

附件 4:

中汽协会《车用燃料电池电堆多轴振动台试验方法》团体标准

编制说明

一、工作简要过程

(一) 任务来源

节能环保汽车成为汽车工业研究开发的重点，其中，氢燃料电池汽车因为明显的技术优势而成为技术竞争的焦点。燃料电池汽车动力系统与燃料电池发动机等关键部件的耐久可靠性是燃料电池汽车实现产业化必须攻克的核心关键技术之一。氢燃料电池电堆模块作为燃料电池汽车的重要组成部分，其不同路面工况激励下的结构耐久可靠性对于汽车安全具有重要影响。但目前没有发现已公开发布的相关标准。在开发燃料电池汽车时，相关的结构耐久可靠性验证只能参考电动汽车蓄电池的振动试验方法来验证，由于结构的不同，该方案的振动频率范围、强度和强度时间是否适合并未得到充分的验证，且用户工况受到的载荷来自多个自由度，用单一方向的振动并不能替代。而道路模拟试验技术的成熟为复现用户工况多自由度的载荷提供了可行性。

道路模拟试验可在室内通过试验设备精确模拟汽车实际行驶工况，再现整车、系统及零部件在实际使用工况下的各种运动和受力情况，便于在室内加速考核测试样件的耐久性和可靠性，弥补了道路试验的许多不足之处，节省大量的人力、物力及时间。目前国内许多主机厂家和检测机构都具备道路模拟试验设备，并广泛应用于汽车整车、系统及零部件的耐久可靠性验证。

目前燃料电池汽车技术在我国逐步成熟并产业化，为了提高核心部件燃料电池电堆模块的质量水平，急需针对此类产品制定耐久可靠性验证标准，通过在车载燃料电池电堆模块上布置加速度传感器，在试验场各种恶劣路面行驶以采集数据，再将这些数据输入到设备控制系统，驱动试验台架模拟各种恶劣路况，来验证电堆模块结构的耐久性能。此标准的提出，完善了目前燃料电池电堆模块耐久可靠性开发试验体系，有利于相应检测技术的提升，为行业内相关主机厂及检测机构等单位提供试验方法和检测依据，同时为氢燃料电池电堆模块疲劳破坏研究及结构优化设计提供参考。

为了改善现状，由中国汽车动力电池产业创新联盟燃料电池分会提出，中国汽车工业协会技术部归口，武汉达安科技有限公司、东风汽车集团有限公司技术中心瞻研究院、襄阳达安汽车有限公司等负责制定《车用燃料电池电堆多轴振动台试验方法》团体标准，计划编号 2022-73。

(二) 主要起草单位及任务分工

武汉达安科技有限公司：负责载荷谱采集，多轴振动台验证；

东风汽车集团有限公司技术中心瞻研究院：负责提供试验样品及技术支持；

襄阳达安汽车有限公司：负责提供试验场地，燃料电池电堆模块性能测试及技术支持。

（三）标准研讨情况

自 2022 年 3 月开始，中国汽车动力电池产业创新联盟燃料电池分会 2022 年度第一次团体标准评审会通过了标准《车用燃料电池电堆多轴振动台试验方法》立项，由武汉达安科技有限公司、东风汽车集团有限公司技术中心瞻研究院、襄阳达安汽车有限公司成立标准起草工作小组，工作小组首先查阅了国内外与燃料电池电堆模块相关耐久试验方法相关的资料，并协调了丰田、广汽、现代、一汽红旗、东风品牌的氢燃料电池汽车进行研究，了解各家企业氢燃料电池汽车电堆模块结构。对车用燃料电池电堆多轴振动台试验方法的框架设计及主体内容等方面开展了广泛的研究与分析讨论，并确认了标准起草的主笔人及标准起草的工作进度等。

2023 年 2 月，标准起草小组对本标准的适用范围、规范性引用文件、术语和定义、试验条件、仪器设备、试验方法、试验报告等内容进行了初步探讨，确定了标准的基本内容，形成标准草案。在编制过程中，标准起草小组对标准中引用的标准进行了查新，对标准中使用的试验方法进行了规范。

二、标准编制原则和主要内容

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

《车用燃料电池电堆多轴振动台试验方法》标准编制内容包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、试验条件、仪器设备、试验方法、试验报告。每章的主要内容如下：

- 1) 范围：规定了车用燃料电池电堆多轴振动台试验方法，适用于各类车用燃料电池电堆模块。
- 2) 规范性引用文件：规定了本标准在有关的技术要素中需引用的现行相关国家标准 5 项。
- 3) 术语和定义：规定了 8 个术语定义。
- 4) 试验条件：规定了试验环境、试验样件及固定。
- 5) 仪器设备：规定试验需要用到的仪器设备。
- 6) 试验方法：规定了载荷谱准备、样件准备、驱动信号、耐久循环、安全监控、试验检查。
- 7) 试验报告：规定了试验报告的主要内容。

三、采用国际标准和国外先进标准情况

本标准没有对应的国际标准或国外先进标准，电堆耐久试验开始前，以及完成耐久循环后（或中间某个时间点）试验检查方法采用国标 GB/T 33978-2017。

四、主要关键指标及试验验证情况

4.1 主要关键指标

1) 采样通道/迭代通道

当使用 3 个 Z 向信号，2 个 Y 向信号，1 个 X 向信号共 6 个通道信号作为迭代期望目标时，迭代效果好，台架上的响应和目标信号基本一致。当目标信号通道少于 6 个时，台架上响应和目标信号存在较大差异，无法模拟真实的路面激励；当目标信号通道多于 6 个时，迭代误差比 6 个时差，台架上响应和目标信号的差异相对 6 个时也较差。

2) 信号控制频段

基于采集的各个坏路工况各个通道信号的频谱分析和伪损伤计算,结合台架能力,选取 0.6~49Hz 的控制频段,能够基本覆盖坏路工况造成的损伤。

3) 迭代评价指标

根据试验验证,对于大多数坏路工况,均方根误差小于 15%,响应信号与期望信号最大值/最小值之比在 0.85~1.15 之间,响应信号与期望信号的损伤之比在 0.70~1.35 之间。

4.2 试验验证情况

1) 试验方法及过程

在氢燃料电池电堆上布置三轴加速度传感器,随实车在试验场按照试验场车辆耐久性运行试验规范采集获取电堆的载荷谱信号,对获取的载荷谱信号去除毛刺、零飘,剪切连接路等处理,获得台架需要的期望信号。

同型号的电堆依据整车布置固定在振动台面上,根据选取的期望信号,布置加速度传感器,传感器的位置及方向与路谱信号采集时保持一致。通过白粉红噪声信号激励台架,同步采集响应信号,获得系统的频率响应函数。通过信号迭代控制多轴振动试验台 X、Y、Z 三向的平动及绕 X、Y、Z 三向的转动,得到台架的驱动信号,保证台架上的响应和期望信号一致。

根据厂家要求,用不同工况的驱动信号编辑耐久循环程序,播放耐久循环程序,开始电堆的振动耐久试验。

2) 试验结果分析

在振动耐久试验前以及耐久循环完成后(或中间某个时间点),对电堆进行如下检查。

外观检查,确认振动耐久过程中是否出现变形、开裂、松动等结构缺陷。

氢泄漏量测试,氢气泄露率应符合 SAE J2578-2009 中规定燃料电池电动零部件氢气泄露要求。

气密性测试,气体泄露率不应超过制造商规定。

防水防尘测试,电堆防水应满足 GB/T 4208-2017 中 IPX5 等级要求,防尘应满足 GB/T 4208-2017 中 IP5X 等级要求。

绝缘测试,绝缘应满足 GB/T 24549-2020 中的相关要求。

性能测试,功率和极化曲线满足设计要求。

五、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性

与现行相关法律、法规、规章及相关标准,特别是强制性标准无冲突。

与 GB/T 33978-2017 中振动耐久方法差异如下表:

	振动方式	频率范围	信号类型	振动时间	振动信号来源	耐久考核模拟真实程度
GB/T 33978-2017	单轴振动	10Hz~188.5Hz	随机扫频信号	38.11h	---	较差
本标准	多轴振动	0.6Hz~49Hz	模拟试验场坏路工况	约 100h (基于车辆耐久规范)	实际运行载荷谱	很好

六、贯彻标准的要求和措施建议

各主机厂家可根据自己或试验场的车辆耐久性运行试验规范来确认多轴振动台的试验工况及循环，依据此标准完成车用燃料电池电堆多轴振动耐久验证。

七、其他需要说明的事项

无。