

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/CASME

团 体 标 准

T/CASME XXXX—XXXX

质子交换膜燃料电池堆气密性测试方法

Leak test method for proton exchange membrane fuel cell stacks

（征求意见稿）

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。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国中小商业企业协会 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 检测条件 1

5 检测设备 1

6 检测项目 1

7 检测程序 2

8 结果判定 5

9 检测报告 5

附录 A（资料性） 数据记录模板 6

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：×××、×××、×××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××。

质子交换膜燃料电池堆气密性测试方法

1 范围

本文件提出了质子交换膜燃料电池堆常温气密性测试、低温气密性测试、高温气密性测试方法。本文件适用于质子交换膜燃料电池堆，其他类型燃料电池可参考实施。

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—2017 质子交换膜燃料电池 第1部分：术语
- GB/T 20042.2—2023 质子交换膜燃料电池 电池堆通用技术条件
- GB/Z 44116—2024 燃料电池发动机及关键部件耐久性试验方法

3 术语和定义

GB/T 20042.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

4 检测条件

试验环境符合以下要求：

- 海拔不超过 1000 m；
- 环境温度应处于 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 环境相对湿度 $\leq 80\%$ RH；
- 环境压力应处于 96 kPa~106 kPa 范围内。

注：环境温度、环境压力要求来自于GB/Z 44116—2024中5.1.1的要求。

5 检测设备

5.1 设备要求

气密测试台：满足燃料电池堆三腔压力控制，可依照试验要求进行对应管路切换，并分别记录三腔泄漏量；

环境试验箱：应能满足试验要求的高、低温环境条件，箱内的温度均匀性及温度控制精度（设定温度 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）。

5.2 精度要求

测试仪器应符合表1的精度要求。

表 1 测试仪器要求

参数	计量单位	要求
压力	kPa	最大允许误差： ± 2
流量	mL/min	最大允许误差： $\pm 1\%$ FS

6 检测项目

检测项目包括但不限于表2内项目。

表 2 检测项目

泄漏类型	检测项目
外漏	三腔总泄漏
	阳极腔泄漏
	阴极腔泄漏
	冷却液腔泄漏
内漏	阳极腔向阴极腔窜气
	阴极腔向阳极腔窜气
	阳极腔和阴极腔向冷却液腔窜气
	冷却液腔向阳极腔窜气
	冷却液腔向阴极腔窜气

7 检测程序

7.1 总体要求

气密性测试包括常温气密性测试、低温气密性测试、高温气密性测试三部分，燃料电池堆在下线后、正常运行试验前、冷启动试验前/后、耐久试验前/后均应进行气密性测试。

7.2 常温气密性测试

7.2.1 流量法

7.2.1.1 三腔总泄漏

封闭燃料电池堆的阳极腔、阴极腔和冷却液腔的出口，将氮气通过流量计同时通入三腔内，逐渐调整压力直至制造商规定的最大运行压力（表压），并保持稳定5 min。在试验过程中入口压力波动不超过2 kPa，流量计串联于燃料电池堆入口并联管路处，可检测三腔总泄漏量。流量计测量气体稳定期间的泄漏量，计算平均泄漏速率 Q_1 ，三腔总泄漏速率 X_1 应按照公式（1）求得：

$$X_1 = 2 \times 3.74 \times Q_1 \quad (1)$$

式中：

X_1 —三腔总泄漏速率，单位为毫升每分钟（mL/min），

Q_1 —测得的三腔氮气平均泄漏速率，单位为毫升每分钟（mL/min）。

注1：3.74是由GB/T20042.2—2023中的公式（3）得到。

注2：三腔总泄漏满足制造商规定值，可不对阳极腔、阴极腔、冷却液腔分别进行泄漏试验；三腔总泄漏不满足制造商规定值，应对阳极腔、阴极腔、冷却液腔分别进行泄漏试验。

7.2.1.2 阳极腔泄漏

为防止阳极腔向阴极腔或冷却液腔窜气影响测量结果，封闭燃料电池堆的阳极腔、阴极腔和冷却液腔的出口，将氮气同时通入三腔内，逐渐调整压力直至制造商规定的最大运行压力（表压），并保持稳定5 min。在试验过程中入口压力波动不超过2 kPa，流量计串联于燃料电池堆阳极腔入口处，可检测阳极腔泄漏量。流量计测量气体稳定期间的泄漏量，计算平均泄漏速率 Q_2 ，阳极腔泄漏速率 X_2 应按照公式（2）求得：

$$X_2 = 2 \times 3.74 \times Q_2 \quad (1)$$

式中：

X_2 —阳极腔泄漏速率，单位为毫升每分钟（mL/min），

Q_2 —测得的阳极腔氮气平均泄漏速率，单位为毫升每分钟（mL/min）。

注：3.74是由GB/T20042.2—2023中的公式（3）得到。

7.2.1.3 阴极腔泄漏

为防止阴极腔向阳极腔或冷却液腔窜气影响测量结果，封闭燃料电池堆的阳极腔、阴极腔和冷却液腔的出口，将氮气同时通入三腔内，逐渐调整压力直至制造商规定的最大运行压力（表压），并保持稳定5 min。在试验过程中入口压力波动不超过2 kPa，流量计串联于燃料电池堆阴极腔入口处，可检测阴极腔泄漏量。流量计测量气体稳定期间的泄漏量，计算平均泄漏速率 Q_3 ，阴极腔泄漏速率 X_3 应按照公式（3）求得：

$$X_3 = 2 \times 1.02 \times Q_3 \quad (1)$$

式中：

X_3 —阴极腔泄漏速率，单位为毫升每分钟（mL/min），

Q_3 —测得的阴极腔氮气平均泄漏速率，单位为毫升每分钟（mL/min）。

注：1.02是由GB/T20042.2—2023中的公式（3）得到。

7.2.1.4 冷却液腔泄漏

为防止冷却液腔向阳极腔或阴极腔窜气影响测量结果，封闭燃料电池堆的阳极腔、阴极腔和冷却液腔的出口，将氮气同时通入三腔内，逐渐调整压力直至制造商规定的最大运行压力（表压），并保持稳定5 min。在试验过程中入口压力波动不超过2 kPa，流量计串联于燃料电池堆冷却液腔入口处，可检测冷却液腔泄漏量。流量计测量气体稳定期间的泄漏量，计算平均泄漏速率 Q_4 ，冷却液腔泄漏速率 X_4 应按照公式（4）求得：

$$X_4 = 2 \times 1.02 \times Q_4 \quad (1)$$

式中：

X_4 —冷却液腔泄漏速率，单位为毫升每分钟（mL/min），

Q_4 —测得的冷却液腔氮气平均泄漏速率，单位为毫升每分钟（mL/min）。

注1：1.02是由GB/T20042.2—2023中的公式（3）得到。

注2：对于无冷却液腔或冷却液腔为开放型的燃料电池堆，不进行冷却液腔泄漏的测定。

7.2.1.5 阳极腔向阴极腔窜气

封闭燃料电池堆的阳极腔出口、阴极腔进口和冷却液腔的进出口，由阳极腔的进口通入氮气，逐渐调整压力直至制造商规定的最大工作压力差（表压），并保持稳定5 min。在试验过程中入口压力波动不超过2 kPa，流量计串联于燃料电池堆阴极腔出口处，可检测阴极腔窜气量。流量计测量气体稳定期间的泄漏量，计算平均窜气速率 Q_5 ，阳极腔向阴极腔窜气速率 X_5 应按照公式（5）求得：

$$X_5 = 2 \times 3.74 \times Q_5 \quad (1)$$

式中：

X_5 —阳极腔向阴极腔窜气速率，单位为毫升每分钟（mL/min），

Q_5 —测得的阳极腔向阴极腔氮气平均窜气速率，单位为毫升每分钟（mL/min）。

注：3.74是由GB/T20042.2—2023中的公式（3）得到。

7.2.1.6 阴极腔向阳极腔窜气

封闭燃料电池堆的阴极腔出口、阳极腔进口和冷却液腔的进出口，由阴极腔的进口通入氮气，逐渐调整压力直至制造商规定的最大工作压力差（表压），并保持稳定5 min。在试验过程中入口压力波动不超过2 kPa，流量计串联于燃料电池堆阳极腔出口处，可检测阳极腔窜气量。流量计测量气体稳定期间的泄漏量，计算平均窜气速率 Q_6 ，阴极腔向阳极腔窜气速率 X_6 应按照公式（6）求得：

$$X_6 = 2 \times 1.02 \times Q_6 \quad (1)$$

式中：

X_6 —阴极腔向阳极腔窜气速率，单位为毫升每分钟（mL/min），

Q_6 —测得的阴极腔向阳极腔氮气平均窜气速率，单位为毫升每分钟（mL/min）。

注：1.02是由GB/T20042.2—2023中的公式（3）得到。

7.2.1.7 阳极腔和阴极腔向冷却液腔窜气

封闭燃料电池堆的阳极腔出口、阴极腔出口和冷却液腔的进口,由阳极腔和阴极腔的进口通入氮气,逐渐调整压力直至制造商规定的最大工作压力差(表压),并保持稳定5 min。在试验过程中入口压力波动不超过2 kPa,流量计串联于燃料电池堆冷却液腔出口处,可检测冷却液腔窜气量。流量计测量气体稳定期间的泄漏量,计算平均窜气速率 Q_7 ,阳极腔和阴极腔向冷却液腔窜气速率 X_7 应按照公式(7)求得:

$$X_7 = 2 \times 3.74 \times Q_7 \quad (1)$$

式中:

X_7 —阳极腔和阴极腔向冷却液腔窜气速率,单位为毫升每分钟(mL/min),

Q_7 —测得的阳极腔和阴极腔向冷却液腔氮气平均窜气速率,单位为毫升每分钟(mL/min)。

注1: 3.74是由GB/T20042.2—2023中的公式(3)得到;

注2: 对于无冷却液腔或冷却液腔为开放型的燃料电池堆,不进行阳极腔和阴极腔向冷却液腔窜气的测定。

7.2.1.8 冷却液腔向阳极腔窜气

封闭燃料电池堆的阳极腔进口和冷却液腔的出口,由冷却液腔的进口通入氮气,逐渐调整压力直至制造商规定的最大工作压力差(表压),并保持稳定5 min。在试验过程中入口压力波动不超过2 kPa,流量计串联于阳极腔出口处,可检测阳极腔窜气量。流量计测量气体稳定期间的泄漏量,计算平均窜气速率 Q_8 ,冷却液腔向阳极腔窜气速率 X_8 应按照公式(8)求得:

$$X_8 = 2 \times 3.74 \times Q_8 \quad (1)$$

式中:

X_8 —冷却液腔向阳极腔窜气速率,单位为毫升每分钟(mL/min),

Q_8 —测得的冷却液腔向阳极腔氮气平均窜气速率,单位为毫升每分钟(mL/min)。

注1: 3.74是由GB/T20042.2—2023中的公式(3)得到;

注2: 对于无冷却液腔或冷却液腔为开放型的燃料电池堆,不进行冷却液腔向阳极腔窜气的测定。

7.2.1.9 冷却液腔向阴极腔窜气

封闭燃料电池堆的阴极腔进口和冷却液腔的出口,由冷却液腔的进口通入氮气,逐渐调整压力直至制造商规定的最大工作压力差(表压),并保持稳定5 min。在试验过程中入口压力波动不超过2 kPa,流量计串联于阴极腔出口处,可检测阴极腔窜气量。流量计测量气体稳定期间的泄漏量,计算平均窜气速率 Q_9 ,冷却液腔向阴极腔窜气速率 X_9 应按照公式(9)求得:

$$X_9 = 2 \times 1.02 \times Q_9 \quad (1)$$

式中:

X_9 —冷却液腔向阴极腔窜气速率,单位为毫升每分钟(mL/min),

Q_9 —测得的冷却液腔向阴极腔氮气平均窜气速率,单位为毫升每分钟(mL/min)。

注1: 1.02是由GB/T20042.2—2023中的公式(8)得到;

注2: 对于无冷却液腔或冷却液腔为开放型的燃料电池堆,不进行冷却液腔向阴极腔窜气的测定。

7.2.2 压降法

封闭燃料电池堆的阳极腔、阴极腔和冷却液腔的出口,将氮气同时通入三腔内,逐渐调整压力直至制造商规定的最大运行压力(表压),关闭进气阀,并保持稳定一定时间20min。压力表串联于燃料电池堆并联管路处,检测三腔总压降,压降应满足燃料电池堆制造商规定值;或采用压差法来进行三腔总泄漏,压差值应满足燃料电池堆制造商规定值。

7.3 低温气密性测试

低温气密性测试应在常温气密性测试后进行,以对比低温对燃料电池堆泄漏的影响。试验步骤如下:

- 充分吹扫燃料电池堆内部残余水分,避免低温环境中水分结冰影响测试结果;
- 将燃料电池堆置于环境试验箱内,燃料电池堆三腔分别对应连接气密测试台管路;
- 开启环境试验箱并设置制造商规定的低温气密性测试温度,满足设定温度 $\pm 2^\circ\text{C}$ 后,静置12h以上,过程中不可打开环境试验箱门;

- d) 按照 7.2.1 或 7.2.2 进行气密性测试；
- e) 如需打开环境试验箱门确认泄漏点，应做好身体防护，使用低温检漏液进行泄漏点确认；
- f) 环境试验箱温度升至常温，试验结束，记录泄漏数据。

7.4 高温气密性测试

高温气密性测试应在常温气密性测试后进行，以对比高温对燃料电池堆泄漏的影响。试验步骤如下：

- a) 将燃料电池堆置于环境试验箱内，燃料电池堆三腔分别对应连接气密测试台管路；
- b) 开启环境试验箱并设置制造商规定的高温气密性测试温度，满足设定温度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 后，静置 12h 以上，过程中不可打开环境试验箱门；
- c) 按照 7.2.1 或 7.2.2 进行气密性测试；
- d) 如需打开环境试验箱门确认泄漏点，应做好身体防护，使用检漏液进行泄漏点确认；
- e) 环境试验箱温度降至常温，试验结束，记录泄漏数据。

8 结果判定

试验结果应满足制造商的规定值，同时燃料电池堆不应出现开裂、永久变形或其他物理损伤。如泄漏值超过标准值，应使用检漏液进行泄漏点位置确认，记录到报告中。

9 检测报告

试验报告应提供足够多的准确、清晰和客观的试验数据以用来进行分析和参考。包括但不限于以下内容：

- a) 报告编号、日期；
- b) 编制、审核、批准人员签章；
- c) 试验执行单位；
- d) 试验日期和时间、地址、名称；
- e) 环境参数；
- f) 仪器和设备的描述；
- g) 试验项目的顺序和日期，以及所有的试验结果；
- h) 相应结论。

附 录 A
(资料性)
数据记录模板

A.1 记录

流量法数据记录参考表A.1。

表 A.1 检测记录表

试验类型	泄漏类型	检测项目	测试温度 (°C)	测试压力 (kPag)	测试结果 (ml/min)
常温气密	外漏	三腔总泄漏			
		阳极腔泄漏			
		阴极腔泄漏			
		冷却液腔泄漏			
	内漏	阳极腔向阴极腔窜气			
		阴极腔向阳极腔窜气			
		阳极腔和阴极腔向冷却液腔窜气			
		冷却液腔向阳极腔窜气			
		冷却液腔向阴极腔窜气			
低温气密	外漏	三腔总泄漏			
		阳极腔泄漏			
		阴极腔泄漏			
		冷却液腔泄漏			
	内漏	阳极腔向阴极腔窜气			
		阴极腔向阳极腔窜气			
		阳极腔和阴极腔向冷却液腔窜气			
		冷却液腔向阳极腔窜气			
		冷却液腔向阴极腔窜气			
高温气密	外漏	三腔总泄漏			
		阳极腔泄漏			
		阴极腔泄漏			
		冷却液腔泄漏			
	内漏	阳极腔向阴极腔窜气			
		阴极腔向阳极腔窜气			
		阳极腔和阴极腔向冷却液腔窜气			
		冷却液腔向阳极腔窜气			
		冷却液腔向阴极腔窜气			

压降法数据记录参考表A.2。

表 A.2 检测记录表

试验类型	检测项目	测试温度 (°C)	测试开始压力 (kPag)	测试结束压力 (kPag)	测试结果 (kPa/min)
常温气密	三腔总泄漏				
低温气密	三腔总泄漏				
高温气密	三腔总泄漏				