

团 体 标 准

T/CSAE xx—20xx

质子交换膜燃料电池单电池 抗反极性能测试方法

Test methods of reversal tolerance for proton exchange membrane fuel cells

（报批稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

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 测试仪器及设备 1

 4.1 燃料电池测试台 1

 4.2 测试仪器 2

5 测试样品 2

 5.1 膜电极样品 2

 5.2 单电池组装 2

6 测试方法 2

 6.1 气密性测试 2

 6.2 活化测试 2

 6.3 反极前测试 2

 6.4 抗反极性能测试 3

 6.5 反极后测试 4

7 数据处理 4

 7.1 阴极极化 4

 7.2 阴极催化剂电化学活性面积 4

 7.3 透氢电流密度 4

 7.4 阳极极化 5

 7.5 阳极催化剂电化学活性面积 5

 7.6 数据对比 5

附录 A （资料性） 活化测试..... 7

附录 B （资料性） 阴极极化测试..... 9

附录 C （资料性） 阴极催化剂电化学活性面积测试..... 11

附录 D （资料性） 透氢电流密度测试..... 12

附录 E （资料性） 阳极极化测试..... 13

附录 F （资料性） 阳极催化剂电化学活性面积测试..... 14

附录 G （资料性） 抗反极测试数据记录..... 15

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。

本文件由中国汽车工程学会标准化技术委员会提出。

本文件由中国汽车工程学会归口。

本文件起草单位：特嗨氢能检测（保定）有限公司、北京科技大学、中汽研新能源汽车检验中心（天津）有限公司、山东国创燃料电池技术创新中心有限公司、上海智能新能源汽车科创功能平台有限公司、紫金矿业集团股份有限公司、河北省工业和信息化发展研究院、安徽明天氢能科技股份有限公司、华丰燃料电池有限公司起草。

本文件主要起草人：段志洁、朱静、周芳灵、鲍学智、李小亮、陈东方、郝冬、王睿迪、焦道宽、孙楠楠、修陆洋、周向阳、高鹏然、杨晓春、张林松、海闯。

质子交换膜燃料电池单电池抗反极性能测试方法

1 范围

本文件描述了质子交换膜燃料电池单电池抗反极性能测试的测试设备、测试样品、测试项目、测试方法和数据处理等方面的要求。

本文件适用于质子交换膜燃料电池单电池。

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/T 20042.1 质子交换膜燃料电池 第1部分：术语

GB/T 20042.5-2009 质子交换膜燃料电池 第5部分：膜电极测试方法

GB/T 28817-2022 聚合物电解质燃料电池单电池测试方法

3 术语和定义

GB/T 20042.1 中界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

燃料电池反极 cell reversal

燃料电池反极是指燃料电池运行时，由于阳极氢气供气不足等原因导致电池电压低于零伏的现象。

3.2

停机反极运行时间 duration from cell reversal to shutdown

从燃料电池反极开始到燃料电池达到测试截止电压而停机的连续运行时间。

4 测试仪器及设备

4.1 燃料电池测试台

燃料电池测试台应满足GB/T 20042.5-2009 中6.2.3规定的要求。

4.2 测试仪器

测试仪器应符合表1要求。

表1 测试仪器列表

测试仪器	要求
高频阻抗分析仪	电池内阻测量范围：(0~3) Ω ，最大允许误差： ± 20 m Ω ； 直流电压测量范围： ± 2 V，最大允许误差： ± 1 mV。
电化学工作站	直流电压测量范围：(0~2) V，最大允许误差： ± 10 mV； 直流电流测量范围： ± 3 A，最大允许误差： ± 10 mA。

5 测试样品

5.1 膜电极样品

膜电极样品结构包括质子交换膜、阴阳极催化剂层、阴阳极气体扩散层，并且四周用边框实现有效的密封，膜电极有效面积宜选用 25 cm² 或 50 cm²。

5.2 单电池组装

单电池组装应按照 GB/T 28817-2022 中 6.1 的要求进行。

6 测试方法

6.1 气密性测试

单电池气密性测试应按照 GB/T 28817-2022 中 6.3 的要求进行。

6.2 活化测试

单电池活化测试宜参照 GB/T 20042.5-2009 中 6.6 描述的方法进行，也可参照附录 A 进行。

6.3 反极前测试

6.3.1 阴极极化测试

单电池阴极极化测试宜参照 GB/T 20042.5-2009 中 6.7 描述的方法进行，也可参照附录 B 进行。

6.3.2 阴极催化剂电化学活性面积测试

单电池阴极催化剂电化学活性面积测试宜参照 GB/T 20042.5-2009 中第 9 章描述的方法进行，也可参照附录 C 进行。

6.3.3 透氢电流密度测试

单电池透氢电流密度测试宜参照 GB/T 20042.5-2009 中第 7 章描述的方法进行,也可参照附录 D 进行。

6.3.4 阳极极化测试

单电池阳极极化测试宜参照附录 E 进行,也可由样品提供方提供,或由测试方和样品提供方双方协商确定。

6.3.5 阳极催化剂电化学活性面积测试

单电池阳极催化剂电化学活性面积测试宜参照 GB/T 20042.5-2009 中第 9 章描述的方法进行,也可参照附录 F 进行。

6.4 抗反极性能测试

6.4.1 测试条件

将组装好的单电池安装在燃料电池测试平台上,测试条件宜采用以下模拟反极工况进行测试:

——阳极: 氮气, 流量 1 NLPM, RH100%;

——阴极: 空气, 流量 1 NLPM, RH100%;

——电池温度: 75 °C;

——出口背压: 常压;

——电流密度: 0.2 A/cm²;

——截止电压: -1.5 V。

注 1: 测试条件(如气体流量、湿度、压力、电池温度、电流密度和截止电压等)也可由样品提供方提供,或由测试方和样品提供方双方协商确定。

注 2: NLPM 是气体流量单位,为标准气体状况(0 °C, 101.325 kPa)下升每分钟。

6.4.2 测试步骤

抗反极性能测试应按照以下步骤进行:

- a) 阳极通氢气, 阴极通氮气, 依据 6.4.1 设置流量、压力、温度和湿度。
- b) 达到设定条件后, 将阴极气体切换为空气, 待开路电压稳定后依据 6.4.1 设置电流密度。
- c) 待电池电压稳定后将阳极气体切换为氮气进入模拟反极工况, 电池电压下降到 0 V 以下, 当电池电压到达截止电压-1.5 V 时停止测试。

- d) 记录阳极气体由氢气切换为氮气后从电池电压下降至 0 V 起,到电池电压达到截止电压的时间。
记为停机反极运行时间。

6.5 反极后测试

抗反极测试后应按照 6.3.1~6.3.5 进行单电池阴极极化测试、阴极催化剂电化学活性面积测试、透氢电流密度测试、阳极极化测试、阳极催化剂电化学活性面积测试。

7 数据处理

7.1 阴极极化

根据各工况极化曲线测试中记录的电压、电流结果,绘制各工况放电电压与电流密度的关系曲线。

7.2 阴极催化剂电化学活性面积

单电池反极测试前后阴极催化剂电化学活性面积 $S_{\text{ECA-C1}}$ 和 $S_{\text{ECA-C2}}$ 应参考 GB/T 20042.5-2009 中第 9 章中描述的方法计算。

7.3 透氢电流密度

单电池反极测试前后透氢电流密度 i_{cross1} 和 i_{cross2} 应按如下方法计算:

取 0.4V~0.6V 电压和对应的电流进行数据的线性拟合,得出拟合曲线的方程 $y=ax+b$, 按照公式(1)计算出短路阻抗 Z_s :

$$Z_s = (1/a) \times S \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

Z_s ——短路阻抗,单位为欧平方厘米 ($\Omega \cdot \text{cm}^2$);

a ——拟合曲线的斜率;

S ——膜电极有效面积,单位为平方厘米 (cm^2)。

按照公式(2)计算透氢电流密度 i_{cross} :

$$i_{\text{cross}} = b / S \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

i_{cross} ——透氢电流密度,单位为安每平方厘米 (A/cm^2);

b ——拟合曲线的截距;

S ——膜电极有效面积，单位为平方厘米（ cm^2 ）。

7.4 阳极极化

7.4.1 阳极欧姆极化过电位

单电池反极测试前后阳极的欧姆极化过电位 $V_{\Omega 1}$ 和 $V_{\Omega 2}$ 应按公式（3）计算：

$$V_{\Omega} = I \times HFR \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：

V_{Ω} ——阳极的欧姆极化过电位，单位为伏（V）；

I ——记录的电流，单位为安（A）；

HFR ——记录的高频阻抗，单位为欧（ Ω ）。

7.4.2 阳极活化极化过电位

单电池反极测试前后阳极的活化极化过电位 V_{C1} 和 V_{C2} 应按公式（4）计算：

$$V_c = V - V_{\Omega} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中：

V_c ——阳极的活化极化过电位，单位为伏（V）；

V ——记录的电压，单位为伏（V）；

V_{Ω} ——阳极的欧姆极化过电位，单位为伏（V）。

7.5 阳极催化剂电化学活性面积

单电池反极测试前后阳极催化剂电化学活性面积 S_{ECA-A1} 和 S_{ECA-A2} 应参考 GB/T 20042.5-2009 中第 9 章描述的方法计算。

7.6 数据对比

7.6.1 阴极极化数据对比

依据 7.1 数据处理结果比较单电池反极测试前后阴极极化的电压衰减情况，反映单电池反极前后阴极催化层性能衰减程度。

7.6.2 阳极极化数据对比

依据 7.4 数据处理结果用下列公式计算比较单电池反极测试前后阳极的活化极化过电位增加情况，反应单电池反极测试前后阳极催化层性能衰减程度。

单电池反极测试后阳极的活化极化过电位增加量应按公式（5）计算：

$$\Delta V_c = V_{c2} - V_{c1} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中：

ΔV_c ——反极测试后阳极的活化极化过电位增加量，单位为伏（V）；

V_{c1} ——反极测试前阳极的活化极化过电位，单位为伏（V）；

V_{c2} ——反极测试后阳极的活化极化过电位，单位为伏（V）。

7.6.3 阴极催化剂电化学活性面积测试数据对比

单电池反极测试前后阴极催化剂电化学活性面积衰减率应按公式（6）计算：

$$N_c = (S_{ECA-C1} - S_{ECA-C2}) / S_{ECA-C1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中：

N_c ——反极测试后阴极催化剂电化学活性面积衰减率；

S_{ECA-C1} ——反极测试前阴极催化剂电化学活性面积，单位为平方米每克（ m^2/g ）；

S_{ECA-C2} ——反极测试后阴极催化剂电化学活性面积，单位为平方米每克（ m^2/g ）。

7.6.4 阳极催化剂电化学活性面积测试数据对比

单电池反极测试前后阳极催化剂电化学活性面积衰减率应按公式（7）计算：

$$N_a = (S_{ECA-A1} - S_{ECA-A2}) / S_{ECA-A1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中：

N_a ——反极测试后阳极电化学活性面积衰减率；

S_{ECA-A1} ——反极测试前阳极催化剂电化学活性面积，单位为平方米每克（ m^2/g ）；

S_{ECA-A2} ——反极测试后阳极催化剂电化学活性面积，单位为平方米每克（ m^2/g ）。

7.6.5 透氢电流密度测试数据对比

单电池反极测试前后透氢电流密度变化程度应按公式（8）计算：

$$\Delta i_{cross} = i_{cross2} - i_{cross1} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中：

Δi_{cross} ——反极测试后透氢电流密度增加量，单位为安每平方厘米（ A/cm^2 ）；

i_{cross1} ——反极测试前透氢电流密度，单位为安每平方厘米（ A/cm^2 ）；

i_{cross2} ——反极测试后透氢电流密度，单位为安每平方厘米（ A/cm^2 ）。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/287032126153006146>