

# DB37

## 山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 4097—2020

---

### 商用车用质子交换膜燃料电池堆耐久性 测评方法

Test&evaluation method for durability of proton exchange membrane fuel cell stack  
for commercial vehicles

2020 - 08 - 31 发布

2020 - 10 - 01 实施

---

山东省市场监督管理局 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 测试用仪器设备要求 ..... 1

5 测试条件 ..... 2

6 测试方法 ..... 2

7 耐久性评价 ..... 4

8 测试报告 ..... 4

附录 A（规范性附录） 燃料电池堆耐久性测试组合工况表 ..... 6

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由山东省工业和信息化厅提出、归口并组织实施。

本标准起草单位：潍柴动力股份有限公司、中国汽车技术研究中心有限公司、潍柴（潍坊）新能源科技有限公司、山东国创燃料电池技术创新中心有限公司。

本标准主要起草人：郝富强、王钦普、王志新、郭婷、张妍懿、朱晓春、程明岩、巩建坡、刘晓辉、王晓菲、朱洪超、王志浩、杜红。

本标准为首次发布。

# 商用车用质子交换膜燃料电池堆耐久性测评方法

## 1 范围

本标准规定了质子交换膜燃料电池堆耐久性测试的术语和定义、测试用仪器设备要求、测试条件、测试方法、耐久性评价及测试报告。

本标准适用于最大设计总质量大于3 500 kg商用车所搭载的质子交换膜燃料电池堆。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 20042.1 质子交换膜燃料电池 第1部分：术语
- GB/Z 27753 质子交换膜燃料电池膜电极工况适应性测试方法
- GB/T 36288—2018 燃料电池电动汽车 燃料电池堆安全要求
- GB/T 37244 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气
- GB/T 38146.2 中国汽车行驶工况 第2部分：重型商用车辆

## 3 术语和定义

GB/T 20042.1、GB/Z 27753界定的术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**基准电流工况** reference current condition

在燃料电池堆耐久性测评中以某特定电流为基准的工况。

## 4 测试用仪器设备要求

测试设备采用燃料电池堆测试台架，应能按照程序自动测量。测试台架使用的主要测试仪表及其准确度按照表1要求。

表1 测试台架使用的主要测量装置及其准确度要求

| 名称      | 准确度               |
|---------|-------------------|
| 湿度计     | 相对湿度不低于±3.0 %     |
| 温度计     | 不低于±1.0 ℃         |
| 压力传感器   | 不低于±1.0 kPa       |
| 燃料质量流量计 | 不低于±0.8 % FS（满量程） |

表 1 测试台架使用的主要测量装置及其准确度要求（续）

| 名称      | 准确度         |
|---------|-------------|
| 空气质量流量计 | 不低于±0.8% FS |
| 电压传感器   | 不低于±0.1% FS |
| 电流传感器   | 不低于±0.1% FS |

5 测试条件

5.1 测试对象

测试对象应为单一燃料电池堆或多个燃料电池堆的组合物。测试对象在测试设备上安装前应满足制造厂规定的基本性能、气密性和绝缘要求，且外观无损伤。

5.2 测试环境

- 本标准的测试环境条件为：
- 海拔：<1 000 m；
  - 温度：25 ℃±5 ℃；
  - 测试用燃料：纯度 99.97 %以上的氢气，并满足 GB/T 37244 的规定。

5.3 测试终止条件

- 燃料电池堆耐久性测试终止条件包括：
- 燃料电池堆不能稳定运行；
  - 某节燃料电池电压低于 0.3 V（水淹情况除外）；
  - 燃料电池堆额定电流下平均单片电压衰减≥20 %；
  - 试验过程中燃料电池堆空气侧排气中氢气的体积浓度高于 0.5 %；
  - 燃料电池堆气密性不满足制造厂指定的要求（每 20 次循环测试后，按制造厂指定的方法进行气密性测试）；
  - 不满足 GB/T 36288—2018 中 6.3 规定的电安全要求。

6 测试方法

6.1 燃料电池堆活化

按照制造厂规定的方法对燃料电池堆进行热机和活化，应达到制造厂指定的活化标准后，进行下一步测试。

6.2 额定电流测试

按照制造厂规定的方法对燃料电池堆进行加载，加载到额定电流后持续稳定运行60 min，记录燃料电池堆的额定电流为I<sub>1</sub>。

6.3 极化曲线测试

在燃料电池堆工作范围内均匀选择至少8个工况点，按照制造厂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5 min；按照制造厂规定的减载方法从预先确定的工况点减载

到OCV，在每个工况点至少持续稳定运行5 min。测试中燃料电池堆进气温度、进气湿度、进气压力、进气化学计量比、冷却液温度及压力等参数由制造厂指定。

分别对每个工况点在加载和减载过程中的平均单片电压做平均值，记录燃料电池堆的平均单片电压、功率和电流等数据，绘制“平均单片电压-电流”极化曲线图和“功率-电流”曲线图。

6.4 基准电流测试

燃料电池堆的基准电流为 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$ ，分别对应的平均单片电压由制造厂指定或选取0.70 V、0.75 V、0.85 V。根据“平均单片电压-电流”极化曲线测试结果，分别确定燃料电池堆的基准电流 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$ 。

6.5 组合工况循环测试

6.5.1 组合工况

按照GB/T 38146.2的规定，组合工况包括市区、城郊、高速三个速度区间，由启停工况、变载工况、怠速工况和额定工况等组成，按照对燃料电池堆性能影响的比重组合为一个循环谱图，以检测燃料电池堆的性能。一次完整的组合工况耗时9.5 h，包含10次启停过程，工况曲线如图1所示。工况逐秒数据见附录A。

组合工况按照基准电流分为四个工况：

- 基准电流工况一：高速速度区间，时间占比 33 %，在额定电流  $I_1$  下稳定运行 $\geq 45$  min；
- 基准电流工况二：城郊速度区间，时间占比 29 %，在基准电流  $I_2$  下稳定运行 $\geq 15$  min；
- 基准电流工况三：市区速度区间，时间占比 25 %，在基准电流  $I_3$  下稳定运行 $\geq 15$  min；
- 基准电流工况四：变载工况段，包含连续变载工况、启停工况、怠速工况等，时间占比 13 %，在基准电流  $I_4$  下稳定运行 $\geq 10$  min。

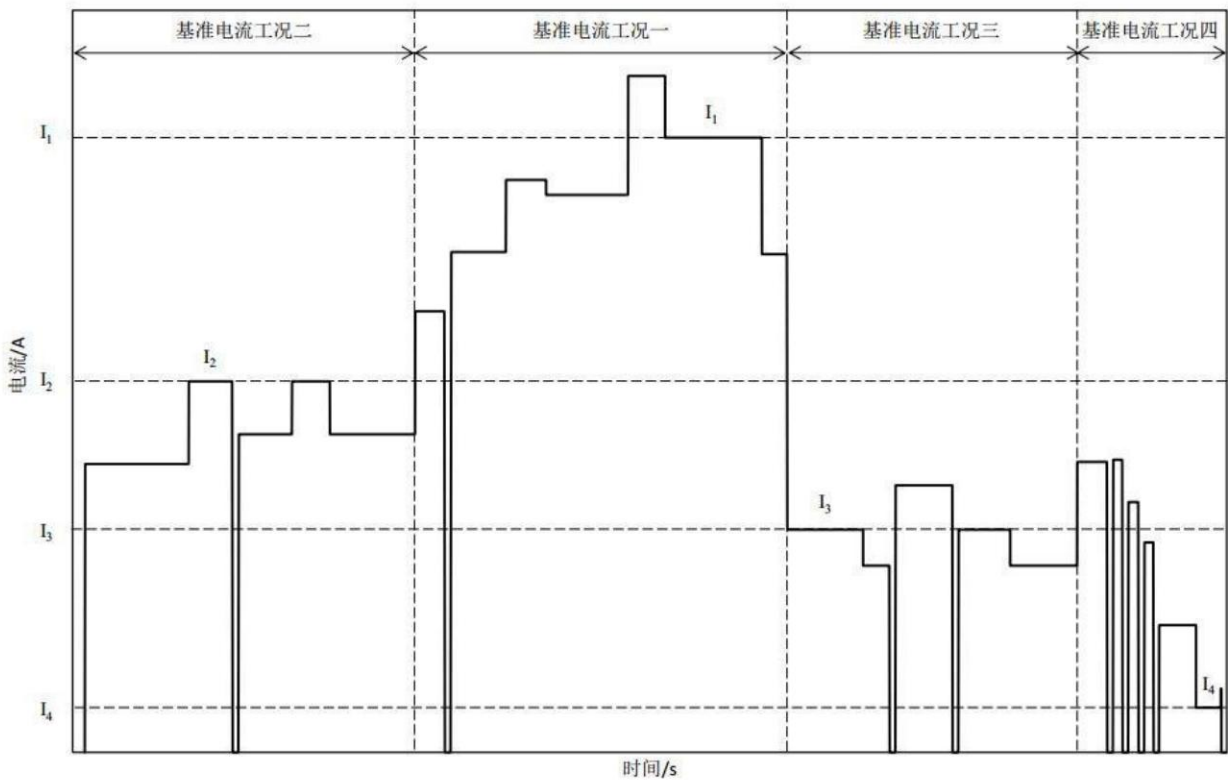


图1 燃料电池堆耐久性测试组合工况

按照组合工况进行一次测试，根据测试结果，绘制“功率-时间”曲线图，通过积分求平均值的方法得到组合工况测试过程中的平均功率。从“功率-电流”曲线图上得到平均功率对应的平均电流I。

6.5.2 组合工况循环测试

燃料电池堆耐久性测试按照组合工况进行循环测试，每个组合工况测试完成后，在平均电流I下持续稳定运行0.5 h。循环测试次数应不少于200次。单次组合工况测试过程中原则上不允许中断，如果发生中断不应计入循环次数。

记录每个循环测试过程中的电流、电压、功率和时间。

6.6 数据处理方法

分别取平均电流I在后120 s的平均单片电压 $V_{N-1}$ ，N为循环次数， $V_0$ 为燃料电池堆初始电压。

循环测试次数完成后，以平均单片电压 $V_{N-1}$ 为纵坐标，耐久运行时长为横坐标，绘制平均电流对应的“平均单片电压-运行时间”图（见图2所示），并对平均单片电压所有测量数据点做线性拟合，得到整个循环过程中的平均单片电压变化率 $v$ 。

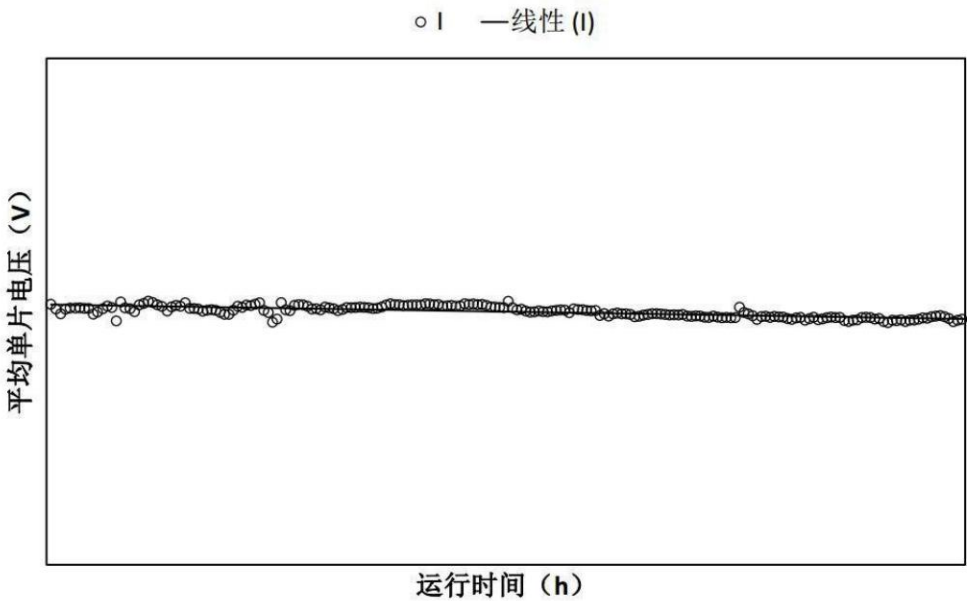


图2 平均单片电压-运行时间图

7 耐久性评价

组合工况循环测试下，燃料电池堆初始电压 $V_0$ 衰减15 %~20 %的预期运行时间范围 $t$ ：

$$\frac{0.15 \times V_0}{|v|} \leq t \leq \frac{0.2 \times V_0}{|v|}$$

式中：

- $V_0$  ——燃料电池堆初始电压，单位为伏（V）；
- $v$  ——平均单片电压变化率，单位为伏每小时（V/h），小数点后的位数应保留不少于8位；
- $t$  ——燃料电池堆的预期运行时间范围，单位为小时（h）。

8 测试报告

## 8.1 标题页

标题页应包含下列各项内容：

- 报告编号；
- 报告型式；
- 报告作者；
- 试验执行单位；
- 报告日期；
- 试验地址；
- 试验名称；
- 试验日期和时间；
- 燃料电池堆标识和制造厂名称。

## 8.2 报告内容

报告内容应包含下列各项信息：

- 试验目的；
- 试验仪器和设备；
- 燃料电池堆产品信息；
- “平均单片电压-电流”极化曲线图和“功率-电流”曲线图；
- 额定电流和各基准电流；
- 每个循环测试过程中的电流、电压、功率和时间；
- “平均单片电压-运行时间”图；
- 燃料电池堆初始电压和平均单片电压变化率；
- 在确定的工况谱下燃料电池堆的预期运行时间范围。

附 录 A  
(规范性附录)  
燃料电池堆耐久性测试组合工况表

燃料电池堆耐久性测试组合工况表见表A. 1。

表A. 1 燃料电池堆耐久性测试组合工况表

| 序号 | 时间<br>s | 电流<br>A           | 序号 | 时间<br>s | 电流<br>A           | 序号 | 时间<br>s | 电流<br>A           |
|----|---------|-------------------|----|---------|-------------------|----|---------|-------------------|
| 1  | 0       | $0 \times I_2$    | 28 | 20230   | $0.81 \times I_1$ | 55 | 31727   | $0 \times I_4$    |
| 2  | 14      | $0.78 \times I_2$ | 29 | 21026   | $0.81 \times I_1$ | 56 | 31737   | $4.71 \times I_4$ |
| 3  | 3113    | $0.78 \times I_2$ | 30 | 21039   | $1 \times I_3$    | 57 | 32001   | $4.71 \times I_4$ |
| 4  | 3117    | $1 \times I_2$    | 31 | 23310   | $1 \times I_3$    | 58 | 32011   | $0 \times I_4$    |
| 5  | 4414    | $1 \times I_2$    | 32 | 23312   | $0.84 \times I_3$ | 59 | 32176   | $0 \times I_4$    |
| 6  | 4432    | $0 \times I_2$    | 33 | 24098   | $0.84 \times I_3$ | 60 | 32182   | $2.86 \times I_4$ |
| 7  | 4599    | $0 \times I_2$    | 34 | 24107   | $0 \times I_3$    | 61 | 33281   | $2.86 \times I_4$ |
| 8  | 4615    | $0.86 \times I_2$ | 35 | 24272   | $0 \times I_3$    | 62 | 33285   | $1 \times I_4$    |
| 9  | 6206    | $0.86 \times I_2$ | 36 | 24285   | $1.2 \times I_3$  | 63 | 34023   | $1 \times I_4$    |
| 10 | 6209    | $1 \times I_2$    | 37 | 25985   | $1.2 \times I_3$  | 64 | 34024   | $1.43 \times I_4$ |
| 11 | 7342    | $1 \times I_2$    | 38 | 25998   | $0 \times I_3$    | 65 | 34042   | $1.43 \times I_4$ |
| 12 | 7345    | $0.86 \times I_2$ | 39 | 26163   | $0 \times I_3$    | 66 | 34043   | $0 \times I_4$    |
| 13 | 9892    | $0.86 \times I_2$ | 40 | 26174   | $1 \times I_3$    | 67 | 34200   | $0 \times I_4$    |
| 14 | 9898    | $0.72 \times I_1$ | 41 | 27715   | $1 \times I_3$    |    |         |                   |
| 15 | 10769   | $0.72 \times I_1$ | 42 | 27717   | $0.84 \times I_3$ |    |         |                   |
| 16 | 10790   | $0 \times I_1$    | 43 | 29719   | $0.84 \times I_3$ |    |         |                   |
| 17 | 10956   | $0 \times I_1$    | 44 | 29724   | $6.52 \times I_4$ |    |         |                   |
| 18 | 10980   | $0.81 \times I_1$ | 45 | 30611   | $6.52 \times I_4$ |    |         |                   |
| 19 | 12068   | $0.81 \times I_1$ | 46 | 30625   | $0 \times I_4$    |    |         |                   |
| 20 | 12072   | $0.93 \times I_1$ | 47 | 30790   | $0 \times I_4$    |    |         |                   |
| 21 | 13181   | $0.93 \times I_1$ | 48 | 30804   | $6.57 \times I_4$ |    |         |                   |
| 22 | 13182   | $0.91 \times I_1$ | 49 | 31072   | $6.57 \times I_4$ |    |         |                   |
| 23 | 16274   | $0.91 \times I_1$ | 50 | 31086   | $0 \times I_4$    |    |         |                   |
| 24 | 16276   | $1.1 \times I_1$  | 51 | 31251   | $0 \times I_4$    |    |         |                   |
| 25 | 17379   | $1.1 \times I_1$  | 52 | 31263   | $5.62 \times I_4$ |    |         |                   |
| 26 | 17382   | $1 \times I_1$    | 53 | 31549   | $5.62 \times I_4$ |    |         |                   |
| 27 | 20274   | $1 \times I_1$    | 54 | 31561   | $0 \times I_4$    |    |         |                   |