

中华人民共和国国家标准

GB/T 31886.1—2015

反应气中杂质对质子交换膜燃料 电池性能影响的测试方法 第 1 部分：空气中杂质

Test method about the influence of gaseous contaminants in
reaction gas on the performance of proton exchange membrane fuel cells
—Part 1: Gaseous contaminants in air

2015-09-11 发布

2016-04-01 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

前 言

GB/T 31886《反应气中杂质对质子交换膜燃料电池性能影响的测试方法》分为以下 2 个部分：

——第 1 部分：空气中杂质；

——第 2 部分：氢气中杂质。

本部分为 GB/T 31886 的第 1 部分。

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国燃料电池及液流电池标准化技术委员会(SAC/TC 342)归口。

本标准负责起草单位：中国科学院大连化学物理研究所、机械工业北京电工技术经济研究所、新源动力股份有限公司、武汉邮电科学研究院、同济大学、清华大学、武汉理工大学。

本标准主要起草人：梁栋、田超贺、肖宇、侯明、侯中军、齐志刚、石伟玉、侯永平、衣宝廉、裴普成、李赏、尹航。

反应气中杂质对质子交换膜燃料电池性能影响的测试方法

第 1 部分：空气中杂质

1 范围

本标准规定了空气中的 SO₂、NO_x 杂质气体对质子交换膜燃料电池性能影响方面的相关术语和定义、测试平台及仪器仪表要求、测试前的准备、测试方法及测试报告。

本标准适用于燃料为纯氢(>99.9%)、氧化剂为空气的质子交换膜燃料电池单电池(以下简称“燃料电池”)。

适用本标准所述测试方法的空气中杂质气体的体积分数不低于 1 μL/L。

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 3095—2012 环境空气质量标准

GB/T 5274 气体分析 校准用混合气体的制备 称量法

GB/T 5275.10 气体分析 动态体积法制备校准用混合气体 第 10 部分:渗透法

GB/T 3634.2—2011 氢气 第 2 部分:纯氢、高纯氢和超纯氢

GB/T 20042.1—2005 质子交换膜燃料电池 术语

GB/T 20042.5 质子交换膜燃料电池 第 5 部分:膜电极测试方法

GB/T 28816—2012 燃料电池 术语

3 术语和定义

GB/T 20042.1—2005、GB/T 28816—2012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

洁净空气 clean air

所含各种污染物浓度均不超过 GB 3095—2012 中 4.2 所规定的年平均一级浓度限值的空气。

注 1: 本标准中洁净空气的定义仅针对其作为燃料电池氧化剂的用途方面。

注 2: 本标准推荐采用的洁净空气为配制气体,氧浓度为 21%,平衡气为氮气。

3.2

空气中杂质气体 gaseous contaminants in air

空气中所含的极少量(体积分数不超过 0.1 mL/L)便可造成燃料电池性能明显降低的气体组分。

注: 本标准适用空气杂质气体为 SO₂ 和 NO_x。

3.3

燃料电池中毒 fuel cell poisoning

由反应气中含有的杂质气体所造成的燃料电池电压衰减的现象。

注: 本标准中的“中毒”均指“燃料电池中毒”。

3.4

毒化操作 poisoning operation

使燃料电池采用含杂质气体的反应气运行的过程。

注 1：本标准中毒化的定义仅针对燃料电池。

注 2：本标准中杂质特指空气中杂质。

4 测试平台及仪器仪表要求

4.1 燃料电池测试平台

本标准中所采用的测试平台如图 1 所示,测试平台中的部件包括:

- 燃料电池温度控制单元:对燃料电池进行精确的温度控制;
- 反应气流量、压力控制单元及温度、湿度控制单元:对输入燃料电池的燃料及氧化剂的流量、压力及湿度、温度进行精确控制;
- 尾气处理单元:实现尾气的安全排放;
- 恒电流电子负载:对燃料电池进行恒电流加载运行。
- 数据采集单元:采集并记录试验参数及测量数据,其采样能力可实现对每一参数的连续采样间隔不超过 1 s。

测试平台流程示意图中,其氧化剂流路由洁净空气主流路及杂质空气支流路构成,杂质空气支流路于 A 点(从 A 点至燃料电池空气入口段管路长度不超过 10 cm)接入的洁净空气主流路。杂质空气支流路管路应选用对 SO₂、NO_x 等气体组分无吸附或改性作用的材质,或通过对其他材质管路内壁进行一定的表面涂层处理以避免对 SO₂、NO_x 等气体组分的吸附或改性。

测试平台流程示意图中燃料电池指燃料电池单池。

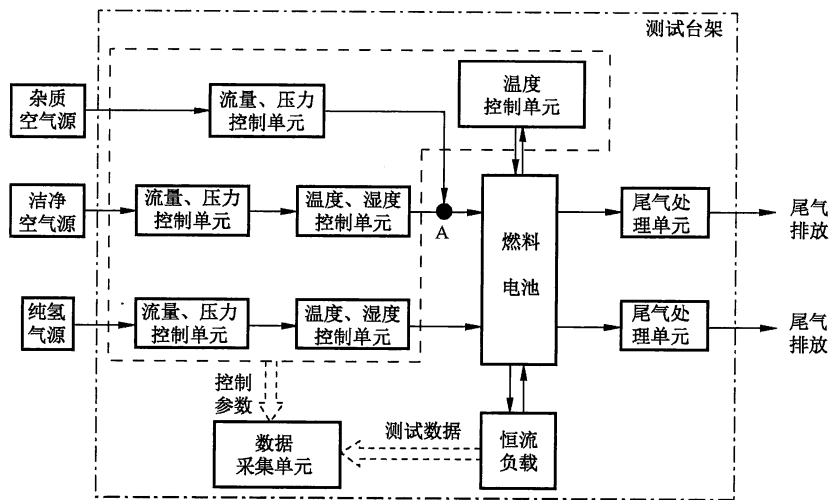


图 1 测试平台流程示意图

4.2 测试用仪表精度要求

测试中(实验输出)参数测量值的精度要求应该满足表 1 的要求。

表 1 测量精度要求

测试项目	精度要求	备注
电压(V)	$\leq \pm 1\%$	按最大预期值计
电流(A)	$\leq \pm 0.5\%$	按最大预期值计
流量(mL/min)	$\leq \pm 2\%$	按最大预期值计
压力(kPa)	$\leq \pm 3\%$	按最大预期值计
温度(°C)	$\leq \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$	—
相对湿度(%)	$\leq \pm 3\%$	按相对误差计

5 测试前准备

5.1 待测燃料电池的基本信息

依据 GB/T 20042.5—2009 中 6.1 样品制备及 6.2 测试仪器和设备的规定,提供待测燃料电池基本信息如下:

- 样品膜电极有效面积为 50 cm^2 ,并对有效面积之外的四周进行密封处理;
- 流场板采用蛇形流场的纯石墨板;
- 集流板采用镀银或镀金处理的不锈钢板;
- 燃料电池制造商提供阴阳极催化层铂担量。

5.2 测试条件的确定

依据 GB/T 20042.5—2009 中 6.7 规定的常压测试方法,需确定以下测试条件:

- 所采用杂质的种类(X)及目标杂质浓度(c_{Xd});
- 燃料电池的运行温度: $75\text{ }^\circ\text{C}$;
- 测试电流密度分别为: 200 mA/cm^2 、 500 mA/cm^2 和 800 mA/cm^2 ;
- 燃料电池测试过程中的最低电压(U_{\min}): 0.3 V ;
- 最长毒化时间($t_{d\max}$): 10 h ;
- 氢气化学计量比为 1.2,相对湿度为 100%,出口背压为 0 MPa;
- 空气化学计量比为 2.5,相对湿度为 100%,出口背压为 0 MPa;
- 测试过程中每一参数连续采样间隔不超过 1 min,其中电压及电流连续采样间隔不超过 10 s。

5.3 反应气体准备

本标准采用稀释的方法得到杂质气体体积分数为 c_{Xd} 的空气。通过配制杂质气体体积分数为 c_{X0} 的空气,并将其按一定的稀释比例与洁净空气相混合,从而达到燃料电池制造商指定的测试所采用的含杂质气体的体积分数。含杂质气体的空气稀释后,其杂质的体积百分比为稀释前的 1%~5%。

稀释前空气中杂质气体的体积分数(c_{X0})的计算如式(1):

$$c_{X0} = c_{Xd} / d \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- c_{X0} —— 稀释前空气中杂质气体的体积分数;
- c_{Xd} —— 燃料电池制造商指定的测试所采用的杂质气体的体积分数;
- d —— 稀释比例,即稀释后与稀释前杂质体积分数比。

燃料电池测试方应依据制造商指定的杂质气体的体积分数(c_{Xd}), 选定适当的稀释比例(d), 依据式(1)计算应配制的空气中杂质气体的体积分数(c_{X0})。

本标准中测试所应准备的燃料为纯氢, 氧化剂为洁净空气及杂质气体体积分数为 c_{X0} 的空气。

纯氢: 准备足量满足 GB/T 3634.2—2011 中要求的高纯氢气以上品质的氢气作为测试所需的纯氢气源。

洁净空气: 依据 GB/T 5274 或 GB/T 5275.10 中的规定配置足量洁净空气(氧气体积分数范围不超过 $21\% \pm 0.2\%$), 作为测试所需洁净空气源。

含杂质气体的空气: 依据 GB/T 5274 或 GB/T 5275.10 以及式(1)计算的结果, 配置足量仅含选定杂质气体(X)且体积分数为 c_{X0} 的含杂质气体的空气, 作为测试所需含杂质气体的空气源。

5.4 测试样品数量及要求

样品数量: 至少 9 个(每项测试样品不少于 3 个)。

要求: 同一批次抽样的样品, 确保其结构相同, 性能可比。

6 测试方法

6.1 总则

本部分给出了空气含杂质气体对燃料电池性能影响的测试方法, 本测试应在图 1 所述的燃料电池测试台架上进行。先将样品按不同工作电流密度分成三组, 每组对至少 3 个样品进行测试, 每个样品测试一次。

本测试过程中, 全程监测并记录燃料电池电流及电压随时间的响应值, 测试报告中涉及的数值报告部分应给出相关样品测试结果的范围区间及平均值。

6.2 测试步骤

6.2.1 概述

本测试由稳态运行阶段、毒化阶段及恢复阶段构成, 如图 2 所示。待测燃料电池样品应至少进行 200 mA/cm^2 、 500 mA/cm^2 、 800 mA/cm^2 三个电流密度条件下的测试。

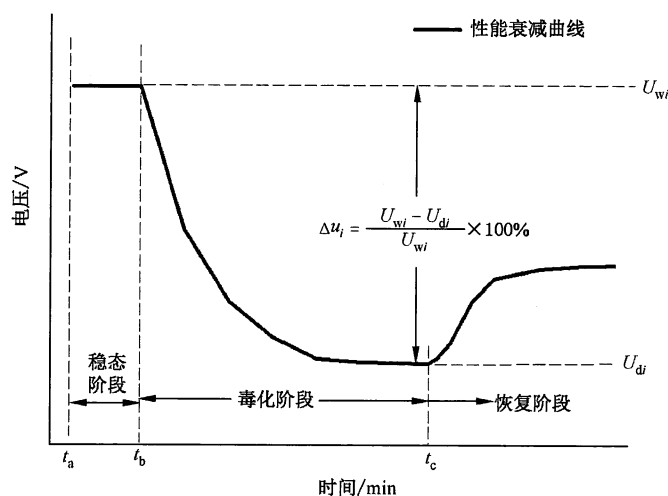


图 2 测试过程示意图

6.2.2 稳态运行阶段

本阶段燃料电池以纯氢及洁净空气为反应气,将测试样品按照 5.2 给出的测试条件恒电流运行至稳态,处于该状态下的燃料电池电压最大波动范围不超出±15 mV,任意 2 min 内电压平均值差异不超过 2 mV。记录此时的洁净空气进气流量(Q_a),维持燃料电池稳态运行不低于 60 min,记录电压稳定状态运行阶段的起始时间 t_a ,结束时间为 t_b 。

6.2.3 毒化阶段

6.2.3.1 毒化阶段开始

在燃料电池稳态阶段完成后,调节洁净空气流量为 Q_{a1} ,并同步混入杂质空气,流量为 Q'_{a1} ,其余操作条件不变,维持燃料电池恒电流继续运行,进入燃料电池毒化阶段,其中,洁净空气进气流量(Q_{a1})及杂质空气进气流量(Q'_{a1})与设定的空气总进气流量(Q_a)关系如式(2)、式(3):

$$Q_{a1} = Q_a \times (1 - d) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$Q'_{a1} = Q_a \times d \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- Q_{a1} ——毒化阶段的洁净空气进气流量;
- Q'_{a1} ——毒化阶段的杂质空气进气流量;
- Q_a ——稳态阶段的洁净空气进气流量;
- d ——杂质空气稀释比例。

6.2.3.2 毒化阶段结束

燃料电池在毒化条件下运行至达到下列条件之一时结束毒化测试,记录测试结束时间为 t_c 。结束条件如下:

- a) 达到燃料电池中毒电压平台区并在该电压平台区持续运行超过 60 min,该区域内的燃料电池电压最大波动范围不超出±15 mV,任意 2 min 内电压平均值差异不超过 5 mV;
- b) 燃料电池电压值达到最低运行电压(U_{min})0.3 V;
- c) 燃料电池运行至最长毒化时间(t_{dmax})10 h。

6.2.4 恢复阶段

毒化阶段结束后将燃料空气再次切换为洁净空气继续测试 5 h,对燃料电池恢复进行验证(该切换过程中燃料电池不得卸载及停机)。

6.3 数据处理

6.3.1 概述

本标准为恒电流测试,在判别毒化前后燃料电池的性能时,依据电压的变化作为参考依据。通过本测试的数据,可以计算得到稳态期间的平均电压、毒化后的平均电压、平均毒化时间以及衰减幅度。

6.3.2 稳态性能

燃料电池样品 i 在稳态运行阶段内电压的算术平均值按式(4)计算,用于表征燃料电池的稳态性能:

$$\bar{U}_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_{wi} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- n ——测试的燃料电池样品数量；
- U_{wi} ——样品 i 的稳定状态阶段平均电压，单位为伏(V)；
- \bar{U}_w ——所有样品的平均稳态电压，单位为伏(V)。

6.3.3 毒化后燃料电池性能

燃料电池样品 i 于毒化阶段结束时所达到的电压值，用于表征样品 i 毒化后的燃料电池性能，将不同样品的 U_{di} 按式(5)进行算术平均计算可得到毒化后的平均性能：

$$\bar{U}_d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_{di} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中：

- n ——测试的燃料电池样品数量；
- U_{di} ——样品 i 毒化后燃料电池的电压，单位为伏(V)；
- \bar{U}_d ——所有样品的平均毒化后电压，单位为伏(V)。

6.3.4 平均毒化时间($\bar{t}_{(bc)}$)

取燃料电池样品 i 运行于 t_b 和 t_c 间的时间差 $t_{i(bc)}$ 为样品 i 的毒化时间，将不同样品的 t_i 按式(6)进行算术平均计算可得平均毒化时间 $\bar{t}_{(bc)}$ ：

$$\bar{t}_{(bc)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{i(bc)} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中：

- n ——测试的燃料电池样品数量；
- $t_{i(bc)}$ ——燃料电池样品 i 的毒化时间，单位为分(min)；
- $\bar{t}_{(bc)}$ ——燃料电池平均毒化时间，单位为分(min)。

6.3.5 衰减幅度 Δu

取燃料电池样品 i 的稳态电压 U_{wi} 、毒化后电压 U_{di} 按式(7)进行计算可得样品 i 衰减幅度 Δu_i ：

$$\Delta u_i = \frac{(U_{wi} - U_{di})}{U_{wi}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中：

- Δu_i ——样品 i 衰减幅度，%；
- U_{wi} ——样品 i 的稳态阶段平均电压，单位为伏(V)；
- U_{di} ——样品 i 毒化后的电压，单位为伏(V)。

将不同样品的 Δu_i 按式(8)进行算术平均计算可得燃料电池平均衰减幅度 $\bar{\Delta u}$ ：

$$\bar{\Delta u} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta u_i \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中：

- n ——测试的燃料电池样品数量；
- Δu_i ——样品 i 中毒衰减幅度，%；
- $\bar{\Delta u}$ ——所有样品的平均衰减幅度，%。

6.3.6 性能衰减曲线

将燃料电池样品 i 于 $t_b \sim t_c$ 段运行过程中电压作为纵轴,相对时间作图(以 t_b 为时间零点),可得出样品 i 的毒化性能衰减曲线,不同样品的毒化性能衰减曲线应绘制于同一图中。通过比较不同燃料电池样品的性能衰减曲线,可以粗略分辨出不同燃料电池样品的抗毒化性能。

6.3.7 恢复比例

燃料电池样品 i ,在完成 6.2.4 恢复阶段测试后,对结束时刻前 5 min 内燃料电池电压数据取算术平均值,并将其与稳态性能(U_w)相比,得到恢复百分比,计算如式(9):

$$\Delta U_{ri} = U_{ri} / U_{wi} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

ΔU_{ri} ——样品 i 恢复的恢复比例, %;

U_{wi} ——样品 i 的稳态阶段平均电压,单位为伏(V);

U_{ri} ——样品 i 恢复阶段测试结束时刻前 5 min 内的燃料电池平均性能,单位为伏(V)。

7 测试报告

质子交换膜燃料电池制造商可利用本标准对其产品抗空气杂质毒化性能进行评价,测试报告应包括以下信息:

- a) 燃料电池基本信息及制造商名称;
- b) 详细测试条件以及测试过程与结果;
- c) 测试方需备注表明的其他信息。

测试报告可参照附录 A 给出的格式编写。

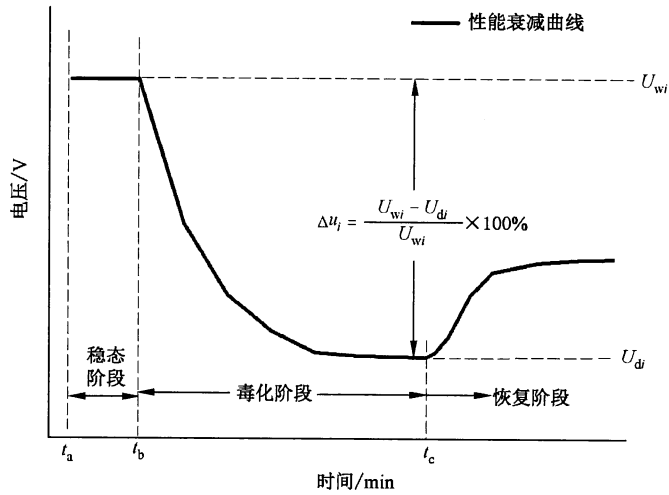
附 录 A
(资料性附录)
测试报告

空气中杂质气体对燃料电池性能影响的测试报告,可参考表 A.1 给出的模板进行编写。

表 A.1 空气中杂质对燃料电池性能影响测试报告

制造商名称:		燃料电池类型:		
制造时间: 年 月		测试时间: 年 月		
引用标准编号:GB/T 31886.1—2015				
燃料电池 样品参数	额定工作电压: V± V			
	额定工作电流: A± A			
	额定功率: W	活性面积: cm ²		
空气中杂质类型:		配气体积分数:	稀释比例:	
测试 条 件	燃料电池温度: °C		电流: A	
	最低运行电压: V		最长测试时长: h	
		压力/ kPa	流量/(L·min ⁻¹)	相对湿度 /%
	空气			
	氢气			
测试 过 程	测试开始时间 t_a : 毒化起始时间 t_b : 测试结束时间 t_c : 测试结束满足条件: <input type="checkbox"/> 达到平台区 <input type="checkbox"/> 达到最低运行电压 <input type="checkbox"/> 达到最长测试时长			
测 试 结 果	A. 稳态性能 \bar{U}_w : V @ A B. 毒化后性能 \bar{U}_d : V @ A C. 毒化时间 $\bar{t}_{(bc)}$: min D. 衰减幅度 $\Delta \bar{u}$: % E. 恢复比例 $\Delta \bar{U}_R$: % 恢复后电压: V(恢复 5 h 后电压)			

表 A.1 (续)

<p>测试结果</p>	<p>F. 性能衰减曲线(附图)</p>  <p style="text-align: center;">性能衰减曲线示意图</p>
<p>备注</p>	

中华人民共和国
国家标准
反应气中杂质对质子交换膜燃料
电池性能影响的测试方法
第1部分：空气中杂质

GB/T 31886.1—2015

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

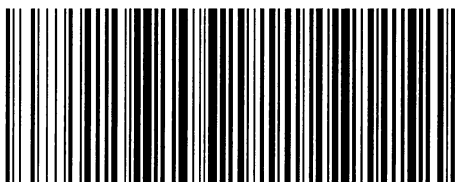
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 18 千字
2015年9月第一版 2015年9月第一次印刷

*

书号：155066·1-50655 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 31886.1—2015