

# GB/T 43252-2023 《燃料电池电动汽车能量消耗量及续驶里程试验方法》标准应用解读

吴诗雨<sup>1, 2\*</sup> 王国卓<sup>1, 2</sup> 王志军<sup>1, 2</sup> 郭婷<sup>1, 2</sup>

(1. 中国汽车技术研究中心有限公司; 2. 中汽研汽车检验中心(天津)有限公司)

**摘要:** 随着燃料电池汽车技术的不断发展,其相关标准体系逐步完善。近期,GB/T 43252-2023已发布实施,本文从标准适用范围、试验准备条件、样品车辆分类方法、不同车辆试验程序和数据处理方法等方面对标准做出解读分析,旨在为行业相关技术人员在应用该标准开展试验过程中提供参考,共同促进燃料电池汽车能量消耗量和续驶里程测评技术的进一步发展。

**关键词:** 燃料电池汽车, 能量消耗量, 续驶里程, 试验方法

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.03.017

## Analysis of the Application of National Standard GB/T 43252-2023, Test methods of energy consumption and range for fuel cell electric vehicles

WU Shi-yu<sup>1,2\*</sup> WANG Guo-zhuo<sup>1,2</sup> WANG Zhi-jun<sup>1,2</sup> GUO Ting<sup>1,2</sup>

(1. China Automotive Technology Research Center Co., Ltd.;

2. China Automotive Inspection Center (Tianjin) Co., Ltd)

**Abstract:** With the development of fuel cell vehicle technology, the related standards system is gradually improving. Recently, the Chinese national standard GB/T 43252-2023 has been released and implemented. In this paper, the standard is analyzed from the aspects of its scope of application, test preparation conditions, sample vehicle classification methods, different vehicle test procedures, and data processing methods. The aim is to provide reference for relevant technical personnel in the industry to apply the standard, and jointly promote the further development of energy consumption and range assessment technology for fuel cell vehicles.

**Keywords:** fuel cell vehicles, energy consumption, range, test methods

## 0 引言

目前,全球能源和环境危机日益加剧,氢能作为一种新型能源技术受到各国政府的重视。燃料

电池汽车作为氢能的主要应用对象之一,其具有能量密度大、转化效率高、零污染等技术优势<sup>[1-4]</sup>。

我国政府大力支持燃料电池汽车技术发展,先后成立上海、广东、京津冀、河南、河北五大城市示

**基金项目:** 本文受吉林省科学技术厅、长春市科学技术局燃料电池测试评价关键技术开发项目(项目编号:20220301011GX)资助。

**作者简介:** 吴诗雨,通信作者,硕士研究生,工程师,研究方向为新能源汽车测试评价技术。

王国卓,博士研究生,高级工程师,研究方向为新能源汽车测试评价技术。

王志军,硕士研究生,工程师,研究方向为整车测试评价技术。

郭婷,博士研究生,高级工程师,研究方向为燃料电池汽车测试评价技术。

范群以加快其商业化应用,进而带动其产业链技术提升。

由于燃料电池汽车产业尚处于起步阶段,其相关技术、标准领域尚未完成体系化建设。在传统汽车性能标准体系中,主要从汽车动力性、制动性、操纵稳定性、经济性等方面开展标准布局<sup>[5]</sup>。考虑到燃料电池汽车与传统汽车的技术差异主要在于发动机技术,因此在其相关标准制定过程中差异化考虑即可。2023年11月,国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会发布了GB/T 43252-2023《燃料电池电动汽车能量消耗量及续驶里程试验方法》,以下简称《标准》,围绕燃料电池电动汽车在底盘测功机上开展能量消耗量和续驶里程测量试验给出明确方法。本文通过对标准研读和开展车辆验证试验工作,对标准的实际测试应用要求做出解读,供行业技术人员参考。

## 1 标准的适用范围和主要内容

标准对使用压缩气态氢气的M类和N类燃料电池电动汽车在底盘测功机上进行能量消耗量及续驶里程测试给出试验方法。主要内容包括:试验条件、试验车辆分类方法、试验方法、加氢技术规范 and 数据处理要求等。

## 2 标准主要内容说明和实际应用解析

### 2.1 试验条件

《标准》主要从试验车辆状态、测试环境温度、试验驾驶模式、行驶阻力设定和试验公差要求5部分对试验样车的试验条件做出明确规定。在试验期间,建议对试验条件方面着重进行以下准备事项:(1)试验前车辆磨合:考虑到大部分燃料电池汽车的动力形式为“燃料电池堆+动力电池”组合,试验前车辆磨合需要采用燃料电池系统驱动行驶300km;(2)试验前浸车:浸车时间要求不少于2小时,浸车温度为 $23 \pm 3^\circ\text{C}$ ;(3)行驶阻力测定:试验前需要按照GB/T 18352.6-2016或GB/T 27840-2021中的相关规定完成车辆行驶阻力测试。汽车

检测机构在确保车辆行驶阻力曲线可靠的情况下可以按照车辆制造商提供的行驶阻力参数开展测试;(4)针对驾驶模式选择和试验公差要求方面,《标准》无特殊要求,按照标准5.3和5.5中的规定开展试验即可。

### 2.2 试验车辆分类方法

燃料电池电动汽车的动力系统包括燃料电池堆和动力电池两部分。《标准》中将燃料电池汽车分为2类:A类车辆和B类车辆。其分类依据为样车测试期间动力电池的能量变化量与消耗氢气所含能量的比值 $\alpha$ :若 $\alpha$ 小于等于1%,则判断车辆为A类车辆,否则,测试车辆为B类车辆。 $\alpha$ 数值侧面反映了测试车辆燃料电池性质“纯度”, $\alpha$ 数值越小,燃料电池堆在车辆驱动中占比越大,车辆燃料电池性质“纯度”越高。其计算公示如下:

$$\alpha = \left| \frac{\Delta E}{m_{TH} \times q_1} \right| \times 100\% \quad (1)$$

式中:

$\Delta E$ 表示试验总循环下REESS的净能量变化量;

$m_{TH}$ 表示试验总循环下氢气质量;

$q_1$ 表示氢气低热值。

### 2.3 A类车辆试验方法

根据《标准》2.2中车辆分类方法可知,对于A类车辆来说,燃料电池堆是其主要动力来源,动力电池对其续驶里程的贡献仅在1%以内。因此,对于A类车辆的能量消耗量和续驶里程试验,可以按照短缩法进行测试,即先开展固定循环工况次数测试,之后依据测试结果等比例计算续驶里程。

#### 2.3.1 试验测试程序

图1展示了A类车辆能量消耗量和续驶里程的测试程序。试验整体可以分为3个阶段:试验准备阶段、循环工况测试阶段和车辆截止压力测试阶段。其中,试验准备和循环工况测试期间采用外部供氢方式为车辆提供燃料,在截止压力测试期间采用车载供氢方式为车辆提供燃料。

试验准备期间,《标准》要求车辆制造商对车辆动力电池SOC进行调整,定义车辆初始试验状态;之后基于车辆道路行驶阻力曲线,在底盘测功

机上进行阻力滑行试验,实现底盘测功机对试验车辆在道路状态下的行驶阻力模拟。阻力模拟完成后需要对试验车辆开展1个循环工况的预热准备,预热完成后车辆静置15分钟。

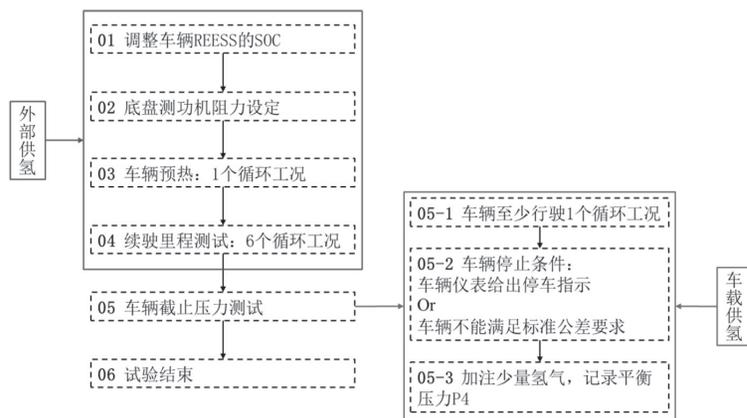


图1 A类车辆短缩法试验程序说明图

在循环工况测试阶段,《标准》要求根据表1对不同的车辆类型开展6个循环工况的测试。标准中在A类车辆测试工况中没有给出M1类、N1类和最大设计总质量不超过3500kg的M2类以及最大设计总质量大于3500kg的城市客车类3种车辆的测试工况,建议实际开展试验时参照表2中B类车辆测试工况开展,测试工况循环数与表1中其他类别车辆保持一致。试验需要测量的物理量包括:动力电池的电压、电流,车辆行驶的距离和试验消耗的氢气质量。其中,氢气消耗量可按照GB/T 35178中规定方法测试。

由图1可知,在车辆循环工况测试完成后,需要测量车辆的截止压力,用于后续计算车辆可用氢气的量。在车辆截止压力测试时,要求车辆自身携带的

氢气量能够保证其至少行驶1个循环工况。当车辆仪表给出停车指示或车辆无法满足标准5.5中规定的公差要求时,停止循环工况测试,为车辆加注不多于0.05kg的氢气,记录此时的平衡压力即为车辆截止压力。

A类车辆续驶里程和能量消耗量短缩法测试试验主要包含上述试验步骤,需要注意的是:试验时样车自身携带的氢气至少要保证车辆行驶1个循环工况,建议车辆制造商和检测机构对车辆氢瓶合理加注氢气,避免截止压力测试时间过长浪费人力物力,以提高试验效率。

### 2.3.2 数据处理方法

A类车辆的试验结果指标主要有车辆百公里氢气消耗量和汽车续驶里程。其中,车辆百公里氢气消耗量依据试验期间6个循环工况的测试数据计算,公式如下:

$$C_{H_2} = \frac{m_{TH}}{10 \times D_T} \quad (2)$$

式中:

$C_{H_2}$ 表示车辆每百公里氢气消耗量;

$m_{TH}$ 表示试验期间车辆实际测量的氢气消耗量;

$D_T$ 表示试验中车辆实际行驶里程。

车辆续驶里程计算公式如下:

$$D = \frac{m_{H_2}}{10 \times C_{H_2}} \quad (3)$$

式中:

D表示车辆续驶里程;

$m_{H_2}$ 表示车辆可用氢气的量。

表1 不同A类车辆测试工况及循环数

车辆类型	测试工况	循环工况数量/个
最大设计总质量大于3500kg的客车(不含城市客车)类	客车(不含城市客车)行驶工况(CHTC-C)	6
最大设计总质量大于5500kg的货车类	货车(GVW>5500kg)行驶工况(CHTC-HT)	6
最大设计总质量大于3500kg,不超过5500kg的货车类	货车(GVW≤5500kg)行驶工况(CHTC-LT)	6
最大设计总质量大于3500kg的自卸汽车类	自卸汽车行驶工况(CHTC-D)	6
最大设计总质量大于3500kg的半挂牵引车类	半挂牵引车行驶工况(CHTC-S)	6

其中, 车辆可用氢气量根据GB/T 35178-2017中附录A规定的方法计算, 计算时储氢瓶的初始压力为公称压力, 截止压力按照2.3.1中测试值计算。

### 2.4 B类车辆试验方法

根据2.2中车辆分类方法, B类车动力电池的能量占比相对较大, 即在B类车行驶期间动力电池和燃料电池堆共同给车辆提供动力输出。由于动力电池和燃料电池堆共同作为车辆动力源, 在开展车辆能量消耗量测试期间需要分别表征两种动力源对车辆行驶的贡献。因此, 需要利用“跑完法”消耗车辆全部能量后对动力电池和燃料电池堆的能量贡献分别计算, 以完成B类车辆续驶里程和能量消耗量的表征测试。

#### 2.4.1 试验测试程序

图2展示了B类车辆能量消耗量和续驶里程的整体测试程序。在B类车辆试验期间, 车辆的供氢方式统一采用车内供氢。

由图2可知, 试验执行期间首先要对车辆完成底盘测功机阻力设定, 之后对车辆进行两次加氢:

“粗加氢+精确加氢”。在粗加氢时, 将氢气加注至车辆SOC的90%以上即可, 再根据图2要求完成精确加氢。其中, 精确加氢的关键是根据环境温度计算目标压力加氢完成2h后对气瓶压力与目标压力进行差值计算, 如果不能满足标准要求需要重复加氢以保证车辆满氢状态。加氢完成后调整车辆

REESS的SOC状态即完成全部准备工作。

在车辆试验阶段, 按照表2中规定的工况对不同车辆类型开展测试。试验期间需要测量燃料电池堆电压、燃料电池堆电流、REESS电压、REESS电流和车辆行驶的距离。当车辆仪表给出停车指示或车辆不能满足标准5.5中规定的公差要求时, 试验结束。之后, 按照车辆类别分别进行充电和试验后加氢的操作并记录相关数据。

表2 不同B类车辆对应测试工况

车辆类型	测试工况
M1类	乘用车行驶工况 (CLTC-P)
N1类和最大设计总质量不超过3500kg的M2类	轻型商用车行驶工况 (CLTC-C)
最大设计总质量大于3500kg的城市客车类	城市客车行驶工况 (CHTC-B)
最大设计总质量大于3500kg的客车 (不含城市客车) 类	客车 (不含城市客车) 行驶工况 (CHTC-C)
最大设计总质量大于5500kg的货车类	货车 (GVW>5500kg) 行驶工况 (CHTC-HT)
最大设计总质量大于3500kg, 不超过5500kg的货车类	货车 (GVW≤5500kg) 行驶工况 (CHTC-LT)
最大设计总质量大于3500kg的自卸汽车类	自卸汽车行驶工况 (CHTC-D)
最大设计总质量大于3500kg的半挂牵引车类	半挂牵引车行驶工况 (CHTC-S)

#### 2.4.2 数据处理方法

《标准》中将B类车辆细分为可外接充电式

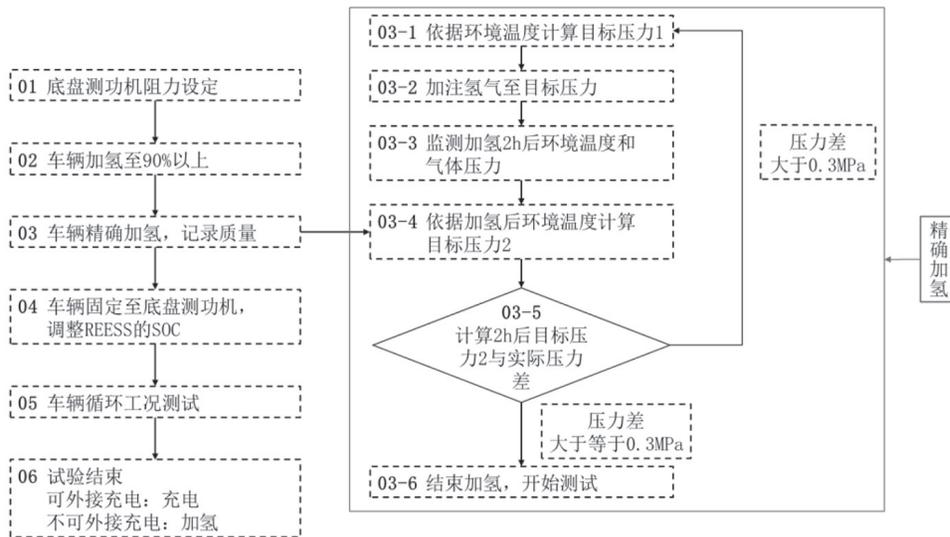


图2 B类车辆跑完法试验程序说明图

燃料电池汽车和不可外接充电式燃料电池汽车两类。对于可外接充电式燃料电池汽车,试验结果指标主要有REESS贡献的续驶里程、燃料电池堆贡献的续驶里程、百公里氢气消耗量和百公里电能消耗量。其中,REESS和燃料电池堆贡献的续驶里程依据各自输出能量占比进行计算,各个指标计算公式如下:

$$D_{REESS} = D \times \eta_{REESS} \quad (4)$$

式中:

$D_{REESS}$  表示车辆REESS贡献的续驶里程;

$D$  表示车辆试验续驶里程;

$\eta_{REESS}$  表示车辆REESS输出能量占总能量的百分比。

$$D_{FC} = D \times \eta_{FC} \quad (5)$$

式中:

$D_{FC}$  表示车辆燃料电池堆贡献的续驶里程;

$\eta_{FC}$  表示车辆燃料电池堆输出能量占总能量的百分比。

$$C_{H_2} = \frac{m_{TH}}{10 \times D_{FC}} \quad (6)$$

式中:

$m_{TH}$  表示试验车辆消耗的氢气质量;

$C_{H_2}$  表示车辆百公里氢气消耗量。

$$C_E = 100 \times \frac{E}{D_{REESS}} \quad (7)$$

式中:

$E$  表示试验结束后车辆充电来自电网的能量;

$C_E$  表示车辆百公里电能消耗量。

对于不可外接充电式燃料电池汽车,在数据处理过程中需要按照公式(8)对REESS在试验期间的能量贡献量进行计算,以判断其是否对车辆续驶里程有贡献。如果REESS的净能量变化量大于0,则需要按照公式(4-6)计算REESS贡献的续驶里程、燃料电池堆贡献的续驶里程和车辆百公里氢气消耗量。如果REESS的净能量变化量小于等于0,表示车辆续驶里程全部由燃料电池堆贡献,按照公式(6)计算车辆百公里氢气消耗量。

$$E_{REESS} = \int_0^T U_{REESS} \times I_{REESS} dt / 1000 \quad (8)$$

式中:

$E_{REESS}$  表示REESS的净能量变化量;

$T$  表示试验总时长;

$U_{REESS}$  表示REESS输出电压;

$I_{REESS}$  表示REESS输出电流。

### 3 结语

本文对标准GB/T 43252-2023《燃料电池电动汽车能量消耗量及续驶里程试验方法》从标准使用范围、试验条件准备、试验样品分类、不同类别车辆试验程序及数据处理方法等方面展开解读,通过对标准内容的全面梳理,为行业技术人员在标准实际应用过程中提供参考,有助于燃料电池汽车能量测评技术的进一步发展。

#### 参考文献

- [1] 郝旭辉,刘继烈,王永军,等. 氢燃料电池汽车: 汽车动力的革命——访中国工程院院士 李骏[J]. 汽车技术, 2018(04): 1-3.
- [2] 丛铭,马天才,王凯,等. 基于新型神经网络的燃料电池性能衰减预测[J]. 汽车技术, 2022(9): 23-29.
- [3] 郭温文,李剑铮. 氢燃料电池发动机耐久试验方法研究[J]. 汽车技术, 2021(09):33-37.
- [4] 孙田,郝冬,陈光,等. SAE J3121\_202202《氢燃料汽车碰撞试验实验室安全指南》标准解析[J]. 标准科学, 2023(09):52-55.
- [5] 余志生. 汽车理论(第5版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.