

ICS 43.120

CCS T 47

团体标准

T/CSAE xx—20xx

燃料电池电动汽车 耐久性行驶工况确定方法

Determination method of the durability driving cycle for fuel cell electric vehicles

(报批稿)

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国汽车工程学会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验条件	2
5 试验准备	2
6 耐久性行驶试验步骤	2
7 耐久性行驶试验方法	6
附录 A（资料性）试验样车记录表	7
附录 B（资料性）采集试验记录表	8
附录 C（资料性）燃料电池电动汽车耐久性行驶试验路况和里程分配	10

前 言

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国汽车工程学会测试技术分会提出。

本文件由中国汽车工程学会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：中汽研汽车检验中心（天津）有限公司、襄阳达安汽车检测中心有限公司、中汽研新能源汽车检验中心（天津）有限公司、合肥工业大学、江苏国创新能源商用车创新技术有限公司、徐州徐工汽车制造有限公司、山东国创燃料电池技术创新中心有限公司、厦门金龙联合汽车工业有限公司、特嗨氢能检测（保定）有限公司、成都客车股份有限公司、深蓝汽车科技有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、中国重型汽车集团有限公司、中国汽车战略与政策研究中心、北汽福田汽车股份有限公司、天津大学、中通客车股份有限公司、东风汽车集团有限公司研发总院、深蓝汽车科技有限公司、北京福田戴姆勒汽车有限公司、中国第一汽车股份有限公司、吉林大学。

本文件主要起草人：郭婷、王丹、王国卓、姜俊昭、王敏、张潇、王芳、王钦谱、宋光吉、武振、王伟、封利利、洪凌、陈金锐、邓乐乐、郭晓勳、王佳、梁金桥、杨晓琦、王位、杨福清、姚东升、王博文、赵宏建、秦志东、李晨、马朋飞、方燕华、李东升、游义富、徐爽爽、郭敬、董帅、何云东、魏恒、王国强、刘发发、史明杰、高志远、黄焰、郭冬来、郭伟昊、柯桂林、赵孝恩、王波、闵海涛、孙维毅。

燃料电池电动汽车耐久性行驶工况确定方法

1 范围

本文件描述了燃料电池电动汽车耐久性行驶工况确定方法，包括术语和定义、试验条件、试验准备和耐久性行驶试验方法。

本文件适用于燃料电池电动汽车，包括乘用车、城市公交车、牵引车、载货车等类型的燃料电池电动汽车。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 7258 机动车运行安全技术条件

GB/T 12534 汽车道路试验方法通则

GB/T 12679 汽车耐久性行驶试验方法

GB/T 24548 燃料电池电动汽车术语

GB/T 24549-2020 燃料电池电动汽车安全要求

3 术语和定义

GB/T 24548界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

载荷谱 load spectrum

车辆在一定的运行条件下，关键总成或零部件的加速度参数随时间、频率变化的分布特征描述。

3.2

伪损伤 pseudo damage

通过预先设定材料疲劳属性，计算“广义应力”产生的损伤值。

注：在工程应用中，从能量分析的角度出发，力、力矩、加速度、应变、应力等各种信号均统称为“广义应力”。

3.3

用户目标损伤 user target damage

基于车辆在用户使用工况条件下的伪损伤（3.2）分布，选取的目标百分位点伪损伤（3.2）。

3.4

试验场强化系数 enhancement coefficient of experimental field

在用户使用与试验场试验相关的前提下，用户实际使用里程与试验场试验里程的比值。

3.5

用户道路及行驶工况信息 user road and driving condition information

与燃料电池电动汽车用户实际使用相关的道路特征、行驶模式等信息，包括用户主要使用区域的道路类型（如高速路、城市路、一般公路、城郊路）、地形地势（如笔直、起伏、弯曲道路）、易故障道路（如颠簸、破损、减速带道路）及典型行驶速度、行驶时长等工况参数。

4 试验条件

4.1 试验车辆

4.1.1 试验车辆应符合制造商规定的技术条件及 GB 7258 的规定。

4.1.2 试验前应达到制造商规定的磨合里程要求。

4.2 试验道路

4.2.1 用户典型道路

用户典型道路试验路线的选择应考虑但不限于以下方面：

- a) 燃料电池电动汽车用户主要使用的道路和全国主要示范运营区；
- b) 不同的道路类型，如高速路、城市路、一般公路、城郊路等；
- c) 不同的地形地势，如笔直、起伏、弯曲道路等；
- d) 容易引起故障的道路，如颠簸、破损、减速带道路。

同时，应收集用户道路及行驶工况信息（见 3.5），包括所选路线的详细道路特征、典型行驶速度、日均行驶里程等数据，作为试验方案制定的依据。

4.2.2 试验场道路

燃料电池电动汽车的耐久性行驶试验应在国家授权的试验场地内进行，汽车试验场可靠性试验道路，应包括具有固定路形的强化耐久道路，如大卵石路、搓板路、石块路、短波路、长波路等。

4.3 试验设备

试验所用的传感器（如加速度传感器、六分力传感器、GPS 传感器）、数据采集设备等应符合相关技术标准要求，并在检定有效期内。其中，加速度传感器的频率响应误差应 $\leq \pm 2\%$ ，相对线性度误差应 $\leq \pm 0.5\%$ ；六分力传感器精度应 $\leq 1\% \text{ FS}$ ；GPS 传感器速度测量精度应 $\pm 0.5\%$ ，采样率应为 5 Hz。

5 试验准备

5.1 车辆检查与记录

5.1.1 记录试验车辆的生产商、型号、电堆型号及参数（包括输出电压、输出电流、额定功率）、电机号、底盘号、VIN 码、出厂日期、整备质量、最大总质量、储氢容器形式及参数（工作压力、额定工作压力、容积）等信息，填写试验样车记录表（见附录 A）。

5.1.2 检查车辆装备完整性及装配调整情况，应符合该车装配调整技术条件及 GB 7258 的有关规定。确认试验车辆已达到制造商规定的磨合里程要求。

5.2 试验配载

根据制造商的设计目标或使用要求设定，并按照 GB/T 12534 确定的方法进行装载。

5.3 安全试验

燃料电池电动汽车的车辆安全应按 GB/T 24549-2020 的规定进行测试，测试项目包括整车绝缘性能、氢气泄漏检测、怠速尾气排放等，确保试验车辆安全性能达标。

5.4 传感器安装与调试

5.4.1 传感器布置

根据不同燃料电池电动汽车的结构特征，在关键部件处安装传感器，具体测点位置及传感器类型应符合表 1 要求（测点布置可根据实际情况调整），并填写传感器布置记录表（见附录 B.1）。

表 1 传感器类型及测点安装（示例）

序号	系统	部件名称	传感器类型	采样率（Hz）	精度
1	燃料电池系统	燃料电池堆悬置	加速度传感器	512	频率响应： $\leq \pm 2\%$ 相对线性度： $\leq \pm 0.5\%$
2		空压机悬置			
3		氢气循环泵悬置			
4	车载氢系统	储氢瓶悬置	加速度传感器	512	同上
5		氢瓶支架			
6		高压阀件			
7	三电系统	DC/DC	加速度传感器	512	同上
8		电机及电机控制器			
9		动力电池			
10	车轮	轴头	加速度传感器	512	同上
11			六分力传感器		
13		前轴（应力危险点）	六分力传感器		
14	其他	车身顶部	GPS 传感器	5 Hz	速度： $\pm 0.5\%$
注：测点布置可根据实际情况调整。					

5.4.2 调试与校准

将传感器连接数据采集设备，进行设备调试与校准，确保传感器信号采集准确、稳定，数据传输正常。

5.5 试验方案制定

制定道路载荷谱采集试验方案，方案应包含用户道路类型（结合 4.2.1 收集的用户道路及行驶工况信息）、试验配载（按 5.2 要求）、传感器类型及测点位置（按 5.4.1 要求）、采集路线和采集里程、试验场强化道路类型及试验车速等内容，填写采集试验记录表（见附录 B.2、B.3）。

6 耐久性行驶试验步骤

6.1 试验流程

燃料电池电动汽车耐久性行驶试验步骤，主要包括道路载荷谱采集试验策划、载荷谱采集、载荷谱数据处理、用户关联分析与计算、耐久性行驶试验等环节，如图1所示。

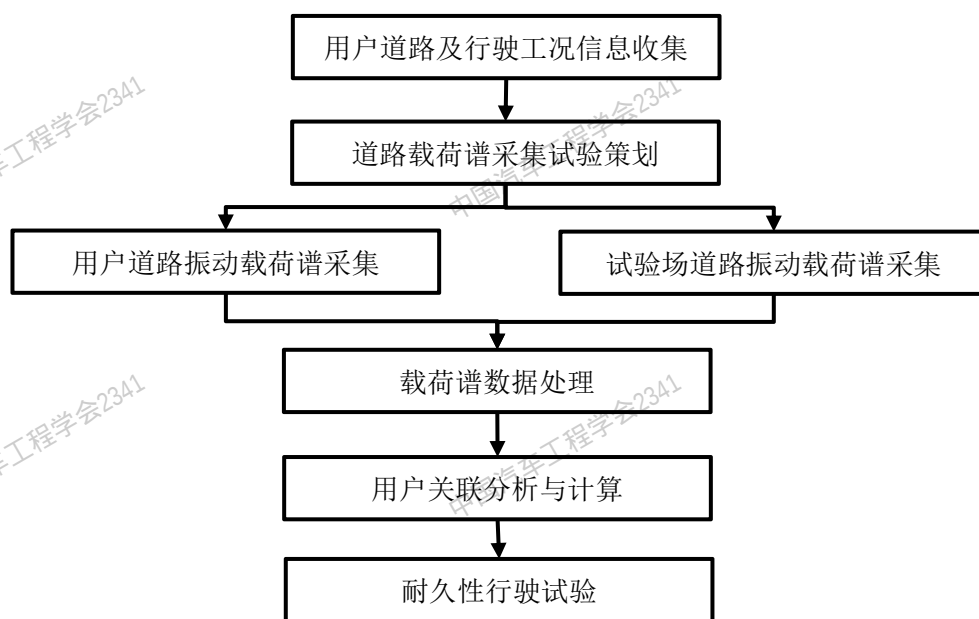


图1 试验程序流程

6.2 道路载荷谱采集

6.2.1 用户道路载荷谱采集

根据5.5制定的试验方案，确定用户典型道路试验的采集区域、道路类型及采集路线。

根据采集路线及用户道路采集循环次数，确定采集里程，确保采集数据能覆盖用户主要使用场景。

按照 5.4.1 要求安装传感器并完成调试后，开展用户道路的载荷谱数据采集，实时记录传感器采集的加速度、力等信号数据，并填写用户道路采集记录表（见附录 B.3）。

6.2.2 试验场道路载荷谱采集

根据目标试验场具备的强化道路类型（如大卵石路、搓板路等），确定采集道路。

试验场强化道路载荷谱数据采集试验不低于3次，根据采集路线和采集的重复次数确定采集里程。

按照 5.4.1 要求安装传感器并完成调试后，开展试验场道路载荷谱数据采集，记录相关信号数据，并填写试验道路采集记录表（见附录 B.2）。

6.3 载荷谱数据处理

6.3.1 异常数据处理

检查用户道路及试验场道路的载荷谱原始数据，并对存在偏移、漂移等异常数据进行修正，剔除无效数据，确保数据准确性。

6.3.2 数据截取

按照道路类型（如高速路、城市路、试验场强化道路等）或行驶工况（如匀速、加速、减速）截取用户道路及试验场道路的载荷谱数据，得到有效的振动载荷谱数据。

6.4 用户关联分析

6.4.1 用户目标损伤确定

对用户工况下各振动载荷谱数据片段进行伪损伤计算，处理成单公里损伤值。伪损伤值计算时使用的应力-寿命（S-N）曲线，其斜率 K 值应为 3、5 或 7 中的一个，截距值宜为 1000。

根据燃料电池电动汽车用户使用工况定义结果（结合 4.2.1 收集的用户道路及行驶工况信息），对各片段的伪损伤值按要求进行累加，并外推至车辆的全生命周期里程，得到用户道路载荷谱的损伤分布，选取目标百分位点的伪损伤值即为用户目标损伤。

6.4.2 试验场工况定义

对试验场各强化道路工况进行伪损伤计算，以用户目标损伤为基准，进行试验场内各工况的组合和循环次数匹配，使车辆的关键振动测点在在试验场工况下与用户目标损伤一致。用户关联计算方法按公式（1）计算。

$$\begin{pmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & \cdots & X_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中：

M 为试验场特征强化道路工况总数，N 为关键振动测点总数；

矩阵 X_{nm} ——第 n 个振动测点在试验场第 m 个特征强化道路工况下的伪损伤值；

矩阵 A_m ——试验场各强化道路的循环次数，m 为试验场第 m 个特征工况的循环数， $m=1, 2, \dots, m$ ；

矩阵 Y_n ——用户目标损伤。其中，n 为用户目标损伤中第 n 个测点的伪损伤值， $n=1, 2, \dots$ 。

6.4.3 工况组合及循环次数确定

按公式（1）计算试验场各特征工况循环次数没有唯一解，推荐以下几个方面来确定较合理的工况组合及循环次数：

a) 用户目标损伤与试验场强化道路组合的损伤值相比，比值应在 0.5~2 之间，且总体算数平均值接近 1；

b) 试验场强化道路组合方案需满足是试验时的安全要求，且便于操作、易于控制。

6.4.4 试验场强化系数

试验场试验工况确定后，将用户使用工况定义下的全生命周期里程与该试验场工况下行驶的总里程相比，比值即为试验场强化系数。

6.5 耐久性行驶试验实施

6.5.1 试验程序制定

根据用户关联分析与计算结果，确定试验场强化道路试验工况。结合试验场强化路面的特征、排序、可操作性、安全性等，通过制定合理的循环方案，得到耐久性行驶试验程序。耐久性行驶试验路况和里程分配示例见附录C。

6.5.2 试验程序控制

试验过程中，应按照制定的试验程序行驶，实时监控车辆状态及传感器数据，记录试验过程中的异常情况。

车辆行驶速度应符合试验方案规定，在不同类型的试验场强化道路上行驶时，应保持推荐车速（如乘用车在大卵石路、搓板路等道路上的推荐车速为 40-50 km/h，具体可参考附录 C）。

6.5.3 试验终止条件

故障的发现、判断和处理应按GB/T 12679中的规定，汽车发生故障应立即停车检查，原则上要及时排除故障。车辆在试验过程中不应出现1、2类故障。

注:1类故障指已有或将有破坏性情况发生,导致系统功能丧失,可能造成人身危险或车辆主要总成报废的故障,需要采取紧急停机并发出警示的措施;2类故障指系统性能严重降低或主要总成损坏,无法继续运行,尚不构成人身危险的故障,可采取正常停机并发出警示的措施。

6.5.4 试验后安全检查

车辆在试验过程中不应出现影响其动力性能的故障：试验结束后整车绝缘性能、氢气泄露和怠速尾气排放应符合GB/T 24549-2020中的规定。

附录 A

(资料性)

试验样车记录表

表 A.1 规定了燃料电池电动汽车试验样车试验记录信息。

表 A.1 试验车接车检查记录表

车辆型号		生产厂商	
VIN		出厂日期	
车辆类型		燃料电池总功率 (kW)	
整备质量 (kg)		最大总质量 (kg)	
储氢容器工作压力 (MPa)		储氢容器容积 (L)	
储氢容器形式		储氢容器额定工作 压力 (MPa)	
电堆参数	型号		
	输出电压 (V)		
	输出电流 (A)		
	额定功率 (kW)		
	环境温度 (℃)		
序号	车辆检查问题记录		
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

中国汽车工程学会2341

1.1 传感器布置记录表

1.1 传感器布置记录表

1.1 传感器布置记录表

9	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

2 试验道路采集记录表	
VIN	

[illegible]

表 B.3 用户道路采集记录表

[illegible]

附录 C

(资料性)

燃料电池电动汽车耐久性行驶试验路况和里程分配

表 C.1 规定了燃料电池电动汽车耐久性行驶试验路况和里程分配程序示例。

表 C.1 耐久性行驶试验程序 (示例)

序号	车辆类型	路面名称	推荐车速 (km/h)	路面长度 (km)
1	乘用车	大卵石路	40-50	2400
2		搓板路1	40-50	2400
3		石块路丙1	40-50	2400
4		石块路乙	40-50	2400
5		小卵石路	40-50	2400
6		搓板路2	40-50	2400
7		石块路丙2	40-50	2400
8		短波路	40-50	2400
9		长波路	40-50	2400
11	城市公交车	卵石路乙	35-45	1350
12		搓板路丙	35-45	1350
13		短波路	35-45	1350
14		石块路丙 1	35-45	1350
15		石块路丙 2	35-45	1350
16		石块路乙	35-45	1350
17		长波路	35-45	1350
19	牵引车	大卵石路	25-35	3000
20		石块路丙1	25-35	3000
21		石块路乙	25-35	3000
22		小卵石路	25-35	3000
23		石块路丙2	25-35	3000
24		短波路	25-35	3000
25		长波路	55-65	3000

表 C.1 耐久性行驶试验程序（示例）（续）

26	载货车	大卵石路	45-50	3500
27		搓板路1	65-70	3500
28		石块路丙1	25-35	3500
29		石块路乙	20-30	3500
30		小卵石	35-40	3500
31		搓板路2	45-50	3500
32		石块路丙2	25-30	3500
33		短波路	25-30	3500
34		长波路	60-70	3500