

团体标准

T/JSREA 4005—2026

电化学储能电站电池热失控预警与处置规范

Specification for thermal runaway warning and disposal of the battery in energy storage power stations

2026 - 01 - 04 发布

2026 - 02 - 04 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 风险评估	1
5 预警指标	2
6 处置措施与应急预案	4
7 运行维护与管理	6
8 监督检查与改进	7
参考文献	9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省可再生能源行业协会提出并归口。

本文件起草单位：华能淮阴第二发电有限公司、华能陇东能源有限责任公司、宁夏百川电力股份有限公司、江苏省可再生能源行业协会、中科南京未来能源系统研究院、中电（中国）华东区、浙江水利水电学院、苏州工业园区北部燃机热电有限公司、南京冠隆电力科技有限公司、国家电投集团能源科学技术研究院、中电建（南京）工程有限公司、南京工业职业技术大学、中国船级社质量认证有限公司、中认南信（江苏）检测技术有限公司、中况检测技术（上海）有限公司。

本文件主要起草人：姜绪良、许文峰、包德平、芮小虎、韦凤艳、严智勇、袁士杰、夏新成、周敏、冯绍斌、王杰、王震、陈杰、殷欣茹、陈国磊、郑建宝、杨华、郑浦东、余利燕、李友迪、杭楠、王学祥、李云昊、邵雪飞、张怡、孙邦伍、张海波、孔祥友、武恒、丁先、赵乾乾、杨树梓、郑明瑞、罗乔、吴磊、王研艳、纪宁毅、尹杰、夏春雷、朱颖、杨玉鹏、雍菁菁、任一帆、武子含、齐振东、谢树林、曹剑斌、常永攀。

电化学储能电站电池热失控预警与处置规范

1 范围

本文件规定了电化学储能电站全生命周期内电池热失控的风险评估、预警指标、处置措施与应急预案、运行维护与管理与监督检查与改进。

本文件适用于采用锂离子电池、铅酸电池、液流电池电化学储能技术的电站。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 29639 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则

GB/T 36276 电力储能用锂离子电池

GB/T 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求

3 术语和定义

DL/T 2528界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电池热失控 thermal runaway of the battery

电化学电池在热滥用、电滥用或机械滥用等触发条件下，内部发生不可控链式放热反应，导致温度急剧升高，伴随电压崩塌、气体释放、电芯膨胀鼓包，最终引发冒烟、起火、爆炸的现象。

3.2

预警系统 early warning system

用于实时监测电池状态参数（温度、电压、电流、气体浓度等），通过数据采集、分析及智能算法，在热失控发生前分级发出预警信号的系统，由传感器、数据采集传输单元、数据分析软件及预警发布装置组成，并具备系统自诊断与故障报警功能。

3.3

热失控链式反应 thermal runaway chain reaction

指锂离子电池发生热失控后，通过热传导、热辐射等方式蔓延至相邻电池或电池簇，形成系统性热失控的现象。

3.4

预警等级 warning level

指依据锂离子电池热失控相关监测指标（如温度、电压、电流、气体、压力、内阻等）的异常程度，划分的风险预警层级，用于明确不同风险状态下的响应处置优先级。

3.5

BMS 联动 BMS linkage

指电池管理系统（Battery Management System，简称 BMS）通过实时监测电池状态参数，当监测数据达到预设预警阈值或故障阈值时，自动触发的与储能电站其他系统（如储能变流器PCS、汇流柜、消防系统、冷却系统、监控平台）的协同控制动作。

4 风险评估

4.1 电化学储能电站应采用参数监测—趋势分析—风险分级相结合的方式，对电池系统的热失控风险进行定量评估。评估应以运行数据为基础，结合设备结构、运行环境及控制逻辑，形成动态、可追溯的风险识别体系。

4.2 风险评估应以单体、模组、电池簇及系统层级为对象，识别下列主要风险因素：

- a) 温度异常（散热不足、自热反应或环境影响）；
- b) 电压异常（过充、短路或均衡失效）；
- c) 电流异常（过流、极化、短时冲击）；
- d) 内阻异常（老化、极化、隔膜损伤）；
- e) 气体析出（副反应、电解液分解、泄漏）；
- f) 压力变化（腔体积聚、循环阻塞、阀门失效）。

4.3 参数的风险分析应关注下列要点：

- a) 应检查单体及模组温度的均匀性、变化速率和梯度分布。当出现持续升温、局部热点或散热不均时，应结合温升速率与环境温差判断热积聚风险。温度波动与电压变化同步加剧时，应检查散热系统及BMS控制策略的有效性；
- b) 应分析单体间电压偏差及变化趋势，判断是否存在过充、短路或均衡失效等问题。对异常单体，应结合温度与内阻数据，区分电化学劣化与外部接触不良；
- c) 应关注充放电电流的稳定性与瞬态波动特征，尤其在负载切换、策略变更阶段。短时大电流冲击应与电压骤降、温升信号联动分析，以识别短路或极化风险；
- d) 应对比历史基线数据，监测内阻增长率及波动特性。内阻突增伴随温升、压差扩大或气体上升时，应视为热失控早期信号。液流电池应关注膜污染或电极钝化引起的阻抗增加趋势；
- e) 应监测气体浓度变化速率及特征组分（如 H_2 、 CO 、烃类、氯气等）。气体浓度持续上升或出现特征性异常组分时，应结合温度、电压变化综合分析副反应风险。液流电池中检测到氯气等组分时，应立即评估化学泄漏风险；
- f) 应监测舱体、模组或循环系统的压力变化趋势。压力上升应与气体浓度和温度变化同步分析，以识别因气体积聚、管路堵塞或阀门失效导致的风险。液流电池应关注循环泵出口压力异常升高现象。

4.4 趋势性指标分析应采用滑动平均或差分算法计算温升率、电压衰减率、气体增长率等动态指标，识别渐进性风险。趋势性指标应作为风险等级动态修正的依据，纳入预警系统风险判断逻辑。

4.5 风险评估结果：

- a) 一级高风险：当监测参数表明系统存在热失控或链式反应的较高可能性，且温度、电压、压力等指标呈持续恶化趋势时，应判定为一级高风险；
- b) 二级中风险：当系统出现热积聚、异常扩散或早期副反应迹象，温度、电压等关键参数接近上限且波动加剧时，应判定为二级中风险；
- c) 三级低风险：当系统运行基本稳定，监测参数在正常范围内，仅存在轻微波动时，应判定为三级低风险；
- d) 正常范围：系统运行稳定，各项监测参数（温度、电压、电流、内阻、气体、压力等）均处于正常范围内，无明显异常波动或趋势。

4.6 风险评估体系应具备动态更新机制，依据运行数据、事故调查和设备改进结果，对风险权重、阈值及判断逻辑进行校正。

5 预警指标

5.1 应针对每种类型的电池分别建立多参数融合的预警指标。

5.2 锂离子电池的技术指标应符合 GB/T 36276、GB/T 38031 的规定，热失控典型预警参数及阈值见表1。

表1 锂离子电池热失控预警指标

指标类型	正常范围	三级预警（提示性）	二级预警（限制性）	一级预警（紧急性）
温度	0℃-45℃	单体温度 $\geq 45^\circ\text{C}$ 或温升速率 $\geq 0.5^\circ\text{C/s}$	单体温度 $\geq 55^\circ\text{C}$ 或温升速率 $\geq 1^\circ\text{C/s}$	单体温度 $\geq 80^\circ\text{C}$ 或温升速率 $\geq 3^\circ\text{C/s}$

指标类型	正常范围	三级预警（提示性）	二级预警（限制性）	一级预警（紧急性）
电压	单体 2.5 V-3.65 V	电压偏差 $\geq\pm 50$ mV 或缓慢下降	电压骤降 \geq 额定电压的 20%	电压骤降 \geq 额定电压的 50%或接近 0V
电流	0.5C-1C	>1.1 倍额定电流持续 >5 min	>1.2 倍额定电流持续 >5 min	>1.5 倍额定电流或瞬时 >2 倍
内阻	初始 5 m Ω -20 m Ω	较初始值增加 $\geq 10\%$	较初始值增加 $\geq 20\%$	24h 内突增 $\geq 10\%$ 或绝对值 >50 m Ω
气体	正常无明显释放	H ₂ $\geq 0.1\%$ 或 CO ≥ 20 ppm	H ₂ $\geq 0.5\%$ 或 CO ≥ 50 ppm	H ₂ $\geq 1\%$ 或 CO ≥ 150 ppm
压力	电池包内接近 101 kPa	腔体压力 ≥ 110 kPa	腔体压力 ≥ 120 kPa	≥ 150 kPa 或触发安全阀

5.3 铅酸电池的典型预警参数及阈值见表 2。

表2 铅酸电池热失控预警指标

指标类型	正常范围	三级预警（提示性）	二级预警（限制性）	一级预警（紧急性）
温度	-20 $^{\circ}\text{C}$ -45 $^{\circ}\text{C}$	$\geq 45^{\circ}\text{C}$ 或温升速率 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$\geq 50^{\circ}\text{C}$ 或温升速率 $\geq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$\geq 70^{\circ}\text{C}$ 或局部温差 $\geq 15^{\circ}\text{C}$
电压	单体 2.0 V-2.4 V	单体电压 >2.42 V（持续 5 min）	单体电压 >2.45 V（持续 10 min）	单体电压 >2.6 V 或突降 1.8 V
电流	0.2C-0.3C	>1.2 倍额定电流持续 >3 min	>1.5 倍额定电流	>2 倍额定电流或短路电流
内阻	新电池 5 m Ω	较初始值上升 $\geq 20\%$	较初始值上升 $\geq 30\%$	突然升高 $\geq 50\%$ 或绝对值 >10 m Ω
气体	正常充电有少量 H ₂	H ₂ $\geq 0.5\%$ 或酸雾可见	H ₂ $\geq 1\%$	H ₂ $\geq 2\%$ 或伴有刺鼻酸味
压力	电池舱近似常压	≥ 110 kPa	≥ 120 kPa	≥ 150 kPa 或安全阀异响

5.4 液流电池的典型预警参数及阈值见表 3。

表3 液流电池热失控预警指标

指标类型	正常范围	一级预警（提示性）	二级预警（限制性）	三级预警（紧急性）
温度	电解液工作温度 10 $^{\circ}\text{C}$ -40 $^{\circ}\text{C}$	$\geq 40^{\circ}\text{C}$ 或温升速率 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$\geq 45^{\circ}\text{C}$ 或温升速率 $\geq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$\geq 60^{\circ}\text{C}$ 或局部温差 $\geq 10^{\circ}\text{C}$

指标类型	正常范围	一级预警（提示性）	二级预警（限制性）	三级预警（紧急性）
电压	单体堆压差 ±50 mV	偏差≥±60 mV（持续 3min）	偏差≥±80 mV	偏差≥±120 mV 或堆压下降超 10%
电流	额定≤1C	>1.1 倍额定电流持续>3 min	>1.2 倍额定电流	>1.5 倍额定电流或瞬时短路
内阻	正常 0.2 Ω -0.5 Ω（单堆）	增加≥10%	增加≥20%	增加≥40%或突增≥15%
气体	正常状态几乎无析气	H ₂ /Cl ₂ ≥0.1%或微量酸雾	H ₂ /Cl ₂ ≥0.2%	H ₂ /Cl ₂ ≥0.5%或伴有刺鼻气味
压力	循环泵出口 0.1 MPa-0.3 MPa	≥0.35 MPa（持续 2 min）	≥0.4 MPa	≥0.6 MPa 或管道异响

6 处置措施与应急预案

6.1 处置措施

6.1.1 紧急停机

6.1.1.1 当预警系统发出二级及以上热失控预警信号或检测到明火、爆炸等紧急情况时，应立即启动紧急停机程序。

6.1.1.2 自预警系统确认并发出二级及以上预警信号起，至 BMS 发出停机信号的时间应<300 ms；BMS 发出信号至主断路器完全分闸的时间应<200 ms；全过程总时间应<500 ms。

6.1.1.3 自动停机系统应能够通过 BMS 联动储能变流器（PCS）立即切断充放电回路，同时断开电池组总开关，切断直流侧与交流侧连接，保证电池组输出电流迅速降至 0 A。

6.1.1.4 当自动系统失效时，运维人员应根据电站规模及值守模式，在规定时限内到达紧急停机按钮位置执行手动停机操作，同时通过后台监控系统确认停机状态，并记录停机时间及电流、电压变化曲线。

具体响应时间要求如下：

- 小型及用户侧储能电站（额定功率<5 MW）：响应时间不应超过 2 min；
- 中型储能电站（5 MW≤额定功率≤100 MW）：响应时间不应超过 5 min；
- 大型储能电站（额定功率>100 MW）或无人值守电站：响应时间不应超过 10 min。

6.1.2 故障电池隔离

6.1.2.1 自动隔离系统应在接收到一级预警信号时，电池簇级隔离装置应在 300 ms 内动作，通过熔断式熔断器或快速接触器切断故障电池与相邻电池的电气连接，隔离范围应覆盖故障电池所在模块及上下游各 1 个模块。

6.1.2.2 自动隔离失效后，运维人员应根据电池类型及风险等级穿戴相应防护装备：

- 锂离子电池（含三元、磷酸铁锂）：应穿戴消防级隔热服（耐温≥800℃），并配备自给式呼吸器；
- 铅酸电池：应穿戴工业隔热服（耐温≥300℃），并佩戴防酸面罩；
- 液流电池：应穿戴防化隔热服（耐温≥200℃，抗酸雾腐蚀）；
- 通用要求：绝缘手套耐压等级≥1000 V，隔离区域设置绝缘挡板（耐电压≥500 V），故障电池与正常电池间距≥1.5 m。

6.1.2.3 隔离后需通过红外测温仪检测故障区域与正常区域温差≥50℃，且无电流泄漏（泄漏电流≤5 mA）。

6.1.3 灭火系统

6.1.3.1 锂离子电池火灾：优先启动全氟己酮灭火系统，应在 1 s 内完成从探测到启动全过程，灭火剂喷射时间 ≥ 30 s，灭火浓度维持在 5%–8%（体积比），覆盖所有电池模块表面。辅助启动超细干粉灭火装置，干粉喷射强度 ≥ 0.5 kg/m²，喷射覆盖半径 ≥ 3 m。灭火后需启动防复燃控制程序，持续监测电池单体温度及舱内可燃气体浓度，若监测到单体温度回升至 50℃及以上或氢气浓度 $\geq 0.4\%$ ，立即二次启动全氟己酮灭火系统，喷射时间 ≥ 20 s。

6.1.3.2 铅酸电池火灾：启动水基灭火系统，喷雾水枪流量 ≥ 5 L/min，喷射距离 ≥ 6 m，对电池组进行冷却降温。灭火后保持水基冷却系统持续喷淋 ≥ 15 min，防止电池复燃；喷淋结束后监测电池壳体温度，若回升至 60℃及以上，重新启动喷淋程序。

6.1.3.3 灭火结束后立即启动强制通风系统，换气次数 ≥ 10 次/h（即每小时将储能舱内空气彻底更换 10 次以上），持续通风 ≥ 30 min。防复燃阶段需同步监测舱内气体指标，一氧化碳浓度 ≤ 24 ppm、氢气浓度 $\leq 0.4\%$ （体积比）后方可停止通风；停止通风后仍需持续监测 4 h，无复燃迹象方可解除防复燃警戒。

6.1.4 人员疏散与警戒

6.1.4.1 站内人员应在 3 min 内撤离至安全集合点（运维人员完成 6.1.1.4 规定的急停操作后 3 min 内），集合点距离事故区域 ≥ 50 m，且位于上风向。

6.1.4.2 应预设 2 条以上独立疏散通道，通道宽度 ≥ 1.2 m，沿途设置应急照明（照度 ≥ 51 ux）和疏散指示标志（间距 ≤ 10 m），确保无障碍物。

6.1.4.3 事故发生后需在 15 min 内设置警戒区，警戒半径 ≥ 30 m（小规模火灾）或 ≥ 50 m（大规模火灾），由安全保卫组使用警戒线和警示标志隔离，禁止无关人员进入。

6.2 应急预案

6.2.1 应急组织机构与职责

6.2.1.1 应急组织机构应由应急指挥中心、抢险救援组、医疗救护组、后勤保障组等组成。

6.2.1.2 应急指挥中心由电化学储能电站负责人担任总指挥，在事故发生后 10 min 内到达指挥位置，负责统筹应急决策，协调各小组行动。

6.2.1.3 抢险救援组应配置不少于 5 名持证人员（持低压电工证、消防设施操作员证），携带绝缘工具、灭火器材在 15 min 内到达事故现场实施处置。

6.2.1.4 医疗救护组应配备急救箱（含烧伤、中毒急救药品）和 AED 设备，在 20 min 内完成伤员初步救治并联系医疗救援。

6.2.1.5 后勤保障组应确保应急物资（备用电池、灭火药剂、防护装备）储备充足，其中全氟己酮药剂储备量 \geq 设计用量的 1.5 倍，防护装备满足每人 1 套。

6.2.2 应急响应程序

6.2.2.1 根据事故严重程度分为三级响应。

6.2.2.2 三级响应：单模块热失控未蔓延，无人员伤亡。响应措施：启动自动隔离和局部灭火，运维人员现场监控，每 15 min 汇报情况。

6.2.2.3 二级响应：多模块热失控或出现明火，无人员被困。响应措施：启动全站停机，全区域灭火，人员疏散至警戒区，通知消防部门（报警时间 ≤ 5 min）。

6.2.2.4 一级响应：火灾蔓延至储能舱外或发生爆炸，有人员受困。响应措施：启动最高级别应急，协调专业消防救援，医疗救护组优先救治伤员，切断周边电力供应。

6.2.3 应急演练

6.2.3.1 每季度至少开展 1 次桌面演练，每半年至少开展 1 次实战演练，演练参与率 $\geq 90\%$ （含所有运维人员）。

6.2.3.2 演练内容应覆盖热失控预警响应、紧急停机、灭火操作、人员疏散等全流程，其中实战演练需模拟至少 2 种故障场景（如过充热失控、短路热失控）。

6.2.3.3 每次演练后应在 72 h 内完成评估报告，评估指标包括响应时间、处置流程准确率、人员疏散速度，针对问题制定整改措施并跟踪落实。

6.2.4 应急预案管理

6.2.4.1 应急预案应每两年评审 1 次，当电化学储能电站电池类型变更、容量扩容（ $\geq 20\%$ ）、相关标准修订或储能系统的技术路线、核心设备（包括 BMS、PCS、电池芯体）供应商发生变更时，需在 30 日内完成预案修订并重新备案。

6.2.4.2 应急演练记录、事故处置报告等资料需保存至少 3 年，包括演练视频、人员签到表、评估报告等原始文件，存档格式符合 GB/T 29639 中的要求。

7 运行维护与管理

7.1 日常检查要求

7.1.1 巡检周期与内容

7.1.1.1 正常运行期间每周至少开展 1 次日常巡检，恶劣天气（高温 $\geq 35^\circ\text{C}$ 、暴雨、大风 ≥ 6 级）后 1 h 内完成 1 次专项巡检；重要节假日及负荷高峰期前 24 h 内完成全面巡检。

7.1.1.2 温度传感器外观完好无破损，显示值与环境温度偏差 $\leq \pm 0.5^\circ\text{C}$ ；气体传感器无堵塞，采样口清洁度达标；数据采集终端无故障报警。

7.1.1.3 按照本文件 4.2 条中的电池风险指标检查。

7.1.1.4 灭火系统压力表指示在正常范围（全氟己酮系统工作压力 0.8 MPa~1.2 MPa），紧急停机按钮防护罩完好，隔离装置手动操作机构灵活。

7.1.1.5 巡检结果需实时录入管理系统，保存电子记录 ≥ 3 年，纸质记录存档 ≥ 5 年。

7.1.2 风险处理流程

7.1.2.1 三级低风险：记录监测结果，持续跟踪参数变化，纳入日常巡检台账。

7.1.2.2 二级中风险：立即通知运维负责人，实施现场复核与临时管控措施。

7.1.2.3 一级高风险：立即停止相关系统运行，启动应急预案并上报主管部门。

7.2 预警系统定期测试与校准

7.2.1 测试周期与项目

7.2.1.1 月度测试：对预警系统报警功能进行模拟测试，触发 10%的传感器预警信号，系统响应率 100%，报警信息上传延迟 ≤ 10 s；检查灭火系统启动逻辑，确保联动正常。

7.2.1.2 季度测试：开展电池组充放电循环测试（20%额定容量循环），监测电压、电流一致性，单体电压偏差 ≤ 50 mV；测试紧急停机功能，连续 3 次操作成功率 100%，分闸时间 ≤ 1 s。

7.2.1.3 年度全检：委托第三方机构进行全面检测，包括传感器精度校准（温度误差 $\leq \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、气体浓度测量误差 $\leq \pm 5\%$ ）、灭火系统喷射均匀性测试（覆盖面积 $\geq 95\%$ ）、绝缘电阻测试（ ≥ 500 M Ω ，在额定电压下，环境温度 $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 75\%$ 条件下测试）。

7.2.2 校准方法

7.2.2.1 温度传感器：采用恒温槽校准，在 0°C 、 25°C 、 50°C 、 80°C 四个点校准，误差超限时进行修正，修正后最大误差 $\leq \pm 0.5^\circ\text{C}$ ，校准记录保存 ≥ 3 年。

7.2.2.2 气体传感器：使用标准气体（如 1%氢气、50 ppm 一氧化碳）进行标定，响应时间 ≤ 30 s，示值误差 $\leq \pm 10\%$ ，每 6 个月更换一次传感器滤膜。

7.2.2.3 电流/电压传感器：通过标准源校准，在 0~120%额定量程内选取 5 个点测试，测量误差 $\leq \pm 0.2\%$ FS，校准合格后张贴标识，有效期 6 个月。

7.3 维护保养要求

7.3.1 设备维护

7.3.1.1 电池系统：每半年进行一次电池模块清洁，采用压缩空气（压力 0.2 MPa~0.3 MPa）吹扫灰尘；检查连接端子，涂抹抗氧化剂，接触电阻 $\leq 10 \mu\Omega$ ；每年检查冷却系统，冷却液液位偏差 $\leq 5\%$ ，流量偏差 $\leq 10\%$ 。

7.3.1.2 预警系统：每月清洁传感器表面，每季度检查线缆固定情况，拉力测试 $\geq 50 \text{ N}$ 无松动；每年更换数据采集终端蓄电池，备用电源续航时间 $\geq 4 \text{ h}$ 。

7.3.1.3 灭火系统：每月检查灭火剂液位（全氟己酮余量 \geq 设计量的 90%），每半年进行管网压力测试（保持 1.0 MPa 压力 30 min 无泄漏），每年更换启动器保险装置。

7.3.2 备件管理

7.3.2.1 建立备件库，储备关键备件清单：温度传感器（数量 \geq 在用总数的 10%，且不少于 2 个）、气体传感器（ $\geq 5\%$ ，且不少于 2 个）、紧急停机按钮（ ≥ 3 个/站）、灭火系统启动阀（ ≥ 2 个/系统）。

7.3.2.2 备件应存储在温度 $-10^\circ\text{C}\sim 40^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 75\%$ 的环境中，远离火源、腐蚀性气体及强电磁干扰源。需每季度检查备件状态，对损坏、性能衰减或保质期不足 3 个月的备件及时更换，并记录存档。

7.4 人员培训与管理

7.4.1 运维人员需持三证上岗，具体要求如下：

- a) 电工特种作业操作证：根据电站电气系统电压等级，持高压电工特种作业操作证（ $>1000\text{V}$ ）或低压电工特种作业操作证；
- b) 电化学储能电站运维资格证：需通过电化学储能电站专项技能考核，取得对应运维岗位资格证书；
- c) 消防特种作业操作证：需持有消防设施操作员证（初级及以上），具备电池火灾初期处置能力。

7.4.2 新员工需完成不少于 80 学时的培训，内容包括电池原理、预警系统操作、应急处置流程等，考核合格后方可上岗。

7.4.3 每月开展 1 次技术培训（不少于 4 学时），每季度组织 1 次应急技能演练，培训覆盖率 100%，员工年度培训学时 ≥ 40 学时。

7.4.4 当系统升级或设备更换后，72 h 内完成针对性培训，考核通过后方可操作新设备，培训效果评估达标率 $\geq 95\%$ 。

8 监督检查与改进

8.1 监督检查机制

8.1.1 检查主体与职责

8.1.1.1 电化学储能电站运营单位应设立安全监督部门，配置不少于 2 名专职监督人员（持注册安全工程师证书），负责日常监督检查的组织实施、问题整改跟踪及记录归档。

8.1.1.2 每年至少开展 1 次专项监督检查，委托第三方机构每 2 年开展 1 次全面合规性评估。

8.1.2 检查周期与方式

8.1.2.1 日常监督：每日抽查巡检记录完整性，每周核查预警系统运行日志，每月现场验证维护保养记录的真实性（抽查比例 $\geq 30\%$ ）。

8.1.2.2 专项检查：针对高温季节（6 月-9 月）、重大活动前 15 日内开展热失控风险专项检查，重点核查灭火系统压力、气体传感器校准状态等关键指标。

8.1.2.3 飞行检查：随机开展不预先通知的飞行检查，每半年不少于 1 次，全年不少于 2 次，检查覆盖 $\geq 30\%$ 的储能单元。

8.1.3 检查内容与要求

8.1.3.1 制度合规性：核查应急预案完整性（包含全部三级响应场景）、维护规程与本标准的符合性（条款符合率 $\geq 95\%$ ）、培训档案的规范性（记录完整率 100%）。

8.1.3.2 设备有效性：按本文件 8.2.1.2 季度测试的要求执行。

8.1.3.3 记录规范性：巡检记录、校准证书、演练报告等技术文件的存档完整性 100%，关键数据可追溯期限 ≥ 3 年。

8.2 持续改进机制

8.2.1 运营单位每 3 年开展 1 次标准适应性评估，分析技术发展（如新型电池技术应用）、法规更新对本标准执行的影响，形成评估报告并报主管部门。

8.2.2 当发生重大热失控事故或行业标准修订时，应在 6 个月内完成标准符合性复核，保证与最新要求保持一致。

参 考 文 献

- [1] DL/T 2528 电力储能基本术语
-

全国团体标准信息平台