

数据中心动环监控系统故障预警机制研究

姚 猛

天津江天数据科技有限公司 天津 300408

【摘 要】：针对数据中心动环监控系统中动力设备参数采集缺失、环境预警感知滞后及辅助系统信息孤岛等问题，可构建基于多源数据融合的故障预警模型，采用动态阈值算法与跨系统联动策略，并强化视频、门禁与BA系统的协同响应。通过嵌入式采集器实现数据实时同步与分级通知，以提升无人值守场景下的预警可靠性。该机制预期能够提升动力设备故障识别准确率与响应速度，降低环境异常导致的运行中断风险，同时为PUE优化与节能管理提供精准的数据基础，推动运维从被动处置转向主动预防。

【关键词】：动环监控系统；故障预警；动力设备；环境参数；多源数据融合

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.089

1 数据中心动环监控系统故障预警机制的关键问题分析

(1)动力设备故障预警的数据采集与参数监测缺失：数据中心动环监控系统中，动力设备故障预警依托关键运行参数的全面采集与实时监测，部分系统对柴油发电机仅监测三相输出电压、电流、功率等基础电气量，启动电池电压、燃油液位、工作模式及自动转换开关状态等参数采集存在空白，导致发电机启动失效或过载等故障无法提前预判[1]。开关电源虽可监测三相输入电压与输出电流，整流模块单体输出电流、主要分路电流及蓄电池充电电流等细化参数常存在缺失，难以精准定位模块级异常，UPS主机监测中整流器、逆变器及旁路部件故障状态参数采集不全，无法分辨工作模式切换时的潜在隐患，配电柜与列头柜监测短板同样明显，各回路开关状态、有功及无功功率实时数据未完整采集，无法早期识别过载或三相不平衡，这类数据采集缺失削弱故障预警的及时与精准程度，让潜在动力故障难以在萌芽阶段察觉。

(2)环境异常预警的感知滞后与联动响应不足：数据中心动环监控系统中，环境异常预警的感知滞后问题突出，传统温湿度传感器部署位置不当，例如安装在设备热出风口，导致采集数据无法真实反映冷热通道的实际环境状态。漏水监测多依赖定位式水浸传感器（漏水绳），但其布设范围有限，空调排水管及含水管道周边区域往往存在监测盲区。更为关键的是，预警与响应环节存在脱节。当温度过高触发报警时，系统虽能发出通知，却缺乏与精密空调、新风机组等设备的自动联动控制能力。例如，无法根据实时温湿度值自动调整空调的启动上下限阈值或调节电动阀开度。同样，漏水告警后，不能联动关闭进水阀门或启动排水风机。这种“只监不控”或联动响应滞后的状况，使得预警信息无法快速转化为有效处置动作，增

加了设备运行风险。

(3)辅助系统故障预警的集成度低与信息孤岛问题：数据中心动环监控系统中，视频监控、门禁管理、新风机组、氢气监测及各类风机监控等辅助系统往往独立部署，预警功能分散在不同子系统内。视频监控侧重于区域安全与事故追溯，门禁管理专注于人员授权与出入记录，而新风与风机监控则多纳入楼宇自动化系统（BA）单独控制。各辅助系统之间缺乏统一的数据接口与联动预警机制，导致漏水监测触发的报警无法自动关联摄像头调取对应区域画面，氢气浓度超标信号不能直接启动风机联动控制。系统间信息无法实时共享，形成了彼此隔离的数据孤岛。当某一辅助设备出现异常时，管理人员需要在多个监控终端之间分别查看和判断，难以快速获得全面的故障定位信息。辅助系统预警集成度低下，直接削弱了整个动环监控系统的综合感知能力和应急响应效率。

2 数据中心动环监控系统故障预警机制的优化路径

(1)基于多源数据融合的动力设备故障预警模型构建：动力设备故障预警模型的构建需整合柴油发电机、UPS主机、开关电源及蓄电池等多类型设备的运行数据。通过统一的数据采集器与总线传输方式，将发电机的输出电压、输出电流、液位及启动电池状态，与UPS的输入输出电力参数、电池总电压、充放电电流及工作模式等异构数据汇聚至监控平台[2]。同时纳入配电柜的三相电压、电流、有功功率以及各回路开关状态，形成跨设备的动力监控数据集。在此基础上，利用嵌入式采集器本地存储与数据库实时同步功能，对上述参数进行关联分析，设定各动力设备的关键阈值，如蓄电池单体内阻变化趋势、整流器故障码出现频率、发电机输出频率波动范围等。当多源数据间出现一致性偏离或某一参数序列超限时，平台可提前识别潜在故障征兆，例如由UPS旁路供电时间延长与电

池组电压下降共同触发的后备时间不足预警。该模型支持不同设备故障特征的交叉验证,提高预警准确性,避免单一参数误报。

(2)环境参数动态阈值设定与跨系统联动预警策略:环境参数的阈值设定需打破传统固定阈值模式,引入依托历史数据与实时负载的动态阈值算法。系统结合不同时段、季节更替及业务负载波动,自动适配温湿度、漏水、氢气浓度等参数的报警上下限,有效规避设备启停、季节性环境变化带来的误报与漏报问题,能够自适应识别精密空调启停造成的温度短时波动,区分正常工况波动与真实设备故障。同时搭建跨系统联动预警机制,把温湿度监测与空调、新风机组、风机控制系统深度融合,局部热点温度呈持续上升趋势却未触及固定阈值时,系统可提前预判态势,联动调控空调设定温度与风机转速实现前置干预。漏水检测出现异常后,自动调取对应区域监控画面,联动启闭进水阀门与排水设备完成闭环处置,氢气浓度超标时同步启动排风设备,借助动态阈值与智能联动策略,全面提升环境监测预警精准度与应急响应效率。

(3)视频门禁与BA系统协同的辅助故障预警增强方法:视频监控与门禁管理系统的数据接入动环监控平台后,可与BA系统形成联动预警。在电池室、空调间等重点区域,视频摄像机检测到异常烟雾、明火或人员非法闯入时,自动触发BA系统关闭对应区域的新风机、切断非必要电源,并联动门禁系统锁闭或释放通道。门禁系统的出入记录、刷卡失败次数与视频分析结果结合,能够识别非法入侵或内部误操作风险,提前预警人为故障。BA系统采集的漏水、氢气浓度、过滤网压差等信号,也可触发视频预置位自动巡航,快速复核现场情况。漏水绳报警的同时,BA系统自动关闭漏水区域空调电动阀,并联动摄像机抓拍。这种协同机制将视频、门禁的事件信号与BA系统的设备状态互为印证,避免了单一传感器误报导致的无效告警,提升了故障预警的准确性和响应速度。

3 数据中心动环监控系统故障预警机制的实施保障

(1)嵌入式采集与数据库同步的预警数据实时处理能力:嵌入式采集器在系统前端承担着原始数据的直接获取与预处理任务,其本地存储功能可保存3至12个月的数据,确保了历史预警信息的完整追溯。该采集器通过串口或网络以手拉手方式连接各组智能设备,实时采集柴油发电机三相电压、UPS输入输出参数、蓄电池单体电压及极柱温度、温湿度传感器数值等关键运行指标。采集到的数据与监控服务器数据库保持实时同步,这种同步机制使得前端任何异常波动

都能即刻反映至后端分析平台。当监测到的参数超出设定的阈值范围时,系统能够利用同步数据快速完成比对判断,无需等待数据批量上传或人工干预,从而为预警决策争取到宝贵时间。同步过程采用TCP/IP网络进行传输,B/S架构支持远程访问,确保采集器与数据库之间的数据交换高效可靠,避免了因数据传输延迟导致的预警滞后问题。

(2)远程集中监控架构下的预警信息分级与通知机制:在远程集中监控架构下,预警信息依据对数据中心运行影响的严重程度被划分为不同等级(见图1)。针对危及设备安全或可能导致宕机的紧急状况,如UPS输出过载、蓄电池温度过高或机房严重漏水,系统将其定义为最高级别告警,需立即触发应急响应流程[3]。对于配电柜三相电压不平衡、精密空调制冷效率下降或温湿度超出预设阈值等可能影响能效但未造成即时中断的异常,则归类为重要预警,需加强关注并安排检修。对于柴油发电机液位偏低、开关电源模块单体通信瞬断或门禁刷卡失败等不影响主要功能的偶发事件,则设定为一般提示。针对不同等级,系统联动短信网关、邮件服务器及声光报警器,实现分级通知:一级告警通过短信和电话语音同步通知所有相关管理人员,并在监控大屏闪烁提示;二级告警仅发送邮件和微信推送至值班工程师;三级告警则在系统日志中记录并生成事件报表。

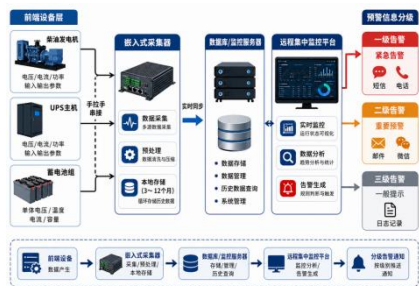


图1 数据中心无人值守场景下嵌入式采集与预警信息分级示意图

(3)无人值守场景中预警系统的可靠性与可扩展性设计:无人值守场景里,预警系统稳定运行依托冗余采集与本地存储方案。嵌入式采集器拥有3至12个月本地数据留存能力,可与监控服务器数据库即时同步,保障网络中断状态下数据完整、报警及时。系统采用手拉手串接模式将同组智能设备接入采集器,规避单点故障对整体链路的干扰。监控平台选用B/S架构适配可扩展性需求,借助TCP/IP网络实现数据传输,新增机房或微模块时仅需将新增设备的串口或网络接口接入现有采集器或服务器,无需对系统重构,UPS、配电柜、精密空调等智能设备均通过标准协议接口接

入,支持不同品牌型号混合组网,蓄电池、氢气传感器等模拟量设备采用总线方式汇聚信号,采集器可灵活扩展通道数,未来引入新型传感器或控制逻辑时,平台可在线升级监控点表和报警阈值参数,无需停机,监控系统预留与BA系统、视频门禁平台的接口实现横向扩展,多机房场景下各分监控服务器数据可汇总至总控中心,实现集中告警与远程运维,保障系统规模增长时预警响应及时性。

4 数据中心动环监控系统故障预警机制的预期应用价值

(1)提升动力设备故障识别准确率与响应速度:依托动环监控系统对柴油发电机、UPS主机及蓄电池组的实时数据采集与智能分析,可预期动力设备故障识别准确率得到提升。系统通过智能数据接口持续监测发电机的输出电压、电流、功率、频率及启动电池电压等参数,一旦检测到输出异常或启动失败等故障征兆,可立即触发预警[4]。对于UPS主机,系统实时监视输入输出及旁路电力参数、整流器与逆变器工作状态,能够精准识别旁路供电异常或部件故障。蓄电池监测模块通过对单节电池电压、极柱温度及充放电电流的连续追踪,可及时发现内阻增大或电压失衡等潜在问题。所有监测数据经由总线传输至采集器并与数据库同步,故障报警可在数秒内完成判断并推送,有助于缩短从故障发生到预警通知的时间间隔,从而提升响应速度,避免设备长期带病运行。

(2)预期降低环境异常导致的机房运行中断风险:通过对温湿度、漏水、精密空调等环境参数的实时监控,可实现对机房热环境和湿度环境的实时感知。当某区域温度异常升高时,系统自动触发报警并可与空调设备联动,及时调整制冷输出,有助于防止局部热点引发设备过热宕机。部署在空调主机、排水管等水源周边的定位式水浸传感器,能够在渗漏发生的第一时间检测到漏水并上报预警,维护人员得以在积水扩散前定位并处置渗漏点,可避免因水患造成供电短

路或设备损坏[5]。氢气监测模块实时采集蓄电池室内的氢气浓度数据,一旦浓度接近危险阈值即发出预警信号,可联动启动排风机进行强制通风,消除爆炸风险。此类预警机制预期能够将环境风险控制在萌芽阶段,从而有助于降低因环境失控导致的机房运行中断风险。

(3)预期夯实PUE优化与节能管理的数据基础:数据中心动环监控系统通过对UPS、配电柜、精密空调、温湿度传感器及漏水监测等设备的实时数据采集,可为PUE计算提供精确的输入参数,包括总用电量、IT设备能耗、制冷系统功耗及照明等其他能耗。系统能够区分不同机柜、微模块乃至整个机房的能效分布,识别出局部热点与过度制冷区域,从而有助于纠正传统粗放式管理中的能耗偏差。基于蓄电池组、开关电源及列头柜的监测数据,可分析出不同负载率下的功率因数与谐波畸变率,为调整变压器及UPS的冗余配置提供量化依据。通过长期存储温湿度与空调运行参数,系统能够建立环境变化与制冷能耗之间的关联模型,支撑制定动态温湿度设定策略并减少无效冷量损耗,最终预期使PUE优化从经验估算转向数据驱动的精准调节。

5 结语

数据中心动环监控系统故障预警机制通过整合动力、环境及辅助系统的多源数据,可实现故障识别准确率与响应速度的提升。嵌入式采集与数据库同步技术保障了预警数据的实时处理能力,动态阈值设定与跨系统联动策略有助于降低环境异常引发的运行中断风险。视频、门禁与BA系统的协同能够增强辅助故障预警的可靠性,远程集中监控架构下的分级通知机制可确保无人值守场景中预警信息的高效传递。整体机制能够夯实PUE优化与节能管理的数据基础,使数据中心运维从被动处置转向主动预防成为可能,为提升基础设施安全性与能效水平提供支撑。

参考文献:

- [1] 易秉虔,陈海东,李兆伟,等.电力企业数据中心机房动环监控系统的设计与实现[J].信息与电脑(理论版),2023,35(13):153-155.
- [2] 王从阁.动环监控系统在数据中心的应用和发展[J].智能城市,2021,7(14):167-168.
- [3] 万立勇.数据中心机房动力环境监控系统设计及优化探究[J].电工技术,2022,(15):164-167.
- [4] 李昱翰,胡春玲.浅谈数据中心动力环境监控系统的设计需求[J].通信与信息技术,2025,(04):27-31.
- [5] 聂希柱,范洪瑜.数据中心的环境监控系统设计与优化分析[J].集成电路应用,2023,40(10):256-257.