

T/CASME

团 体 标 准

T/CASME XXXX—XXXX

PEM 电解槽压力等级划分与测试方法

Pressure classification and test methods for PEM electrolyzers

（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 压力等级 2

5 试验方法 2

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。

本文件由中国中小商业企业协会提出并归口。

本文件起草单位：×××、×××、×××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××。

PEM 电解槽压力等级划分和试验方法

1 范围

本标准规定了用于水电解制取氢气、氧气的质子交换膜（PEM）电解槽的压力等级划分、技术要求和测试方法。

本标准适用于压力大于等于0.3MPa的质子交换膜（PEM）电解槽。

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 19774 水电解制氢系统技术要求

GB/T 26929 压力容器术语

GB/T 37562 压力型水电解制氢系统技术条件

3 术语和定义

GB/T 19774、GB/T 26929界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

PEM 电解槽 PEM electrolyzer

以质子交换膜为电解质，以纯水为反应物，通过直流电解水，在阴极、阳极分别产生氢气和氧气的电化学装置，包括质子交换膜、电极催化层、扩散层、双极板以及密封件，通常由多节上述结构构成的装置称为 PEM 电解槽。

3.2

内窜 inteenal infiltration

在电解水过程中，氢气和氧气在电解槽内部发生交叉渗透，即氢气可能渗透到氧气侧，或者氧气渗透到氢气侧。

3.3

额定工况 rated working conditions

达到标称产气速率（等同于 100%负荷）时电解槽可连续稳定运行的工况，包括温度、压力、流量等条件。

3.4

压力 pressure

垂直作用在容器单位表面积上的力。在本标准中，除注明者外，压力均指表压力。

3.5

产气压力 pressure

电解槽出口处氢气的压力。在本标准中，除注明者外，压力均指表压力。

3.6

标准状况 standard temperature and pressure

气体在温度为 0℃，压力为 101.325kPa 条件下的状态。

4 压力等级

表 1 压力等级分类

阴极产气压力（MPa）	压力等级
0.5~1.6（含1.6）	常压
1.6~3.0（含3.0）	中压
>3.0	高压

5 试验方法

5.1 试验仪器

- 实验仪器应符合下列要求：
- 数值秒表：计时精度 0.01 秒以上；
 - 皂泡流量计：分度值 10ml 有机玻璃；
 - 高精度压力计；
 - 氧中氢分析仪；
 - PEM 电解槽测试平台。

5.2 试验环境

- 试验应在下述环境中进行：
- 环境温度（5~40）℃；
 - 相对湿度≤85%RH；
 - 无强烈震动和撞击；
 - 设备所处环境需无较大粉尘、导电粒子以及酸碱或其他腐蚀性气体；
 - 对于小型制氢设备应保证室内工作台面保持平稳，并能承受设备重量；
 - 纯水电导率不大于 0.1mS/m。

5.3 安全试验

5.3.1 强度试验

5.3.1.1 试验前准备

试验前，应校核公用元件在试验压力下的稳定性。如不能满足稳定性要求，则应先进行泄漏检查，合格后进行强度试验。强度试验过程中，一般应采用液压试验，对于不适宜进行液压试验的电解槽，可采用气压试验。气压试验应按照安全生产管理的有关要求，制定安全措施、设置安全防护及监控装置，并做好全过程的安全监督与管理。液压试验的试验压力最低值应为设计压力的1.25倍，气压试验或气液组合压力试验的试验压力最低值应为设计压力的1.1倍。

5.3.1.2 液压测试

- 液压测试应符合下列规定：
- a) 排净电解槽内部的气体并充满去离子水，将电解槽阳极腔、阴极腔的出气口联通并安装压力传感器或压力表，封闭电解槽其他进出口；在试验过程中，应保持电解槽观察面干燥；
 - b) 向阳极和阴极腔内通入去离子水，缓慢升压至设计压力，确认无泄露后继续升压至规定的试验压力，保压时间一般大于或等于 30min；然后降压至设计压力，保压 30min，期间压力应保持不变；
 - c) 电解槽四周无渗漏，无可见的变形或异响为试验合格。

5.3.1.3 气压测试

气压测试应符合下列规定：

- a) 排净电解槽内部的气体并充满氮气，将电解槽阳极腔、阴极腔的出气口联通并安装压力传感器或压力表，封闭电解槽其他进出口；
- b) 向阳极腔和阴极腔通入氮气，缓慢升压至规定试验压力的 10%，保压 5min，对所有接头和连接部件进行初次检查；确认无泄漏后，再继续升压至规定试验压力的 50%；如无异常现象，其后按规定试验压力的 10%逐级升压，直到试验压力，保压 10min；然后降至设计压力，保压足够时间进行检查，检查期间压力应保持不变。
- c) 电解槽四周无渗漏，无可见的变形异响为试验合格。

5.3.2 泄漏率测试

在通过安全强度测试后，密封氢气出口，向系统内通氮气，使压力升至设定压力并保持稳定后，记录该时的系统内气体压力 P_1 和温度 T_1 ，保持时间 t 后，记录系统内气体压力 P_2 和温度 T_2 。平均每分钟泄漏率按照公式（1）计算，氢气泄漏速率不超过0.2%/min为合格。

$$A = \frac{100}{t} \left(1 - \frac{P_2 T_1}{P_1 T_2} \right) \quad (1)$$

式中：

A ——平均分钟泄漏率，单位：%/min；

t ——试验时间，单位：min；

P_1 ——试验开始时气体绝对压力，单位：MPa；

P_2 ——试验结束时气体绝对压力，单位：MPa；

T_1 ——试验开始气体绝对温度，单位：K；

T_2 ——试验结束时气体绝对温度，单位：K；

按照GB/T 37562的规定进行。

5.3.3 内漏测试

电解槽泄露率试验合格后，以氢气为试验进行电解槽内漏试验。等压结构PEM电解槽在阴阳两侧的压差控制在0.2MPa保持10min，差压结构的PEM电解槽在最大允许压差的1.1倍保持10min。内漏速率 X_1 应符合生产厂商在技术文件中的要求。

5.3.3.1 试验设备

试验设备应包含：温度记录仪、高纯氢、压力传感器或压力表、皂泡流量计。

5.3.3.2 试验步骤

试验步骤应符合下列规定：

- a) 将 PEM 电解槽阳极腔入口、阴极腔出口全部封住。在阳极腔出口处连接皂泡流量计，通过阴极腔入口向内通入氢气，缓慢调整压力至试验压力，保持 10min 后，读取皂泡流量计示数，按照公式 2 计算阴极腔向阳极腔的氢气窜气速度 L_1 。
- b) 将 PEM 电解槽阴极腔入口、阳极腔出口全部封住。在阴极腔出口处连接皂泡流量计，通过阴极腔入口向内通入氢气，缓慢调整压力至试验压力，保持 10min 后，读取皂泡流量计示数，按照公式 2 计算阳极腔向阴极腔的氢气窜气速度 L_2 。

5.3.3.3 数据处理

将上述试验数据代入公式（2），得出阴极腔向阳极腔的窜气速度。

$$X_1 = 2 \times R \times L_1 \quad (2)$$

式中：

X_1 ——阴极腔向阳极腔的窜气速度，单位为毫升每分每平方厘米， $\text{mL}/(\text{min}\cdot\text{cm}^2)$ ；

R ——修正系数， 3.74；

L_1 ——阴极腔向阳极腔的氮气窜气速度，单位为毫升每分每平方厘米， $\text{mL}/(\text{min}\cdot\text{cm}^2)$ 。

5.3.4 运行试验

5.3.4.1 试验设备与仪器

PEM电解槽测试台架、氧中氢气体分析仪

5.3.4.2 试验步骤

试验步骤应符合下列要求：

- a) 将 PEM 电解槽与 PEM 电解槽测试台架进行连接；
- b) 在 PEM 电解槽生产厂商规定的额定压力下，采用恒流模式，以电流密度 $0.01\text{A}/\text{cm}^2$ 进行稳定运行，记录各电解小室电压 V_i ；
- c) 采集阳极产生的氧气，保证氧中氢仪表不被水淹，气液分离出口处取样，经过干燥后，通过氧中氢传感器测试阳极出口氧气中氢含量 C_{XH} 。
- d) 试验过程中， V_i 保持稳定且 $>1.23\text{V}$ ， C_{XH} 符合电解槽生产厂商规定要求，即为合格。
