

ICS 29.220.01
K 82

T/CEC

中国电力企业联合会标准

T/CEC 172—2018

T/CEC 172—2018



电力储能用锂离子电池安全 要求及试验方法

Safety requirements and test methods of lithium ion battery
for electrical energy storage

中国电力企业联合会标准
电力储能用锂离子电池安全
要求及试验方法
T/CEC 172—2018

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

2018年6月第一版 2018年6月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.25印张 35千字

统一书号 155198·859 定价 16.00元

版权专有 侵权必究
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换



中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 最及时、最准确、最权威 的电力标准信息



155198.859

2018-01-24 发布

2018-04-01 实施

中国电力企业联合会 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 术语、定义和符号	1
3 安全要求	3
4 试验条件	5
5 试验方法	6
附录 A （资料性附录） 电池试验数据记录表.....	15

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由全国电力储能标准化技术委员会（SAC/TC 550）提出并归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院有限公司、国网江西省电力公司电力科学研究院、宁德时代新能源科技股份有限公司、深圳市比亚迪锂电池有限公司、中国南方电网有限责任公司调峰调频发电公司、惠州亿纬锂能股份有限公司、银隆新能源股份有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、国联汽车动力电池研究院有限责任公司、天津力神电池股份有限公司、中航锂电（洛阳）有限公司、山东圣阳电源股份有限公司。

本标准主要起草人：官亦标、沈进冉、傅凯、郭翠静、周淑琴、胡娟、王晓清、惠东、刘家亮、李勇琦、廖云浩、陈翔、蔡惠群、钟国彬、张娜、张瑞、张红波、唐玲、邹友生、李海军、汪免伶、谈作伟、王志军、李琼、蒙天骐。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

电力储能用锂离子电池安全要求及试验方法

1 范围

本标准规定了电力储能用锂离子电池安全要求、试验方法和检验规则。
本标准适用于电力储能用锂离子电池。

2 术语、定义和符号

2.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

2.1.1

电池单体 **cell**

实现化学能和电能相互转化的基本单元，由正极、负极、隔膜、电解质、壳体和端子等组成。

2.1.2

电池模块 **battery module**

由电池单体采用串联、并联或串并联连接方式，且只有一对正负极输出端子的电池组合体，还宜包括外壳、管理与保护装置等部件。

2.1.3

电池簇 **battery cluster**

由电池模块采用串联、并联或串并联连接方式，且与储能变流器及附属设施连接后实现独立运行的电池组合体，还宜包括电池管理系统、监测和保护电路、电气和通信接口等部件。

2.1.4

标称电压 **nominal voltage**

标志或识别一种电池或一种电化学体系的适当的电压近似值。

2.1.5

额定充电功率 **rated charging power**

在规定试验条件和试验方法下，电池可持续工作一定时间的充电功率，用 P_{rcn} 表示。

2.1.6

额定放电功率 **rated discharging power**

在规定试验条件和试验方法下，电池可持续工作一定时间的放电功率，用 P_{rdn} 表示。

2.1.7

额定功率 **rated power**

在规定试验条件和试验方法下，电池可持续工作一定时间的功率，包括额定充电功率、额定放电功率。

2.1.8

初始化充电 **initial charge**

在规定试验条件和试验方法下，使电池的充电状态初始化的过程。

2.1.9

初始化放电 **initial discharge**

在规定试验条件和试验方法下，使电池的放电状态初始化的过程。

2.1.10

额定充电能量 rated charging energy

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终止电压时的充电能量，用 E_{rcn} 表示。

2.1.11

额定放电能量 rated discharging energy

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终止电压时的放电能量，用 $E_{rdn'}$ 表示。

2.1.12

额定充电容量 rated charging capacity

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终止电压时的充电容量，用 C_{rcn} 表示。

2.1.13

额定放电容量 rated discharging capacity

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终止电压时的放电容量，用 $C_{rdn'}$ 表示。

2.1.14

壳体 case

将电池单体内部部件封装并防止与外部直接接触的保护部件，是电池单体的容器。

2.1.15

起火 fire

电池任何部位发生持续时间大于 1s 的燃烧，火花及拉弧不属于燃烧。

2.1.16

爆炸 explosion

电池壳体破裂，伴随剧烈响声，且有固体物质等主要成分抛射。

2.1.17

漏液 leakage

电池内部液体泄漏到电池壳体外部。

2.1.18

热失控 thermal runaway

电池单体内部放热反应引起不可控温升的现象。

2.1.19

热失控扩散 thermal runaway diffusion

电池模块内的电池单体发生热失控后触发与其相邻或其他部位的电池单体发生热失控的现象。

2.2 符号

下列符号适用于本标准。

n : 电池的额定充电小时率，其数值等于电池的额定充电能量/额定充电功率，并应从下列数值中选取：8、4、2、1、0.5、0.25。

n' : 电池的额定放电小时率，其数值等于电池的额定放电能量/额定放电功率，并应从下列数值中选取：8、4、2、1、0.5、0.25。

C_{rcn} : n 小时率额定充电容量，单位为 Ah。

$C_{rdn'}$: n' 小时率额定放电容量，单位为 Ah。

E_{rcn} : n 小时率额定充电能量, 电池单体的单位为 Wh, 电池模块的单位为 kWh, 电池簇的单位为 kWh 或 MWh。

E_{rdn} : n' 小时率额定放电能量, 电池单体的单位为 Wh, 电池模块的单位为 kWh, 电池簇的单位为 kWh 或 MWh。

P_{rcn} : n 小时率额定充电功率, 电池单体的单位为 W, 电池模块的单位为 kW, 电池簇的单位为 kW 或 MW。

P_{rdn} : n' 小时率额定放电功率, 电池单体的单位为 W, 电池模块的单位为 kW, 电池簇的单位为 kW 或 MW。

3 安全要求

3.1 电池单体安全性能

3.1.1 过充电

将电池单体充电至电压达到充电终止电压的 1.5 倍或时间达到 1h, 不应起火、不应爆炸。

3.1.2 过放电

将电池单体放电至时间达到 90min 或电压达到 0V, 不应起火、不应爆炸。

3.1.3 短路

将电池单体正、负极经外部短路 10min, 不应起火、不应爆炸。

3.1.4 挤压

将电池单体挤压至电压达到 0V 或变形量达到 30%或挤压力达到 (13 ± 0.78) kN, 不应起火、不应爆炸。

3.1.5 跌落

将电池单体的正极或负极端子朝下从 1.5m 高度处自由跌落到水泥地面上 1 次, 不应起火、不应爆炸。

3.1.6 低气压

将电池单体在低气压环境中静置 6h, 不应起火、不应爆炸、不应漏液。

3.1.7 加热

将电池单体以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率由环境温度升至 $(130 \pm 2)^\circ\text{C}$ 并保持 30min, 不应起火、不应爆炸。

3.1.8 热失控

触发电池单体达到热失控的判定条件, 不应起火、不应爆炸。

3.2 电池模块安全性能

3.2.1 绝缘性能

按标称电压计算, 电池模块正极与外部裸露可导电部分之间、电池模块负极与外部裸露可导电部分之间的绝缘电阻均不应小于 $1000\Omega/\text{V}$ 。

3.2.2 耐压性能

在电池模块正极与外部裸露可导电部分之间、电池模块负极与外部裸露可导电部分之间施加相应的电压，不应发生击穿或闪络现象。

3.2.3 过充电

将电池模块充电至任一电池单体电压达到电池单体充电终止电压的 1.5 倍或时间达到 1h，不应起火、不应爆炸。

3.2.4 过放电

将电池模块放电至时间达到 90min 或任一电池单体电压达到 0V，不应起火、不应爆炸。

3.2.5 短路

将电池模块正、负极经外部短路 10min，不应起火、不应爆炸。

3.2.6 挤压

将电池模块挤压至变形量达到 30%或挤压力达到 (13 ± 0.78) kN，不应起火、不应爆炸。

3.2.7 跌落

将电池模块的正极或负极端子朝下从 1.2m 高度处自由跌落到水泥地面上 1 次，不应起火、不应爆炸。

3.2.8 盐雾与高温高湿

3.2.8.1 在海洋性气候条件下应用的电池模块应满足盐雾性能要求，在喷雾-贮存循环条件下，不应起火、不应爆炸、不应漏液，外壳应无破裂现象。

3.2.8.2 在非海洋性气候条件下应用的电池模块应满足高温高湿性能要求，在高温高湿贮存条件下，不应起火、不应爆炸、不应漏液，外壳应无破裂现象。

3.2.9 热失控扩散

将电池模块中特定位置的电池单体触发达到热失控的判定条件，不应起火、不应爆炸、不应发生热失控扩散。

3.3 电池簇安全性能

3.3.1 绝缘性能

按标称电压计算，电池簇正极与外部裸露可导电部分之间、电池簇负极与外部裸露可导电部分之间的绝缘电阻均不应小于 $1000\Omega/V$ 。

3.3.2 耐压性能

在电池簇正极与外部裸露可导电部分之间、电池簇负极与外部裸露可导电部分之间施加相应的电压，不应发生击穿或闪络现象。

4 试验条件

4.1 试验环境

试验环境应符合下列要求：

- a) 除另有规定外，试验应在相对湿度小于或等于 90%、大气压力为 86kPa~106kPa 的环境中进行。
- b) 试验场地应具备完善的消防和应急措施。
- c) 试验人员应配备个人防护用具。

4.2 试验装置

试验装置应符合下列要求：

- a) 充放电装置：电压、电流、功率的准确度 0.1%FS（满量程）。
- b) 环境模拟装置：温度准确度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，湿度准确度 $\pm 3\%$ ，温度波动度小于或等于 2°C ，湿度波动度小于或等于 5%。
- c) 时间测量装置：准确度 $\pm 0.1\text{s}$ 。

4.3 试验准备

4.3.1 初始化充电

电池的初始化充电应按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电。
 - 1) 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下搁置 5h。
 - 2) 以 P_{rdn} 恒功率放电至电池单体的放电终止电压，静置 30min。
 - 3) 以 P_{rcn} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压，静置 30min。
- b) 电池模块初始化充电。
 - 1) 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下搁置 5h。
 - 2) 以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压，静置 30min。
 - 3) 以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压，静置 30min。
- c) 电池簇初始化充电。
 - 1) 在 $(25\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下搁置 5h。
 - 2) 以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体、任一模块或簇的放电终止电压，静置 30min。
 - 3) 以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体、任一模块或簇的充电终止电压，静置 30min。

4.3.2 初始化放电

电池的初始化放电应按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化放电。
 - 1) 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下搁置 5h。
 - 2) 以 P_{rcn} 恒功率充电至电池单体的充电终止电压，静置 30min。
 - 3) 以 P_{rdn} 恒功率放电至电池单体的放电终止电压，静置 30min。
- b) 电池模块初始化放电。
 - 1) 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下搁置 5h。
 - 2) 以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体或模块的充电终止电压，静置 30min。
 - 3) 以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体或模块的放电终止电压，静置 30min。

- c) 电池簇初始化放电。
 - 1) 在 (25 ± 5) °C 下搁置 5h。
 - 2) 以 P_{rcn} 恒功率充电至任一单体、任一模块或簇的充电终止电压，静置 30min。
 - 3) 以 P_{rdn} 恒功率放电至任一单体、任一模块或簇的放电终止电压，静置 30min。

4.3.3 试验样品准备

试验样品准备应符合下列要求：

- a) 电池模块在进行安全性能试验时，附加的主动保护线路或装置应在试验前断开或除去。
- b) 试验装置应检测和控制电池的工作状态和电压、电流等工作参数。

4.3.4 电压限值设定

电池的电压限值设定应符合下列要求：

除另有规定外，试验过程中电池单体、电池模块及电池簇的充电终止电压、放电终止电压、充电告警电压、放电告警电压、充电保护电压、放电保护电压的设定值应唯一，且应与电池正常使用时的设定值一致。

4.3.5 试验数据记录

试验数据记录应符合下列要求：

- a) 试验开始前，应参见附录 A 的电池技术规格数据记录表记录试验样品信息。
- b) 试验过程中，除另有规定外，试验装置设定的数据采样周期不应大于预估的每个试验步骤的充电或放电时间的 1%。

5 试验方法

5.1 电池单体试验

5.1.1 过充电试验

电池单体过充电试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电。
- b) 电池单体以恒流方式充电至电压达到电池单体充电终止电压的 1.5 倍或时间达到 1h 时停止充电，充电电流取 C_{rcn} 与产品的最大持续充电电流中的较小值。
- c) 观察 1h，记录是否有冒烟、漏液、膨胀现象。
- d) 采用型式试验的方式进行，共需对 2 个电池单体样品进行试验，试验结果全部满足 3.1.1 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

5.1.2 过放电试验

电池单体过放电试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电。
- b) 电池单体以恒流方式放电至时间达到 90min 或电压达到 0V 时停止放电，放电电流取 C_{rdn} 与产品的最大持续放电电流中的较小值。
- c) 观察 1h，记录是否有冒烟、漏液、膨胀现象。
- d) 采用型式试验的方式进行，共需对 2 个电池单体样品进行试验，试验结果全部满足 3.1.2 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

5.1.3 短路试验

电池单体短路试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电。
- b) 将电池单体正、负极经外部短路 10min，外部线路电阻应小于 $5\text{m}\Omega$ 。
- c) 观察 1h，记录是否有冒烟、漏液、膨胀现象。
- d) 采用型式试验的方式进行，共需对 2 个电池单体样品进行试验，试验结果全部满足 3.1.3 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

5.1.4 挤压试验

电池单体挤压试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电。
- b) 按下列条件试验。
 - 1) 挤压方向：垂直于电池单体极板方向施压（参见图 1）。
 - 2) 挤压板形式：半径为 75mm 的半圆柱体，半圆柱体的长度（ L ）大于被挤压电池的尺寸。
 - 3) 挤压速度： $(5\pm 1)\text{mm/s}$ 。
 - 4) 挤压程度：电压达到 0V 或变形量达到 30% 或挤压力达到 $(13\pm 0.78)\text{kN}$ 时停止挤压。
 - 5) 保持 10min。
- c) 观察 1h，记录是否有冒烟、漏液、膨胀现象。
- d) 采用型式试验的方式进行，共需对 2 个电池单体样品进行试验，试验结果全部满足 3.1.4 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

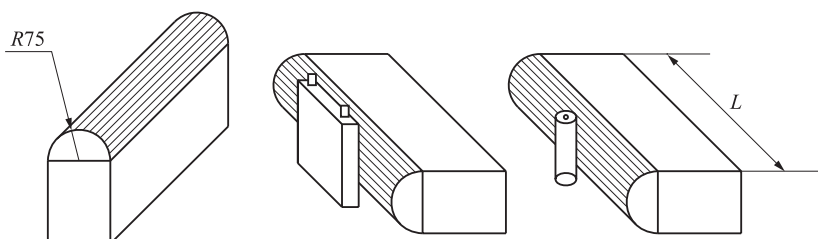


图 1 电池单体挤压板和挤压示意

5.1.5 跌落试验

电池单体跌落试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电。
- b) 将电池单体的正极或负极端子朝下从 1.5m 高度处自由跌落到水泥地面上 1 次。
- c) 观察 1h，记录是否有冒烟、漏液、膨胀现象。
- d) 采用型式试验的方式进行，共需对 2 个电池单体样品进行试验，试验结果全部满足 3.1.5 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

5.1.6 低气压试验

电池单体低气压试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电。
- b) 将电池单体放入低气压箱中，将气压调节至 11.6kPa ，温度为 $(25\pm 5)\text{ }^\circ\text{C}$ ，静置 6h。
- c) 观察 1h，记录是否有冒烟、膨胀现象。

- d) 采用型式试验的方式进行，共需对 2 个电池单体样品进行试验，试验结果全部满足 3.1.6 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

5.1.7 加热试验

电池单体加热试验按照下列步骤进行：

- a) 电池单体初始化充电。
- b) 将电池单体放入加热试验箱，以 5℃/min 的速率由环境温度升至 (130±2)℃，并保持此温度 30min 后停止加热。
- c) 观察 1h，记录是否有冒烟、膨胀现象。
- d) 采用型式试验的方式进行，共需对 2 个电池单体样品进行试验，试验结果全部满足 3.1.7 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

5.1.8 热失控试验

5.1.8.1 试验步骤

电池单体热失控试验按照下列步骤进行：

- a) 使用平面状或棒状加热装置，并且其表面应覆盖陶瓷，金属或绝缘层，加热装置加热功率应符合表 1 的规定。完成电池单体与加热装置的装配，加热装置与电池应直接接触，加热装置的尺寸规格不应大于电池单体的被加热面；安装温度监测器，监测点温度传感器布置在远离热传导的一侧，即安装在加热装置的对侧（参见图 2），温度数据的采样间隔不应大于 1s，准确度应为 ±2℃，温度传感器尖端的直径应小于 1mm。
- b) 电池单体初始化充电后，再用 C_{rcn} 恒流继续充电 12min。
- c) 启动加热装置，并以其最大功率对测试对象持续加热，当发生热失控或监测点温度达到 300℃ 时，停止触发，关闭加热装置。

5.1.8.2 判定方法

是否发生热失控应按下列条件判定：

- a) 测试对象产生电压降。
- b) 监测点温度达到电池的保护温度。
- c) 监测点的温升速率大于或等于 1℃/s。
- d) 当 a)、c) 或 b)、c) 发生时，判定电池单体发生热失控。
- e) 加热过程中及加热结束 1h 内，如果发生起火、爆炸现象，试验应终止并判定为发生热失控。
- f) 采用型式试验的方式进行，共需对 2 个电池单体样品进行试验，试验结果全部满足 3.1.8 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

表 1 加热装置功率选择

测试对象能量 E Wh	加热装置最大功率 W
$E < 100$	30~300
$100 \leq E < 400$	300~1000
$400 \leq E < 800$	300~2000
$E \geq 800$	>600

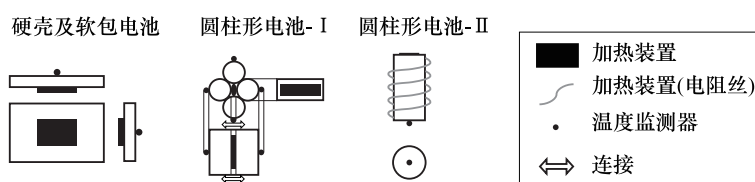


图 2 热失控试验加热示意

5.2 电池模块试验

5.2.1 绝缘性能试验

电池模块绝缘性能试验按照下列步骤进行：

- 电池模块初始化充电。
- 将电池模块的正、负极与外部装置断开，如电池模块内部有接触器应将其处于吸合状态；如电池模块附带绝缘电阻监测系统，应将其关闭；对不能承受绝缘电压试验的元件，测量前应将其短接或拆除。
- 按表 2 选择合适电压等级的绝缘电阻测量仪进行测试，试验电压施加部位应包括电池模块正极与外部裸露可导电部分之间和电池模块负极与外部裸露可导电部分之间。
- 采用型式试验的方式进行，共需对 1 个电池模块样品进行试验，试验结果全部满足 3.2.1 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

表 2 绝缘电阻测量仪电压等级

电池模块最大工作电压 U_{\max} V	测量仪的电压等级 V
$U_{\max} < 500$	500
$500 \leq U_{\max} < 1000$	1000

5.2.2 耐压性能试验

电池模块耐压性能试验按照下列步骤进行：

- 电池模块初始化充电。
- 将电池模块的电源断开，主电路的开关和控制设备应闭合或旁路；对半导体器件和不能承受规定电压的元件，应将其断开或旁路；安装在带电部件和裸露导电部件之间的抗扰性电容器不应断开；试验开始时施加的电压不应大于规定值的 50%，然后在几秒钟之内将试验电压平稳增加至规定的最大值并保持 5s。
- 按下列条件试验。
 - 试验电压施加部位应包括电池模块正极与外部裸露可导电部分之间和电池模块负极与外部裸露可导电部分之间。
 - 可采用交流电压或等于规定交流电压峰值的直流电压进行试验，交流或直流试验电压有效值不应大于规定值的 5%。
 - 交流电源应具有足够的功率以维持试验电压，可不考虑漏电流，此试验电压应为正弦波，且频率为 45Hz~62Hz。
 - 由主电路直接供电的辅助电路，试验电压值应按表 3 选取；不适于由主电路直接供电的辅助电路，应按表 4 选取。
- 采用型式试验的方式进行，共需对 1 个电池模块样品进行试验，试验结果全部满足 3.2.2 的要

求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

表 3 由主电路直接供电的辅助电路试验电压值

电池模块最大工作电压 U_{\max} V	试验电压（交流有效值） V	试验电压（直流有效值） V
$U_{\max} \leq 60$	1000	1415
$60 < U_{\max} \leq 300$	1500	2120
$300 < U_{\max} \leq 690$	1890	2570
$690 < U_{\max} \leq 800$	2000	2830
$800 < U_{\max} \leq 1000$	2200	3110

表 4 不由主电路直接供电的辅助电路试验电压值

电池模块最大工作电压 U_{\max} V	试验电压（交流有效值） V
$U_{\max} \leq 12$	250
$12 < U_{\max} \leq 60$	500
$U_{\max} > 60$	见表 3

5.2.3 过充电试验

电池模块过充电试验按照下列步骤进行：

- 电池模块初始化充电。
- 电池模块以恒流方式充电至任一电池单体电压达到电池单体充电终止电压的 1.5 倍或时间达到 1h 时停止充电，充电电流取 C_{rcn} 与产品的最大持续充电电流中的较小值。
- 观察 1h，记录是否有冒烟、漏液、膨胀现象。
- 采用型式试验的方式进行，共需对 1 个电池模块样品进行试验，试验结果全部满足 3.2.3 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

5.2.4 过放电试验

电池模块过放电试验按照下列步骤进行：

- 电池模块初始化充电。
- 电池模块以恒流方式放电至时间达到 90min 或任一电池单体电压达到 0V 时停止放电，放电电流取 $1C_{rdn}$ 与产品的最大持续放电电流中的较小值。
- 观察 1h，记录是否有冒烟、漏液、膨胀现象。
- 采用型式试验的方式进行，共需对 1 个电池模块样品进行试验，试验结果全部满足 3.2.4 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

5.2.5 短路试验

电池模块短路试验按照下列步骤进行：

- 电池模块初始化充电。
- 将电池模块正、负极经外部短路 10min，外部线路电阻应小于 $5m\Omega$ 。
- 观察 1h，记录是否有冒烟、漏液、膨胀现象。
- 采用型式试验的方式进行，共需对 1 个电池模块样品进行试验，试验结果全部满足 3.2.5 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

5.2.6 挤压试验

电池模块挤压试验按照下列步骤进行：

- a) 电池模块初始化充电。
- b) 按下列条件试验。
 - 1) 挤压方向：与电池模块在储能系统布局上最容易受到挤压的方向相同。如果最容易受到挤压的方向不可获得，应垂直于电池单体排列方向施压（参见图 3）。
 - 2) 挤压板形式：半径为 75mm 的半圆柱体，半圆柱体的长度（ L ）大于被挤压电池的尺寸，但不大于 1m。
 - 3) 挤压速度： (5 ± 1) mm/s。
 - 4) 挤压程度：电池模块变形量达到 30%或挤压力达到 (13 ± 0.78) kN 时停止挤压。
 - 5) 保持 10min。
- c) 观察 1h，记录是否有冒烟、漏液、膨胀现象。
- d) 采用型式试验的方式进行，共需对 1 个电池模块样品进行试验，试验结果全部满足 3.2.6 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

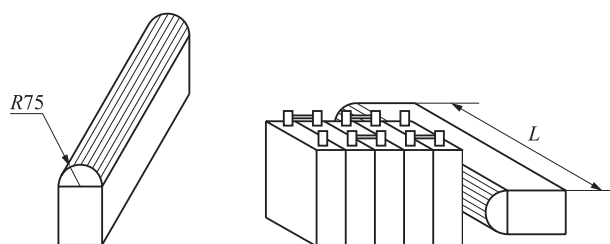


图 3 电池模块挤压板和挤压示意

5.2.7 跌落试验

电池模块跌落试验按照下列步骤进行：

- a) 电池模块初始化充电。
- b) 将电池模块的正极或负极端子朝下从 1.2m 高度处自由跌落到水泥地面上 1 次。
- c) 观察 1h，记录是否有冒烟、漏液、膨胀现象。
- d) 采用型式试验的方式进行，共需对 1 个电池模块样品进行试验，试验结果全部满足 3.2.7 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

5.2.8 盐雾与高温高湿试验

5.2.8.1 盐雾试验

电池模块盐雾试验按照下列步骤进行：

- a) 电池模块初始化充电。
- b) 采用氯化钠（化学纯或分析纯）和蒸馏水（或去离子水）配置盐溶液，浓度为 (5 ± 0.1) %（质量分数），温度为 (20 ± 2) °C 时，溶液的 pH 值应为 6.5~7.2。
- c) 将电池模块放入盐雾箱，在 15°C~35°C 下喷盐雾 2h。
- d) 喷雾结束后，将电池模块转移到湿热箱中贮存 20h~22h，完成 1 次喷雾-贮存循环，湿热箱温度设定为 (40 ± 2) °C、相对湿度设定为 (93 ± 3) %。

- e) 将步骤 c) ~d) 共循环 4 次。
- f) 将电池模块在温度为 (23 ± 2) °C、相对湿度为 45%~55%的条件下贮存 3d。
- g) 将步骤 c) ~f) 共循环 4 次。
- h) 观察 1h, 记录是否有冒烟、膨胀现象。
- i) 采用型式试验的方式进行, 共需对 1 个电池模块样品进行试验, 试验结果全部满足 3.2.8.1 的要求, 则判定为该项型式试验合格; 若有 1 项不满足要求, 则判定为型式试验不合格。

注 1: 此试验适用于海洋性气候条件下的应用场合。

5.2.8.2 高温高湿试验

电池模块高温高湿试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化充电。
- b) 将电池模块放入湿热箱中, 在温度为 (45 ± 2) °C、相对湿度为 (93 ± 3) %的条件下贮存 3d。
- c) 观察 1h, 记录是否有冒烟、膨胀现象。
- d) 采用型式试验的方式进行, 共需对 1 个电池模块样品进行试验, 试验结果全部满足 3.2.8.2 的要求, 则判定为该项型式试验合格; 若有 1 项不满足要求, 则判定为型式试验不合格。

注 2: 此试验适用于非海洋性气候条件下的应用场合。

5.2.9 热失控扩散试验

5.2.9.1 试验步骤

电池模块热失控扩散试验按照下列步骤进行:

- a) 电池模块初始化充电。
- b) 按下列条件试验。
 - 1) 热失控触发方式: 可从过充和加热两种方式中选择一种作为热失控触发方式。
 - 2) 热失控触发对象: 选择可实现热失控触发的电池单体作为热失控触发对象, 其热失控产生的热量应非常容易传递至相邻电池单体, 例如, 选择电池模块内最靠近中心位置的电池单体, 或被其他电池单体包围且很难产生热辐射的电池单体。
- c) 选择过充触发热失控: 以最小 $1/3C_{\text{ren}}$ 、最大不大于产品能持续工作的最大电流对触发对象进行恒流充电, 直至其发生热失控或触发对象的荷电状态 (SOC) 达到 200%; 过充触发要求在触发对象上连接额外的导线以实现过充, 电池模块中的其他电池单体不应过充; 如果未发生热失控, 继续观察 1h。
- d) 选择加热触发热失控: 使用平面状或棒状加热装置, 其表面应覆盖陶瓷、金属或绝缘层。对于尺寸与电池单体相同的块状加热装置, 可用该加热装置代替其中一个电池单体; 对于尺寸比电池单体小的块状加热装置, 则可将其安装在模块中, 并与触发对象的表面直接接触; 对于薄膜加热装置, 则应将其始终附着在触发对象的表面; 加热装置加热面积不应大于电池单体的表面积; 将加热装置的加热面与电池表面直接接触, 加热装置的位置应与下一步骤 e) 中规定的温度传感器的位置相对应; 安装完成后, 启动加热装置, 以加热装置的最大功率对触发对象持续加热; 加热装置功率宜符合表 1 的规定; 当发生热失控或步骤 e) 定义的监测点温度达到 300°C 时, 停止触发; 如果未发生热失控, 继续观察 1h。
- e) 电压及温度的监测应符合下列要求。
 - 1) 监测触发对象及与其相邻最近的两只电池单体的电压和温度以判定触发对象及相邻电池单体是否发生热失控, 从而判断电池模块是否发生热失控扩散; 监测电压时, 不应改动原始的电路; 温度数据的采样间隔不应大于 1s, 准确度应为 ± 2 °C, 温度传感器尖端的直径应

小于 1mm。

- 2) 过充触发时，温度传感器应布置在电池单体表面与正负极柱等距且离正负极柱最近的位置（参见图 4）。
- 3) 加热触发时，温度传感器布置在远离热传导的一侧，即安装在加热装置的对侧（参见图 2），如果难以直接安装温度传感器，应布置在能探测到触发对象连续温升的位置。

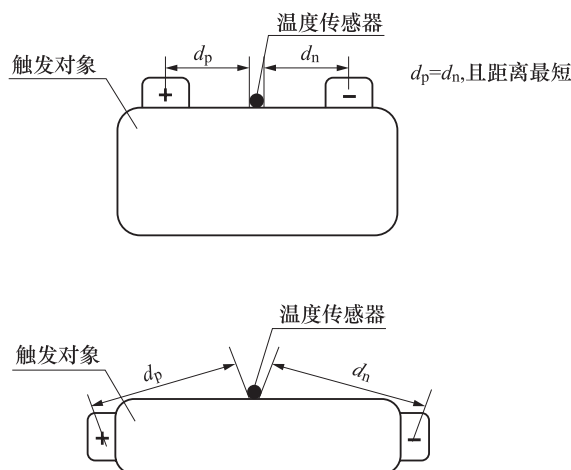


图 4 过充触发时温度传感器的布置位置示意

5.2.9.2 判定方法

是否发生热失控扩散应按下列条件判定：

- a) 测试对象产生电压降。
- b) 监测点温度达到电池的保护温度。
- c) 监测点的温升速率大于或等于 $1^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。
- d) 当 a)、c) 或 b)、c) 发生时，判定电池单体发生热失控。
- e) 当与触发对象相邻的电池单体发生热失控时，判定为电池模块发生热失控扩散；热失控触发过程中及触发结束 1h 内，如果发生起火、爆炸现象，试验应终止并判定为电池模块发生热失控扩散。
- f) 采用型式试验的方式进行，共需对 1 个电池模块样品进行试验，试验结果全部满足 3.2.9 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

5.3 电池簇试验

5.3.1 绝缘性能试验

电池簇绝缘性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池簇初始化充电。
- b) 将电池簇的正、负极与外部装置断开，如电池簇内部有接触器应将其处于吸合状态；如电池簇附带绝缘电阻监测系统，应将其关闭；对不能承受绝缘电压试验的元件，测量前应将其短接或拆除。
- c) 按表 5 选择合适电压等级的绝缘电阻测量仪进行测试，试验电压施加部位应包括电池簇正极与外部裸露可导电部分之间和电池簇负极与外部裸露可导电部分之间。
- d) 采用型式试验的方式进行，共需对 1 个电池簇样品进行试验，试验结果全部满足 3.3.1 的要

求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

表 5 绝缘电阻测量仪电压等级

电池簇最大工作电压 U_{\max} V	测量仪的电压等级 V
$U_{\max} < 500$	500
$500 \leq U_{\max} < 1000$	1000
$U_{\max} \geq 1000$	2500

5.3.2 耐压性能试验

电池簇耐压性能试验按照下列步骤进行：

- a) 电池簇初始化充电。
- b) 将电池簇的电源断开，主电路的开关和控制设备应闭合或旁路；对半导体器件和不能承受规定电压的元件，应将其断开或旁路；安装在带电部件和裸露导电部件之间的抗扰性电容器不应断开；试验开始时施加的电压不应大于规定值的 50%，然后在几秒钟之内将试验电压平稳增加至规定的最大值并保持 5s。
- c) 按下列条件试验。
 - 1) 试验电压施加部位应包括电池簇正极与外部裸露可导电部分之间和电池簇负极与外部裸露可导电部分之间。
 - 2) 可采用交流电压或等于规定交流电压峰值的直流电压进行试验，交流或直流试验电压有效值不应大于规定值的 5%。
 - 3) 交流电源应具有足够的功率以维持试验电压，可不考虑漏电流，此试验电压应为正弦波，且频率为 45Hz~62Hz。
 - 4) 由主电路直接供电的辅助电路，试验电压值应按表 6 选取；不适于由主电路直接供电的辅助电路，应按表 7 选取。

采用型式试验的方式进行，共需对 1 个电池簇样品进行试验，试验结果全部满足 3.3.2 的要求，则判定为该项型式试验合格；若有 1 项不满足要求，则判定为型式试验不合格。

表 6 由主电路直接供电的辅助电路试验电压值

电池簇最大工作电压 U_{\max} V	试验电压（交流有效值） V	试验电压（直流有效值） V
$U_{\max} \leq 300$	1500	2120
$300 < U_{\max} \leq 690$	1890	2570
$690 < U_{\max} \leq 800$	2000	2830
$800 < U_{\max} \leq 1000$	2200	3110
$1000 < U_{\max} \leq 1500$		3820

表 7 不由主电路直接供电的辅助电路试验电压值

电池簇最大工作电压 U_{\max} V	试验电压（交流有效值） V
$U_{\max} \leq 12$	250
$12 < U_{\max} \leq 60$	500
$U_{\max} > 60$	见表 6

附 录 A
(资料性附录)
电池试验数据记录表

电池试验数据记录见表 A.1~表 A.3。

表 A.1 电池单体技术规格数据记录表

项目	符号	单位	数值
额定充电小时率	n		
额定放电小时率	n'		
n 小时率额定充电功率	P_{rcn}	W	
n' 小时率额定放电功率	$P_{rdn'}$	W	
n 小时率额定充电能量	E_{rcn}	Wh	
n' 小时率额定放电能量	$E_{rdn'}$	Wh	
n 小时率额定充电容量	C_{rcn}	Ah	
n' 小时率额定放电容量	$C_{rdn'}$	Ah	
电池单体标称电压		V	
电池单体充电终止电压		V	
电池单体放电终止电压		V	
电池单体充电告警电压		V	
电池单体放电告警电压		V	
电池单体充电保护电压		V	
电池单体放电保护电压		V	
电池单体告警温度		℃	
电池单体保护温度		℃	

注： n 、 n' 应从下列数值中选取：8、4、2、1、0.5、0.25。

表 A.2 电池模块技术规格数据记录表

项目	符号	单位	数值
额定充电小时率	n		
额定放电小时率	n'		
n 小时率额定充电功率	P_{rcn}	kW	
n' 小时率额定放电功率	$P_{rdn'}$	kW	
n 小时率额定充电能量	E_{rcn}	kWh	
n' 小时率额定放电能量	$E_{rdn'}$	kWh	
n 小时率额定充电容量	C_{rcn}	Ah	
n' 小时率额定放电容量	$C_{rdn'}$	Ah	
电池模块标称电压		V	

表 A.2 (续)

项目	符号	单位	数值
电池单体充电终止电压		V	
电池单体放电终止电压		V	
电池模块充电终止电压		V	
电池模块放电终止电压		V	
电池单体充电告警电压		V	
电池单体放电告警电压		V	
电池单体充电保护电压		V	
电池单体放电保护电压		V	
电池模块充电告警电压		V	
电池模块放电告警电压		V	
电池模块充电保护电压		V	
电池模块放电保护电压		V	
电池单体告警温度		℃	
电池单体保护温度		℃	

注：n、n'应从下列数值中选取：8、4、2、1、0.5、0.25。

表 A.3 电池簇技术规格数据记录表

项目	符号	单位	数值
额定充电小时率	n		
额定放电小时率	n'		
n 小时率额定充电功率	P_{rcn}	kW	
n' 小时率额定放电功率	$P_{rdn'}$	kW	
n 小时率额定充电能量	E_{rcn}	kWh	
n' 小时率额定放电能量	$E_{rdn'}$	kWh	
n 小时率电池额定充电容量	C_{rcn}	Ah	
n' 小时率电池额定放电容量	$C_{rdn'}$	Ah	
电池簇标称电压		V	
电池单体充电终止电压		V	
电池单体放电终止电压		V	
电池模块充电终止电压		V	
电池模块放电终止电压		V	
电池簇充电终止电压		V	
电池簇放电终止电压		V	
电池单体充电告警电压		V	
电池单体放电告警电压		V	

表 A.3 (续)

项目	符号	单位	数值
电池单体充电保护电压		V	
电池单体放电保护电压		V	
电池模块充电告警电压		V	
电池模块放电告警电压		V	
电池模块充电保护电压		V	
电池模块放电保护电压		V	
电池簇充电告警电压		V	
电池簇放电告警电压		V	
电池簇充电保护电压		V	
电池簇放电保护电压		V	
电池单体告警温度		℃	
电池单体保护温度		℃	
注：n、n'应从下列数值中选取：8、4、2、1、0.5、0.25。			