ICS 27.070
K 82

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 23645—2009

# 乘用车用燃料电池发电系统测试方法

**Test methods of fuel cell power system for passenger cars**

2009-04-21 发布　　2009-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会　发布

# 目　　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　测试用仪表精度的要求 …… 2
5　试验前准备工作及试验条件 …… 2
6　性能试验方法 …… 2
附录 A（规范性附录）　相关计算公式 …… 6
附录 B（资料性附录）　测试报告 …… 7

# 前　言

本标准的附录A是规范性附录，附录B是资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国燃料电池标准化技术委员会(SAC/TC 342)归口。

本标准负责起草单位：同济大学。

本标准参加起草单位：机械工业北京电工技术经济研究所、上海攀业氢能源科技有限公司、上海神力科技有限公司。

本标准主要起草人：侯永平、孙泽昌、余卓平、卢琛钰、马建新、王哲、张若谷、周鋐、董辉等。

本标准为首次发布。

# 乘用车用燃料电池发电系统测试方法

## 1 范围

本标准规定了乘用车用燃料电池发电系统测试方面的术语和定义、测试用仪表精度的要求、试验前准备工作及试验条件和性能试验方法。

本标准规定的测试内容包括：常规性能检测、起动特性测试、稳态特性测试、额定功率特性测试、峰值功率特性测试和动态响应特性测试。

本标准适用于乘用车用质子交换膜燃料电池发电系统。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 18384.3—2001 电动汽车 安全要求 第3部分：人员触电防护(ISO/DIS 6469-3：2000，EQV)

GB/T 20042.1 质子交换膜燃料电池 术语

## 3 术语和定义

GB/T 20042.1 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

**发电系统净输出功率 net output power of power system**

燃料电池堆输出功率减去辅助系统消耗的功率后所剩的功率，即燃料电池发电系统净输出功率，也简称发电系统功率。

3.2

**电池堆效率 efficiency of fuel cell stack**

燃料电池堆单位时间内所消耗燃料的能量转化为输出功率的份额，规定以氢气低热值($LHV_{H_2}$)计算。计算公式见附录A。

3.3

**发电系统效率 efficiency of power system**

燃料电池发电系统单位时间内所消耗燃料的能量转化为有效功率的份额，规定以氢气低热值($LHV_{H_2}$)计算。计算公式见附录A。

3.4

**怠速工况 idle state**

发电系统处于工作状态，能维持自身工作，而不对外输出功率的工况。

3.5

**冷机状态 cold state**

燃料电池发电系统内部温度(冷却液出口温度)与环境温度相同。

3.6

**热机状态 hot state**

燃料电池发电系统内部温度处于正常工作温度范围(正常工作温度由制造商规定)内。

## 4 测试用仪表精度的要求

测试用仪表精度要求见表1。

**表1 测试用仪表精度要求**

| 名称 | 规定精度 | 备注 |
|---|---|---|
| 电压传感器 | ≤0.5% | FS(满量程) |
| 电流传感器 | ≤0.5% | FS(满量程) |
| 温度计 | ±1 ℃ | |
| 湿度计 | ±3% | 相对湿度 |
| 氢气流量计 | ≤1% | 按照相对误差计 |
| 冷却液流量计 | ≤1% | FS(满量程) |
| 称重衡器 | ≤0.5% | FS(满量程) |

## 5 试验前准备工作及试验条件

### 5.1 试验前准备工作

a) 试验前12 h按照5.2.3做好燃料电池发电系统的准备工作,然后将燃料电池发电系统封存;

b) 在试验之前不得对燃料电池发电系统做任何改动。

### 5.2 一般试验条件

#### 5.2.1 燃料电池发电系统的要求

燃料电池发电系统应满足以下要求:

——燃料电池发电系统各系统要完整,能够在外接氢源的条件下正常运行;

——燃料电池发电系统要有可靠的安全保障系统;

——燃料电池发电系统在测试过程中不允许补充冷却液及加湿用水。

#### 5.2.2 测试条件

测试方应提供以下测试条件:

——氢气高压气源,纯度满足使用要求;

——控制电源(如DC12 V电源、DC24 V电源等);

——直流辅助动力电源。

#### 5.2.3 测试前燃料电池发电系统状态规定

测试前燃料电池发电系统状态应符合以下规定:

——冷却液加注完成;

——通氢气后燃料电池发电系统即可工作。

#### 5.2.4 制造商在测试前向测试方提供燃料电池发电系统相关技术参数。

## 6 性能试验方法

### 6.1 冷机方法

燃料电池发电系统(冷却液加注完成)在规定的温度和湿度条件下保温足够长的时间以保证燃料电池发电系统内部温度与环境温度相同,静置时间至少为12 h。

### 6.2 热机方法

按照制造商的使用规定,使燃料电池发电系统在一定功率下工作,同时监测燃料电池堆冷却液的出口温度,一旦燃料电池堆冷却液的出口温度达到正常工作温度,即认为燃料电池发电系统达到热机

状态。

### 6.3 常规性能检测

#### 6.3.1 发电系统质量

测量燃料电池堆和辅助系统(包括氢气供应系统、空气供应系统、控制系统、水热管理系统等)的质量(应包括冷却液及加湿用水的质量)。

#### 6.3.2 电池堆的体积

测量燃料电池堆三个方向的最大尺寸,计算燃料电池堆的最大外围体积。

#### 6.3.3 绝缘电阻检测

在整个试验结束后,不连接负载并加注冷却液和加湿用水的冷态条件下(冷却泵运转),用兆欧表分别测量燃料电池堆正负极输出端相对于发电系统机箱的绝缘电阻,绝缘电阻值符合 GB/T 18384.3—2001 的规定。

### 6.4 起动特性测试

#### 6.4.1 怠速起动测试

##### 6.4.1.1 试验方法

a) 根据试验要求对燃料电池发电系统进行冷机(见 6.1)或者热机(见 6.2)过程预处理;

b) 预处理过程结束后,按照制造商建议的起动操作步骤起动燃料电池发电系统;

c) 燃料电池发电系统起动后,在怠速状态下能够持续稳定运行 10 min,则燃料电池发电系统怠速起动成功,否则怠速起动失败;

d) 试验过程应自动进行,不能有人工干预。

##### 6.4.1.2 数据整理

试验中测量的数据:起动时间、冷却液起始温度、燃料电池堆的电压、燃料电池堆的电流、辅助系统的电压、辅助系统的电流、氢气的消耗量。

##### 6.4.1.3 评价指标

起动时间。

#### 6.4.2 额定功率起动测试

##### 6.4.2.1 试验方法

a) 根据试验要求对燃料电池发电系统进行冷机(见 6.1)或者热机(见 6.2)过程预处理;

b) 预处理过程结束后,按照制造商建议的起动操作步骤起动燃料电池发电系统;

c) 测试平台控制器按照制造商建议的方法向燃料电池发电系统发送工作指令,同时测试平台按照规定的加载方法进行加载,加载到额定功率点后燃料电池发电系统在额定功率下能够持续稳定运行 10 min,则燃料电池发电系统额定功率起动成功,否则额定功率起动失败;

d) 试验过程应自动进行,不能有人工干预。

注:规定的加载(卸载)方法:由测试方、制造商、用户根据使用要求协商确定。

##### 6.4.2.2 数据整理

试验中测量的数据:起动时间、冷却液起始温度、燃料电池堆的电压、燃料电池堆的电流、辅助系统的电压、辅助系统的电流、氢气的消耗量。

##### 6.4.2.3 评价指标

起动时间。

### 6.5 稳态特性测试

#### 6.5.1 试验方法

a) 在燃料电池发电系统工作范围内均匀选择 10 个或 10 个以上的工况点(工作模式可以采用功率工作模式和电流工作模式);

b) 对燃料电池发电系统按照 6.2 规定的方法进行热机;

c) 热机过程结束后，回到怠速状态运行 10 s；

d) 按照规定的加载方法加载到预先确定的工况点，在每个工况点至少持续稳定运行 3 min；

e) 试验过程应自动进行，不能有人工干预。

#### 6.5.2 数据整理

试验中测量的数据：燃料电池堆的电压、燃料电池堆的电流、辅助系统的电压、辅助系统的电流、氢气的消耗量。

#### 6.5.3 评价指标

燃料电池堆的极化特性曲线(V-I 曲线)、燃料电池堆的功率曲线、燃料电池堆的效率曲线；燃料电池发电系统的功率曲线、燃料电池发电系统的效率曲线；辅助系统的功率曲线。

### 6.6 额定功率特性测试

#### 6.6.1 试验方法

a) 对燃料电池发电系统按照 6.2 规定的方法进行热机；

b) 热机过程结束后，回到怠速状态运行 10 s；

c) 测试平台控制器按照制造商建议的方法向燃料电池发电系统发送工作指令，同时测试平台按照规定的加载方法进行加载，燃料电池发电系统达到设定功率(额定功率)后而且至少能够持续稳定运行 60 min，此功率即为额定功率；

d) 试验过程应自动进行，不能有人工干预。

#### 6.6.2 数据整理

试验中测量的数据：燃料电池堆的电压、燃料电池堆的电流、辅助系统的电压、辅助系统的电流、氢气的消耗量。

#### 6.6.3 评价指标

额定功率、额定功率点的持续工作时间。

### 6.7 峰值功率特性测试

#### 6.7.1 试验方法

a) 对燃料电池发电系统按照 6.2 规定的方法进行热机；

b) 热机过程结束后，回到怠速状态运行 10 s；

c) 测试平台控制器按照制造商建议的方法向燃料电池发电系统发送工作指令，同时测试平台按照规定的加载方法进行加载，燃料电池发电系统输出功率达到额定功率后在该功率点至少稳定运行 10 min，然后按照规定的加载方法加载到设定功率(即峰值功率)，在该功率点持续稳定运行设定的时间(根据产品技术要求确定)，到达设定的时间后按照制造商规定的卸载方法进行卸载，所测得的最大功率平均值即为峰值功率；

d) 试验过程应自动进行，不能有人工干预。

#### 6.7.2 数据整理

试验中测量的数据：峰值功率运行的时间、燃料电池堆的电压、燃料电池堆的电流、辅助系统的电压、辅助系统的电流、氢气的消耗量。

#### 6.7.3 评价指标

峰值功率、峰值功率运行时间。

### 6.8 动态响应特性测试

#### 6.8.1 试验方法

a) 对燃料电池发电系统按照 6.2 规定的方法进行热机；

b) 热机过程结束后，回到怠速状态运行 10 s；

c) 按照规定的加载方法加载到动态响应的起始功率点，在该功率点至少稳定运行 1 min；

d) 测试平台控制器向燃料电池发电系统发送动态阶跃工作指令，同时测试平台按照规定的加载

方法加载，直至达到动态阶跃的截止点，燃料电池发电系统在该功率点达到稳定状态后，至少持续稳定运行 10 min。记录动态过程的响应时间；

e) 试验过程应自动进行，不能有人工干预。

推荐取 $10\%P_E$～$90\%P_E$ 的响应时间作为评价燃料电池发电系统的动态响应指标。

注：$P_E$——燃料电池发电系统额定功率。

#### 6.8.2 数据整理

试验中测量的数据：动态阶跃响应时间、燃料电池堆的电压、燃料电池堆的电流、辅助系统的电压、辅助系统的电流、氢气的消耗量。

#### 6.8.3 评价指标

动态阶跃响应时间。

# 附 录 A
（规范性附录）
相关计算公式

## A.1 燃料电池堆的功率

燃料电池堆的功率按下式计算：

$$P_S = U \times I / 1\,000 \quad \cdots\cdots (A.1)$$

式中：

$P_S$——燃料电池堆的功率，单位为千瓦(kW)；

$U$——电压，单位为伏特(V)；

$I$——电流，单位为安培(A)。

## A.2 燃料电池发电系统功率

燃料电池发电系统功率按下式计算：

$$P_F = P_S - P_A \quad \cdots\cdots (A.2)$$

式中：

$P_F$——燃料电池发电系统的功率，单位为千瓦(kW)；

$P_S$——燃料电池堆的功率，单位为千瓦(kW)；

$P_A$——辅助系统消耗的功率，单位为千瓦(kW)。

## A.3 燃料电池堆效率

燃料电池堆效率按下式计算：

$$\eta_S = (1\,000 \times P_S)/(m_{H_2} \times LHV_{H_2}) \times 100\% \quad \cdots\cdots (A.3)$$

式中：

$\eta_S$——燃料电池堆效率，单位为%；

$P_S$——燃料电池堆的功率，单位为千瓦(kW)；

$m_{H_2}$——氢气流量，单位为克每秒(g/s)；

$LHV_{H_2}$——氢气低热值，$1.2\times10^5$ kJ/kg(标准状态：温度 $T=298$ K，压力 $P=0.1$ MPa)。

## A.4 燃料电池发电系统效率

燃料电池发电系统效率按下式计算：

$$\eta_F = (1\,000 \times P_F)/(m_{H_2} \times LHV_{H_2}) \times 100\% \quad \cdots\cdots (A.4)$$

式中：

$\eta_F$——燃料电池发电系统效率，单位为%；

$P_F$——燃料电池发电系统的功率，单位为千瓦(kW)；

$m_{H_2}$——氢气流量，单位为克每秒(g/s)；

$LHV_{H_2}$——氢气低热值，$1.2\times10^5$ kJ/kg(标准状态：温度 $T=298$ K，压力 $P=0.1$ MPa)。

# 附 录 B
（资料性附录）
测 试 报 告

## B.1 概述

根据所做试验，测试报告应提供足够多的正确、清晰和客观的数据用来进行分析和参考。报告应包含第6章中所有的数据。报告有三种形式，摘要式、详细式和完整式。每种类型的报告都应包含相应的标题页和内容目录。

## B.2 测试报告内容

### B.2.1 标题页

标题页应包括下列各项信息：

——报告编号；(可选择)

——报告的类型；(摘要式、详细式和完整式)

——报告的作者；

——试验者；

——报告日期；

——试验的场所；

——试验的名称；

——试验日期；

——发电系统鉴定机构和制造商的名称；

——用于试验的燃料种类；

——试验申请单位。

### B.2.2 目录

每种类型的报告都应提供一个目录。

### B.2.3 测试报告形式

#### B.2.3.1 摘要式报告

摘要式报告应包括下列各项信息：

——试验的目的；

——试验的种类、仪器和设备；

——所有的试验结果；

——结论。

#### B.2.3.2 详细式报告

详细式报告除包含摘要式报告的内容外，还应包括下列各项数据：

——发电系统的类型、操作方式和试验系统流程图；

——仪器和设备的安排、布置和操作条件的描述；

——仪器设备校准情况；

——用图或表的形式说明试验结果；

——试验结果的讨论分析。

#### B.2.3.3 完整式报告

完整式报告除了包含详细式报告的内容外，还应有原始数据的副本，此外还应包括下列各项：

——试验进行日期和时间；
——用于试验的测量设备的型号和精度；
——试验的环境条件；
——试验者的姓名和资格；
——完整和详细的不确定度分析；
——燃料分析结果。