

ICS 27.180

CCS F19



# 中华人民共和国国家标准

GB/TXXXXX—20XX

## 电解水制氢用电极性能测试方法

Methods for measuring the performance of electrode for hydrogen production by  
water electrolysis

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(工作组讨论稿)

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

# 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 总则 .....	2
5 超声剥落率测试 .....	2
6 过电位测试 .....	4
7 正反极化稳定性测试 .....	7
8 电解电压与电解电压变化率测试 .....	8
9 波动电解稳定性测试 .....	11
10 试验报告 .....	12
附录 A .....	13
附录 B .....	15
附录 C .....	17

## 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。

本文件由全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC309)提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 电解水制氢用电极性能测试方法

## 1 范围

本文件规定了碱性电解水制氢用电极超声剥落率、过电位、正反极化稳定性、电解电压与电解电压变化率、波动电解稳定性的测试方法。

本文件适用于碱性电解水制氢用电极性能测试，其他电解水制氢用电极参照本文件执行。

## 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 2306 化学试剂 氢氧化钾

GB/T 3634.2 纯氢、高纯氢和超纯氢

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 14599 纯氧、高纯氧和超纯氧

GB/T 15724 实验室玻璃仪器 烧杯

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**超声剥落率** ultrasonic peeling rate

有催化层的电极被持续性施加一段时间超声振动后，电极的质量变化率，以电极在超声波振荡作用下的电极质量变化百分比进行表征。

### 3.2

**过电位** overpotential

施加在电极上的工作电位与电极反应理论电位之差的绝对值。

注：过电位需注明对应电流密度，工作电位和理论电位是相对于同一参比体系的数值。

## 3.3

**正反极化稳定性** stability of forward and reverse polarization

对电极周期性施加工作电流以及反向电流运行不小于 1000 周期后，测试电极在一定电流密度下过电位的变化值。

## 3.4

**电解电压** cell voltage of electrolysis

安装待测电极后的电解槽中，在一定电流密度下进行电解时的小室平均电压值。

## 3.5

**电解电压变化率** gradient of electrolytic voltage

在恒定电流密度下测试时，电解电压随时间的变化速率，以恒定电流密度电解前后小室平均电压的差值与时间跨度之间的比值进行测算。

## 3.6

**波动电解稳定性** stability of electrode after fluctuating electrolysis

电极进行波动性电解测试的稳定性。

注：在电解电压测试系统中，测量电极在设定的周期性波动变化的电流密度下电解运行一定时间后，测量计算电极在波动性电解前后过电位的变化。

## 3.7

**可逆氢电极** reversible hydrogen electrode

一定 pH 水溶液中，铂电极与 100 kPa 压力下的氢气达到平衡时所构成的参比电极。

注：可逆氢电极的电势和 pH 有关，25°C 下可逆氢电极的电势为  $E = -0.059 \times \text{pH}$ 。

## 4 总则

电极性能测试项目、测试方法、测试系统见表 1。

表 1 电极性能测试项目、方法和系统

序号	测试项目	测试方法	测试系统
1	超声剥落率	超声处理	超声剥落率测试系统
2	过电位	计时电位法	三电极测试系统
3	正反极化稳定性	电流阶跃法	二电极测试系统、三电极测试系统
4	电解电压及电解电压变化率	恒电流电解法	电解槽测试系统
5	波动性电解稳定性	电流阶跃法、计时电位法	电解槽测试系统、三电极测试系统

## 5 超声剥落率测试

## 5.1 测试原理

在超声剥落率测试系统中，采用超声处理方法将浸没在超声仪测试溶液中的测试电极，在超声仪固定的频率和功率下进行一定时间的超声振荡处理，测量超声振荡前后电极质量的变化值，计算超声剥落率。

## 5.2 测试溶液

测试溶液为纯水，符合 GB/T 6682 中一级水规格。

## 5.3 测试设备

### 5.3.1 电热烘箱

电热烘箱应具有抽真空功能，最小真空度 133 Pa，具有恒温功能，温控范围为：室温至 150℃，精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

### 5.3.2 超声仪

超声仪的超声频率范围为 40 kHz，超声功率为 300 W，超声仪应具有恒温功能。

## 5.4 测试电极

### 5.4.1 测试电极制备

应按照电极规格尺寸裁剪，尺寸误差小于 0.5%，避免电极发生变形，保证电极平整，剪裁后圆滑处理电极边缘毛刺、锯齿或尖锐凸起。

### 5.4.2 测试电极规格、尺寸

测试电极的尺寸为 50 mm×40 mm 的矩形。一组测试电极数目应为 3 片，3 片来自同一批电极。对于需要活化的电极，该部分的测试电极应是活化后的电极。

## 5.5 测试条件

超声仪中测试溶液的温度为 $30^\circ\text{C}\pm 1^\circ\text{C}$ 。

## 5.6 测试步骤

电极超声剥离率测试步骤如下：

- (a) 处理：先后用纯水、乙醇对电极进行冲洗电极；并将电极在 $70^\circ\text{C}$ 、真空度不大于 200 Pa 下处理大于等于 2 小时；
- (b) 称重：进行 3 片电极初始质量的称量，精度为 0.1 mg；
- (c) 超声处理：将电极平躺置于盛有 200 mL 纯水的 250 mL 玻璃烧杯容器内（本标准中除另有规定外，玻璃烧杯应符合 GB/T 15724 中 250 mL 标称容量的规格），将烧杯置于超声仪最中间位置并固

定，超声仪中加入水至内槽液面高度为50 mm，然后在温度为 $30^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 条件下处理60分钟。超声剥落率测试系统如图1所示。

- (d) 取出测试电极按 (a) 和 (b) 所述步骤对超声后电极进行处理和终止质量的称重；  
 (e) 按照以上步骤先后处理3片电极，并记录电极的初始质量和终止质量。

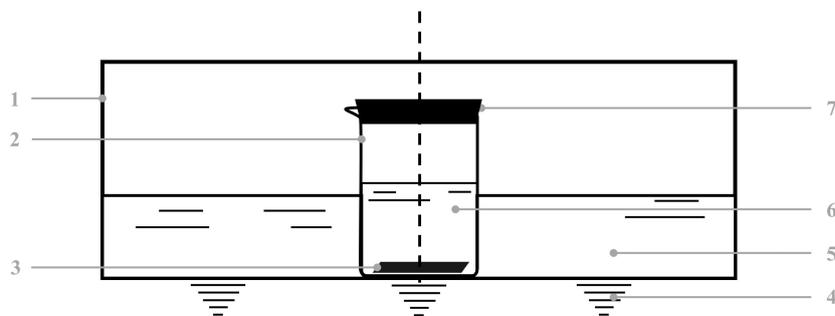


图 1 超声剥落率测试系统示意图

- |          |             |        |
|----------|-------------|--------|
| 1—超声仪    | 2—250 ml 烧杯 | 3—测试电极 |
| 4—超声波换能器 | 5—水         | 6—测试溶液 |
| 7—塞子     |             |        |

## 5.7 数据处理

按公式 (1) 计算测试电极的超声剥落率：

$$M\% = \frac{\sum_1^3 (|M_0 - M_1| / M_0 \times 100\%)}{3} \quad (1)$$

式中：

$M_0$ ——初始质量，单位为毫克 (mg)；

$M_1$ ——终止质量，单位为毫克 (mg)；

$M\%$ ——超声剥落率。

## 6 过电位测试

### 6.1 测试原理

在三电极测试系统中，采用计时电位法测量测试电极在一定电流密度下的工作电极电位，用工作电极电位与理论电极电位之差计算电极的过电位。

### 6.2 测试溶液

测试溶液为 200 mL 的 1 mol/L 的 KOH 溶液，配制溶液用氢氧化钾符合 GB/T 2306 规定的质量，配制用纯水按 5.2。

### 6.3 测试设备

### 6.3.1 测试装置

电极过电位的测试装置采用三电极测试系统，示意图如图 2 所示。

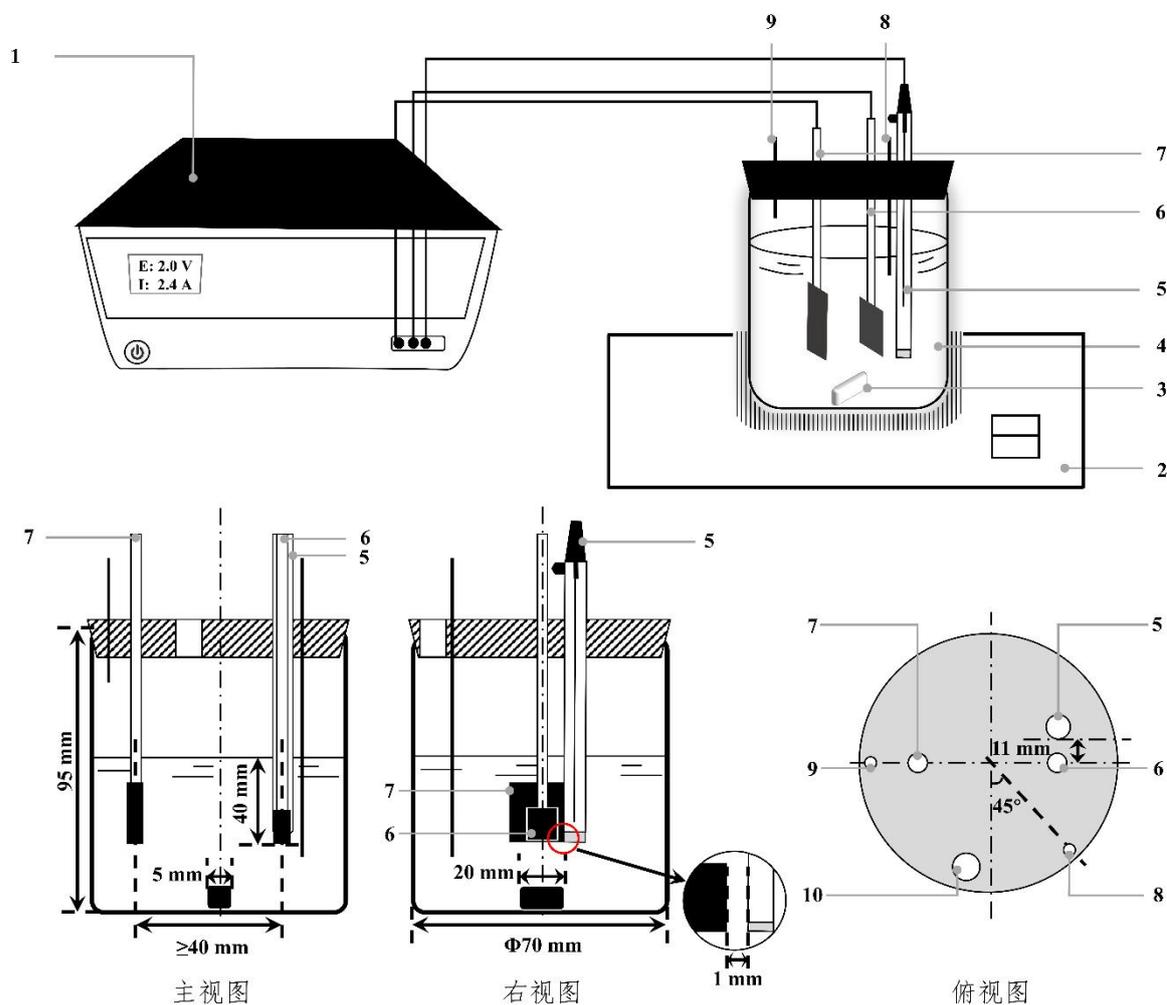


图 2 三电极性能测试系统示意图

- |            |         |             |
|------------|---------|-------------|
| 1—电化学性能测试仪 | 2—恒温加热锅 | 3—搅拌磁子      |
| 4—电解池      | 5—参比电极  | 6—工作电极或测试电极 |
| 7—辅助电极     | 8—进气口   | 9—排气口       |

### 6.3.2 电化学性能测试仪

电化学性能测试仪电流量程为不小于 2 A、电流精度为 $\pm 0.1\%$  FS；电压量程为 10 V~ -10 V，精度为 $\pm 0.025\%$  FS。

### 6.3.3 电解池

电解池应带有电极、充气管固定装置的圆柱状带盖容器，材质为聚四氟乙烯或耐碱玻璃，标称容积 250 mL。

### 6.3.4 恒温加热锅

恒温加热锅应具有转速为 0 rpm~300 rpm 的磁力搅拌功能，恒温范围为：室温至  $100^{\circ}\text{C}\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。

#### 6.4 测试电极

测试电极形状为带极耳的正方形，极耳部分尺寸为  $5\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ ，测试部分尺寸为  $20\text{ mm}\times 20\text{ mm}$ ；测试电极按 5.4.1 所述要求进行制备；测试电极与导线连接后绝缘封装。测试电极示意图如图 3 所示。

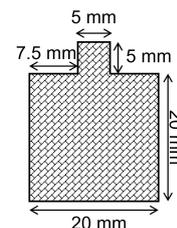


图 3 典型测试电极规格、尺寸

#### 6.5 参比电极

参比电极选用汞/氧化汞电极或外接盐桥的饱和甘汞电极，使用前应按附录 A 所述方法对参比电极进行电位校正。

#### 6.6 辅助电极

辅助电极采用纯镍电极，纯度不小于 99.5%，有效尺寸为  $30\text{ mm}\times 30\text{ mm}$ 。

#### 6.7 测试条件

电极过电位在测试溶液恒温、充气、搅拌条件下测试：

- (a) 测试溶液温度控制为  $25^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；
- (b) 测试溶液充氢气/氧气<sup>[2]</sup>饱和，本文中除另有规定外，所用氧气和氢气应分别符合 GB/T 14599 和 GB/T 3634.2 中的高纯氧和高纯氢技术要求；
- (c) 搅拌测试溶液，转速：150 rpm。

注：测量析氢电极时，通氢气；测量析氧电极时，通氧气；

#### 6.8 测试步骤

- (a) 安装三电极测试系统：调整电极位置：辅助电极正对测试电极工作面摆放，距离不小于 4 cm；参比电极端头或盐桥端头置于与测试电极平面平行的 1 mm 处。
- (b) 开启溶液电阻测量功能，测量测试电极和参比电极之间的溶液电阻。
- (c) 测量工作电极的开路电位，持续时间不低于 10min，确保电位波动稳定在 5 mV/min。
- (d) 测试参数设置：
  - 电流密度：100、1000  $\text{A}/\text{m}^2$  或 -100、-1000  $\text{A}/\text{m}^2$ ；
  - 测试时间：60min；
  - 采样频率：0.2 Hz~1 Hz。
- (e) 电极电位-时间曲线测量：开启电位-时间测量功能，在一定电流密度下测量电极电位随时间变化曲线 60min，记录测试电极的电位，采用 50min~60min 之间的电位平均值为该电流

密度下的工作电位。

## 6.9 数据处理

过电位按公式（2）计算：

$$\eta = |E_{comp} - E^0| \times 1000 \quad (2)$$

式中：

$\eta$ ——过电位<sup>注</sup>，单位为毫伏特（mV）；

$E_{comp}$ ——经电阻补偿后的工作电位（vs. RHE<sup>注</sup>），单位为伏特（V）；

$E^0$ ——理论电极电位（vs. RHE），单位为伏特（V）。

注：过电位应注明工作电流密度。

注：RHE 为可逆氢电极。

## 7 正反极化稳定性测试

### 7.1 测试原理

测试析氧电极在较高电流密度下阳极极化（正极化）和较低电流密度下阴极极化（反极化），或析氢阴极在较高电流密度下阴极极化（正极化）和较低电流密度下阳极极（反极化）化后性能的变化。在二电极体系下，对电极进行正反极化测试，周期性运行 1000 个周期；正反极化性能测试前后，在三电极体系下分别测试电极过电位，以所得差值表征为正反极化稳定性。

### 7.2 测试溶液

测试溶液为 200 mL 的质量分数为 30% 的 KOH 溶液，配制溶液用氢氧化钾符合 GB/T 2306 规定的质量，配制用纯水按 5.2。长时间测试时，应保持 KOH 溶液比重一致。

### 7.3 测试设备

#### 7.3.1 测试装置

正反极化稳定性的测试装置采用三电极测试系统，按 6.3.1 规定进行组装；二电极测试系统在三电极测试系统上去除参比电极。

#### 7.3.2 电化学性能测试仪、电解池、恒温加热锅

电化学性能测试仪、电解池、恒温加热锅分别按 6.3.2、6.3.3、6.3.4 所述要求。

### 7.4 测试电极和辅助电极

测试电极和辅助电极分别按 6.4、6.6 所述要求。

### 7.5 测试条件

正反极化前后的过电位测试采用的三电极测试系统按 6.7；正反极化测试用的二电极测试系统规定：

- (a) 测试溶液温度为 $85^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ;
- (b) KOH溶液质量分数为30%;
- (c) 测试溶液转速为150 rpm。

## 7.6 测试步骤

正反极化稳定性测试步骤如下:

- (a) 在三电极测试系统中按 6.8 测量测试电极正反极化前的过电位;
- (b) 在二电极测试系统中, 启动电流阶跃法测试, 测试电极在单个周期内进行  $3000\text{ A/m}^2$  下正极化 10 min 后、 $300\text{ A/m}^2$  下反极化 10 min, 周期性运行 1000 次, 记录第 2 个周期和第 1000 个周期的测试电极的工作电位;
- (c) 测试电极经历正反极化测试后, 按 (a) 测量测试电极的过电位。

## 7.7 数据处理

正反电极稳定性按公式 (3) 计算:

$$\Delta E = |E_0 - E_{1000}| \times 1000 \quad (3)$$

式中:

$\Delta E$ ——电极经历 1000 周期正反极化后的电位变化, 单位为毫伏特 (mV);

$E_0$ ——测试电极正反极化测试前的过电位值, 单位为伏特 (V);

$E_{1000}$ ——测试电极经 1000 周期正反极化测试后的过电位值, 单位为伏特 (V)。

## 8 电解电压与电解电压变化率测试

### 8.1 测试原理

在电解槽测试系统中, 采用恒电流电解法测量测试电极在恒定电流密度下第 70 h~72 h 内的平均电解电压, 作为电解电压。继续运行 500 h 后, 测量第 570 h~572 h 内的平均电解电压。采用电极运行第 570 h~572 h 和运行第 70 h~72 h 的平均电解电压随时间的变化率, 表征电解电压变化率。恒定电流密度应根据电极测试需求设置, 可采用  $3000\text{ A/m}^2$ 、 $5000\text{ A/m}^2$ 、 $8000\text{ A/m}^2$  或  $10000\text{ A/m}^2$  等通用参数值。

### 8.2 测试溶液

测试溶液为质量分数 30% 的 KOH; 配制测试溶液用氢氧化钾和纯水按 7.2。

### 8.3 测试设备

#### 8.3.1 电解槽测试系统

电解槽测试系统的示意图如图 4。

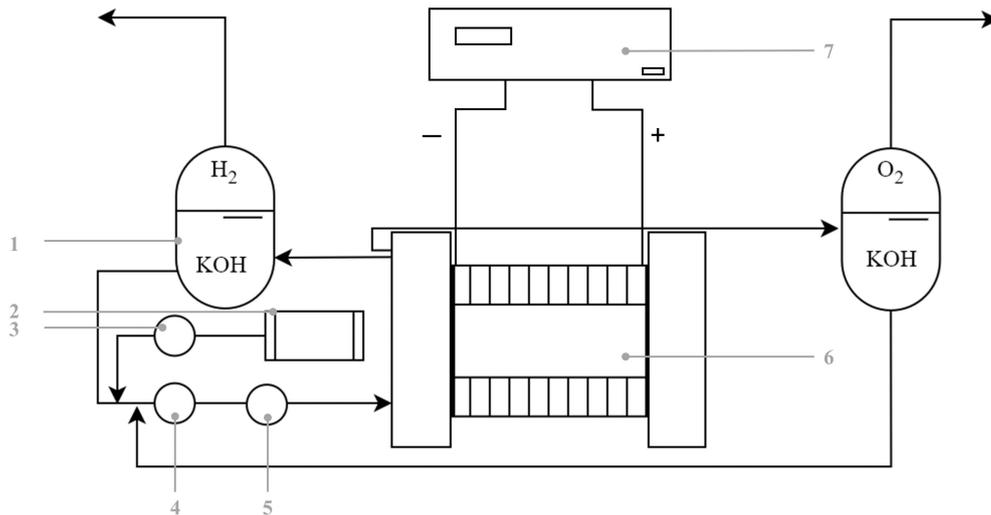


图4 电解槽测试系统示意图

1—气液分离器

2—纯水箱

3—补水泵

4—冷却加热一体机

5—碱液循环泵

6—电解槽

7—恒流电源

### 8.3.2 恒流电源

电流量程不小于 20 A，精度为 $\pm 0.5\%$  FS；电压量程不小于 5 V，精度为 $\pm 0.5\%$  FS。

### 8.3.3 电解槽

电解槽小室数应不小于2个，电解槽的结构、安装按附录B所述要求。

### 8.3.4 冷却加热一体机

当电解槽产热无法达到设定温度时，冷却加热一体机采用加热模式，当电解槽产热大于散热而导致超温时，冷却加热一体机采用冷却模式。

### 8.3.5 碱液循环泵

碱液循环泵流量不小于 2 L/h。

### 8.3.6 补水泵

补水泵流量不小于 10 mL/h，补水速率应维持电解液比重为  $1.28 \pm 0.03 \text{ g/cm}^3$ 。

### 8.3.7 气液分离器

气液分离器材质为聚丙烯或碳钢镀镍或 316L 不锈钢。

## 8.4 测试电极

测试电极应符合下列要求：

(a) 电极形状为矩形或圆形，矩形电极测试尺寸为不小于  $50 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ ，圆形电极测试部分直径尺寸不小于 50 mm；

(b) 测试电极为单一析氢电极或单一析氧电极时,采用 40~60 目的无涂层镍网作为对应的析氧阳极或析氢阴极;

(c) 测试电极的制备按 5.4.1 所述要求。

## 8.5 测试条件

电解电压的测试应符合如下条件:

- (a) 测试溶液温度为  $85^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ;
- (b) 维持阴极、阳极出液口阀门调节两极气压动态平衡,气体压强为常压或 1.6 Mpa;
- (c) 补水维持电解液比重为  $1.28\pm 0.03\text{ g/cm}^3$ 。

## 8.6 测试步骤

电解电压和电解电压变化率测试步骤如下:

- (a) 测试电极装电解槽前,按 5.6 (a) 处理后,称量电极的质量,精确为 0.1 mg;
- (b) 开机预热:开始测试前 10min,开通恒流电源预热;
- (c) 测试参数设置:

电流:依据电极面积和电流密度设置,电解电流密度典型值选择  $3000\text{ A/m}^2$ 、 $5000\text{ A/m}^2$ 、 $8000\text{ A/m}^2$  或  $10000\text{ A/m}^2$ ;

采样时间: 70 h~72 h 和 570 h~572 h;

采样间隔: 30 s;

- (d) 启动电解,记录采样时间段内电解槽电压。
- (e) 电解结束后,按 5.6 (a) 处理,称量电极的质量,精确为 0.1 mg。

## 8.7 数据处理

### 8.7.1 电解电压

电解电压按公式 (4) 计算:

$$V = V_{cell}/n \quad (4)$$

式中:

$V^{\text{注}}$ ——电解电压,单位为伏特 (V);

$V_{cell}$ ——70 h~72 h 测试时间段内电解槽电压的平均值,单位为伏特 (V);

$n$ ——电解槽小室串联组数;

注:电解电压为一定电流密度下的值。

### 8.7.2 电解电压变化率

电解电压变化率按公式 (5) 计算:

$$v_d = \Delta V \times \frac{10^6}{500} \quad (5)$$

式中：

$v_d$ ——电解电压变化率，单位为微伏特每小时（ $\mu\text{V/h}$ ）；

$\Delta V$ ——电极电解 500 h 电解电压的变化，单位为伏特（V）；

### 8.7.3 电极质量变化

按公式（6）计算电极质量变化：

$$\Delta M = |M_0 - M_1| \quad (6)$$

式中：

$M_0$ ——电极初始质量，单位为毫克（mg）；

$M_1$ ——终止质量，单位为毫克（mg）；

$\Delta M$ ——电极质量变化。

## 9 波动电解稳定性测试

### 9.1 测试原理

在电解槽测试系统中，安装了测试电极的电解槽在设定的周期性波动变化的电流密度下电解运行，依据第一周期和最后一周期同等电流密度下电解电压，计算电解电压差值；波动性电解结束后，从测试后的电极上取样，在三电极电化学性能测试系统中，测量电极的过电位（按 6），计算波动性电解前后电极过电位的变化。

### 9.2 周期性波动电解

波动电解测试条件按 8.5，测试步骤如下：

- (a) 开机预热：开始测试前 10min，开通恒流电源预热；
- (b) 测试参数设置：

设置电程序：单个周期 40 min，依次按照 100 A/m<sup>2</sup>、1000 A/m<sup>2</sup>、3000 A/m<sup>2</sup>、5000 A/m<sup>2</sup>、10000 A/m<sup>2</sup>、8000 A/m<sup>2</sup>、2000 A/m<sup>2</sup>、0 A/m<sup>2</sup> 共 8 个电流密度，每个电流密度运行 5min；

- (c) 周期数：500；
- (d) 采样间隔：30s；
- (e) 电流阶跃过渡时间：不大于 10s。
- (f) 启动电解，记录测试参数设置的对应时间段内电解电压。

### 9.3 过电位测试

电极波动性电解前后的过电位测试条件按 6.7，测试步骤按 6.8。

## 9.4 数据处理

按公式（7）和（8）分别计算周期性波动电解前后过电位变化值和电解电压的变化值：

$$\Delta\eta = |\eta_{500} - \eta_0| \times 1000 \quad (7)$$

式中：

$\Delta\eta$ ——过电位变化值，单位为毫伏特（mV）；

$\eta_{500}$ ——第 500 次周期性波动电解测试后，电极的过电位值，单位为伏特（V）；

$\eta_0$ ——测试电极进行波动电解测试前，电极的过电位值，单位为伏特（V）。

注：过电位变化应注明工作电流密度。

$$\Delta V_f = |V_{500} - V_1| \times 1000 \quad (8)$$

式中：

$\Delta V_f$ ——3000 A/m<sup>2</sup> 电流密度下电解电压的变化值，单位为毫伏特（mV）；

$V_{500}$ ——第 500 次周期性波动电解测试时，在 3000 A/m<sup>2</sup> 电流密度下的电解电压值，单位为伏特（V）；

$V_1$ ——第 1 次周期性波动电解测试时，在 3000 A/m<sup>2</sup> 电流密度下的电解电压值，单位为伏特（V）。

注：电解电压值按 5min 内的平均电压值计算。

## 10 试验报告

试验报告包括但不限于如下的内容：

- (a) 试验对象；
- (b) 所使用的标准，包括发布或出版年号；
- (c) 所使用的方法；
- (d) 结果；
- (e) 观察到的异常现象；
- (f) 试验日期。

## 附录 A (规范性)

### 参比电极的电极电位校正

#### A.1 测试原理

采用三电极测试体系，使用高纯 Pt 片作为工作电极，更大面积的高纯 Pt 片作为对电极，以及准备好需要校准的电极作为参比电极。校正过程中，向测试溶液中不断通入氢气气体至饱和状态，再以 1 mV/s 的速率测试多周期的循环伏安曲线，依据在循环伏安曲线中过零电流的电位值，求平均值后表征待校正电极的校正值。

#### A.2 校正要求

参比电极校准的测试溶液、测试设备分别同 6.2、6.3，测试电极应符合下列要求：

- (a) 工作电极材质为 Pt 电极，纯度高于 99.9%；电极有效尺寸为 10 mm×10 mm；
- (b) 参比电极为待校准电极，种类为汞/氧化汞电极或外接盐桥的饱和甘汞电极；
- (c) 辅助电极材质为 Pt 电极，纯度高于 99.9%，电极测试部分尺寸为 20 mm×20 mm。

#### A.3 校正步骤

- (a) 开机预热：开始测试前 10min，接通电化学性能测试仪电源预热；
- (b) 测试溶液温度控制：维持试验用液温度  $25^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；
- (c) 测试溶液充 99.99%氢气至饱和，调节通入的气体流速至 50 mL/min；
- (d) 测试溶液搅拌：调节转速在 150 rpm；
- (e) 电极位置调节：辅助电极正对工作电极工作面，距离 4 cm；参比电极与工作电极距离 1 mm，且不得置于工作电极和辅助电极之间。
- (f) 测试参数设置：
  - 电位：-50 mV ~ 50 mV（相比于开路电位）；
  - 扫描速率：1.0 mV/s；
  - 扫描周期：10；
  - 采样频率：0.2 Hz -1 Hz；
- (g) 测试多周期循环伏安曲线。

#### A.4 数据处理

取最后一次循环伏安曲线中电流为 0 时的电位中间值的绝对值，作为该待校正参比电极的校准值  $E_{\text{cal}}$ 。循环伏安曲线示意图如图 A1 所示：

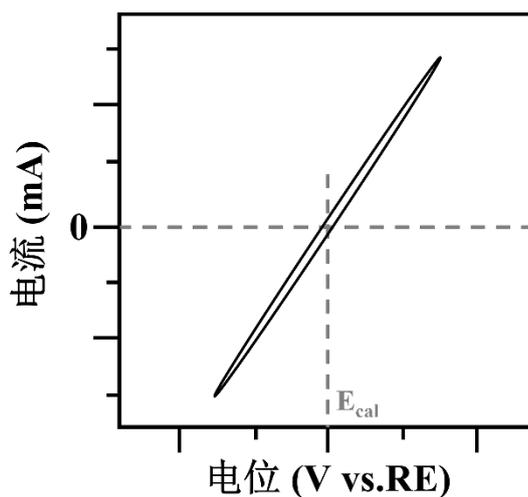


图 A1 参比电极电位校准循环伏安曲线示意图

参比电极校准按公式 (A1) 计算:

$$E_{cal} = |E_{int1}| + \left| \frac{E_{int1} - E_{int2}}{2} \right| \quad (A1)$$

式中:

$E_{cal}$ ——参比电极的校准值, 单位为伏特 (V);

$E_{int1}$ ——电流零线与测试曲线交叉较小电位值, 单位伏特 (V);

$E_{int2}$ ——电流零线与测试曲线交叉较大电位值, 单位伏特 (V)。

附录 B  
(规范性)

电解电压测试系统中电解槽的结构和安装要求

B1 结构

电解槽由端板、隔板、极框、极板和隔膜或膜电极构成，电解水槽结构示意图如图 B1 所示。

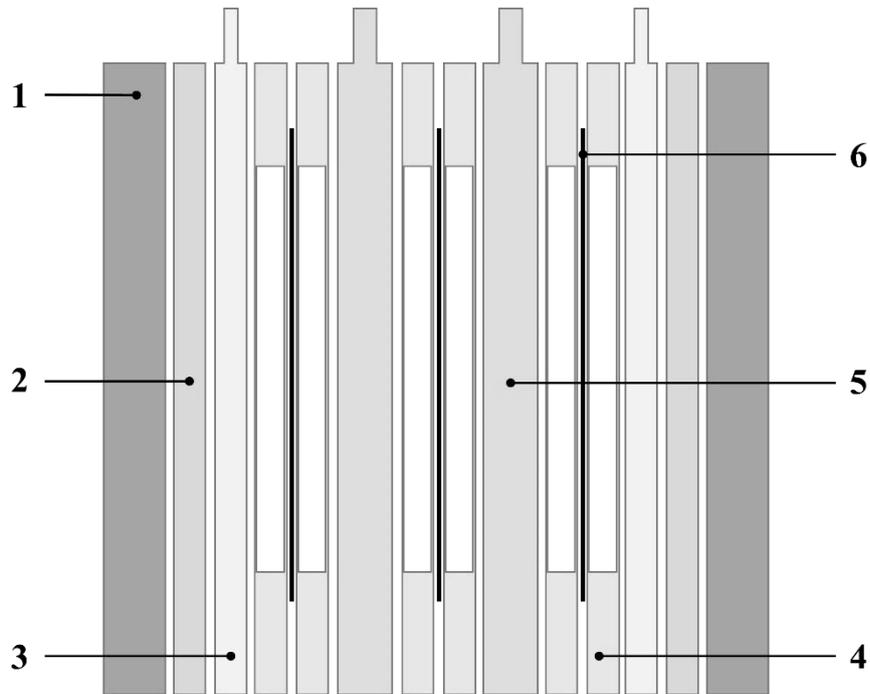


图 B1 电解水槽结构示意图

1——端板      2——隔板      3——极板      4——极框      5——双极板      6——隔膜

B.1.1 端板

端板材质为纯镍，纯度高于 99.9%；或碳钢镀镍，镍镀层厚度不低于 50  $\mu\text{m}$ ，纯度高于 99.9%。

B.1.2 隔板

隔板材质为聚四氟乙烯绝缘材质。

B.1.3 极板

极板材质为纯镍，纯度高于 99.99%。

B.1.4 极框

极框应符合下列要求：

- (a) 材质为聚四氟乙烯绝缘材质，或其他具有变形量的耐高温、耐碱腐蚀、抗氧化材料，其厚度需与电极或支撑体（如泡沫镍）匹配，以保证电极或膜电极紧装无松动、极间距固定；
- (b) 内部空心尺寸与待测电极一致；

- (c) 外部尺寸与端板或双极板一致。

### B.1.5 双极板

双极板材质为纯镍，纯度高于 99.95%；或碳钢镀镍，镍镀层厚度不低于 50  $\mu\text{m}$ ，纯度大于 99.95%。

### B.1.6 隔膜

隔膜应符合下列要求：

- (a) 材质为商业化的聚苯硫醚（PPS）隔膜、有机-无机复合隔膜或氢氧根离子交换膜等；
- (b) PPS 隔膜厚度为 0.5 mm~1.0 mm；
- (c) 有机-无机复合隔膜厚度为 0.2 mm~0.8 mm；
- (d) 尺寸为相比极框内部空心区域长、宽各大 5 mm。

### B.2 安装要求

电解槽的安装应符合下列要求：

- (a) 对于碱性电解水槽，组装时两极框之间使用隔膜隔开，隔膜占用阳极极框预留空间，两侧分别为阴极室和阳极室。阴极极框内从左到右安装阴极集流体、析氢阴极，阳极极框内从左到右安装析氧阳极、阳极集流体；
- (b) 槽体在紧固时，首先在已经装好的两根螺栓上套上一片平垫和弹垫，并用螺帽略微紧固，维持槽体各部件始终处于压紧的状态，防止内容物错位。随后安装剩余螺栓，每根螺栓都需配备 1 平垫+1 弹垫。旋紧螺帽时，优先旋紧对角位置的螺帽。全部旋紧后，测量四边厚度，厚度误差不应大于 $\pm 0.1$  mm；
- (c) 槽体紧固后总厚度控制为电解槽初始厚度-0.15 mm（隔板变形量）\*2-0.2 mm（极框变形量）\*2\*串联组数；
- (d) 槽体安装完成后，在四周贴上保温棉，同时在两侧端板中心安装两个热电偶，监测槽体左右端板温度；
- (e) 槽体应置于绝缘平板上，极耳朝上，测试仪正、负极分别与电解槽一端阳极极板、一端阴极极板通过导线相连；电解槽上端两个流道口作为出液口，下端两个流道口则作为进液口。槽体放置好后，将进出液口连接好，进液口与恒温装置相连，出液口与气液分离罐相连。
- (f) 槽体放置好后，将进液口与恒温加热锅相连，出液口与气液分离器相连；
- (g) 槽体放置好后，向气液分离罐中加入测试溶液，然后打开循环泵，通过电解槽出液阀门调整阴阳极出液流速，调节阳极出液速度约等于阴极出液速度。

## 附录 C (资料性)

### 电位转换、电流密度、电位补偿计算

#### C1 电位转化计算

相对参比电极的电位转换为相对可逆氢电极的电位按公式 (C1) 计算:

$$E(vs. RHE) = E(vs. RE) + E_{cal} \quad (C1)$$

式中:

$E(vs. RHE)$  ——工作电极相对于可逆氢电极的电位值, 单位为伏特 (V);

$E(vs. RE)$  ——工作电极相对于参比电极的电位值, 单位为伏特 (V);

$E_{cal}$  ——待校正参比电极的校准值, 单位为伏特 (V)。

#### C2 电流密度归一化计算

电极电流密度几何面积归一化处理按公式 (C2) 计算:

$$J_{geo} = i/S_{geo} \quad (C2)$$

式中:

$J_{geo}$  ——基于几何面积归一化的电流密度, 单位为安培每平方米 ( $A/m^2$ );

$i$  ——实际测得的电流值, 单位为安培 (A);

$S_{geo}$  ——电极的几何表面积, 单位为平方米 ( $m^2$ )。

#### C3 电位补偿计算

电极电位进行  $iR$  降补偿按公式 (C3) 计算:

$$E_{comp} = E_{msd} - x \times i \times R_u \quad (C3)$$

式中:

$E_{comp}$  ——补偿后的电位值, 单位为伏特 (V);

$E_{msd}$  ——实际测得的电位值, 单位为伏特 (V);

$x$  ——补偿百分比, 85%;

$i$  ——实际测得的电流值, 单位为安培 (A);

$R_u$  ——待补偿电阻值, 单位为欧姆 ( $\Omega$ )。