

A Comparison of Small Overlap Tests Methodologies Conducted By NHTSA and IIHS

Wangxu,Chenyang

CATARC, Tianjin China

[Email:wangxu2014@catarc.ac.cn](mailto:wangxu2014@catarc.ac.cn)

Abstract: The National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) and the Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) have both developed crash test methodologies to address frontal collisions in which the vehicle's primary front structure is either partially engaged or not engaged at all. IIHS addresses Small Overlap crashes, using a rigid static barrier with an overlap of 25% of the vehicle's width at an impact angle of 0°. The NHTSA has developed two research test methods which use a common moving deformable barrier impacting the vehicle with 20% overlap at a 7° impact angle and 35% overlap at a 15° impact angle respectively. Differences with regards to resulting vehicle deformation, vehicle kinematics, and occupant kinematics were noted between the IIHS and NHTSA test methods and are discussed in this paper.

Keywords : small overlap ;Anthropomorphic Test Devices ; test methodologies

车辆小重叠率碰撞试验中 NHTSA 试验方法与 IIHS 试验方法对比研究

王旭,陈洋

中国汽车技术研究中心, 天津

[Email:wangxu2014@CATARC.ac.cn](mailto:wangxu2014@CATARC.ac.cn)

摘要: 美国高速公路安全管理局 (NHTSA) 和美国公路安全保险协 (IIHS) 会在最近几年都对车辆小重叠率碰撞进行了试验测试方法的研究,针对各自重点关注的碰撞形式制定了相应的试验方法。其中 IIHS 重点关注车辆小重叠率对撞,其试验方法车辆以 0 度的碰撞角度和 25% 的重叠率撞击刚性壁障; NHTSA 在此领域开发了两类试验方法,其一使用普通移动变形壁障以 20% 重叠率和 7 度碰撞角度撞击车辆,其二使用普通移动变形壁障以 35% 重叠率和 15 度碰撞角度撞击车辆。除此之外 IIHS 和 NHTSA 试验所使用的碰撞假人也不同。本文通过某款中型车在两个机构进行的小重叠率碰撞试验对比分析试验假人运动姿态以及车辆碰撞变形的区别,从宏观角度介绍三种试验方法的区别和考核重点。

关键词: 小重叠率碰撞 ; 碰撞假人; 试验方法

1 引言

随着汽车被动安全性研究的不断发展,车辆正面碰撞中车辆的耐撞性和乘员保护能力得到极大的提升,在各国 NCAP 评价中车辆正面碰撞的得分逐年提高。但就目前的实验方法来看,实验项目多集中于 100% 的全宽刚性壁障碰撞和 40% 重叠率的偏置碰撞。在这两种碰撞中,车辆前端的吸能性结构可以全部或局部参与其中,通过有效设计缓解碰撞冲击保护乘员。但随着事故调查和统计的不断完善,科研人员发现在车辆正面碰撞事故中有一大类导致严重伤害的碰撞类型并不同于上述两种实验状态,这些碰撞事故的共同特性是车辆前端吸能抗撞结构并没有或很少参与其中,车辆前端结构只是以很小的重叠率部分发生撞击,由于吸能部分并没有发挥作用,

这类碰撞往往带来巨大的车身结构侵入驾驶舱以及强烈的横向运动，此时乘员的下肢和头颈部会由于这种运动姿态受到伤害。NHTSA 以及 IIHS 基于美国国家车辆事故样本库中抗撞性样本系统对这类事故进行了深入分析，并将其统一归类于小重叠率碰撞。这类碰撞形式正是目前和未来车辆被动安全性研究中的重点领域。如何最大程度的通过某种实验方法代表小重叠率碰撞并以此检验车辆结构和乘员约束系统的保护作用在此领域的重要研究工作。本文旨在介绍 IIHS 和 NHTSA 提出的实验方法同时，通过对比分析其异同点为我国相关机构在此领域的后续实验方法开发和研究提供帮助。

2 小重叠率车辆碰撞事故样本数据分析

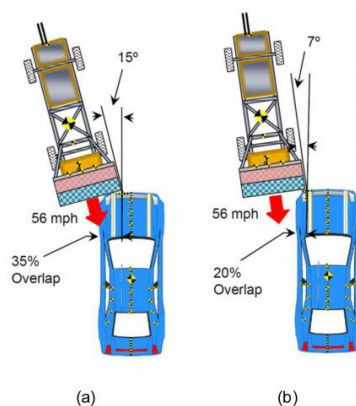
自 2009 年开始，IIHS 通过美国国家车辆事故样本系统-抗撞性数据系统 (NASS-CDS) 对 116 位遭受 AIS3+ 伤害的乘员进行调查^[1]，这些乘员所乘坐车辆的共同点是它们均在 IIHS 的新车评价规程中（40%偏置碰撞）获得过“优秀”的评价且均为 2000 以后上市的新车型。为何评价为抗撞保护性优秀的车辆依然会造成如此严重的伤害，调查显示数据库中 24% 的车辆都发生了小重叠率碰撞，这种类型的碰撞事故被 IIHS 定义为碰撞发生在车辆主要纵向吸能结构外侧^[2]。因此，IIHS 进行了专门针对小重叠率碰撞的研究，并最终决定将其加入现有的车辆安全性评价体系中，其目的是更加完善在实际交通事故中可能引发严重伤害的碰撞类型。

IIHS 研究了多种碰撞方式和壁障类型，最终决定应用直线碰撞和 150mm 半径圆角的刚性壁障来进行实验。该机构在 2012 年 2 月公布了其实验方法，并在 2012 年 8 月首次进行了此类型实验的评价和报告。在此期间，NHTSA 同样对小重叠率碰撞类型进行了研究：在对 122 例死亡事故的调查中（这些车辆都是 2000 年之后的新车）发现，事故致死的最主要原因是因为车辆和碰撞物交叠部分没有良好的抗撞性结构，与此同时，Rudd 等人通过研究发现，膝盖、大腿、骨盆的严重伤害多发生在此类事故中^[3]。研究人员指出，需要开发针对此类型碰撞实验的生物假人进行车辆保护性能评估。以这些研究结果作为基础，NHTSA 开始进行小重叠率碰撞实验的独立研究，评估了不同形式的碰撞类型，并进行了车对车以及车对移动壁障的相关实验。至今，NHTSA 开发出了 2 套应用普通壁障的实验方法，其一是移动壁障以 20% 的重叠率和 7 度的碰撞角度撞击车辆。另一种是以 35% 的重叠率和 15 度的碰撞角度碰撞车辆^[4-6]，目的是为了最大程度的揭示现实世界中成员运动特性和伤害原因。在此过程中，机构决定应用 THOR-NT 假人进行这两类实验，目前，该机构的研究结果并未运用到任何国家法规和车辆安全性评价体系中，原因是 THOR 假人依然缺乏足够的伤害评价准则。NHTSA 认为这两种类型的碰撞实验囊括了目前最主要的正面碰撞伤害的事故类型，但第一种实验更多的考察对成员下肢的伤害，第二种实验则更多的考察对成员头部和胸部的伤害。

3 试验类型与特点

3.1 小重叠率和偏置角度碰撞试验

NHTSA RMDB 试验根据其试验规程进行，为简单表述其试验形式如图 1 所示：其中小重叠率碰撞试验为车辆静止，移动变形壁障（RMDB）以 90.1km/h（56mph）的速度、7° 的碰撞角度和 20% 的重叠率撞击车辆；偏置斜角碰撞是车辆静止，移动变形壁障（RMDB）以 90.1km/h（56mph）的速度、15° 的碰撞角度和 35% 的重叠率撞击车辆。



图一 NHTSA RMDB 试验方法

3.2 车辆小重叠率碰撞试验

IIHS 车辆小重叠率碰撞试验中, 车辆运动而壁障是刚性静止的。车辆以 64.4km/h 的速度、25%的重叠率和 0° 的碰撞角度撞击刚性壁障, 值得注意的是, 为了更好的复现现实车辆碰撞形式, 该壁障的形状如图 2 所示, 区别于现行 IIHS 的 40%偏置碰撞。

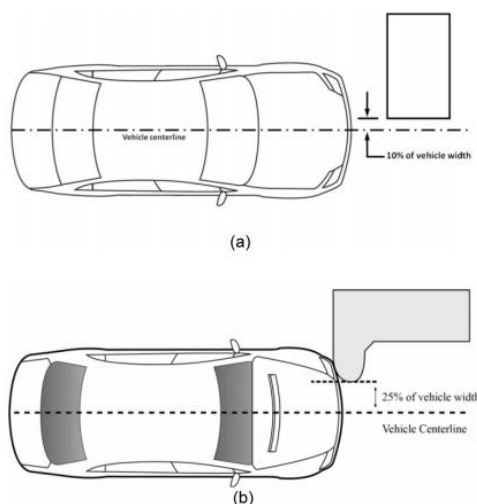


图 2 IIHS 试验方法

3.3 试验用车辆准备和试验假人

某车型进行了全部 NHTSA 和 IIHS 的小重叠率碰撞试验, 该车型为 B 级乘用车, 其局限在于, 该对比仅仅针对某一款车型, 由于每个车型的吸能结构和乘员约束系统存在很大的区别, 所以本文介绍内容仅以该车型作为样例对试验进行介绍和探讨, 其对比结果并不具备通用意义上的应用性和科学性。

在 NHTSA 试验中, 驾驶员使用的是 THOR-LX 假人, 副驾驶使用的是 50 百分位的 HIII 型假人。每一个假人都被有效的喷涂标记以观察其在碰撞过程中与车辆内饰撞击的部位。

4 试验方法对比分析

4.1 碰撞试验中车辆变形情况的对比分析

车辆的侵入变形量是通过预先定义好的驾驶员舱内对应位置测量获得。如前门下铰链、脚歇版、左前围板、刹车踏板、转向管柱、上铰链点、下仪表板、上轮罩等。对比发现 NHTSA 的小重叠率移动臂章试验中, 车辆前段侵入要大于 IIHS 试验中的车辆侵入, 侵入量约为后者的 2.8 倍; NHTSA 的偏置角度碰撞中车辆的侵入量也大于 IIHS 的试验, 甚至大于 IIHS 40% 偏置率的试验, 其侵入量最大超过了 41 倍。

车辆前端变型即车辆侵入的不同主要来源于以下两个因素: 两类试验总的初始冲击动能; 两类壁障的不同。总冲击能量的不同即初始冲击速度的不同直接导致撞击到车身上的能量总量。即使同样的试验状态, 总动能不同车辆相同的前端结构也会产生不同的侵入变形。值得关注的是, 壁障形状的不同导致了其作用在车身上的作用点即撞击力的作用方向的不同。如图 3 所示, NHTSA 的移动壁障撞击力直接指向驾驶舱内, 而 IIHS 的刚性壁障则由于车辆的横向移动从车身轮罩外侧划过。

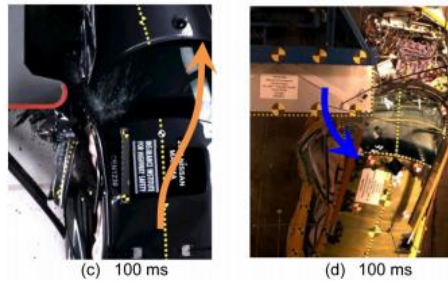


图 3 100ms 是车身运动形态

4.2 碰撞试验中车辆变形情况的对比分析

不同的车辆与壁障的撞击方式导致全局动能与车辆运动姿态的不同，其主要因素在于车辆与壁障的碰撞角度，直接导致了不同的车辆横向运动。

在碰撞的初期（40ms 之前）由于车辆前段结构的特点，NHTSA RMDB 试验与 IIHS 试验中车辆均为表现出明显的横向运动特点，其原因在于无论是 RMDB 撞击车辆还是车辆撞击刚性壁障，此时间段内均没有足够刚性的结构与壁障发生作用。而当 40ms 之后的碰撞中期，40~100ms 时间段内，RMDB 试验产生的车辆横向移动远远大于 IIHS 试验中的移动量，其原因在于 40ms 时，移动壁障 RMDB 由于撞击角度的原意冲击车体承载梁结构，这种刚性对撞使得车辆迅速产生以作用点为基准的横摆运动。而该时间段内，由于 IIHS 的试验是 0° 碰撞角度，刚性壁障依然是沿着车辆纵向向外侧（轮罩外侧）撞击，其中部分横向运动能量被轮罩侵入耗散掉。而当试验后期 100ms 之后，IIHS 试验所产生的车辆横向运动会增大，原因是刚性壁障沿着车辆纵向结构撞击到了车辆的 A 柱等刚性结构。

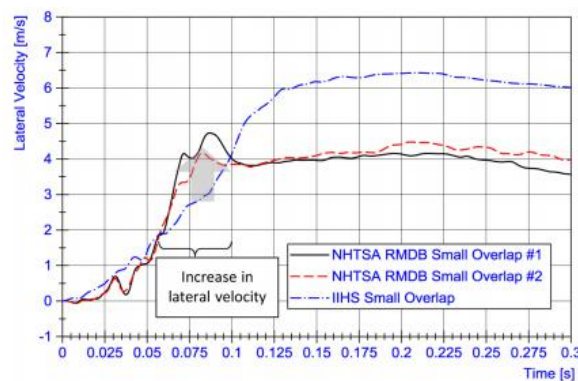


图 4 车辆横向运动对比曲线

4.3 乘员运动姿态对比分析

不同的全局动能和车辆运动姿态也导致了车内乘员（试验假人）的不同运动响应。最主要的区别在于，NHTSA 试验中的假人上身运动更多的朝向车门和车外侧，而 IIHS 试验中假人上半身的侧向运动较小。

其原因在于

- 1 车体横向运动导致乘员运动姿态不同
- 2 约束系统（气囊）与乘员接触部位不同
- 3 THOR 假人与 HIII 假人结构柔性不同

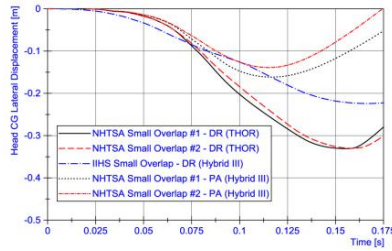


图5 头部横向位移对比

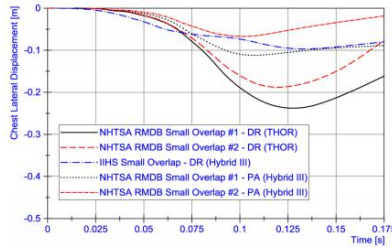


图6 胸部横向位移对比

假人头部与气囊接触部位不同，IIHS 试验中，假人头部更多的是与气囊顶面左侧相接触，而 NHTSA 试验中假人头部则是与气囊侧面接触。两者都存在假人头部从气囊滚落现象，但滚落程度不同。

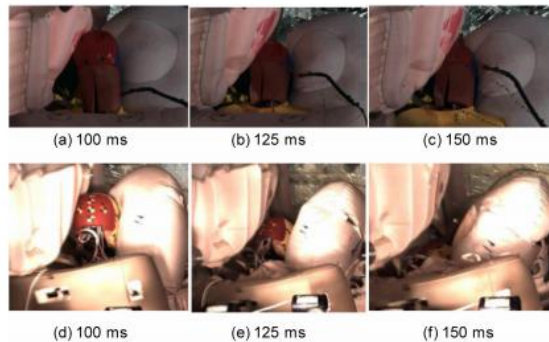


图7 IIHS（上）与 NHTSA（下）假人姿态

4 结论

通过这几类试验中车辆变形、运动姿态、试验假人运动响应的对比分析得知：

- 总体而言，NHTSA 试验中车辆侵入变形更大
- NHTSA 试验中车辆横向运动在碰撞中期大于 IIHS 试验中所产生的车辆横向运动
- NHTSA 试验中乘员上半身更多的朝向车外运动。
- 乘员运动姿态的不同主要是由于碰撞角度的不同，也有部分原因在于两类假人腰椎结构的不同。

参考文献

- [1] Ganglia. International IRCOBI Conference on the Biomechanics of Impacts, pages 189—200. IRCOBI, 1993. Brumbelow, M.L., and Zubay, D.S., “Impact and Injury Patterns in Frontal Crashes of Vehicles with Good Ratings for Frontal Crash Protection”, Paper No. 09-0257, Proceedings of the 21st International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Washington, DC, 2009.
- [2] Sherwood, C.P., Nolan, J.M., and Zubay, D.S., “Characteristics of Small Overlap Crashes”, Paper No. 09-0423, Proceedings of the 21st International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Washington, DC, 2009.
- [3] Rudd, R., Scarboro, M., and Saunders, J., “Injury Analysis of RealWorld Small Overlap and Oblique Frontal Crashes,” Paper No. 11-0384, Proceedings of the 22nd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, National Harbor, MD, 2011.
- [4] Saunders, J., Craig, M., and Parent, D., “Moving Deformable Barrier Test Procedure for Evaluating Small Overlap/Oblique Crashes,” SAE Int. J. Commer. Veh.5(1):172-195, 2012, doi:10.4271/2012

- [5] Saunders, J., “Performance of a Driver and Right Front Passenger THOR in a Left and Right Frontal Oblique Test Procedure,” Presentation at 2013 Government / Industry Meeting, Washington, DC, 2013
- [6] Saunders, J. and Parent, D., “Repeatability of a Small Overlap and an Oblique Moving Deformable Barrier Test Procedure,” SAE International. J. Trans. Safety1(2):309-327, 2013, doi:10.4271/2013-01-0762.