

基于物联网与大数据的建筑施工现场安全风险预警系统设计

曾小娟 陈 瑜

武汉市洪山区市政工程质量安全中心 湖北 武汉 430071

摘 要：本文聚焦基于物联网与大数据的建筑施工现场安全风险预警系统设计。先阐述物联网与大数据技术在建筑施工领域的应用基础及潜力，接着剖析建筑施工安全风险产生的人为、设备、环境、管理四方面原因。随后详细介绍系统总体架构及数据采集与传输、处理与分析、预警信息发布与响应等模块设计。该系统可实现安全风险全流程管控，为建筑施工安全管理提供有效技术支撑，推动安全管理数字化转型。

关键词：物联网；大数据；建筑施工现场；安全风险

引言：在建筑施工领域，安全风险时刻威胁着人员生命与项目进展。传统安全管理模式依赖人工巡查与经验判断，存在时效性差、精准度低等问题，难以应对复杂多变的施工环境。随着物联网与大数据技术的飞速发展，为建筑施工安全管理带来了新的契机。物联网可实现全方位数据采集与传输，大数据则能深度挖掘数据价值。本文聚焦于此，设计基于物联网与大数据的建筑施工现场安全风险预警系统，旨在提升安全管理水平，推动行业数字化转型。

1 物联网与大数据技术概述

1.1 物联网在建筑施工领域的应用基础

物联网技术通过感知、网络、应用层协同，为建筑施工提供全方位数据支撑。其应用基础体现在三个核心维度：一是感知设备部署，在感知层布置各类传感器，如人员定位、设备状态、环境参数传感器等，精准捕捉人员位置、机械转速、温湿度等关键数据；二是网络传输适配，网络层结合施工场地环境，采用 4G/5G、LoRa 等多网络融合技术，解决信号遮挡、传输延迟问题，确保数据实时上传云端；三是场景化应用落地，应用层针对施工全流程需求，开发人员管理、设备监控等专项模块，实现数据闭环流转^[1]。目前，物联网已在施工人员考勤、大型机械监控等场景规模化应用，为安全管理数字化转型奠定基础，标准化接口设计也便于与其他系统融合。

1.2 大数据在建筑安全管理中的应用潜力

在数字化时代，大数据技术凭借海量数据处理与深度挖掘分析的能力，在建筑安全管理领域潜力巨大，主要体现在风险预判、隐患识别和管理优化三方面。

建筑施工会产生人员操作、设备运行、环境监测、

事故案例等海量信息，大数据处理后能转化为有价值的决策依据。在风险预判上，构建历史数据样本库，运用聚类分析、关联规则挖掘等算法，可精准识别不同施工阶段的高风险环节。如深基坑施工中，能剖析边坡位移与地下水变化的关联，提前预判坍塌等事故风险；隐患识别方面，大数据对比实时与历史数据，能敏锐察觉设备老化、人员操作习惯偏差等潜在隐患，为及时防范争取时间；管理优化上，大数据打破部门数据壁垒，实现安全检查、隐患整改、事故处理等环节的数据共享。借助数据可视化技术，直观呈现安全管理成效，让管理人员清晰掌握安全状况，制定更具针对性的管控措施，推动建筑安全管理从“事后处置”向“事前预防”转变。

2 建筑施工安全风险产生的原因

2.1 人为因素

人为因素是建筑施工安全风险产生的核心诱因，主要体现在操作技能不足、安全意识薄弱和责任落实不到位三个层面。建筑施工人员构成复杂，部分一线作业人员未接受系统技能培训，对脚手架搭设、起重机械操作等关键工序的规范流程掌握不熟练，易因操作失误引发安全事故，比如脚手架搭设时立杆间距超标、扫地杆缺失等问题，会直接导致架体坍塌风险。同时，部分人员存在侥幸心理，无视安全操作规程，出现不系安全带、违规动火、高处抛物等危险行为，这些行为在高空作业、动火作业等高危场景中极易引发坠落、火灾等事故。管理人员责任落实不到位加剧风险隐患，部分安全员未履行现场巡查职责，对违规操作未及时制止；施工班组负责人赶进度，强制要求人员违章作业，或未按开展班前安全技术交底，导致人员对作业风险认知不足，进一步放大安全风险发生概率。

2.2 设备因素

设备因素引发的安全风险贯穿施工全过程，主要表现为设备选型不当、维护保养缺失和老旧设备超期服役三个方面。施工设备选型需匹配作业场景和荷载要求，若选用设备性能不足，比如用普通塔吊吊运超重构件，或用小型挖掘机开挖深基坑，会因设备超负荷运行导致结构变形、机械故障等问题，进而引发坍塌、设备倾覆事故。设备日常维护保养不到位是风险高发诱因，起重机械的钢丝绳磨损、制动器失效，施工电梯的安全钳卡滞、限位开关失灵等问题，若未及时发现并处理，会在运行中突发故障引发事故^[2]。另外，部分施工企业为降低成本，对已达到报废标准的设备未及时更换，这些老旧设备存在金属结构疲劳、控制系统老化等问题，运行稳定性大幅下降，在高强度施工环境中极易发生故障，同时部分设备缺乏必要的安全防护装置，如搅拌机未安装进料口防护栏，也会增加人员伤害风险。

2.3 环境因素

环境因素具有不可控性特点，是引发建筑施工安全风险的重要外部诱因，主要包括自然环境、施工场地环境和周边环境三个维度。自然环境方面，极端天气对施工安全影响显著，暴雨天气会导致基坑积水、边坡失稳，易引发坍塌事故；强风天气会影响起重机械作业稳定性，可能导致吊物晃动碰撞或机械倾覆；高温天气易导致人员中暑，降低作业人员注意力，增加操作失误概率。施工场地环境问题集中表现为场地规划不合理，材料堆放杂乱占用消防通道和作业空间，临时用电线路敷设不规范易引发触电事故；场地排水系统不畅会加剧雨天积水问题，泥泞的作业面易导致人员滑倒。周边环境影响同样不可忽视，施工场地临近居民区时，人员进出复杂可能引发人员误入作业区事故；临近地下管线时，若未精准掌握管线位置，挖掘作业易损坏燃气、供水管道，引发泄漏、爆燃等连锁事故；临近既有建筑物时，施工振动可能导致建筑物结构开裂，形成安全隐患。

2.4 管理因素

管理因素是建筑施工安全风险管控的关键环节，风险产生主要源于管理制度不完善、流程执行不力和监管机制缺失三个方面。管理制度不完善体现在安全管理体系不健全，未结合施工项目特点制定专项安全管理制度，比如深基坑、高支模等危大工程缺乏针对性管控细则；安全责任划分不明确，未落实“一岗双责”，导致部分岗位安全职责空缺，出现问题时相互推诿。流程执行不力表现为安全检查流于形式，日常检查仅记录表面问题，未深入排查隐蔽隐患，整改环节缺乏跟踪闭环，

发现的隐患未及时整改到位；危大工程施工方案审批不严格，未按要求组织专家论证，实际施工与方案脱节。监管机制缺失导致风险管控乏力，项目未配备足够数量的专职安全员，或安全员不具备相应资质，无法有效履行监管职责；企业总部对项目安全管理缺乏有效监督，未定期开展安全巡查和考核，导致安全管理要求未层层落实。

3 基于物联网与大数据的建筑施工现场安全风险预警系统设计

3.1 系统总体架构设计

系统总体架构精心采用“感知层 - 传输层 - 数据层 - 应用层”四层架构设计，各层之间紧密配合、协同运作，共同构建起一套完整且高效的安全风险全流程管控体系。此架构设计严格遵循兼容性、扩展性和安全性三大核心原则，确保系统能够适应多样化的应用场景，并在未来发展中具备良好的升级潜力与安全保障。感知层作为整个系统的数据采集终端，肩负着获取关键信息的重要使命。它广泛部署了人员定位设备、设备监测传感器、环境监测设备等多种先进装置，全面覆盖人员、设备、环境三类核心监测对象^[3]。在设备选型上，优先选用工业级产品，这些产品具备坚固耐用、抗干扰能力强等特点，能够充分适应施工场地复杂恶劣的环境条件，为数据的准确采集提供坚实保障。传输层采用“有线 + 无线”融合传输模式，充分发挥两种传输方式的优势。无线传输以 5G 和 LoRa 为主，5G 技术凭借其高速率特性，能够轻松满足高清视频、实时定位等对数据传输速度要求极高的业务需求；LoRa 则以其低功耗的特点，适配各类低功耗传感器的数据传输。有线传输则主要用于核心设备的数据备份，确保在无线传输出现异常时，数据依然能够稳定传输，保障数据传输的可靠性。数据层包含数据存储和数据处理两大关键模块。采用分布式数据库存储海量实时数据和历史数据，通过数据清洗、去重等预处理操作，有效提升数据质量。应用层面向不同用户群体精心设计功能模块，涵盖风险预警、数据可视化、隐患管理等，支持电脑端和移动端访问，让管理人员能够随时随地实时掌握现场安全状态。

3.2 数据采集与传输模块设计

数据采集与传输模块是整个系统获取信息和传递数据的关键部分，由采集单元和传输单元共同构成。在设计时，着重考虑数据采集的全面性以及传输的实时性，以此满足系统对数据时效性和准确性的严苛要求。采集单元依据监测对象的不同进行分类设计。对于人员监测，采用先进的UWB定位技术。在施工场地的关键位

置精心部署定位基站,施工人员则佩戴定位终端。这样不仅能实现人员位置的实时精准追踪,还能进行越界监测。定位终端集成了心率监测功能,可实时掌握人员的身体状况;安全帽佩戴状态监测功能,能确保人员规范佩戴安全帽,保障施工安全。设备监测方面,在起重机械、施工电梯等设备的关键部位安装振动、温度、转速传感器,全方位采集设备的运行参数,及时发现设备潜在问题。环境监测通过部署温湿度、风速、气体浓度等传感器,实时捕捉场地环境数据,为施工环境评估提供依据。传输单元采用分层传输策略。终端设备采集的数据首先到达边缘计算节点进行预处理,筛选出关键数据后,通过5G或LoRa网络迅速上传至云端平台。非关键数据则本地存储,定期上传,有效减少网络传输压力。模块还配备了完善的数据校验功能,运用数据加密、校验码验证等技术,确保数据在传输过程中不丢失、不被篡改。同时设计了断点续传机制,当遇到网络中断等突发情况时,能保障数据采集的连续性,避免数据丢失。

3.3 数据处理与分析模块设计

数据处理与分析模块作为系统的核心功能模块,肩负着数据加工和风险研判的重要职责。数据处理单元首先对采集的原始数据进行预处理。通过数据清洗技术,精准剔除异常值,保证数据的准确性和可靠性。采用数据融合技术,将不同来源的数据进行关联整合,例如把设备运行数据与环境数据相结合,形成完整的数据链条,为后续分析提供更全面的信息。接着进行数据标准化处理,将不同格式的数据转换为统一格式,方便后续的分析 and 处理。数据分析单元构建多级分析模型,实时分析模型运用流式计算技术,对人员越界、设备参数超标等实时数据进行秒级分析,能够快速识别即时风险,及时发出预警。离线分析模型则基于历史数据,运用机器学习算法构建风险预测模型。比如通过深入分析脚手架荷载数据与坍塌事故的关联关系,预测脚手架的安全状态,提前采取防范措施。模块内置了详细的风险等级划分规则,根据分析结果将风险划分为红色、橙色、黄色三个等级,为预警信息发布提供明确依据。同时,支持模型迭代优化,通过不断纳入新数据,持续提升分析的准确性。

3.4 预警信息发布与响应模块设计

预警信息发布与响应模块旨在实现预警信息的精准推送和应急响应流程化管理,围绕“快速通知、有效处置、闭环跟踪”的核心目标展开设计。预警信息发布单元采用多渠道发布机制,根据风险等级精准确定发布范围和方式。对于红色风险,通过系统弹窗、手机短信、现场声光报警器同时发布,确保覆盖所有管理人员和作业人员,让他们第一时间知晓风险^[4]。橙色风险通过短信和系统通知发布至班组长及以上管理人员,及时传达重要信息。黄色风险则通过系统通知推送至现场安全员,提醒其关注。发布的信息包含风险位置、风险类型、风险等级和初步处置建议,确保接收人员能够快速掌握关键信息,做出正确反应。响应处置单元内置了标准化应急响应流程,针对不同类型风险预设了详细的处置方案。模块支持现场人员通过移动端上传处置进展,管理人员可以实时跟踪整改进度,及时调整处置策略。另外,模块还具备预警信息统计分析功能,定期生成预警数据报表,为安全管理优化提供有力的数据支撑,实现预警-处置-反馈的闭环管理,不断提升安全管理水平。

结束语

基于物联网与大数据的建筑施工现场安全风险预警系统设计,融合前沿技术,针对建筑施工安全风险多发的现状,构建了全面且科学的解决方案。通过四层架构及各功能模块的协同运作,实现从数据采集到预警响应的闭环管理。此系统不仅提升了安全管理的时效性与精准性,更有助于推动建筑行业安全管理向智能化、数字化迈进,为保障施工人员生命安全和项目顺利推进发挥重要作用。

参考文献

- [1]刘燕.数字化+物联网技术在建筑工程管理中运用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(14):223-225.
- [2]牛春.大数据在建筑工程安全管理中的应用[J].建设机械技术与管理,2025,38(02):76-77+83.
- [3]王伟.基于物联网的建筑施工现场安全预警系统研究[J].建筑技术开发,2023,50(7):112-117.
- [4]李娜.智慧工地背景下建筑施工安全预警系统的构建与应用[J].中国安全生产科学技术,2022,18(4):94-101.