|  |  |
| --- | --- |
| ICS 27.180 |  |
| CCS F19 |  |

四川省地方标准

DB51/T XXXX—XXXX

代替 DB51/T XXXX—XXXX

DB51

**质子交换膜电解槽稳态运行寿命测试方法**

Proton Exchange Membrane Electrolyzer Steady-State Operational Lifetime Assessment Method

（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

四川省市场监督管理局  发布

目次

[前言 II](#_Toc202875774)

[1 范围 1](#_Toc202875775)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc202875776)

[3 术语和定义 1](#_Toc202875777)

[4 测试平台与仪器设备 2](#_Toc202875778)

[4.1 测试平台 2](#_Toc202875779)

[4.2 其它设备 2](#_Toc202875780)

[5 基础检查 3](#_Toc202875781)

[6 安全测试 3](#_Toc202875782)

[6.1 外部泄漏测试 3](#_Toc202875783)

[6.2 内部泄露测试 4](#_Toc202875784)

[7 稳态测试 5](#_Toc202875785)

[7.1 电解槽活化 5](#_Toc202875786)

[7.2 稳态测试 5](#_Toc202875787)

[附录A 7](#_Toc202875788)

[附录B 8](#_Toc202875789)

1. 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。

本文件由四川省经济和信息化厅提出、归口并解释。

本文件起草单位：东方电气集团东方锅炉股份有限公司、东方电气（成都）氢能科技有限公司、xxx。

本文件主要起草人：何东旭、李强、孙浩然、陈明、谢光有、高启予、xxx。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

1. 本次为首次发布。

质子交换膜电解槽稳态运行寿命测试方法

* 1. 范围

本文件规定了质子交换膜(PEM)电解槽在稳态工况下的标准测试方法。

本文件适用于 PEM 水电解用电解槽的稳态运行寿命评估。

* 1. 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 45541—2025 PEM电解槽性能测试方法

GB/T 45539—2025 PEM电解槽技术要求

T/CASME 1569-2024 PEM电解水制氢膜电极技术规范

T/CRES 0030-2025 质子交换膜水电解制氢膜电极测试方法

GB/T 37562-2019 [压力型水电解制氢系统技术条件](javascript:void(0))

GB/T 37563-2019 [压力型水电解制氢系统安全要求](javascript:void(0))

GB/Z 44116-2024 [燃料电池发动机及关键部件耐久性试验方法](javascript:void(0))

GB/T 24499-2009 [氢气、氢能与氢能系统术语](javascript:void(0))

GB/T 32194-2015 手持式数字多用表

GB/T 8979-2008 纯氮、高纯氮和超纯氮

GB/T 4844-2011 纯氦、高纯氦和超纯氦

GB/T 34050-2017 智能温度仪表 通用技术条件

GB/T 150.3-2024 压力容器 第3部分 设计

JRC122565 EU harmonised protocols for testing of low temperature water electrolysers

* 1. 术语和定义

GB/T 24499-2009和GB/T 45539-2025 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

衰减率 Decay rate

在额定测试工况下，PEM电解槽运行一段时间后，电解电压差与测试时长的比率，单位为μV/h。

压力/压差 Pressure/Differential Pressure

PEM电解槽在设定工况下稳定运行，PEM电解槽氢/氧两侧压力，氢/氧侧的压力差，单位为Mpa。

氧中氢 Hydrogen in oxygen

PEM电解槽在设定工况下稳定运行，氧气中氢气的含量。

氢中氧 Oxygen in hydrogen

PEM电解槽在设定工况下稳定运行，氢气中氧气的含量。

稳态 Steady-State

PEM电解槽的稳态是指系统运行参数，如电流密度或电压、电解槽温度、气体压力、进水流量等保持恒定状态。

* 1. 测试平台与仪器设备
     1. 测试平台

本标准所涉及的测试平台应符合表1的规定。

**表1 测试平台的技术要求**

| **名称** | **要求** |
| --- | --- |
| 电解槽进水控制 | 室温环境下，电导率≤0.1µS/cm  流量控制精度误差≤1%F.S.  最大水流量为电解槽额定工况下所需流量的150% |
| 电流控制 | 最大电流输出为电解槽最大工作电流的105%，电流精度误差≤±0.1%FS,电流采集频率≥1 Hz |
| 电压控制 | 最大电压输出为电解槽最大工作电压的105%，电压精度误差≤±0.5%FS，单电池测量精度误差＜1mV,电压采集频率≥1 Hz |
| 温度控制 | 电解槽温度控制精度≤2k，进口/出口温度差≤±2K |
| 气体流量计 | 适用于氢气、氧气等流量测试，测试精度误差不满足≤±1%F.S. |
| 氧中氢分析仪、氢中氧分析仪 | 测试精度误差≤±1%F.S. |

* + 1. 其它设备

本标准所涉及的其它设备应符合表2的规定。

**表2 其它设备的技术要求**

| **名称** | **要求** |
| --- | --- |
| 万用电压表 | 应满足GB/T 32194-2015的技术要求 |
| 高纯氮气 | 高纯氮气应符合GB/T 8979-2008的要求 |
| 压力表 | 应满足GB/T 1227-2017 的技术要求，基本误差为±0.1% |
| 温度计 | 应满足GB/T 34050-2017的技术要求，测试精度≤0.1℃ |
| 高纯氦气 | 高纯氦气应符合GB/T 4844-2011的要求 |

* 1. 基础检查

对于PEM电解槽应参照GB/T 45541-2025中章节4做如下检查：

1. 检查PEM电解槽产品说明书。
2. 采用目视法检查PEM电解槽的外观结构是否完好，有无损坏、划伤等缺陷。
3. 采用目视法检查PEM电解槽标签是否粘贴在设计位置，标签的内容是否完整清晰。
4. 应对PEM电解槽进行极性检查。对接线端子、电气连接等进行检验，确认是否符合要求。在进行正常运行试验前，用电压表检查PEM电解槽接线端子极性。
5. PEM电解槽如有巡检线应进行检查，避免短路、断路等现象。
6. PEM电解槽应使用万用表，根据质子单向导通性，检查单电池是否短路。
7. PEM电解槽设置的气、水管路接口以及电气接口应符合说明书要求，满足安装运行与检修维护的需要。

对于自组装电解槽，应参照附录1进行作业。

* 1. 安全测试
     1. 外部泄漏测试

PEM电解槽在运行之前，需要进行外部泄露测试，试验压力不低于电解槽设计压力的1.21倍，参考GB/T45541-2025中章节5.1对电解槽进行，具体步骤如下：

1. 外漏测试采用高纯氮气，其应符合GB/T 8979-2008中的有关规定。
2. 将PEM电解槽阳极腔、阴极腔的出气口连通并安装压力传感器或压力表或其他压力监测装置，封闭PEM电解槽其他进出口。
3. 向阳极腔、阴极腔通入高纯氮气，缓慢升压至规定试验压力的10%，保压30分钟。
4. 采用涂刷检漏液(或其他检漏工具)的方法对所有接头、连接部件及PEM电解槽进行初次检查；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，直至达到试验压力后，保压12h。
5. 在保压初始时，首先采用专用检漏液巡回检查所有阀门、法兰或螺纹连接处、焊缝、垫片等密封点,确认有无漏气，或其它异常现象。
6. 若无明显异常现象，记录温度、压力，继续保持试验压力12h或以上,记录结束时的系统压力、温度。

电解槽的泄漏率为：

式中:

q：泄漏率，单位为百分比每小时(%/h)

t：试验时间，单位为小时(h)

T1：试验开始气体温度，单位为开尔文(K)

T2：试验结束气体温度，单位为开尔文(K)

P1：试验开始PEM电解槽绝对压力，单位为兆帕(MPa);

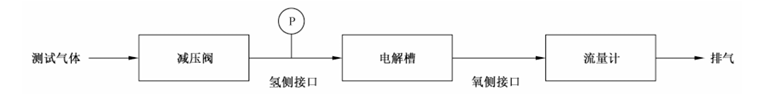
P2：试验结束PEM电解槽绝对压力，单位为兆帕(MPa)

电解槽的泄漏率应满足系统安全运行的要求，其泄漏率应≤0.5%h

* + 1. 内部泄露测试

PEM电解槽外部泄露试验合格后，以高纯氦气为测试气体进行内部泄露测试。试验压力不低于电解槽设计压力的1.21倍，PEM电解槽在最大允许工作差压下保持30min，内窜速率应≤0.0001mL/(cm2 min)，满足电解系统运行的安全要求，内窜测试步骤如下：

1. 按图1连接内窜测试装置，在阴极腔(氢侧)的进口连接压力传感器，在阳极腔(氧侧)的出气口连接气体流量计，将PEM电解槽其他腔体进出口全部封住。
2. 在氢侧的进口通入测试气体，缓慢调整压力至试验压力，期间保持PEM电解槽质子交换膜两侧压力符合测试要求。
3. 测试过程中氢侧压力应稳定不变，保持12h后，在流量计上读取并记录氢侧向氧侧的测试气体内窜流量L。



内窜速率为：

式中：

X 氢侧向氧侧的窜气速度,单位为毫升每平方厘米分钟[mL/(cm2·min)]

R 修正系数,取3.74;

L 氢侧向氧侧的氮气窜气流量,单位为毫升(mL);

n 单电解池节数;

A 单电极活性面积,单位为平方厘米(cm2);

t 内窜流量测试时间,单位为分(min)。

* 1. 稳态测试
     1. 电解槽活化

步骤如下:

1. 确认PEM电解槽水、气管路以及供电电缆正确连接。
2. 启动循环水泵，观察PEM电解槽出口处温度，待PEM电解槽出口水温达到设定温度，进/出水的水质满足要求后。
3. 启动电解槽厂家提供活化程序。
4. 继续在额定电密运行直至200h。
5. 等待电解系统运行稳定后，检测电解槽运行参数（电压、电流、氧中氢、压力、水流量、电解槽温度、进水电导率、产生氢气流量、产生氧气流量、氧气中的氢气含量、氢气中的氧气含量等）。
6. 参考附录二的要求进行电解槽极化曲线测试
   * 1. 稳态测试

电解槽活化完成后，接着进行稳态工况试验，步骤如下：

1. 将电解槽安装到电解测试系统上，与测试系统连接，并设定相应的运行程序（运行温度、氢侧压力、氧侧压力、水流量等）。
2. 启动循环水泵，检测PEM电解槽出口处温度，待PEM电解槽出口水温达到设定温度，进/出水的水质满足要求。
3. 开始加载稳态运行工况（额定电流或额定电压）。
4. 在稳态工况运行状态下，持续监测单电解池各项参数（电压、电流、氧中氢、压力、水流量、电解槽温度、进水电导率、产生氢气流量、产生氧气流量、氧气中的氢气含量、氢气中的氧气含量）。
5. 除出现试验中止条件外，持续进行直至连续运行时间为1000h。
6. 试验中止条件：氧中氢、温度、气密性、绝缘性、电压，或其他不符合安全运行的条件，测试中止。
7. 参考附录二的要求进行电解槽极化曲线测试。
8. 电解槽的电压衰减率为：

式中：

εV：电压的衰减率，单位为微伏特每小时, μV/h

VEOT：稳态测试1000h后，单电池的电压，单位为伏特,V

VBOT：稳态测试初始时，单电池的电压，单位为伏特,V

质子交换膜电解槽稳态运行寿命计算如下：

式中：

εV：PEM电解槽的电压衰减率，单位为微伏特每小时，μV/h

VN：质子交换膜电解槽稳态运行额定电压，单位为伏特，V

附录A

单电池组按GB/T45541-2025 测试用单电池结构有序组装方法。按顺序将端板、绝缘板、流场板、密封件、七合一膜电极组件、密封件、流场、绝缘板、端板进行组装。然后对夹具进行紧固处理。



图1 单电池组装示意图

单电池组装程序对单电池性能的可重复性有明显影响，下列组装操作中的一些特定过程应以文件记录：

表1 单电池组装信息记录表

|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | 报告 |
| 阳极扩散层 | 型号、厂家、具体信息 |
| 阴极扩散层 | 型号、厂家、具体信息 |
| 膜电极 | 型号、厂家、具体信息、受压压强 |
| 流场 | 型号、厂家、具体信息 |
| 开路电压 |  |
| 阴阳极绝缘电阻 |  |

附录B

电解槽极化曲线测试步骤如下：

1. 调整PEM电解槽温度、压力至额定工况。PEM电解槽温度偏差宜不超过士2K，压力偏差宜不超过±5%的产氢压力，电解槽保持稳定工况状态。
2. 在PEM电解槽的阳极、阴极集流板处，采用直流电压表检测电解槽总直流电压;
3. 按表2的电流密度设定值（每次保持5分钟）施加电流，并记录电压，电压取最后一分钟的平均值，并填写电压记录表（表2）。

表2 阶梯极化曲线设置

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 步骤 | 电流密度设定值 [A/cm²] | 电压测试值（V） |
| 1 | 0.05 |  |
| 2 | 0.1 |  |
| 3 | 0.25 |  |
| 4 | 0.5 |  |
| 5 | 1 |  |
| 6 | 1.5 |  |
| 7 | 2 |  |
| 8 | 2.5 |  |
| 9 | 3 |  |
| 10 | 3.6 |  |
| 11 | 3 |  |
| 12 | 2.5 |  |
| 13 | 2 |  |
| 14 | 1.5 |  |
| 15 | 1 |  |
| 16 | 0.5 |  |
| 17 | 0.25 |  |
| 18 | 0.1 |  |
| 19 | 0.05 |  |