

# DB37

## 山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 4098—2020

---

### 质子交换膜燃料电池发动机安全性技术要求

Safety technical requirements for proton exchange membrane fuel cell engine

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 一般要求 ..... 2

5 安全要求 ..... 2

6 试验方法 ..... 3

## 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、中国重型汽车集团有限公司、中通客车控股股份有限公司、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：陈文淼、王钦普、王芳、常会楷、郭婷、王侃侃、台述鹏、陈宾、曹精明、槐佳、李晨、亓永、王光隆、时保帆、王晓菲、刘蓉、冯美丽。

本标准为首次发布。



3.2

标称工作压力 nominal working pressure

同时满足燃料电池发动机可安全连续运行的内部氢气路、空气路和水路的最大压力。

3.3

主动放电 active discharge

燃料电池发动机停机过程中，通过内部泄放电阻或DC/DC变换器将燃料电池模块残留电荷快速泄放的过程。

4 一般要求

4.1 燃料电池发动机的要求

燃料电池发动机应满足以下要求：

- 燃料电池发动机已按设计和工艺文件装配完整，加注冷却液、通氢气后即可工作；
- 燃料电池发动机应满足出厂时的外形结构和基本参数；
- 燃料电池发动机应具备安全保障系统。

4.2 测试环境及测量参数要求

除非在某些具体性测试中另有说明，测试工作在温度为25℃±5℃，湿度为15%~90%环境下进行。本标准所提到的室温是指25℃±2℃。测量参数、单位和准确度要求见表1。

表1 测量参数、单位和准确度要求

| 测量参数                 | 单位     | 准确度                   |
|----------------------|--------|-----------------------|
| 电流                   | A      | ±0.5 %FS <sup>a</sup> |
| 电压                   | V      | ±0.5 %FS              |
| 时间                   | s      | ≤0.1                  |
| 压力                   | kPa    | ±0.5 %FS              |
| 绝缘电阻                 | kΩ     | ≤1.5 %FS              |
| 温度                   | ℃      | ±1                    |
| 电导率                  | μS/cm  | ±1.5 %FS              |
| 流量                   | mL/min | ±1.0 %FS              |
| <sup>a</sup> FS：满量程。 |        |                       |

5 安全要求

5.1 通用安全要求

燃料电池发动机按照6.1项进行气密性试验，外漏气密性试验（流量法）相对浓度值应不超过25 %LFL，氢-空内窜气密性试验（流量法）相对浓度值应不超过25 %LFL。

5.2 运行安全要求

- 5.2.1 燃料电池发动机按照 6.2 项进行绝缘电阻试验，燃料电池发动机的绝缘电阻应不小于 100 Ω/V。
- 5.2.2 燃料电池发动机按照 6.3 项进行主动放电试验，燃料电池发动机的主动放电时间应不超过 3 s，主动放电模式下燃料电池模块电流最大值应不超过额定电流值。

5.3 设计安全要求

- 5.3.1 按照 6.4 项进行防水防尘试验，若燃料电池发动机下表面距地面高度小于 300 mm 防护等级应不低于 IP 67，其他使用环境应不低于 IP 56。
- 5.3.2 按照 6.5 项进行盐雾试验，试验后外壳无破裂，应满足 5.1 项通用安全和 5.2.1 项绝缘电阻要求。
- 5.3.3 按照 6.6 项进行湿热循环试验，试验后应满足 5.1 项通用安全和 5.2.1 项绝缘电阻要求。
- 5.3.4 按照 6.7 项进行温度冲击试验，试验后应满足 5.1 项通用安全和 5.2.1 项绝缘电阻要求。
- 5.3.5 按照 6.8 项进行机械冲击及振动试验，试验过程中外壳无破裂，试验后拆检无故障，应满足 5.1 项通用安全和 5.2.1 项绝缘电阻要求。

6 试验方法

6.1 气密性

6.1.1 试验条件

试验前应将燃料电池发动机的排氢阀关闭，试验气源至燃料电池模块入口端连接管路及接口应确保无泄漏。试验应在常温环境下静置2 h后进行。

6.1.2 外漏气密性（流量法）试验方法

将空气路排气口和水路出水口封闭，同时向氢气路、空气路和水路通入氢氮混合气（氮气浓度不低于10 %），示意图见图2，直至三路压力达到燃料电池发动机的标称工作压力*P*（单位为kPa）。保持压力稳定在*P*，待气体流量稳定30 s后读取气体流量值*F*<sub>1</sub>。按公式（1）计算外漏气密性试验（流量法）气体泄漏值*F*<sub>0</sub>：

$$F_0 = \frac{F_1}{1000 \times F_2} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：  
*F*<sub>0</sub>——外漏气密性试验（流量法）相对浓度值；  
*F*<sub>1</sub>——实测气体流量值，单位为毫升每分（mL/min）；  
*F*<sub>2</sub>——实测燃料电池发动机箱体通风空气流量最小值，单位为升每分（L/min）。

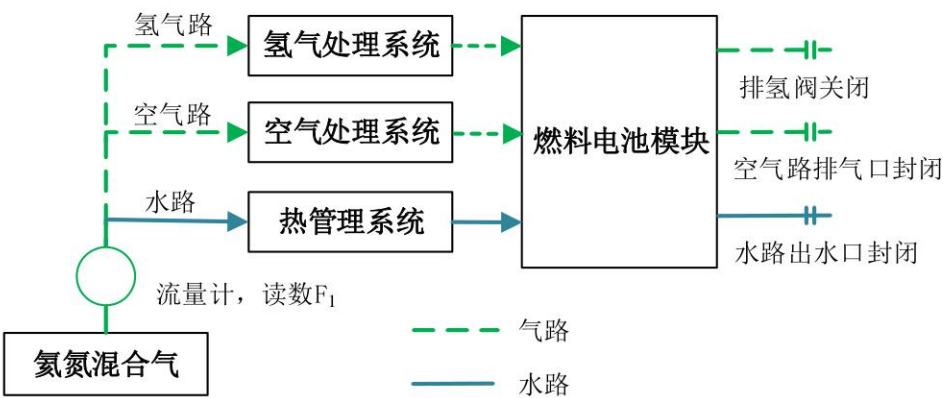


图2 外漏气密性试验（流量法）示意图

6.1.3 氢-空内窜气密性（流量法）试验方法

将空气路进、排气口和水路进、出水口封闭，向氢气路通入氢氮混合气（氢气浓度不低于10 %），示意图见图3，直至氢气路压力达到50 kPa。保持氢气路压力稳定在50 kPa，待气体流量稳定30 s后从空气路出气口读取空气路气体流量值 $F_3$ 。按公式（2）计算氢-空内窜气密性（流量法）气体泄漏值 $F_H$ ：

$$F_H = \frac{F_3}{1000 \times F_4} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

式中：  
 $F_H$ ——氢-空内窜气密性（流量法）相对浓度值；  
 $F_3$ ——实测气体流量值，单位为毫升每分（mL/min）；  
 $F_4$ ——燃料电池发动机工作时最小进气流量值，单位为升每分（L/min）。

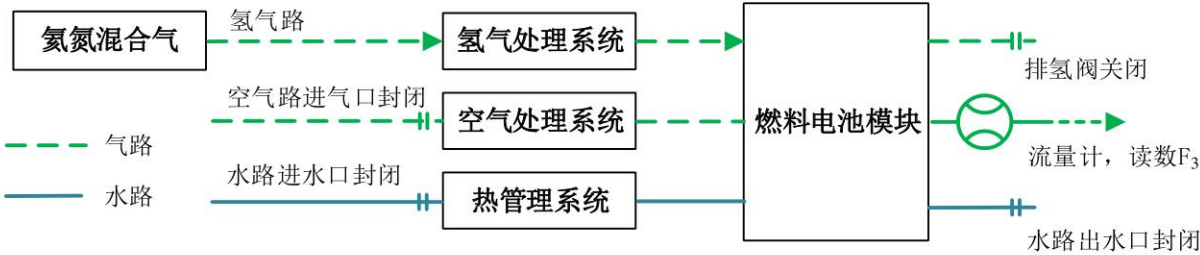


图3 外漏气密性试验（流量法）示意图

6.2 绝缘电阻

6.2.1 试验条件

如果燃料电池发动机装有去离子器，试验前应将燃料电池发动机上去离子器进出管口进行短接或隔断。使用在燃料电池发动机工作温度下电导率不低于5 μS/cm的去离子冷却液进行试验，配备在线式绝缘电阻测试仪进行绝缘电阻实时测量（采样频率不低于1 Hz，测量燃料电池发动机输出端正极对地和负极对地电阻值后取最小值输出测试结果），试验前应将燃料电池发动机外壳接地。

6.2.2 试验方法

按照GB/T 24554进行稳态特性试验，记录试验过程中最小绝缘电阻值 $R_1$ 。按公式（3）计算燃料电池发动机绝缘电阻值 $R_F$ ：

$$R_F = \frac{R_1}{U} \times 1000 \dots\dots\dots (3)$$

式中：  
 $R_F$ ——燃料电池发动机绝缘电阻值，单位为欧姆每伏（ $\Omega/V$ ）；  
 $R_1$ ——试验中最小绝缘电阻值，单位为千欧姆（ $k\Omega$ ）；  
 $U$ ——理论电压值，单位为伏（V），选取原则见表2。

表2 理论电压值选取原则

| 序号 | 燃料电池发动机工作时最大电压 $U_{MAX}$<br>V | 理论电压值 $U$<br>V |
|----|-------------------------------|----------------|
| 1  | $U_{MAX} \leq 250$            | 500            |
| 2  | $250 < U_{MAX} \leq 1\,000$   | 1\,000         |

6.3 主动放电

6.3.1 试验条件

如果DC/DC变换器参与燃料电池发动机主动放电过程，应将燃料电池发动机和DC/DC变换器共同进行试验。

6.3.2 试验方法

向燃料电池发动机发送正常停机指令，燃料电池发动机运行状态跳转进入主动放电模式后，监控燃料电池发动机内燃料电池模块电压和燃料电池模块电流参数。记录燃料电池模块电压开始降低时刻至60 V所用时间，此数值为燃料电池发动机主动放电时间，同时记录主动放电模式下燃料电池模块电流最大值。

6.4 防水防尘

防水防尘试验按照GB/T 4208进行。

6.5 盐雾

盐雾试验按照GB/T 2423.18—2012中6.1项严酷等级（5）进行，试验后分别进行6.1项气密性试验和6.2项绝缘电阻试验。

6.6 湿热循环

6.6.1 试验条件

试验前应将燃料电池发动机空气路、氢气路和水路外部接口封闭，试验过程中不带电进行试验，试验后分别进行6.1项气密性试验和6.2项绝缘电阻试验。

6.6.2 试验方法

湿热循环试验按照GB/T 2423.4—2008中严酷程度为高温55℃进行，试验共进行6个循环，试验后分别进行6.1项气密性试验和6.2项绝缘电阻试验。

6.7 温度冲击

将燃料电池发动机放入环境舱，按照表3和图4进行温度冲击试验，循环10次，试验过程中温度实际值与目标值误差应在±2℃以内，试验后分别进行6.1项气密性试验和6.2项绝缘电阻试验。

表3 温度冲击试验循环工况

| 序号 | 温度<br>℃ | 运行时间<br>min | 累计时长<br>min | 温度变化率     |
|----|---------|-------------|-------------|-----------|
| 1  | 25      | 0           | 0           | 0         |
| 2  | -40     | 60          | 60          | 13℃/12min |
| 3  | -40     | 120         | 180         | 0         |
| 4  | 25      | 60          | 240         | 13℃/12min |
| 5  | 60      | 30          | 270         | 7℃/5min   |
| 6  | 60      | 120         | 390         | 0         |
| 7  | 25      | 30          | 420         | 7℃/5min   |

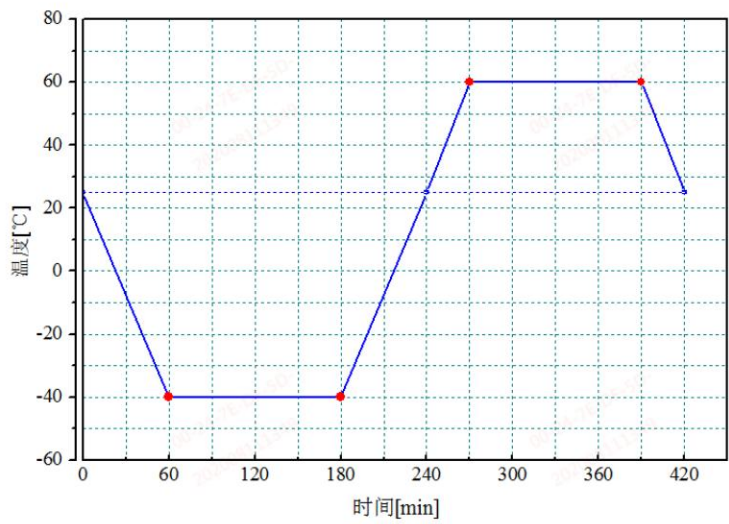


图4 燃料电池发动机温度冲击试验循环工况示意图

6.8 机械冲击及振动

6.8.1 试验条件

按照GB/T 15089中规定的M类和N类商用车采用不同的试验方法依次进行机械冲击试验及振动试验，考核商用车正常运行情况下耐机械冲击及振动的能力。汽车行驶方向为x轴方向，另一垂直于行驶方向的水平方向为y轴方向。试验过程中应加注去离子冷却液，试验后分别进行6.1项气密性试验和6.2项绝缘电阻试验。

6.8.2 M类商用车燃料电池发动机机械冲击试验方法

燃料电池发动机固定于振动台，在3个轴向x向、y向、z向分别以3 g、2 g、5 g的冲击加速度进行冲击试验，机械冲击脉冲采用半正弦波形、持续时间6 ms，每个方向的正负方向各进行6次。相邻两次冲击的间隔时间以两次冲击在试验样品上造成的响应不发生相互影响为准，应不小于5倍冲击脉冲持续时间。

6.8.3 M类商用车燃料电池发动机振动试验方法

M类商用车燃料电池发动机振动试验工况见表4，应按照整车实际安装方式及安装方向在振动台上进行试验，试验期间定时查看紧固件是否松动，如有异常应立即停止试验排查并解决。

表4 M类商用车燃料电池发动机振动试验工况

| 随机振动（每个方向考核 12 h <sup>a</sup> ）                                                                 |                                    |                                    |                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 频率<br>Hz                                                                                        | z 轴功率谱密度 PSD<br>g <sup>2</sup> /Hz | y 轴功率谱密度 PSD<br>g <sup>2</sup> /Hz | x 轴功率谱密度 PSD<br>g <sup>2</sup> /Hz |
| 5                                                                                               | 0.008                              | 0.005                              | 0.005                              |
| 10                                                                                              | 0.025                              | 0.02                               | 0.006                              |
| 15                                                                                              | —                                  | 0.02                               | —                                  |
| 40                                                                                              | 0.025                              | 0.000 1                            | 0.006                              |
| 60                                                                                              | 0.000 5                            | —                                  | —                                  |
| 100                                                                                             | 0.000 5                            | 0.000 1                            | —                                  |
| 200                                                                                             | 0.000 01                           | 0.000 01                           | 0.000 01                           |
| RMS                                                                                             | z 轴                                | y 轴                                | x 轴                                |
|                                                                                                 | 0.99                               | 0.49                               | 0.49                               |
| <sup>a</sup> 12 h：按照试验样本数分别进行不同时长试验，1 个试验样本应进行 21 h 试验，2 个试验样本应各进行 15 h 试验，3 个试验样本应各进行 12 h 试验。 |                                    |                                    |                                    |

6.8.4 N类商用车燃料电池发动机机械冲击试验方法

燃料电池发动机固定于振动台，在3个轴向x向、y向、z向分别以5 g、3 g、8 g的加速度进行冲击试验，机械冲击脉冲采用半正弦波形、持续时间6 ms，每个方向的正负方向各进行6次。相邻两次冲击的间隔时间以两次冲击在试验样品上造成的响应不发生相互影响为准，应不小于5倍冲击脉冲持续时间。

6.8.5 N类商用车燃料电池发动机振动试验方法

N类商用车燃料电池发动机振动试验工况见表5。应按照整车实际安装方式及安装方向在振动台上进行试验，振动试验期间定时查看紧固件是否松动，如有异常应立即停止试验排查并解决。

表5 N类商用车燃料电池发动机振动试验工况

| 随机振动（每个方向考核 12 h <sup>a</sup> ）                                                                 |                                           |                                           |                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 频率<br>Hz                                                                                        | <i>z</i> 轴功率谱密度 PSD<br>g <sup>2</sup> /Hz | <i>y</i> 轴功率谱密度 PSD<br>g <sup>2</sup> /Hz | <i>x</i> 轴功率谱密度 PSD<br>g <sup>2</sup> /Hz |
| 5                                                                                               | 0.016                                     | 0.01                                      | 0.007                                     |
| 10                                                                                              | 0.05                                      | 0.04                                      | 0.01                                      |
| 15                                                                                              | —                                         | 0.04                                      | —                                         |
| 40                                                                                              | 0.05                                      | 0.0002                                    | 0.01                                      |
| 60                                                                                              | 0.001                                     | —                                         | —                                         |
| 100                                                                                             | 0.001                                     | 0.000 2                                   | —                                         |
| 200                                                                                             | 0.000 01                                  | 0.000 01                                  | 0.000 01                                  |
| RMS                                                                                             | <i>z</i> 轴                                | <i>y</i> 轴                                | <i>x</i> 轴                                |
|                                                                                                 | 1.4                                       | 0.69                                      | 0.68                                      |
| <sup>a</sup> 12 h：按照试验样本数分别进行不同时长试验，1 个试验样本应进行 21 h 试验，2 个试验样本应各进行 15 h 试验，3 个试验样本应各进行 12 h 试验。 |                                           |                                           |                                           |