对假人的保护情况, 而未来我国 CNCAP 在 2021 版路线图中也规划了基于不同碰撞工况下对 Q 假人的儿童乘员保护内容;

各系列儿童假人的结构、质量分布、主要尺寸、测试能力等方面存在较大的差异，同时假人在不同工况下的表现也会不同。因此，本研究的目的是用计算仿真来补充正在进行的儿童乘员保护研究[3]。以 Q 假人及混 III 儿童假人为研究对象，应用多种新型的碰撞工况，研究美标体系的混 III 儿童假人及欧标体系的 Q 假人的儿童伤害情况。

1 仿真分析模型建立的及验证

1.1 模型建立

不同的车辆碰撞工况，如碰撞中小型客车、SUV 和皮卡的车碰撞姿态会存在差异，同时碰撞严重程度会对乘员伤害产生影响，主要影响因素包括速度增加，质量不同，前方撞击位置差异等[4][5]。因此本文选择采用多种碰撞工况进行分析，主要考虑速度增加，质量不同，前方撞击位置差异三个因素。

另外，不同约束系统参数设置以及约束系统误用对儿童乘员损伤存在影响[6]，而后排座椅上使用成人安全带情况，儿童损伤主要部位分别为头部、颈部、上肢以及胸部[7][8]。所以本文的儿童伤害分析中，只对比相同年龄的儿童伤害，且伤害指标仅考虑头部、颈部及胸部的伤害，同时在儿童约束系统参数方面，6 岁儿童采用三点式安全带，3 岁儿童采用五点式安全带，其它约束系统参数保持一致。

有限元仿真在车辆安全研究和开发中发挥了重要作用，为了减少昂贵、耗时且复杂的整车碰撞试验，本文应用 LS-DYNA 软件和 MADYMO 软件建立整车模型及儿童约束系统分析模型，通过建立的 LS-DYNA 整车模型，进行仿真计算，进而获取儿童约束系统分析模型的边界条件，再将边界条件输入到 MADYMO 儿童约束系统模型中，最后可以获得混 III 及 Q 儿童假人的伤害情况，完成对比分析[9][10][11][12]。儿童约束系统仿真模型如图 1-4 所示：



图 1 H6 假人



图 2 Q6 假人



图 3 H3 假人



图 4 Q3 假人

1.2 模型验证

建立两款轿车 CAE 模型，分别是某车辆 A 及某车辆 B，重量为 1200kg 和 1700kg。采用 64ODB 工况进行模型对标，将车辆左下 B 柱传感器曲线与试验结果拟合，获得图 5 和图 6 的拟合曲线，结果表明仿真结果与试验结果接近，能保证模型的准确性。

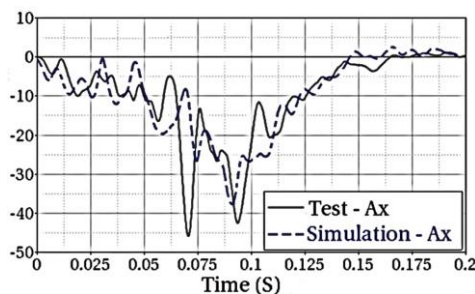


图5 车 A 64ODB 拟合波形

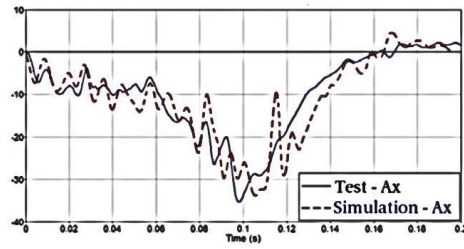


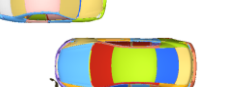
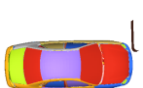
图6 车 B 64ODB 拟合波形

2 整车仿真及边界条件提取

2.1 分析工况

应用前文中完成的两款不同质量的整车模型，分别进行车与车对撞、MPDB 碰撞及 25%重叠小偏置正面碰撞等多种工况的仿真计算（对应工况序号 1 至 8），仿真工况矩阵如表 1 所示。

表 1 仿真工况列表

	工况	速度	重叠率
1		50km/h	50%
2		50km/h	100%
3		64km/h	50%
4		64km/h	100%
5		50km/h	50%
6		50km/h	100%
7		64km/h	25%
8		64km/h	25%

2.2 边界条件

根据表 1 中所列工况，通过仿真计算获得整车左 B 柱下传感器位置 X、Y、Z 向平移加速度及绕 X、Y、Z

轴的旋转加速度，即可作为约束系统仿真的输入边界条件。如下图 6 所示为 X 向平移加速度：

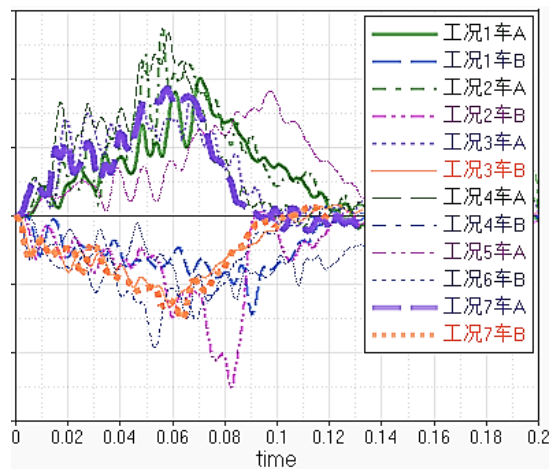


图 7 左 B 柱下 X 加速度

3 儿童伤害分析

3.1 6 岁儿童伤害情况及分析

将获得的整车边界条件输入到儿童约束系统仿真模型中，通过仿真计算可获得混 III 及 Q6 儿童假人损伤情况。

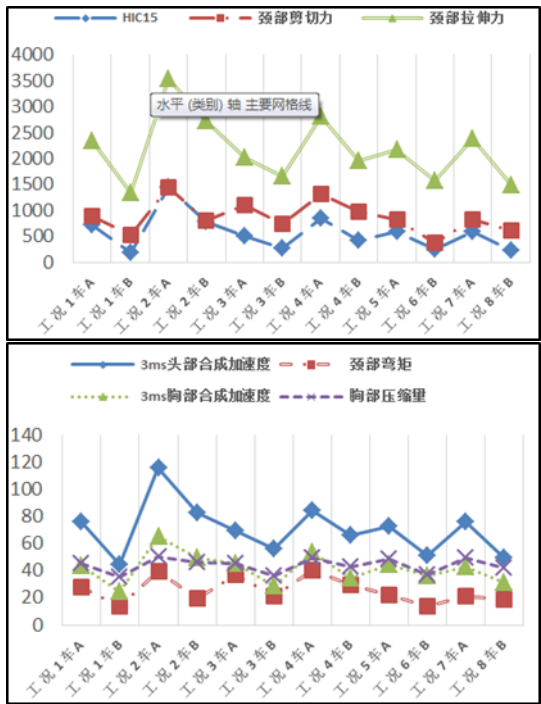


图 8 6 岁混 III 儿童假人伤害情况

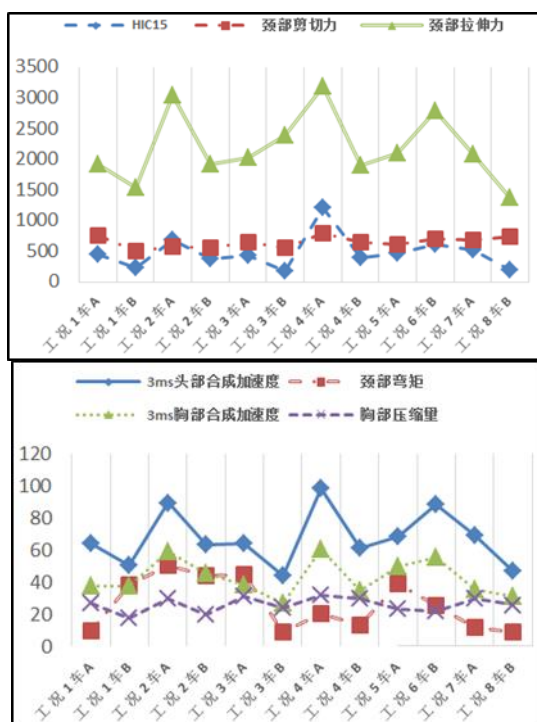


图 9 6 岁 Q6 儿童假人伤害情况

从结果中可知，在相同工况下 6 岁混 III 假人伤害整体上比 Q6 假人伤害要大，但具体伤害值差异不大；

在车-车 50%重叠角度碰撞中，如图 10 显示为 100ms 时刻 6 岁混 III 及 Q 假人儿童碰撞后姿态。由于采用三点式安全带，混 III 及 Q 儿童假人有明显的左倾现象，速度由 50km/h 增大到 64km/h,儿童假人有明显的失位现象。

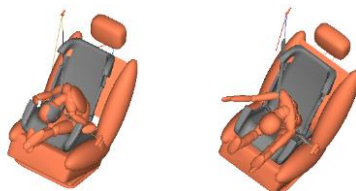


图 10 工况 2 车辆 A 假人姿态

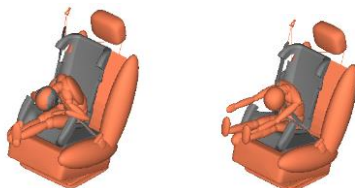


图 11 工况 2 车辆 B 假人姿态

混 III 假人头部伤害值指标 HIC15 超过了 750，3ms 合成加速度超过了 80g，而 Q6 假人伤害却没有超过限值；另外，由于质量轻，车辆 A 在碰撞中的旋转更加剧烈，假人的伤害比车辆重的车型伤害更加严重；

随着车速增加，碰撞严重程度会增大，导致假人伤害也随之增大，在 64km/h 的高速碰撞中，假人头部存在二次碰撞座椅现象；在 MPDB 及 25%小偏置碰撞中，两种类型假人伤害较接近；同时，在分析的所有碰撞碰撞工况中，不论是混 III 假人还是 Q6 儿童假人，其颈部拉伸力伤害都较严重。

3.2 3 岁儿童伤害情况及分析

采用与 6 岁假人同样的分析方式，除了安全带变为五点式，其他参数不变，通过仿真计算可获得 3 岁混 III 及 Q3 儿童假人损伤情况。

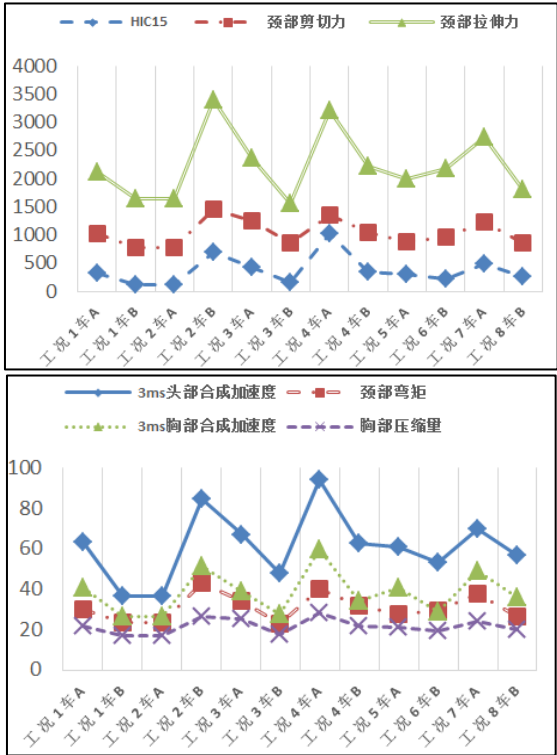


图 12 3 岁混 III 儿童假人伤害情况

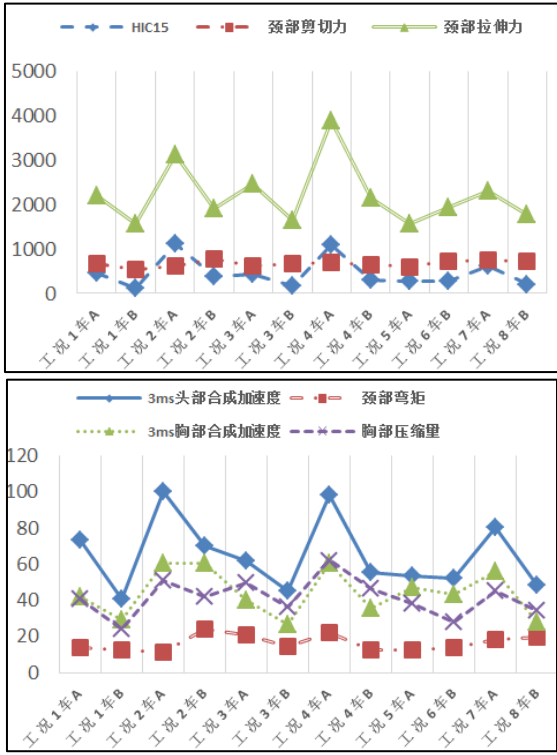


图 13 3 岁 Q3 儿童假人伤害情况

3 岁假人伤害呈现与 6 岁儿童假人同样的趋势, 3 岁混 III 假人的头部伤害指标 HIC15、3ms 头部合成加速度、颈部力及弯矩在整体上比 Q3 假人伤害值偏大, 但差异较小; 随着车速增加, 碰撞严重程度会增大, 导致假人伤害也随之增大, 在 64km/h 的高速碰撞中, 假人头部也存在二次碰撞座椅现象; 与 6 岁假人类似, 在所有碰撞分析工况中, 不论是混 III 假人还是 Q3 儿童假人, 其颈部拉伸力伤害都较严重。

3 岁 Q 假人胸部压缩量及胸部 3ms 合成加速度呈现与 6 岁假人相反的趋势, 即 3 岁 Q 假人的胸部压缩量及胸部 3ms 合成加速度要比混 III 假人的大;

在车-车 50%重叠角度碰撞中, 由于 3 岁儿童采用五点式安全带, 儿童假人碰撞姿态明显好于三点式安全带, 未出现明显的左倾现象。

4 讨论

考虑多种碰撞工况情况下, 研究对比了两种不同质量轿车对混 III 和 Q 儿童假人的伤害影响, 但研究中的两款车型自身结构也存在差异, 其对儿童伤害也会产生影响, 除了轿车, SUV 及 MPV 车型也应该被考虑, 因此未来需进一步研究车辆结构差异对儿童的影响, 一种解决方案是采用同一车辆进行多工况碰撞分析。

文中仅研究了 3 岁和 6 岁儿童假人伤害, 现实中碰撞中, 10 岁儿童保护也应被重视。

5 结论

本研究对比了两种不同质量轿车在多种碰撞工况下对混 III 和 Q 儿童假人的影响。

结果表明, 相同工况下, 3 岁和 6 岁混 III 假人伤害整体上比 Q 假人伤害要大, 但具体分项的伤害值差异不大, 但 3 岁 Q 假人的胸部压缩量及 3ms 胸部合成加速度要比混 III 假人的大。

随着车速增加, 碰撞严重程度会增大, 导致假人伤害也随之增大, 在 64km/h 的高速碰撞中, 假人头部存在二次碰撞座椅现象, 同时 6 岁假人存在左倾失位现象; 在 MPDB 及 25%小偏置碰撞中, 两种类型的 6 岁假人伤害较接近; 同时, 在分析的所有碰撞碰撞工况中, 不论是混 III 假人还是 Q 儿童假人, 其颈部拉伸力伤害都较严重。

参考文献

- [34] 张金换, 许述财, 杨欣等. 汽车儿童乘员碰撞伤害与防护[M], 北京: 清华大学出版社, 2015.
- [35] 马伟, 吕仕爽等. 儿童约束系统测试用儿童假人综述[J]汽车科技, 2016 (3): 62-68.
- [36] 崔世海, 韩旭, 李海岩等. 基于有限元模型的不同年龄儿童胸部碰撞损伤研究[J], 生物医学工程学杂志, 2018 (5): 713-719
- [37] Reichert R, Kan S, Arnold-Keifer S. IIHS Side Impact Parametric Study using LS-DYNA. 15th International LS-DYNA Users Conference. Dearborn, MI, 2018(6).
- [38] Luis Martínez, Manuel Espantaleón, Enrique Alcalá. Adult and Child Dummies Tests for Safety Assessment of Seated Occupants in Urban Bus Collisions, 25th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, 2017: 17-0401
- [39] Van Rooij L, Sherwood C, Crandall J, et al. The effects of vehicle seat belt parameters on the injury risk for children in booster seats. SAE, Transactions, 2003, 112(6): 470-482.
- [40] García-España J F, Durbin D R. Injuries to belted older children in motor vehicle crashes. Accident Analysis & Prevention, 2008, 40(6): 2024-2028..
- [41] 曹立波, 胡渊, 颜凌波等. 基于 E-NCAP 的 6 岁儿童乘员损伤防护研究[J], 汽车工程, 2017 (2): 174-180.
- [42] 卫志强. 基于六岁儿童乘员有限元模型的胸部碰撞损伤分析[D]. 天津科技大学, 2015.
- [43] Costandinos Visvikis, Christoph Thum, Cornelia Krebs. THE EFFECT OF ISOFIX ON BOOSTER SEAT PERFORMANCE IN UN REGULATED NO.129 FRONT IMPACT TESTS. 25th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, 2017: 17-0371
- [44] Shreyas Sarfare, Jalaj Maheshwari, Nhat Duong. Comparative Responses of the PIPER 6YO Human Body Model and the Q6 ATD for Simulated Frontal and Lateral Impacts. SAE, 2018-22-0006
- [45] Niharika Bandaru, Christopher Sarros. A Usability Study of Seatbelts in Conjunction with Booster Seats. 25th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, 2017: 17-0271
- [46] Sophia Tushak, Jalaj Maheshwari, Aditya Belwadi. RESPONSES OF THE SCALED INFANT HUMAN BODY MODEL IN SIMULATED FRONTAL MOTOR VEHICLE CRASHES, 26th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, 2019: 19-0142
- [47] 张道文, 张光辉, 黎华惠等. 斜角碰撞时轿车后排青少年乘员的损伤研究[J], 安全与环境学报, 2018 (6): 2086-2090
- [48] 张旭. 基于有限元模型的 3 岁儿童乘员胸腹部碰撞损伤分析[D]. 天津: 天津科技大学, 2018