

# 团 体 标 准

T

T/TMAC ×××—202X

## 硅碳负极材料循环寿命测试规范（半电池/全电池）

Test specification for cycle life of silicon-carbon anode material (half-cell/full-cell)

（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。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本作品著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：[www.ctm.org.cn](http://www.ctm.org.cn) 电子信箱：[136162004@qq.com](mailto:136162004@qq.com)

## 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 工作要求 .....	1
4.1 环境要求 .....	1
4.2 设备要求 .....	2
5 系统结构与功能 .....	2
5.1 半电池测试系统结构与功能 .....	2
5.2 全电池测试系统结构 .....	2
6 技术要求 .....	3
6.1 半电池技术要求 .....	3
6.2 全电池技术要求 .....	3
7 试验方法 .....	3
7.1 半电池测试试验方法 .....	3
7.2 全电池测试试验方法 .....	4

## 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。

本文件由中国技术市场协会提出并归口。

本文件起草单位：贵州梅岭电源有限公司、晖阳（贵州）新能源材料有限公司、北京中研博采技术服务有限公司、北京六只猫创意科技有限公司、北京彬诚科技有限公司。

本文件主要起草人：徐星、胡文良、肖让、童晖、乐志斌、夏卫彬、杨笛。

# 硅碳负极材料循环寿命测试规范（半电池/全电池）

## 1 范围

本文件规定了在半电池和全电池体系中硅碳负极材料循环寿命测试的工作要求、系统结构与功能、技术要求、试验方法等内容。

本文件适用于半电池/全电池的硅碳负极材料循环性能测试与质量评价。

## 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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 18287 移动电话用锂离子蓄电池及蓄电池组总规范

GB/T 31484 电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法

GB/T 31486 电动汽车用动力蓄电池电性能要求及试验方法

GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求

GB/T 38823 硅炭

SJ/T 11792 锂离子电池电极材料导电性测试方法

## 3 术语和定义

GB/T 31484、GB/T 31486、GB/T 38823界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**半电池 half-cell**

采用硅碳负极与固态或凝胶态电解质构成的工作电极体系。

### 3.2

**全电池 full-cell**

采用硅碳负极与全固态电解质匹配正极材料构成的完整电池体系。

## 4 工作要求

### 4.1 环境要求

硅碳负极材料循环寿命测试环境要求应符合表1的要求。

表1 硅碳负极材料循环寿命测试环境要求

环境参数	指标要求
环境温度	25℃±2℃
相对湿度	50%±10%
大气压力	86kPa~106kPa
洁净度	10万级（ISO8级）
电解液操作区	通风量≥100m <sup>3</sup> /h

## 4.2 设备要求

硅碳负极材料循环寿命测试设备要求应满足表2的规定。

表2 硅碳负极材料循环寿命测试设备要求

设备名称	技术参数要求
电池测试系统	电压范围0.01V~10V，电压精度±0.05% FS； 电流范围0.01A~10A，电流精度±0.1% FS
真空干燥箱	温度范围25℃~200℃，控温精度±1℃，真空度≤10Pa
手套箱	Ar气纯度≥99.999%，H <sub>2</sub> O/O <sub>2</sub> 含量≤0.001%，换气速率≥1次/h
交流阻抗仪	频率范围100kHz~10MHz，信号幅值5mV~10mV， 阻抗测量精度±0.5%
高低温试验箱	温度范围-40℃~85℃，控温精度±0.5℃，温度均匀度±1℃

## 5 系统结构与功能

### 5.1 半电池测试系统结构与功能

半电池硅碳负极材料循环寿命测试系统结构与功能应满足表3的规定。

表3 半电池硅碳负极材料循环寿命测试系统结构与功能

组成模块	规格参数	功能
扣式电池夹具	夹持压力50N~100N，接触电阻≤50mΩ	固定电池，确保电流传导稳定
恒流恒压源	电压0.01V~5V，电流0.01A~1A，纹波≤10mV，响应时间≤10ms	提供充放电激励，维持电流、电压稳定
温度控制模块	控温范围20℃~50℃，控温精度±0.5℃，温度波动≤0.2℃/h	维持测试环境温度恒定
数据采集模块	采样频率1次/10s~1次/60s（可设），分辨率16位，存储容量≥1TB	记录电压、电流、容量、温度数据
交流阻抗模块	频率100kHz~10MHz，信号幅值5mV，阻抗测量范围1mΩ~1MΩ	测试电池交流阻抗谱

### 5.2 全电池测试系统结构与功能

全电池硅碳负极材料循环寿命测试系统结构与功能应满足表4的规定。

表4 全电池硅碳负极材料循环寿命测试系统结构与功能

组成模块	规格参数	功能描述
电池固定架	适配软包、圆柱、方形，夹持力0~500N可调	限制电池膨胀，避免测试偏差

多通道测试系统	通道数 $\geq 16$ ，单通道电压0.01V~10V，电流0.01A~10A，通道间干扰 $\leq 1\%$ ； 每个通道独立控制，支持同步/异步测试	并行测试多组样品，提高效率
安全保护模块	1.2倍额定电压的过压保护、2倍额定电流的过流保护、 过温保护范围 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、1.1倍额定容量的过充保护； 硬件+软件双重保护，响应时间 $\leq 100\text{ms}$	防止电池热失控或损坏
循环控制模块	支持CC、CV、CP、脉冲模式，可编辑循环步骤（最多100步），循环次数设定范围1次~10000次；支持断电记忆，恢复后继续测试	实现复杂测试方案，如预循环激活

## 6 技术要求

### 6.1 半电池技术要求

半电池硅碳负极材料循环寿命测试技术要求应满足表5的规定。

**表5 半电池硅碳负极材料循环寿命测试技术要求**

技术指标	指标要求
首次库伦效率	$\geq 88\%$
循环寿命	$\geq 2000$ 次（容量保持率 $\geq 80\%$ ）
倍率性能	5C/0.2C容量比 $\geq 75\%$
界面稳定性	循环500次后界面阻抗变化率 $\leq 30\%$
高温性能	$60^{\circ}\text{C}$ 循环500次容量保持率 $\geq 85\%$
安全性能	通过 $150^{\circ}\text{C}$ 热箱试验

### 6.2 全电池技术要求

全电池硅碳负极材料循环寿命测试技术要求应满足表6的规定。

**表6 全电池硅碳负极材料循环寿命测试技术要求**

技术指标	指标要求
首次库伦效率	$\geq 92\%$
循环寿命	$\geq 2000$ 次（容量保持率 $\geq 90\%$ ）
体积膨胀率	$\leq 15\%$
临界电流密度	$\geq 2.5\text{mA}/\text{cm}^2$
低温性能	$-30^{\circ}\text{C}$ 容量 $\geq 65\%$
热失控防护	通过 $200^{\circ}\text{C}$ 热滥用，不起火、不爆炸

## 7 试验方法

### 7.1 半电池测试试验方法

半电池硅碳负极材料循环寿命测试试验方法应满足表7的规定。

**表7 半电池硅碳负极材料循环寿命测试试验方法**

技术指标	试验方法	执行标准
首次库伦效率	1. 以0.1C恒流充电至0.01V（vs. Li <sup>+</sup> /Li），转恒压至电流降至0.01C； 2. 静置5min后以0.1C放电至1.5V； 3. 首次库伦效率=（放电容量/充电容量） $\times 100\%$	GB/T 18287

循环寿命	1. 在25°C下以1C恒流充放电（电压范围0.01 V~1.5 V）； 2. 每100次循环后以0.1C进行容量标定； 3. 循环终止条件：容量保持率<80%	GB/T 31484
倍率性能	1. 分别以0.2C、0.5C、1C、2C、5C倍率放电至1.5V； 2. 倍率性能=（5C放电容量/0.2C放电容量）×100%	GB/T 18287
界面稳定性	1. 循环前/后分别测试EIS（频率100kHz-10mHz）； 2. 取1Hz阻抗值计算变化率： $(Z_{1\text{循环后}} - Z_{1\text{初始}}) / Z_{1\text{初始}} \times 100\%$	GB/T 18287
高温性能	1. 在60°C高低温箱中执行循环寿命测试； 2. 容量保持率=（第500次循环容量/首次循环容量）×100%	GB/T 2423.2
安全性能	1. 按照GB 38031的规定进行测试； 2. 要求：满足GB 38031的安全要求	GB 38031

## 7.2 全电池测试试验方法

全电池硅碳负极材料循环寿命测试试验方法应满足表8的规定。

表8 全电池硅碳负极材料循环寿命测试试验方法

技术指标	试验方法	参考标准
首次库伦效率	1. 恒流充电至上限电压（按体系设定），转恒压至电流 $\leq 0.05C$ ； 2. 静置10min后放电至截止电压； 3. 效率=首次放电容量/首次充电容量×100%	GB/T 31484
循环寿命	1. 25°C下以1C充放电循环（按体系设定电压范围）； 2. 容量保持率=（第N次循环放电容量/首次放电容量）×100%（N=3000/5000）	GB/T 31486
体积膨胀率	1. 循环前/后测量电池厚度（千分尺精度0.001mm）； 2. 膨胀率=（循环后厚度-初始厚度）/初始厚度×100%	SJ/T 11792
临界电流密度	1. 阶梯增加电流密度（0.1→0.5→1.0→1.8→2.5mA/cm <sup>2</sup> ）； 2. 每步恒流充电10min，电压突升 $\geq 0.5V$ 时判定失效	GB/T 31486
低温性能	1. -30°C环境静置4小时后，以0.2C放电至截止电压； 2. 容量保持率=（-30°C放电容量/25°C放电容量）×100%	GB/T 2423.1
热失控防护	1. 满充电池置于温控箱； 2. 保持30min，要求：表面温度<300°C且无热蔓延	GB 38031