

T/CAICI

中国通信企业协会团体标准

T/CAICI XXXX—XXXX

通信用磷酸铁锂电池安全技术要求

Safety Technical Specification for LiFePO₄ Battery System for
Telecommunications

征求意见稿

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国通信企业协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义、缩略语及安全分级.....	2
3.1 术语及定义	2
3.2 缩略语及符号	4
3.3 安全风险等级描述.....	4
4 产品要求	6
4.1 使用环境要求	6
4.2 环境温度、湿度及大气压力要求.....	6
4.3 充放电条件	6
4.4 外观及标识	7
4.5 电池单体要求及电池系统能量保持率.....	8
4.6 PACK 要求.....	8
4.7 BMS 要求.....	9
4.8 电磁兼容	16
4.9 监控管理系统要求.....	17
4.10 灭火功能	17
4.11 机柜	19
5 安全可靠要求	19
5.1 电安全要求	19
5.2 机械安全要求	20
5.3 热安全要求	20
5.4 环境可靠性要求	20
6 测试通用条件及方法.....	20
6.1 一般条件	20
6.2 测量仪器要求	21
6.3 检测准备	21
6.4 产品要求检测方法.....	22
6.5 安全可靠要求检测方法.....	34
7 抽样及检测规则	38
8 标志、包装、运输及存储.....	40
8.1 标志	40
8.2 包装	40
8.3 运输	40
8.4 储存	40
附录 A 冒烟释放速率测试方法	41

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。

本文件由中国通信企业协会团体标准管理委员会提出并归口。

本文件主要起草单位：中国移动通信集团设计院有限公司

本文件参加起草单位：华为数字能源技术有限公司、应急管理部天津消防研究所、浙江南都电源动力股份有限公司、双登集团股份有限公司、北京鲸耀科技有限公司、哲弗智能系统（上海）有限公司、陕西坚瑞消防安全设备有限公司、深圳光宇电源科技有限公司

本文件主要起草人：刘宝昌、李玉昇、张瑜、罗永强、相佳媛、张晓亮、孙全、朱静、杨睿、李宝利、马建明、于东兴、崔海浩、王亮、杜增虎、秦东年

本文件为首次发布。

通信用磷酸铁锂电池安全技术要求

1 范围

本文件规定了通信用磷酸铁锂电池单体、电池系统安全技术要求，本文件适用于数据中心和机房场景磷酸铁锂电池的技术要求和安全评测。

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。

下列文件对本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。本技术要求与下列文件要求不一致时，以本技术要求为准。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2408-2008 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法

GB/T 2423.4-2008 电工电子产品环境试验：试验方法 试验Db 交变湿热（12h+12h循环）

GB/T 2423.17-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 2423.43-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 振动、冲击和类似动力学试验样品的安装

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）

GB 9254-2008 信息技术设备的无线电骚扰阻值和测量方法

GB/T 17626.2-2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.5-2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 18380.22-2008 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第22部分：单根绝缘细电线电缆火焰垂直蔓延试验 扩散型火焰试验方法

GB/T 19666-2019 阻燃及耐火电线电缆或光缆通则

GB/T 20626.1-2006 特殊环境条件 高原电工电子产品 第1部分：通用技术要求

GB/T 36276-2018 电力储能用锂离子电池

GB 38031-2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求

GB/T 38661-2020 电动汽车用电池管理系统技术要求

YD/T 2344.1 通信用磷酸铁锂电池组 第1部分：集成式电池组

YD 5083-2005 电信设备抗地震性能检测规范

ISO 10289:1999 Methods for corrosion testing of metallic and other inorganic coatings on metallic substrates — Rating of test specimens and manufactured articles subjected to corrosion tests

IEC 60297-3-100: 2008 Mechanical structures for electronic equipment - Dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series - Part 3-100: Basic dimensions of front panels, subracks, chassis, racks and cabinets

IEC 62619:2017 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications

UN 38.3(Rev.6) UN Manual of Tests and Criteria, Sixth Revised Edition Sub-Section 38.3

ETSI EN 300 019-2-4 : 2015 Environmental engineering(EE);Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment;Part2-4:Specification of environmental tests;stationary use at non-weatherprotected locations

UL 94 Standard for safety tests for flammability of plastic materials for parts in devices and appliances

UL 9540A:2019 Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Storage Systems

3 术语、定义、缩略语及安全分级

3.1 术语及定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

电池单体 cell

化学能与电能间转化及能量储存的基本单元装置，包括电极、隔膜、电解质、外壳和端子。亦可以是指内部包含一只电池单体或若干只电池单体并联的最小可维护单元，一般而言磷酸铁锂锂离子电池单体其标称电压为 3.2V。

3.1.2

电池模块 battery module

用磷酸铁锂作为正极材料的电池单体通过串联、并联或串并联连接方式组合，与相应附件（如采样线缆等）集成的有或无保护装置的组合体。

3.1.3

电池管理系统 battery management system (BMS)

电池管理系统是保证电池系统和电池单体安全、可靠工作的电路系统的总称。该系统采集电池系统总电压、电池单体电压、充放电电流、温度等参数，对电池充电、放电过程和状态进行监测，并具有有效的保护和告警功能。由采集和监控保护电路、电气和通信接口等部分组成。

3.1.4

电池系统 battery system

由一个或多个电池模块、电池管理系统、有或无功率变换、机械电气保护外壳（或箱体）及附属设施集成的能量储存装置。

3.1.5

充电终止电压 end-of-charge voltage

电池单体、电池系统正常充电时允许达到的最高电压。

3.1.6

放电终止电压 end-of-discharge voltage

电池单体、电池系统正常放电时允许达到的最低电压。

3.1.7

荷电状态 state-of-charge (SOC)

当前电池单体、电池模块、电池系统中按照制造商规定的放电条件可以释放的容量占实际容量的百分比。

3.1.8

健康状态 state-of-health (SOH)

电池系统在完全充电状态下，电池系统实际容量与额定容量的比值，用 SOH 表示，表征了电池系统性能的衰减程度。

3.1.9

爆炸 explosion

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

3.1.10

起火 fire

电池单体、电池系统任何部位发生持续燃烧（单次火焰持续时间大于 1s），火花及拉弧不属于燃烧。

3.1.11

外壳破裂 housing crack

由于内部或外部因素引起电池单体、电池系统外壳的机械损伤，导致内部物质暴露或溢出。

3.1.12

泄露 leakage

有可见物质从电池单体、电池系统中漏出至试验对象外部的现象。

3.1.13

热失控 thermal runaway

电池单体放热连锁反应引起电池温度不可控上升的现象。

3.1.14

热扩散 thermal propagation

电池模块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。

3.1.15

安全风险等级 hazard severity level (HSL)

根据电池单体或电池系统的失效表现定义的安全风险的分级。

3.1.16

灭火装置 fire extinguishing device

集成在电池系统箱体或机柜内，当箱体或机柜内起火后可以起到灭火效果的功能模块。

3.2 缩略语及符号

3.2.1 缩略语

SOC: 荷电状态 (state-of-charge)

FS: 满量程 (full scale)

HSL: 安全风险等级 (hazard severity level)

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

3.2.2 符号

下列符号适用于本文件。

I_n : n 小时率放电电流 (A)。

C_n : n 小时率放电容量 (Ah)。

3.3 安全风险等级描述

电池单体及电池系统安全风险等级描述,判定条件中任意一条满足即该测试或失效达到了该判定条件所对应的危害等级。

表 1 安全风险等级描述

危害等级(HSL)	描述	判定条件
0	本征安全,无功能损伤	1. 环境可靠性测试无影响,且功能正常; 2. 热失控测试目标电池单体无热失控; 3. 被测单元箱体或外壳无变形,无漏液 ¹ 、无泄气、无冒烟、无起火、箱体无破裂、无爆炸; 4. 被测单元最高温度 $T_{max} \leq$ 运行温度上限 $T_{up\ limit}$ (热扩散测试除外);

1	可逆功能失效 或可逆性保护 动作、热失控无 扩散	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. 热扩散测试除目标电池单体被触发热失控外，未扩展到其它相邻的电池单体； 3. 被测单元箱体或外壳无变形、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 $T_{max} \leq$ 运行温度上限 $T_{up\ limit}$ （热扩散测试除外）；
2	不可逆功能失 效、热失控无扩 展、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. 被测单元轻微漏液 ² 、泄气、轻微冒烟/白烟 ³ ； 3. 热扩散测试除目标电池单体被触发热失控外，未扩展到其它相邻的电池单体； 4. 被测单元运行温度上限最高温度 $T_{max} > T_{up\ limit}$ （热扩散测试除外）； 5. 被测单元无变形、无起火/无碳化、无破裂、无爆炸；
3	碳化、热失控模 组内扩展，严重 漏液或泄气，大 量冒烟	1. 被测单元严重漏液 ⁴ 、泄气、严重冒烟/灰黑烟； 2. 热扩散测试除目标电池单体被触发热失控外，部分扩展到相邻电池单体，但测试样品整体未热失控； 3. 被测单元中结构部件或电气部件碳化面积 $\leq 20\%$ ，无起火； 4. 被测单元中箱体或外壳轻微变形 ⁵ 、无破裂、无爆炸；
4	破裂	1. 被测单元箱体或外壳严重变形、破裂、无爆炸； 2. 被测单元起火，与被测单元距离 100mm 距离的环氧树脂板表面温度温度升 $\delta T > 97^\circ\text{C}$ 且持续 3s 以上； 3. 热扩散测试，除被测电池单体热失控外，被测单元热失控，但未扩展到相邻电池系统；
5	起火、模组热失 控	1. 被测单元中电池模块或电池系统起火； 2. 热扩散测试，除被测电池单体热失控外，被测电池系统热失控； 3. 被测单元中箱体或外壳严重变形 ⁶ 、轻微破裂无固体物质/碎片飞出、无爆炸； 4. 与被测单元距离 100mm 距离的环氧树脂板表面温度温度升 $\delta T > 97^\circ\text{C}$ 且持续 3s 以上；
6	爆炸	1. 被测单元热失控爆炸； 2. 热扩散测试，除被测电池单体热失控外，被测电池系统也热失控，扩展到相邻电池系统；

注 1：除预先设置的泄气装置之外，电池模块或电池系统壳体发生机械破损开裂；

注 2：轻微漏液：被测单元测试前后质量损失 \leq 总注液量 50%；

注 3：冒烟：参考附录 A 烟释放速率测试方法；

注 4：严重漏液：被测单元测试前后质量损失 $>$ 总注液量 50%；

注 5：轻微变形：被测单元外观尺寸任意方向最大形变量 $< 15\%$ ，且无结构损坏；

注 6. 严重变形：被测单元外观尺寸任意方向最大形变量 $\geq 15\%$ 或外壳结构开裂。

4 产品要求

4.1 使用环境要求

4.1.1 一般要求

电池系统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。

4.2 环境温度、湿度及大气压力要求

4.2.1 温度

放电工作温度范围： $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；

充电工作温度范围： $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；

贮存温度： $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；

运输温度： $-40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ；

4.2.2 湿度

工作相对湿度范围： $\leq 95\%$ ($40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$)；

储运相对湿度范围： $\leq 95\%$ ($40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$)；

4.2.3 大气压力

大气压力范围为： $70\text{kPa}\sim 106\text{kPa}$ 。

4.3 充放电条件

4.3.1 机房场景充放电条件

4.3.1.1 充电电压

电池单体的充电终止电压范围应在 $3.4\text{V}\sim 3.7\text{V}$ 之间，均充电电压对应电池单体默认值建议为 3.56V ，浮充电电压对应电池单体的默认值建议为 3.4V 。

4.3.1.2 充电电流

电池系统充电电流应不低于 $10I_{10\text{A}}$ ，BMS 应具有自主限流功能，当充电电流大于电池系统的充电限流值时，充电电流应维持在充电限流值不增加，充电限流点须可设，限流点可在 $1I_{10\text{A}}$ 至最大充电电流之间可设置，默认值建议为 $1.5I_{10\text{A}}$ 。

电池系统应根据母排电压情况自主进入充电状态。当母排电压满足充电条件时，电池系统自动进入充电模式，充电电流大小不超过充电设备系统设置的充电电流值。

4.3.1.3 放电电压

电池单体对应的放电终止电压限制范围应在 $2.0\text{V}\sim 3.0\text{V}$ 之间，电池系统支持恒压放电，电池系统工作于恒压模式，其直流输出电压与输出电压额定值的差值应不超过输出电压额定值的 $\pm 0.6\%$ 。

4.3.1.4 放电电流

电池系统的放电电流应不低于 $10I_{10\text{A}}$ ，BMS 具有自主限流功能，当放电电流大于电池系统的放电限

流最大值时，放电电流应能维持在放电限流值不增加。

4.3.1.5 放电功率

电池系统输出电压在 48V~57V 范围内时最大持续放电功率应不低于 4800W。

4.3.1.6 并机组数

电池系统应能满足最低 32 组并机。电池系统并联以最大放电能力并机放电时，应满足并联输出功率不降额，即 32 组并机带载能力应不低于单组电池系统最大放电功率*32。

4.3.2 数据中心场景充放电条件

4.3.2.1 充电电压

电池单体的充电终止电压范围应在 3.4V~3.65V 之间，均充电压对应电池单体默认值建议为 3.4V。

4.3.2.2 充电电流

电池系统充电电流范围应在 $1I_{10A} \sim 10I_{10A}$ 之间。BMS 应具有自主限流功能，当充电电流大于电池系统的充电限流值时，充电电流应维持在充电限流值不增加，充电限流点须可设，限流点可设范围应在 $1I_{10A} \sim 10I_{10A}$ 之间，默认值建议为 $5I_{10A}$ 。

电池系统应根据母排电压情况自主进入充电状态。当母排电压满足充电条件时，电池系统自动进入充电模式，充电电流大小不超过电池系统设置充电电流值。

4.3.2.3 放电电压

电池单体对应的放电终止电压限制范围应在 2.0V~3.0V 之间。

4.3.2.4 放电电流

电池系统的放电电流满足制造商规定的规格。

4.3.2.5 放电功率

电池系统的放电功率满足制造商规定的规格。

4.3.2.6 并机组数

电池系统的并机组数满足制造商规定的规格。

4.4 外观及标识

4.4.1 外观

电池系统外观应符合以下要求：

- a) 电池系统表面应清洁，无明显变形，无机械损伤，接口触点无锈蚀；
- b) 电池系统表面应有必需的产品标识，且标识清晰无脏污；
- c) 电池系统的正、负极端子及极性应有明显标记，接线方式应为前接线方式，便于连接及维护；
- d) 电池系统的功率接口、通讯（或告警）接口应有清晰标识。

4.4.2 标识

应在电池系统机械电气单元外壳上显著位置用文字标识产品名称、产品型号、额定电压、额定容

量、制造商名称等相关信息；其中允许将出厂日期、联系电话、标识印刷在包装或使用说明书中。

4.5 电池单体要求及电池系统能量保持率

电池单体的外壳应为金属材质，机房场景电池单体能量密度应不低于 140Wh/kg，数据中心场景电池单体能量密度应不低于 120Wh/kg。

在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 的条件下，电池系统充满电后关机静置 28 天，能量保持率应不低于 90%。

4.6 PACK 要求

4.6.1 材质

电池系统的机械电气单元容器外壳应为金属材质并有防护涂层，进行 6.5.4.4 测试后，检查测试样品外观及各级表面是否存在腐蚀、起泡、开裂（裂纹）等缺陷，允许少量腐蚀（缺陷长度、直径不超过 1mm），腐蚀面积不超过 0.5%，满足 ISO 10289 中等级 7 的要求。

4.6.2 阻燃

电池系统内部若涉及塑胶件，塑胶件需满足 GB/T 2408-2008 中的 8.4.1 节 HB（水平级）和 9.4 节 FV-0（垂直级）阻燃要求。

4.6.3 接地

电池系统外壳应有接地设计，接地点与电平台之间的阻抗不大于 $0.1\ \Omega$ 。

4.6.4 安装

机房场景电池系统尺寸应满足 19 英寸（相关规格参考 IEC 60297-3-100）标准机柜安装（全宽）或通过转接形式满足 19 英寸（相关规格参考 IEC 60297-3-100）标准机柜安装。数据中心场景宜满足 19 英寸机柜安装，当电池系统不满足 19 英寸机柜安装时，制造商须与客户达成一致满足应用场景下的机柜安装使用。

4.6.5 汇流排压降

机房场景电池系统以 $10I_{10A}$ 电流放电，在电池模块内两只相邻电池单体极柱根部测量汇流排压降，压降应满足 $\leq 10\text{mV}$ 。

数据中心场景电池系统按客户与制造商协商的电流放电，在电池模块内两只相邻电池单体极柱根部测量汇流排压降，压降应满足 $\leq 10\text{mV}$ 。

4.6.6 组装

4.6.6.1 电池单体

电池模组内电池单体串并联连接应采用自动激光焊接工艺，防止松动，脱落。

电池单体与外箱间，电池单体四周和上下面、电池单体与串并联汇流排之间，应有绝缘和缓冲设计。

电池单体装配成模组后，模组应定位牢固，在电池系统完成 6.5.2.1 振动、6.5.2.4 冲击测试后，模组定位应无松动、断裂、变形。

4.6.6.2 线缆

采样线应可靠固定在采样点上，在电池系统完成 6.5.2.1 振动、6.5.2.4 冲击测试后，采样线固定位置应无松动、断裂、变形、脱落。

电池单体温度采样探头需紧贴电池单体端子（即极柱）或端子近端汇流排引出侧表面。

采样线走线需配有走线通道，走线通道独立防护与周围带电部件如焊接铝排等有效隔离，走线整洁、规范、无交叉，绑扎、转角部位需加装绝缘保护。

电池单体与 BMS 的连接线缆应绑扎整齐，在电池系统完成 6.5.2.1 振动、6.5.2.4 冲击测试后，绑扎无松动、断裂、脱落。

4.6.6.3 灭火装置

对于灭火装置集成在电池系统箱体内部的产品，灭火装置对应的感应部件所属线缆，固定须采用线扣或卡槽固定，安装过程中避免 90℃ 硬弯折。

4.6.7 线缆阻燃

电压采样线、温度采样线应采用阻燃电缆，阻燃等级应满足 GB/T 19666-2019 中 Z 的要求。

4.6.8 IP防护

电池系统整机防护等级应不低于 IP20。

4.6.9 顶部滴液防护

电池系统应能避免顶部滴液的侵入，承受 6.4.4.9 验证后，不发生 HSL1 及以上安全风险。

4.7 BMS 要求

4.7.1 机房场景BMS要求

4.7.1.1 工作电压

BMS 的额定工作电压为直流 48V，输出电压范围应在 44V~58V 之间。

4.7.1.2 开关机及维护

BMS 应具有开关机及维护功能，具体要求如下：

- a) 具有手动开机、关机功能，并具有开关机按钮；
- b) 出厂时要求电池系统已完成激活，外接直流电源时可自动激活；
- c) 可自动保护关机；
- d) 与 BMS 有关的通讯接口、告警指示、状态指示应有明确标识，具有运行、告警、充放电状态及 SOC 电量指示灯；
- e) 具有维护功能，维护状态下无充放电电流、母排与电池间回路须处于断开状态。

4.7.1.3 充电转放电切换时间

电池系统充电状态转放电状态切换时间须 $\leq 10\text{ms}$ 。

4.7.1.4 纹波

纹波峰峰值满足 $\leq 200\text{mV}$ 。

4.7.1.5 接线

电池系统功率端子应满足不小于 10I_{10A} 载流量电缆的接入要求，室温下以不低于 4800W 的最大放电功率放电时功率端口温升不超过 50℃。

4.7.1.6 信息采集

BMS 温度采集应不低于 6 组，至少 4 组电池单体温度采集，至少 1 组电池系统内部环境温度采集，至少 1 组功率 MOS 温度采集；对每个电池单体电压、电池系统电压、BMS 功率输出端口电压及电流进行采样。

每个 BMS 独立管理一组电池系统。BMS 对电池单体电压采集应采用有利于提高采集精度的接线方式。BMS 应具有每个电池单体的电压、电池系统电压、充/放电电流、电池单体表面温度（至少 4 路）、内部环境温度检测的功能。

BMS 对电池单体电压测量范围：0V~4.5V，电池系统电压测量范围：0V~60V，充电电流测量范围：0A~1.1 倍的最大允许充电电流，放电电流测量范围：0A~1.1 倍的最大允许充电电流；温度测量范围：-40℃~120℃。

电流采样频率须不低于 2Hz，电压采样频率须不低于 2Hz，温度采样频率须不低于 0.5Hz。

BMS 应具有以下存储记录功能：

f) 电池系统运行日志、保护与告警、保护与告警恢复时应能记录，能区分告警类别并以时间（年/月/日/时/分）为基础记录如下参数：电池单体电压、电池系统电压、充/放电容量、充/放电电流、温度等；

g) 除能正常记录保护与告警、保护与告警恢复信息外，需能记录一定时间段内的电池系统参数：电池单体电压、电池系统电压、充/放电容量、充/放电电流、温度等；

h) 应具有一定的存储容量，存储容量不小于 100000 条运行记录。存储内容采取先进先出原则，存储内容可通过监控接口读取。

4.7.1.7 测量精度

应能测量电池单体电压、电池系统电压、电流、温度等参数，室温下测量精度应符合表 2 的要求。

表 2 BMS 测量精度

参数名称	技术要求
电压	电池单体充放电电压误差≤10mV，电池系统充放电电压精度≤0.5%
电流	充放电过程中电流误差应≤2A
温度	温度误差应≤2℃

4.7.1.8 BMS 管理

4.7.1.8.1 过压保护

BMS 应具有电池单体过压保护功能，当充电到电池单体电压告警点时可实时发出告警信号，到保护点时启动过压保护，当单体电压下降到恢复点时恢复充电。其中告警点、保护点默认值，告警点和保护

点的范围见表3。

4.7.1.8.2 欠压保护

BMS应具有电池单体电压欠压保护功能，到单体电压告警点时可实时发出告警信号，到保护点时启动欠压保护，一段时间后电池系统应进入休眠模式。其中告警点、保护点默认值，告警点和保护点的范围见表3。

4.7.1.8.3 放电过流管理

BMS应具有放电过流保护功能，保护期间应先进入限流。若负载超出限流能力，能够切断电路并告警。进入保护后，BMS应自动重启正常输出功能，连续3次过流保护动作后，不再自动重启正常输出功能，但能通过人工重启或者当电池系统输出端口电压恢复到终止电压以上时自动重启恢复工作。

4.7.1.8.4 高温保护

BMS应具有电池单体高温保护功能，当电池温度达到告警点时告警；到保护点时保护并断开回路，温度回落到一定值后恢复。其中告警点、保护点默认值，告警点和保护点的范围见表3。

4.7.1.8.5 低温保护

BMS应具有电池单体低温保护功能，当电池单体温度达到告警点时告警；到保护点时保护并断开回路，温度回升到一定值后恢复。其中告警点、保护点默认值，告警点和保护点的范围见表3。

4.7.1.8.6 BMS高温保护

BMS自身应具有高温保护功能，当BMS温度达到保护点时保护并断开回路，温度回落到一定值后恢复。

4.7.1.8.7 失效保护

当电池单体电压低至1.5V时，BMS发出电池系统异常的告警信息，不允许充放电。保护值、恢复值范围及默认值见表3：

表3 BMS告警、保护及恢复参数范围汇总表

序号	检测项目	范围	默认值	
1	电池单体过压保护	告警值	3.50V~4.0V	3.60V
		告警恢复值	3.50V~4.0V	3.5V
		保护值	3.50V~4.0V	3.90V
		保护恢复值	3.40V~4.0V	3.50V
2	电池单体欠压保护	告警值	2.00V~3.20V	3.0V
		告警恢复值	2.00V~3.20V	3.1V
		保护值	2.00V~3.20V	2.5V
		保护恢复值	2.00V~3.20V	2.9V
3	电池系统充电高温保护	告警值	45℃~70℃	58℃
		告警恢复值	45℃~70℃	55℃

序号	检测项目	范围	默认值	
		保护值	45℃~70℃	60℃
		保护恢复值	45℃~70℃	57℃
4	电池系统放电高温保护	告警值	45℃~70℃	58℃
		告警恢复值	45℃~70℃	55℃
		保护值	45℃~70℃	65℃
		保护恢复值	45℃~70℃	62℃
5	电池系统充电低温保护	告警值	-20℃~10℃	5℃
		告警恢复值	-20℃~10℃	8℃
		保护值	-20℃~10℃	0℃
		保护恢复值	-20℃~10℃	3℃
6	电池系统放电低温保护	告警值	-20℃~10℃	5℃
		告警恢复值	-20℃~10℃	8℃
		保护值	-20℃~10℃	-20℃
		保护恢复值	-20℃~10℃	-17℃
7	BMS 高温保护	保护值	80℃~120℃	105℃
		保护恢复值	80℃~120℃	95℃

4.7.1.9 荷电状态 (SOC) 计算

BMS 应具备动态荷电状态 (SOC) 计算功能, 环境温度 15℃~60℃ 下, BMS 计算值与电池系统实际荷电状态的误差应不大于 5%。

4.7.1.10 功耗

在线非充放电状态功耗不大于 8W。

自动休眠状态功耗不大于 10mW。

4.7.1.11 循环次数统计

电池系统应具有循环次数统计功能, 电池系统单次放电深度大于等于当前容量的 80% 记为一个循环, 或电池系统累计放电容量 (多次浅放时) 大于等于当前电池容量的 80% 记为一个循环。

4.7.1.12 均衡

电池系统宜具备均衡功能, 当电池单体最低电压 $\geq 3.0V$ 时, 电池单体电压极差 $\geq 20mV$, 须启动均衡。

4.7.1.13 防反接

当外接充电设备的正负极性与 BMS 的正负极性接反时, BMS 不应损坏并处于切断保护状态, 开机后可产生现场告警指示。

4.7.1.14 短路保护

BMS 应具有短路保护功能, 保护期间应限流输出或切断电路并告警。进入保护后, BMS 应自动重启

正常输出功能，连续 3 次短路保护动作后，进入二级保护，不再自动重启正常输出功能，应能通过人工重启或者当电池系统输出端口电压恢复到终止电压以上时自动重启恢复工作。BMS 和电池单体应不损坏（包括不打火、变形、漏液、冒烟、起火或爆炸）。

4.7.1.15 监控通讯

4.7.1.15.1 接口

电池系统应具备 2 个 RJ45 物理通信接口，电池系统北向应采用 CAN、RS485 通信接口。

4.7.1.15.2 监控内容

电池系统应具有以下实时北向上报信息及接受监控调度管理功能：

- a) 状态信息：支持电池系统的工作状态、温度、电流、电压、SOC、SOH 状态上报至监控；
- b) 告警及保护：支持电池系统的过压、欠压、过流、高低温等异常告警及保护相关信息上报至监控；
- c) 充放电控制：监控系统可控制电池系统的接入、断开，充电限流；
- d) 并联应用：支持电池系统并机时，同步增加备电时间或备电功率；
- e) 信息上报：支持电池系统信息上报，电子标签中需包含电池系统编码、名称、生产时间、制造商名称；
- f) 软件升级：支持在线升级软件。

4.7.1.16 并机扩容

支持新旧电池系统混用，当新旧电池系统混用时须能够使放电截止时间接近，满足电池利旧、分期扩容需求。电池系统应支持不低于 32 组并机，并机时须实现功率不降额。

满足与第三方电池（铅酸电池、梯次电池、其它锂离子电池）利旧并机、备电平滑扩容，与存量第三方电池并机时电池系统能够主用优先放电，即当负载小于电池系统的带载能力时电池系统可独立带载，当负载大于电池系统的带载能力时电池系统能够以最大能力输出，剩余负载由第三方电池支持。

4.7.2 数据中心场景BMS要求

4.7.2.1 工作电压

BMS 的工作电压范围满足制造商规定的规格。

额定工作电压为 $3.2V * N * M$ ，N：电池模块内串联数量；M：机柜内电池模块串联数量。

4.7.2.2 开关机及维护

BMS 应具有开关机功能，具体要求如下：

- a) 具有手动开机、关机功能；
- b) 可自动保护关机；
- c) 与 BMS 有关的通讯接口、告警指示、状态指示应有明确标识。

4.7.2.3 信息采集

BMS 应具有每个电池单体的电压、电池系统电压、充/放电电流、电池单体温度检测的功能。

BMS 应具有存储记录功能：

- a) 电池系统运行日志、保护与告警、保护与告警恢复时应能记录，能区分告警类别并以时间（年/月/日/时/分）为基础记录如下参数：电池单体电压、电池系统电压、充/放电容量、充/放电电流、温度等；
- b) 除能正常记录保护与告警、保护与告警恢复信息外，需能记录一定时间段内的电池系统参数：电池单体电压、电池系统电压、充/放电容量、充/放电电流、温度等。；
- c) 应具有一定的存储容量，存储容量不小于 10000 条运行记录。存储内容采取先进先出原则，存储内容可通过监控接口读取。

4.7.2.4 测量精度

应能测量电池单体电压、电池系统电压、电流、温度等参数，测量误差应符合表 4 的要求。

表 4 BMS 测量精度

参数名称	技术要求
电压	电池单体充放电电压误差 $\leq 10\text{mV}$ ，电池系统充放电电压精度 $\leq 1\%$
电流	充放电过程中电流误差应 $\leq 2\%$
温度	温度误差应 $\leq 2^\circ\text{C}$

4.7.2.5 BMS 管理

4.7.2.5.1 过压保护

BMS 应具有电池单体过压保护功能，当充电到电池单体电压告警点时可实时发出告警信号，到保护点时启动过压保护，当单体电压下降到恢复点时恢复充电。其中告警点、保护点默认值，告警点和保护点的范围满足制造厂商的规格宣称。

4.7.2.5.2 欠压保护

BMS 应具有电池单体欠压保护功能，到电池单体电压告警点时可实时发出告警信号，到保护点时启动欠压保护，一段时间后电池系统应进入休眠模式。其中告警点、保护点默认值，告警点和保护点的范围满足制造厂商的规格宣称。

4.7.2.5.3 放电过流管理

BMS 应具有放电过流保护功能。若负载超出限流能力，须能切断电路并告警。保护后应能通过人工手动重启方式恢复工作。

4.7.2.5.4 高温保护

BMS 应具有电池单体高温保护功能，当电池单体温度达到告警点时告警，到保护点时保护并断开回路，温度回落到一定值后恢复。其中告警点、保护点默认值，告警点和保护点的范围满足制造厂商的规格宣称。

4.7.2.5.5 低温保护

BMS 应具有电池单体低温保护功能，当电池单体温度达到告警点时告警，到保护点时保护并断开回路，温度回升到一定值后恢复。其中告警点、保护点默认值，告警点和保护点的范围满足制造厂商的规格宣称。

4.7.2.5.6 BMS 高温保护

BMS 自身应具有高温保护功能，当 BMS 温度达到保护点时保护并断开回路，温度回落到一定值后恢复。保护点、恢复点范围及默认值满足制造厂商的规格宣称。

4.7.2.6 荷电状态 (SOC) 计算

BMS 应具备动态荷电状态 (SOC) 计算功能，环境温度 20-30℃ 下，计算值与电池实际电量的误差应不大于 10%。

4.7.2.7 功耗

在线非充放电状态功耗不大于 10W。

自动休眠状态功耗不大于 20mW。

4.7.2.8 循环次数统计

电池系统应具有循环次数统计功能，电池系统单次放电深度大于等于当前容量的 80% 记为一个循环，或电池系统累计放电容量（多次浅放时）大于等于当前电池容量的 80% 记为一个循环。

4.7.2.9 均衡

电池系统宜具备均衡功能，当电池单体最低电压 $\geq 3.0V$ 时，电池单体电压极差 $\geq 20mV$ ，须启动均衡。

4.7.2.10 短路保护

BMS 应具有短路保护功能，保护期间应能断开电路并告警。应能通过人工手动重启方式恢复工作。BMS 和电池单体应不损坏（包括不打火、变形、漏液、冒烟、起火或爆炸）。

4.7.2.11 监控通讯

电池系统应具备北向连接的能力，电池系统具备屏幕查询系统状态的能力。

北向上报及本地屏幕查询信息及监控功能包含如下：

- a) 状态信息：电池系统支持工作状态、温度、电流、电压、SOC、SOH 上报至监控；
- b) 告警及保护：电池系统支持过压、欠压、过流、高低温等异常告警及保护相关信息上报至监控；
- c) 充放电控制：支持监控控制电池系统的接入、断开，充/放电管理；
- d) 信息上报：支持北向通讯，能够上报电池系统相关信息。

4.7.2.12 并机扩容

可与存量电池系统直接并联使用，通过 BMS 控制使新旧电池系统达到放电截止时间接近，满足电池利旧、分期扩容需求。

4.7.2.13 多柜均流

可通过 BMS 控制，控制多柜并联时的均流度不超过 3%。

4.7.2.14 容错

单柜/多柜并联下通过 BMS 管理，一组电池系统故障，剩余电池系统重新组合后能继续工作。满足备件等待期间继续工作的要求。

4.7.2.15 分组核容

多柜并联时，通过 BMS 管理，可对单柜进行核容测试，避免在全部电池系统一起核容后备电丢失的风险。

4.8 电磁兼容

4.8.1 静电放电抗扰性

电池系统应满足 GB/T 17626.2-2018 等级 3 的要求，即能承受不低于 8kV（空气放电）或 6kV（接触放电）静电电压的冲击。

4.8.2 传导骚扰限值

电池系统传导骚扰限值应符合表 5 的要求（满足 GB 9254-2008 中第 5.1 条的要求）。

表 5 A 级 ITE 端子传导骚扰限值

频率范围/MHz	限值/dB(μV)	
	准峰值	平均值
0.15~0.50	79	66
0.50~30	73	60
注：在过渡频率（0.5MHz）处应采用较低的限值。		

4.8.3 辐射骚扰限值

电池系统辐射骚扰限值应符合表 6 的要求（满足 GB 9254-2008 中第 6.1 条中表 5 要求）。

表 6 A 级 ITE 在测量距离 R 处（10m）的辐射骚扰限值

频率范围/MHz	准峰值限值/dB(μV/m)
30~230	40
230~1000	47
注1：在过渡频率（230MHz）处应采用较低的限值。	
注2：在发生干扰时，允许补充其他的规定。	

4.8.4 浪涌（冲击）

电池系统通信端口和功率端口应采用相应的隔离措施，通信端口线对线应满足 GB/T 17626.5-2019 等级 2（开路试验电压 0.5kV）的要求，线对地应满足 GB/T 17626.5-2019 等级 2（开路试验电压 1kV）的要求；功率端口线对线应满足 GB/T 17626.5-2019 等级 4（开路试验电压 2kV）的要求，线对地应满足 GB/T 17626.5-2019 等级 4（开路试验电压 4kV）的要求。

4.9 监控管理系统要求

4.9.1 北向通信

电池系统宜具备 2 个 RJ45 物理通信接口，支持电池系统间通信接口级联通信。电池系统与北向监控的通信接口，其具体要求参考 4.7.1.15 章节。电池系统具备北向连接监控信息上传及接受监控管理的能力，并可通过监控北向上报至监控管理系统做到信息呈现及接受管理。

4.9.2 功能要求

电池系统配合电源监控和监控管理系统时，具备下述管理功能：

a) 监控连接监控管理系统时，可在监控管理系统上查看电池系统信息（如告警信息、SOH 等），对电池系统进行参数设置（如限流点设置等），监控管理系统上可对电池系统进行软件升级；

b) 在机房场景监控管理系统下发恒压命令，电池系统可实现恒压输出；

4.10 灭火功能

4.10.1 灭火功能要求

电池系统箱体内部或机柜内部应集成有灭火装置，可实现自动灭火抑制功能，能够满足全天候火灾防护。其中机房场景需使用灭火装置集成在电池系统箱体内部的电池产品，并须满足相应要求及测试验证。

当灭火装置有对应法规或强制性标准，除满足本文件要求外，还应满足相应法规或强制性标准要求。

4.10.2 电池系统灭火功能要求

该部分要求针对灭火装置集成在电池系统箱体内的产品。

4.10.2.1 灭火装置要求

4.10.2.1.1 感应部件

在电池系统出现火情后，灭火装置的感应部件应能及时启动实现灭火功能。当采用热触发时，按 6.4.8.1.1.1 进行测试，启动温度范围应在 $185 \pm 25^\circ\text{C}$ 之间。

4.10.2.1.2 灭火剂

灭火剂宜采用室温下非压力容器存储、空气中存放对产品无腐蚀的物质，在药剂释放后须绝缘良好，不对环境及产品产生次生灾害或危害，可使用灭火剂如全氟己酮等。采用对应的触发方式触发灭火装置，使灭火剂在电池系统内喷洒出来，并按 6.5.1.5、6.5.1.6 进行绝缘电阻和绝缘强度测试，须满足 5.1 电安全要求。

4.10.2.1.3 高温

灭火装置按 6.4.8.1.1.3 进行高温验证，测试期间灭火装置应不误动作，不出现泄露，取出后触发感应部件，灭火装置可正常喷出灭火药剂。

4.10.2.1.4 低温

灭火装置按 6.4.8.1.1.4 进行低温验证,测试期间灭火装置应不误动作,不出现泄露,取出后触发感应部件,灭火装置可正常喷出灭火药剂。

4.10.2.1.5 恒定湿热

灭火装置按 6.4.8.1.1.5 进行恒定湿热验证,测试期间灭火装置应不误动作,不出现泄露,取出后触发感应部件,灭火装置可正常喷出灭火药剂。

4.10.2.1.6 寿命

按 6.4.8.1.1.6 章节进行寿命验证,测试前后对灭火装置进行称量,试验期间灭火装置应不误动作,不出现泄露,试验前后对比灭火装置质量变化,1000h 后药剂量损失 $\leq 20\%$,取出后触发感应部件,灭火装置可正常喷出灭火药剂。

4.10.2.1.7 振动

按 6.4.8.1.1.7 章节进行振动验证,试验后检查灭火装置的各部件,应无松动和结构损坏,试验期间及试验结束后灭火装置应不误动作,不出现泄露、破损现象,取出后触发感应部件,灭火装置可正常喷出灭火药剂。

4.10.2.1.8 电池系统测试

在进行 6.5 章节的安全可靠性验证过程中,电池系统除应满足章节 5 中要求的 HSL 等级外,灭火装置还须满足在 6.5 章节进行的安全可靠性验证期间灭火装置不误动作,无热失控或无火情时不出现灭火剂泄露,若实验中出现火情,灭火装置应能及时启动消除火情,灭火装置可正常喷洒灭火药剂。

4.10.2.2 电池系统灭火功能

4.10.2.2.1 热扩散

电池系统需能满足 6.4.8.1.2.1 章节的热扩散测试,电池系统内电池单体热失控,应不扩散到相邻电池系统。电池系统热失控后被引燃,灭火装置应能够及时扑灭热失控电池系统的起火,火势不应扩散至柜外,即在该测试过程中若出现热失控起火,灭火装置应能够灭掉热失控电池系统的火情。

电池系统热扩散测试其安全风险等级应不超过 HSL3。

4.10.2.2.2 热扩散点火

对于灭火装置集成在电池系统箱体内部的电池产品,按 6.4.8.1.2.2 章节进行验证,电池系统须能满足模拟电池系统外部起火的灭火测试,灭火装置可灭掉电池系统的火情。

4.10.2.2.3 热扩散柜外点火

对于灭火装置集成在电池系统箱体内部的电池产品,按 6.4.8.1.2.3 章节进行验证,依据实际交付使用的机柜,柜内放至少三个电池系统样品,三个样品正常相邻安装在机柜内,电池系统须能满足模拟柜外起火的灭火测试,灭火装置可灭掉电池系统的火情。

4.10.3 柜内灭火功能

当灭火装置位于机柜内时,灭火装置的感应部件应能配合灭火设备实现自动灭火,并满足全天候火

灾防护：

- a) 触发方式：当机柜内电池系统出现火情时，灭火装置应能及时启动实现灭火功能；
- b) 灭火剂：灭火气体宜用七氟丙烷或全氟己酮；
- c) 灭火装置：灭火装置感应部件布局应覆盖机柜内起火风险区域，并有效固定。在电池系统发生热失控时，柜内灭火装置应能及时启动，明火扑灭不应超过 30 s，之后 24h 内不应复燃。外壳温升不应超过 150℃（平均温度），外壳温度采样点数量及位置结合产品由制造商与测试机构或客户商定。整个过程应无火焰扩散到机柜外，并需配置压力显示仪表及干接点信号反映灭火装置压力状态。

4.11 机柜

4.11.1 接地

机柜须形成一个良好的等电势体，外露可导电部分与电平台之间的连接阻抗不大于 0.1 Ω，电位均衡通路中，任意两个可以同时被人碰触到的外露可导电部分，即距离不大于 2.5m 的两个可导电部分间电阻应不大于 0.2 Ω。

4.11.2 IP防护

机柜须满足 IP20 防护设计。

4.11.3 安规

机柜底部走线孔应采取防火封闭措施或机柜应整体安装在防火地面上。

机柜外壳要求为金属材料，机柜内部塑料材料的阻燃等级应不低于 V-0，机柜内部发泡材料的阻燃等级应不低于 HF1。

外部装饰性塑料材料阻燃等级应不低于 V-0，如果安装在阻燃等级不低于 V-1 基材上，可以不考虑阻燃特性要求。

5 安全可靠要求

5.1 电安全要求

电安全应满足：

- a) 电池系统按照 6.5.1.1 进行过充测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；
- b) 电池系统按照 6.5.1.2 进行过放测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；
- c) 电池系统按照 6.5.1.3 进行外部短路测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；
- d) 电池系统按照 6.5.1.4 进行过充保护测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；
- e) 电池系统按照 6.4.1.5 章节进行的绝缘电阻试验，电池正、负极接口分别对电池系统金属外壳的绝缘电阻应不小于 2MΩ，安全风险等级应不超过 HSL1；
- f) 电池系统按照 6.4.1.6 章节进行的绝缘强度试验，应无击穿、无飞弧，安全风险等级应不超过 HSL1。

5.2 机械安全要求

机械安全应满足：

- a) 电池系统按照 6.5.2.1 进行重物冲击测试时，安全风险等级应不超过 HSL1；
- b) 电池系统按照 6.5.2.2 进行振动测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；
- c) 电池系统按照 6.5.2.3 进行跌落测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；
- d) 电池系统按照 6.5.2.4 进行地震测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；
- e) 电池系统按照 6.5.2.5 进行冲击测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；

5.3 热安全要求

机械安全应满足：

- a) 电池系统按照 6.5.3.1 进行加热测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；
- b) 电池系统按照 6.5.3.2 进行过热保护测试时，安全风险等级应不超过 HSL2。

电池系统按照 6.4.8.1.2 进行的电池系统热扩散试验，电池系统中目标电池单体热失控时不会导致电池系统热失控，在柜级测试时在引发电池系统热失控后不会扩散导致相邻的电池系统热失控。

5.4 环境可靠性要求

环境可靠性应满足：

- a) 电池系统按照 6.5.4.1 进行低气压测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；
- b) 电池系统按照 6.5.4.2 进行恒定湿热测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；
- c) 电池系统按照 6.5.4.3 进行交变湿热测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；
- d) 电池系统按照 6.5.4.4 进行盐雾测试时，安全风险等级应不超过 HSL2；
- e) 电池系统按照 6.5.4.5 进行温度循环测试时，安全风险等级应不超过 HSL2。

6 测试通用条件及方法

6.1 一般条件

除另有规定外，试验环境温度为 $25 \pm 3^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 10%~90%，大气压力为 86kPa~106kPa。

电池系统在所有测试前或部分测试后需包括必要的操作文件，以及和测试设备相连所需的接口部件，如匹配线缆等，制造商需提供电池系统的安全工作值。

安全测试项目，除有特殊规定，实验对象均以 6.3.1 规定的充电方法充至完全充电态进行测试。

6.1.1 SOC调整方法

调整 SOC 至试验目标值 $n\%$ 的方法：按要求 6.3.1 将电池充满电，静置 1h，以 $1I_5A$ 恒流放电，放电时间为 T ， T 按照式 (1) 计算得到，或者采用制造商的方法调整 SOC，每次 SOC 调整后，在新的测试开始前试验对象应静置 30min。

$$T = [(100 - n) / 100] * 5 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

T——放电时间，单位为小时（h）；

n——试验目标值的百分数值。

6.2 测量仪器要求

6.2.1 测量仪器、仪表准确度

测量仪器、仪表准确度应不低于以下要求（测试过程中若使用电池模拟系统，则其精度及准确度也应满足以下要求，电池模拟系统仅限适用于 BMS 测试。当验证 BMS 的采样精度时，测试仪器采样精度应高于 BMS 采样精度。）：

- a) 电压测量装置：±0.5%FS；
- b) 电流测量装置：±0.5%FS；
- c) 温度测量装置：±0.5℃；
- d) 时间测量装置：±0.1%FS；
- e) 尺寸测量装置：±0.1%FS；
- f) 质量测量装置：±0.1%FS。

6.2.2 测量过程误差

控制值（实际值）与目标值之间的误差要求如下(当验证 BMS 的采样精度时，测试仪器采样精度应高于 BMS 采样精度)：

- a) 电压：±1%；
- b) 电流：±1%；
- c) 温度：±2℃；

6.2.3 数据记录与记录间隔

除在某些具体测试项目中另有说明，否则测试数据（如时间、温度、电流和电压等）的时间间隔应不大于 100s，当验证 BMS 的采样精度时，测试仪器采样精度应高于 BMS 的采样精度。

6.3 检测准备

6.3.1 标准充放电

6.3.1.1 标准放电

电池单体或电池系统以制造商规定且不小于 $2I_{10A}$ 电流放电至规定的放电终止电压，搁置 1 小时。

6.3.1.2 标准充电

电池单体或电池系统以 $1.5I_{10A}$ 电流充电至规定的充电终止电压后转恒压充电，至充电电流降至 $0.5I_{10A}$ 时停止充电，充电后搁置 1 小时。

6.3.2 安全要求测试预处理

6.3.2.1 电池单体预处理

正式测试开始前，电池单体需进行预处理，以确保实验对象的性能处于激活或稳定的状态。步骤

如下：

- a) 按照 6.3.1 对电池单体进行标准充电；
- b) 以制造商规定的且不小于 $2I_{10A}$ 电流放电至制造商规定的放电截止条件；
- c) 静置 30 分钟或制造商规定时间；
- d) 重复步骤 a) -c) 不超过 5 次。

如果电池单体连续两次的放电容量变化不高于额定容量的 3%，则认为电池单体完成了预处理，预处理循环可以终止。

6.3.2.2 电池系统预处理

正常开始测试前，电池系统的 BMS 应处于正常工作状态。

正式测试开始前，电池需进行预处理循环，以确保实验对象的性能处于激活或稳定的状态。步骤如下：

- a) 按照 6.3.1 对电池系统进行标准充电；
- b) 静置 30 分钟；
- c) 以制造商规定的且不小于 $2I_{10A}$ 电流放电至制造商规定的放电截止条件；
- d) 静置 30 分钟或制造商规定时间；
- e) 重复步骤 a)-c) 不超过 5 次。

如果电池系统连续两次的放电容量变化不高于额定容量 3%，则认为电池系统完成了预处理，预处理循环可以终止。除在某些具体的测试项目中另有说明，否则若预处理循环完成后和一个新的测试项目之间时间间隔大于 24 小时，则需要重新进行一次标准充电：使用不小于 $1.5I_{10A}$ 电流充电至规定的充电截止电压，静置 30 分钟。

安全要求测试中，当测试对象为电池单体时，需对电池单体电压采样，并至少一组温度采样，温度采样传感器需接触到电池单体表面；当测试对象为电池系统时，需对电池系统中间位置及边缘位置至少各一只电池单体进行温度采样，在具体测试方法中有更多相应温度采样要求的以相应测试方法执行。

6.4 产品要求检测方法

6.4.1 充放电条件

6.4.1.1 机房场景充放电条件

6.4.1.1.1 充电电压

电池单体按 6.3.1 充满电后，导出测试样品数据。

6.4.1.1.2 充电电流

充电设备电流设定为不低于 $2I_{10A}$ ，电池系统以默认限流值（ $1.5I_{10A}$ ）参考 6.3.1 标准充电方法中的截止电压为测试样品充电至满电态，检测充电过程中的电流值。

在 $1I_{10A}$ 至最大允许充电电流值中随机选择一个电流值（非出厂默认限流值），设置该随机电流值

为测试样品的充电电流，充电设备的电流设定值大于测试样品的设定值，以该电流参考 6.3.1 标准充电方法中的截止电压为测试样品充电至满电态，检测充电过程中的电流值。

6.4.1.1.3 放电电压

电池单体按 6.3.1 放电至截止电压后，检测电池单体的电压范围。

电池系统设置为恒压放电模式，设置 57V 恒压模式放电，检测直流输出电压。

6.4.1.1.4 放电电流

电池系统分别以 $1.5I_{10A}$ 、不低于 $10I_{10A}$ 的最大放电电流放电，检测测试样品的放电电流。

6.4.1.1.5 放电功率

在 $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，电池系统以不低于 4800W 恒功率放电至截止电压。

电池系统在 $55\pm 3^{\circ}\text{C}$ 温度下保存 12 小时，并以不低于 4800W 的恒功率放电至截止电压。

电池系统在 $-10\pm 3^{\circ}\text{C}$ 温度下保存 12 小时，并以不低于 4800W 的恒功率放电至截止电压。

6.4.1.1.6 并机组数

电池系统按照 6.3.1 方法充至满电态，取 32 台测试样品并机，测试并机后的带载能力。

6.4.1.2 数据中心场景充放电条件

6.4.1.2.1 充电电压

电池单体按 6.3.1 充满电后，导出测试样品数据。

6.4.1.2.2 充电电流

充电设备的电流设定值大于测试样品的默认限流值 $5I_{10A}$ ，以该默认限流值参考 6.3.1 标准充电方法中的截止电压为测试样品充电至满电态，检测充电过程中的电流值。

在 $1\sim 10I_{10A}$ 中随机选择一个电流值（非出厂默认限流值），设置该随机电流值为测试样品的充电电流，充电设备的电流设定值大于测试样品的设定值，以该电流参考 6.3.1 标准充电方法中的截止电压为测试样品充电至满电态，检测充电过程中的电流值。

6.4.1.2.3 放电电压

电池单体按 6.3.1 放电至截止电压后，检测电池单体的电压范围。

6.4.1.2.4 放电电流

按客户与制造商达成一致的测试方法进行测试。

6.4.1.2.5 放电功率

按客户与制造商达成一致的测试方法进行测试。

6.4.1.2.6 并机组数

按客户与制造商达成一致的测试方法进行测试。

6.4.2 外观及标识

6.4.2.1 外观

目视。

6.4.2.2 标识

目视。

6.4.3 电池单体要求及电池系统能量保持率

检查产品中电池单体的外观，确认外壳材质，以 6.3.1 标准充放电方法测试电池单体容量(Ah)，称量电池单体重量 (kg)，能量密度=3.2V*容量/重量。

以标准充放电电流测试合格的电池系统，按 6.3.1 标准充放电方法测试放电容量 C_0 后，充至满电态并关机在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 的条件下存储 28 天，按 6.3.1 标准放电测试放电容量 C_1 ，能量保持率 $=C_1/C_0$ ；

6.4.4 PACK要求测试

6.4.4.1 材质

目视。

6.4.4.2 阻燃

电池系统内部塑胶件参考 GB/T2408-2008 中的 8.4.1 节 HB（水平级）和 9.4 节 FV-0（垂直级）的要求进行测试。

6.4.4.3 接地

电池系统按照正常使用时的安装方法，正常安装在 19 英寸机柜内，测量接地点与机柜裸露金属间的电阻值。

6.4.4.4 安装

按制造商提供的装配指导，安装电池系统于机柜内。

6.4.4.5 汇流排压降

机房场景电池系统调至 50%SOC，以不低于 $10I_{10A}$ 的最大放电电流放电，测量电池模组内相邻两只电池单体极柱根部的汇流排压降。数据中心场景电池系统按客户与制造商协商规定额定电流放电，测量电池模块内相邻两只电池单体极柱根部的汇流排压降。

6.4.4.6 组装

6.4.4.6.1 电池单体

目视检测电池系统内部电池单体的连接方式及布局设计。

6.4.4.6.2 线缆

目视电池系统内部采样线设计，在做完 6.5.2.2 振动和 6.5.2.5 冲击测试后再次检测内部线束是否断裂、破损、松动、脱落。

6.4.4.6.3 灭火装置

目视检测电池系统内部灭火装置的安装、布局。

6.4.4.7 线缆阻燃

线缆按照 GB/T 18380.22-2008 中的测试方法进行验证。

6.4.4.8 IP 防护

按照 GB/T 4208-2017 中的 IP20 所要求的测试方法进行测试。

6.4.4.9 顶部滴液防护

按照 GB/T 4208-2017 中 IPX1 测试方法，顶部滴液时间参考（ETSI EN 300 019-2-4）保持 30min，静置 48 小时。

6.4.5 BMS测试

6.4.5.1 机房场景 BMS 测试

6.4.5.1.1 工作电压

用可调充放电设备为 BMS 供电，检查 BMS 工作电压范围。

6.4.5.1.2 开关机及维护

开关机及维护要求如下：

- a) 分别进行手动休眠、手动激活及手动断开操作，检查 BMS 的状态；
- b) 外接直流电源设备，检查电池系统是否自动激活；
- c) 电池系统按照标准充放电方法放电至截止电压或 0%SOC，检查电池系统是否自动关机；
- d) 目视 BMS 有关的通讯接口、告警指示、状态标识，标准充放电过程中的运行、充放电及 SOC 电量指示灯；
- e) 处于维护状态的电池系统，在进入在线状态（充电、放电）时，检查 BMS 能否自动激活。断开电池系统正负极、通信接口与外界的连接，检查 BMS 是否按照设定的时间进入维护状态。

6.4.5.1.3 充电转放电切换时间

示波器采集电池系统充电转放电电压跌落至电压恢复稳定之间的时间。

6.4.5.1.4 纹波

电池系统带载 480W 及 4800W，采用示波器交流档，带宽不低于 20MHz 的示波器探头测量纹波峰峰值。

6.4.5.1.5 接线

室温 $25 \pm 3^\circ\text{C}$ 下，电池系统以不低于 4800W 的功能恒功率放电，测量整个过程中功率输出端口的温升。

6.4.5.1.6 信息采集

电池系统连接上位机软件，检查 BMS 的温度、电压、电流采集功能：

- a) 连接上位机软件，检查确认每个 BMS 是否独立管理一组电池系统；
- b) 连接上位机软件，检查确认 BMS 是否具有每个电池单体的电压检测、电池单体表面温度检测和

电池系统总电压、充/放电电流检测的功能：

- c) 连接上位机软件，检查确认 BMS 对电池单体电压、电池系统电压、电池系统充放电电流及温度的测量功能及范围区间；
- d) 连接上位机软件，检查确认 BMS 数据刷新周期；
- e) 连接上位机软件，检查确认 BMS 的存储功能。

6.4.5.1.7 测量精度

电池系统按照 6.3.1 做标准充放电，连接外部设备采集相应数据，同时导出 BMS 后台数据，检查充放电状态记录，检查电池单体电压、电池系统电压、电流、温度参数，对比外接高精度设备采样数据和 BMS 自身采样数据精度。

6.4.5.1.8 BMS 管理

6.4.5.1.8.1 过压保护

BMS 处于正常工作状态，外接充电设备不经过 BMS 直接以标准充电电流对电池单体（或电池模块）持续充电，或采用电池模拟系统模拟电池单体电压，检查 BMS 记录的电池单体过压告警电压和保护动作电压，电压下降到恢复点时检查是否按要求恢复正常状态。

6.4.5.1.8.2 欠压保护

BMS 处于正常工作状态，外接放电设备不经过 BMS 直接以标准放电电流对电池单体（或电池模块）持续放电，或采用电池模拟系统模拟电池单体电压，检查 BMS 记录的电池单体欠压告警电压和保护动作电压，电压上升到恢复点时检查是否按要求恢复正常状态。

6.4.5.1.8.3 放电过流管理

BMS 处于正常工作状态，外接放电设备不经过 BMS 直接对电池系统持续放电，放电电流从允许的最大放电电流持续增加，或采用电池模拟系统模拟放电电流，检查 BMS 的保护反应。

6.4.5.1.8.4 高温保护

将具有连续记忆功能的点温计探头贴于电池系统内部中央和边缘各至少一只电池单体的表面，再将电池系统放入 50℃温箱保持 12 小时后并在该环境温度下进行测试。对电池系统充电，调节温箱的温度以 3℃/min 变化速率升高至高温保护点，保持 10min 后，下调温度至恢复点。

6.4.5.1.8.5 低温保护

将具有连续记忆功能的点温计探头贴于电池系统内部中央和边缘各至少一只电池单体的表面，再将电池系统放入-10℃温箱保持 12 小时后并在该环境温度下进行测试。对电池系统充电，调节温箱的温度以 3℃/min 变化速率降低至低温保护点，保持 10min 后，上调温度至恢复点。

6.4.5.1.8.6 BMS 高温保护

将具有连续记忆功能的点温计探头贴于 BMS 表面，再将 BMS 放入 90℃温箱保持 1 小时后并在该环境温度下进行测试；对 BMS 充电，调节温箱的温度以 3℃/min 变化速率升高至高温保护点，保持 10min

后，下调温度至恢复点。

6.4.5.1.8.7 失效保护

外接放电设备以标准电流放电或电池模拟系统模拟某只电池单体电压低于1.5V。

6.4.5.1.9 荷电状态 (SOC) 计算

电池系统在 $15^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、 $45 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 恒温环境下放置 12 小时，在相应环境下进行 6.3.1 的标准充放电电流测试，并且在充电和放电过程中外接电池容量测试仪测量充电和放电容量。

6.4.5.1.10 功耗

将 BMS 并联到直流电压源两端，调整电压源的额定输出电压至 54.5V，将微安表毫安表串接在 BMS 和电压源之间，分别测量 BMS 处于在线非充放电状态（即待机状态）、自动休眠状态下的功耗电流。

6.4.5.1.11 循环次数统计

电池系统连接上位机，记录初始循环次数，按 6.3.1 做标准充放电，分别先后放电至 70% 和 90%DOD，读取 BMS 数据，检查循环次数统计变化。

6.4.5.1.12 均衡

电池系统 SOC 调至 15%，关闭电池系统 BMS，外接充放电设备使电池系统中某一只电池单体电压低于当前电池系统中最高电池单体电压 20mV，或采用电池模拟系统模拟某一只电池单体电压低于当前电池系统中最高电池单体电压 20mV。

接着使 BMS 工作在正常状态，按 6.3.1 标准充放电方法对电池系统充电，24h 时间后，检查电池系统中电池单体电压极差。

6.4.5.1.13 防反接

将直流源与电池系统的正负极直接反接。

6.4.5.1.14 短路保护

在试验开始前，影响试验对象功能并与试验结果相关的所有保护设备都应处于正常运行状态。外部短路过程如下：

在试验开始前，用于充电和放电的相关主要接触器等都须处于闭合状态（如电池系统回路中包含的相关继电器）。

将试验对象的正极端子和负极端子相互连接，使回路中短路电阻不超过 $30 \pm 10\text{m}\Omega$ 。

保持短路状态，直至符合下列任一条件，结束试验：

- a) 试验对象保护功能起作用；
- b) 试验对象外壳温度稳定（温度变化在 2h 内小于 4°C ）后，继续短路至少 1 小时；
- c) 充电设备按 6.3.1 对测试样品进行标准充电，检查电池系统是否可正常进行充电；
- d) 人工重启后，电池系统可进行正常充放电动作；
- e) 导出 BMS 后台数据，检查短路保护记录。

完成以上试验步骤后，在试验环境温度下观察 1h。

6.4.5.1.15 监控通讯

6.4.5.1.15.1 接口

目视电池系统与北向连接的接口类型及个数。

6.4.5.1.15.2 监控内容

a) 状态信息

电池系统连接北向监控，调至正常运行状态，电池系统按照 6.3.1 做标准充放电，在监控上检查电池系统的状态信息。

b) 告警及保护

在进行 6.4.5.1.8 测试时，连接北向监控，检查电池系统向监控上报的信息。

c) 充放电控制

通过监控控制电池系统的接入、断开，设置限流点验证充电限流功能。

d) 并机应用

电池系统按照 6.4.1.1.6 做并机测试，电池系统与监控保持正常通信且处于正常运行状态，并机后，检查监控上的备电时长和备电功率。

e) 信息上报

电池系统与监控通信且处于正常运行状态时，在监控上检查电池系统信息。

f) 软件升级

电池系统与监控通信且处于正常运行状态时，通过监控加载电池系统软件，可在线对电池系统软件进行升级。

6.4.5.1.16 并机扩容

两组电池系统并联，SOH 分别为 80%和 100%，电池系统充满电后，以标准充放电电流放电，记录各组电流，以及放电结束时各组 SOC 值。

电池系统与铅酸、梯次或第三方电池系统并机，电池系统与第三方电池模块（或电池系统）至少各一组，均按标准充电方式充满电，测试并机带载 2400W 和 6000W。

6.4.5.2 数据中心 BMS 测试

6.4.5.2.1 工作电压

用可调充电设备为 BMS 供电。

6.4.5.2.2 开关机及维护

分别进行手动开机、关机操作，检查 BMS 的状态。

目视 BMS 有关的通讯接口、告警指示、状态标识。

6.4.5.2.3 信息采集

连接上位机软件，检查BMS的温度、电压、电流采集功能。

连接上位机软件，检查确认每个BMS是否独立管理一组电池系统。

连接上位机软件，检查确认BMS是否具有每个电池单体的电压检测、电池单体表面温度检测和电池系统总电压、充/放电电流检测的功能。

连接上位机软件，检查确认BMS对单体电压、电池系统电压、充放电电流及温度的测量及范围区间。

连接上位机软件，检查确认BMS数据刷新周期。

连接上位机软件，检查确认BMS的存储功能。

6.4.5.2.4 信息测量精度

电池系统按照 6.3.1 做标准充放电，导出 BMS 后台数据，检查充放电状态记录，检查电池单体电压、电池系统电压、电流、温度、容量参数，对比外接设备的测试数据，确认 BMS 的测量精度。

6.4.5.2.5 BMS 管理功能

6.4.5.2.5.1 过压保护

BMS 处于正常工作状态，外接充电设备不经过 BMS 直接以标准充电电流对电池单体（或电池模块）持续充电，或采用电池模拟系统模拟电池单体电压，检查 BMS 记录的电池单体过压告警电压和保护动作电压，电压下降到恢复点时检查是否按要求恢复正常状态。

6.4.5.2.5.2 欠压保护

BMS 处于正常工作状态，外接放电设备不经过 BMS 直接以标准放电电流对电池单体（或电池模块）持续放电，采用电池模拟系统模拟电池单体电压，检查 BMS 记录的电池单体欠压告警电压和保护动作电压，电压上升到恢复点时检查是否按要求恢复正常状态。

6.4.5.2.5.3 放电过流管理

BMS 处于正常运行状态，外接放电设备不经过 BMS 直接对电池系统持续放电，放电电流从允许的最大放电电流持续增加，或采用电池模拟系统模拟放电电流，检查 BMS 的保护反应。

6.4.5.2.5.4 高温保护

将具有连续记忆功能的点温计探头贴于电池系统内部中央和边缘各至少一只电池单体的表面，再将电池系统放入 50℃温箱保持 12 小时后并在该环境温度下进行测试。对电池系统充电，调节温箱的温度以 3℃/min 变化速率升高至高温保护点，保持 10min 后，下调温度至恢复点。

6.4.5.2.5.5 低温保护

将具有连续记忆功能的点温计探头贴于电池系统中央和边缘各至少一只电池单体的表面，再将电池系统放入-10℃温箱保持 12 小时后并在该环境温度下进行测试。对电池系统充电，调节温箱的温度以 3℃/min 变化速率下降至低温保护点，保持 10min 后，上调温度至恢复点。

6.4.5.2.5.6 BMS 高温保护

将具有连续记忆功能的点温计探头贴于 BMS 表面，再将 BMS 放入 90℃温箱保持 1 小时后并在该环

境温度下进行测试；对 BMS 充电，调节温箱的温度以 3℃/min 变化速率升高至高温保护点，保持 10min 后，下调温度至恢复点。

6.4.5.2.6 荷电状态 (SOC) 计算

电池系统在 25±3℃ 恒温环境下放置 12 小时，在相应环境下进行 6.3.1 的标准充放电电流测试，并且在充电和放电过程中外接电池容量测试仪测量充电和放电容量。

6.4.5.2.7 功耗

将 BMS 并联到直流电压源两端，调整电压源的额定输出至 54.5V，将微安表毫安表串接在 BMS 和电压源之间，分别测量 BMS 处于在线非充放电状态（即待机状态）、自动休眠状态下的功耗电流。

6.4.5.2.8 循环次数统计

电池系统连接上位机，记录初始循环次数，按 6.3.1 做标准充放电，分别先后放电至 70% 和 90%DOD，读取 BMS 数据，检查循环次数统计变化。

6.4.5.2.9 均衡

电池系统 SOC 调至 15%，关闭电池系统 BMS，外接充放电设备使电池系统中某一只电池单体电压低于当前电池系统中最高电池单体电压 20mV，或采用电池模拟系统模拟某一只电池单体电压低于当前电池系统中最高电池单体电压 20mV。

接着使 BMS 工作在正常状态，按 6.3.1 标准充放电方法对电池系统充电，24h 时间后，检查电池系统中电池单体电压极差。

6.4.5.2.10 短路保护

在试验开始前，影响试验对象功能并与试验结果相关的所有保护设备都应处于正常运行状态。外部短路过程如下：

在试验开始前，用于充电和放电的相关主要接触器等都应处于闭合状态（如电池系统回路中包含相关继电器）。

将试验对象的正极端子和负极端子相互连接，使回路中短路电阻不超过 $10 \pm 5 \text{m}\Omega$ 。

保持短路状态，直至符合下列任一条件，结束试验：

- a) 试验对象保护功能起作用；
- b) 试验对象外壳温度稳定（温度变化在 2h 内小于 4℃）后，继续短路至少 1 小时；
- c) 充电设备按 6.3.1 对测试样品做标准充电，检查电池系统是否可正常进行充电；
- d) 人工重启后，电池系统可进行正常充放电动作；
- e) 导出 BMS 后台数据，检查短路保护记录。

完成以上试验步骤后，在试验环境温度下观察 1h。

6.4.5.2.11 监控通讯

a) 状态信息

电池系统连接北向监控，调至正常运行状态， $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ 温度下，电池系统按照 6.3.1 做标准充放电，在监控上检查电池的状态信息。

b) 告警及保护

在 BMS 进行 6.4.5.2.5 测试时，连接北向监控，检查电池系统向监控上报的信息。

c) 充放电控制

通过监控控制电池系统的接入、断开，充电限流功能。

d) 信息上报

电池系统连接北向监控，调至正常运行状态，电池系统按照 6.3.1 做标准充放电，在监控上检查电池的状态信息。

6.4.5.2.12 并机扩容

两柜并联，SOH 分别为 80%和 100%，电池系统充满电后，以额定电流放电，记录各柜电流，以及放电结束时各柜 SOC 值。

6.4.5.2.13 多柜均流

两柜并联，电池系统充满电后，以额定电流放电，记录电各柜电流。

6.4.5.2.14 容错

两柜并联，去掉其中一柜中一个电池系统，重新串联组合后开机。

6.4.5.2.15 分组核容

两柜并联，电池系统充满电后，选择其中一柜进行核对容量测试，另外一柜不参与。

6.4.6 电磁兼容

6.4.6.1 静电放电抗扰性

电池系统按 GB/T 17626.2-2018 等级 3 规定的试验方法进行测试；

6.4.6.2 传导骚扰阻值

$25\pm 3^{\circ}\text{C}$ 下，在均充电电压 56.4V 充电电流为 $1I_{10\text{A}}$ 、 $10I_{10\text{A}}$ 条件下，机房场景电池系统以 53.5V 恒压并以不低于 4800W 恒功率放电，数据中心场景电池系统以不低于 4800W 恒功率放电，按 GB 9254-2008 等级 A 规定的试验方法进行测试。

6.4.6.3 辐射骚扰阻值

在以 6.3.1 标准放电条件下，机房场景电池系统按 GB 9254-2008 等级 B 规定的试验方法进行测试。数据中心场景电池系统的传导骚扰限值应符合表 3 的要求（满足 GB 9254-2008 中第 5.1 条要求）。

6.4.6.4 浪涌（冲击）

电池系统按 GB/T 17626.5-2019 等级 2（开路试验电压 0.5kV）规定的试验方法对通信端口线对线进行测试，按 GB/T 17626.5-2019 等级 2（开路试验电压 1kV）规定的试验方法对通信端口线对地进行测试；电池系统按 GB/T 17626.5-2019 等级 4（开路试验电压 2kV）规定的试验方法对功率端口线对线

进行测试，按 GB/T 17626.5-2019 等级 4（开路试验电压 4kV）规定的试验方法对功率端口线对地进行测试。

6.4.7 监控管理系统

电池系统通过监控连接监控管理系统，电池按照 6.3.1 做标准充放电测试，在监控管理系统上查看电池系统信息状态。在监控管理系统端更改限流点至 1C，检查电池系统充电电流。

在监控管理系统上对电池系统进行软件升级。

在机房场景监控管理系统端设置恒压 57V 输出命令，检查电池系统实际输出电压。

6.4.8 灭火功能

根据灭火装置位于产品中的位置选择合适的检验方式，若机柜和电池系统内均有灭火装置，则都需要进行验证。

6.4.8.1 灭火功能测试

该部分测试针对灭火装置位于电池系统箱体内部的产品。当电池系统应用于机房场景时，须采用灭火装置位于电池系统箱体内部的电池产品，并按以下条件验证并满足相应要求。

6.4.8.1.1 灭火装置

6.4.8.1.1.1 感应部件

根据灭火装置采用的触发方式，在制造商与客户达成一致后，按达成一致的测试方法验证。采用热触发的灭火装置，可按以下方式验证。

准备 5 个不同批次的灭火装置触发部件，分批次在温升速率为 $5 \pm 2^\circ\text{C}$ 的温箱中从 150°C 持续升温，直到所有灭火装置触发部件启动，记录每个样品的启动温度。

6.4.8.1.1.2 灭火剂

采取对应的激发方式使灭火装置启动喷出灭火药剂，该测试中可对电池系统外壳适当改装，但不能影响电池系统原有的 IP 防护等级，在灭火剂喷洒后，按 6.5.1.5、6.5.1.6 进行绝缘电阻和绝缘强度测试。

6.4.8.1.1.3 高温

将灭火装置置于 $55 \pm 2^\circ\text{C}$ 的试验箱内，保持 24 小时；

6.4.8.1.1.4 低温

将灭火装置置于 $-20 \pm 2^\circ\text{C}$ 的试验箱内，保持 24 小时；

6.4.8.1.1.5 恒定湿热

灭火装置放置在 $40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度在 90%—95% 的环境下保持 24h；

6.4.8.1.1.6 寿命

将灭火装置置于 70°C 、85% 湿度下储存 1000h 后，再将灭火装置做温度循环，温度循环最低温度 -40°C ，最高温度为 70°C ，在温度未达到最低或最高温度时，每分钟温度变化为 10°C ，在温度达到 -40 和 70°C

时保存 30 分钟，以上从最低温保温、升温至最高温、最高温保温、降低至最低温为一个循环，持续做 200 个循环。

6.4.8.1.1.7 振动

将灭火装置固定在振动试验台上，按照 6.5.2.2 进行振动验证。

6.4.8.1.1.8 电池系统测试

电池系统在进行 6.5 章节安全可靠验证时，测试完成后检查并验证灭火装置状态。

6.4.8.1.2 电池系统灭火功能测试

6.4.8.1.2.1 热扩散

电池系统按照 GB 38031-2020 附录 C 采用加热、过充方式进行热扩散测试：

a) 采用加热、过充其中的一种，电池系统内部温度监控点参考 GB38031，测试前后样品质量，被触发目标电池单体电压及电池系统总电压须被监测和记录；

b) 加热触发热失控：加热板或加热棒等加热装置的功率参考 GB38031 要求，加热升温至加热装置侧达到 300℃，并保持直至触发电池单体发生热失控后停止加热，若触发电池单体无热失控现象发生则在该温度下保持 4h 后停止加热；

c) 过充触发热失控：将目标电池单体以电池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，停止充电或电池单体保护装置动作切断充电；

e) 若加热过程中发生起火、爆炸现象，试验应终止并依据现象评定记录 HSL；若加热结束时尚未发生起火、爆炸现象，则观察 1 h。

热失控判定方法：

a) 触发目标电池单体产生电压降，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。

当 a) +c) 或 b) +c) 发生时，判定电池单体发生热失控。

6.4.8.1.2.2 热扩散点火

该测试项针对灭火装置位于电池系统箱体内部的电池样品。

室温下，在风速不大于 3m/s 或室内进行测试。改装待测样品，待测样品外壳和汇流排允许破坏，在外壳上因该实验新加的孔等措施导致影响 IP 防护的，可对该处采取一定的封堵措施，使其 IP 防护等级保持与正常产品一致。测试样品中需至少对热失控电池单体、热失控相邻电池单体、边缘电池单体采集温度，外接充电设备对电池系统中的一只电池单体进行 $10I_{10A}$ 电流充电至该电池单体热失控，在听到电池单体热失控开阀声或看到烟雾后，在电池系统与外界环境连通的通道附近或溢烟（或气）处，采用外部的明火源，进行点火。

记录该过程中的电压、温度以及灭火装置启动至灭火的时间。

6.4.8.1.2.3 热扩散柜外点火

该测试项针对灭火装置位于电池系统内部的样品。

柜内放至少三个电池系统样品，三个样品正常相邻安装在机柜内，样品按 6.3.1 充满电后，对中间的样品进行 6.4.8.1.2.1 过充热扩散测试，当听到开阀声或有烟雾溢出后断开外接充电设备，在机柜与外界环境连通的通道附近或溢烟（或气）处采用外部火源进行点火，直至出现明火。

记录该过程中的电压、温度以及灭火装置启动至灭火的时间。

6.4.8.2 柜内灭火功能测试

该测试项针对灭火装置位于机柜内的样品。

柜内放至少三个电池系统样品，三个样品正常相邻安装在机柜内，样品按 6.3.1 充满电后，对中间的样品进行 6.4.8.1.2.1 加热方式的热扩散测试，在听到开阀声或有烟雾溢出后断开加热源。机柜与外界环境连通的通道附近或溢烟（或气）处，采用外部火源进行点火，直至出现明火。

6.4.9 机柜

6.4.9.1 接地

检测机柜外露导电部位与电平台之间的连接电阻。

检测机柜任意两个可以同时被人碰触到的外露可导电部分之间的电阻。

6.4.9.2 IP 防护

按照 GB/T 4208-2017 中的 IP20 所要求的测试方法进行测试。

6.4.9.3 安规

6.4.9.3.1 塑胶件阻燃

内部塑胶件参考 UL 94 按 4.11.3 的相应要求进行测试；

6.5 安全可靠要求检测方法

6.5.1 电安全

6.5.1.1 过充

电池单体按 6.3.1 充满电后，以 1I₁A 电流恒流充电至终止电压的 1.1 倍或 115%SOC 后停止充电，完成以上试验步骤后，在实验环境下观察 1 小时。

6.5.1.2 过放

电池单体按 6.3.1 充满电后，以 1I₁A 电流放电 90 分钟，完成以上试验步骤后，在实验环境下观察 1 小时。

6.5.1.3 外部短路

电池单体按 6.3.1 充满电后，将试验对象正极端子和负极端子经外部短路 10min，外部线路电阻在 30±10mΩ 之间，完成以上试验步骤后，在实验环境下观察 1 小时。

6.5.1.4 过充保护

电池系统按 6.3.1 充满电后，按照电池系统制造商推荐的正常操作（如使用外部充放电设备），调整试验对象的 SOC 到正常工作范围的中间部分，只要试验对象可以运行，可不需要精确地调整；

在试验开始前，影响试验对象功能并与试验结果相关的所有保护设备都应处于正常运行状态，用于充电的所有相关的主要接触器等都应闭合（如电池系统回路中相关继电器）；

充电过程如下：

外部充电设备应连接到试验对象的主端子，外部充电设备的充电控制限制应禁用；

试验对象应由外部充电设备以不低于 $1.5I_{10A}$ 进行充电。

充电应持续进行，直至符合下列任一条件时，结束试验：

- a) 试验对象自动终止充电电流；
- b) 试验对象发出终止充电电流的信号。

当试验对象的过充电保护控制未起作用，或者没有所述功能，继续充电，使得试验对象温度超过电池系统最高工作温度 10°C 的温度值。

当充电电流未终止且试验对象温度低于最高工作温度 10°C 的温度值时，充电应持续 12h。完成以上试验步骤后，在试验环境温度下观察 1h。

6.5.1.5 绝缘电阻

电池系统按 6.3.1 充满电后，用绝缘电阻测试仪以直流 500V 的测试电压，对被测电池系统正、负极端子对电池系统金属外壳进行测试，允许拆除 BMS 浪涌保护器件，电池系统正、负极接口分别对电池系统金属外壳的绝缘电阻应不小于 $2\text{M}\Omega$ 。

6.5.1.6 绝缘强度

电池系统按 6.3.1 充满电后，用耐压测试仪以 50Hz、有效值 500V 的交流电压或 710V 的直流电压，对被测的电池正、负极端子与电池系统金属外壳进行测试，允许拆除 BMS 浪涌保护器件。

6.5.2 机械安全

6.5.2.1 重物冲击

电池单体参考 IEC 62619-2017 中 7.2.2 要求进行重物冲击项目测试；

6.5.2.2 振动

电池系统参考 UN 38.3 进行振动项目测试。

6.5.2.3 跌落

试验开始前，将电池系统的 SOC 调至不低于 50%。模拟电池系统在机柜中或包装箱中放置方式，从 1m 高度自由跌落至水泥台面 1 次。

6.5.2.4 地震

试验开始前，将电池系统的 SOC 按标准充电方法充至满电态，采用 YD 5083-2005 中的烈度 9 要求进行测试。

6.5.2.5 冲击

电池系统参考 UN 38.3 进行机械冲击项目测试。

6.5.3 热安全

6.5.3.1 加热

电池单体按 6.3.1 充满电后,将试验对象置于温箱中,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 30 分钟。

6.5.3.2 过热保护

在试验开始时,影响试验对象功能并与试验结果相关的所有保护设备都应处于正常运行工作状态。将具有连续记忆功能的点温计探头贴于电池系统表面,再将电池系统放入温箱中,进行测试,对电池系统充电,调节温箱的温度以 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 上升至高温保护点,保持 10min,下调温度至高温恢复点。

当符合以下任一条件时,结束试验:

- 试验对象自动终止或限制充电或放电;
- 试验对象发出终止或限制充电或放电的信号;
- 试验对象的温度稳定,温度变化在 2h 内小于 6°C 。

完成以上试验步骤后,在试验环境温度下观察 1h。

6.5.4 环境可靠性

6.5.4.1 低气压

电池系统在 $25\pm 3^{\circ}\text{C}$, 大气压力不大于 11.6kPa 的环境下储存不少于 6h。

6.5.4.2 恒定湿热

电池系统按 6.3.1 充满电后,将其放入 $55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 90%~95%的恒温恒湿箱中静置 12h 后,再将其取出在环境温度 $25^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ 的条件下静置 2h,目测其外观,再以 $10I_{10}\text{A}$ 电流放电至终止电压。

6.5.4.3 交变湿热

电池系统按 6.3.1 充满电后,按照 GB/T 2423.4 执行试验 Db,变量如图 1 所示,其中最高温度 55°C , 循环 5 次,完成以上步骤后,在室温下观察 2 小时。

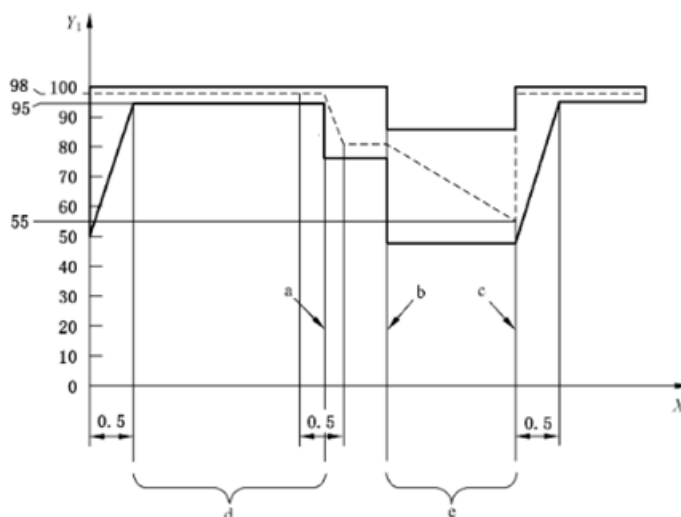


图 1 交变湿热 (a)

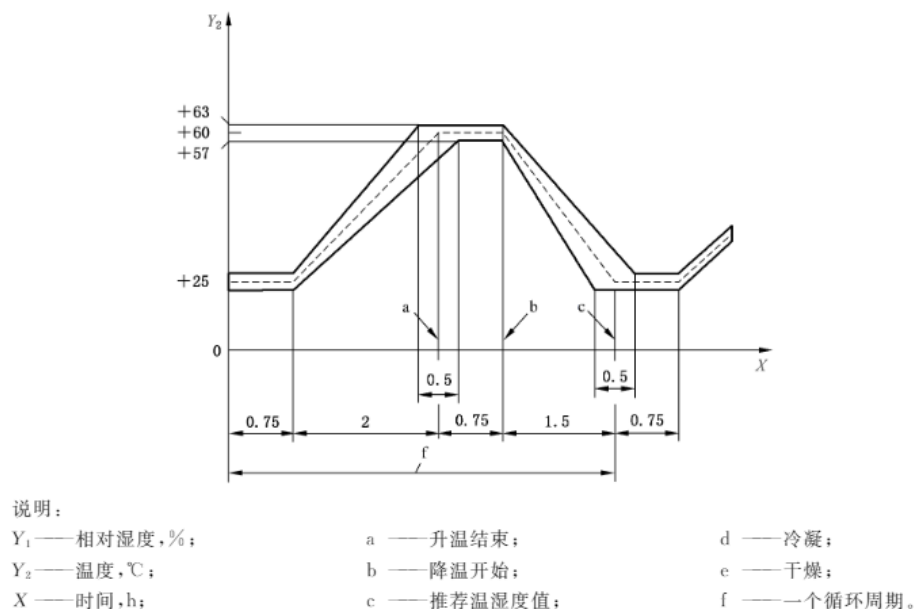


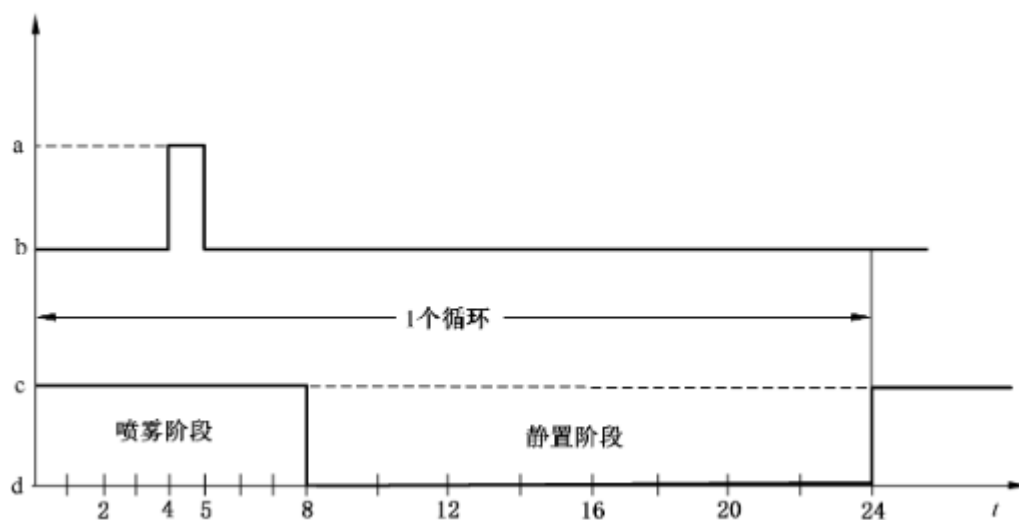
图 1 交变湿热 (b)

6.5.4.4 盐雾

电池系统按 6.3.1 充满电后, 按照 GB/T 28046.4-2011 中 5.5.2 的测试方法和 GB/T 2423.17 的测试条件进行试验。

盐溶液采用氯化钠(化学纯、分析纯)和蒸馏水或去离子水配置, 其浓度为 $5\% \pm 1\%$ (质量分数), $35 \pm 5^\circ\text{C}$, PH 值应在 6.5~7.2 之间。

将试验对象放入盐雾箱按图 2 所示进行试验, 进行 2 个循环即持续 48 小时, 在 $35 \pm 5^\circ\text{C}$ 下对试验



对象喷雾 8 小时, 然后静置 16h, 在一个循环的第 4 小时和第 5 小时之间开启 BMS 对电池状态进行检测。

T——时间, h;

- a——低压上电监控；
 b——连接线束完毕，不通电；
 c——打开（喷盐雾）；
 d——关闭（停喷盐雾）。

图1 盐雾试验循环

6.5.4.5 温度循环

按 YD/T 2344.1-2011 的 6.9.15 进行温度循环验证。

7 抽样及检测规则

测试检验分为出厂检验、型式检验，检验项目应符合下表规定，根据实际应用场景选择机房场景或数据中心场景所对应的测试项目进行验证。

表 7 出厂检验及型式检验

序号	检验项目	出厂检验	型式检验	要求	试验方法	
1	充放电条件 (根据应用 场景, 选择 对应项目)	充电电压	√	√	4.3	6.4.1
		充电电流	√	√	4.3	6.4.1
		放电电压	√	√	4.3	6.4.1
		放电电流	√	√	4.3	6.4.1
		放电功率	√	√	4.3	6.4.1
		并机组数		√	4.3	6.4.1
2	外观及标识	外观	√	√	4.4.1	6.4.2.1
		标识	√	√	4.4.2	6.4.2.2
3	电池单体要求及电池系统能量保持率		√	4.5	6.4.3	
4	PACK (相关 振动、冲击 后要求, 仅 在型式试验 要求)	材质	√	√	4.6.1	6.4.4.1
		阻燃		√	4.6.2	6.4.4.2
		接地		√	4.6.3	6.4.4.3
		安装		√	4.6.4	6.4.4.4
		汇流排压降		√	4.6.5	6.4.4.5
		电池单体	√	√	4.6.6.1	6.4.4.6.1
		线缆	√	√	4.6.6.2	6.4.4.6.2
		灭火装置	√	√	4.6.6.3	6.4.4.6.3
		线缆阻燃	√	√	4.6.7	6.4.4.6.4
		IP 防护		√	4.6.8	6.4.4.6.5
	顶部滴液防护		√	4.6.9	6.4.4.6.6	
5	BMS (根据应用 场景, 选 择对应项 目)	工作电压		√	4.7	6.4.5
		开关机及维护		√	4.7	6.4.5
		充电转放电切换时间 (机 房场景)		√	4.7	6.4.5
		纹波 (机房场景)		√	4.7	6.4.5
		接线 (机房场景)		√	4.7	6.4.5
		信息采集		√	4.7	6.4.5
		测量精度		√	4.7	6.4.5
		过压保护		√	4.7	6.4.5
		欠压保护		√	4.7	6.4.5
		放电过流管理		√	4.7	6.4.5
		高温保护		√	4.7	6.4.5
低温保护		√	4.7	6.4.5		

		BMS 高温保护	√	4.7	6.4.5
		失效保护（机房场景）	√	4.7	6.4.5
		荷电状态（SOC）计算	√	4.7	6.4.5
		功耗	√	4.7	6.4.5
		循环次数统计	√	4.7	6.4.5
		均衡	√	4.7	6.4.5
		防反接（机房场景）	√	4.7	6.4.5
		短路保护	√	4.7	6.4.5
		监控通讯	√	4.7	6.4.5
		并机扩容	√	4.7	6.4.5
		多柜均流（数据中心）	√	4.7	6.4.5
		容错（数据中心）	√	4.7	6.4.5
		分组核容（数据中心）	√	4.7	6.4.5
6	电磁兼容	静电放电抗扰性	√	4.8.1	6.4.6.1
		传导骚扰阻值	√	4.8.2	6.4.6.2
		辐射骚扰阻值	√	4.8.3	6.4.6.3
		浪涌（冲击）	√	4.8.4	6.4.6.4
7		监控管理系统	√	4.9	6.4.7
8	灭火功能	感应部件（灭火装置）	√	4.10.2.1.1	6.4.8.1.1
		灭火剂（灭火装置）	√	4.10.2.1.2	6.4.8.1.2
		高温（灭火装置）	√	4.10.2.1.3	6.4.8.1.3
		低温（灭火装置）	√	4.10.2.1.4	6.4.8.1.4
		恒定湿热（灭火装置）	√	4.10.2.1.5	6.4.8.1.5
		寿命（灭火装置）	√	4.10.2.1.6	6.4.8.1.6
		振动（灭火装置）	√	4.10.2.1.7	6.4.8.1.7
		热扩散	√	4.10.2.2.1	6.4.8.1.2.1
		热扩散点火	√	4.10.2.2.2	6.4.8.1.2.2
		热扩散柜外点火	√	4.10.2.2.3	6.4.8.1.3
		柜内灭火功能测试	√	4.10.3	6.4.8.2
9	机柜	接地	√	4.11.1	6.4.9.1
		IP 防护	√	4.11.2	6.4.9.2
		塑胶件阻燃	√	4.11.3	6.4.9.3
10	电安全	过充	√	5.1	6.5.1.1
		过放	√	5.1	6.5.1.2
		外部短路	√	5.1	6.5.1.3
		过充保护	√	5.1	6.5.1.4
		绝缘电阻	√	5.1	6.5.1.5
		绝缘强度	√	5.1	6.5.1.6
11	机械安全	重物冲击		5.2	6.5.2.1
		振动	√	5.2	6.5.2.2
		跌落	√	5.2	6.5.2.3
		地震	√	5.2	6.5.2.4
		冲击	√	5.2	6.5.2.5
12	热安全	加热	√	5.3	6.5.3.1
		过热保护	√	5.3	6.5.3.2
13	环境可靠性	低气压	√	5.4	6.5.4.1
		恒定湿热	√	5.4	6.5.4.2
		交变湿热	√	5.4	6.5.4.3
		盐雾	√	5.4	6.5.4.4
		温度循环	√	5.4	6.5.4.5

有下列情况之一的须进行型式试验：

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

8 标志、包装、运输及存储

8.1 标志

应在电池系统机械电气单元外壳上显著位置用文字标识产品名称、产品型号、额定电压、额定容量、制造商名称等相关信息；其中允许将出厂日期、联系电话、标识印刷在包装或使用说明书中。

8.2 包装

每个电池系统都应有外包装，电池系统包装后放置在干燥、防尘、防潮、防震的包装箱内；外包装箱上标志包括：“小心轻放”“向上”“防雨”“防晒”“层数极限”“禁止翻滚”“第九类危险品标识”；且应附有产品使用说明书、合格证、装箱单等。

包装箱外应标明产品名称、型号、数量、毛重、制造厂商、出厂日期，其包装储运图示标志应符合 GB/T 191 要求。

8.3 运输

产品运输时应符合以下要求：

- a) 运输温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 产品包装成箱后再运输，运输过程中电池系统的荷电态应为 20~50%之间；
- c) 在运输过程中应防止剧烈振动、冲击或挤压，防止日晒雨淋，不得倒置，可使用汽车、火车、轮船等交通工具进行运输；
- d) 在装卸过程中，轻搬轻放，严防摔掷、翻滚、重压。

8.4 储存

电池系统通常应以 40%~50%荷电状态储存在环境温度为 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 95%的清洁、干燥、通风的室内。

产品储存时不得倒置，并避免机械冲击或重压。

产品储存时须不受光照直射，避免与腐蚀性介质接触，远离火源及热源；

存储充电要求：温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ ，应每 12 个月充电；当温度为 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ 时，应每 8 个月充电。

附录 A 冒烟释放速率测试方法

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。

试验过程中的发烟释放速率采用如下公式计算(参考 UL 9540A: 2019):

$$\text{SRR} = 2.303 \left(\frac{V}{D} \right) \text{Log}_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right)$$

SRR: 烟雾释放速率 (m^2/s)

V: 排气管单位体积流量 (m^3/s)

D: 排气管直径 (m)

I_0 : 背景(试验前)透射光强度信号 (V)

I: 试验过程中透射光强度信号 (V)