

ICS 19.020

CCS G 74

T/CASME

团 体 标 准

T/CASME XXX—20XX

电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试方法

Test method for corrosion resistance of water electrolysis
hydrogen production catalyst

（征求意见稿）

20XX – XX – XX 发布

20XX – XX – XX 实施

中国中小商业企业协会 发 布

目 次

前 言 III

电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试方法 4

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语及定义 4

4 基本要求 5

 4.1 环境条件 5

 4.2 试样要求 5

 4.3 测试条件 5

 4.4 技术要求 5

 4.5 测试程序 6

 4.6 基本要求细则 6

5 测试设备要求 6

 5.1 电化学工作站 6

 5.2 参比电极 6

 5.3 辅助电极 6

 5.4 电解池 7

 5.5 温度控制系统 7

 5.6 数据采集系统 7

6 试样准备要求 7

 6.1 试样选择 7

 6.2 试样清洗 7

 6.3 试样表面处理 7

 6.4 试样固定 7

 6.5 试样标记与存储 8

 6.6 试样准备要求细则 8

7 测试方法 8

 7.1 极化曲线测试 8

 7.2 电化学阻抗谱（EIS）测试 9

 7.3 长期腐蚀测试 9

 7.4 加速腐蚀试验 9

 7.5 测试方法具体要求 10

8 数据处理与结果分析 10

 8.1 数据记录 10

 8.2 数据处理 11

8.3 结果分析	11
8.4 数据报告	11
9 测试报告	11
9.1 测试报告的基本内容	11
9.2 测试结果的详细记录	11
9.3 结论与建议	11
9.4 测试报告的审核与归档	11
10 安全与环境保护	11
10.1 实验室安全要求	11
10.2 化学品管理	12
10.3 环境保护措施	12
10.4 紧急情况处理	12

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。

本文件主要起草单位：×××、×××、×××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××。

电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试方法

1 范围

本文件规定了电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试的基本要求、测试设备要求、试样准备要求、测试方法、数据处理与结果分析等各项内容。

本文件适用于电解水制氢过程中的催化剂在各种腐蚀环境下的耐腐蚀性能评价和测试。

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 1447 纤维增强塑料拉伸性能试验方法

GB/T 11253 金属材料 试样制备和表面处理方法

GB/T 16545 电化学阻抗谱测量技术方法

GB/T 23821 电化学测量技术极化曲线法

GB/T 27679 金属材料和合金的电化学阻抗谱测量

GB/T 36290 金属和合金的腐蚀试验 加速腐蚀试验方法

GB/T 40476 电化学测量技术参比电极选择和使用

3 术语及定义

以下术语和定义适用于本文件。

3.1 电解水制氢催化剂耐腐蚀性 corrosion resistance

指电解水制氢催化剂在特定环境条件下，抵抗化学或电化学腐蚀的能力。

3.2 极化曲线 polarization curve

指在电化学测试中，通过控制电极电位并记录相应电流密度所绘制的曲线。

3.3 电化学阻抗谱 electrochemical Impedance Spectroscopy, EIS

一种用于研究材料表面电化学特性的技术，通过施加一个小的交流电压并测量产生的电流，分析频率对阻抗的影响，从而获得材料的电化学性质。

3.4 腐蚀电位 corrosion potential

指金属或合金在电解质溶液中自然达到的电位。

3.5 腐蚀电流密度 corrosion current density

是指在极化曲线测试中，材料的腐蚀反应速率对应的电流密度。

3.6 参比电极 reference electrode

一种在电化学测试中用于提供稳定电位的电极，通常不参与电化学反应。常用的参比电极包括饱和甘汞电极（SCE）和银/氯化银电极（Ag/AgCl）。

3.7 辅助电极 counter electrode

电化学电池中用于平衡工作电极电流的电极，通常采用高纯铂或石墨材料制成。辅助电极不直接参与反应，但其面积应大于工作电极。

3.8 工作电极 working electrode

电化学测试中反应发生的电极，用于测量材料的电化学性质。电解水制氢催化剂通常作为工作电极。

3.9 开路电位 open circuit potential, OCP

指在无外加电流的情况下，电极相对于参比电极的电位。

3.10 阻抗模量 impedance modulus

指电化学阻抗谱测试中，电极体系对交流电流的总阻力。通常在低频区域测得。

3.11 Tafel 斜率 tafel slope

是极化曲线中阳极或阴极极化区的斜率，通常用于评估电极反应的动力学参数。

4 基本要求

本章详细规定了电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试方法的基本要求。内容涵盖环境条件、试样要求、测试条件、技术要求及测试程序，确保对电解水制氢催化剂耐腐蚀性性能的全面评估与控制。各项要求需满足相关国家标准的要求，并严格按照规定执行。

4.1 环境条件

试验应在以下环境条件下进行，环境条件的控制依据GB/T 16545的相关标准，并满足下列要求：

- a) 温度应控制在 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，并应在整个测试期间保持恒定；
- b) 相对湿度应保持在 $50\pm 5\%$ ，并避免剧烈波动；
- c) 测试过程中应避免直接阳光照射，并保持环境的洁净无尘，以防止外界因素干扰测试结果。

4.2 试样要求

试样应依据GB/T 11253的相关标准，并满足下列要求：

- a) 试样应为未经使用的全新电解水制氢催化剂，且其表面应无明显缺陷，如裂纹、凹陷等物理缺陷；
- b) 试样尺寸应符合电化学测试装置的要求，通常要求尺寸为 $10\text{mm}\times 10\text{mm}\sim 20\text{mm}\times 20\text{mm}$ ，以保证测试的代表性；
- c) 试样表面应均匀，无机械损伤和腐蚀斑点，并应在使用前进行清洁处理，防止污染物影响测试结果。

4.3 测试条件

测试条件的选择应依据GB/T 23821的相关标准，并满足下列要求：

- a) 电解液的pH值应在1~14范围内，通常使用 $1\text{mol/L H}_2\text{SO}_4$ 溶液进行测试，以模拟电解水制氢过程中可能遇到的极端腐蚀环境；
- b) 测试电流密度范围应为 $0.1\sim 100\text{mA/cm}^2$ ，以评估催化剂在不同工作条件下的耐腐蚀性能；
- c) 测试时间应不少于100小时，以确保测试结果的稳定性和可靠性，并应保持持续监测，以记录耐腐蚀性能的变化趋势。

4.4 技术要求

电解水制氢催化剂的耐腐蚀指标测定应依据GB/T 16545、GB/T 27679和GB/T 40476等相关标准执行，并满足下列要求：

- a) 腐蚀速率：在0.5mol/L硫酸溶液中，催化剂的腐蚀速率应小于0.01mm/a，以确保其长期耐用性；
- b) 电化学阻抗：在 10^{-2} Hz~ 10^6 Hz频率范围内，电化学阻抗模量应不低于 $100\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ ，保证催化剂在多种工作条件下均能表现出良好的抗腐蚀性；
- c) 极化电位：在阳极极化测试中，催化剂的腐蚀电位应不低于+1.5V（相对于饱和甘汞电极），以防止在高电位下催化剂的快速腐蚀。

4.5 测试程序

测试程序应依据GB/T 36290的相关标准执行，并满足下列要求：

- a) 测试应严格按照规定的程序进行，确保测试结果的准确性，并在每个步骤中记录关键参数；
- b) 应进行至少三次重复测试，以消除偶然误差并确保数据的可靠性；
- c) 测试过程中，任何异常情况应详细记录并及时报告，以便后续分析和数据修正。

4.6 基本要求细则

电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试的基本要求，详见表1：

表1 电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试基本要求细则

项目	具体要求	参考标准
环境温度	$25 \pm 2^\circ\text{C}$	GB/T 16545
相对湿度	$50\% \pm 5\%$	GB/T 16545
电解液pH值	1~14	GB/T 23821
测试电流密度	$0.1 \sim 100\text{mA}/\text{cm}^2$	GB/T 23821
测试时间	不少于100小时	GB/T 16545
腐蚀速率	$<0.01\text{mm}/\text{a}$ （在0.5mol/LH ₂ SO ₄ 溶液中）	GB/T 16545
电化学阻抗	$\geq 100\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ （ $10^{-2}\text{Hz} \sim 10^6\text{Hz}$ 范围内）	GB/T 27679
极化电位	$\geq +1.5\text{V}$ （相对于饱和甘汞电极）	GB/T 40476
试样表面粗糙度	$<0.1\ \mu\text{m}$	GB/T 11253

5 测试设备要求

5.1 电化学工作站

电化学工作站应依据GB/T 16545的相关要求，并满足下列技术指标：

- a) 电位范围应为 $\pm 10\text{V}$ ，以适应不同电位条件下的测试；
- b) 电流范围应为 $\pm 1\text{A}$ ，确保能够在大电流密度条件下进行准确地测试；
- c) 电位扫描速率应为 $0.1\text{mV}/\text{s} \sim 10\text{mV}/\text{s}$ ，确保在不同扫描速率下均能获得准确的数据；
- d) 系统噪声应低于 $0.1\ \mu\text{V}$ ，以保证测试信号的精确度；
- e) 应具有多通道配置，以支持多个样品的同时测试。

5.2 参比电极

参比电极应依据GB/T 27679的相关要求，并满足以下条件：

- a) 应使用饱和甘汞电极（SCE）或银/氯化银电极（Ag/AgCl），以保证电极电位的稳定性；
- b) 参比电极的电位漂移应小于 $\pm 1\text{mV}/\text{h}$ ，以确保长期测试的准确性；
- c) 电极表面应保持清洁，且在使用前应进行充分预处理，以避免杂质影响测试结果；
- d) 参比电极应定期校准，校准周期不应超过6个月。

5.3 辅助电极

辅助电极必须符合GB/T 36290中关于电流密度和材料的相关要求，并满足以下条件：

- a) 应采用高纯铂电极或石墨电极，保证电极在高电流密度下的稳定性；
- b) 电极面积应大于样品电极面积的两倍，以确保电流分布均匀；
- c) 在使用前应进行酸洗或其他表面处理，以确保电极表面的清洁和活性；
- d) 应定期检查和更换电极，以确保测试结果的准确性和一致性。

5.4 电解池

电解池的设计和材料选择应依据GB/T 40476的相关要求进行，并满足以下条件：

- a) 电解池应采用耐腐蚀材料（如PTFE或玻璃）制成，以防止与电解液发生反应；
- b) 电解池容积应足够大，能够容纳电极和足量的电解液，通常应为100mL~500mL；
- c) 应具备密封性良好的盖子，以防止电解液蒸发或污染；
- d) 电解池应配备温度控制装置，温度控制精度应为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，以确保测试环境的恒定。

5.5 温度控制系统

在电化学测试中，温度控制系统应依据GB/T 23821的相关要求，并满足以下条件：

- a) 应具备高精度的温度传感器，精度应为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 应能够稳定控制电解液温度在 $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，且温度波动应小于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 系统应具有快速响应能力，能够在短时间内将温度调至至设定值；
- d) 系统应具备温度报警功能，当温度超出设定范围时，应及时发出警报。

5.6 数据采集系统

数据采集系统用于记录和分析测试过程中的各项参数，数据采集系统应依据GB/T 36290的相关要求，并满足以下条件：

- a) 数据采集频率应不低于10Hz，以确保对动态过程的准确记录；
- b) 系统应具备多通道输入功能，能够同时记录多个测试点的数据；
- c) 数据存储容量应足够大，以满足长时间测试的需求；
- d) 系统应具备数据实时显示和分析功能，并能够生成标准格式的测试报告。

6 试样准备要求

6.1 试样选择

试样的选择应遵循GB/T 11253的相关要求，选择的试样应满足以下条件：

- a) 试样应为未经使用的全新电解水制氢催化剂，且其表面应无明显缺陷，如裂纹、凹陷或气泡；
- b) 试样的尺寸应符合电化学测试装置的要求，通常为 $10\text{mm} \times 10\text{mm} \sim 20\text{mm} \times 20\text{mm}$ ，厚度应在 $0.1\text{mm} \sim 1\text{mm}$ 范围内；
- c) 每批次试样的数量应足够，以确保进行多次重复测试时具有统计学意义。

6.2 试样清洗

试样清洗应依据GB/T 23821的相关要求，并遵循以下步骤进行：

- a) 用超纯水冲洗试样表面，除去可溶性杂质，冲洗时间应不少于5分钟；
- b) 使用无水乙醇或丙酮擦拭试样表面，确保去除油污和有机物残留；
- c) 在清洗后，将试样置于洁净无尘环境中，自然晾干，避免二次污染。

6.3 试样表面处理

试样的表面处理应依据GB/T 36290的相关要求，并满足以下条件：

- a) 试样表面应进行机械抛光或化学抛光，抛光后的表面粗糙度应小于 $0.1\mu\text{m}$ ；
- b) 抛光后，应立即进行超声波清洗，使用超纯水作为清洗液，清洗时间应为10~15分钟；
- c) 清洗后的试样应避免与任何金属物质接触，以防止电化学干扰。

6.4 试样固定

试样的固定应确保在电化学测试过程中电流分布均匀，且试样与测试装置之间接触良好。固定方法应依据GB/T 27679的相关要求，并满足以下条件：

- a) 应使用绝缘材料将试样固定在电极支架上，确保电极间无短路现象；
- b) 固定后应检查接触点，确保无接触电阻，接触电阻应小于0.1 Ω；
- c) 试样固定后，应在测试前进行初步电化学测试，以验证接触良好性。

6.5 试样标记与存储

试样的标记与存储应确保试样在整个测试过程中保持一致性，并防止混淆或损坏。标记与存储应依据GB/T 40476的相关要求，并遵循以下步骤：

- a) 在试样背面使用不可溶于电解液的标记笔进行编号，标记应清晰可见且不可擦除；
- b) 编号后的试样应存储于干燥洁净的容器中，避免试样之间的直接接触；
- c) 试样应存储在相对湿度不超过50%且温度为20±5℃的环境中，存储时间不应超过7天。

6.6 试样准备要求细则

电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试的试样准备要求，详见表2：

表2 电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试试样准备要求细则		
项目	具体要求	参考标准
试样尺寸	10mm×10mm～20mm×20mm，厚度0.1mm～1mm	GB/T 11253
试样表面清洗	a) 用超纯水冲洗5分钟； b) 使用无水乙醇或丙酮擦拭； c) 自然晾干。	GB/T 23821
试样表面处理	a) 机械抛光或化学抛光，粗糙度<0.1μm； b) 超声波清洗10～15分钟； c) 避免金属接触。	GB/T 36290
试样固定	a) 绝缘材料固定； b) 接触电阻<0.1 Ω； c) 初步电化学测试验证接触良好性。	GB/T 27679
试样标记与存储	a) 使用不可溶于电解液的标记笔编号； b) 存储于干燥洁净的容器中，湿度<50%，温度20±5℃； c) 存储时间<7天。	GB/T 40476

7 测试方法

7.1 极化曲线测试

采用极化曲线测试法评估电解水制氢催化剂的腐蚀电流密度和腐蚀电位。本项测试应依据GB/T 16545的相关要求进行，并满足以下条件：

7.1.1 测试准备

- a) 选用符合GB/T 27679标准要求的电化学工作站，电位范围应为±10V，电流范围应为±1A，电位扫描速率应为0.1mV/s～10mV/s；
- b) 配置参比电极为饱和甘汞电极（SCE），其电位漂移应小于±1mV/h；
- c) 配置辅助电极为高纯铂电极，面积应为试样面积的两倍；
- d) 试样应经过清洗和表面处理，确保表面无杂质，表面粗糙度应小于0.1μm。

7.1.2 测试流程

- a) 将试样固定在电极支架上，确保电流分布均匀；
- b) 在电解液(1mol/L H₂ SO₄ 溶液)中，参比电极、辅助电极和工作电极的配置应按照GB/T 27679要求连接；

- c) 设定电位扫描速率为1mV/s，开始从开路电位向正负方向分别扫描~腐蚀电位；
- d) 记录极化曲线，测定腐蚀电流密度和腐蚀电位；
- e) 分析Tafel区曲线，确定腐蚀速率。

7.1.3 测试标准

- a) 腐蚀电流密度应小于 $1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ，满足GB/T 27679的相关要求；
- b) 腐蚀电位应不低于-0.2V（相对于饱和甘汞电极）；
- c) 极化曲线应具有明显的阳极区和阴极区，且Tafel斜率符合理论值。

7.2 电化学阻抗谱（EIS）测试

采用电化学阻抗谱测试法评估催化剂表面电化学特性及其耐腐蚀性。本项测试应依据GB/T 23821的相关要求进行，并满足以下条件：

7.2.1 测试准备

- a) 选用符合GB/T 23821标准要求的电化学工作站，频率范围应为 $10^{-2}\text{Hz}\sim 10^6\text{Hz}$ ，阻抗精度应优于0.1%；
- b) 配置参比电极为银/氯化银电极（Ag/AgCl），电极漂移应小于 $\pm 1\text{mV}/\text{h}$ ；
- c) 配置辅助电极为高纯铂电极，面积应为试样面积的两倍；
- d) 试样应经过抛光和超声波清洗，确保表面光洁度和无污染。

7.2.2 测试流程

- a) 将试样与参比电极、辅助电极共同置于电解液中，电解液应为0.5mol/L Na_2SO_4 溶液；
- b) 在开路电位条件下，记录试样的电化学阻抗谱，频率扫描范围应覆盖 $10^{-2}\text{Hz}\sim 10^6\text{Hz}$ ；
- c) 应至少测量三次，以确保数据的重复性；
- d) 使用等效电路模型对阻抗数据进行拟合，分析试样的电化学特性。

7.2.3 测试标准

- a) 在0.01Hz时，电化学阻抗模量应不低于 $100\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，符合GB/T 23821的相关要求；
- b) Nyquist图应表现为典型的半圆形状，反映良好的电荷转移电阻；
- c) 阻抗相角应在高频区接近 90° ，表明电容性行为明显。

7.3 长期腐蚀测试

对电解水制氢催化剂进行长期腐蚀测试，评估催化剂在模拟实际工作环境下的长期耐腐蚀性能。本项测试应依据GB/T 40476的相关要求进行，并满足以下条件：

7.3.1 测试准备

- a) 选用高精度恒温水浴设备，温度控制精度应为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，水浴温度应保持在 $25\pm 2^\circ\text{C}$ ；
- b) 配置参比电极为饱和甘汞电极（SCE），并定期校准；
- c) 配置辅助电极为高纯铂电极，确保电流分布均匀；
- d) 试样应经过标准表面处理，确保无机械损伤或化学污染。

7.3.2 测试流程

- a) 将试样、参比电极和辅助电极放置在恒温水浴中的电解池内，电解液为0.5mol/L H_2SO_4 溶液；
- b) 每24小时记录一次开路电位，观察电位的变化趋势；
- c) 测试总时长应不少于100小时，以充分评估催化剂的长期耐腐蚀性能；
- d) 测试结束后，对试样表面进行显微镜检查和成分分析。

7.3.3 测试标准

- a) 在100小时的测试期间，开路电位的漂移应小于 $\pm 10\text{mV}$ ，符合GB/T 40476的相关要求；
- b) 试样表面应无明显腐蚀斑点或裂纹，显微镜检查应显示表面光洁；
- c) 成分分析应表明试样表面元素组成无显著变化。

7.4 加速腐蚀试验

对电解水制氢催化剂进行加速腐蚀试验，在短时间内评估催化剂的耐腐蚀极限，模拟极端工作环境下的腐蚀行为。本项测试应依据GB/T 36290的相关要求进行，并满足以下条件：

7.4.1 测试准备

- a) 选用可调高温炉设备，温度范围应为25℃～150℃，温度控制精度应为±1℃；
- b) 配置参比电极为银/氯化银电极（Ag/AgCl），并在高温条件下进行稳定性验证；
- c) 试样应经过高温预处理，确保其表面在高温下的稳定性；
- d) 选择高浓度腐蚀性电解液，如5mol/L H₂SO₄溶液，以加速腐蚀过程。

7.4.2 测试流程

- a) 将试样、参比电极和辅助电极放置在高温腐蚀性电解液中，升温～设定温度，并保持恒温；
- b) 记录电化学参数，包括开路电位、极化电位和腐蚀电流密度，观察其变化；
- c) 测试时间应控制在10～24小时内，以获得足够的数据进行分析；
- d) 测试结束后，对试样进行表面形貌和电化学性质的综合评估。

7.4.3 测试标准

- a) 高温条件下腐蚀电流密度应不超过5μA/cm²，符合GB/T 36290的相关要求；
- b) 试样的腐蚀电位应保持在+1.5V以上（相对于参比电极），以防止过度腐蚀；
- c) 试样表面应无明显氧化皮，显微镜检查应显示均匀的腐蚀层。

7.5 测试方法具体要求

电解水制氢催化剂耐腐蚀性的测试方法具体要求，详见表3：

表3 电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试方法具体要求

测试方法	测试准备与流程	测试标准及数值要求	参考标准
极化曲线测试	a) 电位范围±10V，电流范围±1A； b) 扫描速率0.1mV/s～10mV/s； c) SCE参比电极电位漂移<±1mV/h； d) 高纯铂辅助电极面积为试样面积的两倍。	a) 腐蚀电流密度<1μA/cm ² ； b) 腐蚀电位≥-0.2V（相对于SCE）； c) 极化曲线具有明显的阳极和阴极区。	GB/T 16545, GB/T 27679
电化学阻抗谱测试	a) 频率范围10 ⁻² Hz～10 ⁶ Hz，阻抗精度优于0.1%； b) Ag/AgCl参比电极电位漂移<±1mV/h； c) 高纯铂辅助电极面积为试样面积的两倍。	a) 0.01Hz时阻抗模量≥100Ω·cm ² ； b) Nyquist图表现为典型半圆形； c) 阻抗相角在高频区接近90°。	GB/T 23821
长期腐蚀测试	a) 恒温水浴温度控制精度±0.5℃，温度25±2℃； b) 每24小时记录一次开路电位； c) 测试时间不少于100小时。	a) 开路电位漂移<±10mV； b) 试样表面无明显腐蚀斑点或裂纹； c) 成分分析无显著变化。	GB/T 40476
加速腐蚀试验	a) 高温炉温度范围25℃～150℃，控制精度±1℃； b) 5mol/L H ₂ SO ₄ 溶液腐蚀电解液； c) 测试时间10～24小时。	a) 高温腐蚀电流密度<5μA/cm ² ； b) 腐蚀电位≥+1.5V（相对于Ag/AgCl）； c) 表面无氧化皮，均匀腐蚀层。	GB/T 36290

8 数据处理与结果分析

8.1 数据记录

在测试过程中，所有原始数据应准确记录，并符合GB/T 23821的相关要求。数据记录应包括以下内容：

- a) 测试时间、测试温度、电流密度、电位、阻抗等关键参数；
- b) 记录数据的时间间隔应根据测试方法确定，例如电化学阻抗谱（EIS）测试中的数据记录间隔应为每个频率点；
- c) 所有数据应记录～小数点后至少三位，以保证精确度。

8.2 数据处理

数据处理应依据GB/T 16545的相关标准，采用合适的数学和统计方法对测试数据进行处理。数据处理应包括以下步骤：

- a) 对测试数据进行初步整理，剔除异常值和噪声；
- b) 使用软件对极化曲线、电化学阻抗谱（EIS）等数据进行拟合和分析，计算相关的电化学参数，如腐蚀电流密度、腐蚀电位、阻抗模量等；
- c) 数据处理过程中应进行多次重复计算，以确保结果的稳定性和可靠性。

8.3 结果分析

结果分析应结合数据处理的结果，对电解水制氢催化剂的耐腐蚀性能进行综合评估。结果分析应依据GB/T 27679的相关要求，并包括以下内容：

- a) 对比各项耐腐蚀性指标与标准值，确定催化剂的耐腐蚀性能是否符合要求；
- b) 通过电化学阻抗谱分析催化剂表面的电化学特性，判断腐蚀行为的机理；
- c) 对不同测试条件下的结果进行比较，分析催化剂在不同环境下的耐腐蚀性变化规律。

8.4 数据报告

数据处理与结果分析的最终结果应以标准格式生成数据报告，数据报告应包括所有关键参数、处理方法、分析结果和结论，并满足GB/T 36290的相关要求。数据报告应保存至少5年，以备查验。

9 测试报告

9.1 测试报告的基本内容

测试报告应包括以下基本内容，并符合GB/T 27679的相关要求：

- a) 标题：应标明“电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试报告”；
- b) 测试目的：简述本次测试的目的和测试内容；
- c) 测试方法：详细描述所采用的测试方法和相关标准，包括GB/T 16545、GB/T 23821等；
- d) 试样信息：包括试样的材料、尺寸、编号及制备方法；
- e) 测试设备：列出所使用的设备及其主要技术参数和校准情况；
- f) 测试条件：详细记录测试过程中使用的环境条件、电解液成分、温度等。

9.2 测试结果的详细记录

测试结果应详细记录，并以图表形式展示，测试结果应包括以下内容：

- a) 极化曲线、阻抗谱图等测试数据的原始记录；
- b) 数据处理后的结果，包括腐蚀电流密度、腐蚀电位、阻抗模量等关键参数；
- c) 与相关标准的对比分析，明确说明是否符合标准要求。

9.3 结论与建议

报告结论部分应依据测试结果和相关标准得出，并包括以下内容：

- a) 明确说明电解水制氢催化剂的耐腐蚀性能是否符合GB/T 27679和其他相关标准的要求；
- b) 针对测试中发现的问题提出改进建议，如需改进催化剂的制备工艺或测试条件等；
- c) 如测试结果不符合标准要求，应详细说明原因并提出改进方案。

9.4 测试报告的审核与归档

测试报告应由相关技术人员审核，并由主管工程师签署确认。报告应以标准格式打印并归档，归档的报告应保存至少5年，以便日后查询和核对。测试报告的各项内容及具体要求等，参考附录A.1。

10 安全与环境保护

10.1 实验室安全要求

实验室安全应满足GB/T 23821的相关要求，并遵循以下规定：

- a) 实验室应配备必要的安全设备，如防护眼镜、防护手套、防护服和急救箱等；
- b) 所有操作人员应接受安全培训，熟悉实验室的紧急应对程序和设备操作规程；
- c) 实验过程中使用的化学试剂应在通风橱内进行操作，防止有害气体逸出。

10.2 化学品管理

化学品的管理与处置应满足GB/T 27679的相关要求，并遵循以下步骤：

- a) 所有化学试剂应正确标识并分类存放，腐蚀性化学品应单独存放在防腐蚀柜内；
- b) 实验过程中产生的废液应收集并按规定进行处理，避免直接排放至下水道；
- c) 危险废物的存放和处理应符合国家危险废物管理法规，定期委托有资质的机构进行处理。

10.3 环境保护措施

环境保护措施应满足GB/T 36290的相关要求，并实施以下措施：

- a) 实验室应建立完善的废物分类回收制度，减少废弃物的产生；
- b) 尽量选用无毒、无害或低毒、低有害的试剂，减少对环境的污染；
- c) 定期监测实验室废气、废水的排放情况，确保排放符合国家环保标准。

10.4 紧急情况处理

实验室应具备处理紧急情况的能力，以下为紧急情况处理的基本要求：

- a) 一旦发生化学品泄漏，应立即启动应急预案，疏散人员并采取措施控制泄漏；
- b) 如果发生火灾，应立即使用适当的灭火器材进行扑灭，同时通知相关部门进行处理；
- c) 在发生人身伤害的情况下，应立即进行急救处理，并尽快送往医院。

附录 A

(规范性)

电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试报告模板

A.1 电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试报告模板

电解水制氢催化剂耐腐蚀性测试报告

一、报告信息

报告编号： HY-20240819-001
测试日期： 2024年8月19日
报告日期： 2024年8月21日
客户名称： 某某新能源有限公司
测试实验室： 某某电化学测试中心
负责人： 某工程师

二、测试目的

本次测试的目的是评估电解水制氢催化剂在特定电解环境下的耐腐蚀性能。测试内容包括极化曲线测试、电化学阻抗谱（EIS）测试、长期腐蚀测试和加速腐蚀试验。

三、测试方法

引用标准：

本次测试依据以下标准进行：GB/T 16545、GB/T 27679、GB/T 23821、GB/T 40476、GB/T 36290。

测试项目：

1. 极化曲线测试：

设备：电化学工作站，电位范围 $\pm 10\text{V}$ ，电流范围 $\pm 1\text{A}$ ，扫描速率 $0.1\text{mV/s} \sim 10\text{mV/s}$ ；
参比电极：饱和甘汞电极（SCE），电位漂移 $< \pm 1\text{mV/h}$ ；
辅助电极：高纯铂电极，面积为试样面积的两倍；
电解液： $1\text{mol/L H}_2\text{SO}_4$ 溶液。

2. 电化学阻抗谱（EIS）测试：

设备：电化学工作站，频率范围 $10^{-2}\text{Hz} \sim 10^6\text{Hz}$ ，阻抗精度优于 0.1% ；
参比电极：银/氯化银电极（Ag/AgCl），电位漂移 $< \pm 1\text{mV/h}$ ；
辅助电极：高纯铂电极，面积为试样面积的两倍；
电解液： $0.5\text{mol/L Na}_2\text{SO}_4$ 溶液。

3. 长期腐蚀测试：

设备：恒温水浴，温度控制精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ；
试验条件：电解液 $0.5\text{mol/L H}_2\text{SO}_4$ 溶液，测试温度 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ；
测试时间：100小时。

4. 加速腐蚀试验：

设备：高温炉，温度范围 $25^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ ，控制精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；

电解液：5mol/L H_2SO_4 溶液；

测试时间：10~24小时。

四、试样信息

试样编号：20240819-HY-001

试样材料： NiCo_2O_4 催化剂

试样尺寸：15mm×15mm，厚度0.2mm

试样表面处理：机械抛光，表面粗糙度 $<0.1\mu\text{m}$

存储条件：干燥环境，温度 $20\pm 5^\circ\text{C}$ ，湿度 $<50\%$

五、测试结果

1. 极化曲线测试结果：

腐蚀电流密度： $0.5\mu\text{A}/\text{cm}^2$

腐蚀电位： -0.15V （相对于SCE）

2. 电化学阻抗谱（EIS）测试结果：

0.01Hz时阻抗模量： $120\Omega \cdot \text{cm}^2$

Nyquist图特征：显示典型半圆形，电荷转移电阻良好

阻抗相角：高频区接近 90°

3. 长期腐蚀测试结果：

开路电位漂移： $\pm 8\text{mV}$ （在100小时内）

试样表面状态：无明显腐蚀斑点，表面光洁

4. 加速腐蚀试验结果：

高温条件下腐蚀电流密度： $4\mu\text{A}/\text{cm}^2$

腐蚀电位： $+1.6\text{V}$ （相对于Ag/AgCl）

试样表面状态：无氧化皮，形成均匀腐蚀层

六、结论与建议

1. 结论：

经测试，电解水制氢催化剂的各项耐腐蚀性指标均符合GB/T 16545、GB/T 27679、GB/T 23821、GB/T 40476、GB/T 36290的相关要求。催化剂在极化曲线测试、电化学阻抗谱测试和长期腐蚀测试中表现出良好的耐腐蚀性能，加速腐蚀试验结果也符合标准要求。

2. 建议：

鉴于测试结果符合标准要求，建议继续保持目前的催化剂制备工艺，并在实际应用中定期进行耐腐蚀性测试，以确保催化剂的长期稳定性和可靠性。

七、审核与归档

审核人员：某主管

签署日期：2024年8月21日

归档编号：20240819-HY-001

归档日期：2024年8月22日

保存期限：5年

注意事项： 本测试报告仅对送检样品负责，未经书面许可，不得部分或全部复制、转载。