

ICS 29.220  
CCS K82

# 团体标准

T/CIAPS0016-2022

---

## 储能用锂离子电池系统安全评测 技术规范

Requirements for the safety evaluation of lithium-ion battery system for energy  
storage application

2022年3月3日发布

2022年3月15日实施

---

中国化学与物理电源行业协会 发布



## 目 次

前 言.....	III
引 言.....	IV
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 缩略语及符号.....	4
4.1 缩略语.....	4
4.2 符号.....	4
5 安全等级描述.....	5
5.1 电池系统安全测试结果等级描述.....	5
5.2 电池系统安全预警等级描述.....	6
6 通用安全设计要求.....	6
6.1 通用安全设计.....	6
6.2 绝缘和线束.....	6
6.3 泄气设计.....	6
6.4 温度/电压/电流管理.....	6
6.5 电池单体、电池模块、电池包集成为电池系统.....	8
6.6 电池系统中电池安全运行范围.....	8
6.7 电池包/电池系统端子.....	8
7 试验条件.....	9
7.1 通用要求.....	9
7.2 试验环境条件.....	9
7.3 测量仪器仪表精度.....	9
7.4 标准充放电条件.....	9
8 试验方法.....	10
8.1 环境及可靠性试验方法.....	10
8.2 安全试验方法.....	12
8.3 故障诊断及安全预警试验方法.....	16
8.4 异常保护功能试验方法.....	16
9 抽样及检测规则.....	17
9.1 测试环境安全要求概述.....	17
9.2 型式试验.....	18
10 标志、包装、运输与贮存.....	18
10.1 标志.....	18
10.2 包装.....	19

10.3	运输.....	19
10.4	贮存.....	19
附录 A	（资料性） 储能用锂离子电池系统范围.....	20
附录 B	（资料性） 典型锂离子电池系统结构.....	21
附录 C	（资料性） 电池安全运行范围.....	22
附录 D	（资料性） 发烟速率测试方法.....	25
附录 E	（资料性） 电池系统故障诊断功能测试方法.....	26
附录 F	（资料性） SOC 估算精度测试方法.....	27
附录 G	（资料性） 电池系统安全评估计分表.....	28

## 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。

本标准由中国化学与物理电源行业协会提出并归口。

本标准牵头起草单位：华为数字能源技术有限公司。

本标准参与起草单位：平高集团储能科技有限公司、华中科技大学、浙江正泰新能源开发有限公司、清华四川能源互联网研究院、北京低碳清洁能源研究院、江苏海四达电源股份有限公司、江苏海基新能源股份有限公司、中汽研汽车检验中心（广州）有限公司、东莞新能安科技有限公司、广州鹏辉能源科技股份有限公司、通标标准技术服务有限公司、广州邦禾检测技术有限公司、富能宝能源科技集团有限公司、上海采日能源科技有限公司、浙江蓝盾电工新材料科技有限公司、武汉瑞科美新能源有限责任公司、武汉云侦科技有限公司、江苏天合储能有限公司、浙江华云信息科技有限公司、合肥国轩高科动力能源有限公司、中天储能科技有限公司、湖南立方新能源科技有限责任公司、福建星云电子股份有限公司、深圳库博能源科技有限公司、北京慕成防火绝热特种材料有限公司、上海玫克生储能科技有限公司、浙江金凤凰储能科技有限责任公司、广东振兴消防设备有限公司、科华数据股份有限公司、上海派能能源科技股份有限公司、深圳市欣旺达综合能源服务有限公司、国家电投集团科学技术研究院有限公司、浙江高泰昊能科技有限公司、易事特集团股份有限公司、瑞浦能源有限公司、北京前沿之锤储能技术有限公司、上海电巴新能源科技有限公司、三河同飞制冷股份有限公司、哲弗智能系统（上海）有限公司、珠海冠宇动力电池有限公司、固德威技术股份有限公司、远景能源有限公司、深圳硕日新能源科技有限公司、深圳市嘉名科技有限公司、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、中节能太阳能科技有限公司、惠州市豪鹏科技有限公司、力容新能源技术（天津）有限公司、华能天成融资租赁有限公司、四川赣盛新能源工程设计有限公司、杭州格致检测科技有限公司、东方醒狮储能电池有限公司、深圳市德兰明海科技有限公司、中国电建集团江西省电力建设有限公司、江苏林洋亿纬储能科技有限公司、浙江南都能源互联网有限公司、吉林省金冠电气股份有限公司、萧县鑫辉源电池有限公司、格力钛新能源股份有限公司、中国质量认证中心、新风光电子科技股份有限公司、湖北亿纬动力有限公司、国网天津市电力公司电力科学研究院、比亚迪汽车工业有限公司、天津瑞能电气有限公司、杭州协能科技股份有限公司、维龙（镇江）机电科学研究院有限公司、江西安驰新能源科技有限公司、上海乐驾科技有限公司、厦门海辰新能源科技有限公司、广州智光储能科技有限公司、中国化学与物理电源行业协会储能应用分会。

本标准主要起草人：朱静、田刚领、支菡倩、方煜、苗灵芬、曹元成、江伟、梁惠施、杨文强、茅海忠、葛科、罗运俊、肖质文、范克峰、宿斌、苗春茂、杨丰艺、李峰、钟允晖、李首顶、刘伦、肖斌、许君杰、何振宇、缪永华、涂健、刘震、钟丽伟、慕雷、殷琪琪、杜宏、欧阳慧安、曾春保、蔡雪峰、康志华、白宁、张伟峰、熊焰、刘思、陈雷、刘炳、陈振国、王亮、邹序平、杨洪迁、钱振华、杨桂贤、张毅鸿、张爱芳、姜利凯、唐石平、刘萍、林佳荔、冯中号、陈磊侃、钟旭航、雷健华、吴昌垣、曾繁鹏、谭建国、于洪卫、王一军、蒋世用、李海鹏、任其广、魏泽席、李谦、李善鹏、赵家欣、李志强、王洪旗、谢爱亮、潘多昭、孙逸远、石本星、江卫良、刘勇。

本标准为首次发布。

## 引 言

本引言旨在介绍本文件要求所依据的原则，本文件范围规定的储能用电池系统的安全与电池材料、电池及电池系统结构设计及使用条件有关。其中使用条件包括正常使用条件、合理的可预见滥用条件和可预见的故障状态、危害等。

# 储能用锂离子电池系统安全评测技术规范

## 1 范围

本文件规定了储能用锂离子电池系统产品安全测试条件及安全量化分级方案。

本文件适用于储能用锂离子电池系统，包含电源侧储能、电网侧储能和用户侧储能应用场景，如风/光伏电站储能、一次/二次调频储能、调峰储能、数据中心储能、通信用储能、充电设施储能、工商业储能、户用储能场景等。

## 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 3836.4-2010 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的设备
- GB 38031-2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求
- GB 40165-2021 固定式电子设备用锂离子电池和电池包安全技术规范
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.4-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12 h+12 h循环）
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 36276-2018 电力储能用锂离子电池
- IEC 60664-1: 2020 低压供电系统内设备的绝缘配合 - 第1部分：原则、要求和试验（Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems-Part 1: Principles, requirements and tests）
- IEC 61882: 2016 危险与可操作性分析（HAZOP 分析）应用指南（Hazard and operability studies（HAZOP studies）-Application guide）
- IEC 62619: 2017 含碱性或其它非酸性电解质的蓄电池和蓄电池组-工业设备用锂蓄电池和电池组安全要求（Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes -Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications）
- UL 9540A: 2019 评估电池储能系统中热失控火灾传播的测试方法（Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Energy Storage Systems）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

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。

[来源：GB/T 36276-2018，定义3.1.1]

### 3.2 电池模块 battery module

多个电池单体采用串联或并联的连接方式组合在一起的装置，可能有也可能没有外壳、保护装置（如熔断器或正温度系数热敏电阻）、消防模块和监控电路。

[来源：IEC 62619：2017，定义3.9，有修改]

### 3.3

#### 电池包 battery pack

由一个或多个电池单体或电池模块电气联接的能量存储装置。

注1：它可以包括给电池包系统提供信息（如电池电压）的保护和监控装置。

注2：它可以包含由终端或其他互联装置提供的保护罩。

[来源：IEC 62619：2017，定义3.10，有修改]

### 3.4

#### 电池系统 battery system

由一个或多个电池单体或电池模块或电池包组成的系统。电池系统可以包含功率转换、电池管理系统、冷却系统和电池均衡系统等部件。

注1：如果电池管理系统含内置功率转换系统，可集成进行测试。

注2：它可以包含冷却或加热装置，有的甚至包含了充放电模块。

[来源：IEC 62619：2017，定义3.11，有修改]

### 3.5

#### 电池管理系统 battery management system (BMS)

与电池模块或电池包相连的监测电池的电压、电流、温度等参数信息，为电池提供通信接口、并具保护等功能的本地或云端装置。包括电池监控单元（BMU）、电池控制单元（BCU）、温度管理、均衡等装置，也可以监控和（或）管理电池的状态，计算二次数据、报告数据和（或）控制环境以影响电池包的安全、性能和（或）使用寿命。BMS的功能可能分配给电池包或使用电池包的设备。

注1：BMS的功能可在电池系统上，也可在使用电池系统的设备上。

注1：BMS可以被分开，有可能一部分在电池系统内，一部分位于应用端。

[来源：IEC 62619：2017，定义3.12，有修改]

### 3.6

#### 安全 safety

无不可接受的风险。

[来源：IEC 62619：2017，定义3.1]

### 3.7

#### 风险 risk

发生危害的可能性和危害严重性的结合。

[来源：IEC 62619：2017，定义3.2]

### 3.8



**伤害 harm**

对人体健康、资产、或环境造成物理损坏或伤害。

[来源：IEC 62619：2017，定义3.3]

## 3.9

**危害 hazard**

潜在的伤害根源，包括短时间对人身和财物的伤害（如着火和爆炸），以及那些对人身健康长时间的损害（如有毒物质释放）。

[来源：IEC 62619：2017，定义3.4，有修改]

## 3.10

**漏液 leakage**

可见的液体电解质漏出。

[来源：GB 40165-2021，定义3.21]

## 3.11

**泄气 venting**

从预设的破裂或爆炸泄压结构释放电池单体、电池模块、电池包或电池系统中过大的内部压力。

[来源：IEC 62619：2017，定义3.14，有修改]

## 3.12

**热失控 thermal runaway**

电池单体放热连锁反应引起的电池温度不可控上升的现象。

[来源：GB 38031-2020，定义3.14]

## 3.13

**破裂 rupture**

由于内部或外部因素引起电池包或电池系统外壳的机械损伤，导致内部物质暴露或少量固体物质溢出，但没有剧烈喷出。

[来源：GB 40165-2021，定义3.22，有修改]

## 3.14

**起火 fire**

电池单体、电池模块、电池包或系统任何部位发生持续燃烧（单次火焰持续时间 $>1s$ ），火花及拉弧不属于燃烧。

[来源：GB 38031-2020，定义3.11]

## 3.15

**爆炸 explosion**

突然释放足量的能量产生压力波或者喷射物，可能会对周围区域造成结构或物理上的破坏。

[来源：GB 38031-2020，定义3.10]

3.16

**预期应用 intended use**

根据供应商提供的规范、说明和信息使用产品、过程或服务。

[来源：IEC 62619：2017，定义3.5]

3.17

**合理的可预见滥用 reasonably foreseeable misuse**

没有按照供应商预期使用产品、过程或服务，但可能确实由于人类预期行为引起的。

[来源：IEC 62619：2017，定义3.6]

3.18

**热扩散 thermal propagation**

电池包或电池系统内由一个电池单体热失控引发的其余电池单体接连发生热失控的现象。

[来源：GB 38031-2020，定义3.15]

3.19

**本质安全 intrinsic safety**

优化设计、制造等方案，达到电池单体不需要依靠外部措施即可保证安全的状态。

[来源：GB 3836.4-2010，定义3.1.1，有修改]

4 缩略语及符号

4.1 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CAN：控制器局域网（Controller Area Network）

EMS：能量管理系统（Energy Management System）

FS：满量程（Full Scale）

HSL：危害等级（Hazard Severity Level）

PCS：电能转换系统（Power Conversion System）

PTC：正温度系数（Positive Temperature Coefficient）

RS-485：485推荐标准（Recommended Standard 485）

SOC：荷电状态（State Of Charge）

WL：预警等级（Warning Level）

4.2 符号

下列符号适用于本文件。

E：能量

V：电压

$I_n$ ：n小时率放电电流（A），其数值等于额定容量值的1/n

$T_{max}$ ：电池监测最高温度

$T_{up\ limit}$ ：电池工作温度上限

$U_{\max}$ : 电池最大工作电压

$\delta T$ : 温度变化

## 5 安全等级描述

### 5.1 电池系统安全测试结果等级描述

按照第8章进行测试,测试过程中及结束后观察1h内现象符合表1危害分级条件,则判定为该危害等级。

表 1 电池系统安全测试结果等级描述

危害等级 (HSL)	描述	判定条件
0	本质安全,无功能损伤	1.环境可靠性测试,无影响,且功能正常; 2.热扩散测试触发对象单体无热失控; 3.被测单元中电池包箱体无变形,无漏液、无泄气、无冒烟、无起火、箱体无破裂、无爆炸; 4.被测单元监测最高温度 $T_{\max} \leq$ 工作温度上限 $T_{up\ limit}$ (热失控扩散测试除外)。
1	可逆功能失效或可逆性保护动作	1.环境可靠性测试,可逆功能失效(含可恢复性保护装置动作); 2.热扩散测试触发对象单体无热失控; 3.被测单元中电池包箱体无变形、无漏液、无泄气、无冒烟、无破裂、无起火、无爆炸; 4.被测单元监测最高温度 $T_{\max} \leq$ 工作温度上限 $T_{up\ limit}$ (热失控扩散测试除外)。
2	不可逆功能失效、热失控无扩散、轻微泄气、轻微漏液、轻微冒烟	1.环境可靠性测试,不可逆功能失效(含被动保护装置动作或功能器件损坏等); 2.热扩散测试除触发对象单体被触发热失控外,未扩散到其它相邻的电池单体; 3.被测单元中电池包轻微漏液 <sup>a</sup> 、泄气、轻微冒烟/白烟 <sup>b</sup> ; 4.被测单元监测最高温度 $T_{\max} >$ 工作温度上限 $T_{up\ limit}$ (热失控扩散测试除外); 5.被测单元中电池包无变形、无起火/无碳化、无破裂、无爆炸。
3	碳化、热失控电池包内扩散,严重漏液或泄气,大量冒烟	1.被测单元中电池包严重漏液 <sup>c</sup> 、泄气、严重冒烟/灰黑烟; 2.热扩散测试除触发对象单体被触发热失控外,电池包内部分扩散 <sup>d</sup> 到相邻电池单体,但电池包未热失控; 3.被测单元中电池包结构部件或电气部件碳化面积 $\leq 20\%$ ,无起火; 4.被测单元中电池包箱体轻微变形 <sup>e</sup> 、无破裂、无爆炸。
4	破裂	1.被测单元中电池包箱体严重变形 <sup>f</sup> 或破裂、无起火、无爆炸; 2.热扩散测试,除被测电池单体热失控外,电池包内部分扩散 <sup>4</sup> 到相邻电池单体。
5	起火	1.被测单元中电池包起火、无爆炸,与被测单元距离 100 mm 的环氧树脂板表面温升 $\delta T > 97\text{ }^{\circ}\text{C}$ 且持续 3 s 以上。 2.热扩散测试,除被测电池单体热失控外,被测电池包热失控 <sup>g</sup> ,但未扩散到相邻电池包。
6	爆炸	1.被测单元中电池包热失控爆炸; 2.热扩散测试,除被测电池单体热失控外,被测电池包热失控,扩散到相邻电池包。
<sup>a</sup> 轻微漏液: 被测单元测试前后质量损失 $\leq$ 总注液量50%; <sup>b</sup> 冒烟: 参考附录D发烟速率测试方法;		

- ° 严重漏液：被测单元测试前后质量损失>总注液量50%；
- d 电池包内热失控部分扩散：与被触发电池单体相邻的电池单体发生热失控，判定为被测单元电池包内部分扩散；
- e 轻微变形：被测电池包或电池系统外观尺寸任意方向最大形变量<15%或轻微结构损坏；
- f 严重变形：被测电池包或电池系统外观尺寸任意方向最大形变量≥15%或外壳结构开裂；
- g 电池包热失控：被测电池包发生8.2.10.1热失控现象，判定为被测电池包热失控。

## 5.2 电池系统安全预警等级描述

电池系统热失控预警能力根据8.3.2测试结果判定，具体定义如表2：

表2 电池系统热失控预警等级能力

热失控预警等级（WL）	判定标准
I (天级预警)	被测电池系统触发热失控，提前告警时间≥12 h
II (小时级预警)	被测电池系统触发热失控，0.5 h≤提前告警时间<12 h
III (分钟级预警)	被测电池系统触发热失控，5 min≤提前告警时间<0.5 h
IV (无有效预警)	被测电池系统触发热失控，提前告警时间<5 min

## 6 通用安全设计要求

### 6.1 通用安全设计

电池系统的安全测试应考虑以下两个场景：

- a) 预期应用；
- b) 合理的可预见滥用。

电池模块、电池包和电池系统的设计和制造需同时确保在预期应用及合理的可预见滥用两个情形下的安全性。建议在预期应用的情形下电池不仅要保证安全，也要确保各方面的功能性不受损坏；电池在合理的可预见滥用情形下可失去其功能性，但不能造成任何严重危害或灾害。

### 6.2 绝缘和线束

绝缘和线束应可承受最大预期电压、电流、温度、湿度和海拔的要求。电气设计应确保导体之间保持足够的电气间隙和爬电距离符合IEC 60664-1低压电气安全设计规范。电池系统（电池单体/电池模块/电池包/BMS）及其连接的机械完整性应充分考虑合理的可预见滥用情况。

### 6.3 泄气设计

电池模块、电池包和电池系统的外壳应具备压力释放能力或泄气装置，防止电池外壳破裂或爆炸。电池模块、电池包或电池系统封装和密封方法不应导致电池系统在正常运行期间出现过热，结构也不应阻挡压力的泄放。

### 6.4 温度/电压/电流管理

### 6.4.1 通用要求

电池系统的设计应防止电池温度异常升高，需确保系统中电池在制造商规定的电压、电流和温度范围内工作。

注：必要时，需提供在充电和放电过程将电流限制在安全水平的控制方法。

### 6.4.2 功能要求

#### 6.4.2.1 采集功能

电池系统应能监测或者通过其他方式获取电池的状态数据，应包含但不限于电池系统总电压、电池包电压、电池模块电压、电池单体电压、电池系统电流、电池包电流、电池模块电流、电池系统及电池包内部温度等参数。

#### 6.4.2.2 自检功能

电池系统应具有自检功能，对主要功能进行初步筛查和识别，对严重影响使用和安全的功能异常给出告警。

#### 6.4.2.3 信息交互功能

电池系统宜具有与PCS、EMS、消防系统、监控系统、温控系统、电池等不同级别监控单元之间信息交互的功能，通信协议应遵循相关规范。电池系统宜具备RS-485/CAN、硬接点等通信接口。

#### 6.4.2.4 均衡功能

电池系统应具有均衡功能，宜具有电池单体、电池模块、电池包多级均衡功能。电池模块完成均衡后，要求内部不同电池单体间的动态压差在充电时不大于10mV。

### 6.4.3 状态参数精度

#### 6.4.3.1 总电压

总电压检测精度应满足 $\pm 1\%FS$ 。

#### 6.4.3.2 总电流

总电流检测精度应满足 $\pm 0.5\%FS$ 。

#### 6.4.3.3 电池单体电压

电池单体电压检测精度应满足 $\pm 0.2\%FS$ ，且最大误差的绝对值应不大于5mV。

#### 6.4.3.4 温度

对于电池系统，在 $-20^{\circ}C \sim 65^{\circ}C$ （包含 $-20^{\circ}C$ 和 $65^{\circ}C$ ）范围内温度检测精度应满足 $\pm 1^{\circ}C$ ；在 $-40^{\circ}C \sim 20^{\circ}C$ 以及 $65^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$ （或电池管理系统标定的最高测量温度）范围内，温度检测精度应满足 $\pm 3^{\circ}C$ ，采样周期应不大于1s。

#### 6.4.3.5 SOC估算

电池系统SOC估算的累积误差应不大于5%。

#### 6.4.3.6 绝缘电阻

针对标称总电压400V及以上的电池系统，绝缘电阻检测相对误差应不大于 $\pm 20\%$ ；而针对标称总电压400V以下的电池系统，绝缘电阻检测相对误差不大于 $\pm 30\%$ 。若绝缘电阻不大于50 k $\Omega$ ，检测精度应满足 $\pm 10\text{k}\Omega$ 。

注：如电池系统在低绝缘状态下仅具备绝缘报警功能，可不进行绝缘电阻精度测试。

#### 6.4.4 故障诊断

电池系统应具有故障诊断、故障信息记录以及故障处理功能，如故障上报、实时警示和故障保护等。故障诊断的基本项目不限于表3所列项目，可由BMS或其他安全管理系统共同完成。

表3 电池系统故障诊断试验项目

序号	故障描述 <sup>a</sup>	故障诊断方法 <sup>b</sup>
1	过温	电池温度大于温度设定值
2	电池包过压	电池包电池单体、电池模块、电池包、系统电压大于电压设定值
3	电池包欠压	电池包电池单体、电池模块、电池包、系统电压小于电压设定值
4	电池包不一致	电池包电池单体、电池模块、电池包一致性偏差大于设定条件
5	充电过流	充电电流（功率）大于最大充电电流（功率）值
6	放电过流	放电电流（功率）大于最大放电电流（功率）值
7	绝缘故障	绝缘电阻小于设定值
8	内短路故障	电压异常、内短路阻值异常或出现其他内短路信号
9	通信故障	通信异常
10	热失控故障	热失控
<sup>a</sup> 电压、电流、温度的设定值应与实际使用一致，并且不应超过电池制造商规定的最大工作限值。 <sup>b</sup> 制造商可以自行规定故障项目的具体名称、故障等级划分以及相关故障条件的设定值。		

#### 6.5 电池单体、电池模块、电池包集成为电池系统

为充分减少电池系统集成时的风险，电池单体、电池模块或电池包集成为电池系统时应遵守以下规则：

- a) 每一个电池系统应具有独立的控制和保护策略；
- b) 电池制造商应提供有关电流、电压和温度使用范围的建议，以便电池系统制造商/设计人员可以确保适当的设计和集成；
- c) 电池单体串联连接的电池模块，或电池模块串联连接的电池包，应具备电池单体或电池模块的检测电路，防止电池单体或电池模块异常放电；
- d) 应适当添加保护电路器件，并应充分考虑到终端设备的应用场景。

#### 6.6 电池系统中电池安全运行范围

电池制造商应标明电池安全运行范围，电池系统制造商设计电池系统时应符合电池安全运行范围。电池安全运行范围在附录C中有详细说明。

#### 6.7 电池包/电池系统端子

端子需在电池包或电池系统外表面有清晰的极性标记。端子的大小及形状设计应确保其最大载流能力需求，外端子表面应采用具备良好机械强度及防腐的导电材料，端子位置的选择应尽可能减小短路的风险，例如减小金属工具会导致短路的风险。

注：对于需要连接特定终端产品的特配外部连接器设计，如果已有防极性反接的防呆设计则无需进行极性标记。

## 7 试验条件

### 7.1 通用要求

电池的工作环境应无腐蚀性、爆炸性和破坏绝缘的气体及导电尘埃，并远离高热源。

### 7.2 试验环境条件

除非另有规定，试验一般在下列条件下进行：

- a) 温度：25 °C ± 5 °C；
- b) 相对湿度：15%~90%；
- c) 气压：80 kPa~106 kPa。

### 7.3 测量仪器仪表精度

测量仪器仪表应符合下列要求：

- a) 测试仪器仪表应校准合格，并在有效期内；
- b) 测试过程中使用的电池模拟系统，需满足以下条件：
  - 1) 电池电压模拟设备稳压精度小于 1 mV，工频纹波电压小于 0.5 mV，响应时间小于 50 ms；
  - 2) 电池电压模拟设备能输入和输出电流不小于被测试设备均衡电流；
  - 3) 总电流模拟设备稳流精度小于 0.5% FS，响应时间小于 10 ms；
  - 4) 总电压模拟设备稳压精度小于 0.5% FS，工频纹波系数小于 0.05%，响应时间小于 100 ms。
- b) 所用仪器、仪表、测量设备精度参数应符合下列要求：
  - 1) 电压测量装置 ± 0.5% FS；
  - 2) 电流测量装置 ± 0.5% FS；
  - 3) 温度测量装置 ± 0.5 °C；
  - 4) 时间测量装置 ± 0.1% FS；
  - 5) 质量测量装置 ± 0.1% FS；
  - 6) 尺寸测量装置 ± 0.1% FS。

### 7.4 标准充放电条件

#### 7.4.1 电池包标准充电方法

电池包标准充电步骤如下：

- a) 被测单元在 25 °C ± 5 °C 下搁置 5 h 或表面温度在 30 min 内变化 ≤ 2 °C；
- b) 以制造商规定的放电电流或恒定功率放电至电池包的放电终止电压或任一电池单体的放电终止电压，搁置 30 min；
- c) 以制造商规定的充电电流恒流充电至总压或电池单体电压达到制造商规定的终止电压或跳转电压，转恒压充电至电流降至制造商规定的截止电流或达到 100% SOC。

#### 7.4.2 电池系统标准充电方法

电池系统标准充电步骤如下：

- a) 被测单元在  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  下搁置 5 h 或表面温度在 30 min 内变化  $\leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 以制造商规定的放电电流或恒定功率放电至任一电池单体或电池包的放电终止电压或 BMS 停止放电，搁置 30 min；
- c) 以制造商规定的充电电流恒流充电至制造商规定的终止电压或跳转电压，转恒压充电至电流降至制造商规定的截止电流或直至电池系统达到 100% SOC 时 BMS 停止充电。

#### 7.4.3 电池包标准放电方法

电池包标准放电步骤如下：

- a) 在  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  下搁置 5 h 或被测单元表面温度在 30 min 内变化  $\leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 以制造商规定的放电电流或恒定功率放电至电池包的放电终止电压或任一电池单体的放电终止电压。

#### 7.4.4 电池系统标准放电方法

电池系统标准放电步骤如下：

- a) 在  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  下搁置 5 h 或被测单元表面温度在 30 min 内变化  $\leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 以制造商规定的放电电流或恒定功率放电至任一电池单体或电池包的放电终止电压或 BMS 停止放电。

### 8 试验方法

#### 8.1 环境及可靠性试验方法

##### 8.1.1 耐压性能试验

耐压性能试验步骤如下：

- a) 被测单元按照 7.4.2 中的充电方法充电至 100% SOC；
- b) 将被测单元的电源断开，主电路的开关和控制设备闭合或旁路，半导体器件和不能承受规定电压的元件断开或旁路；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；
- c) 在被测单元正极与外部裸露可导电部分之间和被测单元负极与外部裸露可导电部分之间施加试验电压，试验开始时施加的电压不应大于规定值的 50%，然后在几秒之内将试验电压平稳增加至规定的最大值并保持 5 s；试验电压可采用交流电压或等于规定交流电压峰值的直流电压，交流或直流试验电压有效值不应大于规定值的 5%，规定值参考 GB/T 36276、IEC 60664-1 选取，不由主电路直接供电的辅助电路如表 4 所示，由主电路直接供电的辅助电路如表 5 所示；其中，交流电压应为频率为 45 Hz~62 Hz 的正弦波，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；
- d) 被测单元开机功能自检，如功能正常则按照 7.4.2 和 7.4.4 中的充放电方法进行一次标准充放电测试。

表 4 不由主电路直接供电的辅助电路试验电压值

电池系统最大工作电压 $U_{\max}$ 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 5
-----------------	------

表 5 由主电路直接供电的辅助电路试验电压值

电池系统最大工作电压 $U_{\max}$ V	试验电压（交流有效值） V	试验电压（直流电压） 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
$1000 < U_{\max} \leq 1500$	2700	3820

### 8.1.2 低气压试验

在电池系统所有保护功能正常状态下进行如下步骤：

- a) 被测单元按照 7.4.4 中的放电方法放电至截止电压；
- b) 将被测单元放入低气压箱中，将气压调节至 4000m 海拔高度或同等高度的气压条件，温度为  $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，进行不少于一个标准充放电循环；
- c) 测试结束后观察 1h；

### 8.1.3 盐雾试验

在电池系统所有保护功能正常状态下进行如下步骤：

- a) 被测单元按照 7.4.2 中的充电方法充电至满电态；
- 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  $5\% \pm 0.1\%$ （质量分数），温度为  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  时，溶液的 pH 值应在 6.5~7.2 范围内；
- c) 将被测单元放入盐雾箱，在  $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$  下喷盐雾 2 h；
- d) 喷雾结束后，将被测单元转移到湿热箱中贮存 20 h~22 h，完成 1 次喷雾贮存循环，湿热箱温度设定为  $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度设定为  $93\% \pm 3\%$ ；
- e) 重复步骤 c)~d) 3 次，累计执行 4 次循环；
- f) 将被测单元在温度为  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 45%~55% 的条件下贮存 3 天；
- g) 重复步骤 c)~f) 3 次，累计执行 4 次循环；
- h) 观察 1h；
- i) 进行绝缘测试，绝缘阻值  $> 1 \text{ M}\Omega$ ，开机功能检查，如功能正常，进行 3 次标准循环；
- j) 测试结束后观察 1h。

注：此试验适用于具有海洋性气候条件的应用场合。

### 8.1.4 高温高湿试验

在电池系统所有保护功能正常状态下进行如下步骤：

- a) 被测单元按照 7.4.2 中的充电方法充电至满电态；
- b) 将被测单元放入湿热箱中，在温度为  $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为  $93\% \pm 3\%$  的条件下贮存 3 天；
- c) 观察 1h。
- d) 开机功能检查，如功能正常，进行 3 次标准循环；

e) 测试结束后观察 1h。

注：此试验适用于非海洋性气候条件的应用场合。

### 8.1.5 温湿度交替试验

在电池系统所有保护功能正常状态下进行如下步骤：

- a) 被测单元按照 7.4.2 中的充电方法充电至满电态；
- b) 参考 GB/T 2423.4-2008 执行试验，见图 1。其中最高温度为 80 °C，循环次数 5 次。
- c) 观察 1 h，并进行功能检查，如功能正常进行 3 次标准充放电循环。
- d) 测试结束后观察 1 h。

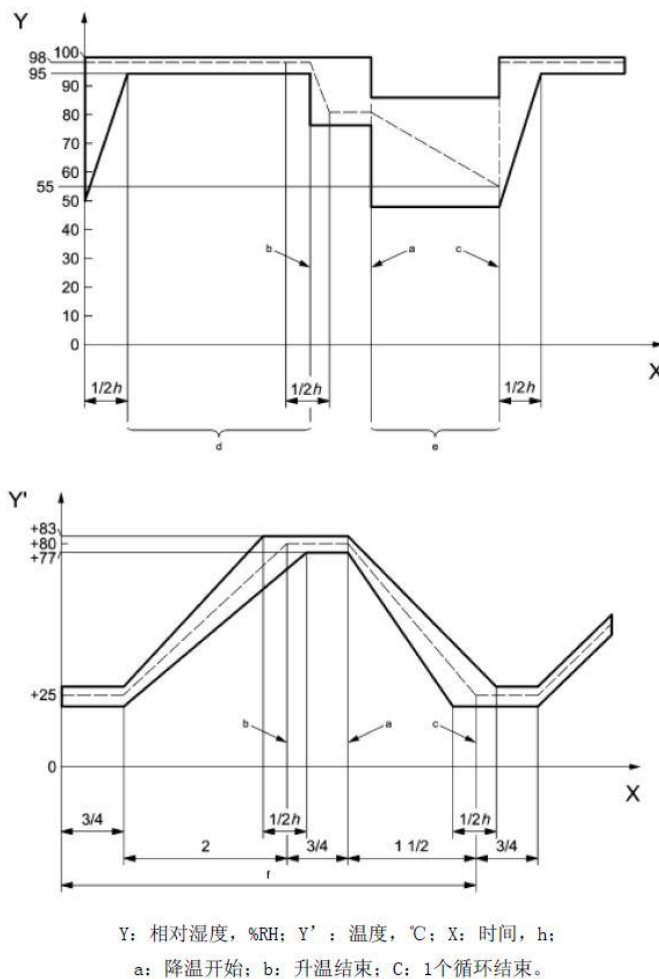


图 1 温湿度循环

## 8.2 安全试验方法

### 8.2.1 试验样品要求

被测单元可为电池包或电池系统。如果被测单元具有两重或两重以上主动保护功能，需在保护功能单一故障条件下进行测试，如仅具备一重主动安全保护功能，需在该保护功能旁路条件下进行测试，被测单元可带有被动保护装置。单一故障设置，应参考 IEC 61882 对被测单元进行 FMEA 分析，确定器件故

障的可能对测试结果造成风险，基于可预见的故障模式对保护电路的器件进行单一故障（即开路、短路、旁路或其他故障手段）。

### 8.2.2 过充电试验

过充电试验步骤如下：

- a) 被测单元按照 7.4.2 中的充电方法充电至 100% SOC；
- b) 被测单元以产品的最大持续充电电流，恒流方式充电至任意一颗电池单体达到最高充电电压的 1.5 倍或 200% SOC 或保护动作或 HSL 5 以上风险，优先发生即停止测试；
- c) 观察 1 h。

### 8.2.3 过放电试验

过放电试验步骤如下：

- a) 被测单元按照 7.4.4 中的放电方法放电至截止电压；
- b) 被测单元以产品的最大持续放电电流，恒流方式放电 90 min 或保护装置动作或达到 HSL 5 以上风险，优先发生即停止测试；
- c) 观察 1 h。

### 8.2.4 过电流试验

过电流试验步骤如下：

- a) 被测单元按照 7.4.4 中的放电方法放电至 50% SOC；
- b) 被测单元以 120%最大持续电流的恒流充电，直至过流保护将电路切断或达到 HSL 5 以上风险，优先发生即停止测试；
- c) 观察 1 h。

### 8.2.5 短路试验

短路试验步骤如下：

- a) 被测单元按照 7.4.2 中的充电方法充电至 100% SOC；
- b) 在被测单元的正负极端子之间进行短路，调整短路阻值为  $30\text{ m}\Omega \pm 10\text{ m}\Omega$ ，短路接通时间  $< 100\text{ ms}$ ，并持续 6 h 或被测单元表面温度恢复到  $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$  范围内；
- c) 观察 1 h。

### 8.2.6 部分短路试验

部分短路试验步骤如下：

- a) 被测单元按照 7.4.1 中的充电方法充电至 100% SOC；
- b) 在被测单元中两个相邻串联电池单体之间进行短路，调整短路阻值为  $10\text{ m}\Omega \pm 5\text{ m}\Omega$  或达到 2 倍最大放电电流，短路接通时间  $< 100\text{ ms}$ ，短路持续 6 h 或电池单体表面温度恢复到  $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$  范围内；
- c) 观察 1 h。

### 8.2.7 不均衡充电试验

不均衡充电试验步骤如下：

- a) 被测单元按照 7.4.2 中的充电方法充电至 50% SOC；
- b) 将其中一个电池包按照 7.4.3 中的放电方法放电至 0% SOC，制造不均衡条件；

- c) 以制造商规定的最大充电电流对被测单元进行充电至保护装置动作或满电态或达到HSL 5以上风险，优先发生即停止测试；
- d) 观察 1 h。

### 8.2.8 运输跌落试验

运输跌落试验步骤如下：

- a) 被测单元按照 7.4.1 中的充电方法充电至 100% SOC；
- b) 将被测单元升高至离地面垂直高度为 1.2 m 的半空向水泥地面或混凝土地面掉落一次，跌落都在最短的边或安装场景最严酷的面进行；
- c) 观察 1 h。

### 8.2.9 安装跌落试验

安装跌落试验步骤如下：

- a) 被测单元按照 7.4.1 中的充电方法充电至 100% SOC；
- b) 根据应用场景将被测单元升高至离地面垂直高度为 1.5 m 或 2 m 或 2.5 m 的半空向水泥地面或混凝土地面掉落一次，跌落都在最短的边或安装场景最严酷的面进行；
- c) 观察 1 h。

### 8.2.10 热失控扩散试验

#### 8.2.10.1 电池包级热失控扩散试验

电池包热失控扩散试验中，电池包内部电池单体温度监控点参考 GB 38031-2020 附录 C.5.3.5，电池包外部应对六个表面的中心位置进行温度监测，监测点温度定义为六个监测点的最高温度，监测点温升速率定义为六个监测点中温升速率最高点的温升速率；测试前后被测单元质量、被触发电池单体电压及电池包总压需要被监测和记录；测试过程中应尽量小的对电池包进行改造，改造不得影响电池包的被动安全保护功能，如改造可能造成电池包无法正常充电，应在改造前将电池包充至满电态。

电池包热失控试验步骤如下：

- a) 可采用如下热失控触发方式：
  - 1) 加热触发热失控：满功率加热升温至加热装置侧达到 300 °C，并保持直至触发电池单体发生热失控，停止加热，或在该温度下保持 4 h，触发电池单体无热失控现象发生，则停止加热。加热板或加热棒等加热装置的功率参考 GB 38031-2020 附表 C.2，如表 6 所示。

表 6 加热器功率表

触发对象能量E/Wh	加热器最大功率P/W
$E < 100$	30~300
$100 \leq E < 400$	300~1000
$400 \leq E < 800$	300~2000
$E \geq 800$	>600

- 2) 过充触发热失控：将触发电池单体以制造商宣称的最大充电电流，恒流充电至 200% SOC 或单一故障状态下可能达到的电池单体最大充电电压停止充电或电池保护装置动作切断充电；

3) 针刺触发热失控：采用 $\Phi 3\text{ mm}$ ~ $8\text{ mm}$ 的钢针，针尖角度 $20^\circ$ ~ $60^\circ$ ，针刺速度： $0.1\text{ mm/s}$ ~ $10\text{ mm/s}$ 针刺被触发电池单体，并保持钢针停留在被触发电池单体中 $1\text{ h}$ 或被触发电池单体发生热失控或触发电池单体温度恢复至 $25\text{ }^\circ\text{C}\pm 10\text{ }^\circ\text{C}$ 范围内，以优先到达的为停止测试条件；

b) 若测试过程中发生起火、爆炸现象，试验应终止并依据现象进行安全危害等级HSL判定；若测试结束时尚未发生起火、爆炸现象，则观察 $1\text{ h}$ ；

c) 被触发电池采用以上三种方式均不能触发热失控，则判定为该电池本质安全。

电池单体/电池包热失控判定方法如下：

测试过程中或测试结束 $1\text{ h}$ 内，出现a)+c)或b)+c)时，判定被触发电池单体/电池包发生热失控。

a) 被监测电池单体/电池包产生电压降，且下降值超过初始电压的 $25\%$ ；

b) 监测点温度达到制造商规定的最高工作温度；

c) 监测点的温升速率 $dT/dt \geq 1\text{ }^\circ\text{C/s}$ ，且持续 $3\text{ s}$ 以上。

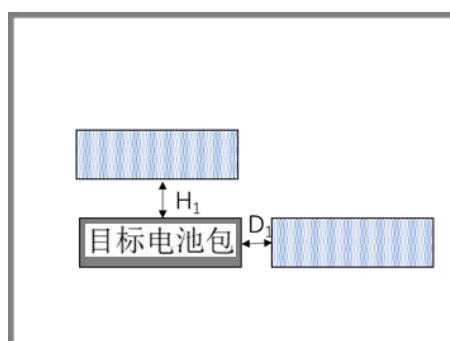
### 8.2.10.2 电池系统级热失控扩散试验

如果电池包级热失控扩散测试过程中或测试后观察 $1\text{ h}$ 时间内，未发生电池包级热失控，且距离被测单元 $100\text{ mm}$ 距离环氧板温度不满足 $>97\text{ }^\circ\text{C}$ 且持续 $3\text{ s}$ 以上，则不需要进行电池系统级热失控扩散测试；

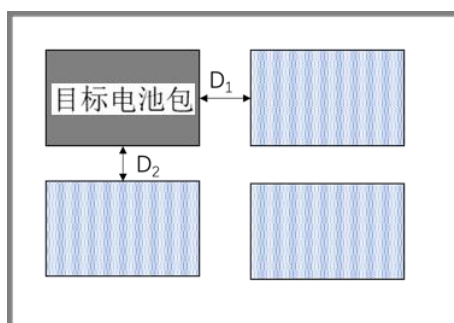
电池系统热失控试验步骤如下：

a) 被测单元按照7.4.1中的充电方法充电至满电态，如图2所示按照电池系统实际安装位置和安装距离摆放；监测被测单元中所有电池包的电压、温度；

b) 采用8.2.10.1所述的热失控触发方法，触发目标电池包热失控，直至热失控扩散到相邻电池包，或热失控自然终止，并且被测单元温度降低至 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 以下范围内，停止测试并依据现象进行安全危害等级HSL判定，过程中不人为灭火和热失控抑制。



(a) 电池系统中电池包安装主视图， $H_1$ 为触发对象组与上层电池包之间距离



(b) 电池系统中电池包安装俯视图， $D_1$ 和 $D_2$ 为触发对象组与相邻电池包之间水平距离

图2 电池系统级热失控被测单元布局图

电池系统热失控判定方法如下：

当a) +c) 或b) +c) 发生时，判定电池系统发生热失控。

- a) 与触发对象相邻电池包中，电池单体/电池包产生电压降，且下降值超过初始电压的 25%；
- b) 监测点温度达到制造商规定的最高工作温度；
- c) 监测点的温升速率  $dT/dt \geq 1 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ ，且持续 3 s 以上。

### 8.3 故障诊断及安全预警试验方法

#### 8.3.1 故障诊断试验

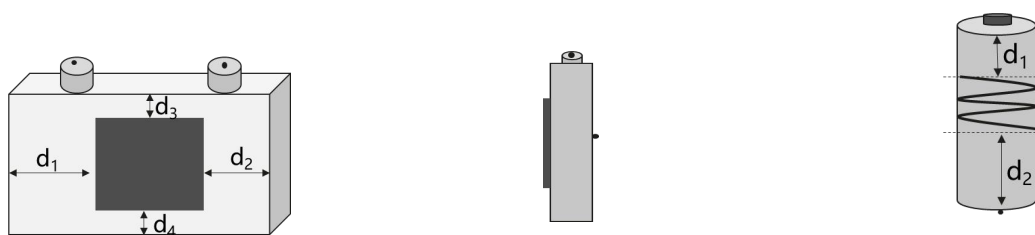
通过电池模拟装置进行如下步骤：

- a) 将 BMS 接入电池模拟装置，若有其他安全管理系统参与故障诊断可共同接入；
- b) 依次注入表 3 所列故障触发条件，记录响应故障及触发条件，确认故障诊断功能。

#### 8.3.2 安全预警试验

在电池系统中BMS及其他安全管理系统正常运行状态下进行如下步骤：

- a) 被测单元按照 7.4.2 和 7.4.4 中充放电方法在 80% SOC~100% SOC 区间范围内进行充放电循环；
- b) 被测单元中采用低速加热的方法触发单体热失控，并监测和记录触发对象单体的电压、温度及电池系统总压，作为热失控的判定依据；加热器可以为加热片或加热丝等，方形及软包电池以大面为被加热面，圆柱电池以圆柱侧边为被加热面，加热器面积不大于 1/2 被加热面面积，加热器布置在距离电池边缘距离  $\geq 10 \text{ mm}$ ，如图 3 所示，加热器布置远离被测单元中 NTC。加热器温度  $\geq 300 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，加热器功率选择参考表 7，触发对象单体温升速率  $< 0.5 \text{ } ^\circ\text{C/min}$ 。
- c) 测试过程中全程开启 BMS，通过 BMS 采集数据，监控电池状态，进行热失控故障诊断及预警，根据 BMS 安全预警至热失控提前的时间判定安全预警能力。



$$d_1, d_2, d_3, d_4 \geq 10 \text{ mm}$$

图 3 加热器及温度测试布局图

表 7 低速加热器功率表

触发对象能量E/Wh	加热器最大功率P/W
$E < 100$	20~200
$100 \leq E < 400$	100~300
$400 \leq E < 1000$	150~400
$E \geq 1000$	300~600

### 8.4 异常保护功能试验方法

### 8.4.1 过压保护试验

在电池系统正常运行工况下（BMS控制电池系统的主开关在闭合状态；如有冷却系统，冷却系统需正常运行）进行如下步骤：

- a) 被测单元按照 7.4.4 中的放电方法放电至截止电压；
- b) 按照最大电流进行充电直至触发 BMS 保护或达到 110%充电截止电压；
- c) 被测单元的数据读取与监控应在充电过程终止后继续维持运行 1 h，被测单元测试过程中应可保持所有设计功能均可正常运行；
- d) 测试过程 BMS 主动过压保护切断充电过程，则测试通过，BMS 具备过压保护功能；如在电压达到 110%充电截止电压后仍未被 BMS 主动切断，则 BMS 不具备过压保护功能。

### 8.4.2 过流保护试验

在电池系统正常运行工况下（BMS控制电池系统的主开关在闭合状态；如有冷却系统，冷却系统需正常运行）进行如下步骤：

- a) 被测单元按照 7.4.4 中的放电方法放电至 50% SOC；
- b) 被测单元按照 120%的最大额定充电电流进行充电直至触发 BMS 保护或充电 1 h；
- c) 被测单元的数据读取与监控应在充电过程终止后继续维持运行 1 h，被测单元测试过程中应可保持所有设计功能均可正常运行；
- d) 测试过程 BMS 过流保护动作主动控制终止，则测试通过，BMS 具备过流保护功能；如在测试方法的要求下进行 1 h 充电仍未被 BMS 主动控制终止，则 BMS 不具备过流保护功能。

### 8.4.3 过热保护试验

在电池系统正常运行工况下（BMS控制电池系统的主开关在闭合状态；如有冷却系统，冷却系统需正常运行）进行如下步骤：

- a) 被测单元按照 7.4.4 中的放电方法放电至 50% SOC；
- b) 将被测单元温度升高至制造商规定的最高运行温度+5 °C 以上，保持 5 h；
- c) 被测单元持续充电直到 BMS 终止充电过程或充至满电态；
- d) 被测单元的数据读取与监控应在充电过程终止后继续维持运行 1 h；
- e) 测试过程中 BMS 过温保护动作主动控制终止，则测试通过，BMS 具备过温保护功能；如在被测单元充电至满电态前充电过程仍未被 BMS 主动控制终止，则 BMS 不具备过温保护功能。

## 9 抽样及检测规则

### 9.1 测试环境安全要求概述

在其工作区域之外使用电池系统可能会表现出电池造成的危险。为了制定安全的测试计划，必须考虑到这些风险。

试验设施应具备足够防爆保护设置和消防灭火系统，以维持试验可能发生的超压、爆炸和火灾条件。设施应具有通风、换气系统、气体净化系统，以清除和捕获测试期间可能产生的气体。执行高压电池系统测试应考虑高压危险，操作人员应接受高压安全培训，并配备绝缘防护用品。

**警告：**如果在没有采取充分预防措施情况下进行测试可能会导致伤害。测试应由合格和经验丰富的技术人员进行，并采取充分的保护措施。为防止烧伤，应小心测试结果外壳可能超过75 °C的电池单体或电池包。

## 9.2 型式试验

### 9.2.1 需进行型式试验的情形

有下列情况之一应进行型式试验：

- a) 新产品投产；
- b) 厂址变更；
- c) 停产超过一年复产；
- d) 正式生产后，结构、工艺或材料有重大改变；
- e) 合同约定。

### 9.2.2 试验要求样品数量

试验样品要求如表8所示：

表 8 试验要求样品数量

测试类型	试验方法条号	试验项目	被测单元	样品数量
8.1 环境可靠性测试	8.1.1	耐压试验	电池系统	1
	8.1.2	低气压试验	电池系统	1
	8.1.3	盐雾试验	电池系统	1
	8.1.4	高温高湿试验	电池系统	1
	8.1.5	温湿度交变试验	电池系统	1
8.2 安全测试	8.2.2	过充电	电池系统	1
	8.2.3	过放电	电池系统	1
	8.2.4	过电流	电池系统	1
	8.2.5	短路	电池系统	1
	8.2.6	部分短路	电池包	1
	8.2.7	不平衡充电	电池系统	1
	8.2.8	运输跌落	电池包	1
	8.2.9	安装跌落	电池包	1
	8.2.10.1	电池包级热失控扩散	电池包	1
	8.2.10.2	系统级热失控扩散	电池系统	1
8.3 故障诊断、安全预警测试	8.3.1	故障诊断	电池系统	1
	8.3.2	安全预警	电池系统	1
8.4 异常保护功能测试	8.4.1	过压保护	电池系统	1
	8.4.2	过流保护	电池系统	
	8.4.3	过热保护	电池系统	
注：电池系统可用BMS可正常启动工作的子单元替代。				

## 10 标志、包装、运输与贮存

### 10.1 标志



### 10.1.1 产品标志

电池系统应有明显的标志，应保证铭牌字迹在整个使用期内不易磨灭，铭牌宜放在显著位置，宜包含下列内容：

- a) 产品名称、型号、商标或产品代号；
- b) 产品主要技术参数；
- c) 出厂编号；
- d) 制造日期（批号）；
- e) 制造厂名、厂址；
- f) 使用年限。

### 10.1.2 包装标志

电池管理系统的外包装上应有收发货标志、包装储运标志和警示标志，按照GB/T 191的相关规定执行。

## 10.2 包装

### 10.2.1 随同产品供应的技术文件

供应的技术文件宜包括：

- a) 装箱清单；
- b) 产品使用维护说明书；
- c) 安装说明书；
- d) 产品质量合格证；
- e) 出厂检验记录；
- f) 交货明细表；
- g) 保修卡；
- h) 用户意见调查表。

### 10.2.2 产品包装

产品包装应符合GB/T 13384的规定。

## 10.3 运输

包装好的产品在运输过程中的温度不宜超过制造商规定的贮存温度范围，相对湿度不大于95%。产品在运输过程中，不应有剧烈振动、撞击、倾斜或倒置。某些部件对运输有特殊要求时应注明，以便运输时采取措施。

## 10.4 贮存

包装好的产品应贮存在环境温度为-25℃~+55℃，相对湿度不大于95%，周围空气中不含有腐蚀性、火灾及爆炸性物质的室内。如附带有水冷却设备，应排出试验时残留的冷却水。产品运到现场后，应按照制造厂规定贮存，长期存放时应按照产品技术条件进行维护。

附录 A  
(资料性)  
储能用锂离子电池系统范围

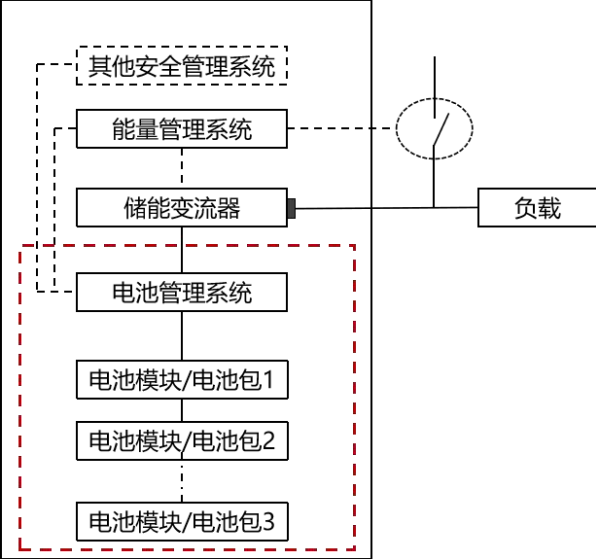
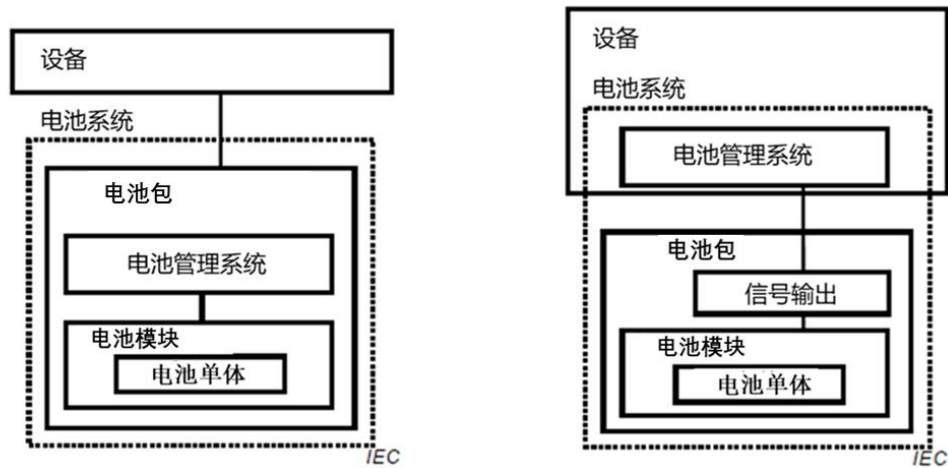


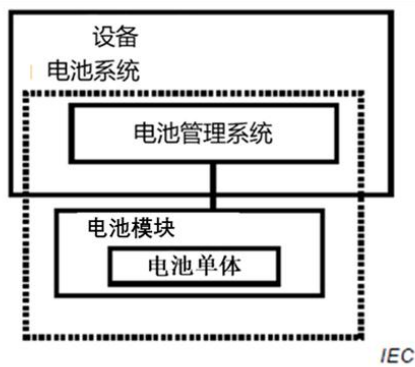
图 A.1 储能用锂离子电池系统范围图

附录 B  
(资料性)  
典型锂离子电池系统结构

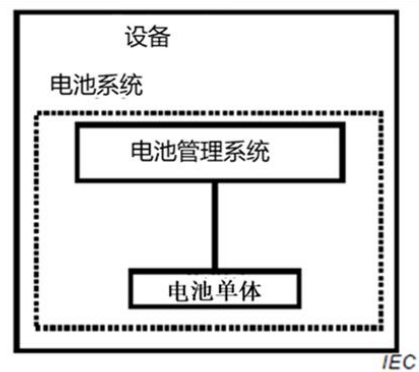


a) 电池管理系统的所有功能均在电池组内

b) 电池管理系统的功能部分在电池组内，部分在储能设备端



c) 带有电池管理系统的储能设备与电池模组结合



d) 包含电池管理系统所有功能和电池单体的储能设备

图B.1 典型锂离子电池系统结构图

**附 录 C**  
**(资料性)**  
**电池安全运行范围**

本附录C解释了如何确定电池的工作区域，以确保电池的安全使用。工作区域由充电电压上限、电池温度等充电条件指定，确保电池的安全。

系统制造商应按照电池单体制造商规定电池单体的安全运行电压、电流、温度制定安全控制策略。电池控制系统中还应提供适当的保护装置和功能，以防止充电控制可能发生故障。

工作区域的限制是为最低安全而指定的，并不同于充电电压和温度，以优化电池的性能，如循环寿命。

### C.1 充电电压的考虑

对电池施加充电电压，以促进充电过程中的化学反应。但是，如果充电电压过高，会发生过度的化学反应或副反应，电池发热变得不稳定。因此，电池单体不应超过电池单体制造商规定的值（即充电电压的上限）。

上限充电电压应由电池单体制造商根据验证测试设置，并显示结果，例如：

验证正极材料晶体结构稳定性的测试结果；

验证当电池单体以上限充电电压充电时，锂离子进入负极活性材料接受程度的测试结果；

验证在上限充电电压下充电的电池单体在标准温度范围上下限，通过8.2所列安全测试项目进行测试，并符合每次测试的验收标准。

### C.2 温度的考虑

#### C.2.1 高温范围

当电池在高于标准温度范围的温度下充电时，由于晶体结构的稳定性较低，反应活性高，电池的安全性能往往会下降。

因此，高温范围内的电池充电应控制如下：

当电池表面温度在电池单体制造商规定的高温范围内时，应用特定的充电条件，如较低的充电电压和电流；

当电池表面温度高于高温范围的上限时，电池不应以任何电流充电、放电。

#### C.2.2 低温范围

当电池在低温范围内充电时，扩散速率降低，锂离子嵌入负极材料的速率变得低，金属锂很容易沉积在石墨表面。此外，负极嵌锂能力受温度影响大，在低温范围内嵌锂能力降低。

因此，低温范围内的电池充电应控制如下：

当电池的表面温度在电池单体制造商规定的低温范围内时，应用特定的充电条件，如较低的充电电压和电流；

当电池表面温度低于低温范围的下限时，电池不应以任何电流充电。

### C.3 安全运行的放电条件

电流不得超过电池单体制造商定义的最大电流。温度应始终在温度限值（下限和上限）内。电池电压应控制在电池的放电电压下限以上，以避免过放故障。此外，电池系统管理应按照电池单体制造商规定高于放电电压下限的截止电压，以保持电池工作区域的适当余量。

### C.4 工作区域示例

图C.1展示了充电工作区域的典型示例。在高于或低于标准温度范围的温度范围内，只要使用较低的充电电压和电流，允许对电池充电。工作范围可以用图C.1所示的台阶形状或对角线指定。图C.2展示了用于放电的工作区域的示例。

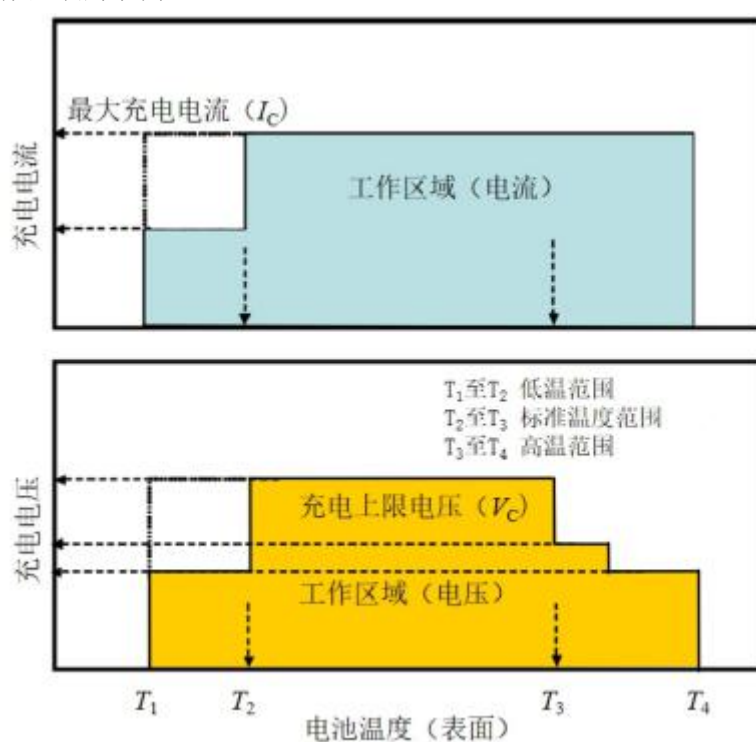


图 C.1 典型锂离子电池充电工作区域示例

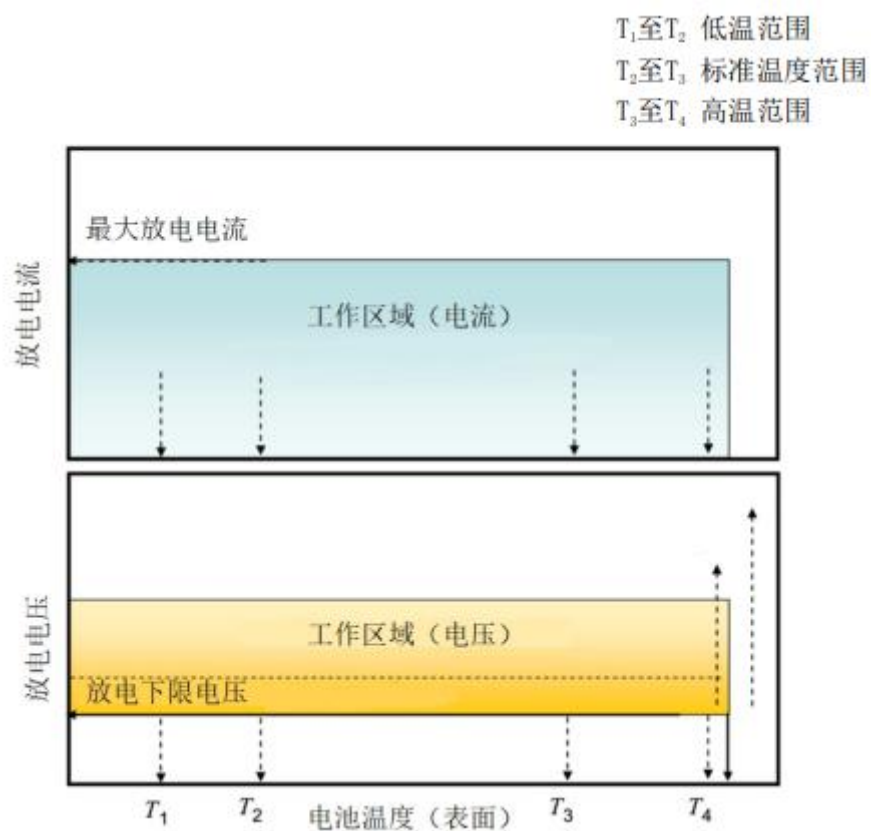


图 C.2 典型锂离子电池放电工作区域示例

附 录 D  
(资料性)  
发烟速率测试方法

电池系统的试验应在带有排气管的收集罩下进行,该收集罩的尺寸应足以容纳电池系统在试验过程中的发烟量。使用傅里叶变换红外光谱仪(分辨率 $\geq 1\text{ cm}^{-1}$ , 路径长度 $\geq 2\text{ m}$ )测量试验前后的透射光强度信号。

试验过程中的发烟速率采用如下公式计算(参考UL 9540A:2019):

$$SRR = 2.303\left(\frac{v}{D}\right)\log_{10}\left(\frac{W_0}{W}\right)$$

SRR: 烟雾释放速率 ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

V: 排气管单位体积流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

D: 排气管直径 (m)

W<sub>0</sub>: 背景(试验前)透射光强度信号 (V)

W: 试验过程中透射光强度信号 (V)

## 附 录 E

(资料性)

### 电池系统故障诊断功能测试方法

6.4.4中表3所示故障告警项可按照以下方法进行测试：

- a) 告警阈值测试
  - 1) 故障告警标志位为 0 且触发因素值在告警区间外；
  - 2) 设置触发因素以：1 个信号精度的步进/大于 2 倍告警确认时间的速率上升/下降，直至告警标志位为 1，观察相应触发因素值；
- b) 告警阈值回差测试
  - 1) 故障告警标志位为 1 且触发因素值在告警区间内；
  - 2) 设置触发因素以：1 个信号精度的步进/大于 2 倍告警确认时间的速率上升/下降，直至告警标志位为 0，观察相应触发因素值。



附 录 F  
(资料性)  
SOC 估算精度测试方法

### F.1 可用容量测试

在25 °C ±5 °C下按照以下步骤进行测试：

- a) 以制造商规定的放电机制放电至制造商规定的放电截止条件；
- b) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- c) 以制造商规定的充电机制充电至制造商规定的充电截止条件；
- d) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- e) 以与 a) 同样的放电规范进行放电，记录放电过程总的放电量  $Q_{01}$ （以 Ah 计）；
- f) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- g) 重复 c) ~f)，放电量分别为  $Q_{02}$  和  $Q_{03}$ ，则三次放电量的算术平均值为  $Q_0$ 。如果  $Q_{01}$ 、 $Q_{02}$  和  $Q_{03}$  与  $Q_0$  的偏差均小于 2%，则  $Q_0$  为该电池系统的可用容量。如果  $Q_{01}$ 、 $Q_{02}$  和  $Q_{03}$  与  $Q_0$  的偏差有不小于 2% 的情况，则需要重复进行可用容量测试过程，直至连续三次的放电量满足可用容量确认的条件。

### F.2 SOC估算精度测试

在25 °C ±5 °C下按照以下步骤进行测试：

- a) 电池系统（或电池模拟系统）按照 F.1 中所采用的充电规范充电；
- b) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间，将电池管理系统上报  $SOC_{BMS}$  值修改为 100%；
- c) 测试设备开始累积循环充放电容量；
- d) 以  $1Q_0$  A 放电 12 min；
- e) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间；
- f) 采用特定工况（由制造商协商确定）循环 N 次，N 是使 SOC 真值接近 30% 的最大整数，但循环过程中需保证 SOC 不低于 30%，否则停止工况循环跳至 g)；
- g) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间（静置过程内不得触发电池管理系统的 SOC 修正）；
- h) 以 F.1 中所采用的充电规范将电池系统（或电池模拟系统）充电至实际 SOC 为 80%；
- i) 静置 30 min 或制造商规定的搁置时间（静置过程内不得触发电池管理系统的 SOC 修正）；
- j) 按照 f) ~i) 循环 10 次；
- k) 记录电池管理系统上报  $SOC_{BMS}$  值；
- l) 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量  $Q_1$ （充电为负，放电为正），并计算 SOC 真值 =  $(Q_0 - Q_1) / Q_0 \times 100\%$ ；
- m) 测试结束后，SOC 累积误差的计算公式为  $|SOC_{真值} - SOC_{BMS}|$ 。

附 录 G  
(资料性)  
电池系统安全评估计分表

电池系统参照第8章所列测试项目进行测试，设备选型可依据测试结果进行评估计分：

表 G.1 电池系统安全评估计分表

项目	分级及测试项目	分数	说明
8.1 环境可靠性和 8.2 安全测试项目	0	9	各项测试按照 HSL 得分累加
	1	5	
	2	4	
	3	3	
	4	2	
	5	1	
	6	0	
8.3.1 故障诊断测试项目	过温	1	各项故障诊断功能每具备一项可得 1 分，不具备该项得 0 分
	电池包过压	1	
	电池包欠压	1	
	电池包不一致	1	
	充电过流	1	
	放电过流	1	
	绝缘故障	1	
	内短路故障	1	
	通信故障	1	
8.3.2 安全预警测试项目	I 天级预警	3	
	II 小时级预警	2	
	III 分钟级预警	1	
	IV 无预警	0	
8.4 异常保护功能	过压保护	1	各项保护功能具备可得 1 分，不具备该项得 0 分
	过流保护	1	
	过热保护	1	