

团 体 标 准

T/JES XXX-XXXX

电力储能用低压磷酸铁锂电池管理系统 预测性维护与评估规范

Specification for Predictive Maintenance and Assessment of Low-Voltage
Lithium Iron Phosphate Battery Management Systems in Electrical Energy
Storage

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

江苏省电工技术学会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 技术要求	2
5.1 基本要求	2
5.2 BMS 监测功能	3
5.3 BMS 预测功能	4
5.4 BMS 告警与管理功能	4
5.5 BMS 运行评估与维护	6
5.6 监控通信接口与电磁兼容性	7
5.7 BMS 预测性维护与评估要求	7
6 试验方法	9
6.1 试验环境条件	9
6.2 测量仪表要求	9
6.3 基本项目	9
6.4 BMS 管理功能	9
6.5 电气性能	10
6.6 保护与告警功能	10
6.7 监控通讯接口	11
6.8 电磁兼容性	11
6.9 环境试验	11
6.10 BMS 预测性维护检测方法	12
7 检验规则	13
7.1 检验分类	13
7.2 出厂检验	13
7.3 鉴定检验（型式检验）	13
8 标志、包装、运输、储存、安装	14
8.1 标志与包装	14
8.2 运输与储存	15

T/JES XXX—XXXX

8.3 安装与验收.....	15
附录 A.....	16

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这些专利的责任。

本文件由江苏省电工技术学会提出并归口。

本文件起草单位：国网江苏省电力有限公司南京供电分公司、南京工业大学、南京大学、东南大学、南京华群能源集团有限公司、南京苏逸实业有限公司、南京电力设计研究院有限公司、南京远能电力有限公司送变电分公司。

本文件主要起草人：许洪华、朱红、张玮亚、沈逸文、王强、谭劼、杨栋、韩舒、王文帝、孙少斌、嵇文路、曹刚、朱兴龙、顾承阳、茅嘉毅、延巧娜、周苏洋、马斌、程孟晗、张若微、殷鸣、李佳、杨楠、马璘劼、张锐、邹宇、蔡成铭、赵锡正、张航通、朱宇超、方磊、宋哲、杜力、张冲、孙丁、许自强、纪业、王舒凡、皮一晨、施萱轩、朱正谊、钱欣、杨林青、韩硕、胡子健、孙凯、耿明昊、陈雪薇、王静萍、狄锐楠、吴镒臻、袁海宁、邴钰淇、黄璜、张明轩、朱兴龙、徐萍、刘海、杨莉、潘歌、高明阳、樊继利、刘海权、关奥博、牟润蕃、李子牛、姚舜心、吴粤、陈麒宇、陈谙澜。

本文件为首次发布。

电力储能用低压磷酸铁锂电池管理系统预测性维护与评估规范

1 范围

本标准规定了电力储能用低压（电压小于 1kV）的磷酸铁锂电池组（以下简称电池组）管理系统预测性维护与评估规范。

本标准适用于具有自主限流充电功能的储能基站用低压磷酸铁锂电池组管理系统。其它正极材料体系的锂电池组管理系统也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于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。

GB/T 43555-2023 智能服务、预测性维护、算法测评方法

GB/T 2829 - 2002 周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）

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 17626.17 - 2005 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口纹波抗扰度试验

GB/T 191 - 2008 包装储运图示标志

T/CNESA 1002 - 2019 电化学储能系统用电池管理系统技术规范

T/CEPPC 25 - 2024 储能锂离子电池热失控预警及防护技术要求

YD/T 1363.3 - 2023 《通信电源和机房环境一体化监控系统 第 3 部分：蓄电池检测装置通信协议》

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

能够进行化学能和电能相互转换，实现充放电的基本单元，一般由正极、负极、隔膜、电解质和壳体等组成。不同类型电池单体有不同的标称电压，磷酸铁锂电池单体标称电压为 3.20 V，用 U_0 表示。

3.2 集成式电池组 integrated battery set

为满足低压储能电源后备式蓄电池工作电压，将 15-260 个电池单体串联起来，直接安放在集成设备柜模块中的电池组，标称电压为 nU_0 （ $15 \leq n \leq 260$ ）。系统划分为 1-10 个模块集成一组电芯和一个电池组管理系统。可简称集成式电池组。

3.3 分立式电池组 discrete battery set

每个电池单体安放在独立的电池壳体中，15-260 个电池单体串联形成的电池组，其电池组管理系统全部或部分在分立式电池壳体以外。可简称分立式电池组。

3.4 电池管理系统 Battery Management System (BMS)

是保证电池组和单体安全、可靠工作的电路系统的总称。该系统采集电池组总电压、单体电压、电量、充放电电流、电池环境温度等参数，对电池充电、放电过程和状态进行监控，并具有有效的保护和告警功能，由采集和监控保护电路、电气和通信接口及热管理等装置组成。

3.5 电池组额定容量 rated capacity of battery set

环境温度为 25 °C 条件下，电池组 10h 率放电至终止电压时所应提供的电量，用 C_{10} 表示，数值为 $1.0C_{10}$ ，单位为安时 (Ah)；10h 率放电电流用 I_{10} 表示，数值为 $0.1C_{10}$ ，单位为安培 (A)。

3.6 荷电状态 State of Charge (SOC)

电池单体/电池组实际所充入电量和额定容量的比值，即当前状态下以 10h 率放电至截至电压时所能提供的电量与额定容量的比值，用 SOC 表示。可简称电池的荷电状态。

3.7 健康状态 State of Health (SOH)

电池从充满状态以一定倍率放电到截止电压放出的能量与其对应的标称额定充/放电能量的比值。用百分数表示。

3.8 单体均衡 cell balance

是通过主动或被动方式使电池组中各电池单体的电压或荷电状态趋于一致的控制过程。

3.9 预测性维护 predictive maintenance

根据观测到的状况而决定的连续或间断进行的维护，以监测、诊断或预测构筑物、系统或部件的状态指标。

[来源：GB/T43555—2023, 3.5]

4 总则

4.1 BMS 应保证电池组适应现有在网运行的储能电源的各种工作状态。

4.2 BMS 应满足我国磷酸铁锂电池安全保护的各种要求。

4.3 BMS 应能适合户外使用，且应能耐受恶劣的大气环境、电磁环境。

4.4 BMS 应能通过采集电池组数据，对 BMS 的软件/算法进行预测性维护与评估。

5 技术要求

本节所规定的技术要求适用于 BMS，主要面向应用于电力储能用低压磷酸铁锂及其它锂离子电池组的管理场景。用于确保 BMS 在运行过程中的安全性、可靠性、一致性、预测性维护和评估。

5.1 基本要求

5.1.1 工作环境条件

推荐环境温度：5 °C ~ 45 °C，允许环境温度 -30 °C ~ + 65 °C

相对湿度：5% ~ 95% RH (40 °C ± 2 °C)

大气压力：70 kPa ~ 106 kPa

注：大气压力为 70 kPa 以下时，用户与制造厂协商，制造厂可根据 GB/T20626.1- 2006 的要求进行设计、生产。

5.1.2 储运环境条件

环境温度：- 40 °C ~ + 80 °C

相对湿度：≤ 95% RH (40 °C ± 2 °C)

5.1.3 外观要求

BMS 外观应符合以下要求。

- a) BMS 外观整洁、无明显变形，无机械损伤。
- b) 与 BMS 有关的通讯接口、告警指示、状态指示工作正常并有明确标识。
- c) BMS 电路板应进行三防处理。

5.1.4 管理单体数

BMS 应能管理至少 15 至多 260 个串联的磷酸铁锂电池单体。

5.1.5 管理电压范围

BMS 应能管理的标称电池组电压为 48V ~ 832V，正常电压范围为 37V ~ 949V。

5.1.6 工作电源

BMS 应优先用外电供电，无外电时用电池组供电。

5.1.7 休眠功能

BMS 应具有休眠功能。当处于离线状态（即电池组输出端正负极、通讯接口与外界断开的状态）一段时间内，BMS 应自动进入休眠，休眠延迟时间可设定范围为 5 min ~ 24 h；当电池组进入在线状态（充电、放电或通讯状态）BMS 应能自动激活。BMS 也宜同时具有手动休眠功能，自动和手动休眠均应能通过手动方式激活。

5.1.8 BMS 基本功耗

BMS 处于在线但非充放电状态、自动休眠状态、手动休眠状态的功耗应满足表 1 的要求。

表 1 不同工况下 BMS 的基本功耗要求

序号	BMS 工况	BMS 功耗
1	BMS 处于在线但非充放电状态	不大于 5 W
2	BMS 处于自动休眠状态	不大于 50 mW
3	BMS 处于手动休眠状态	不大于 30 mW

5.2 BMS 监测功能

5.2.1 信息采集管理要求

BMS 应具有以下信息采集管理要求：

- 每个 BMS 独立管理一组电池单体；
- BMS 对电池单体电压采集宜采用有利于提高采集精度的接线方式；
- BMS 应具有每个电池的单体电压检测、每个电池单体叠放组合单元的表面温度检测和电池组总电压、充/放电电流、环境温度检测；
- BMS 对电池单体电压测量范围：0 V ~ 5 V；电池组总电压测量范围：0 V ~ 1000 V，充电电流测量范围：0 I₁₀ A ~ 10I₁₀ A，放电电流测量范围：0 I₁₀A ~ 30 I₁₀A；温度测量范围：- 50 °C ~ 130 °C；
- 数据刷新时间间隔（周期）≤5s（除休眠状态以外）；
- 应具有存储功能，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）为基础记录参数：单体电压、总电压、充/放电容量、充/放电电流、温度等；
- 除能正常记录保护与告警、保护与告警恢复时信息外，可通过设置，记录一定时间段内的蓄电池参数：单体电压、总电压、充/放电容量、充/放电电流、温度等。应具有一定的存储容量，存储容量不小于 2000 条记录。存储时间段、时间间隔可设，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。宜能外接存储介质、读取存储信息。

注：采集上述数据的目的是为支撑 BMS 预测性维护与评估功能（5.7）；采集上述数据的存储格式参见附录 A。

5.2.2 信息测量显示精度

BMS 应能测量电池蓄电池组的充/放电状况、电池单体电压、总电压、电流、电池组工作环境温度、容量、告警信息等各种参数值，且与电池组实际的参数值之间的误差应符合表 2 的要求。

表 2 BMS 测量显示精度

参数名称	技术要求
电压	50%量程以上单体电池充电电压误差 ≤0.5%
电流	50%量程以上充放电电流误差 ≤2%
容量	50%量程以上电池组容量误差 ≤5%

表 2（第 2 页/共 2 页）

参数名称	技术要求
工作环境温度	50%量程以上温度显示误差应 $\leq 2^{\circ}\text{C}$

5.3 BMS 预测功能

5.3.1 电池组工作电流 (I) 估算

BMS 应具备动态电流估算功能，BMS 在线预判工作电流 I 的误差要求均应在 $\pm 0.5\%$ 以下。

5.3.2 电池组开路电压 (OCV) 估算

BMS 应具备动态开路电压估算功能，BMS 在线预判开路电压 OCV 的误差要求同一模组内电芯 OCV 最大偏差 $\leq 30\text{mV}$ ，整包 OCV 最大偏差 $\leq 50\text{mV}$ ，BMS 实时监测 OCV 差异增长率每月偏差增长 $< 10\text{mV}$ 。

5.3.3 电池组荷电状态 (SOC) 估算

BMS 应具备动态荷电量 Q 计算功能及 SOC 估算功能，全工况 (0-100%SOC) 估算误差：电池单体 $\leq 3\%$ (动态平台期外)、 $\leq 5\%$ (动态平台期内)，电池组 $\leq 5\%$ 。

5.3.4 电池组温度估算

BMS 应具备电池单体与电池组多位置的温度估算功能，BMS 在线预判温度的准确度要求均 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

5.3.5 电池组健康状态 (SOH) 估算

BMS 应具备根据动态电流、电压、温度及循环次数进行内阻的计算功能，同时应具备对电池单体与电池组平均动态健康状态 SOH 估算功能，BMS 在线预判电池组整体与电池单体健康度 SOH 的最大误差均 $\leq \pm 3\%$ 。

5.4 BMS 告警与管理功能

5.4.1 BMS 限流充电功能

BMS 应具有自主限流充电功能，保证工作范围内的电压输入时，电池组能够正常充电。处于限流状态的电流值不小于 $1I_{10}\text{A}$ 。

5.4.2 BMS 单体均衡

在环境温度 25°C 时，对于电池单体额定容量相同，50%荷电状态的电池组，选择不连续排列的单体 4-16 个，以 $2I_{10}$ 放电率放电至电池单体最大压差 50mV 以上或放出额定容量 5% (不小于 1Ah)，用满足电池组正常充电要求的电源对其充电 30 h，继续静置 30 min，电池组单体间最大压差小于 30mV 或整组荷电量恢复到额定容量 98%。

5.4.3 BMS 温升要求

按 $10I_{10}$ 电流在开放环境进行持续放电试验，BMS 电路板应能正常工作且温升最大应小于 40°C 。

5.4.4 过充电保护

电池组处于过充电状态时，BMS 应切断充电电路并告警，当电压恢复到正常值时 BMS 应能自动消除告警，并自动恢复到正常工作状态。

5.4.5 过放电保护

电池组放电至截至状态后，BMS 应切断放电电路并告警，电压恢复到正常值时 BMS 应能自动消除告警，并自动恢复到正常工作状态。

5.4.6 输出短路保护

电池组输出端正负极发生直接短路，BMS 应瞬间切断电路并告警，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）；短路故障排除后，BMS 应能手动或自动恢复正常工作状态。

5.4.7 输出过流保护

BMS 应具有能根据用户的需要设置的输出过流保护功能，延时保护设置范围为 $5I_{10} \sim 11I_{10}$ （可调），延时时间应在 $0\text{ s} \sim 60\text{ s}$ （可调），瞬时保护设置范围为 $10I_{10} \sim 30I_{10}$ （可调），且瞬时保护值应大于延时保护值。

进入保护后 2 min （可调）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，而应能通过人工重启正常输出功能。

5.4.8 抗过压防护

对 BMS 输入端施加 2 倍的额定电压时，BMS 应不损坏且进入切断保护状态。

5.4.9 防反接保护功能

当外接电源的正极性与 BMS 的正负极性接反时，BMS 应不损坏且进入切断保护状态。

5.4.10 失效保护

当电池单体电压低至 2 V 或者单体间压差大于 1 V 时，BMS 不应启动均衡工作，也不应允许放电，且应触发 BMS 发出电池异常告警信息。

5.4.11 温度保护

BMS 自身应具有过温保护功能，当检测到 BMS 温度过高时 BMS 应自我保护并告警。

BMS 检测到电芯温度达到保护设定值时，BMS 应切断电路并告警；当温度达到恢复设定值时，电池组应自动恢复工作。

表 3 BMS 告警、保护功能状态、设置范围汇总表

序号	检测项目		功能默认	设置范围
1	正常充电电压		-	$3.40\text{ V} \sim 3.65\text{ V}$
2	充电总电压高保护及恢复功能	告警值	开启	$1.10nU_0 \sim 1.25nU_0$
		保护值		$1.10nU_0 \sim 1.25nU_0$
		恢复值		$1.10nU_0 \sim 1.15nU_0$
3	放电总电压低告警功能	告警值	开启	$0.70nU_0 \sim 0.95nU_0$
		保护值		$0.70nU_0 \sim 0.95nU_0$
		恢复值		$0.75nU_0 \sim 0.97nU_0$
4	单体电池电压低保护及恢复功能	告警值	开启	$2.00\text{ V} \sim 3.20\text{ V}$
		保护值		$2.00\text{ V} \sim 3.20\text{ V}$
		恢复值		$2.50\text{ V} \sim 3.20\text{ V}$
5	单体电池电压高保护及恢复功能	告警值	开启	$3.50\text{ V} \sim 4.50\text{ V}$
		保护值		$3.50\text{ V} \sim 4.50\text{ V}$
		恢复值		$3.00\text{ V} \sim 3.90\text{ V}$
6	充电过温保护及恢复功能	告警值	开启	$35\text{ }^\circ\text{C} \sim 75\text{ }^\circ\text{C}$
		保护值		$35\text{ }^\circ\text{C} \sim 75\text{ }^\circ\text{C}$
		恢复值		$30\text{ }^\circ\text{C} \sim 65\text{ }^\circ\text{C}$
7	放电过温保护及恢复功能	告警值	开启	$40\text{ }^\circ\text{C} \sim 80\text{ }^\circ\text{C}$
		保护值		$40\text{ }^\circ\text{C} \sim 80\text{ }^\circ\text{C}$
		恢复值		$35\text{ }^\circ\text{C} \sim 65\text{ }^\circ\text{C}$
8	充电低温保护及恢复功能	告警值	开启	$-25\text{ }^\circ\text{C} \sim -10\text{ }^\circ\text{C}$
		保护值		$-25\text{ }^\circ\text{C} \sim -10\text{ }^\circ\text{C}$
		恢复值		$-20\text{ }^\circ\text{C} \sim -10\text{ }^\circ\text{C}$
9	放电低温保护及恢复功能	告警值	开启	$-35\text{ }^\circ\text{C} \sim -10\text{ }^\circ\text{C}$
		保护值		$-35\text{ }^\circ\text{C} \sim -10\text{ }^\circ\text{C}$
		恢复值		$-25\text{ }^\circ\text{C} \sim -10\text{ }^\circ\text{C}$

序号	检测项目	功能默认	设置范围
10	过流保护及恢复功能	告警值	$1I_{10} \sim 30I_{10}$
		保护值	$1I_{10} \sim 30I_{10}$
		恢复值	$0 \sim 20I_{10}$
注 1: 正常充电电压指单体平均电压; 注 2: 温度保护点和恢复点也可由生产厂家或用户设置			

5.5 BMS 运行评估与维护

5.5.1 电池组运行容量分级评估

BMS 应具备实时 SOC 估算功能并对各级工况进行预警及处理, 更新频率不低于 1Hz, 全工况范围 (0-100%SOC) 估算误差限值: 单体电池: $\leq 3\%$ (动态平台期外), $\leq 5\%$ (动态平台期内), 电池组: $\leq 5\%$ 。分级评估标准如下:

表 4 电池组运行容量分级评估标准表

分级	容量状态	电压判据 (单体/电池组)	BMS 响应措施
过充区	$\geq 100\%$ SOC	单体电压 \geq 充电截止电压 (如 3.65 V/Cell); 组端总电压 $\geq 1.25 nU_0$	立即切断充电回路, 触发三级报警
高容量区	95%~100% SOC	单体电压 3.55~3.65 V; 组端总电压 $1.18 nU_0 \sim 1.25 nU_0$	进入恒压/限流充电; 触发二级预警
正常工作区	20%~95% SOC	单体电压 2.8~3.55 V; 组端总电压 $0.88 nU_0 \sim 1.18 nU_0$	正常充放电, 均衡管理
低容量区	5%~20% SOC	单体电压 2.55~2.80 V; 组端总电压 $0.80 nU_0 \sim 0.88 nU_0$	限制放电功率, 触发一级预警
过放区	$\leq 5\%$ SOC	单体电压 ≤ 2.55 V; 组端总电压 $\leq 0.80 nU_0$	强制切断负载, 进入保护模式

注: n 为串联单体数量, U_0 为单体额定电压 (磷酸铁锂 $U_0=3.2$ V); 预警分级 (一级/二级/三级) 对应提示 \rightarrow 限制 \rightarrow 保护停机 三个等级。

5.5.2 电池组热失控分级评估

电池组热失控预警功能和逻辑应符合 T/CEPPC 25 - 2024 的评价要求。

BMS 应具备实时温度估算功能并对电池组与单体各级工况进行预警及处理, 更新频率不低于 1Hz。分级评估标准如下:

表 5 电池组热失控分级评估标准表

分级	温度/风险状态	判断标准	BMS 响应措施
低温保护	$\leq -20^\circ\text{C}$	内阻激增, 充电效率 $< 50\%$	禁止充电, 启动加热系统
正常	$-20^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$	温升速率 $\leq 1^\circ\text{C}/\text{min}$	常规监控
高温保护	$45^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$	温升速率 $1 \sim 5^\circ\text{C}/\text{min}$	降载运行, 强制风冷
热失控预警	$60^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ 且温升速率 $\geq 5^\circ\text{C}/\text{min}$	电压突降 $\geq 25\%$ + 气体析出	启动消防系统, 隔离故障单元
热失控	$\geq 80^\circ\text{C}$ 且伴随喷烟/明火	温升速率 $\geq 1^\circ\text{C}/\text{s}$	执行毫秒级熔断, 上报紧急停机

5.5.3 电池组寿命分级评估

BMS 应具备实时 SOH 估算功能并对电池组寿命情况进行预警及处理, 更新频率不低于 1Hz。分级评估标准如下:

表 6 电池组寿命分级评估标准表

分级	健康度	判断标准	BMS 管理策略
全新	≥95% SOH	容量衰减≤2%/年, 内阻增长≤5%	优化充放电曲线, 延长寿命
正常	80%~95% SOH	容量衰减 2%~5%/年, 内阻增长 5%~15%	限制快充倍率, 加强均衡
低容量	60%~80% SOH	容量衰减≥5%/年, 内阻增长≥15%	降额使用 (如限制 SOC 范围至 30%~80%)
维修更换	≤60% SOH	循环寿命达上限 电池 ≤3500 次	锁定系统, 提示维护

5.6 监控通信接口与电磁兼容性

5.6.1 通信接口

BMS 外部通信接口协议采用 YD/T 1363.3-2023 中的蓄电池检测装置通信协议, 对外通信接口类型至少有 RS232、RS485 或以太网口类型中的一种。

5.6.2 监控内容

电池组应具有以下实时监控功能。

- 遥测: 电池组电压、电池组容量 (SOC)、单体电压/电池组充电/放电电流、循环次数 (推荐计算方法: 放电容量每累积至额定容量 80% 为 1 次循环); 环境温度/电池组温度、电池组内阻 (可选)、单体内阻 (可选) 等、历史数据查询、故障日志查询等。
- 遥信: 电池组的充电/放电状态、电池组充电过压/过流告警、电池组放电欠压/过流告警、单体充电过压告警 (可选)、单体放电欠压告警 (可选)、电池组极性反接告警、环境/电池组/PCBA 板 (可选)、环境低温告警、电池组容量过低告警、电池组温度/电压/电流传感器失效告警、单体失效告警、电池组失效告警等。
- 遥控: 告警声音开/关、智能间歇充电方式、限流充电方式、充电开启/关闭、放电开始/停止等。
- 遥调: BMS 各种检测项目的功能状态及参数设置范围包括但不限于表 3。

5.6.3 静电放电抗扰性

BMS 应满足 GB/T 17626.2 - 2018 等级 4 的要求: 试验后, 其外观应无明显损坏、变形, 并能正常工作。

5.6.4 浪涌 (冲击) 抗扰性

BMS 通讯端口线对线应满足 GB/T 17626.5 - 2019 等 2 的要求, 线对地应满足 GB/T 17626.5 - 2019 等级 2 的要求: 试验后, 其外观应无明显损坏、变形, 并能正常工作。

5.6.5 直流电源输入端口纹波抗扰度

BMS 应满足 GB/T 17626.17 - 2005 等级 2 的要求: 试验后, 其外观应无明显损坏、变形, 并能正常工作。

5.7 BMS 预测性维护与评估要求

5.7.1 BMS 硬件维护要求

- 采样端子无松动/腐蚀, 接线电阻 $\leq 5\text{m}\Omega$;
- 电流采样电阻温升 $\leq 20^\circ\text{C}$ (环境 25°C);
- 温度探头贴合良好, 同模块内探头静态温差 $\leq 1^\circ\text{C}$ (间距 $\leq 10\text{cm}$);
- 主控板指示灯正常 (电源常亮、均衡仪工作时闪烁、故障灯灭);
- 均衡单元无异常噪音, 温升 $\leq 30^\circ\text{C}$;
- 巡检周期: 日常 (每日 1 次, 远程查状态码)、定期 (每月 1 次, 现场实测记录)。

5.7.2 BMS 软件预测性维护要求

5.7.2.1 总体架构要求

- a) 应构建“数据采集 → 状态估计 → 预测模型 (SOC/SOH/温度/RUL/故障概率) → 告警与维护建议”闭环体系;
- b) 应支持 SOC/SOH/温度预测、RUL 预测 (循环数/时间/能量)、异常/故障预警 (内阻突增、温度异常、电压漂移等);
- c) 应支持物理模型、数据驱动模型及其混合模型的并行运行。

5.7.2.2 数据集要求

- a) 数据集应包括现场运行、实验室老化及注入/仿真数据, 覆盖完整退化过程与典型工况;
- b) 训练/验证/测试集应按设备级划分, 避免同组数据泄漏, 测试集中应含未见设备样本;
- c) 每类典型故障应保留 ≥ 10 个独立样本, 故障稀缺时可补充仿真/注入数据并注明来源;
- d) 数据集应包含元数据 (采样条件、故障标记等), 并经质量检查与版本归档。

5.7.2.3 算法评估指标

- a) 对于回归类任务, 采用平均绝对误差 (MAE)、均方根误差 (RMSE) 和平均绝对百分比误差 (MAPE) 等指标来衡量算法的预测精度;
- b) 对于异常检测与分类任务, 使用精确率 (Precision)、召回率 (Recall)、F1 分数以及误报率 (FPR) 等指标来评估检测的准确性与误报情况;
- c) 统计平均提前告警时间, 以衡量告警的及时性;

5.7.2.4 算法性能阈值

BMS 算法性能评估应符合 GB/T 43555-2023 的评价要求。

- a) 回归类指标: SOC 估算: 优级算法的误差应 $\leq 3\%$ (动态平台期外)、误差应 $\leq 5\%$ (动态平台期内); 合格算法的误差应 $\leq 5\%$ (动态平台期外)、误差应 $\leq 8\%$ (动态平台期内); SOH/RUL 预测: 优级算法的误差应 $\leq 5\%$; 合格算法的误差应 $\leq 8\%$;
- b) 异常检测指标: 召回率应 $\geq 90\%$, 误报率应 $\leq 5\%$;
- c) 提前告警时间: 储能场景平均提前告警时间应 $\geq 48\text{h}$;
- d) 在线性能: 模型可用率应 $\geq 99\%$, 推理延迟 P95 应 $< 100\text{ms}$ 。

5.7.2.5 模型更新与处置策略

- a) 支持定期 (季度/半年) 与事件驱动更新;
- b) 更新流程遵循“开发-验证-灰度-全量”;
- c) 支持异常回退至前版本;
- d) 所有模型需编号并记录数据集版本与适用场景。

5.7.2.6 预测性维护策略与处置要求

- a) 包含阈值型 (兜底保护) 与模型驱动 (趋势预警) 两类策略, 并行运行;
- b) 结果冲突时优先执行阈值保护, 同时上报冲突信息;
- c) 处置建议分为轻度退化 (缩短巡检/优化策略)、中度退化 (更换模组/热管理调整)、严重退化 (停机保护或切换备用电源)。

5.7.2.7 安全与容错要求

- a) 模型预测功能不得降低系统安全, 异常时自动回退至阈值保护;
- b) 预测结果需附置信度/健康等级, 不得作为唯一依据;
- c) 通信中断时应保证本地预测与存储功能;
- d) 推理超时/错误时, 应 $\leq 500\text{ms}$ 内触发容错并记录日志。

6 试验方法

6.1 试验环境条件

除特殊说明，各项试验应在以下条件下进行：

温度：25 °C ± 2 °C

相对湿度：45% ~ 85%

大气压力：70 kPa ~ 106 kPa

6.2 测量仪表要求

测量仪表的要求如表 7 所示

表 7 测量仪表要求

项目	要求
电压表	精度应不低于 0.5 级，内阻应不小于 10 kΩ/V
电流表	精度应不低于 0.5 级
测量时间的仪表	精度应不低于 ± 0.1%
恒流源	电流连续可调，在充电或放电过程中，其电流变化应在 ± 1% 范围内
恒压源	电压连续可调，其电压变化应在 ± 0.5% 范围内
点温计或者温度计	精度应不低于 ± 1 °C
电池充放电测试仪	电压电流连续可调，电压输出和检测精度不低于 ± 5%，电流输出和检测精度不低于 ± 0.1%

6.3 基本项目

6.3.1 外观检查

目测电池组的表面、端子、接口和标志标识等，并打开 BMS 所在的机箱外壳，目测检查 BMS 元件。线缆及电路板，检查结果应符合 5.1.3 要求。

6.3.2 管理单体数

打开 BMS 所在机箱，目测检查 BMS 所能管理单体电池数量，检查确认 BMS 管理单体数量符合 5.1.4 要求。

6.3.3 管理电压

使用可调输出电压的模拟电池组电源（模拟 15~260 节磷酸铁锂单体串联的总电压），调节电源输出从 37 V ~ 949 V，检查确认 BMS 的管理电压范围符合 5.1.5 的要求。

6.3.4 工作电源

在有外接电源、无电池串联回路和有电池串联回路、无外接电源二种工况下，分别对 BMS 进行通电测试，检查确认 BMS 工作电源符合 5.1.5 的要求。

6.3.5 休眠功能

按 5.1.7 要求进行电池组正负极、通信接口与外界断开操作，检查确认 BMS 能按 5.1.7 要求自动休眠；再进行进入在线状态（充电、放电或通信状态）操作，检查确认 BMS 能按 5.1.1 要求自动激活；有手动休眠功能的，进行手动休眠与激活操作，检查确认 BMS 能按 5.1.7 要求实现手动休眠与激活。

6.4 BMS 管理功能

6.4.1 信息采集管理要求

BMS 的信息集管理功能检查包括：

a) 检查确认每个 BMS 独立管理一组电池单体电芯；

b) 检查确认 BMS 应具有每一节电池单体的电压检测、每个单体组合单元的表面温度检测和电池组总电压、充/放电电流、环境温度检测；

c) 检查确认 BMS 能准确记录保护与告警的各种信息，能准确记录单体电压、总电压、充/放电容量、充/放电电流、温度等信息；

d) 检查确认 BMS 的单体电压、总电压、充电电流、放电电流测量范围符合 5.3.1 规定的要求；

e) 检查确认 BMS 的采用时间间隔、对外通信接口、保护与告警记录存储功能符合 5.2.1 要求。

6.4.2 信息测量显示精度

检查确认 BMS 的单体电压、总电压、电流及电池组工作环境温度、容量、告警信息等各种参数值的显示精度应符合表 2 的要求。

6.5 电气性能

6.5.1 BMS 限流充电功能

用假负载对电池组放电至进入截止状态，然后以开关电源正常输出电压对电池组充电（260 个电池单体组成的电池组宜采用 928 V），测试电池组的充电电流，应符合 5.4.1 要求。

6.5.2 BMS 单体均衡

在环境温度（ $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）时，以 $1I_{10}$ 电流将单体额定容量相同的电池组充电至充电停止，再以 $2I_{10}$ 电流放电至 50% 荷电状态，选择不连续排列的单体 16 个，以 $2I_{10}$ 放电电流放电单体最大压差 50 mV 以上或放出额定容量 5%（不小 1 Ah），然后以开关电源正常输出电压对电池组充电 30 h，继续静置 1h，测试所有单体电池电压，单体电池间最大压差应符合 5.4.2 规定的要求：对电池组以 $1I_{10}$ 电流放电，放出容量应符合 5.4.2 要求。

6.5.3 BMS 放电能力

对 BMS 按 $10I_{10}$ 电流进行持续放电试验，BMS 电路板应能正常工作且最大温升符合 5.4.3 要求。

6.5.4 电池组荷电状态（SOC）计算

在充电过程和放电过程中，通过外接电池容量测试仪测量电池充电和放电容量，检查核对 BMS 的电池组荷电状态（SOC）显示值在 30%~90%，其准确度应符合 5.3.2 要求。

6.5.5 BMS 基本功耗

分别使 BMS 处于在线非充放电状态、自动休眠状态、手动休眠状态，并测试每个状态 BMS 功耗均应符合表 1 相应要求。

6.6 保护与告警功能

6.6.1 过充电保护

对电池组进行充电，并使其进入过充电状态，检查 BMS 的保护反应，试验结果应满足 5.4.4 要求。对电池组放电，使其电压降到恢复门限，检查 BMS 的恢复反应，试验结果应满足 5.4.4 要求。

6.6.2 过放电保护

在开放环境下对电池组进行放电，使其进入放电截止状态，检查 BMS 的保护反应，试验结果满足 5.4.5 要求。接外接电源对电池组进行充电，使其电压升高到恢复门限，检查 BMS 的恢复反应，试验结果应满足 5.4.5 要求。

6.6.3 输出短路保护

将 BMS 输出端正负极之间用电阻值不超过 0.1Ω 的导线短接起来，检查 BMS 的保护反应，试验结果应满足 5.4.6 要求。断开短接导线后，BMS 应能手动或自动恢复工作。

6.6.4 输出过流保护

按用户规定的过流保护要求进行 BMS 过流测试，检查 BMS 的保护反应，试验结果应满足 5.4.7 要求。进入保护后 2 min（可调）后，BMS 应自动重启正常输出功能，连续 3 次过流保护动作后，BMS 不再自动重启正常输出功能，而应能通过人工重启正常输出功能。

6.6.5 抗过压能力

将 BMS 的外接电源电压升高至电池组额定电压的 2 倍，检查确认 BMS 的保护反应，试验结果应符合 5.4.8 的要求。

6.6.6 防反接保护功能

将二组相同的电池组正负极反接连接，发生直接短路，检查 BMS 的保护反应，试验结果应符合 5.4.9 要求。

6.6.7 失效保护

用 BMS 测试仪模拟将某单体电压调低至 2V 或者单体间压差大于 1V 时，检查 BMS 是否自动启动均衡功能、是否发出电池异常的告警信息，检查结果应符合 5.4.10 要求。

6.6.8 温度保护

6.6.8.1 BMS 自身温度保护

对 BMS 电路板加热至过温保护门限（表 3 设定值），BMS 应切断自身供电并告警，温度降至恢复门限后自动恢复，试验结果符合 5.4.11“BMS 过温保护”要求。

6.6.8.2 电芯温度保护

对电芯温度传感器加热/降温至表 3 设定值，BMS 应切断电池组充放电回路并告警，温度降至恢复门限后自动恢复，试验结果符合 5.4.11“电芯温度保护”要求。

6.7 监控通讯接口

6.7.1 接口协议

检查 BMS 外部通信协议，确认其符合 YD/T 1363.3 - 2023 中的蓄电池检测装置通信协议要求。

6.7.2 监控内容

监控内容的检查包括：

- a) 检查 BMS 的遥测、遥信、遥控、遥调等实时监控功能，确认其均符合 5.6.2 要求；
- b) 检查核对 BMS 监控功能的告警、保护功能状态及参数设置，确认其符合表 3 要求。

6.8 电磁兼容性

6.8.1 静电放电抗扰性

BMS 按 GB/T 17626.2 - 2018 等级 4 规定的试验方法进行试验，试验结果应符合 5.6.3 的要求。

6.8.2 浪涌（冲击）抗扰性

BMS 按 GB/T 17626.5 - 2019 等级 2 规定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 规定试验方法对通信端口线对地进行测试，试验结果均应符合 5.6.4 的要求。

6.8.3 直流电源输入端口纹波抗扰度

BMS 按 GB/T 17626.17 - 2005 等级 2 规定试验方法进行试验，试验结果应符合 5.6.5 的要求。

6.9 环境试验

6.9.1 高温储存

将 BMS 放入 $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温箱后保持 48h，试验后，恢复到室温，BMS 应能正常工作且无异常告警。

6.9.2 低温储存

试验方法按 GB/T 2423.1 - 2001 中“试验 Ab”的规定执行，将 BMS 放入从室温开始的低温箱中，达到 $-40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 后保持 16h，试验后，恢复到室温，BMS 应能正常工作且无异常告警。

6.9.3 高温工作

试验方法按 GB/T 2423.2 - 2001 中“试验 Bd”的规定执行，将 BMS 放入从室温开始的高温箱中，使其处于工作状态，达到 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 后保持 2h，试验后，恢复到室温，BMS 应能正常工作且无异常告警。

6.9.4 低温工作

试验方法按 GB/T 2423.1 - 2001 中“试验 Ad”的规定执行，将 BMS 放入从室温开始的低温箱中。使其处于工作状态，达到 $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 后保持 2h，试验后，恢复到室温，BMS 应能正常工作且无异常告警。

6.9.5 恒定湿热

将 BMS 放入 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 90%~95% 的恒温恒湿箱中静置 12h 后，再将其取出放在环境温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的条件下静置 2h，试验后，BMS 应能正常工作且无异常告警。

6.9.6 振动

将 BMS 从 10 Hz ~ 55 Hz、以位移幅值（单振幅）0.50 mm、沿 X、Y、Z 三个方向的扫频循环振动各 30 次，试验后，静置 30 min，BMS 应能正常工作且无异常告警。

6.10 BMS 预测性维护检测方法

6.10.1 BMS 硬件维护检测方法

a) 采样端子检测

通过现场巡检和万用表/微欧计测试，检查采样端子是否存在松动或腐蚀，实测接线电阻应 $\leq 5 \text{ m}\Omega$ 。检测结果应符合 5.7.1 的要求。

b) 电流采样电阻检测

在 25°C 环境下，以额定电流运行，使用热电偶或红外测温仪测量电流采样电阻温升，应 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 。检测结果应符合 5.7.1 的要求。

c) 温度探头检测

检查温度探头是否紧密贴合电芯/模块表面，选取同模块间距 $\leq 10 \text{ cm}$ 的两个探头，在静置状态下测量温差，应 $\leq 1^{\circ}\text{C}$ 。检测结果应符合 5.7.1 的要求。

d) 主控板指示灯检测

通电运行，观察主控板指示灯状态：电源灯应常亮、均衡灯仅在均衡工作时闪烁、故障灯应熄灭。检测结果应符合 5.7.1 的要求。

e) 均衡单元检测

在均衡功能运行过程中，检查是否存在异常噪音，使用测温仪记录均衡单元温升，应 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ ，且应符合 5.4.3 的规定。检测结果应符合 5.7.1 的要求。

f) 巡检周期检测

检查巡检记录与日志：日常巡检应每日执行 1 次（含远程状态码检查），定期巡检应每月执行 1 次（含现场实测记录）。检测结果应符合 5.7.1 的要求。

6.10.2 软件预测性维护功能

6.10.2.1 总体架构检测

通过查阅系统架构文档与运行日志，验证系统是否构建了“数据采集 → 状态估计 → 预测模型（SOC/SOH/RUL/故障概率）→ 告警与维护建议”的闭环体系；通过实际运行测试，确认其具备 SOC、SOH、温度趋势预测、RUL 预测及异常/故障预警功能；检查模型配置文件或运行记录，确认支持混合模型与数据驱动模型并行运行。检测结果应符合 5.7.2.1 的要求。

6.10.2.2 数据集检测

通过查阅数据集说明文件和版本记录，确认数据集包含现场运行、实验室老化及仿真/注入数据；检查训练/验证/测试集划分方式，确认设备级独立，且测试集中包含未见设备；抽样统计数据，验证各类故障样本数量是否满足规定（ ≥ 10 个），不足时需注明仿真/注入来源；检查元数据（采样条件、故障标记等）记录和质量检查报告。检测结果应符合 5.7.2.2 的要求。

6.10.2.3 预测算法指标检测

对 SOC、SOH、RUL 等预测结果进行离线回归测试，计算 MAE、RMSE、MAPE；对异常检测与分类结果计算 Precision、Recall、F1 和 FPR；统计提前告警时间（Lead Time），验证其是否合理。检测结果应符合 5.7.2.3 的要求。

6.10.2.4 性能阈值检测

在标准工况和典型运行场景下运行模型：

验证 SOC/ SOH/ RUL 预测误差是否满足优级或合格阈值；验证异常检测 Recall 是否 ≥ 0.90 ，FPR 是否 ≤ 0.05 ；检查平均提前告警时间是否 ≥ 48 h；通过压力测试验证模型可用率是否 $\geq 99\%$ ，推理延迟 P95 是否 < 100 ms。检测结果应符合 5.7.2.4 的要求。

6.10.2.5 模型更新与管理检测

查阅模型版本管理与更新记录，验证是否支持定期与事件驱动更新；抽查更新日志，确认流程符合“开发—验证—灰度—全量”；通过模拟错误更新，验证是否能自动回退到前版本；检查模型编号、数据集版本和适用场景记录是否完整。检测结果应符合 5.7.2.5 的要求。

6.10.2.6 策略与处置检测

通过模拟轻度、中度、严重退化场景，验证系统是否能输出对应的维护建议；在策略冲突场景下，检查是否优先执行阈值保护并上报冲突；确认系统支持阈值型与模型驱动型预测并行运行。检测结果应符合 5.7.2.6 的要求。

6.10.2.7 安全与容错检测

通过断开通信、注入异常、推理超时等测试，验证系统是否能自动回退至阈值保护；检查预测结果是否附带置信度或健康等级；确认通信中断时仍能保持本地预测与数据存储；检查推理错误是否能在 ≤ 500 ms 内触发容错并生成日志。检测结果应符合 5.7.2.7 的要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

出厂检验应按表 8 规定的项目进行

当所有检验项目满足要求时为合格；若任何一个检验项目不符合要求，应暂停检验，对不合格项目进行分析，找出不合格原因并采取纠正措施后，可继续进行检验；重新检验合格，判合格；重新检验仍有项目不符合要求，判不合格。

7.3 鉴定检验（型式检验）

鉴定检验按周期进行，一般 1 年进行一次。具有下列情况之一的均需做鉴定检验：

- a) 产品停产一个周期以上又恢复生产；
- b) 转厂生产再试制定型；
- c) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变；
- d) 产品投产前鉴定或质量监督机构提出。

鉴定检验的试验项目及判定见表 8。鉴定检验的样品应在质量一致性检验合格的产品中随机抽取，其数量为 22 只；按 GB/T 2829 - 2002 中表 2 判别水平 II 的一次抽样方案，产品质量以不合格数表示，产品的不合格类型分为 B 类和 C 类，不合格质量水平（RQL）见表 9。

表 8 BMS 检验项目及判定

序号	检验项目	不合格类型		出厂检验		型式检验	要求	试验方法
		B类	C类	抽检	全检			
1	外观检查		○	√	√	√	5.1.3	6.3.1
2	管理单体数	○				√	5.1.4	6.3.2
3	管理电压范围	○				√	5.1.5	6.3.3
4	工作电源	○				√	5.1.6	6.3.4
5	休眠功能	○		√		√	5.1.7	6.3.5
6	信息采集管理要求	○				√	5.2.1	6.4.1
7	信息测量显示精度		○	√		√	5.2.2	6.4.2
8	BMS 限流充电功能	○		√	√	√	5.4.1	6.5.1
9	BMS 单体均衡	○				√	5.4.2	6.5.2
10	BMS 温升要求	○				√	5.4.3	6.5.3
11	电池组荷电状态 (SOC) 计算			√		√	5.3.3	6.5.4
12	过充电保护	○		√		√	5.4.4	6.6.1
13	过放电保护	○				√	5.4.5	6.6.2
14	输出短路保护	○				√	5.4.6	6.6.3
15	输出过流保护	○				√	5.4.7	6.6.4
16	抗过压能力	○				√	5.4.8	6.6.5
17	防反接保护功能	○				√	5.4.9	6.6.6
18	失效保护	○				√	5.4.10	6.6.7
19	温度保护	○				√	5.4.11	6.6.8
20	通讯接口	○		√		√	5.6.1	6.7.1
21	监控内容	○		√		√	5.6.2	6.7.2
22	静电放电抗扰性	○				√	5.6.3	6.8.1
23	浪涌 (冲击) 抗扰性	○				√	5.6.4	6.8.2
24	直流电源输入端口纹波抗扰度	○				√	5.6.5	6.8.3
25	环境试验	○				√	5.1	6.9.1~6.9.6
26	BMS 硬件维护	○				√	5.7.1	6.10.1
27	BMS 软件维护	○				√	5.7.2	6.10.2

表 9 产品不合格质量水平 RQL

不合格类型	B类	C类
RQL 及抽样方案	100 (22; 0, 1)	100 (22; 2, 3)

8 标志、包装、运输、储存、安装

8.1 标志与包装

每个 BMS 产品上应有以下中文标志：产品型号、标称电压、额定容量、制造日期或批号、制造名、商标和警示说明。BMS 包装盒或使用说明书中应有执行标准编号、厂址、邮编和联系电话等信息。每个 BMS 产品都应有外包装，且应附有产品使用说明书、合格证、装单等。包装好的产品应放在干燥、防尘、防潮的包装箱内。

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，应有“小心轻放”“怕湿”“向上”“怕火”等必要标志，其包装储运图示标志应符合 GB/T 191 - 2008 的要求。

8.2 运输与储存

BMS 应包装成箱进行运输，在运输过程中应防止剧烈振动、冲击或挤压，防止日晒雨淋，可使用汽车、火车、轮船、飞机等交通工具进行运输。

BMS 通常应储存在环境温度为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于 75%的清洁、干燥、通风的室内，应避免与腐蚀性物质接触，应远离火源及热源。

8.3 安装与验收

8.3.1 安装

BMS 安装环境要求通风良好，温度宜在 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内，湿度宜在 5%~95% RH。

(1) 室内安装：

1. BMS 及电池柜在室内安装的设施屋顶、楼板施工完毕，无渗漏。室内地面基层应施工完毕，并应在墙上标出抹面标高；室内沟道无积水、杂物。此外应具有相应的防尘设计，且接地可靠。

2. 设备基础及支架应达到允许安装的强度和刚度，焊接构件的质量符合要求。室内电缆桥、支架安装完毕，接地可靠。可能损坏安装设备的装饰工作应在设备安装前全部结束。清理对安装有妨碍的物品，场地应清扫干净。

3. 电路连接前应确认电池组正负极。电路接线应牢固，导电良好。电缆与端子的连接应有适当的加固措施，避免因受力或震动而脱落，并留有适当的余度。线缆穿孔连接应进行防腐封堵。

4. 电池管理系统线路连接完成后应进行校线，确保连接正确。BMS 及电池组的布置应有利于通风和散热，满足防火、防爆的要求。

(2) 户外部署

1. BMS 及电池柜在户外屋外布置时，其防污、防盐雾、防风沙、防湿热、防水、防严寒等性能应与当地环境条件相适应。

2. 屋外布置的 BMS 及储能单元相关设备外壳防护等级宜不低于现行国家标准《外壳防护等级（IP 代码）》GB4208 规定的 IP54。

3. 设备间距需应满足设备运输、检修的需求，电池短边间距不宜小于 3m。

4. 储能单元内设备布置应综合考虑线缆损耗、设备散热、运维操作空间、占地面积等因素。

5. 电池组堆叠不宜超过两层，下部承重结构应根据上部自重和整体结构安全确定。

8.3.2 验收

1. BMS 及配套电池柜在现场安装完成后及时进行安装验收，验收宜由业主（或业主授权人员）组织，设计、安装、调试及供货单位共同参加。

2. 安装过程应实时做好质量检测，填写工作报表，随系统组装过程进行必要的检测，加强组装过程监控工作，质量抽检及最终附件验收工作。

3. 安装验收时，应核实设备及系统部件安装牢固、符合安装要求，安装位置符合设计图要求、核实检测记录、产品合格证、现场实物检查记录等文本资料完整。

4. 最终附件验收一般包括资料和现场实物检查记录。

5. 安装验收资料应包括质量检测记录、制造厂提供的产品合格证、试验证明及安装图纸等技术文件。

6. 现场实物检查记录应包括部件安装位置检查、外观检查记录等。

7. 设备布置应遵循安全、可靠、适用的原则，便于搬运、安装、调试、操作和检修。

附录 A

(资料性附录)
数据储存格式

数据储存格式见表 A. 1

表 A. 1 储存格式

序号	时间(年/月/日/时/分)	模式	电流(A)	总电压(V)	容量	告警类型	环境温度(°C)	最高/低单体电压	最高/低单体温度	单体电池温度 1	...	单体电池温度 65	单体电压 1	...	单体电压 260
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															