

后勤设备故障预警的物联网感知与自动化响应机制

李为栋 蒋艳丹

宁波市康复医院

DOI:10.12238/etd.v6i10.17176

[摘要] 本文聚焦后勤设备故障预警的物联网感知与自动化响应机制。先阐述物联网感知在设备监测中的应用,包括实时监测、参数采集与多设备协同。接着构建故障特征分析与感知指标体系。随后研发自动化响应机制,明确设计思路、原则,设计故障分级与预警、响应策略与流程。最后通过“硬件升级+软件开发+试点运行+全面推广”策略实现机制落地。该机制可提升后勤设备运行可靠性,降低运维成本。

[关键词] 后勤设备; 故障预警; 物联网感知; 自动化响应机制

中图分类号: TP277 文献标识码: A

IoT Sensing and Automated Response Mechanism for Logistics Equipment Failure Warning

Weidong Li Yandan Jiang

Ningbo Rehabilitation Hospital

[Abstract] This study focuses on the IoT sensing and automated response mechanism for logistics equipment failure warning. It first elaborates on the application of IoT sensing in equipment monitoring, including real-time monitoring, parameter acquisition, and multi-device collaboration. Subsequently, a fault feature analysis and sensing indicator system is constructed. An automated response mechanism is then developed, clarifying the design approach and principles, and designing fault classification and warning, as well as response strategies and procedures. Finally, the mechanism is implemented through the strategy of "hardware upgrade + software development + pilot operation + comprehensive promotion." This mechanism enhances the operational reliability of logistics equipment and reduces maintenance costs.

[Key words] Logistics Equipment; Failure Warning; IoT Sensing; Automated Response Mechanism

引言

后勤设备作为保障各类场所正常运转的关键要素,其稳定运行至关重要。然而,传统运维方式存在效率低、响应慢等问题,难以满足实际需求。物联网感知技术的兴起为后勤设备监测带来新契机,可实现设备状态实时感知与数据精准采集。基于此,构建后勤设备故障预警的物联网感知与自动化响应机制,能提前洞察故障风险,快速精准处置,降低损失,对提升后勤保障水平意义重大。

1 物联网感知在后勤设备监测中的应用

1.1 设备状态实时监测

物联网感知技术为后勤设备状态实时监测提供核心支撑,通过在各类后勤设备关键部位部署温度传感器、振动传感器、位移传感器等感知终端,实现设备运行状态的全天候不间断监测。传感器采集的设备运行状态数据经边缘计算节点初步处理后,通过5G、LoRa等通信技术传输至云端监测平台。平台采用可视化界面实时展示设备运行状态,当设备出现异常抖动、温度超标、运行卡顿等情况时,系统可立即捕捉并触发状态警示。

1.2 运行参数精准采集

基于物联网感知技术的后勤设备运行参数采集,突破传统人工采集的精度低、效率低、滞后性强等局限,实现多维度参数的精准采集与实时上传。针对不同类型后勤设备的运行特性,定制化部署专用感知模块,如对供水水泵重点采集流量、压力、转速等参数,对电梯设备重点采集运行速度、轿厢位置、门机开关时间等参数^[1]。感知模块采用高精度芯片,采集精度可达0.1%,同时具备抗电磁干扰、防水防尘等特性,适应后勤设备复杂的运行环境。采集到的参数通过时间戳标记后传输至数据中心,系统构建参数数据库实现历史数据存储与追溯。通过对精准采集参数的分析,可掌握设备运行规律,为设备运维提供数据支撑。

1.3 多设备协同感知

物联网感知技术实现后勤多设备协同感知,构建互联互通的感知网络,打破单一设备监测的信息孤岛。通过搭建统一的感知通信协议与数据传输标准,使空调、电梯、供水、供电等不同类型后勤设备的感知终端实现数据交互与协同工作。例如在办

在公区域后勤系统中，空调设备的温度传感器采集室内温度数据后，实时共享给新风系统的感知终端，新风系统根据室内温度自动调节新风量；同时，供电设备的电流传感器采集的能耗数据，可为空调、新风等设备的运行调节提供能耗参考。协同感知系统还具备联动监测功能，当某一设备出现异常时，相关联设备的感知终端会强化监测频率，为故障诊断提供全面数据。通过多设备协同感知，实现后勤系统整体运行状态的精准把控，提升系统运行的协调性与节能性。

2 后勤设备故障特征分析与感知指标体系构建

2.1 后勤设备故障现状与特征调研

后勤设备故障现状与特征调研通过实地勘察、运维数据统计、运维人员访谈等多种方式开展，全面掌握各类后勤设备的故障发生规律与特征。调研覆盖办公建筑、校园、工业园区等不同场景的后勤系统，涉及空调、电梯、给排水、配电等10余类常见设备，累计调研设备数量达2000余台，收集近3年运维故障数据15000余条。调研结果显示，后勤设备故障呈现明显的阶段性与关联性特征：电梯设备故障集中在门机系统与牵引系统，且运行满5年后故障发生率显著上升；空调设备故障多发生在夏季高温和冬季低温时段，压缩机故障与滤网堵塞故障占比达60%；给排水设备故障以管道泄漏和水泵卡阻为主，且泄漏故障多与管道使用年限及环境腐蚀相关。同时发现，80%的重大故障由初期微小异常未及时处理导致，为后续故障特征提取与指标构建提供关键依据^[2]。

2.2 后勤设备故障核心特征提取

基于调研获取的故障数据，采用统计分析、机器学习、故障树分析等多种方法开展后勤设备故障核心特征提取。首先对故障数据进行清洗与标准化处理，剔除异常数据与重复数据，构建标准化故障数据集；然后通过统计分析计算各类故障的发生频率、持续时间、影响范围等基础特征，确定高频故障类型。针对高频故障，采用机器学习算法构建故障特征模型，挖掘设备运行参数与故障发生的关联关系，例如通过随机森林算法分析空调压缩机故障数据，提取出排气温度波动幅度、电流峰值、运行噪音分贝值等核心特征；运用故障树分析方法，以电梯困人故障为顶事件，逐层分解得出门机开关延时、安全钳触发异常、控制系统信号中断等中间事件及底层故障特征。最终提取出各类后勤设备的故障核心特征，形成包含温度、压力、振动、电流等多维度的故障特征集合。

2.3 物联网感知指标体系构建

结合故障核心特征提取结果，遵循全面性、针对性、可操作性、实时性原则，构建后勤设备物联网感知指标体系。指标体系采用分层结构设计，分为一级指标、二级指标和三级指标三个层次。一级指标包括设备运行状态指标、性能衰减指标、安全风险指标3类；二级指标在一级指标基础上细化，如运行状态指标细化为运行参数指标、状态反馈指标等，性能衰减指标细化为参数漂移指标、响应速度指标等；三级指标为具体感知指标，结合不同设备特性设置，如空调设备的三级指标包括压缩机排气温

度、蒸发器温差、风机转速波动等，电梯设备的三级指标包括门机开关时间、轿厢振动加速度、曳引机转速等。每个感知指标明确标注测量范围、精度要求、采集频率及数据单位，例如供水水泵的压力指标测量范围设为0~1.6MPa，精度要求±0.01MPa，采集频率设为1次/秒。同时制定指标阈值标准，划分正常、预警、异常三个等级，为故障监测与预警提供依据。

3 后勤设备故障自动化响应机制研发

3.1 响应机制设计思路与原则

后勤设备故障自动化响应机制的设计，以“预防为主、快速响应、精准处置、降低损失”作为核心思路。这一思路旨在提前洞察潜在故障风险，在故障发生瞬间迅速做出反应，精准定位故障根源并采取有效措施，最大程度减少故障对后勤保障工作的影响，降低由此带来的经济损失。该机制依托物联网感知数据与故障特征分析结果，构建“感知-分析-预警-处置-反馈”的闭环响应体系。在感知环节，通过各类传感器实时收集设备运行数据；分析阶段，运用先进算法对数据进行深度剖析，识别故障特征；预警环节，根据分析结果及时发出警报；处置阶段，按照预定策略进行故障处理；反馈环节则将处置结果反馈至系统，形成完整循环。设计过程中严格遵循四项原则。及时性原则借助边缘计算技术，实现故障数据在本地快速分析，将故障识别与响应时间大幅缩短，确保故障发生后30秒内启动初步响应^[3]。分级处置原则依据故障影响范围、严重程度划分不同等级，为每个等级匹配相应处置资源与流程，避免资源浪费。智能化原则融入专家系统与机器学习算法，使系统能够自动诊断故障原因并智能推荐处置方案。兼容性原则确保响应机制适配不同品牌、型号的后勤设备及现有物联网监测平台，降低系统改造难度与成本。这些原则共同为响应机制的具体设计与落地提供了清晰、全面的指导框架。

3.2 故障分级与预警机制设计

故障分级采用“影响范围+严重程度+恢复时间”三维评价标准，对后勤设备故障进行科学、细致的划分。一级故障属于轻微故障，仅对单台设备的局部功能产生影响，恢复时间通常在1小时以内。这类故障一般不会对整体后勤工作造成重大阻碍，但也需要及时处理以避免问题扩大。二级故障为一般故障，会影响单台设备的正常运行，恢复时间在1~4小时之间。此时设备的功能受限，可能对部分工作流程产生一定影响。三级故障属于严重故障，会影响多台关联设备的运行，恢复时间在4~24小时。这类故障往往会导致某个区域或环节的后勤工作陷入困境。四级故障为重大故障，会对整个后勤系统的运行造成影响，恢复时间超过24小时，可能引发严重的后勤保障危机。预警机制与故障分级紧密对应，设置蓝、黄、橙、红四级预警。预警触发基于物联网感知指标阈值，当感知指标达到相应预警阈值时，系统自动计算故障等级并触发对应预警。预警信息通过短信、APP推送、平台弹窗等多种方式同步至运维人员，同时附带故障设备位置、故障特征数据等详细信息，方便运维人员快速了解情况。对于三级及以上故障，系统自动启动应急联络机制，同步通知后勤管理负

责人与设备厂家技术人员，确保预警信息能够高效传达至相关责任人，为故障的及时处理争取宝贵时间。

3.3 自动化响应策略与流程设计

针对不同等级故障，设计了差异化的自动化响应策略与流程。对于一级故障，采用全自动化处置策略。系统根据故障类型自动发送控制指令，以空调滤网堵塞故障为例，系统会自动启动滤网清洗提醒，并调节风机转速降低负荷，防止设备因过载而进一步损坏。其处置流程为“感知指标超标→自动诊断→发送控制指令→处置结果反馈”，整个过程无需人工干预，高效快捷。二级故障采用“自动化预处理+人工处置”策略。系统先执行初步处置措施，控制故障扩大。如水泵压力异常时，系统自动调节阀门开度，稳定水流。同时，推送人工处置工单，通知运维人员进一步处理。流程包括“指标超标→自动预处理→工单派发→人工处置→结果确认”，自动化预处理为后续人工处置争取时间，提高故障处理效率。三级及四级故障采用“应急联动处置”策略。系统立即切断故障设备电源或隔离故障区域，防止故障蔓延，同时启动备用设备，保障后勤工作的基本运行。并联动应急维修团队与设备厂家，共同开展故障处理工作。流程为“故障识别→紧急隔离→备用启动→多方联动处置→系统恢复→故障复盘”，通过多方协作，快速恢复系统正常运行，并对故障原因进行深入分析，总结经验教训，为后续故障预防提供参考。所有响应流程均通过系统详细记录，形成故障处置档案，为后续流程优化提供有力的数据支撑。

3.4 响应机制落地实现

响应机制落地实现采用“硬件升级+软件开发+试点运行+全面推广”的分步实施策略。在硬件方面，对现有物联网感知终端进行全面升级。新增边缘计算模块，提升本地数据处理能力，使设备能够在本地快速完成数据分析和初步判断，减少数据传输延迟。部署智能控制模块，实现设备的远程操控，方便运维人员在异地对设备进行操作和调整。搭建应急通信备份通道，确保在故障发生导致常规通信中断时，仍能保持通信畅通，保障信息及时传递。软件方面，开发故障自动化响应系统。该系统集成数

据采集、故障诊断、预警推送、工单管理、应急联动等多种功能模块。采用B/S架构，实现多终端访问，运维人员可以通过电脑、手机等设备随时随地访问系统，进行故障处理和管理。同时，与现有运维管理系统、设备控制系统实现数据对接，打破信息孤岛，实现数据的共享和协同工作。选取工业园区后勤系统作为试点，接入空调、供水、配电等50台关键设备。开展为期3个月的试点运行，期间共处理各类故障86起^[4]。其中，一级故障自动化处置成功率达92%，故障平均恢复时间缩短40%，试点效果显著。根据试点反馈，对系统功能进行优化，调整故障分级阈值与响应策略，使其更加符合实际需求。随后，在办公建筑、校园等不同场景进行全面推广。通过培训提升运维人员的系统操作能力，使其能够熟练掌握系统的使用方法。建立定期维护与升级机制，确保响应机制长期稳定运行，持续为后勤设备故障处理提供有力保障。

4 结束语

后勤设备故障预警的物联网感知与自动化响应机制，通过物联网感知技术实现设备全面监测，结合故障特征分析与指标体系，构建了完整的闭环响应体系。试点与推广应用表明，该机制显著提升故障处理效率与设备运行可靠性，降低运维成本。未来，随着技术发展，将进一步优化机制，提升智能化水平，为后勤设备运维提供更坚实保障，推动后勤保障工作向智能化、高效化迈进。

【参考文献】

- [1] 范玉刚.基于物联网技术的医院电力后勤设备管理与运维研究[J].消费电子,2025(3):131-133.
- [2] 林彦斌.医院总务后勤设备精细化管理工作的思考[J].中国设备工程,2024,(10):50-52.
- [3] 邵伟,邵军,郭诚刚.医院智慧后勤运维平台设备报警功能优化与实现[J].中国医院建筑与装备,2024,25(03):12-16.
- [4] 张官鹏.基于深度学习的变电设备状态监测与故障诊断技术分析[J].集成电路应用,2024,41(05):228-229.