

Comparison on Regulations of the Occupants Protection in the Event of a Frontal Collision in China, America, Europe and Gulf

Liying Peng, Sheng Wang, Xiaomei Huang, Shuhua Zhao

Standards and Regulations Office, National Automobile Quality Supervision Test Center (Xiangfan), Xiangfan, China

Email: ply@nast.com.cn, was@nast.com.cn, hxm@nast.com.cn, zhsh@nast.com.cn

Abstract: The contents of frontal collision test standards of China, America, Europe and Gulf had been introduced in this article, and the detail comparison has been given in respects of scope, collision mode, state of vehicle, test dummy and estimate criteria. Through analyzing the common ground and difference of the four standards above and considering the Chinese national situation, the author bring forward the new ideas to the estimate criteria of Chinese standard.

Keywords: Chinese standard (GB); FMVSS; ECE; GS; frontal collision; standard comparison

中、美、欧洲及海湾正面碰撞标准对比

彭丽英, 王盛, 黄小枚, 赵淑华

国家汽车质量监督检验中心(襄樊), 襄樊, 中国, 441004

Email: ply@nast.com.cn, was@nast.com.cn, hxm@nast.com.cn, zhsh@nast.com.cn

摘 要: 本文主要介绍了中国、美国、欧洲及海湾国家正面碰撞试验标准的相关内容, 针对标准使用范围、碰撞形式、试验车辆状态、试验假人及评价指标进行了详细的对比, 分析了上述四种标准的共同点和差异, 并对国标的评价指标提出了新的看法

关键词: 中国标准(GB); 联邦机动车安全标准(FMVSS); 欧洲经济委员会(ECE); 海湾标准(GS); 正面碰撞; 标准对比

1 引言

汽车作为一种交通工具, 在给人们生活带来便利的同时, 也带来了安全隐患。据统计, 近年来全球每年约有超过120万人因交通事故死亡, 其中2009年度我国共发生道路交通事故238351起, 造成67759人死亡, 直接经济损失9.1亿元。随着汽车保有量的不断增长、车速的不断提升, 汽车的碰撞安全性已成为全球高度关注的问题, 从技术上对车辆的安全性提出了较高的要求。

碰撞试验按照碰撞方式的不同大致可分为: 正面碰撞、侧面碰撞、后面碰撞、柱碰及动态翻滚等。据交通事故类型统计, 在所有碰撞型式, 正面碰撞所占比例最大, 约占40%, 而且正面碰撞造成的人员死亡率最高。本文针对正面碰撞, 对比分析了中国、美国、欧洲及海湾国家在试验对象, 试验条件及试验判定等方面的差别。

2 各国正面碰撞试验标准介绍

2.1 中国标准

自从20世纪90年代《汽车正面碰撞乘员保护的设计规则》的颁布到2007-07-01日《汽车侧面碰撞的乘员保护》的正式实施, 标志着我国的汽车标准已经越来越全面, 已初步建立了汽车正面碰撞、侧面碰撞以及后碰撞三位一体的汽车碰撞国家强制性标准体系。我国正面碰撞国标强制性标准为GB 11551-2003 《乘用车正面碰撞的乘员保护》, 国标推荐性标准为GB/T 20913-2007 《乘用车正面偏置碰撞的乘员保护》。

2.2 美国法规

美国是最早开始机动车被动安全性研究的国家之一。迄今为止, 在联邦机动车安全标准FMVSS中, 有关被动安全性的法规有28项, 已经形成了完整的体系。正面碰撞标准为FMVSS 208 《乘员碰撞保护》。

2.3 欧洲法规

欧洲从20世纪60年代后期开始制定被动安全性法规，经过多年的研究、实施，如今也形成了比较完善的被动安全性法规体系。正面碰撞标准为ECE R94《关于就前碰撞中乘员保护方面批准车辆的统一规定》。

2.4 海湾标准

GCC是海湾阿拉伯国家合作委员会的英文（Gulf Cooperation Council）缩写。于1981年5月25日在阿联酋阿布扎比成立。其成员国为沙特阿拉伯、科威特、阿拉伯联合酋长国、卡塔尔、阿曼苏丹王国、巴林王国等。海湾合作组织国家自2005 年启动了GCC 认

证，即一种强制性认证。当车辆和轮胎产品进入海湾国家市场前，必须对其进行质量认证，其中正面碰撞标准为GS 36/2005《机动车正面碰撞试验方法》和GS 40/2005《碰撞强度》。

3 中、美、欧洲及海湾正面碰撞标准对比

本节从碰撞形式、试验对象、试验设备、试验车速、试验用假人、试验时车辆状态及评价指标等方面详细对比了中国、美国、欧洲及海湾的正面碰撞标准。

3.1 正面碰撞标准碰撞形式

中、美、欧洲及海湾正面碰撞形式对比见表1。

表1. 正面碰撞形式对比

项目	FMVSS 208			GS 36/2005+GS 40/2005 (假人性能B 类试验)	ECE R94.01	GB 11551-2003
碰撞形式	50 百分位成年男性假人 100% 正面碰撞	5 百分位成年女性假人 100% 正面碰撞	5 百分位成年女性假人 40% 偏置碰撞	100% 正面碰撞	40% 偏置碰撞	100% 正面碰撞
碰撞角	0°	0°	0°	0°	0°	0°
试验对象	乘用车，多功能乘用车，卡车和客车			最大总质量≤2500kg 的乘用车和多功能乘用车	最大总质量≤2500kg 的 M1 类车	M1 类车
试验设备	刚性固定壁障 45 吨以上			固定壁障≥70 吨，3m×1.5m×0.6m，碰撞表面覆有至 7×10 ⁴ kg 少 25mm 金属平板，最外层覆有 20±2mm 的胶合板层；碰撞区域 障前至少 5 m 之内应平整，坡度不超过 3°	壁障质量应保证不低于 70 吨，宽≥3m，高≥1.5m，壁障前表面由规≥1.5m，壁障表面应覆以 2cm 厚的可变形壁障构成；在壁厚、状态良好的胶合板；在壁障前至少 5 m 的跑道应水平、平坦和光滑	固定壁障≥70 吨，宽≥3m，高≥1.5m，壁障前表面由规≥1.5m，壁障表面应覆以 2cm 厚的可变形壁障构成；在壁厚、状态良好的胶合板；在壁障前至少 5 m 的跑道应水平、平坦和光滑
碰撞速度	56km/h	56km/h	40km/h	48.3km/h-53.1km/h	56-57km/h	48-50km/h
碰撞位置精度	±150mm	±150mm	±50mm	±300mm	±20mm	±150mm

FMVSS 208标准规定了三项碰撞试验，即分别用50百分位成年男性假人和5百分位成年女性假人进行的100%正面碰撞以及用5百分位成年女性假人进行的40%正面偏置碰撞。另外，随着安全气囊配置的普及，安全气囊作为新增的约束系统在拯救人们生命的同时，也造成了很多人的意外死亡，造成死亡的主要是离位乘员(OOP—Out Of Position)、小身材乘员、儿童和婴儿，因此，2010年9月1日后FMVSS 208还

增加了对安全气囊的要求，即分别用婴儿假人、3岁儿童假人、6岁儿童假人和离位5百分位成年女性假人进行试验，以验证安全气囊对上述乘员的保护作用。

GS 36/2005标准中规定了三部分内容，包括转向管柱位移试验，假人性能A类试验和假人性能B类试验。其中假人性能A类试验即40%偏置正面碰撞试验与ECE R94基本相同，所以本文中只对比其假人性能B

类试验部分。假人性能B类试验规定试验车辆以48.3-53.1km/h的速度垂直撞向固定障碍壁，角度偏差在±2°之内，横向位置偏差不得超过300mm。

在碰撞角度方面，2010年9月1日后，美国联邦法规取消了不大于30°的碰撞角度的规定，故而中国、欧洲、海湾及美国碰撞法规对碰撞角度的要求相同，均要求车辆行驶方向垂直于固定壁障。

在试验对象方面，美国FMVSS 208适用的范围更广一些，包括卡车和客车，而ECER94和GB 11551-2003只针对M1类车，GS 36和ECE R94还要求最大总质量≤2500kg。

在对固定壁障的表面要求方面，GS 36要求固定壁障的碰撞表面覆有至少25mm金属平板，然后最外层再覆有20±2mm 的胶合板层；GB 11551-2003只要求壁障表面覆以2cm厚、状态良好的胶合板；ECE R94

要求壁障前表面由规定的可变形壁障构成；FMVSS 208只要求刚性固定壁障。

ECE R94对偏置碰撞速度的要求最高，速度为56-57km/h，而美国FMVSS 208正面碰撞速度要求也达到56km/h，高于国标和海湾标准要求的速度。

ECE R94对偏置碰撞位置精度要求最高，要求偏差在±20mm以内。

3.2 车辆准备状态及试验假人

表2. 车辆准备状态及试验假人对比

项目	FMVSS 208			GS 36/2005+GS 40/2005（假人性能 B 类试验）	ECE R94.01	GB 11551-2003
	50 百分位成年男性假人 100% 正面碰撞	5 百分位成年女性假人 100%正面碰撞	5 百分位成年女性假人 40% 偏置碰撞			
试验假人	Hybrid III 第 50 百分位成年男性	Hybrid III 第 5 百分位成年女性	Hybrid III 第 5 百分位成年女性	Hybrid III 第 50 百分位男性	Hybrid III 第 50 百分位男性	Hybrid III 第 50 百分位男性
假人位置	前排外侧座位两个			前排外侧座位两个	前排外侧座位两个	前排外侧座位两个
试验车质量	空载质量+额定货物和行李+假人（2 个）			整备质量+假人（2 个）	整备质量+假人（2 个）	整备质量+假人（2 个）
燃油箱处理	燃油箱注入 92%~94% 容积的干洗溶剂油			燃油箱注入 90%~95% 容积的 0.7~1.0g/cm3 的不可燃液体	燃油箱应注入 90%制造厂规定的燃油箱容量的水，允许误差为±1%	燃油箱应注入 90%容量的水
试验时车辆状态	座椅位置	座椅处于中间位置或其后最近的锁止位置；如果垂直方向可独立调节，调到最低位置；可调的腰部支撑调节至其最低的调节位置。			前排座椅处于中间位置或其后最近的锁止位置；后排座椅处于最后位置	前排座椅处于中间位置或其后最近的锁止位置；后排座椅处于最后位置
	头枕位置	高度可调的头枕应处于最高位置；	可调头枕置于最低最前位置	可调头枕置于最低最前位置	——	高度可调节的头枕应处于最高位置
	转向盘	中间位置			中间位置	中间位置
	制动系统	驻车制动松开			驻车制动松开	驻车制动松开
	变速器	空档			空档	空档
门窗位置	门窗关闭但不锁止			门窗关闭但不锁止	门窗关闭但不锁止	门窗关闭但不锁止

FMVSS 208标准在要求50百分位成年男性假人100%正面碰撞基础上增加了5百分位成年女性假人的两项碰撞试验。在对头枕位置的要求上，FMVSS 208

在用 50 百分位成年男性假人试验时与 GB11551-2003、ECE R94及GS 36 B类试验要求一致，要求头枕处于最高位置；FMVSS 208在用5百分位成年女性假人试验时，要求将头枕置于最低最前位置。

在车辆准备配载方面，FMVSS 208要求试验时车的质量为空载质量加上额定货物和行李的质量再加两个前排外侧假人质量，GB 11551-2003，ECE R94和GS 36均要求试验时车的质量为整备质量加上两个前排外

表2为车辆准备状态及试验假人对比，其中 GB11551-2003， ECE R94及GS 36 B类试验在试验时车辆的状态和假人安放方面要求一致，均要求在前排外侧座位上安放两个Hybrid III第50百分位男性试验假人；试验时座椅处于中间位置或其后最近的锁止位置，高度可调节的头枕应处于最高位置；转向盘置于中间位置；驻车制动器处于松开状态；变速器置于空档，所有门窗关闭但不锁止。

侧假人的质量。

在对燃油箱的处理上，GB 11551-2003和ECE R94要求将油箱内的燃料换成一定油箱容积的水，FMVSS 208要求将燃料换成干洗溶剂油，GS 36要求将燃料换成不可燃液体。

3.3 假人伤害指标对比

试验假人性能评价指标见表3，其中ECE R94规定的最为详细，除规定了与其它三个标准相同的头部性能指标HPC，胸骨挤压变形和大腿骨轴向力外，还规定了假人头部合成加速度超过80g的时间不超过3ms，

膝关节滑移距离不应超过15 mm, 在每根胫骨两端T1所测的胫骨指数不应超过1.3; 小腿压力指标 TCFC不应超过8 kN及颈部伤害指标。FMVSS 208对颈部伤害指标的规定最为详细, 假人伤害指标 N_{ij} 由假人上颈部载荷单元上测得的剪切力 F_x 、轴向力 F_z 和弯曲力矩 M_y 计算而出。 N_{ij} 的计算公式如下:

$$N_{ij} = (F_z / F_{zc}) + (M_{ocy} / M_{yc}) \quad (1)$$

其中轴向力 F_z 可能为压力或张力, 枕骨的弯曲力矩 M_{ocy} 可能为弯曲或伸展两种情况。因此, N_{ij} 有四种可能, 即张力—伸展力矩(N_{te}), 张力-弯曲力矩(N_{tf}),

压力-伸展力矩(N_{ce})和压力-弯曲力矩(N_{cf})。

FMVSS 208对头部伤害指标HPC的要求最为严格, 要求小于700, GB11551-2003、ECE R94及GS 36均要求小于1000。

对于胸骨挤压变形量的限值要求国标及海湾标准要求均低于ECE R94及FMVSS 208要求。另外, 只有ECE R94对胸部伤害指标VC也做了规定, 目前修订中GB 11551也要加入该项指标。FMVSS 208和GS 36还增加了对胸部加速度超过60g的时间不超过3ms的规定。

表3. 假人伤害指标对比

项目	FMVSS 208			GS 36/2005+GS 40/2005 (假人性能 B 类试验)	ECE R94.01	GB 11551-2003
	50 百分位成年男性假人 100% 正面碰撞	5 百分位成年女性假人 100%正面碰撞	5 百分位成年女性假人 40% 偏置碰撞			
HPC	≤700			≤1000	≤1000, G3ms≤80g	≤1000
NIC	颈部损伤指标 N_{ij} ≤1.0; 轴向力 F_z (张力)≤4170N; 轴向力 F_z (压力)≤4000N;			——	颈部损伤指标 (NIC) 不应超过规定的作用力—时间曲线。颈部绕y 轴最大弯矩不应超过57 Nm	——
胸部(3ms)	≤60g			≤60g	——	——
胸骨挤压变形量	≤63mm	≤52mm	≤52mm	≤75mm	≤50mm; 胸部伤害指标VC不应超过1.0 m/s	≤75mm
大腿骨轴向力	≤10kN	≤6805N	≤6805N	≤10kN	股骨性能指标 (FFC) 不应超过规定的作用力—时间曲线	≤10kN
膝部	——			——	膝关节滑移距离不应超过15 mm	——
小腿	——			——	在每根胫骨两端T1所测的胫骨指数不应超过1.3; 小腿压力指标 TCFC不应超过8 kN	——

3.4 试验过程中及试验后车辆状态

从表4试验过程中及试验后车辆状态对比看出, ECE R94和GB 11551-2003规定在碰撞过程中, 燃油供给系统不允许发生泄露; 而FMVSS 208和GS 36仅要求碰撞过程中燃油泄漏不大于28g即可; 碰撞后燃油泄露要求基本一致。其中ECE R94及GB 11551-2003对碰撞过程中车门状态、试验后车门开启及约束系统的解脱做了详细的要求, 而FMVSS 208仅规定了假人不被甩出车外即满足要求。

4 结论

本文通过对比中国、美国、欧洲和海湾国家的

正面碰撞试验标准, 总结了各国正面碰撞标准的共同点和差异。从中发现, 我国和海湾国家碰撞标准相对于美国和欧洲仍显宽松和落后, 实施多年后, 已暴露出明显不足: 乘员受伤的评价指标少, 胸部性能指标过宽等, 自主品牌乘用车的安全性难于提高。应立足我国国情, 制定出更加适合我国人民体型和车辆的碰撞标准, 增加颈部、小腿、膝部评价指标和转向盘位移要求, 提高胸部指标; 强制执行GB / T20913—2007标准; 增加对安全气囊的要求, 以提高自主品牌乘用车的正面碰撞安全性, 更好的促进我国汽车行业的发展。

表4. 试验过程中及试验后车辆状态

项目	FMVSS 208			GS 36/2005+GS 40/2005 (假人性能 B 类试验)	ECE R94.01	GB 11551-2003
	50 百分位成年 男性假人 100% 正面碰撞	5 百分位成年 女性假人 100%正面 碰撞	5 百分位成年 女性假人 40% 偏置碰撞			
转向盘位移		——		——	在转向盘轴中心位置测得的转向盘位移, 向上垂直方向不应超过80 mm, 向后水平方向不应超过100 mm	——
燃油泄漏要求	碰撞过程中燃油泄漏≤28g; 之后五分钟内燃油泄漏≤142g; 再之后 25min 内燃油泄漏≤28g/min			碰撞过程中燃油泄漏≤28g; 之后五分钟内燃油泄漏≤142g; 再之后 25min 内燃油泄漏≤28g/min	在碰撞过程中, 不允许发生燃油从燃油供给装置中泄露的情况; 碰撞试验后, 燃油泄露速度不得超过30g/min	在碰撞过程中, 燃油供给系统不允许发生泄露, 碰撞前后 5min 平均泄露速率不得超过 30 g/min
试验过程中, 车门状态		——		——	在试验过程中, 车门不得开启, 前门的锁止系统不得发生锁止	在试验过程中, 车门不得开启, 前门的锁止系统不得发生锁止
其他性能要求		假人不被甩出车外		——	试验后在不使用工具的情况下能将车门打开; 约束系统解脱力不超过 60N	试验后在不使用工具情况下能将车门打开; 约束系统解脱力不超过 60N

References (参考文献)

- [1] GB11551-2003, The protection of the occupants in the event of a frontal collision for passenger car, [S].
- [2] GS 36/2005, Motor Vehicles - Methods of Test for Impact Strength - Part 1: Frontal Impact, [S].
- [3] Regulation No. 94, Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to the Protection of the Occupants in the Event of a Frontal Collision, [S].
- [4] FMVSS Standard No. 208, Occupant Crash Protection, [S].
- [5] Yu yingcheng. The comparison of impact standard between GCC and GB.[C].Wuhan. Analects of 2009 China International Symposium on Automotive Safety Technology.2009.P502-507. 於颖丞.海湾 GCC 碰撞标准与中国碰撞标准的比较[C].武汉.2009 中国汽车安全技术国际研讨会论文集.2009.P502-507.