

基于物联网的建筑机电安装支吊架安全监测方法

商静一 杨群

武汉烽火信息集成技术有限公司 湖北 武汉 430205

摘要：基于物联网技术构建的建筑机电安装支吊架安全监测系统，可实现对支吊架结构状态进行实时监测和预警，该系统凭借部署多种传感器设备，收集支吊架的应力应变数值、振动频率参数以及环境温湿度信息，然后将关键指标传送到云端监测平台做智能分析，系统具备自动识别异常状态的能力，若监测数值超出了预先设定的阈值范围，会及时启动报警机制，整个监测流程包含的数据采集、传输处理、状态评估及应急响应属于其环节，以此保障建筑机电系统运行的安全性与可靠性。

关键词：物联网；建筑机电安装；支吊架；安全监测方法

引言：在现代建筑的范畴内，机电设备安装质量直接影响到整体建筑的安全性能，支吊架作为承载各类管道线路的关键组件，其稳定状况对建筑功能的实现起着关键作用，传统人工巡检模式存在明显局限，一是监测盲区大，难以覆盖高空、隐蔽部位支吊架；二是反应速度慢，异常状态需人工发现后反馈，易延误处置时机；三是人力成本高，需投入大量巡检人员开展定期排查，难以达到现代化建筑安全管理要求^[1]。物联网技术的发展为解决这一难题提供了新的技术方案，通过构建智能化监测网络，可实现对支吊架状态的24小时全天候监控，依靠传感器技术的数据采集途径可精确获得结构受力的变化情况，与云计算平台的数据处理能力相结合，构建完整的安全监测体系，该技术方案在实现监测精度提升的同时，降低了人力支出的成本，为建筑机电系统的长久平稳运行提供了有力后盾。

1 物联网监测系统架构设计

1.1 硬件设备配置方案

支吊架安全监测系统的核心硬件包含多种类型的传感器节点、数据采集终端、无线通信模块和电源管理单元，应变传感器的作用是检测支吊架材料内部的应力分布情况，采用精密测量技术获取结构受力变化的量化数据，其中高温环境（如机房高温区域）优先选用耐高温光纤应变传感器，普通环境可选用电阻应变片；传感器部署需遵循《建筑机电工程抗震设计规范》（GB 50981-2014），主梁、立柱等关键受力部位每 1.5-2m 部署 1 个，次要受力部位每 3-5m 部署 1 个。加速度传感器可捕捉支吊架受外部载荷作用时的振动响应特征，记录频域以及时域内的动态特性参数，优先部署于支吊架与管道连接处。温度传感器监测周边环境温度变动对金属材料热胀冷缩效应的影响大小，湿度传感器聚焦水分含量对

结构腐蚀过程的促进功效，高湿度环境（如地下室、卫生间周边）选用防水型湿度传感器；位移传感器精准度量支吊架几何形状的微小变化值，为测定结构变形程度提供可靠佐证，重点部署于支吊架悬挑端及接头部位^[2]。

1.2 数据传输网络构建

监测数据的传输流程依照分层网络架构设计思路，底层传感器节点采用短距离无线通信技术聚合至边缘网关设备，网关装置具备协议转换能力，将不同制式的数据包统一为标准格式，完成压缩加密处理后上传至云服务器平台，传输过程里采用冗余路径设计举措，若主通信链路出现了故障，自动转至备用通道，维持数据传输的连贯性。网络拓扑结构采用星型与网状组合的布局样式，既保留了集中管理的便利性，同时提高了网络的容错能力，数据传输协议设计充分考虑建筑工地复杂电磁环境的自身特点，采用抗干扰效果佳的调制解调技术，保障信号的传送质量，时间戳、设备标识码、校验字段等必要信息是数据包格式所包含的，便于后续推进数据分析处理相关工作^[3]。

1.3 云端服务平台部署

云端服务平台采用了分布式计算架构的设计理念，负载均衡器、应用服务器集群、数据库系统以及存储设备共同构成完整的服务体系，负载均衡器按照各服务器当前的工作负荷情形，智能分配计算任务，防止单点过载问题影响系统整体的性能表现，应用服务器集群运行数据处理与分析算法，采用机器学习手段识别潜在安全问题并生成相应的预警报告。数据库系统采用主从复制这种模式，实现数据存储的高可用状态，按一定周期执行备份，消除数据丢失潜在的风险，平台软件架构以微服务设计原则为基础，把各项功能进行模块化封装，利于系统维护升级工作的开展实施，用户界面可实现直观的可视化展示功能，能实现图表绘制、趋势分析、报表

生成等多种数据呈现样式。应用程序接口（API）设计依照表述性状态转移（RESTful）规范要求，给第三方系统集成预留扩充空间，平台运维监控系统实时监控服务器运行状态，及时察觉并处理硬件故障或软件异常情形，数据安全机制搭建完善的数据分类分级体系，针对敏感信息采取去敏处理办法，保障用户隐私利益。

2 监测参数分析与处理

2.1 应力应变数据解析

支吊架结构承受的载荷变化会直接体现到其内部应力分布状态当中，准确解析应变数据是评估结构安全性的重要基础，因现代传感技术发展，高精度应变测量成为了现实，采用分布式光纤传感器、电阻应变片和压电传感器等多种监测途径，可以做到对关键部位的全方位实时监控。传感器采集的原始应变信号开展数字滤波处理，去除高频噪声成分，留存有效频段内的真实变化信息，其中高级自适应滤波算法适用于环境干扰复杂的场景（如施工现场），可自动调控滤波参数，保障信号质量稳定可靠；时域分析方法适用于静态或缓慢变化的应力监测，通过提取应变曲线幅值特征，找出结构受力的峰值点，结合小波变换技术（适用于非平稳应力信号，如突发载荷作用下），可有效分离不同时间尺度下的应力响应特征，便于分析长期监测数据的变化趋势^[4]。借助三维可视化技术直观呈现应力云图及变形模式，借助历史应变数据开展时间序列建模以预测未来应力变化趋势，事先制定对应的维护保养计划，针对应变集中区域的识别算法运用数学形态学手段提取应力梯度突变点，定位可能存在的结构薄弱部位。如下图1、图2所示，分别为典型应力云图、振动频谱对比图。

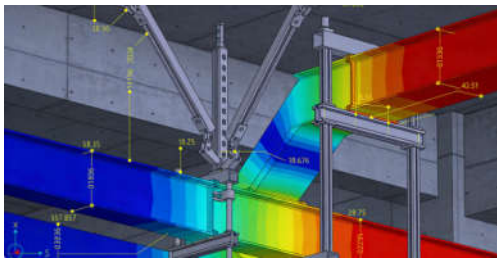


图1 典型应力云图

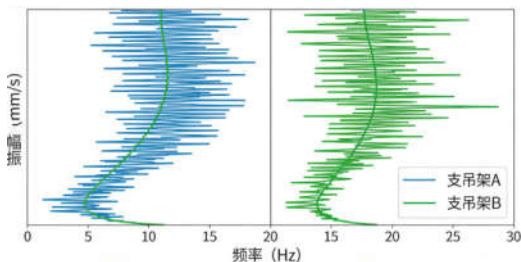


图2 振动频谱对比图

2.2 振动特性参数评估

支吊架系统在外激励作用下所产生的振动响应特征包含大量结构健康状态信息，精准评估振动参数可帮助及时找出潜在故障隐患，加速度传感器所记录的振动信号经傅里叶变换得到频谱图谱，识别主导频率成分对应的振型特性，时频分析方法会揭示振动能量在时间与频率两个维度上的分布规律，捕捉由瞬态冲击载荷引起的短时频谱变化现象。模态参数识别技术适用于支吊架结构固有特性检测，通过分析频响函数，确定结构的固有频率、阻尼比以及振型向量等关键动力学参数，可快速判断结构是否存在刚度下降等问题；包络分析技术适用于机械部件关联振动监测，通过提取调制信号幅度变化包络线，可精准识别轴承磨损、齿轮啮合不良等机械故障特征。

2.3 环境因素影响分析

环境温湿度的变动对支吊架材料性能产生明显影响，长期暴露于恶劣环境当中会加速结构老化退变，对温度传感器监测数据做时间序列分析，揭示季节性温度循环规律，统计日温差跟年温差的极值范围分布状况，创建湿度传感器数据与腐蚀速率的定量关联关系，判断水分含量对金属材料氧化反应的催化作用强度。分析温度和湿度的耦合作用机制，探讨双重环境因子协同影响下材料劣化的加速现象，利用环境数据进行回归分析，建立温度、湿度跟材料弹性模量、屈服强度等力学性能参数的数学关系模型，环境载荷谱编制时要把温度循环、湿度波动、风载荷等多重因素综合作用考虑在内，为结构耐久性评估提供加载条件的凭据。

3 安全预警与应急响应机制

3.1 多级预警体系构建

结合《建筑机电工程抗震设计规范》（GB 50981-2014）及工程实际，安全预警体系按风险等级设置四级预警，各级别明确量化阈值及对应响应流程：一级预警对应应力应变超出设计值的5%以内、振动频率偏离基准值3%以内，系统发出提示信号，通知现场管理人员加大对对应区域监测频次；二级预警对应应力应变超出设计值5%-10%、振动频率偏离基准值3%-8%，启动现场巡检流程，技术人员2小时内抵达现场，核查监测参数异常原因；三级预警对应应力应变超出设计值10%-15%、振动频率偏离基准值8%-15%，立即启动应急预案，调配专业维修团队4小时内到场开展紧急处置；四级预警对应应力应变超出设计值15%以上、振动频率偏离基准值15%以上，立即强制停用对应区域机电设备及支吊架系统，设置警戒区域，防止安全事故发生。预警阈值设定综合

顾及设计规范要求、实际工况特点以及历史统计数据分布规则,采用动态调控机制,依据监测经验不断优化阈值参数^[5]。多参数联合预警算法顾及多个监测指标之间的关联,避免因单一指标误报导致的频繁警报干扰,预警信息推送机制可借助短信、邮件、APP推送等多种通知手段,保证相关信息及时送达责任人员处,预警记录档案全面记载每次预警事件的发生时间、相关的参数、响应的具体措施等关键内容,为后续分析改进提供数据上的支撑。

3.2 实时状态评估算法

实时状态评估算法运用多源传感器数据融合技术,综合考量支吊架当前的安全状况,采用贝叶斯网络模型对不确定性因素对评估结果的影响程度进行量化,用模糊逻辑推理方法处理监测数据的模糊与不确定特征,建立输入变量跟输出状态之间的模糊映射关联。神经网络算法针对历史监测数据中的模式特征展开学习,训练获得可识别异常状态的智能鉴定模型,支持向量机分类器把正常工作状态与异常危险状态区分开,提高状态识别的准确率,状态评估结果采用概率形式展现不同状态发生的可能性大小,为决策者提供更客观的风险量化内容。评估算法的自适应更新机制根据新采集的监测数据持续优化模型参数,确保评估精度长期稳定可靠,便于管理人员迅速掌握当前状况。

3.3 应急响应流程制定

应急响应流程清晰界定了从预警启动到问题处理完毕的整套操作步骤,保障相关人员可以迅速有力地应对突发状况,现场安全防护手段有设置警戒区域、切断对应设备电源、疏散周边人员等基本的安全操作程序,应急检查小组按照事先拟定的检查清单逐项核实结构状

态,着重查看预警参数所对应监测部位是否存在明显的损坏。应急维修作业严格遵照安全操作规程实施,配置专门工具设备及防护物品,保障作业人员生命安全,应急物资储备库配备常用的维修物料、检测器具、安全防护用品等必备物资,定时查验库存数量与质量的情形,保证物资随时处于可用状态。

结语

依靠物联网技术的建筑机电安装支吊架安全监测系统,把先进的传感技术、通信技术和数据分析技术集成起来,实现了对支吊架结构状态的全面实时监控,系统硬件配置涉及到多种类别的传感器设备与高效的数据传输网络,云端监测平台赋予了强大的数据处理和分析能力。监测参数分析模块深度挖掘应力应变、振动特性以及环境因素等关键指标的内在规律,建立起科学的状态评价途径,多级预警体系和应急响应机制保证在察觉到异常情况时可及时采取相关措施,有效预防安全事故降临,该技术方案为建筑机电系统安全运行提供了可靠的技术保障,有着重大的工程应用价值及社会效益。

参考文献

- [1]王旭.基于物联网的建筑机电安装支吊架安全监测方法[J].物联网技术,2025,15(1):56-58.
- [2]陈海鑫.基于物联网的机电设备模块化安装施工动态监测与优化技术研究[J].模型世界,2025(33):10-12.
- [3]韩晓明.大型建筑机电工程中抗震支吊架的优化设计与监测[J].工程建设与设计,2025(6):10-12.
- [4]刘军朋.基于物联网技术的机电安装工程监控系统设计与开发[J].中国高新科技,2024(14):33-34,59.
- [5]陈金华.建筑智能化机电安装施工技术及其质量控制研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(24):142-144.