

电力储能用锂离子电池热失控试验规范 约束装置及试验技术要求

Thermal runaway test specification of lithium-ion batteries for electric energy storage

— Requirements for restraint device and test technology

单击或点击此处输入文字。

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

浙江省电力学会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	1
5 夹紧装置和加热部件要求	2
6 试验方法	3
7 试验报告	5
附录 A 电池单体规格参数表	6
附录 B 电池单体热失控试验数据和现象记录表	8

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。

本文件由浙江省电力学会提出。

本文件由浙江省电力学会电力检测专业委员会技术归口和解释。

本文件起草单位：浙江华电器材检测研究院有限公司、浙江工业大学、宁德时代新能源科技股份有限公司、国网浙江省电力有限公司嘉兴供电公司、国网浙江省电力有限公司湖州供电公司、国网浙江省电力有限公司舟山供电公司、浙江省送变电工程有限公司、浙江斐达智能装备有限公司、南京工程学院。

本文件主要起草人：

本文件首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至浙江省电力学会标准工作委员会（地址：浙江省杭州市南复路1号，邮编：310008，网址：<http://www.zjsee.org/>，邮箱：zjseeorg_bz@163.com）。

引 言

本文件考虑了电力储能用锂离子方形电池热失控试验的约束装置和测试方法，短路、过充、过载等试验可参考本文件夹紧装置要求。

随着技术和工艺的进一步发展将会要求修订本标准。

电力储能用锂离子电池热失控试验规范 约束装置及试验技术要求

1 范围

本文件规定了电力储能用锂离子方形电池单体热失控试验的约束装置、测试方法和测试报告。
本文件适用于电力储能用锂离子方形电池单体热失控测试。

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 36276 电力储能用锂离子电池

DL/T 2528 电力储能基本术语

3 术语和定义

GB/T 36276 和 DL/T 2528 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

约束装置 restraint device

用于约束电池单体在试验过程中位移、形变等状态而使用的手动或自动夹紧装置。

3.2

破裂 rupture

由于内部或外部因素引起电池外壳的机械损伤，导致内部物质暴露或溢出，但没有喷出。

3.3

夹紧力 clamping force

螺栓预紧后在连接部件间产生的压缩力。

3.4

扭矩 torque

在夹紧过程中施加于螺栓或螺母上的旋转力矩。

4 符号

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

C : 电池容量，单位为 $A \cdot h$ ，数值小数点后位数不超过 2 位。

d : 螺栓直径，单位为 m ，数值小数点后位数不超过 2 位。

E_{rd} : 额定放电能量，单位为 $W \cdot h$ ，数值小数点后位数不超过 2 位。

F : 夹紧力，单位为 N ，数值小数点后位数不超过 2 位。

K : 扭矩系数，无量纲。

P : 加热部件功率，单位为 W ，数值小数点后位数不超过 2 位。

P_{rc} : 额定充电功率，单位为 W ，数值小数点后位数不超过 2 位。

T : 扭矩，单位为 $N \cdot m$ ，数值小数点后位数不超过 2 位。

U_{nom} : 标称电压，单位为 V ，数值小数点后位数不超过 2 位。

5 夹紧装置和加热部件要求

5.1 夹紧装置

夹紧装置可采用手动或自动夹紧方式，热失控试验过程中，夹紧装置扭矩或夹紧力大小按表 1 要求。

表 1 热失控试验夹紧力要求

电池容量 (C) A · h	夹紧力范围 (F) N/ 扭矩 ^a (T) N · m	推荐夹紧力 (F) N/ 推荐扭矩 ^a (T) N · m
≤280	100~4000/0.25~9	1000/2.5
280-500	500~5000/1.15~11.5	3000/7
≥500	1000~7000/2.5~16	5000/11.5

^a 扭矩对应螺栓公称直径为 10 mm，其他公称直径螺栓对应扭矩按公式 (1) 换算：
$$T = K \times F \times d \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中 K 在 0.18~0.25 之间。

5.1.1 手动夹紧装置要求

手动夹紧装置应符合下列要求：

- a) 可使用扭矩扳手实现手动夹紧，扭矩控制精度宜为±2%，同批样品扭矩误差不超过 0.5 N · m，确保夹紧试验条件一致；
- b) 手动夹紧装置夹紧后，电池夹紧面应平整无弯曲变形，上下左右均应齐平；
- c) 夹紧面应覆盖电池单体最大平面；
- d) 宜用钢或铝材夹具，厚度不小于 15 mm，夹紧装置与电池接触面应作绝缘处理。

5.1.2 自动夹紧装置要求

自动夹紧装置应符合下列要求：

- a) 自动夹紧装置用于实现电池单体自动夹紧，并在电池及夹具联合体脱离自动夹紧装置后保持夹紧力，夹紧力控制精度宜为±1%，同批样品初始夹紧力误差不超过 50 N，确保夹紧试验条件一致；
- b) 自动夹紧装置应集成实时夹紧力反馈系统，夹紧力测量精度小于 0.5%，数据采样频率≥1 Hz；
- c) 自动夹紧装置夹紧后，电池夹紧面应平整无弯曲变形，上下左右均应齐平；
- d) 夹紧面应覆盖电池单体最大平面；
- e) 宜用钢或铝材夹具，厚度不小于 15 mm，夹紧装置与电池接触面应作绝缘处理。

5.2 加热部件

加热部件应符合下列要求：

- a) 加热部件为平板状，表层材质宜为不锈钢金属，功率要求见表 2；
- b) 加热部件应布置于试验样品表面面积较大的平面，尺寸应不超过电池被加热面；
- c) 温度监测点布置温度传感器，温度传感器应置于被加热面对侧中心和/或电池侧面中心位置，感温头直径应不大于 1 mm，加热面和加热线应绝缘。

表 2 热失控试验加热部件功率要求

试验样品额定放电能量 (E_{rd}) W · h	加热部件功率 (P) W
$E_{rd} < 50$	250
$50 \leq E_{rd} < 100$	450

表 2 热失控试验加热部件功率要求（续）

$100 \leq E_{rd} < 400$	650
$400 \leq E_{rd} < 800$	800
$800 \leq E_{rd} < 1000$	1000
$1000 \leq E_{rd} < 1600$	1600
$E_{rd} \geq 1600$	E_{rd}

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 环境要求

除非另有规定，试验应在以下环境进行：温度为 15 °C~40 °C，相对湿度应不大于 80%，大气压力为 86 kPa~106 kPa。

6.1.2 仪器和设备要求

除加热和夹紧装置要求，其他试验仪器与装备主要技术指标应满足 GB/T 36276 的要求。

6.2 试验准备

6.2.1 样品准备

6.2.1.1 外观检查

外观检查应符合下列要求：

- 在良好的光线条件下，目测检查电池单体外观，包括划痕、变形、破损、正负极锈蚀、标识等，记录检查结果。电池极性应正确、清晰，两极应带极耳。电池壳体焊缝应外形均匀、无裂纹、气孔、夹渣、焊瘤、咬边等明显缺陷；
- 拍照记录电池外观，包括电池整体、每个面、条形码和测试标签；
- 检查夹紧装置，夹紧面应平整无损坏。

6.2.1.2 尺寸及质量测量

尺寸及质量测量应符合下列要求：

- 用量具测量电池单体投影对应部位的最大尺寸，测量范围包含极柱但不包含极耳，记录测量结果；
- 用衡器测量电池单体的质量，记录测量结果；
- 样品应符合企业提供的产品技术条件。

6.2.2 试验线路连接

除另有规定外，试验线路连接应符合下列规定：

- 根据提供的电池参数选择试验设备，提供电池规格参数表见附表 A；
- 电池单体正负极与试验设备通过电流数据采样线连接，形成电流数据采集回路；
- 电池单体正负极与试验设备通过电压数据采样线连接，形成电压数据采集回路，电压采样线应完全覆盖极柱，且不影响防爆阀和泄压点工作；
- 电池单体温度采样点与试验设备通过温度数据采样线连接，形成温度数据采集回路，温度采样线应考虑电池电解液溅射影响；
- 采样线应用耐高温绝缘胶布防护。

6.2.3 初始化充电

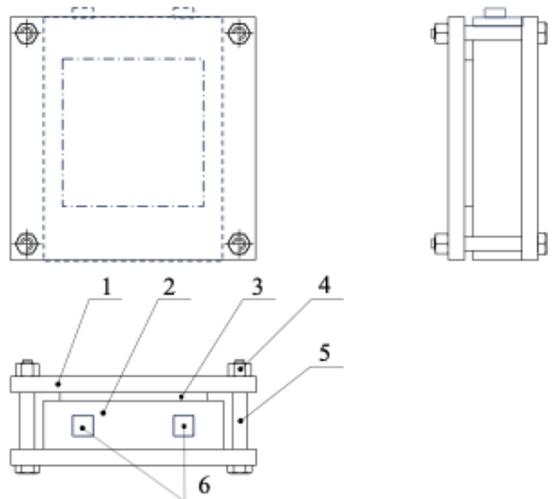
电池单体初始化充电按 GB 36276 执行。

6.3 试验步骤

6.3.1 手动夹紧测试步骤

使用手动夹紧装置时，完成初始化充电的电池单体应按下列步骤进行热失控测试：

- 按图 1 进行装夹，用夹具夹紧电池单体和加热板，夹具上边缘应与电池上边缘齐平，夹具上边缘和连接螺栓以及巴片和夹具之间应绝缘，按表 1 要求确定扭矩；
- 按表 2 要求选用加热部件并布置温度传感器，设置温度采样周期为 1s，设定连续监测到三个温升速率值均 $\geq 3\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 或起火或爆炸为发生热失控的判定条件；
- 连接试验样品与充放电装置，以 $I=P_{rc}/U_{nom}$ 恒流充电，启动加热，记录时间、电压、电流、温度、温升速率，记录试验现象，包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂和破裂位置；
- 触发热失控的判定条件或温度达到 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或试验时间达到 4 h 时，停止充电或加热，静置观察 1 h，记录时间、电压、温度、温升速率，记录试验现象，包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂和破裂位置；
- 断开试验样品和充放电装置的连接，拆除加热部件和数据采样线，取出试验样品；
- 记录发生热失控时的温度，即热失控温度，试验记录可参考附表 B。



说明：

- 1——夹具；
- 2——锂电池；
- 3——加热板；
- 4——螺母；
- 5——螺栓；
- 6——正负电极。

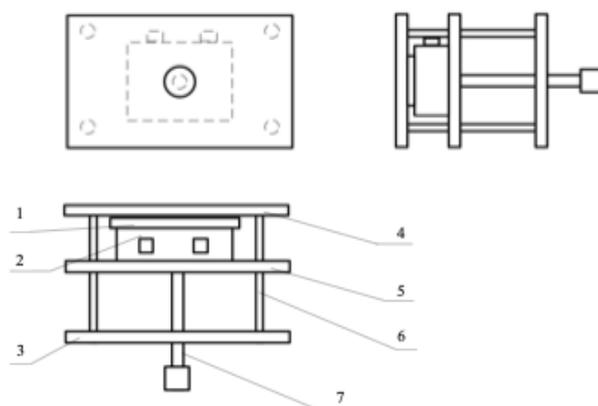
图 1 锂离子电池热失控试验手动夹紧装夹示意图

6.3.2 自动夹紧测试步骤

使用自动夹紧装置时，完成初始化充电的电池单体应按下列步骤进行热失控测试：

- 按图 2 进行装夹，自动加载夹紧力至夹具表面，夹具上边缘应与电池上边缘齐平，按表 1 要求确定扭矩；
- 按表 2 要求选用加热部件并布置温度传感器，设置温度采样周期为 1s，设定连续监测到三个温升速率值均 $\geq 3\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 或起火或爆炸为发生热失控的判定条件；

- c) 连接试验样品与充放电装置，以 $I=P_r/U_{nom}$ 恒流充电，启动加热，记录时间、电压、电流、温度、温升速率，记录试验现象，包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂和破裂位置；
- d) 触发热失控的判定条件或温度达到 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或试验时间达到 4 h 时，停止充电或加热，静置观察 1 h ，记录时间、电压、温度、温升速率，记录试验现象，包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸、外壳破裂和破裂位置；
- e) 断开试验样品和充放电装置的连接，拆除加热部件和数据采样线，自动卸载夹紧力，取出试验样品；
- f) 记录发生热失控时的温度，即热失控温度，试验记录可参考附表 B。



说明：

- 1——加热部件；
- 2——锂电池；
- 3——支撑板；
- 4——固定夹板；
- 5——活动夹板；
- 6——连接导杆；
- 7——自动加载/卸载杆。

图 2 锂离子电池热失控试验自动夹紧装夹示意图

7 试验报告

试验报告应包含重现测试结果所需的信息和试验样本的详细情况，应至少包含以下内容：

- a) 报告名称；
- b) 报告的唯一性标识、每一页的标识和报告结束的标识；
- c) 委托单位名称和联系方式以及委托要求；
- d) 实验室名称、地址和联系方式；
- e) 试验样品信息，包括样品类型、名称、型号、生厂商信息等；
- f) 试验样品的接收日期、测试日期以及报告的发布日期；
- g) 试验相关说明，包括试验依据、试验方法、试验项目、试验设备、试验数据、实验现象、试验结果等；
- h) 受试样品试验前后的照片、状态等；
- i) 相关人员的签字，如编写人、审核人、批准人等；
- j) 任何不包括在本文件中的操作或自由选择的测试条件。

附 录 A
(资料性)
电池单体规格参数表

按照表 A 提供电池单体规格参数。

表 A 电力储能用锂离子电池单体规格参数表

电力储能用锂离子电池单体规格参数表			
产品名称			
电池单体型号			
电池单体编码			
项目	符号	单位	数值
最大应用海拔高度	h	m	
电池单体标称充电时间	t	—	
电池单体标称放电时间	t'	—	
电池单体额定充电功率	P_{rc}	W	
电池单体额定放电功率	P_{rd}	W	
电池单体额定充电能量	E_{rc}	W·h	
电池单体额定放电能量	E_{rd}	W·h	
电池单体初始充电能量保证值*	—	W·h	
电池单体初始放电能量保证值*	—	W·h	
电池单体额定功率充放电循环次数	—	次	
电池单体标称充电容量	C_{rc}	A·h	
电池单体标称放电容量	C_{rd}	A·h	
电池单体标称电压	U_{nom}	V	
电池单体尺寸	—	mm	(长×宽×高): (× ×)
电池单体体积能量密度标称值	—	W·h/L	
电池单体质量	—	kg	
电池单体质量能量密度标称值	—	W·h/kg	
电池单体充电电压一级报警值	—	V	

表 A 电力储能用锂离子电池单体规格参数表（续）

项目	符号	单位	数值
电池单体充电电压二级报警值	—	V	
电池单体充电电压三级报警值	—	V	
电池单体充电截止电压	—	V	
电池单体放电截止电压	—	V	
电池单体放电电压三级报警值	—	V	
电池单体放电电压二级报警值	—	V	
电池单体放电电压一级报警值	—	V	
电池单体高温一级报警温度	—	°C	
电池单体高温二级报警温度	—	°C	
电池单体高温三级报警温度	—	°C	
电池单体高温截止温度	—	°C	
电池单体低温截止温度	—	°C	
电池单体低温三级报警温度	—	°C	
电池单体低温二级报警温度	—	°C	
电池单体低温一级报警温度	—	°C	
夹紧装置			
夹紧力	F	N	
扭矩	T	N·m	
泄压方式	<input type="checkbox"/> 防爆阀 <input type="checkbox"/> 泄压点（无防爆阀）		
<p>*初始充电能量保证值：在规定试验条件和试验方法下，初始化放电的电池以额定充电功率充电至充电截止条件时的充电能量</p> <p>*初始放电能量保证值：在规定试验条件和试验方法下，初始化充电的电池以额定放电功率放电至放电截止条件时的放电能量</p>			

附 录 B
(资料性)
电池单体热失控试验数据和现象记录表

按照表 B 格式记录电池单体热失控试验数据和现象。

表 B 电力储能用锂离子电池单体热失控试验数据和现象记录表

样品编号: 试验人员: 试验时间: 试验地点:

项目	现象或数值
电池单体外观	
电池单体尺寸 mm	长×宽×高: × ×
电池单体质量 kg	
夹紧装置 (手动/自动)	
夹紧力 N/夹紧扭矩 N·m	
加热部件功率 W	
加热部件尺寸 mm	长×宽×高: × ×
温度传感器规格 mm	
温度传感器布置位置	
电池单体热失控温度°C	
热失控试验现象	
其他说明	