

ICS 29.050

CCS Q 51

团 体 标 准

T/CAQI XXX—2025

高比能快充石墨负极材料能量密度 测试方法

Testing method for energy density of high specific energy fast charging graphite
cathode electrode material

(征求意见稿)

2025-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国质量检验协会 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 测试设备 1

 4.1 测试设备结构 1

 4.2 设备校准 1

 4.3 测试人员 2

5 测试条件 2

 5.1 环境条件 2

 5.2 电池制备 2

6 测试步骤 2

 6.1 初始容量测试 2

 6.2 能量密度测试 2

 6.3 快充性能测试 2

 6.4 循环性能测试 2

 6.5 低温性能测试 3

 6.6 高温性能测试 3

 6.7 高温存储测试 3

 6.8 倍率性能测试 3

7 数据处理 3

 7.1 能量密度计算 3

 7.2 快充性能计算 3

8 试验报告 4

 8.1 报告内容 4

 8.2 报告格式 4

附 录 A （资料性）石墨负极材料的能量密度和快充性能测试数据记录表 5

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。

本文件由北京通标国信技术有限公司提出。

本文件由中国质量检验协会归口。

本文件主要起草单位：广西宸宇新材料有限公司、江西海锐特新能源科技有限公司、北京通标国信技术有限公司等。

本文件主要起草人：乐志斌、夏卫彬等。

高比能快充石墨负极材料能量密度测试方法

1 范围

本文件描述了高比能快充石墨负极材料的能量密度测试方法，包括测试原理、仪器设备、测试步骤及数据处理等要求。

本文件适用于高比能快充石墨负极材料的能量密度测试。

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 18287 移动电话用锂离子蓄电池及蓄电池组总规范

GB/T 24533 锂离子电池石墨类负极材料

GB/T 30835 锂离子电池用炭复合磷酸铁锂正极材料

3 术语和定义

GB/T 18287、GB/T 24533、GB/T 30835界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高比能快充石墨负极材料 high specific energy fast charging graphite cathode electrode material

具有较高比能量和快速充放电能力的石墨类负极材料。

4 测试设备

4.1 测试设备结构

测试设备结构应符合下列规定：

a) 电池测试系统：能够进行恒流充放电、恒压充电、脉冲充放电等操作，电压测量精度不低于 $\pm 0.1\text{mV}$ ，电流测量精度为 $\pm 0.1\text{mA}$ ；

b) 恒温恒湿箱：温度控制范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，温度控制精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度控制范围为 $20\%\sim 80\%$ ，湿度控制精度为 $\pm 5\%\text{ RH}$ ；

c) 高低温箱：温度控制范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，温度控制精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；

d) 电子天平：称量精度为 $\pm 0.1\text{mg}$ ；

e) 数据采集系统：能够实时采集并记录电池的电压、电流、温度等参数。

4.2 设备校准

测试设备的校准应按照以下步骤进行：

a) 电压校准：使用标准电压源对电池测试系统的电压测量模块进行校准，确保测量误差不超过 $\pm 0.1\text{mV}$ ；

b) 电流校准：使用标准电流源对电池测试系统的电流测量模块进行校准，确保测量误差在 $\pm 0.1\text{mA}$ ；

c) 温度校准：使用标准温度计对恒温箱的温度控制模块进行校准，确保温度控制误差在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

4.3 测试人员

测试人员应熟悉电化学测试基本原理和设备操作流程，具备安全操作意识，能正确记录和处理测试数据。

5 测试条件

5.1 环境条件

测试应在以下环境条件下进行：

a) 温度： $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ；

b) 相对湿度：45%~75%；

c) 大气压：86kPa~106kPa。

5.2 电池制备

测试用电池的制备应符合GB/T 30835的规定。

6 测试步骤

6.1 初始容量测试

初始容量测试步骤如下：

a) 充电：以0.1C恒流充电使电池电压达到4.2V，然后恒压充电至电流降至0.05C；

b) 放电：以0.1C恒流放电至电池电压降至2.5V；

c) 记录数据：记录放电过程中的电压、电流、时间等数据，计算初始放电容量。

6.2 能量密度测试

能量密度测试的测试步骤如下：

a) 充电：以1C恒流充电至电池电压达到4.2V，然后恒压充电至电流降至0.05C；

b) 放电：以1C恒流放电至电池电压降至2.5V；

c) 记录数据：记录放电过程中的电压、电流、时间等数据，计算放电能量；

d) 计算能量密度：根据放电能量和电池质量，计算比能量（Wh/kg）。

6.3 快充性能测试

快充性能测试应按如下操作执行：

a) 充电：以3C恒流充电至电池电压达到4.2V，然后恒压充电至电流降至0.05C；

b) 放电：以1C恒流放电至电池电压降至2.5V；

c) 记录数据：记录充电时间、放电容量等数据，计算快充性能。

6.4 循环性能测试

循环性能测试步骤如下：

a) 充电：以1C恒流充电至电池电压达到4.2V，然后恒压充电至电流降至0.05C；

b) 放电：以1C恒流放电至电池电压降至2.5V；

c) 循环操作：重复步骤a)和b)，共计100次循环；

d) 记录数据：记录每次循环的放电容量，计算容量保持率（第100次循环放电容量与初始放电容量的比值）。

6.5 低温性能测试

低温性能测试步骤如下：

- a) 环境设置：将电池置于-20℃的高低温箱中，保持2h；
- b) 放电：以0.5C恒流放电至电池电压降至2.5V；
- c) 记录数据：记录放电容量及放电过程中的电压、电流数据。

6.6 高温性能测试

高温性能测试步骤如下：

- a) 环境设置：将电池置于 55℃的高低温箱中，保持2h；
- b) 放电：以0.5C恒流放电至电池电压降至2.5V；
- c) 记录数据：记录放电容量及放电过程中的电压、电流数据。

6.7 高温存储测试

高温存储测试步骤如下：

- a) 存储条件：将电池置于60℃的恒温恒湿箱中，存储30天；
- b) 容量测试：存储结束后，按照6.1步骤进行初始容量测试；
- c) 记录数据：对比存储前后的放电容量，计算容量保持率。

6.8 倍率性能测试

- a) 充电倍率测试：分别以0.5C、1C、2C、3C恒流充电至电池电压达到4.2V，然后恒压充电至电流降至0.05C；
- b) 放电倍率测试：每次充电后，以对应充电倍率的恒流放电至电池电压降至 2.5V；
- c) 记录数据：记录各倍率下的放电容量及充放电时间。

7 数据处理

7.1 能量密度计算

能量密度：电池释放的能量与电池质量的比值，计算公式（式1）为：

$$w = \frac{\int_{t_1}^{t_2} V(t) \cdot I(t) dt}{m} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

w为能量密度（MJ/kg）

V(t) ——放电过程中的电压（V）

I(t) ——为放电过程中的电流（A）

t₁ ——为放电开始时间（s）

t₂ ——为放电结束时间（s）

m ——为电池质量（kg）

7.2 快充性能计算

快充性能：快充放电容量与初始放电容量的比值，计算公式（式2）为：

$$K = \frac{C_{\text{快充}}}{C_{\text{初始}}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

K ——快充性能

$C_{\text{快充}}$ ——为快充放电容量（Ah）

$C_{\text{初始}}$ ——为初始放电容量（Ah）

8 试验报告

8.1 报告内容

试验报告应包括以下内容：

- a) 测试设备信息：设备名称、型号、校准日期；
- b) 测试条件：环境温度、湿度、大气压力；
- c) 测试结果：初始容量、能量密度、快充性能等数据；
- d) 数据处理：计算公式、计算结果；
- e) 结论：根据测试结果对石墨负极材料的能量密度和快充性能进行评价。
- f) 测试数据记录表：参照附录 A 执行。

8.2 报告格式

测试报告应以书面形式呈现，格式应清晰、规范，并加盖单位公章或检测专用章。

附 录 A
(资料性)
石墨负极材料的能量密度和快充性能测试数据记录表

A.1 石墨负极材料的能量密度和快充性能测试数据记录表

测试项目	测试条件	测试结果	备注
初始容量测试	0.1C恒流充电至4.2V，恒压至0.05C；0.1C恒流放电至2.5V		
能量密度测试	1C恒流充电至4.2V，恒压至0.05C；1C恒流放电至2.5V		
快充性能测试	3C恒流充电至4.2V，恒压至0.05C；1C恒流放电至2.5V		
循环性能测试	1C充放电循环100次		
低温性能测试	0.5C放电，温度：-20℃		
高温性能测试	0.5C放电，温度：55℃		
高温存储测试	存储条件：60℃，30天		
倍率性能测试	充电倍率：0.5C、1C、2C、3C；放电倍率：0.5C、1C、2C、3C		