

Analysis of Domestic Vehicle Performance for Head Impact Protection at Present Status

Shan Ren, Haibin Li, Kun Wang

China Automotive Technology & Research Center, CATARC, Tianjin, China, 300126

Email: renshan@catarc.ac.cn, lihaibin@catarc.ac.cn, wangkun@catarc.ac.cn

Abstract: Research on pedestrian protection began in Europe in the eighties of 20th Century, rapidly extended to around the world. The compulsory standard has come into effect in Japan and Europe in 2005. The UN/ECE/WP29 has drafted the GTR pedestrian protection standard. Our country has established standard to strengthen pedestrian protection performance. Statistics shows that head impact is the main reason of death in pedestrian traffic accident. In this paper, results of pedestrian headform test of eleven vehicles are summarized, the pedestrian protection condition of domestic vehicles is analyzed. The key components that caused injury are discussed. New pedestrian protection technology and its future development is introduced.

Keywords: safety; pedestrian protection; head

国内车型头部碰撞保护现状分析

任山, 李海斌, 王坤

中国汽车技术研究中心, 天津, 中国, 300126

Email: renshan@catarc.ac.cn, lihaibin@catarc.ac.cn, wangkun@catarc.ac.cn

摘要: 行人保护相关研究始于20世纪80年代, 最早在欧洲开展, 并迅速扩展至世界各地。日本、欧洲已于2005年起实施了行人碰撞保护强制性法规。目前, 世界车辆法规协调论坛UN/ECE/WP29已制定行人保护的全球性法规。我国也制定了相应的法规, 逐渐加强对行人的保护, 促进行人碰撞保护研究。统计数据表明, 头部碰撞在伤亡事故中所占比重最大, 致死率也最高。本文通过国内十一款车型进行的头型碰撞保护试验, 对国内车型的头部碰撞伤害指标进行了分析, 对关键伤害部件进行了讨论, 并对行人碰撞保护新技术和未来发展进行了展望。

关键词: 安全; 行人保护; 头部

1 前言

当前, 欧盟国家、美国、日本、韩国和中国都已制定或正在制定行人保护标准。随着我国汽车行业的飞速发展, 汽车保有量快速增长, 但我国的道路还属于混合型交通, 机动车、行人多处于同一道路, 这就增加了我国行人与机动车碰撞事故发生的机率, 我国交通事故死亡人数连续数年居世界首位, 并一度超过十万人, 其中行人的死亡比例超过40%, 因此, 对我国来讲, 深入开展行人保护的研究更加刻不容缓。同时, 我国自主品牌汽车飞速发展, 各大厂商纷纷拓展海外市场, 为了避免遭遇国外市场的技术壁垒, 开展行人保护研究至关重要。

IHRA对美国、欧洲、日本和澳大利亚的行人事故数据分析表明, 在伤害等级AIS2~6级的事故中, 伤害部位在头部的占了事故总数的31.3%, 几乎占了事故

总数的三分之一, 同时, 相关统计数据表明行人在事故中头部受伤的致死率达到了64%, 由此可见, 行人头部保护对行人保护的重要性。图1是各国行人事故中伤害部位的分布图。

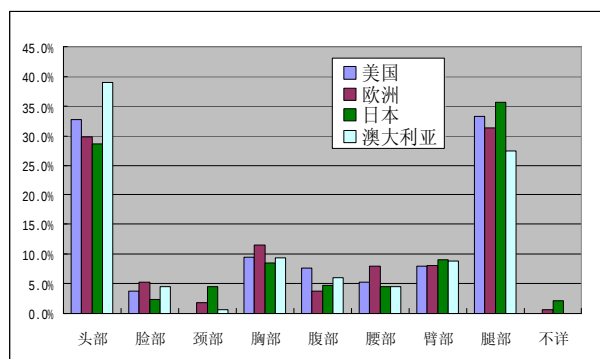


图1. 各国行人事故中伤害部位分布图

2 各国行人头部法规现状

目前, 各国已有的行人保护头部法规见表1。

欧洲、日本已于2005年开始实施行人保护法规, 其中, 日本的行人保护法规只引入了头型部分。从表1

中可以看出, EURO NCAP的头型保护要求是现行最严格的行人头部碰撞评价标准。我国行人碰撞保护法规, 修改采用了GTR法规, 其技术内容与GTR法规一致, 目前, 该法规已获批准。

表1. 各国行人保护头部法规比较

试验项目		欧洲		Euro NCAP	GTR 2013
		第一阶段	第二阶段		
儿童头 撞击引 擎罩	头型质量	3.5 kg	3.5 kg	3.5 kg	3.5 kg
	试验条件	35 km/h, 50°	35 km/h, 50°	40 km/h, 50°	35 km/h, 50°
	结果要求	2/3 区域 HIC≤1000, 1/3 区域 HIC≤2000	1/2 儿童头型测试区域 HIC≤1000, 2/3 儿童和成人头型试验区域 HIC≤1000, 其他区域 HIC≤1700	HIC: 1000~1350 (2~0pts)	2/3 区域 HIC≤1700, 1/3 区域 HIC≤1000
成人头 撞击引 擎罩	头型质量	----	4.5 kg	4.5 kg	4.5 kg
	试验条件	----	35 km/h, 65°	40 km/h, 65°	35 km/h,65°
	结果要求	----	2/3 儿童和成人头型试验区域 HIC≤1000, 其他区域 HIC≤1700	HIC: 1000~1350 (2~0pts)	2/3 区域 HIC≤1700, 1/3 区域 HIC≤1000
成人头 撞击风 挡玻璃	头型质量	4.8 kg（考察项）	----	4.5 kg	
	试验条件	35km/h, 65°	----	40 km/h, 65°	----
	结果要求	----	----	HIC: 1000~1350(2~0pts)	

3 试验概况

本文对国内车辆行人头部碰撞保护现状的分析以11款国产车型试验为基础, 试验对象均为自主品牌车型, 涵盖了SUV、A级车、短头车、B级车等。其中SUV指“运动型多用途汽车”; A级车与B级车主要依据轿车排量、轴距、重量等参数的不同来划分; 短头车是指一半以上的发动机长度位于车辆前风窗玻璃最前点以后, 并且方向盘的中心位于车辆总长的前四分之一部分内的乘用车; 所选车型主要是在发动机罩尺寸、厚度、外形角度等方面存在显著差别。

试验设备采用伺服液压发射器, 该设备具有非常高的速度精度及撞击位置精度。图2为试验图片。

试验方法采用EC 631/2009行人保护试验程序, 发动机罩盖试验采用3.5kg头型, 风挡玻璃试验采用4.8kg头型, 目的是为了验证车辆是否能满足指令78/2009/EC的要求。

4 试验结果分析

4.1 总体评价

本项目共进行发动机罩盖试验233次, 风挡玻璃试验59次, 为了对试验结果做出一个总体的评价, 按HIC值的大小分段进行了统计, 如图3、图4所示。

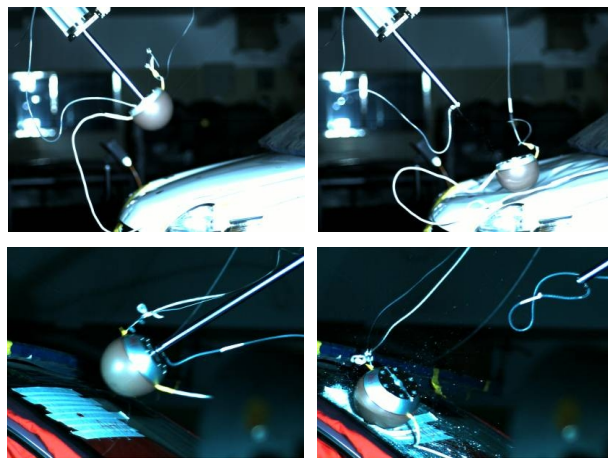


图2. 试验照片

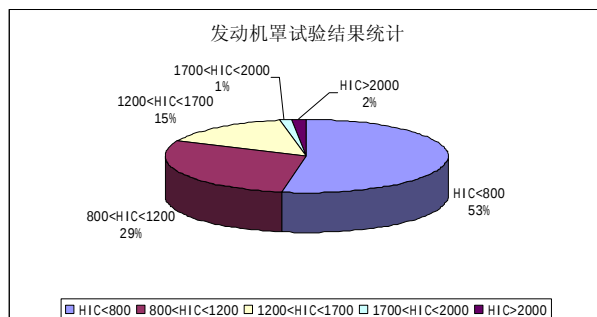


图3. 发动机罩试验结果分段统计图

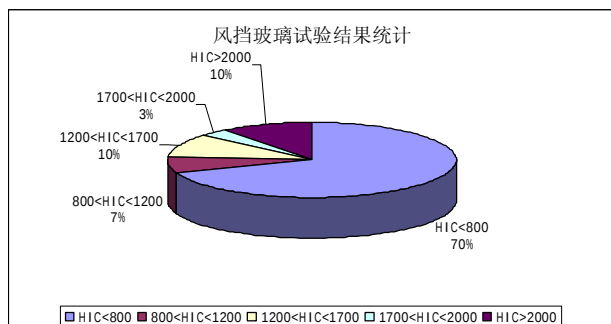


图4. 风挡玻璃试验结果分段统计图

结合试验分析结果HIC在各分段内所占的比重可以得出如下结论:

(1) 对于发动机罩:

- 发动机罩试验中, 试验结果HIC值小于800的点占53%, 这些试验点主要来自发动机罩中间位置吸能空间充足的区域, 同时, 由于试验点的选择间距大于165mm, 因此, 试验点在发动机罩盖上分布比较均匀, 所以说, 发动机罩大部分区域能够满足行人保护法规要求;

- HIC值位于800~1200之间的试验点的数量反映了车辆在设计阶段是否充分考虑了行人保护的性能。11辆车的试验结果中, HIC值位于800~1200之间的试验点数占29%, 所占比重较大, 因此, 这些试验点所在区域在设计阶段对行人保护的考虑较少;

- HIC值位于1000~1200之间的试验点是较容易通过局部改进设计使其HIC值低于1000的, 试验结果中, 9%的试验点为此类, 这样, HIC位于1200以下的试验点, 共占总数的82%, 这个比重说明, 目前我国国产车型发动机罩在行人头部碰撞保护方面性能较好, 并具备一定的提升潜力;

(2) 对于风挡玻璃:

- 风挡玻璃的HIC值分布特点明显, 位于800以下的试验点占70%, 其余的试验结果都大于1000, 甚至达到3000~4000。由于当前车辆多采用夹层式的风挡玻璃, 其吸能性较好, 因此在不靠近边缘的试验位置的试验结果都较小, HIC值大于1000的试验点主要来自于靠近风挡玻璃四周边缘区域, 尤其是靠近A柱的区域和下边缘区域。

11辆试验车中, 有3辆车未满足欧洲第一阶段法规要求, 2辆车满足欧洲法规第一阶段要求但未达到欧洲法规第二阶段要求, 6辆车满足欧洲法规第二阶段要求。未满足欧洲第一阶段法规要求的车型, 其少数试验点HIC值超过2000, 但超出范围小, 易于通过局部

改进满足限值要求; 不满足第二阶段法规要求的车型, 其改进的难点在于较硬区域的面积较大, 此类问题的改进难度大, 牵连因素多。可见, 在设计阶段引入行人保护设计至关重要。

总体上来看, 当前, 在发动机罩和风挡玻璃对行人头部的碰撞保护方面, 我国国产车型的现状还是比较好的, 但是, 要进一步提高对行人头部碰撞保护的性能, 必须在设计阶段引入行人保护设计, 在满足车辆外观、性能等方面要求的同时, 兼顾行人保护性能。

4.2 各车型试验结果对比

图5为各车型试验结果的统计图, 由于各车型风挡玻璃试验结果在各车型间差别较小, 因此本小节只针对发动机罩进行分析。从图中可以看出各车型所选试验点数以SUV和异型车最多, 主要是因为其具有发动机罩面积大、机罩楞边多、几何外形复杂等特点, 为对车辆进行全面考查, 试验点数选择较多。同时, 通过图中对比与实际分析发现以下特点:

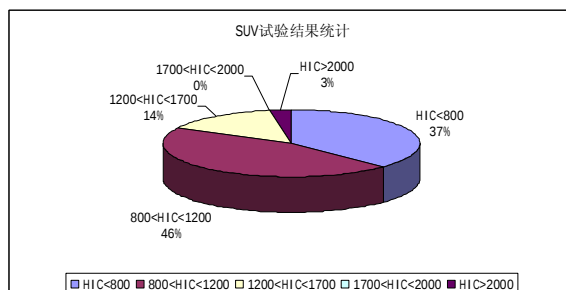
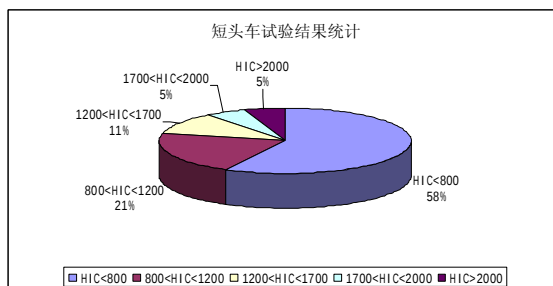
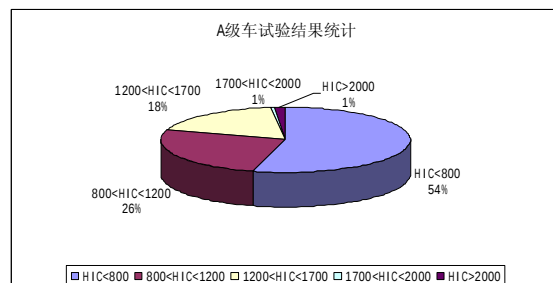


图5. 各车型试验结果分段统计

(1) 短头车、A级车、SUV均存在结果HIC超过1700的试验点，主要原因是短头车与A级车布置紧凑，发动机罩下方吸能空间不足，发动机罩面积小，当试验点选择在车灯、翼子板与发动机罩的交界处时，其吸能空间小，而对于SUV，其发动机罩材料较厚，局部结构或外形不利于吸能；

(2) A级车与SUV试验结果HIC值在1200到1700之间的点数较多，由于外形多变，局部硬点数量多，SUV与外形更具个性化设计的A级车在设计时需对行人保护性能做更加充分的考虑；

(3) B级车试验结果HIC值低于800的试验点数量最多，其优势在于发动机罩面积大，离边缘较远的试验点数量多，发动机罩下方吸能空间充足，材料厚度较薄；

总的来说，通过各车型对比，发现各部件交界处、材料较厚的发动机罩、面积小的发动机罩、外形比较特殊的外板或内板（变形力较大）都易引起试验结果HIC值较大。

4.3 各试验区域试验结果评价

根据对试验结果的分析，将发动机罩划分为如图6所示的六个区域，将风挡玻璃划分为如图7所示的三个

区域。

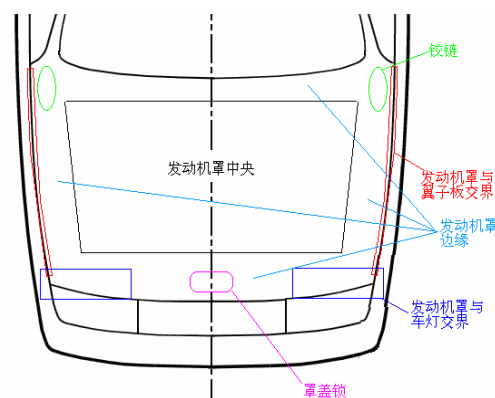


图6. 根据试验结果划分的发动机罩区域

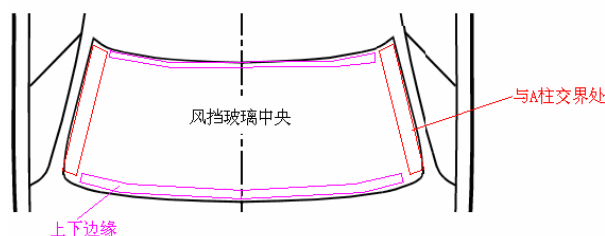


图7. 根据试验结果划分的风挡玻璃区域

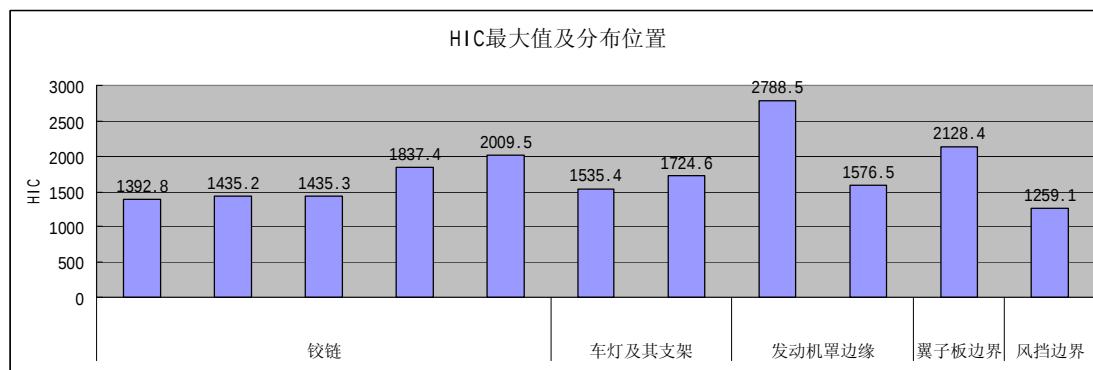


图8. HIC最大值及其分布位置统计

分析发现，发动机罩试验中，试验结果HIC偏高的区域有以下几处：

- 罩盖铰链附近：11辆试验车中，包括SUV、A级车、B级车在内的5款车试验结果HIC最大值位于此区域，因此各类车型均需注意该区域的吸能性设计。

- 前照灯及其支架附近：前缘离地高度较高的SUV易将该区域划入试验区、此外，B级车和部分A级车也有在该区域选择试验点的情况。

- 发动机罩与风挡交界：车辆前部尺寸较小的短

头车与A级车需注意该区域，由于布置紧凑，吸能空间小，下部存在坚硬部件，发动机罩与风挡交界处易获得较高的HIC。

- 发动机罩与翼子板交界附近：A级车、短头车在该区域吸能空间较小，易获得较大的HIC。同时，试验结果HIC值由发动机罩边缘向发动机罩中央呈递减趋势，除下部吸能空间不足的区域外，HIC值均低于1000，B级车在发动机罩中央处表现最好，其HIC值均低于800，但各车辆在发动机罩边缘处的HIC值均

较高。

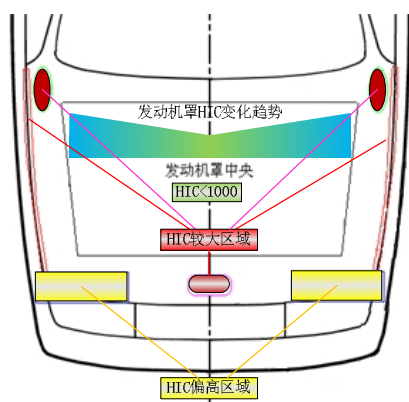


图9. 发动机罩HIC分布特征

风挡玻璃试验中，风挡玻璃中央区域的试验结果HIC值分布在120到700之间，HIC值较大的点主要来自于上下边缘及与A柱交界处，尤其是在与A柱交界处，HIC值甚至达到4000以上。

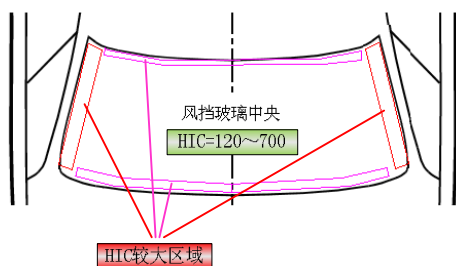


图10. 风挡玻璃HIC分布特征

5 改进方案

通过第4章的分析，对当前我国车辆行人头部碰撞保护现状及薄弱点有了比较全面的了解，要解决这些问题，还需要根据具体的问题进行分析解决，本章提出一些关键点的改进建议，部分措施已应用在试验车型的改进中并被证明是有效的。

(1) 在设计制造发动机罩时，选择合适的内外板材料、厚度和结构，避免出现变形力大的楞边，必要时可在内外板间添加泡沫等吸能材料，从而使其具有合理的等效刚度；

(2) 在发动机罩下留有足够的吸能空间，可能与发动机罩接触的部件主要包括了发动机、蓄电池、冷却液罐、玻璃清洗剂罐、制动液罐、进气总管、空气滤清器等，在进行这些部件的布置时要特别注意，对

于不可避免会发生接触的部件，可以考虑在其表面包裹吸能材料；

(3) 发动机罩向外、向后延伸，向外延伸是为了避免与翼子板发生碰撞，向后延伸是为了避免与雨刮器转轴以及风挡玻璃下缘发生碰撞；

(4) 对翼子板的支撑件进行改进，使其具备向下向后变形的能力，达到溃缩吸能的效果；

(5) 对发动机罩铰链进行改进，可行的包括减小材料厚度，铰链后移从而避免接触，将铰链设计为压溃式等；

(6) 将罩盖锁向前向下布置在碰撞区域外；

(7) 风挡玻璃区域的改进主要涉及到三个方面，首先可通过发动机罩向后延伸，避免与风挡玻璃下缘的接触，其次，减短风挡玻璃上部的支撑，最后，对于A柱区域的改进，应在造型设计阶段就避免A柱落在碰撞区域中，这可以通过改变风挡玻璃的外形来实现。

6 总结与展望

本文以大量的行人保护头型试验为基础，对我国国内车型行人头部保护现状进行了分析，通过对试验结果的统计，找出了当前车辆行人保护性能的薄弱环节，并提出了改进建议，部分改进方案已应用于实际工作并被证明是有效的。除本文中提到的改进方法，当前世界各国还在积极研发如图11、图12所示的行人保护新技术，即举升式发动机罩和行人保护气囊，今后也应加强此方面的研究。

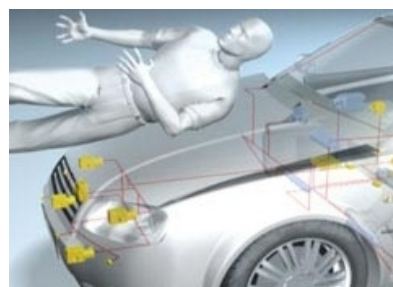


图11. 举升式发动机罩

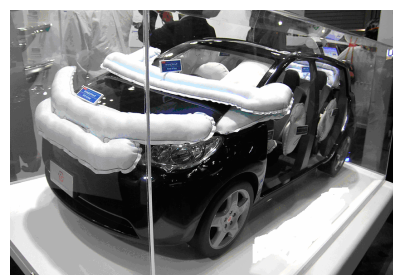


图12. 行人保护气囊

我国的道路情况决定,在行人保护研究方面,不仅要重视头部碰撞保护的研究,同时也要开展腿部碰撞保护的研究。虽然国外行人保护法规实施时间不长,但有很多先进的经验值得借鉴,在我国行人保护法规实施和相关研究中,要加强对世界各国行人保护法规及其发展趋势的分析,为我国行人保护法规的实施提供更多的经验,另外,应积极研究行人碰撞保护主动安全技术,积极探索各种有效的行人保护方法,以减少行人伤害、降低交通事故中行人的死亡率。

References (参考文献)

- [1] REGULATION (EC) No 78/2009 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 14 January 2009 on the type-approval of motor vehicles with regard to the protection of pedestrians and other vulnerable road users, amending Directive Directive 2007/46/EC and repealing Directives 2003/102/EC and 2005/66/EC, Official Journal of the European Union, 2009.4.2, L35/1~L 35/31
- [2] COMMISSION REGULATION (EC) No 631/2009 of 22 July 2009 laying down detailed rules for the implementation of Annex I to Regulation (EC) No 78/2009 of the European Parliament and of the Council on the type-approval of motor vehicles with regard to the protection of pedestrians and other vulnerable road users, amending Directive 2007/46/EC and repealing Directives 2003/102/EC and 2005/66/EC, Official Journal of the European Union, 2009.7.25, L195/1~L 195/60
- [3] EuroNCAP. Pedestrian Testing Protocol Version 5.1, January 2010.
- [4] Global Technical Regulation No. 9 Pedestrian Safety, 26 January 2009.
- [5] Zhao Guifan, Wang Dafang. Research on the Absorbing Shock and Impact of an Improved Car Body Structure. *Journal of Vibration Engineering*, 2004. 17(08), P1044~1046.
- [6] David W.Twigg and James L. Touchier, Optimal Design of Automobiles for Pedestrian Protection, SAE 770094.