

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

# T/CIEP

## 中国工业环保促进会团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

### 沙戈荒大基地大规模集中式储能系统建设 运维指南

Guidelines for the construction and operation and maintenance of large-scale  
centralized energy storage systems in sand, desert and wasteland bases

征求意见稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业环保促进会 发布

## 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 储能方式选择 .....	1
5 设备选型 .....	2
6 设备安装 .....	3
7 系统调试 .....	4
8 并网管理 .....	5
9 维护管理 .....	5
10 故障处理 .....	7
11 安全管理 .....	8
12 报废与回收 .....	9
13 档案管理 .....	9
附录 A（规范性）储能系统故障分类 .....	11

## 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。

本文件由中国工业环保促进会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 沙戈荒大基地大规模集中式储能系统建设运维指南

## 1 范围

本文件给出了沙戈荒大基地大规模集中式储能系统在储能方式选择、设备选型、设备安装、系统调试、并网管理、运行管理、维护管理、故障处理、安全管理、报废与回收、档案管理方面的建议。

本文件适用于沙漠、戈壁、荒漠等地区百兆瓦级别及以上的集中式大型储能系统的建设及运维，其他储能系统可参照使用。

## 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 36547 电化学储能电站接入电网技术规定
- GB/T 36548 电化学储能电站接入电网测试规程
- GB/T 42313 电力储能系统术语
- GB/T 42737 电化学储能电站调试规程
- GB 50148 电化学储能电站设计规范
- GB 50217 电力工程电缆设计标准
- DB11/T 1893 电力储能系统建设运行规范
- DB4413/T 66 分布式储能运维技术规范

## 3 术语和定义

GB/T 42313中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 沙戈荒环境

沙漠、戈壁和荒漠的简称。

### 3.2

#### 构网型储能系统

能够自主建立和调节电网电压与频率，模拟同步发电机外特性，具备惯量响应、阻尼和短路电流支撑能力的储能系统。

## 4 储能方式选择

### 4.1 适配性匹配

储能方式选择宜结合沙戈荒大基地风光电源特性、新能源消纳需求及资源环境条件，可参考DB11/T 1893和以下内容：

- a) 风光资源波动大的区域，优先选用响应速度快、循环寿命长的电化学储能技术，且宜具备耐温差能力；与光伏基地配套的储能系统，宜适配日间高温充电、夜间低温放电的工况特性。
- b) 年风沙日不小于 150 天的区域，不宜选用开放式液流电池技术；湿陷性黄土区域，储能设备基础应配套抗沉降设计，储能方式选择宜考虑设备自重对地质的影响。

- c) 针对沙戈荒远距离输电场景，储能系统宜具备构网支撑能力，优先选用可实现惯量响应、阻尼控制的储能技术，提升电网稳定性。

#### 4.2 全生命周期成本与规模匹配

储能方式选择宜根据储能规模进行全生命周期成本测算，可参考以下内容：

- a) 成本测算宜额外计入沙戈荒环境专属成本，包括风沙防护改造费、极端天气运维增支费、远距离设备运输及吊装费、土壤改良及降阻工程费等，成本测算周期宜结合风沙侵蚀速率延长至 15 年 ~ 20 年。
- b) 宜采用“风光储协同测算模型”，结合沙戈荒季节风光出力特性（春季风大光弱、夏季光强风小），确定储能系统额定功率与容量配比，确保极端风沙天气下储能备用容量满足电网调频调峰需求，百兆瓦级储能系统容量配比宜控制在 1: 2.5 ~ 1: 4 之间。

### 5 设备选型

#### 5.1 通用选型

设备选型宜参考以下通用内容：

- a) 设备宜选用“免维护/少维护”型产品，关键部件宜具备标准化、通用化特性，便于远距离运输更换，减少备件储备种类；
- b) 核心设备支持应急停机与应急供电功能，远程监控与故障诊断功能，可实现无人值守场景下的状态预警、远程复位；
- c) 设备标识采用防风沙磨损、防紫外线褪色的材质，关键操作界面（如 PCS 控制面板、消防启停按钮）具备防尘、防误触设计，便于现场应急操作；
- d) 设备（含外壳、涂层、灭火介质、电缆护套）选用符合国家环保标准的材料，不宜使用含重金属、有毒有害挥发物的产品，避免长期使用中污染土壤与地下水；

#### 5.2 电池系统选型

电池系统选型可参考以下内容：

- a) 优先选用循环寿命不小于 6000 次、响应速度不大于 100ms 的电化学储能电池，容量衰减率在极端温差循环试验（-30℃~60℃，100 次循环）后不大于 3%；
- b) 电池模组宜耐受-40℃~80℃高低温，具备耐风沙侵蚀、抗老化特性；宜选择密封等级 IP65 及以上电池舱配套设备，舱内维持微正压设计，防止沙尘渗入；
- c) 电池舱宜配套应急通风装置，在发生故障（如过热、短路）时可快速启动应急模式，降低事故扩大风险

#### 5.3 PCS 设备选型

可参考以下内容进行PCS设备选型：

- a) 具备构网型支撑能力，惯量响应时间不大于 50ms，短路支撑电流不小于 300%额定电流（持续 10s），高温环境（不小于 40℃持续运行）下具备自动降容保护功能，适配沙戈荒日间高温持续特性；
- b) 防护等级不宜低于 IP65，优先选用风冷型且散热风道采用“上进下出”设计，出风口宜配套防沙滤网；外壳采用抗老化、防腐蚀材料，表面做防腐处理，耐受强风沙磨损；
- c) 宜参考储能系统规模选择 PCS 单机额定功率，减少设备台数以降低安装及运维成本；选型时需考量远距离运输及吊装难度，优先选择模块化设计产品，降低运输及安装额外费用。

#### 5.4 BMS 系统选型

BMS系统选型：

- a) BMS 设备适配沙戈荒极端环境，防护等级不宜低于 IP65，外壳采用抗风沙磨损、防紫外线老化、耐腐蚀的材料，表面做聚氟乙烯涂层处理，核心部件宜能耐受-40℃~80℃极端温差，避免环境因素导致设备故障；

- b) 优先选用支持簇级管理系统接入的产品，具备电芯级精准监控、电压/温度均衡功能，能有效抑制温差导致的“木桶效应”；响应速度不宜大于 100ms，容量衰减率监测精度不宜低于±1%，确保数据采集实时准确；
- c) 与储能系统电池模组、PCS 设备、消防系统、监控平台支持统一通信协议（如 Modbus 协议），实现数据互通与联动协同；同时具备一定扩展性，可适配储能系统后期容量扩容或功能升级需求。

## 5.5 辅助设备选型

### 5.5.1 散热与隔热设备

散热与隔热设备选型可参考以下内容：

- a) 宜根据当地环境情况选择电池舱隔热材料，冷却系统优先选用闭式循环液冷或空调内循环风冷系统，不宜采用开放式风冷，室外冷机宜进行防风沙磨蚀、防紫外线及防冻保护；
- b) 优先选择低能耗、免维护的散热设备，降低极端天气下的运维增支；隔热材料需兼顾成本与耐用性，避免因频繁更换增加生命周期成本。

### 5.5.2 密封与防护设备

密封与防护设备选型可参考以下内容：

- a) 密封件选用耐高低温、抗老化的氟橡胶密封圈，缝隙填充聚氨酯密封胶，舱门配套气压平衡阀，支架采用 Q355 高强度钢材，表面做防腐处理，确保舱体在强风沙冲击下不发生变形；
- b) 选用通过沙尘试验（风速 20m/s，沙尘浓度 8g/m<sup>3</sup>，持续 24h）后无破损、无沙尘侵入情况产生的防尘罩或高效过滤装置，满足沙戈荒强风沙、大温差的使用环境。

### 5.5.3 接地与电缆设备

接地与电缆设备选型可参考以下内容：

- a) 接地体选用镀锌扁钢与铜包钢接地极组合，配套膨润土降阻剂，极端高电阻区域适配深井接地极，确保接地电阻不大于 4Ω；
- b) 选用耐高低温、防水防腐的电缆，穿越特殊地质区域时配套防护件，接头采用防水防腐型，预留 5‰伸缩余量应对温差变形。

### 5.5.4 消防设备

宜参考 GB 50148 中内容进行消防设备选型，优先选用干粉灭火器、惰性气体灭火系统，避免使用水基灭火器；支持 pack 级、簇级、舱级多级消防联动，鼓励配置缺水环境适用的阻隔抑制型灭火介质。

## 6 设备安装

### 6.1 通用安装

设备安装可参考 GB 51048 中相关内容，根据沙戈荒地区实际环境确定。

### 6.2 电池仓安装

电池仓密封、隔热、抗风沙安装可参考以下内容：

- a) 电池仓安装时，水平度偏差不大于 2mm/m，舱间间距不小于 5m；
- b) 采用“三重密封”设计，舱体拼接处选用氟橡胶密封圈，缝隙填充聚氨酯密封胶，舱门配备气压平衡阀，防止沙尘通过气压差侵入；
- c) 隔热材料全面覆盖舱体内壁、顶部及底部，隔热材料宜铺设平整、拼接紧密，无空隙、无松动，关键部位可增加隔热层厚度，提升隔热效果；
- d) 舱体顶部加装遮阳隔热棚，棚体与舱顶间距不小于 50cm，夏季舱内温度控制在 45℃ 以下，冬季配备低温预热装置，确保舱内温度不低于 -10℃；
- e) 舱体支架底部与基础采用锚栓刚性连接，抗风载荷能力不低于当地 50 年一遇最大风速；
- f) 在电池仓进风口、出风口、管线接口、舱门等关键部位，宜设置防尘罩或高效过滤装置；

- g) 安装过程中对舱体外部暴露的设备部件（如接口、阀门、传感器等）进行额外防护，可加装防护套或防护挡板，避免风沙直接冲击设备表面造成磨损或故障。

### 6.3 PCS 设备安装

PCS设备安装可参考以下内容：

- a) 宜合理规划 PCS 设备与其他电气设备的安装间距，保障设备自身散热空间充足（建议间距不小于 1m），同时避免设备运行时产生的电磁干扰对其他设备产生影响；
- b) 安装位置避开流沙积聚区域、强风沙直接冲击区域，减少风沙堆积和冲击对设备安装稳定性及散热风道的影响；
- c) PCS 散热风道独立密封并外置沙尘滤网，户外柜体加装遮阳隔热罩
- d) 设备安装时宜采用支架固定。

### 6.4 BMS 系统安装

BMS系统安装可参考以下内容：

- a) BMS 主机宜安装在电池舱内通风良好、避免阳光直射、远离强电磁干扰源（如 PCS 设备、高压电缆）的区域，安装高度便于运维操作（距地面 1.2m~1.5m）；采集模块就近安装在电池簇/模组旁，缩短布线距离，减少信号干扰；
- b) 设备及线缆张贴清晰、耐候的标识，标注设备名称、接口用途、线缆走向等信息；暴露在外部的接口、传感器宜加装防护套，避免风沙磨损或物理损坏；
- c) 关键模块（如采集模块、通信模块）宜设置冗余备份，具备故障自动切换功能，避免单一模块失效导致整个 BMS 系统停运，保障监控与保护功能持续有效。

### 6.5 电缆敷设

电缆敷设宜参考GB 50217和以下内容：

- a) 沙土地质敷设电缆时：
  - 1) 电缆敷设宜采用“埋地+穿管”方式，埋设在深度不小于 1.5m 的专用沟槽内，沟底铺设 10cm 厚的细沙，回填时筛选无尖锐杂物后分层压实；
  - 2) 穿管选用耐盐碱的 CPVC 管，管间接头处用防水胶带密封，防止砂质土中的盐分渗入腐蚀电缆。
- b) 湿陷性黄土地质敷设电缆时：
  - 1) 优先采用柔性电缆敷设，若选用常规电缆，宜在电缆直线段每隔 30m~50m 或土壤沉降敏感区域（如地质分界处）设置伸缩节，有效吸收土壤沉降产生的拉伸、挤压应力，避免电缆断裂或接头脱落；
  - 2) 宜避开湿陷性黄土集中区域，无法避开时，对敷设沟槽底部进行夯实处理或铺设碎石垫层，减少土壤沉降对电缆的影响。
- c) 在临时防尘棚内制作电缆接头，接头处缠绕 3 层防水胶带+2 层绝缘胶带，确保密封良好，防止沙尘进入导致接触不良。

### 6.6 接地装置安装

接地装置安装可参考以下内容：

- a) 接地网布置分布均匀，根据储能电站设备布局合理规划接地极敷设路径，确保各设备接地点电位均衡，避免局部电位差过大引发设备损坏或安全隐患；
- b) 高电阻土壤条件下，接地装置优先采用复合接地体或深埋接地极（极端高电阻区域适配）的方式；
- c) 安装过程中，引入降阻剂（如膨润土降阻剂）改善土壤导电性能，降阻剂均匀包裹接地体，填充密实无空隙，确保与土壤充分接触，提升降阻效果的稳定性。

## 7 系统调试

7.1 宜根据 GB/T 42737 中内容进行储能系统调试,依据沙戈荒地区夏季极端高温历史记录和冬季严寒气候条件设定试验温度,将储能系统(含接地装置及关联设备)置于该设定温度环境中持续运行规定时长,全程观察系统运行状态、接地性能参数及各部件性能变化,验证高温环境下接地系统的稳定性与可靠性。

7.2 通过人工制造符合沙戈荒地区风沙特性的沙尘气流,对储能系统及接地装置进行模拟冲刷试验,重点评估沙尘对设备密封性、散热性能、电气连接可靠性及接地体防护层的影响,确保设备及接地系统在强风沙环境下能持续稳定运行,无沙尘侵入、部件磨损或接地性能衰减等问题。

7.3 在模拟环境下,验证 BMS 系统运行稳定性、数据采集准确性及保护功能可靠性。

7.4 储能系统宜在实际环境下带载测试不少于 72h,对关键参数进行实时监测,包括电池电压、电流、温度,储能变流器的输出功率、效率,以及系统的整体能量转换效率等,以充分验证其在真实工况下的性能。

## 8 并网管理

### 8.1 并网流程

宜参考以下内容进行“申请-评估-签约-实施-验收”的闭环并网流程:

- a) 储能系统运营商应向电网调度机构提交正式并网申请,申请材料应包括但不限于:项目基本信息(项目名称、建设地点、装机容量、储能技术路线等)、技术规格文件(储能单元额定功率、容量、充放电效率等核心参数)、电网接入方案(接入电压等级、接入点位置、线路参数等)及其他相关证明文件;
- b) 经电网调度机构技术评估通过后,签订并网协议、调度协议、供用电合同(如有)等文件,协议中宜明确并网接入点、技术责任划分、调度运行职责、辅助服务条款、电费结算方式等核心内容和沙戈荒环境特殊约定;
- c) 并网工程设施(包含计量装置、通信设备、保护装置等)建设完成后向电网调度机构提交并网验收申请,双方依据并网协议参考 GB/T 36548 中内容开展并网测试工作,测试合格后正式并网运行。

### 8.2 并网性能

储能系统功能和性能宜参考 GB/T 36547 中内容,确保满足并网需求。

## 9 维护管理

### 9.1 日常巡视与检查

宜参考 DB4413/T 66 中内容,结合沙戈荒地区风沙频繁、极端天气多发的特点,制定差异化的巡视检查方案,具体可参考以下内容:

- a) 宜结合区域环境恶劣程度、设备运行状态及相关规范要求,确定合理的日常巡视周期;风沙、极端温湿度等特殊天气期间,可适当缩短巡视周期,增加巡视频次。
- b) 日常巡视宜重点关注以下内容:
  - 1) 设备表面积尘情况,重点检查电池舱外壳、PCS 设备散热片、光伏组件(如有)等部位的积尘附着情况,避免积尘影响设备散热或绝缘性能;
  - 2) 宜重点关注设备外壳密封性、电缆接口防护套完整性以及外露部件的磨损情况。当发现密封条老化、破损或密封性能下降时,立即更换;当防护套松动、脱落或破损时,重新固定并加强密封处理,防止设备接口、外壳存在沙尘侵入通道;
  - 3) 电缆连接点稳固性,检查电缆接头、接线端子等部位是否松动、发热,排查线路绝缘层是否破损;
  - 4) 设备运行状态,通过现场仪表、EMS 系统监测数据,核对设备运行参数是否正常,有无异常异响、异味或报警信息;
  - 5) 检查电缆设备、散热系统、保温层及温度传感器的运行状态。对电缆等设备进行红外测温,宜重点关注,设备是否在规定温度范围内正常工作,温度传感器数据是否准确、散

热风扇运行是否正常、保温层是否完好。当发现散热风扇异常、保温层脱落或破损、温度传感器失灵等问题时，按照设备说明书及时进行维修或更换，不宜在耐温差性能不达标状态下运行。

- c) 宜对储能系统的支架与基础进行稳固性评估，具体可参考以下内容：
- 1) 稳固性评估宜涵盖支架连接螺栓的紧固程度、基础沉降情况以及防腐涂层的完整性，评估范围宜覆盖所有储能设备支架及基础结构。
  - 2) 使用扭矩扳手按照设计要求重新紧固松动螺栓，确保紧固力矩符合标准；当发现基础沉降超过允许范围时，停止相关设备运行，宜采取注浆加固、增设支撑结构等整改措施，整改合格后方可恢复运行。
  - 3) 宜定期检查支架及基础防腐涂层的完整性，当发现涂层剥落或锈蚀现象时，宜彻底清理锈蚀部位后重新进行防腐处理，支架及基础不宜长期暴露在腐蚀性环境中。

## 9.2 专项检查

### 9.2.1 特殊天气巡查

特殊天气巡查包括以下内容：

- a) 宜在风沙、暴雨、极端高温/低温等天气前后，：
  - 1) 天气前重点检查设备防护措施是否到位，如电池舱通风口防尘网是否清洁、接地装置是否牢固、排水系统是否通畅等；
  - 2) 天气后重点确认电池舱内部是否存在沙尘侵入、PCS 设备散热通道是否畅通、接地装置是否因土壤松动而失效、电缆线路是否受损等，及时排查处置潜在隐患。
- b) 春季（风沙季前）宜全面检查并更换老化密封件、滤网，加固支架基础，补充接地极降阻剂，优化沙尘预警参数；秋季（低温季前）宜检修舱体隔热层及预热装置，测试电池低温充放电性能，升级低温保护程序。
- c) 宜建立巡视检查记录制度，详细记录巡视时间、巡视人员、检查内容、设备状态及发现的问题等信息，形成闭环管理。

### 9.2.2 沙尘清理与滤网更换

宜确定沙尘清理周期与方法、滤网更换标准，具体可参考以下内容：

- a) 根据设备类型及运行环境，明确沙尘清理周期与方法，对电池舱、PCS 设备等关键部位，宜每两周开展一次内部沙尘清理工作，清理采用负压吸尘与压缩空气吹扫相结合的方式，确保设备内部无沙尘残留。
- b) 当滤网堵塞率达到 80%或累计使用时间超过三个月时，更换滤网，不宜超期或超标使用，确保设备通风散热效果满足运行要求。
- c) 宜对沙尘清理与滤网更换工作进行记录，明确工作人员、工作时间、清理/更换部位及效果，清理/更换完成后进行验收，确保符合设备运行要求。

### 9.2.3 BMS/EMS 软件优化

具体可参考以下内容：

- a) BMS/EMS 软件环境适配优化周期不宜超过 1 年，宜在每次极端天气（如强沙尘暴、极端高温/低温）频发季节来临前，完成专项适配优化；当系统出现软件运行异常、数据采集失真、控制指令响应延迟等情况时，立即开展应急适配优化。
- b) 软件优化宜包括温湿度、沙尘等环境参数监测精度优化，极端环境下控制策略适配调整，数据传输稳定性优化，抗干扰能力提升等，确保软件能精准采集环境及设备运行数据、稳定输出控制指令。
- c) 软件环优化后，进行验证测试，验证方法宜包括以下内容：
  - 1) 离线仿真测试，采用专业仿真软件构建沙戈荒典型环境工况模型，测试软件在不同环境工况下的运行稳定性、数据准确性及控制响应性能；
  - 2) 现场带负荷验证，在实际运行条件下，模拟极端环境参数，测试软件对设备的控制效果、数据传输可靠性及抗干扰能力；

- 3) 第三方检测验证，委托具备相应资质的第三方机构实施，生成第三方检测报告作为软件适配优化验收的核心依据；
- 4) 验证合格标准，软件运行无异常、环境及设备数据采集误差在允许范围、控制指令响应及时准确、抗干扰能力符合行业标准要求。
- 5) 验证记录，宜做好软件优化及验证测试全过程记录，详细记录优化内容、优化时间、验证方法、验证数据、验证结论等信息，记录资料存档备查。

### 9.3 预测性维护管理

#### 9.3.1 环境参数预警

储能系统运行管理过程中，宜重点关注环境参数变化对系统性能及安全性的影响；可参考以下内容进行环境参数预警的设置。

- a) 宜优先对沙戈荒地区典型环境影响因素设置预警参数，包括沙尘（含沙尘天气等级、颗粒物浓度）、环境温湿度（含极端高温、极端低温、高湿）等，结合系统设备特性及运行需求补充其他相关环境参数。
- b) 宜结合设备厂家提供的耐受范围，划分不同预警级别（如一般预警、较重预警、严重预警）并设定对应阈值，可参考气象部门沙尘等级划分标准，结合储能站设备密封防护能力设定分级预警阈值，提前预警并采取防护措施；根据电池舱、PCS 设备等核心设备的适宜运行范围，设定预警区间，避免因温湿度异常影响设备运行效率或引发安全隐患。
- c) 宜建立完善的环境监测系统，合理布设监测点位，实现对关键环境参数的实时采集、传输与分析；环境监测系统宜与储能系统 EMS（能量管理系统）联动，确保预警信息的准确性、及时性，便于运行人员快速响应处置。

#### 9.3.2 环境影响数据统计分析

宜定期对环境因素影响储能系统性能的数据进行分类统计与分析，全面评估环境因素对系统运行的影响程度，具体可参考以下内容：

- a) 宜分类统计沙戈荒地区主要环境影响因素的相关数据，包括沙尘天气发生频次、持续时长及对应的系统充放电效率、设备故障率数据；不同温湿度区间下的电池衰减速率、PCS 设备运行效率数据；土壤电阻率变化对系统接地性能、设备防腐效果的影响数据等。
- b) 宜采用系统化分析方法，对统计数据进行处理、分析，识别不同环境因素对储能系统性能的影响规律，明确主要环境影响因子及其影响权重。可结合历史运行数据、设备监测数据等，建立环境因素与系统性能的关联分析模型，提升分析结果的科学性。
- c) 宜根据数据统计分析结果针对性应用于系统运行优化及设备改进。当统计结果显示高温环境下电池性能下降显著时，可改进电池舱散热设计、优化充放电运行策略，或选用耐高温性能更优的电池产品；当沙尘天气导致设备故障率偏高时，可强化设备密封防护措施、优化防尘清洁周期等。

## 10 故障处理

### 10.1 环境诱因故障诊断

沙戈荒地区储能系统宜制定由沙尘侵入、极端温湿度等环境因素诱发的故障诊断计划，包括诊断流程、诊断方法与核心要求，确保快速定位故障根源、精准处置，具体可参考以下内容：

- a) 宜建立完善的环境-设备联动监测体系，实时记录沙尘浓度、温湿度等环境参数变化，同步存储设备运行数据（含电流、电压、温度、密封状态等），监测数据留存时间宜不低于 1 年，为故障诊断提供基础支撑。
- b) 系统出现异常告警或运行故障时，宜优先排查与环境因素直接相关的部件，重点检查电池舱密封性、滤网堵塞情况、散热系统运行状态、保温层完整性及电缆接口防护情况，排查结果形成书面记录。

- c) 对于疑似沙尘侵入引发的故障，宜采用颗粒计数器检测设备内部沙尘浓度，结合设备历史运行数据、维护记录及同期环境监测数据，综合判断故障根源；诊断过程中做好设备防护，防止二次沙尘侵入或部件损坏。
- d) 对极端温湿度导致的故障，宜核对温度传感器、湿度传感器数据真实性，检查散热风扇、加热装置、空调系统等温控设备运行状态，验证电池、PCS 等核心设备关键部件（电极、隔膜等）性能，判断是否因温湿度异常导致部件老化、失效。
- e) 故障诊断完成后，宜明确故障诱因、受损部件及处置方案，诊断记录与后续维修、维护记录关联存档；同时宜针对性优化环境防护措施或运维周期，防范同类故障重复发生。

## 10.2 恶劣天气故障处理安全

恶劣天气（沙尘暴、极端高温/低温、强风等）下开展故障处理，宜加强人员安全防护，制定严格的安全防护措施、作业规范及应急保障机制，具体可参考以下内容：

- a) 在沙尘暴、强风天气下开展户外故障处理，运维人员宜配备符合安全作业标准的专业防护装备，包括防尘口罩、防风护目镜、防风服、防滑鞋等，高温环境下宜配备防暑降温装备，低温环境下宜配备防寒保暖装备。
- b) 宜合理规划恶劣天气下故障处理作业时段，沙尘暴、强风、极端高温（大于等于 35℃）、极端低温（小于等于 -20℃）时段，不宜开展非紧急户外作业，需应急处置的故障宜限制户外作业时间，根据天气强度动态调整作业时长，并安排专人全程监护。
- c) 宜提前规划故障处理现场的逃生路线和紧急避难场所，明确疏散信号和联络方式，确保突发天气加剧时运维人员能够迅速撤离；作业现场宜配备应急救援物资（急救箱、应急通讯设备等），确保人员受伤或被困时能够及时处置。
- d) 宜定期对运维人员开展恶劣天气故障处理专项培训，培训内容包括安全防护规范、应急处置技能、操作规程及逃生自救知识，培训考核不合格者不宜参与恶劣天气故障处理作业，每年宜组织不少于 2 次恶劣天气故障处理应急演练，提升应急处置能力。

## 10.3 故障分级处理

宜建立科学的故障分级处理机制和多方联动救援协调体系，明确故障分级标准、处置流程及责任主体，确保故障快速响应、高效处置，具体可参考以下内容：

- a) 宜根据故障严重程度、影响范围及处置难度，将储能系统故障分为三级：危急故障、严重故障、一般故障：
  - 1) 危急故障指导致系统全面停运、引发电网波动或存在重大安全隐患（如电池起火、大规模漏电等），应紧急处理的设备故障；
  - 2) 严重故障指设备处于异常状态，可能发展为事故，但设备仍可在一定时间内继续运行，应加强监视并进行检修处理的故障；
  - 3) 一般故障指设备本身及周围环境出现不正常情况，一般不威胁设备的安全运行，应列入年、季检修计划或日常维护工作中处理的故障；
  - 4) 具体故障内容可参考附录 A 中内容。
- b) 分级处置流程，
  - 1) 危急故障宜立即启动应急预案，现场运维人员立即采取安全隔离措施，同时上报区域救援指挥中心，调动区域内可用资源（维修团队、设备备件、救援车辆等）开展抢修；
  - 2) 严重故障宜由现场运维团队立即上报技术支持部门，协同技术人员制定处置方案并实施；
  - 3) 一般故障可由现场运维人员按照操作规程自行处置，处置完成后上报并归档记录。

# 11 安全管理

## 11.1 消防设施配置与预案

针对沙戈荒地区干燥多风沙、灭火救援条件有限的特点，宜制定消防设备管理方案和消防应急预案，确保火灾事故发生时能够快速响应、有效处置，具体可参考以下内容：

- c) 宜建立消防设施定期检查、维护与校验制度，宜每月开展一次外观检查与功能测试，每季度开展一次全面校验，重点检查设备密封性、抗风沙性能及功能完整性，发现设备损坏、失效或性能下降时立即维修或更换，防止消防设施带病运行。
- d) 宜制定详细的火灾应急预案，预案宜明确火灾报警流程、人员疏散路线、灭火处置措施、责任分工等核心内容；疏散路线宜结合沙戈荒地地形特点合理规划，明确紧急避难场所位置，确保疏散通道畅通无阻。

## 11.2 应急响应流程

当沙戈荒地区可能发生沙尘暴、强降雨、地震等极端天气与自然灾害时，可参考以下内容进行处理：

- a) 宜建立分级应急响应机制，明确各级应急响应的触发条件、责任主体及响应流程，根据灾害等级、影响范围划分应急响应级别，确保不同场景下均能快速启动对应响应措施。
- b) 应急响应流程宜详细规定从预警发布到应急处置、后期处置的全流程步骤。预警发布后，立即启动设备防护措施，包括关闭设备舱门、加固外部设施、切断非必要电源等，并安排专人24h监控系统运行状态；灾害发生后，组织人员撤离至安全区域，迅速评估人员状况及设备损失情况，同步协调救援资源开展应急处置。

## 12 报废与回收

储能系统及核心设备（电池、PCS、BMS/EMS等）达到使用年限或因环境损伤、故障等无法修复时，宜进行报废与回收工作：

- a) 储能系统及设备报废判定标准宜结合以下因素：
  - 1) 设备使用年限达到厂家技术说明书及相关行业标准规定的设计使用寿命；
  - 2) 经专业检测，设备因沙尘腐蚀、极端温湿度损伤、重大故障等导致核心性能不可逆衰减，无法满足安全运行及涉网技术要求，且修复成本超过设备重置价值；
  - 3) 国家及行业现行标准明确淘汰的设备类型；
  - 4) 发生重大安全事故或环境损害事故，经评估无法整改合格的设备。
- b) 宜建立报废回收处置流程，明确责任主体。储能系统运营商宜按设备类型（电池类、电气设备类、机械结构类等）分类整理，委托具备环保资质及相关专业能力的回收单位实施回收。
- c) 报废回收过程宜强化环境保护措施，契合沙戈荒地区生态保护需求。回收现场宜采用防风沙、防泄漏、防扬尘措施，避免废旧设备扬尘污染、电池电解液泄漏污染土壤及水源；回收运输过程中，宜对废旧设备进行密封包装，防止运输途中设备散落或有害物质泄漏；回收处置完成后，对现场进行清理、检测，确保无二次污染残留。
- d) 宜建立报废回收全流程记录台账，详细记录报废判定报告编号、报废设备清单（名称、型号、使用年限、报废原因）、回收单位资质证明、回收运输信息、处置方式及处置结果等内容，记录资料存档备查。

## 13 档案管理

宜建立储能系统全生命周期档案管理体系，包括档案的收集、留存、查阅及保管工作，确保档案信息完整、准确、可追溯，具体可参考以下内容：

- a) 档案管理宜覆盖储能系统项目全生命周期，核心内容包括：项目立项批复、可行性研究报告、接入系统设计报告、设备采购合同及技术说明书、施工及验收资料、并网申请及批复文件、调度协议及并网协议、运行记录（含环境监测数据、设备运行参数）、运维记录（含沙尘清理、滤网更换、稳固性评估等）、故障诊断与处置记录、安全培训与考核记录、消防设施维护记录、应急演练记录、报废回收相关资料及其他关键技术与管理文件。
- b) 宜建立档案定期收集机制，明确专人负责档案管理工作，确保各类资料及时、完整收集，无遗漏、无缺失；档案留存期限宜根据储能系统规模和存储能力动态调整，核心技术资料、安全记录、报废回收资料等重要档案留存期限宜不低于8年，电子档案与纸质档案宜同步留存，电子档案采取加密、备份等安全措施，防止数据丢失或篡改。

- c) 宜建立档案查阅管理制度，明确查阅权限及查阅流程，档案使用过程中做好记录，确保档案追溯可查。

附录A  
(规范性)  
储能系统故障分类

储能系统故障分类如表A.1所示。

表 A. 1 储能系统故障分类表

故障等级	具体故障内容
危急故障（一级）	电池本体： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电芯热失控（冒烟/起火/爆炸）；</li> <li>2. 单体/模块/簇电压一级越限；</li> <li>3. 电池舱温度<math>\geq 60^{\circ}\text{C}</math>或温升<math>\geq 10^{\circ}\text{C}/\text{min}</math>；</li> <li>4. 直流侧短路、电弧故障。</li> </ol> PCS/电气： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PCS 功率模块击穿、IGBT爆炸；</li> <li>2. 并网开关爆炸、母线短路；</li> <li>3. 高压系统接地故障、触电风险。</li> </ol> 消防/安防： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 消防系统失效、灭火装置故障；</li> <li>2. 电池舱浓烟/明火、可燃气体浓度爆表。</li> </ol>
严重故障（二级）	电池本体： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 单体电压二级越限（<math>\pm 10\% \sim \pm 15\%</math>）；</li> <li>2. 单体温度 <math>45 \sim 60^{\circ}\text{C}</math>、温差<math>\geq 8^{\circ}\text{C}</math>；</li> <li>3. 电池簇一致性严重恶化（压差<math>\geq 50\text{mV}</math>）；</li> <li>4. 单簇绝缘电阻<math>&lt; 100\text{k}\Omega</math>。</li> </ol> PCS/电气： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PCS 变流器故障、并网失败；</li> <li>2. 冷却系统故障（液冷漏液、风冷全停）；</li> <li>3. BMS/EMS/PCS 通信全中断；</li> <li>4. 接地电阻超标（<math>&gt; 0.5\Omega</math>）、防雷失效。</li> </ol> 辅助系统： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 消防告警（烟感/温感动作）；</li> <li>2. 舱体严重漏风、温控失效。</li> </ol>
一般故障（三级）	电池本体： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 单体电压轻微越限（<math>\pm 5\% \sim \pm 10\%</math>）；</li> <li>2. 单体温度 <math>35 \sim 45^{\circ}\text{C}</math>、温差 <math>5 \sim 8^{\circ}\text{C}</math>；</li> <li>3. 电池簇一致性轻微偏差（压差 <math>20 \sim 50\text{mV}</math>）。</li> </ol> PCS/电气： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PCS 散热风扇单台故障、噪音异常；</li> <li>2. 单体传感器故障（电压/温度采集异常）；</li> <li>3. 局部通信中断（单簇BMS告警）。</li> </ol> 辅助系统： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 空调/除湿机启停异常；</li> <li>2. 舱门密封老化、轻微风沙侵入；</li> <li>3. 指示灯/仪表显示异常、轻微告警。</li> </ol>