

Research on the National Standard of the Rear Underrun Protection Devices of Truck in China

Feng Wenxuan¹, Wang Honyan¹, Xiao Lingyun², Hu Wenhao², Chen Junyi¹

¹*Tongji University, Shanghai, China, 201804*

²*China National Institute of Standardization, Beijing, 100101*

Email: fwxjlutju@163.com, why-sos@vip.sina.com

Abstract: In all kinds of traffic accidents in China, the under-run crash accident between the car and heavy truck is often a fatal accident, due to the lack of high-quality rear underrun protection of the heavy truck, resulting in the high death and injury rate of the people in the car that rear a truck. In this paper, through the research and analysis on the relevant standard and regulations of rear underrun protection devices, combined with the accident investigation statistics and experiment of rear underrun protection devices, the suggestion of the standard modification is put forward.

Keywords: Rear underrun protection devices Accident investigation Standard modification
Multi point simultaneously loading

我国货车后下部防护要求的标准研究

冯文轩¹, 王宏雁¹, 肖凌云², 胡文浩², 陈君毅¹

¹ *同济大学, 上海, 中国, 201804*

² *中国标准化研究院, 北京, 中国, 100101*

Email: fwxjlutju@163.com, why-sos@vip.sina.com

摘 要:在我国各类交通事故中, 由于道路上行驶的许多货车没有良好的后下部防护装置, 造成乘用车追尾货车时, 追尾的乘用车车内驾驶员和乘员伤亡的比例非常高, 属于致死率非常高的恶性事故之一。本文通过对后下部防护要求的相关标准及法规的分析研究, 并结合事故调查统计数据和后下部防护装置试验, 提出我国标准中可以完善的地方及修改意见。

关键词: 后下部防护要求; 事故调查; 多点同时加载; 标准修改

1 引言

轿车追尾大型货车的事故是十分严重的交通事故形态之一^[1]。2001 年国家出台了 GB11567.2-2001^[2]《汽车和挂车后下部防护要求》, 对货车后下部防护装置的强度做出明确要求。但是在交通事故深度调查中却发现^[3], 非常多的货车后下部防护装置强度不足或者没有安装后下部防护装置, 导致在碰撞过程中轿车钻入货箱底部, 此时轿车的前保险杠及纵梁一般不参与碰撞, 正面气囊有可能不点爆。由于轿车内乘员的坐高与货车车厢底板高度相当^[4], 碰撞过程中乘员头部就极有可能直接撞击货车车厢, 导致严重伤亡。即使正面气囊弹出, 由于轿车和货车的碰撞相容性^[5], 轿车 A 柱和挡风玻璃也抵挡不了货车车厢的侵入, 前排驾驶员和乘客也会因生存空间的丧失而伤亡。

2 事故调查与标准分析

自 2011 年 11 月起，国家质检总局缺陷产品管理中心先后联合国内 6 地 7 家机构开展车辆事故深度调查，启动国家车辆事故深度调查体系（National Automobile Accident In-Depth Investigation System,即 NAIS）。NAIS 借鉴了汽车工业发达国家成熟的车辆事故深度调查的做法，专注于死亡事故和车辆安全。

截止 2014 年 6 月，NAIS 采集了 95 起乘用车追尾货车的交通事故，事故共造成 134 人死亡，103 人受伤。从事故的深度分析中发现，大多数事故货车的后下部防护装置强度不足，严重变形，在发生碰撞时没有提供有效的保护作用，防止钻碰发生，如图 1 所示。



Figure 1 Accident scene

图 1 事故图片

根据实际事故调查分析，轿车追尾货车事故中主要有以下三种形态：

1、货车后下部防护装置碰撞宽度达全宽的 85%以上，且后下部防护装置双侧悬臂发生碰撞变形，这类碰撞定义为 100%重叠率碰撞。

2、货车后下部防护装置碰撞宽度约占全宽的 75%（50%、30%），且只有一侧悬臂碰撞变形，这类碰撞定义为 75%（50%、30%）重碰撞。

3、货车后下部防护装置的两侧悬臂均无碰撞变形，这类碰撞定义为小角度碰撞。

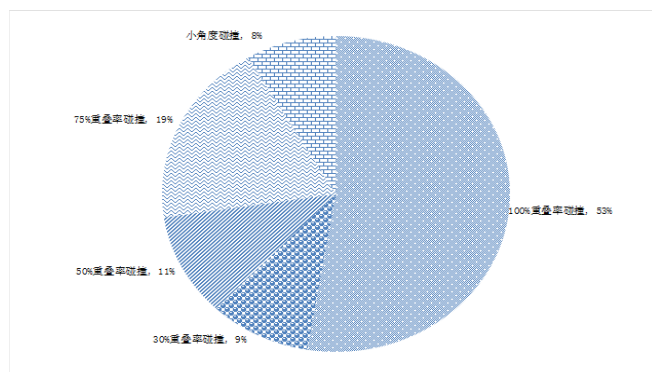


Figure 2. Analysis of Collision type (N=95)

图 2 碰撞类型分析 (N=95)

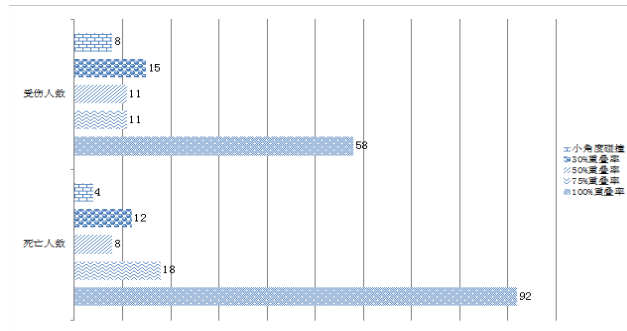


Figure 3. Analysis of injury

图 3 伤情分析

从图 2 和图 3 可发现，100%重叠率碰撞事故数量最多，占 53%，死亡人数和受伤人数亦最多（涉及到驾驶员、副驾驶员）。75%、50%和 30%重叠率事故数占比 39%，主要是事故时驾驶员紧急转向对某一侧人员造成严重伤害。小角度碰撞的事故较少，占比 8%。

载货车后下部防护装置强度不足，没有起到应有的作用，一是产品本身质量的问题，另一方面是国家标准对后下部防护装置试验载荷过低以及试验工况与实际交通事故的工况差异造成的问题。

Table 1. Regulation of the experiment load of different country

表 1. 各国标准对试验载荷的规定

法规	P1	P2	P3
GB11567.2-2001 (国标)	25KN或相当于 车辆最大总质 量 12.5%的水 平载荷(取两者 较小者)	25KN 或相当于 车辆最大总质 量12.5%的水平 载荷(取两者较 小者)	100KN 或相当 于车辆最大总 质量 50%的水 平载荷(取两者 较小者)
ECE R58 ^[6] (欧标)	50KN或相当于 车辆最大总质 量 25%的水平 载荷(取两者较 小者)	50KN 或相当于 车辆最大总质 量 25%的水平 载荷(取两者较 小者)	100KN 或相当 于车辆最大总 质量 50%的水 平载荷(取两者 较小者)
FMVSS223 ^[7]	50KN	50KN	100KN

对比中外相关标准（表 1）可见，欧标在进行三点加载时，加载力为车辆总质量的 1/4（车重大于 20 吨时，加载力仅为 50KN）；而国标仅为车辆总质量的 1/8（且车重大于 20 吨时，加载力仅为 25KN），国标的加载力没有欧标要求高；而美标的要求更为严格，三点加载时的加载力为 50KN，两点加载为 100KN。由此可见，国标对静态加载载荷的要求过低，因此造成企业根据国标设计生产的后下部防护装置强度相对较低，实际发生交通事故时对轿车的保护能力有限。

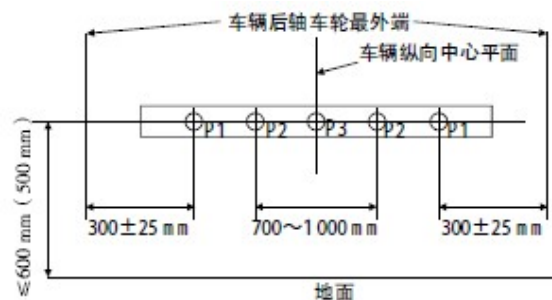


Figure 4. Position of the loading point
图 4 加载点位置

国标中规定的货车后下部防护装置静态加载试验方法是采用单点加载方式，分别对五个加载点进行静态加载（见图 4）。这种试验方法与在追尾碰撞事故中的实际受力工况（不同重叠率的碰撞）存在很大的差异，单点加载方式不符合实际钻入追尾碰撞事故过程的载荷特征和事故形态。此外，移动壁障方式的追尾碰撞动态测试试验，因费用较高，目前我国货车生产厂家基本都没有采用它来验证后下部防护装置的性能。因此，现行的 GB11567.2-2001 标准在静态加载方式和实施移动壁障追尾碰撞试验两方面必须做出改进。

3 后下部防护装置静态试验研究

在研究中分别采用国标、欧标以及多点同时加载(非标准试验)的方式进行货车后下部防护装置的静态试验。

3.1 试验准备

试验采用自主开发的货车后下部防护装置强度检测设备进行，该设备可进行整车测试或独立的零部件测试，不仅可满足国标中规定的单点加载要求，也具备更接近实际工况的两点、三点和五点同时加载测试的能力，如图 5 所示。



Figure 5. Test equipment
图 5 试验设备

试验用独立零部件进行，为连接试验设备及后下部防护装置，设计了多套工装，工装方案与后下部防护装置实际安装到车上的连接部件相同，如图 66 所示。



Figure 6. Tooling

图 6 工装

3.2 试验结果

3.2.1 某车型后下部防护装置三点加载试验（国标）

按照国标要求，对后下部防护装置左侧进行单点加载试验，加载力为车重的 1/8。



Figure 7. Experiment scene (GB)

图 7 试验图片(GB)

试验后，后下部防护装置基本没有变形。

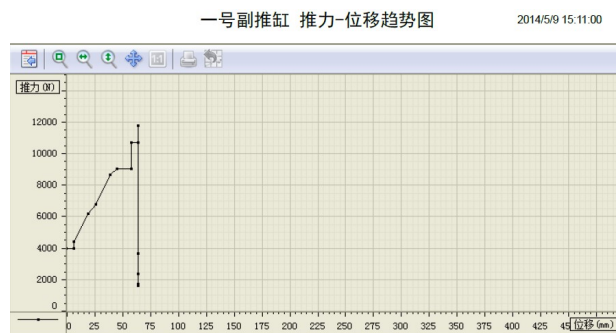


Figure 8. Experiment curve (GB)

图 8 试验曲线(GB)

按 GB11567.2—2001 规定，在做三点加载试验时，后下部防护装置应承受 10.9KN（1/8 车辆最大总质量，8890kg）的力，后下部防护装置的变形量不大于 400mm 为合格。试验时，该车后下部防护装置在承受大约 12KN 的力时，最终变形量为 65mm。根据国标判断该后下部防护装置强度合格。

3.2.2 某车型后下部防护装置三点加载试验（欧标）

按照欧标要求，对后下部防护装置右侧进行单点加载试验，加载力为车重的 1/4。

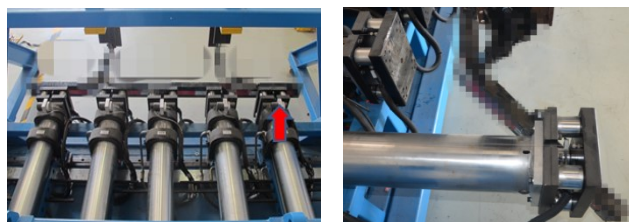


Figure 9. Experiment scene (ECE)

图 9 试验图片(ECE)

试验后，后下部防护装置发生了明显变形。



Figure 10. Experiment curve (ECE)

图 10 试验曲线(ECE)

按 ECE R58 规定,在做三点加载试验时,后下部防护装置应承受 21.8KN(1/4 车辆最大总质量,8890kg)的力,后下部防护装置的变形量不大于 400mm 为合格。试验时,该车后下部防护装置在承受大约 15.5KN 的力后达到屈服极限,最终变形量为 400mm。按照欧标判定该后下部防护装置强度不合格。

德国汽车俱乐部 ADAC 通过实车碰撞(车速 56km/h, 75%重叠率碰撞)验证后下部防护装置的有效性。试验表明,后下部防护装置无法抵挡高于 56km/h 车速轿车的钻入,如图 11 所示,并且碰撞力峰值达到了 450kN,远远大于 GB11567.2—2001 中静态加载载荷的要求。



Figure 11. Experiment scene (ADAC)

图 11 试验图片(ADAC)

由此可见,国标对于货车后下防护栏的强度要求过低,主要原因是加载力要求仅为货车最大总质量的 1/8。根据实际交通事故调查和实车试验,按照这样强度要求生产的合格的后下部防护装置,在事故中也不能阻止快速行驶的轿车的钻入。所以,国标中的加载力需要有所提高。

3.2.3 某车型后下部防护装置多点同时加载试验（非标准试验）

目前多点同时加载试验在各国标准中均没有提及，在此进行初步的探究和试验。

（1）三点同时加载试验（每点加载力为车重的 1/4）

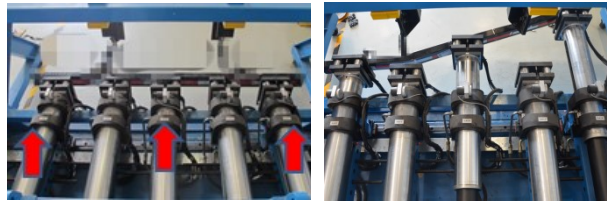


Figure 12. Experiment scene (three point simultaneously loading)

图 12 试验图片（三点同时加载）

试验后，后下部防护装置右侧和中部发生了明显变形。

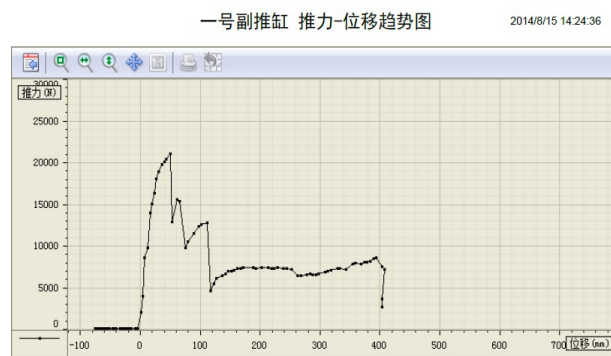


Figure 13. Experiment curve (three point simultaneously loading)

图 13 试验曲线（三点同时加载）

试验结果表明，后下部防护装置一侧变形量达到 400mm，支臂与横梁连接处断裂（见图 144），超过现行国标要求。



Figure 14. (Scene of local damage)

图 14 局部损坏图

（2）五点同时加载试验（加载力总和为 1.75 倍车重）

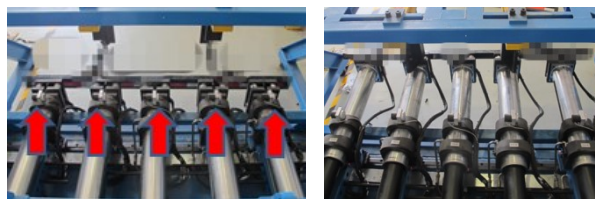


Figure15. Experiment scene (five point simultaneously loading)
图 15 试验图片（五点同时加载）

试验后，后下部防护装置整体后移。

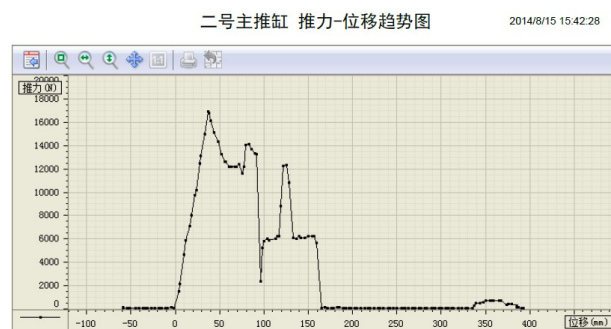


Figure 16. Experiment curve (five point simultaneously loading)
图 16 试验曲线（五点同时加载）

后下部防护装置五个加载点（其余 4 个加载点曲线与上图类似，不再赘述）最终变形量均达到 400mm，后下部防护装置左右侧连接工装的螺栓先后断裂（如图 17 所示），连接强度过低导致后下部防护装置整体后移，失去防护能力。

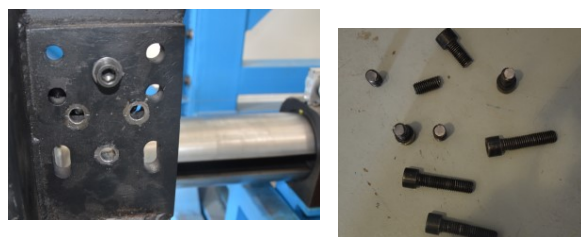


Figure 17. Bolt failure
图 17 螺栓剪断

3.3 试验小结

- 1) 从图 8 和图 10 可以发现，满足国标要求的后下部防护装置不能满足欧标要求。
- 2) 在进行五点同时加载试验时，后下部防护装置结构基本没有损坏，但是后下部防护装置与工装连接处的连接螺栓断裂失效，导致后下部防护装置整体后移，失去防护能力。
- 3) 将图 10 和图 13 进行对比分析可以发现，进行多点同时加载时，后下部防护装置变形的速度较快（曲线的斜率可以明显看出），当变形量达 40mm 左右达到了屈服极限，而单点加载则到了大约 75mm 才

到屈服极限。多点同时加载时后下部防护装置更快地失效。

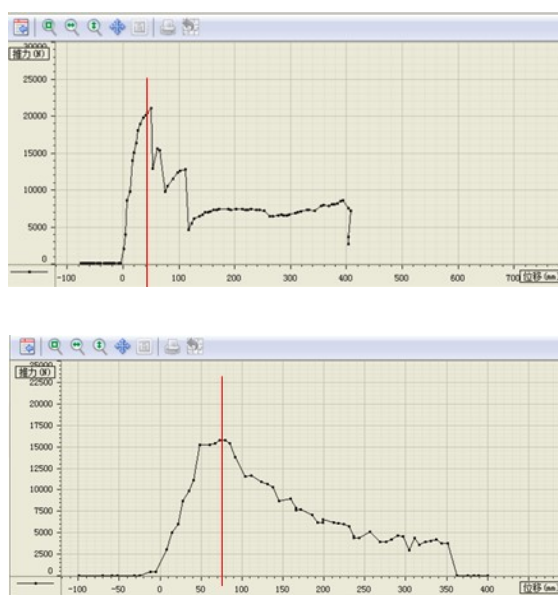


Figure 18. Comparison of experiment curve

图 18 试验曲线对比

- 4) 在试验过程中还发现，GB11567.2—2001 规定，进行两点加载时，加载位置 P2 点（如图 4 所示）是由制造商自行确定的。大多数情况下，后防护栏的支臂在标准规定的两个加载点之间。为通过认证，制造商一般会选择最靠近支臂的位置进行加载，此位置强度最大。导致货车后下部防护栏的整体强度并未真正满足要求。因此，GB11567.2—2001 标准附录 A 中的 A3.1.1 条款需要完善，应明确规定加载点位置。

4 国标修改讨论

- 1) 货车后下部防护装置的静态加载试验中，是否应将单点加载方式改为多点同时加载。因为试验表明，多点同时加载对后下部防护装置的要求更高，不仅需要装置本身有足够的结构强度，还需要装置与汽车车架连接处有足够的连接强度；并且多点同时加载的方式与实际追尾事故时后下部防护装置的碰撞受力工况更为接近。
- 2) 静态加载试验时，加载力是否应参考欧标及美标要求，予以增大。因为试验表明，满足国标要求的后下部防护装置不能满足欧标要求，更不可能满足美标要求，而实际交通事故深度研究的结果表明，追尾车速与欧美相当，所以，加载力的提高，强化后下部防护装置的强度要求是很有必要的。
- 3) GB11567.2—2001 标准附录 A 中的 A3.1.1 条款中，进行两点加载时是否应该将“作用点的具体位置由制造商给定”这样的规定，修改成有可操作性的指定位置，使得在考核后下部防护装置的真实强度时，选择的是最薄弱点进行试验，从严要求后下部防护装置的强度。

致 谢 (Acknowledgement)

在事故调查时，国家车辆事故深度调查体系（NAIS）和上海联合道路交通安全科学研究中心(SHUF0)提供了有力的数据和技术支持，使我可以顺利地进行交通事故分析。在进行后下部防护装置试验时，国家质检总局缺陷产品管理中心(DPAC)提供了有力的设备和技术支持，使我得以利用中心自主开发的设备和购

买的后下部防护装置进行多次有效的试验。在此，我向我的指导老师、NAIS、SHUFO 和 DPAC 的同事们表示最诚挚的谢意！

参考文献 (References)

- [1] Zhang Yihong, Zhou Yanxuan. Analysis and Precaution Measures of Traffic Accident Caused by Rear-end Collision between Car and Truck[J]. Journal of Xihua University, Natural Science, 2006, (7).
张易红, 周廷萱. 轿车追尾碰撞货车事故分析及预防措施[J]. 西华大学学报, 自然科学版, 2006, (7).
- [2] GB 11567.2—2001: Requirements of vehicle and trailer's rear underrun protection[S]. Beijing: General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2001.
GB 11567.2—2001: 汽车和挂车后下部防护要求[S]. 北京: 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2001.
- [3] Cheng Yong, Zhu Xichang. Characteristics and improvement measures of vehicle passive safety of large truck[J]. Automotive Technology. 2002, (5).
程勇, 朱西产. 大型载货汽车被动安全性的特点及改进措施[J]. 汽车技术. 2002, (5).
- [4] Liu Handong, Zhong Weikun. Problems and suggestions of the rear underrun protection standard of truck in China[J]. Bus technology and research. 2010, 43(6).
刘翰东, 仲伟坤. 我国载货汽车后下部防护装置标准存在的问题及建议[J]. 客车技术与研究. 2010, 43(6).
- [5] An Analysis on the Optimal Ground Clearance and Stiffness of Truck Under-run Protector[J]. Vehicle Engineering. 2002, 24(5).
朱西产, 程勇. 载货汽车防护装置最佳离地高度和刚度的分析[J]. 汽车工程. 2002, 24(5).
- [6] Regulation No 58 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) -- Uniform provisions concerning the approval of: I. Rear underrun protective devices(RUPDs), II. Vehicles with regard to the installation of an RUPD of an approved type, III. Vehicles with regard to their rear underrun protection (RUP)) [S/OL]. Geneva, Switzerland: UN ECE, 2008 [2008- 09- 10]. [http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs41- 60.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs41-60.html).
- [7] 49 CFR 571.203 Rear impact guards [S/OL]. Washington, D.C: the United States Government Printing Office web site, 2009. http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_09/49cfr571_09.html. National Highway Traffic Safety Administration, Department Of Transportation, USA.