

ISOFIX 固定点强度静态试验要点探讨

□魏哲¹ 韩蕊¹ 魏超² 巩金龙¹ 张磊¹ 马英¹

(1. 中国机械科学研究总院集团中机寰宇认证检验股份有限公司, 北京 102609

2. 冠县冠宇型材有限公司, 聊城 252500)

【摘要】通过合理设置和优化试验条件, 提高ISOFIX固定点强度试验中力传感器测量的准确性。分析试验方法和试验要求, 明确对测试结果的关键影响因素, 建立试验条件稳定性保障方案。在确保试验条件稳定的前提下, 测试结果准确性呈明显提升趋势。ISOFIX固定点强度试验过程中的影响因素较多, 均可作为不确定度的输入, 宜严格控制试验条件的一致性和稳定性, 以确保试验准确度。

【关键词】强度; 力传感器; 试验条件; 不确定度

文献标识码: B 文章编号: 1003-1870 (2024) 09-0041-05

引言

机动车儿童乘员用约束系统是指带有保护带扣的织带, 或相应柔软的部件、调节装置、连接装置及辅助装置, 且能将其稳固放置在机动车上的装置, 其设计是通过限制佩戴者身体的移动来减轻在车辆碰撞事故或突然减速情况下对佩戴人员的伤害。该产品已纳入国家强制性产品认证目录, 对保障儿童乘员的乘车安全具有重要作用。目前, 常见的儿童约束系统类型涉及通用类、半通用类、受限制类和特殊车辆类, 按照组别又有0组、0+组、I组、II组和III组之分。婴儿提篮、车载式婴儿床、儿童座椅、增高坐垫等, 均属常见的机动车儿童乘员用约束系统。约束系统与车辆的连接方式多样, 尤属安全带、ISOFIX接口、LATCH接口较为多用。其中, 安全带约束为最早出现的约束方式, 该类约束对安装方法、安装路径等的要求稍显复杂。ISOFIX接口方式, 在国内、欧洲、日本等地使用广泛, 安装简单, 误操作少, 可靠性高。LATCH接口方式, 则基本用于北美地区, 在国内尚无使用。在我国国家标准《机动车儿童乘员用约束系统》(GB 27887-2011)中, 安全带、ISOFIX等两类约束方式

均满足标准要求。随着欧洲相关标准由UN/ECE R44向UN/ECE R129的切换, ISOFIX连接方式将更加常见, 采用该类约束方式的儿童约束系统, 使用范围将进一步扩大。我国是世界上最大的儿童约束系统生产国和出口国, 而随着欧洲法规的变化, 我国国家标准GB 27887-2011的换版工作也在酝酿之中, 新版标准的征求意见稿已经发布, 预计不久将正式实施。在此背景下, 对整车车身内设置的ISOFIX固定点系统及上拉带固定点的强度要求, 也已在国家标准《汽车安全带安装固定点、ISOFIX固定点系统及上拉带固定点》(GB 14167-2013)得到明确^[1]。此外, 该类固定点的强度测试已列入道路机动车辆产品准入许可中的必测项目, 目前为工信部公告测试项第55项。因此, ISOFIX固定点强度试验与整车、约束系统产品的安全性能都息息相关, 确保试验数据准确性尤为重要。

测试ISOFIX固定点的强度, 需要按照技术标准, 并借助一定精度的设备设施, 由操作人员按照标准化的试验流程加以实施。目前, 常见的固定点强度试验方法包括静态试验、动态试验、疲劳试验、热试验和振动试验等^[2,3]。其中, 静态试验是

最简单的试验方式之一，该试验将静态力通过专用夹具施加在固定点上，以评估其强度，验证固定点是否会产生破裂或松动。动态试验则与静态试验不同，该试验模拟事故中的冲击力。动态试验一般借助加速或减速台车测试系统，以特定的速度和角度施加冲击力以模拟实际情况。疲劳试验是一种长时间的试验，旨在模拟固定点多次使用后的性能。疲劳试验中，固定点承受反复载荷，以评价固定点的寿命和耐久性。热试验则通过设置高温或低温环境，评估固定点在极端气候条件下的性能。而振动试验模拟车辆在不平整道路上行驶时的工况，试验中，固定点承受特定频率和振幅的振动，以评价其固定性能等。除GB 14167外，国际/国外标准ISO 10542、UN/ECE R14、FMVSS 210、JIS D4414等也对相关试验方法进行了规定。

静态试验作为一种简单易行、直观高效的测试方案，被诸多生产企业、检验机构等广泛采用。然而，针对该项试验，实验室间的比对普遍偏少，试验设备结构型式也多有差异，加之试验人员、计量机构、试验条件等多元因素引入的不确定度，有必要在关键环节控制测试过程，确保测试数据准确、可靠。在ISOFIX固定点强度静态试验中，力传感器必不可少，用于静态力闭环控制以及确定固定点承载能力。试验条件改变等外来扰动，最可能对力传感器造成干扰或影响^[4,5]。确保试验条件的一致性和稳定性，是获取力传感器可靠数值的必要条件。

1 试验实现方案

1.1 技术要求

依据GB 14167-2013条款4.5.5、5.6.2.2、5.6.2.3中有关ISOFIX固定点的试验规定：对ISOFIX上的静态加载装置（SFAD）施加静态载荷，以考核ISOFIX固定系统的强度。对有ISOFIX上拉带固定点的ISOFIX固定点系统，还应按5.6.2.3规定进行试

验。加载期间水平位移和斜向力方向位移不应大于125mm，但允许永久变形和部分开裂。如果在规定的时间内保持了所要求的力，ISOFIX下固定点、上拉带固定点和周围的区域不应失效。对固定点系统在座椅总成上的情况应进行5.6.2.4的附加试验。试验后不应出现裂纹，且应满足前向力和斜向力导致X点的最大位移均不大于125mm的要求^[1]。

而对于条款5.6.2.4中座椅惯性力试验，对不直接装在车辆结构上而力直接传递到车辆座椅总成上的安装位置应进行本试验，以保证座椅固定点有足够的强度。在这个试验中，沿纵向水平向前施加等于座椅总成或与座椅相关的相应座椅总成部件20倍质量的力。附加力及力的分布应由制造商确定并经检测机构认可。应制造商要求，该试验的附加力也可施加在SFAD的X点上。如果上固定点与座椅一体，试验应带ISOFIX上拉带。当安全带固定点与车辆座椅一体且座椅已完成试验，满足本标准对成人约束系统的固定点的加载要求，则本试验可豁免。

1.2 试验方法

样品及工装安装完成后，需调整SFAD和支撑装置之间前后位置的松紧，通过在SFAD装置的前下横梁的中心施加 $135N \pm 15N$ 的力实施。调整完毕，则分别对SFAD施加前向和斜向的力。前向力的施加方向与水平面成 $10^\circ \pm 5^\circ$ ，斜向力的施加方向与水平面成 $0^\circ \pm 5^\circ$ 。测试前，需对X点进行 $500N \pm 25N$ 的预加载。正式开始测试时，应在30s内尽快加载到规定的最大力值。制造商可要求加载时间在2s以内，持续时间不少于0.2s。所有测量数据的滤波等级，应满足ISO 6487中的CFC60或其他等效方法的要求^[1]。其中，对前向加载和斜向加载的力值要求等详见表1所示。以某型汽车座椅上自带的ISOFIX固定点及其上拉带固定点的测试为例，实际安装状态如图1所示，分别对应下表中的3种状态。

表 ISOFIX固定点强度静态试验力值加载要求

方向	与中垂面角度	力值	其他要求（含有上拉带固定点时）
前向	$0^\circ \pm 5^\circ$	$8kN \pm 0.25kN$	· 不连接SFAD和上拉带固定点
	$0^\circ \pm 5^\circ$	$8kN \pm 0.25kN$	· 连接SFAD和上拉带固定点
斜向	$75^\circ \pm 5^\circ$	$5kN \pm 0.25kN$	· 不连接SFAD和上拉带固定点 · 力施加于前向两侧，或较恶劣的一侧，或两侧对称时仅施加于其中一侧

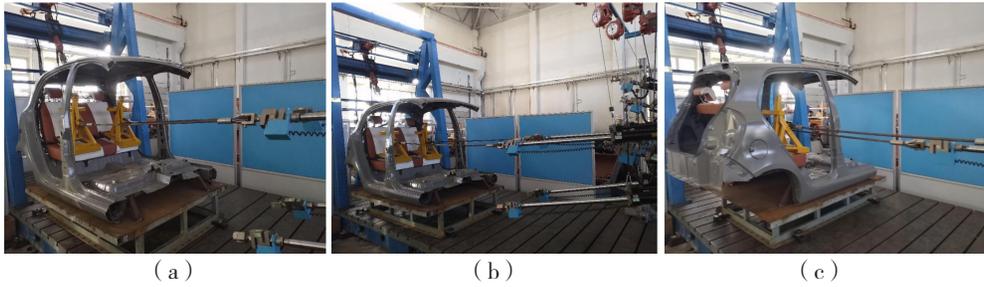
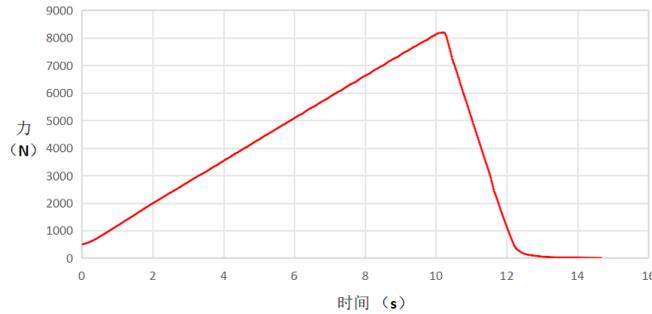


图1 安装完成后的待测状态

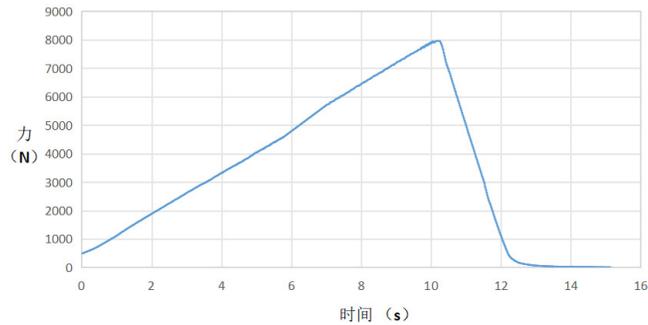
2 测试结果及分析

按照规定力值，加载方向施加相应力后，如未发生样品失效，即样品性能满足标准要求时，通过上位机，可得到典型特征的“力—时间”曲线，如图2所示，分别对应图1中(a)(b)(c)所示的加载

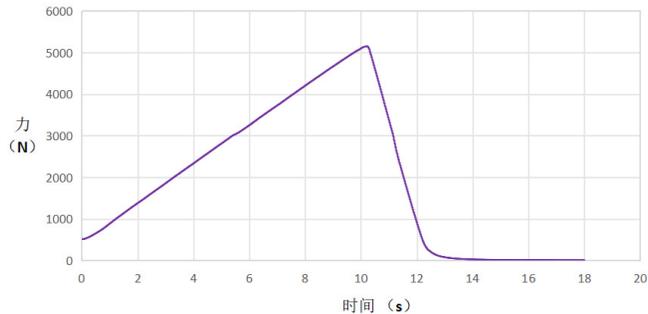
状态。可见，对应安装牢固的样品及工装，如加载角度给定，则加载曲线在近弹性变形阶段，斜率基本恒定，达到塑性变形阶段后，曲线斜率会出现一定的波动，波动变化趋势与样品、工装的物理特性相关。



(a)



(b)



(c)

图2 力—时间曲线图

在理想状态下，“力—时间”特性曲线具有一定的可预测性，服从“弹性变形+塑性变形”两阶段的变形规律，具有两类变形的典型特征。但对于ISOFIX固定点强度静态测试设备而言，其核心测试部件为力传感器，主要以承受拉力为主，其应用过程中受试验条件影响。整个试验过程引入的不确定度分量来自多个方面，如样品安装牢固程度、人员操作熟练程度、设备校准引入的不确定度、加载角度、加载速率、保持时间等。为确保试验结果的重复性和可对比，宜充分考虑这些因素的影响，以增加测试准确度。

3 试验结果的影响因素分析及测试要点

强度静态测试的测量结果的不确定度产生原因多样，由多种因素引入，一般需确定每个不确定度来源引入的不确定度分量，涉及用对观测列进行统计分析的方法来评定的A类不确定度，和用不同于对观测列进行统计分析的方法来评定的B类不确定度等。结合实际测试经验及目前国内各大国家级检测机构的同类在用设备的结构型式，影响力测试值的主要因素如图3所示。

其中，编制检验大纲应充分考虑不同标准的兼容性，针对差异，细化具体的测试方法。按照明确后的测试方法，对人员操作侧重规范化和标准化培训，以期减小A类不确定度。样品安装中，应确保汽车座椅靠背角度、纵向调节位置等关键参数满足要求，在重复测试中尽可能保持恒定，螺栓等固定

件的安装则应确保扭矩恒定。工装安装时，应调整工装姿态，既要符合测试要求，又应在重复测试中保持刚度、强度等物理特性的稳定。如发生较大变化，则需更换工装。静态加载装置安装时，应尽可能调整其与支撑装置的相对位置和前后松紧度，并保证多次测试中的一致性。

鉴于物理量的直接获取装置为力传感器，规避环境因素的不利影响宜充分考虑，尤其是当拉力加载装置为液压缸时，如调节不当，可导致活塞杆振动，进而使得力传感器测量失真。因此，在设备稳定后再行加载，更有利于测试准确度的提升。同时，按照ISO/IEC 17025:2017等规则运行的实验室，理论上均会控制温、湿度以及电磁干扰等环境条件，对传感器造成的影响在可控范围内[6]。而样品/工装安装的方式及其牢固程度在加载力足够大的情况下，对“力—时间”特性曲线一般会有明显影响，详见图4所示，可见由于安装不牢引起的力值波动。此外，拉力施加的角度相对于铅垂面、水平面均有允差，在允差范围内的变化，也均会造成力值加载曲线的变化，并影响试验结果。选择较为一致的偏差或者减小允差范围，在重复测试或者实验室间比对时尤为重要。力值加载速度和力值保持时间的变化，在样品刚度、强度偏临界状态时，会造成试验结果的较大差异，故而，保持二者及其他相关加载参数的一致和稳定，是试验结果具有可比性的前提之一。

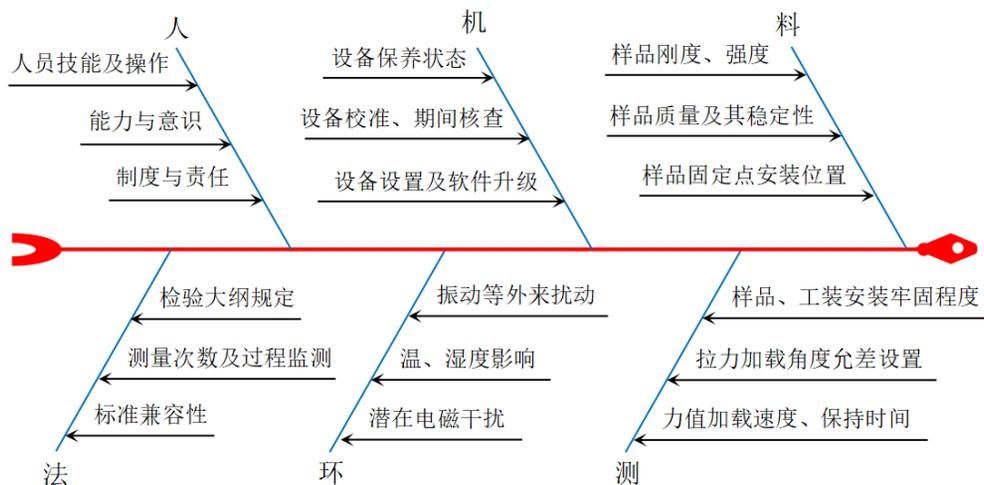


图3 力值的主要因素分析

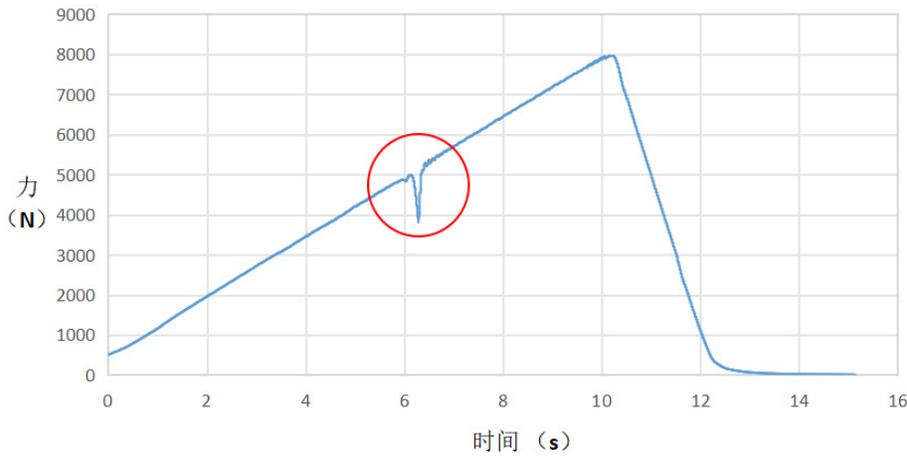


图4 安装状态对加载曲线的影响

4 结语

ISOFIX 固定点强度静态试验是相关整车产品准入许可测试项目中的一项重要内容，也是相关产品出口国外市场测试内容的门槛项之一。准确、合理、高效地实施该项测试，可彰显实验室检测能力、提升行业服务水平。

为确保试验准确度，宜充分确定试验中力传感器的主要影响因素，在“人一机一料一法一环一测”多环节实施控制，制定控制要点监测方案，减小各类测量不确定度，增强测试的可靠性和可信度。

ISOFIX 固定点强度静态试验的前向加载和斜向加载试验，均需严格控制试验条件，在加载角度、加载时间、力保持时间等控制参数一定的情况下，按照实验室管理体系规定，实施试验结果比对等活动。同时，结合设备面临的通常工况以及测量过程中不确定度的主要来源，可在该类测试的试验设备研发环节提前统筹、合理考虑设计输入的充分性，提升检测韧性和系统鲁棒性。

此外，由于检测技术、产品应用等均发展较快，各国标准的规定也都不尽相同，国内对标准的修订略显迟滞，建议加强对国外相关技术标准和法规发展趋势的跟踪，结合产品研发动态，在标准制修订等领域加强沟通，实现各国技术标准兼容互信，检测体系互联互通，在行业内推动“一带一路”战略及相关举措落地，助力我国汽车产业高质量发展。

参考文献

- [1] GB 14167-2013, 汽车安全带安装固定点, ISO FIX 固定点系统及上拉带固定点[S].
- [2] 魏东东, 姜敏. 一种ISOFIX 疲劳寿命测试机:CN202221818368.5[P]. CN218444422U[2024-05-05].
- [3] 查宏民, 胡世广, 白如玉. 高精度快速加载安全带固定点试验台的研究[J]. 自动化应用, 2023(22):92-94,97.
- [4] 王培中, 杜天强, 杜长江等.ISOFIX 固定点强度试验的影响因素研究[J]. 中国机械, 2014(23):2.
- [5] 袁自遥, 吴刚. 测量不确定度在汽车安全带安装固定点载荷试验中的研究与应用[J]. 汽车与新动力, 2022, 5(1):40-42.
- [6] 中国实验室国家认可委员会, CNAL-CL01: 2018 (ISO-IEC17025: 2017) 检测和校准实验室认可准则规定[Z]. 北京: 中国实验室国家认可委员会, 2018.

作者简介

魏哲(1984—), 男, 汉族, 山东冠县人, 中国机械科学研究总院集团中机寰宇认证检验股份有限公司正高级工程师, SAC/TC 240 委员, 中国农业机械学会标准化分会高级会员, EAI 高级会员, 《衡器》《Journal of Modern Mechanical Engineering and Technology》等期刊编委。主要从事汽车及零部件被动安全性研究、非标设备研发等工作。