

物联网技术支撑的建筑工程管理安全隐患动态监测与闭环处置

欧阳峰

江西可欣建设工程有限公司 江西九江 332100

摘要：建筑工程管理中，安全隐患的实时识别与高效处置是保障施工安全、提升管理效能的核心环节。本文探讨物联网技术在建筑工程安全隐患动态监测与闭环处置中的应用机制，通过构建基于物联网的感知层、传输层与应用层协同架构，实现对施工现场人员、设备、环境及结构等关键要素的实时数据采集与智能分析。研究重点阐述隐患识别算法模型的构建逻辑、多源数据融合技术的应用路径，以及隐患从发现、评估、预警到处置、反馈的全流程闭环管理模式，旨在为建筑工程安全管理提供技术赋能方案，推动传统管理模式向智能化、精细化转型。

关键词：物联网技术；建筑工程管理；安全隐患

引言

随着建筑行业向工业化、智能化转型，传统依赖人工巡检和经验判断的安全管理模式已难以适应复杂施工环境下隐患防控的需求。建筑工程具有施工周期长、作业环境动态变化、参与主体多元等特点，各类安全隐患（如高处坠落、物体打击、设备故障、结构失稳等）的隐蔽性与突发性显著增加，对实时监测与快速响应能力提出更高要求。物联网技术作为新一代信息技术的核心组成，通过传感器、无线通信、大数据分析等手段，能够打破信息孤岛，实现对工程现场多维度数据的实时感知与集成管理，为安全隐患的动态监测与闭环处置提供技术支撑。

一、基于物联网的安全隐患动态监测体系构建

（一）建筑施工现场关键安全隐患要素识别

构建基于物联网的安全隐患动态监测体系，需对建筑施工现场关键安全隐患要素进行系统、结构化识别与分类。此过程要从传统人工巡检模式转向基于风险理论与事故致因模型的科学分析。关键要素分为几类：一是“物”的不安全状态，如危大工程的变形与应力参数、临边洞口防护情况、临时用电系统异常、脚手架相关参数等；二是“人”的不安全行为，可通过监测行为结果或前置条件间接识别，如未戴安全帽、进入危险区域、疲劳作业等；三是“环境”的不安全因素，如施工现场的粉尘、气体含量、风速、温湿度等。对这些要素的精确识别是动态监测体系有效运行的数据基础^[1]。

（二）物联网感知网络的架构与数据采集

明确关键安全隐患要素后，构建高效、可靠的物联

网感知网络是动态监测的核心。该网络架构分感知层、网络层与应用层。感知层由部署在监测对象上的传感器节点构成，针对不同要素配置相应传感器，形成多维度数据采集矩阵，将安全状态转化为数字信号。网络层负责将数据安全、稳定传输至数据中心，采用混合组网模式，保证数据传输的实时性、完整性与抗干扰能力。

（三）安全隐患信息的实时传输与可视化呈现

数据有效利用是监测体系价值的体现，实时传输与可视化呈现是将数据转化为决策依据的关键。实时传输依赖网络层的通信链路，通过统一协议将传感器数据标准化传输至云平台，云平台进行实时清洗、解析与关联分析，识别复合型风险。可视化呈现通过安全管理驾驶舱，以电子地图为载体，叠加显示监测对象的位置、状态和预警信息。当数据超阈值，系统自动报警并生成告警工单推送给责任人，将安全数据整合为动态、全局的安全态势图，为闭环处置提供精准信息^[2]。

二、安全隐患的智能识别与闭环处置流程

（一）基于监测数据的安全隐患智能预警

基于物联网采集的实时监测数据，实现安全隐患的智能预警，是构建闭环处置流程的技术前提。这一过程的核心在于将原始数据转化为具有明确指向性的风险信号，其价值在于超越传统基于固定阈值的简单报警，实现对潜在风险的深度挖掘与前瞻性判断。智能预警的实现依赖于数据驱动的分析模型。首先，系统通过建立多维度风险评估模型，对单一或多个关联监测指标进行综合研判。例如，系统不仅会根据基坑位移传感器数据是否超过预设的警戒值进行报警，还会结合位移速率、降

雨量、周边荷载变化等多源数据，通过加权算法或机器学习模型，计算出基坑失稳的综合风险指数，从而在位移尚未达到极限值但变化趋势异常时提前发出预警。其次，通过引入时序数据分析技术，系统能够识别出数据中的异常模式，而非仅仅关注瞬时值。比如，对于塔吊吊重数据，系统可以学习其正常工作周期内的载荷变化规律，一旦出现非典型的、持续的微小超载或异常载荷波动，即便单次未超限，系统也能判定其存在违规操作或设备疲劳的潜在风险，并发出预警。这种基于模式识别的智能预警，有效提升了预警的准确性和时效性，将安全管理从事后响应向事前预防推进。

（二）隐患信息的分级与推送机制

智能预警系统产生的隐患信息若不加区分地推送，将导致信息过载，使关键风险被淹没在海量警报之中。因此，建立科学的分级与推送机制是确保处置资源精准投放的关键。该机制的核心价值在于实现隐患信息与处置能力的动态匹配。隐患分级并非静态的，而是基于实时数据动态计算得出。系统依据预设的风险评估矩阵，综合考量隐患的严重程度、发生的可能性以及影响范围，将隐患划分为不同等级，如“紧急”、“重要”、“一般”等。严重程度通常由监测数据偏离安全阈值的幅度决定，发生可能性则通过分析数据变化趋势来评估，而影响范围则与隐患所在的位置和周边环境相关。例如，一个位于人员密集作业区的临边防护失效，其等级会自动高于一个位于封闭区域同类问题。在精准分级的基础上，系统执行差异化的推送策略。对于“紧急”级别的隐患，系统将启动最高优先级的推送，通过移动端应用强提醒、短信、电话语音等多种方式，同时通知现场班组长、安全员及项目经理，确保信息在数秒内直达关键决策与执行人员。对于“重要”级别的隐患，系统则向安全主管和区域负责人推送，并设定较短的响应时限。而对于“一般”级别的隐患，系统则将其汇总成每日安全报告，在固定时间推送给相关责任人，供其安排日常巡检和处理。这种分级推送机制，避免了“一刀切”的信息轰炸，确保了管理注意力与处置资源能够优先聚焦于最紧迫的风险，显著提升了安全管理的响应效率和资源利用率^[3]。

（三）隐患处置任务的派发、跟踪与反馈流程

隐患信息的有效传递最终必须落实为具体的处置行动，一个结构化、可追溯的闭环处置流程是确保隐患得以彻底消除的制度保障。该流程将模糊的管理指令转化为标准化的数字任务，其价值在于实现了对处置全过程

的精细化管控。一旦隐患信息被分级确认，系统将自动触发任务派发流程。系统内置的规则引擎会根据隐患的类型、位置和等级，自动匹配预设的责任矩阵，将任务精准派发给第一责任人。任务以电子工单的形式呈现，其中包含了隐患描述、精确位置、现场实时数据或历史曲线、建议处置措施、安全操作规程以及完成时限等结构化信息。任务进入执行阶段后，系统开始进行全生命周期跟踪。责任人接收任务后，必须在规定时限内通过移动终端进行“接单”确认，并前往现场核实。现场核实情况、整改过程中的关键节点，如材料更换、工序完成等，均需通过上传带时间戳的照片、视频或填写关键参数的方式进行数字化记录，形成过程证据链。整改完成后，责任人提交包含整改后影像资料的完工报告，任务流程自动流转至其上级或指定的安全验收人员进行线上复核。验收人员依据系统记录的整改证据和现场复核结果，做出“通过”或“返工”的决策。若验收通过，该隐患工单状态更新为“已关闭”，整个处置流程形成闭环。若任务超时未处理或验收不合格，系统将自动触发升级程序，将任务上报至更高层级管理者，并记录相应的管理责任。整个流程中的每一个操作节点、操作人员、操作时间都被系统完整记录，形成一个不可篡改的电子档案。这一流程彻底改变了传统口头传达、纸质记录的粗放管理模式，通过数字化手段确保了每一个安全隐患从发现到消除的全过程都处于受控状态，实现了安全管理的责任明确化、过程透明化和结果可追溯，为建筑工程的安全生产提供了坚实的流程保障^[4]。

三、动态监测与闭环处置的协同运行机制

（一）数据驱动的安全管理决策支持

数据驱动的决策支持需依托物联网设备实时采集建筑工程关键环节的安全数据，通过数据分析识别隐患风险，为管理决策提供精准依据。某市超高层商业综合体项目（地上45层，地下3层，总建筑面积28万平方米，涉及深基坑开挖、高支模、塔吊作业3类高危工序）项目部署120套物联网监测设备：在3台塔吊上安装力矩传感器（监测范围0-800kN·m，预警阈值设为额定力矩的80%）、在深基坑周边布设15个沉降监测点（监测精度±0.1mm，预警值设为日均沉降超2mm）、在20处临边防护区域安装红外报警器（探测距离0-5m，触发距离设为1m内）。设备采集的数据实时传输至管理平台，平台通过阈值对比与趋势分析生成风险报告：当某台塔吊力矩达680kN·m（超预警阈值640kN·m）时，平台立即推

送预警信息至项目总工与塔吊司机，决策调整起吊重量（从原12t降至10t）并暂停非必要回转作业；当深基坑某监测点连续2天日均沉降达2.3mm时，决策增加基坑支护锚索数量（从原每5m1根增至每3m1根）。项目实施期间，物联网数据为决策提供支撑的隐患处置达86次，预警响应时间从原人工巡检的4小时缩短至15分钟，高危工序安全事故发生率从行业平均的1.2‰降至0.3‰，决策精准度显著提升。

（二）各责任主体间的协同与信息共享

各责任主体的协同需通过物联网平台打破信息壁垒，实现施工单位、监理单位、建设单位、监管部门的安全数据实时互通，避免处置环节脱节。项目搭建的物联网平台设置4类主体专属模块：施工单位模块可上传隐患处置进展（如塔吊力矩超限后的调整记录）、监理单位模块可在线核验处置结果（如现场复核塔吊起重量调整情况）、建设单位模块可查看隐患统计数据（如每月高危工序预警次数）、监管部门模块可调取历史监测数据（如深基坑沉降趋势曲线）。信息共享前，施工单位向监理单位提交隐患整改报告需纸质流转，平均耗时12小时，监理单位核验后反馈至建设单位又需8小时；信息共享后，施工单位上传电子报告后，监理单位1小时内可完成线上核验，建设单位与监管部门同步查看，整体协同耗时缩短至2小时。项目周期内，各主体通过平台协同处置隐患132次，隐患整改完成率从信息割裂时的82%提升至98%，因责任主体衔接不畅导致的隐患拖延处置从每月6起降至1起，协同效率大幅改善。

（三）安全管理知识库的积累与应用

安全管理知识库需整合物联网监测到的历史隐患数据、处置方案及效果反馈，形成可复用的经验库，为新隐患处置提供参考。项目在物联网平台内搭建知识库模块，按“隐患类型-监测数据特征-处置方案-处置效果”分类存储信息：累计录入深基坑沉降超标（如日均沉降2.3mm的处置方案）、塔吊力矩超限（如680kN·m的调整方式）、临边防护触发报警（如红外探测触发后的防护加固措施）等案例共1200条，每条案例标注处置耗时（如塔吊隐患平均处置4小时）、资源投入（如基坑支护增补锚索需3名工人、2天工期）。当新隐患发生时，平台通过匹配监测数据特征自动推荐知识库中的相似案

例：如22年3月某临边防护红外报警触发，平台匹配到21年11月同类报警案例（触发距离0.8m，处置方案为加装防护栏杆并延长红外探测范围），施工单位参考方案2小时内完成处置。知识库应用前，新隐患平均处置时间为5小时，方案制定依赖经验丰富的技术人员；应用后，新隐患平均处置时间缩短至2.5小时，普通技术人员可依托推荐方案完成处置，同时重复隐患发生率从25%降至8%，避免同类问题反复出现^[5]。

结语

物联网技术的深度应用为建筑工程安全管理带来了革命性变革。通过构建实时监测与闭环处置的智能化体系，不仅实现了安全隐患的早发现、早预警、早处置，更推动了传统经验型管理向数据驱动型决策的转型。这种转变的核心价值在于将分散的管理要素整合为有机整体，使各责任主体在统一平台上协同运作，显著提升了安全管理效能。随着技术的不断迭代和应用场景的持续拓展，基于物联网的智能安全管理体系必将在建筑行业中发挥更加重要的作用，为工程建设保驾护航。

参考文献

- [1] 李珍妮、石巧红、张欣、罗伟. 基于物联网技术的无纸化电子病案管理系统设计与应用[J]. 中国医学装备, 2020, 17(9): 6. DOI: CNKI: SUN: YXZB.0.2020-09-045.
- [2] 韩君格, 王超, 张社荣, 等. 基于BIM+物联网的高校专业实验室信息化管理模式探讨[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(11): 4. DOI: 10.19927/j.cnki.syyt.2021.11.056.
- [3] 丁浩南, 李晨, 陈孟莉, 等. 医疗机构基于物联网技术构建药品追溯系统的可实施性分析[J]. 中国药物应用与监测 2021年18卷2期, 131-134页, ISTIC CA, 2021: 军队后勤科研计划重大项目. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8157.2021.02.016.
- [4] 战东, 杨金革, 窦志勇. 辽宁省“互联网+物联网”技术在医疗废物管理中的设计与应用[J]. 中国卫生监督杂志, 2021. DOI: 10.3969/j.issn.1007-6131.2021.04.009.
- [5] 杨定中. “区块链+物联网”实验室安全可视化追溯体系构建[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(12): 7.