

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

光伏-储能热灾害防护关键技术标准

Key Technical Standards for Photovoltaic and Energy Storage Thermal
Disaster Protection

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

目 次

前 言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术组成	2
5 热灾害监测预警	3
6 灭火与防爆	4
7 应急处置	6
8 人员防护	7

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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

光伏-储能热灾害防护关键技术标准

1 范围

本文件规定了光伏-储能系统在热灾害防护方面的关键技术要求，涵盖技术组成、热灾害监测预警、灭火与防爆、应急处置及人员防护。

本文件适用于各类并网及离网的光伏-储能系统（PESS），包括分布式储能、集中式储能电站、工商业储能及户用储能等多种规模与应用场景。

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 5907.1 消防词汇 第1部分：通用术语
GB 15322.1 可燃气体探测器 第1部分：工业及商业用途点型可燃气体探测器
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 17626.4-2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
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 34131-2023 电力储能用电池管理系统
GB/T 36276 电力储能用锂离子电池
GB/T 42288 电化学储能电站安全规程
GB 50058-2014 爆炸危险环境电力装置设计规范
GB 50116 火灾自动报警系统
GB 51309 消防应急照明和疏散指示系统技术标准
T/CEC 373 储能电站消防技术规程
UL 1973 固定式储能电池的检测
UL 3741 电弧故障检测
UL 9540A 评估电池储能系统热失控火灾蔓延的测试方法

3 术语和定义

GB/T 5907.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏-储能系统 photovoltaic - energy storage system; PESS

由光伏发电单元、储能单元、变流器、能量管理系统（EMS）以及相关辅助设施组成的，能够实现电能储存、释放和管理的系统。

注：本标准中的系统构成参考了 GB/T 36547 中对电化学储能系统的定义框架。

3.2

热灾害 thermal disaster

因系统内外部因素引发热量异常积聚，导致的热失控、火灾、爆炸等，可能造成设备损坏、人员伤亡或环境危害的事件。

3.3

热失控 thermal runaway

电池单体内部放热反应引起不可控温升的现象。

[来源：GB/T 36276-2018, 3.1.31]

3.4

应急处置 emergency response

为应对已发生或即将发生的热灾害，所采取的一系列控制、减缓、排除和救援的措施与行动。

3.5

联动控制 linkage control

监测系统在达到预设阈值或条件时，自动或手动触发执行控制指令（如启动通风、切断电源、释放灭火剂）的过程。

3.6

全淹没灭火系统 total flooding extinguishing system

在规定的时间内，向防护区喷放设计规定用量的灭火剂，并使其均匀地充满整个防护区的灭火系统。

[来源：GB 50370-2005, 2.1.2]

3.7

并网型光伏-储能系统 grid-connected photovoltaic - energy storage system; On-grid PESS

与公共电网连接，能与其他电源及负荷协同运行，并具备与电网进行电能双向交换能力的PESS。

注1：其设计、接入、调度与运行需满足国家及行业相关并网技术标准和要求。

注2：包括但不限于通过10kV及以上电压等级接入，或达到一定容量规模（如10MW/20MWh及以上）并被要求纳入电网统一调度的系统。

3.8

离网型光伏-储能系统 off-grid photovoltaic - energy storage system; Off-grid PESS

不与公共电网连接，独立运行或以微电网形式运行，为特定负荷供电的PESS。

注：其技术要求和安全防护重点在于系统内部的能量平衡、稳定运行及孤岛状态下的自洽能力。

4 技术组成

4.1 热灾害监测预警

通过配置多维度、智能化的监测系统，实时采集温度、气体、烟雾、电气参数、视频与音频等关键数据，构建早期预警机制。系统应具备参数融合分析、分级报警和联动控制能力，实现从提示级到紧急级的四级预警，并与灭火、通风、断电等系统联动，确保在热失控初期或火灾发生前及时干预。

4.2 灭火与防爆

针对电池热失控及火灾风险，系统应配置固定式自动灭火系统，优选适用于锂离子电池火灾的灭火剂（如全氟己酮、细水雾等），并具备自动、手动与机械应急启动功能。同时，通过设置泄压装置、防爆通风与结构强化措施，有效控制爆炸风险，防止灾害扩大。

4.3 应急处置

建立与预警等级相对应的应急响应机制，明确从预警确认、先期处置、火灾扑救、人员疏散到事后恢复的全流程操作规范。应急预案应职责清晰、程序明确，并与地方政府、消防、电网等外部力量协同，确保响应迅速、处置有效。

4.4 人员防护

贯彻“安全第一、预防为主”原则，通过配备个人防护装备、开展系统化安全培训与演练、设置安全标识与健康监护等措施，全面提升运维与应急处置人员的安全防护能力。确保在任何工况下，人员生命安全保障始终处于首位。

5 热灾害监测预警

5.1 一般要求

5.1.1 光伏-储能系统应配置具备实时监测、智能分析、早期预警和联动控制功能的热灾害监测预警系统。

5.1.2 系统中的固定式储能电池，其安全、性能与测试要求应符合 GB/T 36276、GB/T 34131 等国家标准的規定。监测预警系统的设计、阈值设定及联动逻辑，应充分考虑电池制造商依据上述标准提供的技术参数和安全数据。宜参考 UL 1973、UL 9540A 等国际公认标准中的相关技术要求，作为设计优化的补充信息。

5.1.3 系统应具备高可靠性、灵敏性和抗干扰能力，其电磁兼容性（EMC）应符合 GB/T 17626.2、GB/T 17626.4 和 GB/T 17626.5 的要求。

5.1.4 监测数据应传输至本地监控系统，并宜传输至远程集中监控平台。数据采集单元应具备本地存储功能，历史数据存储时间不应少于 30 天。

5.2 监测内容与配置要求

5.2.1 温度监测

温度监测应满足以下要求：

- a) 应监测电池单体、模块、簇以及变流器、开关柜等关键电气连接点的温度。
- b) 电池系统应采用内置式温度传感器，测温点布置应具有代表性，能反映电池簇内的热场分布。对于重点监测对象，宜采用多点测温。
- c) 宜采用接触式与非接触式（如热成像摄像头）相结合的测温方式。热成像监测宜用于大范围热状态巡检和热点确认。

5.2.2 气体监测

气体监测应满足以下要求：

- a) 在锂离子电池舱（柜）、储能集装箱等封闭或半封闭空间内，应安装可燃气体探测器，实时监测氢气（H₂）、一氧化碳（CO）、总挥发性有机化合物（TVOC）等热失控特征气体浓度。
- b) 探测器的选型、安装位置和数量应根据气体密度、空间大小、通风条件等因素确定，确保对气体泄漏的早期捕捉。探测器性能应符合 GB 15322.1 的要求。

5.2.3 烟感监测

烟感监测应满足以下要求：

- a) 应安装感烟火灾探测器。探测器的类型（点型、线型光束）、性能和安装位置应符合 GB 50116 和 T/CEC 373 的规定。
- b) 在通风强烈、粉尘较大的环境，应选择适用于该环境的探测器类型，避免误报。

5.2.4 电气参数监测

电气参数监测应满足以下要求：

- a) 应实时监测电池簇的电压、电流、绝缘电阻等参数，监测精度应符合 GB/T 34131 的要求。
- b) 宜配置直流电弧故障检测器（AFCI），其性能应符合 UL 3741 的要求。

5.2.5 视频与音频监测

视频与音频监测应满足以下要求：

- a) 宜在电池舱、配电室等重要区域配置视频监控系统，并进行视频图像分析，辅助进行烟雾、火焰识别。
- b) 宜部署音频监测设备，用于识别热失控初期可能产生的异响（如泄压声）。

5.3 预警分级与阈值设定

5.3.1 应根据多参数融合判断，建立分级预警机制，预警等级应分为四级：IV级（提示）、III级（注意）、II级（警告）、I级（紧急）。

5.3.2 预警阈值应基于设备制造商提供的安全数据、历史运行数据和安全标准（如 GB/T 42288）综合设定，并可在运行过程中进行优化校准。阈值设定至少应考虑以下因素：

- a) 温度上升速率（ $\Delta T/\Delta t$ ）。
- b) 绝对温度值。
- c) 特征气体种类与浓度及上升速率。
- d) 烟雾浓度。
- e) 电气参数异常变化（如压差异常、绝缘失效）。

5.4 预警响应与联动控制

5.4.1 监测系统发出预警后，应能通过监控界面弹窗、声光报警器、短信、移动应用程序推送等多种方式通知相关责任人。

5.4.2 不同级别预警应触发相应的预设响应程序：

- a) IV级预警（提示）：系统记录事件，运维人员应关注参数变化趋势。
- b) III级预警（注意）：系统发出声光提示，运维人员应进行远程诊断并准备现场检查。
- c) II级预警（警告）：系统应立即发出强烈警报，并自动启动联动控制措施，如：加强舱内通风、限制系统功率、告警信号上传至远程集控中心等。专业人员应立即进行现场核实与处置。
- d) I级预警（紧急）：系统应触发最高级别警报，并自动联动灭火系统启动，同时切断非消防电源。系统应立即按照应急预案流程，向消防部门和应急管理部门报警。

5.5 系统运维与校准

5.5.1 应定期对监测预警系统中的传感器、探测器进行校验、维护和清洁，确保其灵敏度和可靠性。

5.5.2 应定期对预警阈值和算法模型进行回顾与更新。

5.5.3 应每年至少进行一次全系统功能测试，模拟各类报警信号，检验系统从监测、预警到联动的整个流程是否正常。

6 灭火与防爆

6.1 一般要求

6.1.1 光伏-储能系统应在电池舱（柜）、储能集装箱、变流器室等火灾风险区域配置固定式自动灭火系统。灭火系统应具备自动启动、手动启动和机械应急启动功能。

6.1.2 灭火系统的设计、安装和验收应符合 GB 50370、GB 50974 等国家消防技术标准的规定。

6.1.3 灭火系统应与 4.4 条规定的监测预警系统实现联动控制，接收 I 级（紧急）预警信号并自动启动。

6.1.4 灭火系统的选型应基于其扑灭电池火灾的有效性、对电气设备的二次损害、环境影响以及适用空间类型等因素综合确定，并应满足以下要求：

- a) 准入要求：系统所用灭火剂及装置必须符合国家消防产品市场准入规定，并应取得国家指定的消防产品质量监督检验机构出具的型式检验报告。
- b) 有效性验证：灭火系统的有效性应通过实验验证，确保能抑制电池热失控并防止复燃。验证试验宜模拟实际故障场景，并考察其对电池模组、簇乃至单元级别多级热失控蔓延的抑制能力。试验方法可参照 UL 9540A 等国际公认的测试标准，或国内权威机构认可的测试方法进行。
- c) 综合评估：选型时应评估灭火剂喷放后对电气设备绝缘性能的影响，并优先选择环保特性优良（低全球变暖潜能值 GWP、零臭氧消耗潜能值 ODP）、对人员安全的灭火剂。

6.2 灭火剂与系统选型

6.2.1 宜选用经国家消防产品质量监督检验中心检测合格的适用于锂离子电池火灾的灭火剂，如全氟己酮、细水雾等，灭火剂的选型宜参考 UL 9540A 等权威测试方法的验证结果，确保其能有效抑制电池热失控并防止复燃。

6.2.2 灭火系统的灭火剂设计浓度、喷放时间、浸渍时间应能有效抑制电池热失控并防止复燃。其有效性应通过实验验证，验证方法应符合 T/CEC 373 等行业标准的规定，或参照 UL 9540A 等国际公认的测试标准进行。无论采用何种方法，均应验证系统具备在明火扑灭后 24 小时内防止电池复燃的能力。

6.2.3 对于舱级或集装箱级防护，宜采用全淹没灭火系统；对于模块级或簇级防护，可采用局部应用方式。

6.2.4 灭火剂储存容器及启动装置应设置在安全、便于维护的区域，其工作环境温度应满足设备运行要求。

6.3 系统设计与安装

6.3.1 喷嘴的布置应确保灭火剂能均匀、快速地覆盖整个防护区，尤其避免电池架内部等障碍物形成的死角。

6.3.2 管路设计应保证灭火剂喷放的均衡性和时效性。管道及管件应能承受工作压力和环境腐蚀。

6.3.3 系统应设有明显的手动启动按钮和机械应急启动装置，其安装位置应便于人员在火灾发生时快速接近且不受火灾威胁。

6.3.4 系统启动时，应能自动连锁切断被保护区域的通风系统。

6.4 泄压与防爆

6.4.1 锂离子电池舱（柜）和储能集装箱应设置泄压装置，其泄压面积应通过计算确定，以确保在电池发生热失控产生大量气体时，能有效释放内部压力，防止结构破坏。泄压装置的设计可参考 GB 50058《爆炸危险环境电力装置设计规范》或 GB 50016《建筑设计防火规范》中关于泄压面积的计算要求。

6.4.2 泄压装置的泄压方向应朝向安全区域，避免对准人员通道、逃生出口或重要设备。

6.4.3 对于有爆炸性气体聚集风险的封闭空间，其通风系统设计、设备选型（如风机、空调）应符合防爆要求。

6.4.4 电池舱（柜）的结构强度应能承受内部爆炸产生的压力，或通过有效的泄压措施将压力限制在安全范围内。

6.5 辅助灭火设施

6.5.1 应在储能站点便于取用的地点配置符合 GB 4351.1 要求的推车式或手提式灭火器，作为初期火灾的辅助扑救工具。灭火器类型宜选择干粉（ABC 类）或二氧化碳灭火器。

6.5.2 大型光伏-储能电站应按规定设置消防给水系统，为可能的长时间冷却和扑救提供水源。

6.6 验收与维护

6.6.1 灭火系统安装完成后，应进行全面的测试和喷放试验，确保其联动逻辑正确、喷放效果符合设计需求。

6.6.2 应制定灭火系统的定期检查与维护制度，包括但不限于：灭火剂储量与压力检查、启动装置可靠性测试、喷嘴清洁、管路密封性检查等。

6.6.3 维护周期不应超过产品说明书或相关标准的规定，并应保存完整的维护记录。

7 应急处置

7.1 一般要求

7.1.1 光伏-储能系统的运营单位应基于本文件及 GB/T 42288 等标准的要求，结合系统规模、配置及场地环境，制定详尽的热灾害专项应急预案。

7.1.2 应急预案应涵盖从预警发生到事后恢复的全过程，职责明确、程序清晰、措施具体，并与当地政府、消防、电网调度等部门的应急要求有效衔接。

7.1.3 应定期组织应急演练，根据 4.5.3 条的测试结果和演练评估，不断优化应急预案。

7.2 应急响应分级与启动

7.2.1 应急响应级别应与 4.3.1 条规定的预警等级相对应，实行分级响应：

- a) IV级响应（提示级）：对应IV级预警，由监控中心运维人员加强监视与记录。
- b) III级响应（注意级）：对应III级预警，启动远程诊断程序，运维团队进入待命状态。
- c) II级响应（警告级）：对应II级预警，立即启动现场应急处置程序，应急小组赴现场核实与处置。
- d) I级响应（紧急级）：对应I级预警，立即启动最高级别应急响应，现场应急小组开展处置，同时按预案上报并请求外部救援。

7.3 预警响应与先期处置

7.3.1 当系统发出II级及以上预警时，监控中心值班人员应迅速确认报警信息，并立即按照预案通知应急负责人和应急小组。

7.3.2 应急小组在赶赴现场途中，应远程了解实时监测数据（通过 4.1.3 条所述的监控系统），初步判断灾情发展趋势。

7.3.3 抵达现场后，应急处置人员应在确保自身安全（见第7章）的前提下，进行以下先期处置：

- a) 核实预警信息，判断热灾害发生的具体位置和大致阶段。
- b) 若确认火灾发生，且在初期阶段，在确保人身安全的前提下，可使用 5.5.1 条规定的移动灭火器进行扑救。
- c) 若固定灭火系统（见 5.1 条）已自动启动，应观察灭火效果，切勿盲目关闭系统。
- d) 可根据现场情况手动触发联动控制措施，如强制切断设备电源、关闭通风系统等。

7.4 火灾扑救与联动

7.4.1 一旦确认发生明火，且固定灭火系统未按设计启动，现场指挥员应果断下达指令，手动启动灭火系统。

7.4.2 应急处置人员应熟知 5.3.3 条规定的手动及机械应急启动装置的位置和操作方法。

7.4.3 在扑救电池火灾时，应注意：

- a) 严禁在未断电的情况下直接用水扑救电池簇等带电设备。应在确认直流侧和交流侧均已有效隔离后，方可用大量水对电池模块进行持续冷却，防止复燃。
- b) 注意观察 5.4.1 条所述的泄压装置动作情况，避开泄压方向，防止被喷出的高温气体或物质伤害。
- c) 警惕电池在燃烧过程中可能产生的有毒气体（如 4.2.2 条监测的可燃气体和 TVOC）。

7.5 人员疏散与警戒

7.5.1 启动 I 级响应后，应立即疏散事故区域内所有非应急救援人员。

7.5.2 应根据现场风向、气体监测数据等划定危险区域，设立安全警戒线，禁止无关人员进入。

7.5.3 应启动 6.1 条应急预案中规定的疏散指示和应急照明系统（符合 GB51309 要求），确保疏散通道畅通。

7.6 事后处置与恢复

7.6.1 火灾扑灭后，应对现场进行持续监护和气体监测，确认无复燃风险。

7.6.2 应对受损设备进行隔离，并对现场状况进行拍照、记录，为事故调查提供依据。

7.6.3 烧毁或受损的电池应视为危险废物，需由具备资质的专业机构进行收集、贮存和运输，不得随意处置。

7.6.4 应在全面评估系统安全性后，方可制定并执行系统恢复计划。

8 人员防护

8.1 一般要求

8.1.1 光伏-储能系统的设计、运行及应急处置的全过程应贯彻“安全第一、预防为主”的原则，将保障人员生命安全作为首要目标。

8.1.2 运营单位应建立并实施人员安全管理制度，内容包括但不限于：安全防护装备的配置与使用、安全培训与应急演练、职业健康监护等。

8.1.3 所有进入站点的人员，包括运维、检修及应急响应人员，必须接受与其任务相对应的安全培训，并严格遵守现场安全规定。

8.2 个人防护装备

8.2.1 应为运维和应急处置人员配备符合国家标准的个人防护装备，其配置应基于第 4、5、6 章所述的风险评估。基本配置应包括：

- a) 呼吸防护：用于存在有毒有害气体（见 4.2.2）风险的区域，应配备过滤式防毒面具或正压式空气呼吸器。
- b) 躯干防护：应配备阻燃、防电弧的防护服。
- c) 手部与足部防护：应配备绝缘手套、防砸、防穿刺、绝缘的安全鞋。
- d) 眼部与面部防护：应配备防护眼镜或全面罩，以防电池泄压（见 3.7）或电气弧光伤害。
- e) 听力防护：在高压或高噪声设备区域应配备防噪音耳塞或耳罩。

8.2.2 个人防护装备应定期进行检查、维护和更换，确保其处于有效状态。使用人员应接受正确佩戴和使用的培训。

8.3 安全培训与演练

8.3.1 安全培训内容应全面覆盖本文件的相关要求，特别是：

- a) 热灾害（见 3.2）的成因、征兆及危害。
- b) 监测预警系统（见第 4 章）的报警识别与响应流程。
- c) 灭火系统（见第 5 章）与泄压装置的位置、原理及安全注意事项。
- d) 应急预案（见第 6 章）的内容，特别是疏散路线、集合点和沟通方式。

8.3.2 应按照 6.1.3 条的要求，定期组织实战化的应急演练。演练后应进行评估和总结，不断强化人员的安全意识和应急处置能力。

8.4 应急处置安全要求

8.4.1 在启动 6.2 条所述的应急响应后，现场指挥员必须首先评估现场风险，确认应急处置人员已佩戴必要的个人防护装备（见 7.2），方可允许其进入相关区域。

8.4.2 处置电池热失控（见 3.3）或火灾时，人员应始终处于上风向位置，并利用气体检测设备持续监测周围环境气体浓度（见 4.2.2）。

8.4.3 严禁单人进入存在热灾害风险的封闭或半封闭空间。必须实行“两人同行”制，并配备便携式通讯设备，保持与指挥中心联络畅通。

8.5 职业健康与安全标识

8.5.1 应定期对接触电池、化学品及处于高压电气环境下的工作人员进行职业健康检查。

8.5.2 在电站的显著位置，如入口、电池舱（柜）、配电室等，应设置清晰、规范的安全警示标识，包括但不限于：高压危险、注意防火、必须佩戴防护用具、紧急疏散路线图等。

8.6 资质与管理

8.6.1 特种作业人员（如电工作业、消防安全管理员）必须持证上岗。

8.6.2 应建立人员安全档案，记录培训、演练、资质及健康检查等信息。
