

A Study On Factors Of C-NCAP Pedestrian Children Headform Impact Test Results

Wenju LIU, Chao TU, Qihao WU, Shi SU, Zhengjian LAI

State Key Laboratory of Vehicle NVH and Safety Technology, Chongqing, China, 401120

Email:liuwenju2004@126.com

Abstract: There are so many laboratories for pedestrian test domestic and abroad. However, how is the consistency for test results in different laboratories, and what is the main factors? Generally speaking, the children headform test area is always larger and more important. This paper aimed to analysis the factors that affect the test results in 2018 version C-NCAP, and verified. We locked the main factors by this research and using them, by do so, improving the consistency in different laboratories, making sure the development goal is reached, not affected by the in consistency.

Key words: Pedestrian impact test, Children headform, Benchmarking

C-NCAP 行人保护儿童头型试验结果 影响因素分析

刘文举, 涂超, 吴旗浩, 苏实, 赖政剑

汽车噪声振动和安全技术国家重点实验室, 重庆, 中国, 401120

Email:liuwenju2004@126.com

摘 要:国内外有数量众多的行人保护试验室, 各试验室之间行人保护试验结果的一致性如何, 哪些因素对试验结果之间差异有重要影响? 一般来讲, 儿童头型试验区域较大, 对得分的贡献也相对较大, 因此, 本文研究 2018 版-行人保护儿童头型试验结果的影响差异, 探寻潜在的影响因素并进行验证。在众多的影响因素中, 锁定对试验结果具有重大影响的因素, 通过对这些影响因素的调整和控制, 提高不同试验室之间的行人保护儿童头型试验对标能力, 防止因试验结果对标不一致造成的性能开发目标偏离。

关键词: 行人保护试验, 儿童头型, 对标

1 引言

2018 版 C-NCAP 实施以来, 作为其中一项重要评价内容的行人保护, 获得了充分的关注和重视。各主机厂试验结果的可靠性直接影响到所提供的得分图谱和最终得分, 因此, 如何保证自己试验室结果与检测机构一致, 成为各主机厂高度关注和待解决的首要问题。

行人保护有头型和腿型试验, 根据目前的状况, 腿型试验普遍对标结果良好, 而成人头型试验有部分会涉及罩板后缘与风挡之间的不稳定区域、玻璃点, 工况较多, 但试验点数量相对儿童头型较少, 因此, 本文研究的对标指的是行人保护儿童头型对标。

2 2018 版 C-NCAP 行人保护儿童试验方法

2.1 冲击器要求

2018 版 C-NCAP 采用 3.5Kg 儿童头型对车辆前部结构进行冲击, 测试撞击点的加速度, 输出 15ms 伤害值 HIC。儿童头型冲击器主要参数: 应为铝制的, 均质结构, 球形; 直径为 $165 \pm 1\text{mm}$; 质量为 $3.5 \pm 0.07\text{kg}$; 包括仪器的头型冲击器的质心应位于球的几何中心, 偏差在 $\pm 2\text{mm}$ 内; 球体用 $14 \pm 0.5\text{mm}$ 厚的合成皮肤覆盖, 覆盖面积至少为球体的一半。

传感器安装: 在球体内凹处可以安装一个三轴或三个单轴的加速度传感器, 在测量轴方向传感器安装块与球体中心的偏差在 $\pm 10\text{mm}$ 内, 在测量轴垂直方向的传感器冲击块与球体中心的偏差在 $\pm 1\text{mm}$ 内; 如果使用三个单轴加速度传感器, 其中一个加速度传感器的测量轴线应垂直于安装面 A 并且其冲击块安装位置应处于半径为 1mm , 长度为 20mm 的圆柱形偏差区域内; 偏差区域的中心线应垂直于安装面且它的中点应与头型冲击器的球体中心重合。

法规/评价规则的重点要求可简化为: 测量冲击方向(定义为X向)的加速度传感器, 传感器测量中心与头型几何中心在X向方向的偏差为 $\pm 10\text{mm}$, 在垂直于X向平面的偏差为 $\pm 1\text{mm}$, 如图1所示:

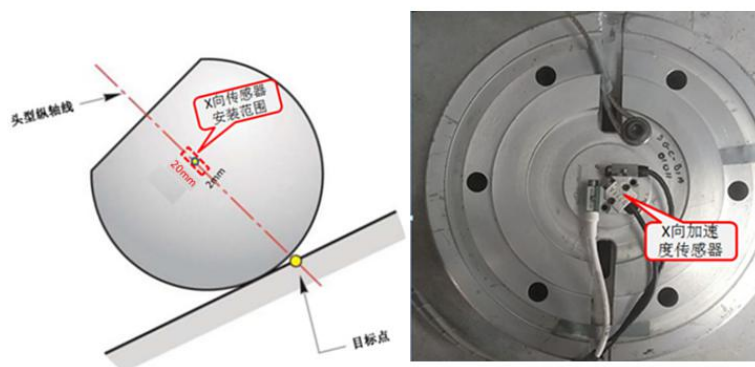


Figure 1. The request for acceleration sensors install
图 1. 加速度传感器安装要求

2.2 试验要求

儿童头型试验参数如下:

Table 1. Main test parameters and requests
表 1. 主要试验参数及要求

冲击速度	40 km/h $\pm$ 0.72 km/h	温度	20°C $\pm$ 4°C
冲击点位置误差	$\pm 10\text{ mm}$	湿度	40% $\pm$ 30%
冲击角度	50° $\pm$ 2°	头型标定结果	245g~300g

上述试验参数在误差范围内均可能对试验结果产生影响。

3 试验结果影响因素及验证

影响儿童头型试验结果的因素很多, 这里主要介绍关注度较高的几个关键因素。

3.1 试验车辆准备及包络线的划分

试验车辆准备过程之一是车辆配重和轮胎充气, 该工作的完成质量将直接影响到车辆轮眉高度的准确性: 如果车辆轮眉与设计状态差异越小, 则说明车辆状态越接近设计状态, 虽然试验规则要求是在 10mm 以内, 但为了提升

试验室之间的对标精度，轮眉偏差应尽量控制在 5mm 以内。

车辆轮眉高低决定了包络线位置，而包络线的位置则决定试验点的位置，如图 2 所示。由于罩板结构的不均衡性，在一些有内部加强筋的或是有结构突变的位置，试验点位置的偏差对试验结果有显著影响，在成人头型试验区域更为明显。

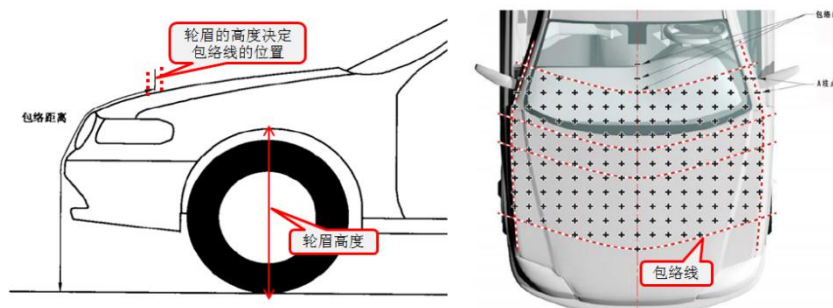


Figure 2. WAD and head test points marking

图 2. 包络线划分及试验点标记

某次试验中，试验室对位置仅相差 10mm 的两个点进行儿童头型冲击试验，试验的位置及试验结果加速度曲线如 3 所示。由于试验点所在位置的罩板之间有类似突变的结构，两次试验的加速度峰值和趋势似乎差异不大，但 HIC 差异却有 120 左右。

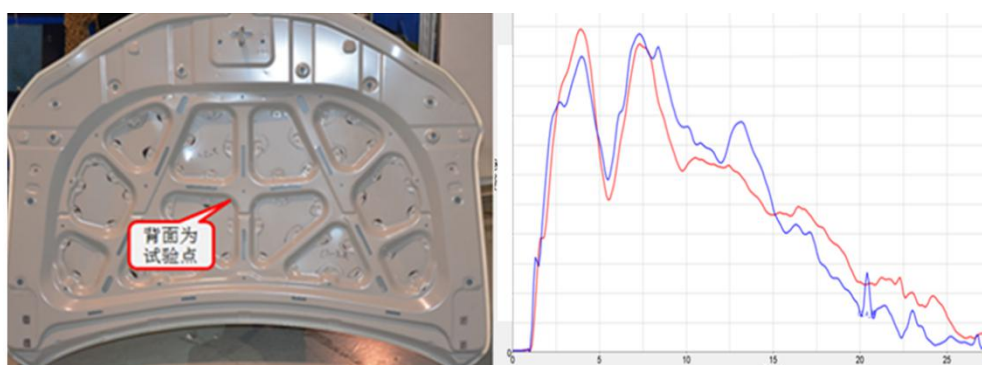


Figure 3. The structure of bonnet and test results

图 3. 相近位置罩板结构及试验结果

3.2 试验车体在试验过程中是否顶住车身

顶住车身是指用千斤顶在车辆车身下方将车身托住，如图 4 所示，让车辆在承受头型冲击过程中保持轮眉高度不变，防止因车辆“下沉”造成对加速度缓冲从而简单试验伤害值，但试验验证结果却与该分析不一致。



Figure 4. The vehicle being uplift by jack

图 4. 千斤顶顶住车身

对准试验录像进行分析，头型冲击车辆过罩板过程十分短暂，整个车身来不及缓冲头型的冲击头型已经和罩板分离，因此，后期车身的“下沉”对整个试验结果几乎没有影响。

3.3 头型跌落标定结果

按照试验规程，儿童头型经过一定的时间或试验次数都需要进行跌落标定，评价标准为试验合成加速度位于区间 245g~300g 即为合格。

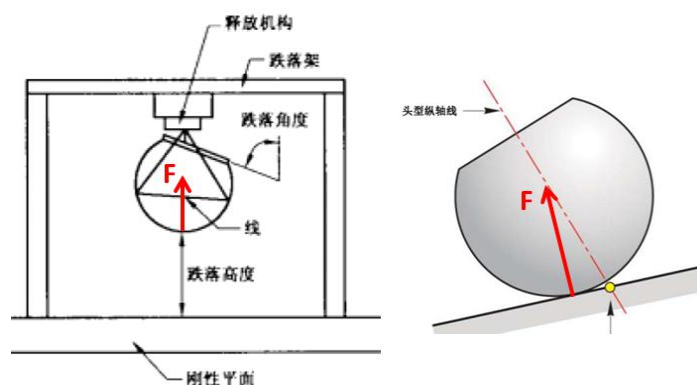


Figure 5. The calibration of headform

图 5. 头型跌落标定试验

由于标定结果的评价区间较宽，一般情况下，头型均能通过该标定试验。经研究发现，对于标定结果高的头型，可能是头皮硬度较大，反之则是头皮硬度较小。因跌落标定过程与试验过程的差异：跌落试验中，头型冲击刚性平板方向与头型跌落方向一致，而冲击罩板试验中两者却有一定角度，如图 5 所示，该角度对试验结果是有影响的，因此，不能简单地将跌落标定的试验结果与冲击罩板试验的结果关联起来。

3.4 头皮软硬度

头皮使用时间的长短和频次对头皮的硬度有影响，使用时间越长和频次越高，头皮硬度下降越明显。不同硬度的头皮对试验过程是会有影响的：与软头皮相比，硬头皮在试验开始的前期，由于头皮硬，加速上升快，能在更短的时间内达到加速度峰值，但加速度峰值可能没有软头皮大，同时，硬头皮弹性较差，整个碰撞过程时间略短，加速度波形宽度比软头皮窄，但由于 HIC 计算公式，软硬头皮的试验结果并没有必然的大小关系。

为了验证上述分析，采用了两块仅硬度不同的头皮进行试验，试验矩阵及测试结果如下表和图 6 所示：

Table 2. Test matrix
表 2. 试验矩阵

试验序号	头皮种类	邵氏硬度值	试验点	HIC
1	硬头皮	90	C1	785
2			C2	970
3	软头皮	65	C1	793
4			C2	995

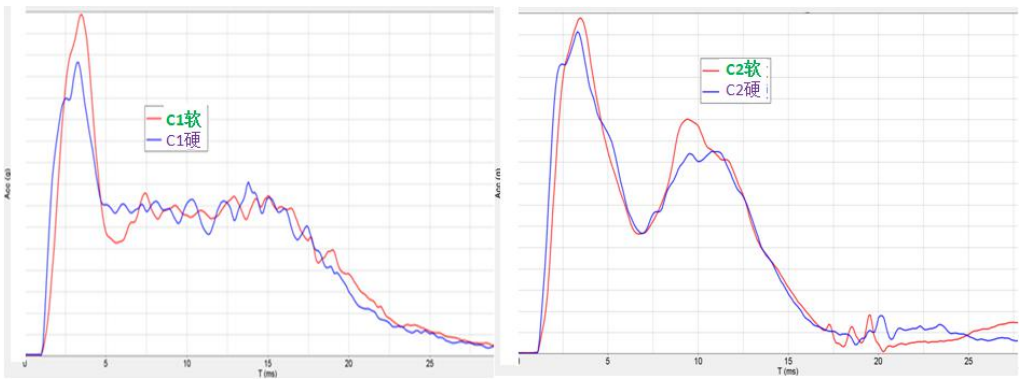


Figure 6. The test results of hard and soft head skin
图 6. 软硬头皮试验结果对比

虽然对于某个试验点来讲，软头皮试验结果未必都比硬头皮大，但从一个车型来看，大多数的试验结果为软头皮试验结果大于硬头皮。

3.5 加速度传感器安装位置

根据头型 X 向加速度传感器的安装位置，X 向传感器测量点在球头中心平行轴向方向 2mm 范围以内。该误差范围是否对试验结果构成影响？以下是验证过程。

在传感器安装平面内，将 X 向传感器偏离头型中心线一定的距离，相当于 X 向加速度传感器由虚线的 A 位置移动到 B 位置。

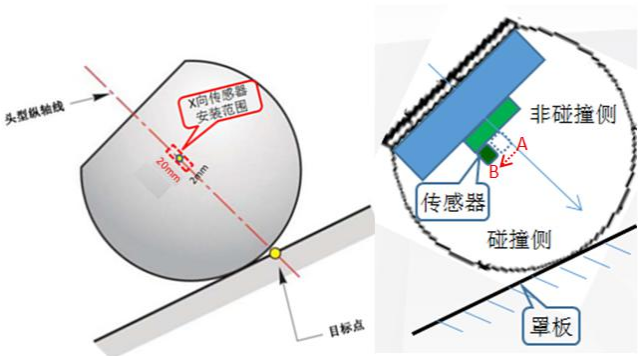


Figure 7. The install position of acceleration sensors
图 7. 加速度传感器安装位置及调整

为了研究传感器安装位置的影响，试验时，在 A 位置和 B 位置均安装 X 向加速度传感器，如图 7 所示，A 为

头型中心位置, B 距离 A 距离为 10mm。进行两次罩板冲击试验, 结果如图 8 所示:

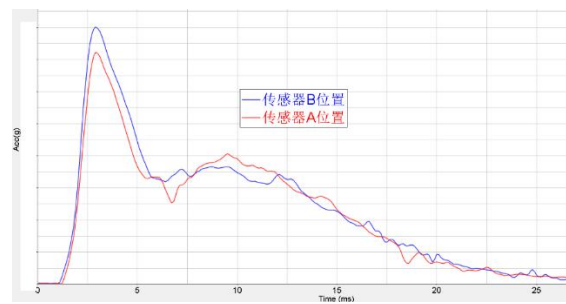


Figure 8. The test results affect by the sensor position

图 8. 传感器位置对试验结果影响

A 位置传感器测试加速度结果峰值明显小于 B 位置, 但试验后期由于头型的旋转作用, A 位置传感器测量的加速度会超过 B 位置。对于不同位置的碰撞点, AB 两位置测量的加速曲线“交叉”的程度不同(即峰值和反超的时间点), 因此, 对 HIC 的影响不尽相同, 但 B 位置测量的 HIC 几乎均大于 A 位置, 只是大的幅度不同。图 8 中的情况, 两次试验相比, B 位置测试的 HIC 比 A 位置大 70。

对于规则中关于 X 向传感器测量点在球头中心线方向 10mm 以内的规定, 已通过分析和试验验证, 对于头型 HIC 试验结果没有影响, 具体验证方法和试验结果不再赘述。

3.6 其它影响因素

除了上述影响因素外, 其它的还有试验环境温湿度、冲击速度、冲击角度、头型质量、头皮摩擦系数、罩板是否带有面漆等, 这些因素有一定影响, 但是均不如头皮软硬度和传感器安装位置影响明显, 读者可自行验证。

4 结论

在众多影响因素中, 头皮硬度和传感器安装位置对行人保护儿童头型试验结果有重要影响, 检查和确认这两个因素的一致性对于提高不同试验室之间的试验结果对标具有重要意义。

参考文献

- [1] China Automotive Technology & Research Center, 2018-《C-NCAP》.
- [2] 中国汽车技术研究中心, 2018《C-NCAP 管理规则》.
- [3] 王局成, 孙小光. 行人保护模型回收装置设计与研究. 第十八届汽车安全技术学术会议, 2015, 405-408
- [4] 胡志员, 雷雨. 基于实验设计的行人保护小腿优化[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2016, 第 30 卷第 5 期.
- [5] 都雪静, 韦丽苹. 吸能盒箱体内部结构的改进 [J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2015(12): 7 - 12.
- [6] 徐福慧, 王栋, 李博, 王亚军, 吴沈荣, 等. 行人保护冲击前大灯试验与模拟对比研究[A]. The 12th International Forum of Automotive Traffic Safety, 2015, 12: 157-158.
- [7] 周宏钟, 沈磊. 基于有限元的某车型稳定杆支架轻量化分析[J]. 上海汽车, 2015, 22-25.
- [8] 蔡明, 胡巧声, 温媛媛. 国内外汽车轻量化技术讨论[J]. 汽车与配件, 2014, (23): 54-57.
- [9] X. Lv, X. Gu, L. He, et al. Reliability design optimization of vehicle front-end structure for pedestrian lower extremity protection under multiple impact cases[J]. Thin-Walled Structures, 2015, 94: 500-511.
- [10] 刘卫国, 吕晓江, 孙立志, 等. 国外行人柔性腿型冲击器的发展及现状 [J]. 汽车工程学报, 2014, 4(6): 455-460
- [11] 张冠军, 魏巍, 曹立波, 官凤娇等. 行人下肢有限元模型的建立与验证研究[J]. 湖南大学学报(自然科学版) 2015(02): 47-54
- [12] 刘志恩, 杨千慧. 排气系统橡胶吊耳优化设计, Altair 2015 技术大会论文集, 2015.
- [13] Kristian Holmqvist, Johan Davidson, Manuel Mendoza-Vazquez. Improving Hybrid III Injury Assessment in Steering Wheel Rim to Chest Impacts Using Responses from Finite Element Hybrid III and Human Body Model. Traffic Injury Prevention, 2014, 15: 196-205.
- [14] Chinmoy Pal and Tomosaburo Okabe. Effect of Vehicle's Front End Profile on Pedestrian's Lower Extremity Injury Pattern in Real World and Verification by Large Male FE Human Model. SAE Technical Paper: 2015-01-1467.
- [15] 吕晓江, 谷广先. 某 SUV 车型行人腿部保护结构的优化设计. 第十八届汽车安全技术学术会议, 2015, 348-352
- [16] 罗擎柱, 万火旺. 行人下腿型动态标定试验参数研究. 第十八届汽车安全技术学术会议, 2015, 386-391