

通信机房蓄电池热失控风险预警与安全防护技术研究

张宏鹏

中国电信集团有限公司潍坊分公司 山东 潍坊 261061

摘要: 通信机房蓄电池承担后备供电任务,运行阶段滋生的热失控隐患会对机房设备安全形成直接威胁。电池本体损耗、机房环境扰动、装配缺陷以及工况波动都会推动风险逐步演化。本文梳理风险信号采集、归集处理与判别相关思路,阐述预警体系的数据流转、层级划分、信息输出以及联动触发实现方式,从被动防护、环境调控、电气处置、现场隔离几个方面落实安全防护手段,削弱热失控带来的破坏作用,提升蓄电池在机房场景下的运行安全水平。

关键词: 通信机房; 蓄电池; 热失控; 风险预警; 安全防护

引言: 通信机房供电稳定性维系各类通信业务持续运转,蓄电池作为后备供电单元,长时间处在充放电交替的运行状态。内部材料老化、外部条件扰动会催生各类异常变化,热量持续积聚便会触发热失控现象。故障演变过程隐蔽,早期异常很难被及时察觉,险情爆发之后会带来高温、起火等不良状况。梳理风险形成的各类条件,搭建适配机房场景的预警逻辑,配套对应的防护处置手段,能够减少险情发生带来的各类负面影响。

1 通信机房蓄电池热失控诱发相关因素

1.1 蓄电池本体内部状态带来的诱发条件

蓄电池内部物质发生变化,会逐步积累触发热失控的前置条件。极板活性物质出现损耗,会改变电池内部的电荷传导状态,充放电环节出现异常产热。隔膜出现老化破损,内部正负极形成异常通路,局部区域热量不断积聚。电池内部产气堆积,壳体承受的内部压力持续抬升,进一步加剧内部反应速率。极板腐蚀带来的杂质散落于电解液当中,催化各类副反应持续发生。这类内部变化大多起始于电池长期运行损耗,外部很难直接察觉,热量会在壳体内部逐步积蓄,一步步推进热失控的发生进程^[1]。电池服役年限不断增加,内部各类劣化进程会持续加快,微小的内部缺陷会在反复充放电循环下不断放大。壳体外观没有明显损伤,也不能代表内部电化学状态维持在可靠水平,内部的劣化进程会持续积蓄能量,为热失控的出现埋下隐患。

1.2 机房内部环境条件对蓄电池运行的干扰

机房空间的各类环境条件会直接作用于蓄电池组,改变电池的散热状态。机房空间散热通路受阻,电池产生的热量无法向外散出,电池本体温度出现抬升。空间温湿度出现长期偏移,加速电池外壳、接线部位的老化变质。机房内部气流排布不合理,部分电池长期处于气流盲区,和其余电池形成明显温度差异。机房内积聚的

粉尘附着在电池壳体表面,覆盖散热表面,削弱壳体向外散发热量的能力。环境层面带来的干扰不会立刻造成故障,会持续作用于电池,放大内部异常反应带来的热量累积。机房运维作业带来的外来浮尘、水汽会随空气流动侵入电池接线缝隙,慢慢侵蚀金属构件。局部区域温度长期偏高,还会加快电解液挥发速度,改变电池内部电解液实际存量,间接加剧单体性能的分化现象。

1.3 蓄电池组连接装配层面的潜在诱因

蓄电池组依靠大量连接件完成串并联排布,装配环节遗留的问题会埋下故障隐患。接线端子紧固程度不足,运行过程出现接触电阻增大,通电之后局部位置持续生成热量。连接件材质选型不当,长期通电之后出现氧化锈蚀,改变回路当中的导电状态。电池排布间距设置不合理,电池单体之间缺少散热空隙,单体产生的热量互相叠加蔓延。接线走线排布混乱,线缆长期挤压摩擦,绝缘层出现破损,衍生出局部发热现象。装配遗留的各类问题会跟随充放电工况不断放大,逐步向电池本体传导热量,催生热失控风险。

1.4 蓄电池持续运行过程中的工况扰动因素

蓄电池承担机房后备供电任务,充放电工况波动会对电池形成持续扰动。充电环节电压管控出现偏差,单体电池长期处于过充状态,内部化学反应被强行激活,产热规模不断上升。深度放电之后回充处置不到位,极板状态得不到修复,加剧电池内部损耗。负载切换带来电流剧烈波动,电池承受频繁冲击,加速内部部件损耗。电池组内部单体之间出现性能分化,部分单体承受超出自身承受范围的充放电负荷。工况层面的扰动反复作用于电池,一点点消耗电池耐受余量,推动热失控相关条件逐步生成。

2 蓄电池热失控风险信号采集与判别思路

2.1 蓄电池运行状态信号采集方向

蓄电池处在持续的充放电循环当中,内部细微变化会通过电气、物理形式向外显现。单体电压会随内部损耗发生偏移,完整记录充放电周期内的电压波动,从中捕捉偏离常态的变化趋势^[2]。电池表面温度会随内部副反应发生起伏,持续跟踪各处温度变化,定位局部温升异常的单体。充放电阶段的电流波动同样具备参考意义,从中分辨工况突变带来的运行改变。壳体发生鼓胀形变,也是内部反应加剧的外在表现,需要纳入观测范围。采集工作不能只盯住电池组整体参数,要下沉到每一只单体。采集点位布置在故障容易萌发的关键部位,捕捉早期阶段微弱的异常表现。

2.2 机房局部环境感知信息获取途径

蓄电池内部反应出现异常时,周边小范围环境会随之产生相应改变。在电池组排布区域布设感知单元,监测周边空间温度的起伏波动。电池内部材料分解会释放特征气体,感知设备可以捕捉这类气体浓度的变动。布设点位避开空调直吹的区域,防止气流扰动干扰真实监测结果。感知装置贴近电池组安装摆放,远离机房其他发热设备带来的干扰。不同分区分别配置感知单元,避免局部异常被整体环境数据掩盖。立足于电池周边狭小空间完成数据采集,还原电池真实所处的周边条件。

2.3 多维度运行信息的归集处理方式

现场设备采集回来的原始数据混杂不少干扰成分,不能直接拿来作风险判断。筛除设备扰动造成的无效采样,过滤偶然跳动产生的错误数据。区分电池正常工况波动和故障引发的数据偏移,剔除充放电切换瞬间带来的瞬时干扰。按照来源对各类信号做分类梳理,拆分出电池本体数据与环境感知数据。理清不同信号出现变化的先后次序,梳理各类参数之间的演变关联。剔除失真采样内容之后,留存可以反映真实运行状况的有效数据,供给后续判别环节调用。

2.4 热失控风险特征的判别逻辑

经过处理的运行数据,能够用来识别电池逐步滋生的故障苗头。参照电池正常运行阶段的数据表现,找出脱离正常区间的数据变化。既要留意单一指标持续偏移的现象,也要关注多项指标同步异动的情况。不依靠单次信号就下定风险结论,持续跟踪参数随时间的演变过程。分清瞬时扰动造成的数据跳动,和缓慢累积形成的异常演化。顺着参数偏移程度划分不同处置层级,识别风险逐步升级的完整过程。输出对应的风险提示,指引后续防护环节开展对应处置。

3 通信机房蓄电池热失控风险预警实现方式

3.1 风险信号的实时传递处置模式

机房内部各类监测点位不间断产出采样数据,整套预警体系需要稳定的数据流通路作为支撑。采集终端抓取电池本体以及周边环境产生的监测数据,向处理单元持续推送采样内容。传输通路做好干扰隔离,削弱机房内部电气噪声带来的数据畸变^[3]。原始数据流抵达处理单元之后,优先完成初步甄别,过滤掉瞬时扰动带来的无效采样。异常信号出现时,减少中间转发环节带来的时延,让异动信息尽快抵达后续处理模块。区分常规运行数据流和异常风险数据流,对风险相关内容分配更高的处理优先级。维持数据链路稳定,避免链路中断造成风险信号丢失,保障异常变动可以被及时捕捉。

3.2 多级预警层级的划分逻辑

蓄电池内部故障不会瞬间爆发,各类异常指标会跟随内部反应逐步发生改变。依据参数偏移的实际程度,搭建梯度化的预警层级。电池参数出现小幅偏离,故障处在萌芽阶段,划入低等级预警范畴,记录现场各类参数变化,持续跟踪参数演变走向。参数偏移持续加深,内部产热不断加剧,切换至中等预警层级,重点盯紧单体电池的温度、电压变化趋势。多项关键参数出现明显异动,故障演化进程加快,划入高等级预警层级。层级划分不能依托固定阈值简单判定,结合参数持续变化的过程完成等级判定。不同预警层级对应不一样的处置侧重,为后续动作提供明确参考。

3.3 预警信息向外输出的处理路径

判别模块完成风险识别之后,内部生成的告警内容还需要转化成可被运维感知的提示。对预警信息做内容整理,标注风险对应的电池位置、触发预警的参数类型。过滤重复生成的同类告警,规避短时间内大量重复信息造成的信息泛滥。区分不同等级预警对应的输出形式,低等级预警留存于系统内部完成记录,高等级预警向外推送提示内容。输出路径适配机房运维的实际作业条件,保障告警内容可以被相关人员获取。做好告警信息的标记,把采样时间、异常参数一并附带输出,方便运维人员快速定位问题源头。完整留存每一条输出的预警记录,供后续查阅调取。

3.4 预警状态下的联动触发逻辑

告警产生之后,机房内部硬件设备可以跟随风险状态做出对应的响应。低等级预警仅留存告警记录,不启动外部设备动作,持续观测电池运行状态。中等预警出现,触发对应监测点位的数据加密采集,提升采样频次,捕捉参数细微变化。高等级预警生效之后,向机房相关设备下发触发指令。联动动作需要匹配风险等级,避免低风险场景下启动高强度处置手段。联动执行之

后,持续读取电池以及机房设备的运行反馈,掌握处置动作带来的状态改变。不设置永久触发状态,跟随电池参数回落解除联动指令,结束对应的处置动作。

4 通信机房蓄电池热失控安全防护实施路径

4.1 蓄电池运行过程中的被动防护手段

蓄电池本体在长期充放电循环中会积累各类损伤,被动防护可以在故障萌芽阶段削弱恶化速度。电池壳体选用耐温抗形变的材质,延缓内部反应加剧带来的壳体破损。单体内部增设泄压结构,内部产气压力上升时完成泄压释放,遏制壳体炸裂这类极端情况发生。电池组内部设置隔热阻隔结构,单只电池出现异常产热,阻挡热量向周边相邻单体传导扩散。电池接线位置加装耐高温防护构件,降低接线部位过热引燃周边部件的概率^[4]。被动防护构件跟随电池本体同步部署,不用依托外部指令启动。构件性能需要适配机房长期连续运行的工况,减少日常维护带来的额外工作量,弱化故障向外蔓延的现实条件。

4.2 机房内部环境调控防护举措

蓄电池所处机房空间的环境状态,会直接左右热量积累与消散过程。机房散热系统做好分区管控,蓄电池摆放区域形成独立的散热调控范围。气流流向做出合理规划,冷空气能够均匀流经电池排布区域,消除局部气流盲区。散热设备运行状态保持稳定,避免局部区域温度长时间居高不下。机房内部做好防尘管控,减少粉尘堆积在电池外壳表面,维持壳体本身的散热能力。空间内部做好通风疏导,电池内部分解产生的气体可以顺利排出机房内部。环境调控不能只关注整体空间参数,重点关注电池组周边狭小区域,改善电池单体实际所处的散热条件。

4.3 蓄电池组电气回路防护处置方式

充放电回路的异常状态是诱发电池热失控的重要来源,电气层面的处置可以切断故障演化的驱动源头。充电回路增设管控单元,约束单只单体的充电电压区间,抑制过充现象持续发生。回路当中设置故障识别单元,捕捉电流异常抬升的现象,及时切断对应支路供电通路。电池组接线部位做好防护包裹,隔绝接线端子裸露带来的各类风险。回路布线做好整理梳理,线缆避免挤

压磨损,降低绝缘层破损衍生的发热隐患。电池组内部单体性能出现分化时,电气管控单元可以对偏离正常状态的单体做出干预。电气回路的防护动作优先阻断异常充放电输入,切断加剧电池内部副反应的能量供给。

4.4 风险出现后的现场隔离防护思路

风险已经显现的场景下,隔离防护用来压缩故障波及的范围,阻止险情进一步扩大。电池组排布区域划分独立空间,设置物理隔断结构,单只电池出现险情,限制火焰、高温气体向机房其他区域扩散。空间内部设置泄放通道,高温烟气与分解产生的气体定向排出,不在机房内部积聚。风险信号触发之后,隔离区域可以完成封闭处置,减少外部空气大量流入,抑制燃烧反应持续推进。隔离相关构件选用耐高温材质,承受高温冲击不会快速失效损坏。隔离处置启动之后,维持隔断结构的工作状态,直至现场险情得到处置。配合前期采集的位置信息,锁定故障发生的具体区域,把影响范围约束在有限空间之内。

结束语

蓄电池热失控由多重条件共同促成,风险演化存在循序渐进的发展过程。信号采集与判别可以捕捉早期阶段的异常苗头,分级预警实现不同风险程度的提示输出,联动机制推动设备做出对应响应。被动防护、环境调控、电气回路管控、现场隔离形成多层防护屏障,约束故障进一步向外扩散。机房现场工况处在动态变化,相关预警与防护环节需要匹配现场实际运行状态持续优化,降低热失控给通信机房带来的安全威胁。

参考文献

- [1]王磊,黄丰,莫辉强,等.一种通信机房蓄电池的评估方案[J].电力信息与通信技术,2025,23(9):67-72.
- [2]陈翔.基于大数据分析的通信机房蓄电池失效预警方法[J].通信电源技术,2025,42(22):109-111.
- [3]许昌盛.通信机房蓄电池放电测试方法对比与容量落后蓄电池的处理[J].通信电源技术,2022,39(5):150-152.
- [4]刘彤彤,杨威,田旭.通信电源可替代蓄电池产品(钠盐电池)技术研究及应用[J].智能建筑电气技术,2025,19(2):118-121.