

# 中汽协会《汽车大倾角座椅正面碰撞乘员保护 技术要求和试验方法》团体标准编制说明

## 一、工作简要过程

### （一）任务来源

随着自动驾驶技术的发展，车辆乘员的坐姿更加多样化，大倾角座椅因其舒适性受到广泛关注。然而，这种座椅在正面碰撞中的安全防护效果存在挑战，正常坐姿下的约束系统难以提供足够保护。在 NASS-CDS 2000 年-2015 年正碰撞事故中，佩戴安全带的倾斜乘员遭受 MAIS2+ 损伤风险增加 21%，MAIS3+ 风险增加 69%。FASS 数据库分析显示，2018-2022 年间佩戴安全带的乘员虽然坐垫和靠背夹角大于 115° 以上占比只有 4.19%，但是 AIS3+ 风险概率是其它的 4.4 倍，AIS4+ 风险概率是其它的 5.2 倍，尤其是座椅靠背角处在约 55° -65° 区间内 AIS3+ 占比最大。CIDAS 数据库显示，大倾角座椅乘员的死亡和重伤的概率为其它座椅角度的 3 倍。因此，制定针对大倾角座椅正面碰撞乘员保护的标准显得尤为迫切。本标准旨在填补国内外在大倾角座椅正面碰撞乘员保护技术要求和试验方法方面的空白，提升大倾角座椅在正面碰撞中的乘员保护性能，为车辆生产企业提供设计和开发的参考，保障消费者安全。

2024 年 4 月，中国汽车工程研究院股份有限公司向中国汽车工业协会提交了《汽车大倾角座椅正面碰撞乘员保护技术要求和试验方法》团体标准立项申请，牵头起草单位为中国汽车工程研究院股份有限公司。中国汽车工业协会车身附件分会组织了该标准的立项专家论证会。经专家评审、立项审查和公示，中国汽车工业协会于 2024 年 6 月 21 日发布了《中国汽车工业协会关于 2024 年第四批团体标准立项通知的函》（中汽协函字[2024]278 号）批复了本标准的立项，计划号为 2024-32，启动团体标准研制计划，计划完成时间为 2025 年。

### （二）主要起草单位及任务分工

#### 1. 主要起草单位如下：

本标准由中国汽车工程研究院股份有限公司牵头，参与起草单位主要有湖南大学、理想汽车科技有限公司、奥托立夫（上海）汽车安全系统研发有限公司、吉利汽车研究院（宁波）有限公司、延锋汽车智能安全系统有限责任公司、重庆长

安汽车股份有限公司、采埃孚亚太汽车安全系统（上海）有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、福特汽车工程研究（南京）有限公司、上海蔚来汽车有限公司、安道拓（重庆）汽车部件有限公司、浙江松原汽车安全系统股份有限公司。

## 2. 任务分工如下：

中国汽车工程研究院股份有限公司负责标准起草、关键指标制定、验证试验的牵头工作；湖南大学主要负责行业情况调研、分析，提供相关资料建议、指标研究以及标准的编制工作；理想汽车科技有限公司、奥托立夫（上海）汽车安全系统研发有限公司、吉利汽车研究院（宁波）有限公司、延锋汽车智能安全系统有限责任公司、重庆长安汽车股份有限公司、采埃孚亚太汽车安全系统（上海）有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、福特汽车工程研究（南京）有限公司、上海蔚来汽车有限公司、安道拓（重庆）汽车部件有限公司、浙江松原汽车安全系统股份有限公司主要负责标准各部分的起草、验证试验的开展及仿真对标对比分析以及对标准中具体步骤和指标的建议。

### （三）标准研讨情况

2024年5月，提交标准立项申请材料，展开广泛的车企调研与交流，成立标准起草工作组，开展立项专家论证会。

2024年6月21日，中国汽车工业协会正式发布团体标准立项通知的函。

2024年8月，完成标准草案初稿。

2024年9月24日，召开团体标准启动会暨草案初稿讨论会，各参与单位发表对于标准草案初稿意见和建议，在会后进行修改完善，编制标准草案。

2024年12月20日，召开团体标准工作组标准草案讨论会（第二次会），针对标准草案进行二次讨论，形成总结意见，会后分工编制团体标准征求意见稿。

2025年3月11日，进行征求意见稿编制单位审定会（第三次讨论会），会后根据起草单位内部专家意见修改整合征求意见稿、编制说明，并申请公示。

2025年5月，计划形成送审稿，并根据流程进行各项工作推动至标准发布。

## 二、标准编制原则和主要内容

### 1. 标准编制原则如下：

本标准的制订符合产业发展的需求，本着科学性、合理性和可操作性的原则

以及统一性、协调性、适用性、一致性和规范性原则进行制定。本标准的制订，是根据《中华人民共和国标准化法》及相关法律、规章，按照《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》GB/T 1.1—2020 要求进行。

考虑到在智能座舱技术快速发展下，汽车大倾角座椅等此类产品的出现为乘员在智驾环境下带来了舒适性但安全性缺乏保障。目前全球范围内暂无公开的普遍适用的汽车大倾角座椅成员安全标准，针对此问题，本标准适用于配备汽车大倾角座椅及座椅集成式安全带，且在行驶过程中可以使用大倾角座椅的 M1、N1 类汽车，以填补汽车大倾角座椅乘员安全标准的空白，为装备有汽车大倾角座椅的车型安全开发提供依据和参考指标，同时保障交通参与者安全。

本标准在充分考虑科学性以及企业当前技术能力的情况下，制定了科学合理的大倾角座椅及假人摆放方法、乘员假人全身各部位运动学和动力学指标及阈值。在标准编制过程中开展了损伤风险曲线及损伤映射函数的研究工作，首次将乘员髌骨力、腰椎力损伤指标及阈值纳入汽车碰撞乘员安全标准，并进行了 60 余次物理台车碰撞试验进行研究和验证，确保指标的科学性和适用性。参考当前已有的志愿者姿态研究，使用本标准中首次提出的大倾角姿态假人摆放方法进行近十款汽车大倾角座椅的 50 余次摆放试验进行验证，确保试验方案的可行性。

本标准立足行业现状，采用开放和透明的过程进行标准制定，与各汽车行业主机厂、供应商进行了充分讨论，开展了多轮试验验证，确保标准中的方法和要求客观、科学、严谨，力争做到使标准能服务于相关车型安全开发需要，使该标准能切实起到促进汽车行业发展，提升大倾角座椅乘员安全保护能力的作用。

## 2. 主要内容如下：

本标准主要包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、技术要求、试验方法等内容。

**适用范围：**本标准适用于配备汽车大倾角座椅及座椅集成式安全带，且在行驶过程中可以使用大倾角座椅的 M1、N1 类汽车，其它安装有此类大倾角座椅的车型可参考本标准执行。

**术语和定义：**标准对汽车大倾角座椅、大倾角座椅测试角度、一键零重力位置、座椅腿托、座椅脚托、坐垫限力装置、靠背限力装置、滑轨限力装置、座椅

集成式安全带等术语进行了定义。

技术要求：通过采集试验过程中的视频、图片、各通道传感器数据等，分析大倾角座椅状态、假人运动响应、假人损伤阈值、约束系统保护情况等，分为约束系统和假人运动、假人伤害两个方面界定相关技术要求进行评定。

试验方法：试验工况为正面 100%重叠刚性壁障碰撞（FRB）和正面 50%偏置碰撞（MPDB）台车试验，物理假人采用 THOR-AV-50M，试验输入加速度波形，统一采用 FRB 及 MPDB 工况各自的加速度变化范围，文件中明确规定 FRB 及 MPDB 工况的加速度波形通道。大倾角座椅根据厂家推荐位置及文件中规定位置进行调节，将靠背角、坐垫角、腿托角、滑轨等机构调节至规定角度或者范围内。试验使用带通道的物理假人进行乘员安全性测试，根据文件中规定的假人摆放及定位原则进行假人及座椅准备，检查必要的传感器通道。此外，还需根据文件中要求进行高速摄像机、照相机及其它测试仪器的布置，确保试验数据准确输出。

### 三、采用国际标准和国外先进标准情况

无。

### 四、主要关键指标及试验验证情况

*介绍关键指标的确立及试验验证情况(试验方法、实验过程、试验结果分析等情况)。*

#### 1. 主要关键指标

根据国内外的技术调研，以及乘员姿态预测和生物力学损伤机理的研究，本标准确立的关键指标包括标准测试波形的确定、假人骨盆调节及定位方法、假人髌骨力、腰椎力伤害指标等。

标准测试波形源于 59 次整车 MPDB 试验采集的多条实车 B 柱碰撞波形，归一化处理后，提取特征波峰及波谷值得到 MPDB 工况的等效双梯形标准波形，用于滑台试验波形输入。FRB 工况标准测试波形来源于高校或研究机构进行高速正面碰撞尸体试验的 FRB 碰撞波形<sup>[1-3]</sup>，该波形得到大倾角座椅乘员安全研究的广泛应用，适用于本标准的 FRB 工况大倾角座椅乘员保护测试波形。波形如下图 1。

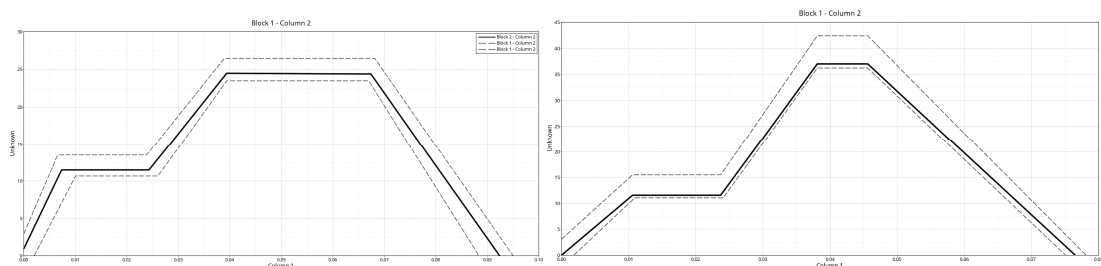


图 1 MPDB(左)与 FRB(右)标准波形及通道处理

通过与美国密歇根大学交通研究所 Matthew P. Reed 教授团队的交流和合作,依据已有躺姿志愿者姿态研究基础<sup>[4]</sup>,提出了 THOR-AV 假人针对汽车大倾角座椅姿态的骨盆角度预测方法。该方法应用了前期研究中提出的真人躺姿骨盆角度预测函数,根据座椅处于 14.5° 坐垫角的标准位置进行真人骨盆角度的预测计算,之后通过空间坐标计算,转换为 THOR-AV 假人骨盆倾角传感器读数预测值,以指导 THOR-AV 假人在大倾角座椅上的骨盆角度设置。

在高速碰撞下,大倾角座椅乘员的髌骨和腰椎是重点损伤部位。在 2023 年,Moreau 等人进行了可控安全带加载环境下尸体骨盆髌翼的承受力研究,并通过威布尔分布拟合了尸体单边髌翼所受合力下的损伤风险曲线<sup>[5]</sup>。此外,在 2024 年,Richardson 等人对 THOR 50th 假人模型进行了仿真,研究了单边髌骨 ASIS 的合成力 Fr 与腰带力的映射关系<sup>[6]</sup>。目前已有的针对骨盆髌骨骨折的损伤准则主要包括骨盆 ASIS 作用力和腰带力两个指标,但受限于假人传感器测试技术,骨盆 ASIS 作用力只是实现对 X 方向的单轴测量,无法实现骨盆在腰带作用过程中的全面受载反映。而腰带力作为骨盆骨折评价指标被提出正是基于目前假人骨盆 ASIS 作用力的测量局限性,但腰带力并非人体生物力学响应指标,也会受到较多外界因素影响。因此,在标准研究过程中,探究了腰带力、骨盆 ASIS 的 X 轴向力和骨盆 ASIS 合成力三者之间的映射关系。为了研究 THOR-AV 的髌骨损伤的可行性指标及其阈值,分别通过 THOR-AV 试验单侧 ASIS 的 X 方向作用力与腰带力的映射关系获得损伤风险曲线、通过 THOR-AV 单侧 ASIS 的 X 方向作用力与单侧 ASIS 的合成力的映射关系获得损伤风险曲线(见下图 2)、Humanetics 根据尸体配对实验研究的 THOR-AV 髌骨损伤风险曲线(见下表 1),以及 THOR-AV 试验单侧 ASIS 的 X 方向作用力累计概率分布,综合了损伤风险曲线和试验数据累积概率分布的结果共同确定髌骨损伤指标及阈值。针对 THOR-AV 假人的腰椎力伤害指标,综合考虑了摸底试验中基于 THOR-AV 的腰椎轴向力累积概率分布以及 Humanetics 根据尸体配对实验研究的基于腰椎轴向力的腰椎损伤风险曲线(见下表 2),进行技术要求指标阈值的制定。

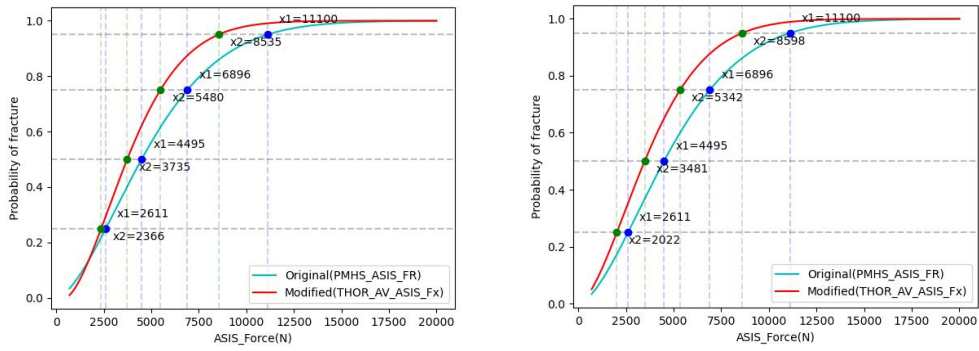


图 2 通过两种映射路径得到的单侧 X 向髌骨力损伤风险曲线

表 1 单侧髌骨力 Fx 损伤风险值

AIS	Fit	Shape	Scale	AIC	GKG	AUROC	Qual. Index	Injury Risk Values (N)		
								5%	25%	50%
MAIS2+	Weibull	1.0008	3551.4901	52.0	0.46	0.73	0.95	183	1023	2462
	Loglogistic	0.7945	1937.1319	59.4	0.36	0.68	1.59	48	486	1937
	Lognormal	0.4891	1925.3407	59.4	0.36	0.68	1.58	67	485	1925

表 2 腰椎轴向力 Fz 损伤风险值

AIS	Fit	Shape	Scale	AIC	GKG	AUROC	Qual. Index	Injury Risk Values (N)		
								5%	25%	50%
MAIS2+	Weibull	3.4798	5095.2745	46.2	0.74	0.836	0.37	2170	3562	4586
	Loglogistic	4.0336	4390.7144	51.4	0.70	0.784	0.39	2116	3344	4391
	Lognormal	2.0129	4460.8910	57.7	0.64	0.784	0.44	1970	3191	4461
MAIS3+	Weibull	3.0512	6535.0685	39.3	0.56	0.801	0.86	2469	4344	5795
	Loglogistic	3.4462	5897.8970	39.1	0.56	0.821	0.95	2510	4288	5898
	Lognormal	1.9497	5993.8120	38.8	0.56	0.821	1.01	2578	4241	5994

## 2. 试验验证情况

中国汽研作为牵头单位联合其他标准研究参与单位，结合标准中的试验方法开展了使用 THOR-AV 物理假人开展 MPDB 及 FRB 工况标准波形的台车试验共计 60 余次，以及相应的 ATD 有限元模型仿真计算分析，研究组内各主机厂、供应商也进行了相应的试验验证，以证明指标科学性、合理性。如下图 3 所示，以 MPDB 波形为例，实际加速度或减速度碰撞台车设备所实际输出的碰撞波形可满足试验方法中台车加速度波形通道要求。试验中假人骨盆角度基本可满足标准中试验方法要求。在 60 余次根据此标准草案进行的企业汽车大倾角座椅的摸底试验中，如下图 4 所示通过累计概率分布发现，在大倾角座椅产品前期开发中，70%以上车型大倾角座椅可以满足髌骨力及腰椎力伤害指标的技术要求，后期增加相应保护措施可以更有效达到技术指标。经起草单位内部讨论后，一致认为此标准相关指标及技术要求科学、合理、可执行，参与单位均表示认可。

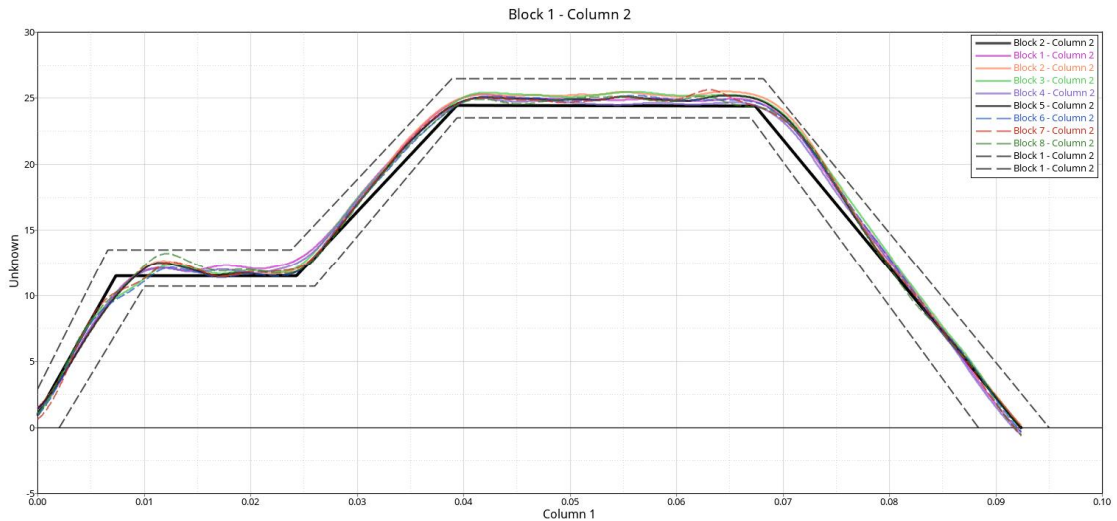


图3 通道范围内的11次物理试验台车输出加速度波形

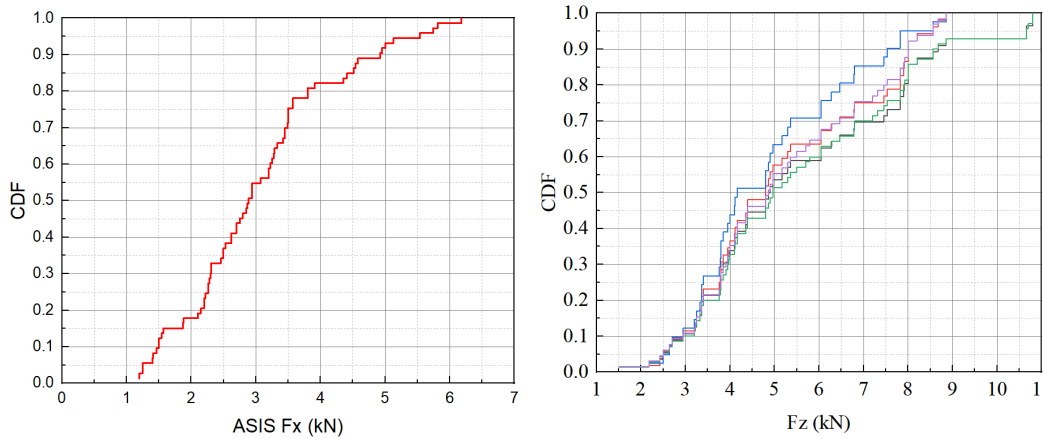


图4 企业摸底实验中髋骨力与腰椎力数据累积分布

### 五、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性

本标准内容符合现行法律、法规、政策及相关强制性标准要求，与其他标准无冲突。

### 六、贯彻标准的要求和措施建议

本标准为中国汽车工业协会标准，属于团体标准，供协会会员和其他社会组织、企业自愿使用。标准发布实施以后，由中国汽车工业协会组织宣贯，各企业推荐参考本标准，可将汽车大倾角座椅正面碰撞乘员保护技术要求和试验方法纳入企业技术文件和操作规范中，以指导、规范大倾角座椅乘员安全性设计。

建议本标准的实施日期为正式发布后。

### 七、其他需要说明的事项

无

- [1] Uriot J, Potier P, Baudrit P, Trosseille X, Petit P, Richard O, Compigne S, Masuda M, Douard R. Reference PMHS Sled Tests to Assess Submarining. *Stapp Car Crash J.* 2015 Nov;59:203-23. doi: 10.4271/2015-22-0008. PMID: 26660745.
- [2] Uriot, J., Potier, P., Baudrit, P., Trosseille, X., Richard, O., & Douard, R. (2015). Comparison of HII, HIII and THOR Dummy Responses with Respect to PMHS Sled Tests. *IRC-15-55*.
- [3] Richardson R, Donlon JP, Jayathirtha M, Forman JL, Shaw G, Gepner B, Kerrigan JR, Östling M, Mroz K, Pipkorn B. Kinematic and Injury Response of Reclined PMHS in Frontal Impacts. *Stapp Car Crash J.* 2020 Nov;64:83-153. doi: 10.4271/2020-22-0004. PMID: 33636004.
- [4] Matthew P. Reed, Sheila M. Ebert & Monica L. H. Jones (2019) Posture and belt fit in reclined passenger seats, *Traffic Injury Prevention*, 20:sup1, S38-S42, DOI: 10.1080/15389588.2019.1630733.
- [5] Moreau D, Chernyavskiy P, Sochor S, Gepner B, Forman J, Östling M, Kerrigan JR. Development of an Injury Risk Function for the Anterior Pelvis Under Frontal Lap Belt Loading Conditions. *Ann Biomed Eng.* 2023 Sep;51(9):1942-1949. doi: 10.1007/s10439-023-03244-8. Epub 2023 Jul 5. PMID: 37405557.
- [6] Richardson RE, Gepner B, Kerrigan JR, Forman JL. Evaluation of lap belt-pelvis load transfer in frontal impact simulations using finite element occupant models. *Traffic Inj Prev.* 2024;25(8):1137-1145. doi: 10.1080/15389588.2024.2381084. Epub 2024 Sep 26. PMID: 39325696.