

智慧工地背景下工程施工安全风险实时管控

张鑫 王朝辉

陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司, 陕西 西安 713700

[摘要]伴随建筑工程规模持续扩大与复杂度不断增加, 施工安全管理面临全新挑战。智慧工地借助物联网、传感器、BIM 以及大数据技术, 达成施工现场信息的即时采集、分析与可视化展示, 为安全风险实时管控给予技术支持。探究智慧工地在施工现场安全管理当中的应用模式, 创建实时风险监控体系, 包含风险识别、动态预警、应急响应与决策支持。该模式有助于提升施工现场对风险的察觉能力、降低事故出现的可能性、优化资源的调度安排, 为施工安全管理供给科学、高效且可持续的解决办法。

[关键词]智慧工地; 施工安全; 实时监控; 风险管控; 动态预警

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17756

中图分类号: TU723

文献标识码: A

Real Time Control of Construction Safety Risks in the Context of Smart Construction Sites

ZHANG Xin, WANG Zhaohui

Shaanxi Xixian New Area Jinghe New City Urban Construction Investment Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 713700, China

Abstract: With the continuous expansion and increasing complexity of construction projects, construction safety management is facing new challenges. Smart construction sites utilize the Internet of Things, sensors, BIM, and big data technologies to achieve real-time collection, analysis, and visualization of construction site information, providing technical support for real-time control of safety risks. Explore the application mode of smart construction sites in construction safety management, create a real-time risk monitoring system, including risk identification, dynamic warning, emergency response, and decision support. This mode helps to enhance the risk awareness of construction sites, reduce the possibility of accidents, optimize resource scheduling, and provide scientific, efficient, and sustainable solutions for construction safety management.

Keywords: smart construction sites; construction safety; real time monitoring; risk management and control; dynamic warning

引言

伴随建筑工程项目规模持续增大, 施工环境繁杂、工序交错、人员聚集, 致使施工安全风险愈发凸显。传统安全管理模式依靠人工巡查、事后评估以及静态台账开展工作, 暴露出信息更新迟缓、覆盖范围有限、响应速度欠佳等弊端。智慧工地建设的发展为施工安全管理带来了新途径。利用传感器、BIM 模型、无人机和大数据分析技术, 可对施工现场人员行为、机械运行、环境参数和施工进度等关键数据进行实时采集、动态分析与可视化展示, 为风险识别、预警和应急管理提供支撑。本文着重探究智慧工地背景里施工安全风险的实时管控途径, 搭建动态闭环式的安全管理架构, 增强工程施工的安全程度与管理成效。

1 智慧工地技术架构与数据采集

智慧工地的核心技术架构以物联网(IoT)、传感器网络、视频监控系统、无人机技术及 BIM(建筑信息模型)平台为依托, 实现对施工现场的全面觉察、信息集成及实时管控。物联网技术借助多节点、分布式布置的传感器, 实现针对施工现场环境、设备及人员的多维数据采集作业。可将传感器装在塔吊、起重机、混凝土泵车和高空作业人员安全带上, 实时抓取设备负荷、运行速度、作业状态与人员位置等数据^[1]。

施工现场的气象与环境参数可由环境监测设备采集, 如温度、湿度、风速、粉尘浓度以及有害气体含量等。这类数据对高空作业、塔吊作业以及混凝土浇筑等关键工序有着重要的参考意义。例如, 在开展高层建筑施工工作时, 要是风速突破了安全作业的阈值, 系统会自动发出预警, 告知操作人员停止作业或对施工顺序做出调整, 保证施工安全。施工现场的粉尘和有害气体监测可为职业健康管理提供数据支撑, 助力施工单位优化施工流程、提升通风和防护手段, 降低职业病风险。

此外, 借助无人机技术与移动终端应用达成了施工现场的空中与移动巡检。借助无人机, 可对大跨度结构、临边作业及难以抵达的施工区域实施高精度拍摄与 3D 扫描, 然后把图像和点云数据上传到智慧工地平台, 用于现场监测、进度跟进和安全测评。移动终端可使施工人员与管理者随时查看现场信息, 完成异常情况报告、作业签到以及施工任务上传, 促成信息的即时流通。

BIM 模型于智慧工地技术架构里承担着核心数据整合的关键任务。借助将施工场所采集的传感器数据、无人机影像以及移动终端信息和 BIM 模型相绑定, 达成施工现场跟数字模型的同步映射。施工进度、设备状态和环境数据能在三维模型里实时展示, 助力管理者直观掌握关

键节点与潜在风险。

2 施工安全风险识别与动态预警

依托智慧工地的环境,施工安全风险的识别与动态预警成为保障工程安全的核心要素。传统施工安全管理多依靠人工巡检、定期检查以及静态台账的方式,有信息反馈滞后、覆盖范围不全、响应速度慢等弊端,难以处理大型复杂工程的多维度风险。依托智慧工地的数据采集与技术架构,利用实时数据分析实现施工安全风险识别。系统可对施工现场的设备运行状况、人员操作行为、工序进展以及环境指标开展持续监测与动态剖析,进而识别潜藏风险,预先实施防控举措^[2]。

设备风险识别依靠传感器与监控系统的实时数据。例如,塔吊、起重机和混凝土泵车这类大型施工机械配备了负荷传感器与动作监控模块,可即时采集设备的运行状态。一旦塔吊负荷逼近或超越设计安全阈值,系统便自动触发风险警示,同时对负荷变化趋势进行记录,以分析操作员有无操作违规或设备是否存在故障隐患,高空作业人员佩戴定位传感器后,系统可实时跟踪作业人员的位置、活动范围及高空安全带情况,若人员越出作业区域或安全防护措施未启动,马上触发警报并向管理端发送消息,实现即时干预。

借助实时分析施工进度与环境数据,实现施工工序和环境风险的动态识别。例如,高温、强风、降雨以及粉尘浓度异常都将加大施工风险,智慧工地系统可对施工计划与环境监测数据做叠加分析,自动判定当前施工工序能否继续开展,并给出风险等级方面的提示。系统依据安全等级把风险分为一般、较高、严重三个级别,借助移动端或管理平台实时传达给项目管理人员,让他们可采取相应举措,像调整施工流程、停止高风险作业、疏散人员或开展设备检修。

动态预警机制借助大数据分析和历史案例库,开展对潜在风险的预测与仿真。系统可针对历史安全事故数据进行模式识别操作,提炼出典型风险触发条件,同时将其与当前施工现场实时数据加以比对,预估未来可能出现的风险事件。以桥梁施工为例,一旦监测到塔吊负载临近极限且风速超出标准,系统不仅会触发警报,还能模拟潜在事故后果并制定应急方案,供管理者决策参考。

此外,动态预警与施工管理系统深度整合,达成“预警-响应-处置-反馈”的闭环管理模式。预警信息生成之际,管理人员能借助平台立即指挥施工现场开展防控工作,如改变作业次序、增添安全防护装置或调配人力与设备,保障风险得到有效管控。同时,系统会对预警处理结果予以记录,构建数据反馈机制,用于优化风险评估和改进后续施工,提高施工安全管理的科学性与精准度^[3]。

凭借实时数据监控、风险识别与动态预警相融合,智慧工地可对施工安全风险开展主动管理。风险不仅不能被迅

速发现并处理,还可借助数据分析和预防机制达成持续改进。该模式既减少了施工事故发生概率,提升工程的安全水平,还为施工管理者给予科学、精准又可视化的决策助力,切实保障大型复杂工程施工实现安全、高效与可控。

3 应急响应与决策支持

在智慧工地发展形势下,施工安全管理不能仅依靠风险识别与预警,还得有高效的应急响应与决策支持体系,来应对突发情况并把事故损失减到最少。智慧工地平台借助整合实时监控数据、BIM 模型、传感器信息和历史风险事件数据,达成对施工现场突发风险的模拟演练与科学决策辅助。平台能够在虚拟空间里模拟事故发生,像高空作业人员不慎坠落、塔吊负载超出极限、边坡或脚手架局部失去稳定等情况,借助三维可视化模型直观呈现事故发生位置、波及范围以及可能的损害路径,给管理者提供清晰的事故场景认识。

依托虚拟仿真技术,平台可对多种应急处理预案进行演练,包含人员疏散、设备停机、施工顺序调整以及资源调配。通过对不同方案在时间消耗、人员安全保障以及施工影响等方面成效的对比,管理者可挑选出最优应急举措。例如,在高层建筑物施工期间,若边坡传感器检测出潜在的滑移风险,系统可对施工人员疏散路线、吊装设备停机状况和施工顺序调整计划进行模拟,预估各策略对项目进度与施工安全造成的影响,由此快速选定最优方案,既保证施工人员安全,又尽量减少工程的延误时间。

此外,应急决策支持系统借助历史风险事件数据并运用大数据分析,总结风险出现的规律,构建科学的决策模型。管理者能够依据事故类型、施工阶段、环境状况以及资源配备等多维度要素,对风险响应策略予以优化。系统可对各类应急措施的可行性、成本及执行时间进行量化,助力决策者短期内做出科学抉择。例如,依托历史塔吊事故数据,平台可精准判别高风速、高负荷作业处于高风险的时段,在相近施工条件下自动推送预防性停机或作业调整方案,降低潜在事故出现的概率^[4]。

同时,智慧工地应急响应系统可实现动态协作功能。当事故发生时,系统会实时向各相关方推送预警信息和推荐应急方案,如施工单位、监理单位、安全管理部门及现场作业人员,实现信息快速流转与多方联动配合。利用移动端或可视化平台,各方可即刻获取行动指令,保证应急措施高效实施。多层级、实时响应的这种机制,让事故处理效率得以提高,又优化了施工现场整体安全管理状况。

运行应急演练和决策支持系统所产生的数据可构建持续改进的反馈循环。每次应急事件处理完毕或演练结束后,系统记录事故发生根源、处理步骤、响应速度及措施成果,为后续施工与应急管理提供借鉴。管理者可运用数据分析对应急方案库加以优化,健全风险分级标准与操作规程,提高未来施工阶段应急处理能力。

智慧工地应急响应与决策支持体系围绕数据整合、虚拟仿真、历史事件分析和动态协作展开,达成对事故风险的预测、模拟并给出最优决策推荐。依托该体系,管理者能在风险出现前制定防范策略,事故发生时快速应对与处置,把施工安全风险减至最低限度,同时保证施工进度和资源利用的高效性,为大型复杂工程给予高效、智能、可掌控的安全管理保障。

4 智慧工地安全管理效能

智慧工地建设革新了传统施工安全管理模式,大幅提高了施工现场安全管理效率。传统施工安全管理多依靠人工巡检、定期检查以及静态台账,信息反馈不及时、覆盖存在盲区,无法对复杂施工环境下的多维风险进行实时把控。智慧工地依靠集成传感器、物联网、视频监控、无人机巡检以及 BIM 平台,达成施工现场的全面感知、数据化监控与闭环式管理,提升安全管理的精细与科学程度。

实时监测是智慧工地增强安全管理成效的前提。借助安装在关键施工设备、结构节点以及作业人员身上的传感器,施工管理系统可持续收集塔吊负荷、起重机运行状况、高空作业人员位置以及边坡与脚手架稳定性等数据。环境监测装置可同步获取温度、湿度、风速、粉尘浓度和有害气体的各项指标。这些数据借助 BIM 模型和信息化平台完成整合,实现施工现场和虚拟模型实时同步映射,让管理者可直观把控各施工节点安全情况。实时监测既能迅速察觉设备异常或人员违规操作,又能为安全防护措施的布置和施工调整提供科学依据,达成安全隐患的早发现、早处理^[5]。

动态预警机制对智慧工地的正常运作起着至关重要的作用。系统将实时采集到的数据跟安全规范、施工计划和历史风险事件相比较,按风险等级把潜在风险分为一般、较高和严重三个级别,再经移动端或管理平台推送给管理人员和现场作业人员。预警信息及时传达,使施工单位可在风险未转化成事故时采取干预手段,如变更施工顺序、叫停高风险作业、疏散人员或是开展设备检修。预警机制凭借实时性和智能化分析能力,显著降低了事故发生几率,推动施工安全管理由被动应对转为主动把控。

智慧工地凭借数据积累与闭环管理能力,大幅提升了安全管理的系统性与可持续性。每次针对风险预警、事故处理和应急演练所产生的数据都予以记录和分析,以评估

措施成效、完善操作流程并优化施工安全方案。运用历史数据分析手段,可归纳出事故规律、风险触发条件以及高危作业流程,为企业构建长期且可持续的安全管理体系给予科学支撑。这些数据能够应用于安全培训、总结管理经验以及优化后续项目,助力施工单位在不同项目中推广最优做法,达成安全管理的知识闭环。

智慧工地安全管理效能不止在事故防控方面得以体现,还可与施工进度、质量及成本管理共同提升成效。借助实时监控与闭环管理,管理者能在保证安全的基础上优化施工资源配置和工序编排,杜绝因安全事故造成的工期耽误或资源浪费。同时,施工质量和安全标准同步接受监控与保障,推动施工现场达成安全、质量和效率的综合提升^[6]。

5 结语

智慧工地借助物联网、BIM、大数据以及无人机等技术,达成施工现场信息的实时采集、分析与可视化呈现,实施施工安全风险的动态管控。依托风险识别、预警响应和决策支持构建的闭环管理体系,可显著增强施工安全管理能力,降低事故出现频率,合理调配资源,达成施工安全、效率与质量的协同进步。未来,伴随人工智能和数字孪生技术的深入运用,智慧工地安全管理在精细化和智能化方面会进一步提高水平,为大型复杂工程施工提供稳定、长效的安全支撑。

【参考文献】

- [1]佐翼.基于智慧工地的建筑工程安全管理探讨[J].建材发展导向,2025,23(14):115-117.
- [2]朱承瑶.做好建筑安全风险精准识别与防控,提升工程管理水平[J].楼市,2025(7):54-56.
- [3]刘亚会,徐朋,路志刚,王吉勇,徐家政.智慧工地在建筑工程安全管理中的应用[J].居业,2025(7):229-231.
- [4]石欢荣.基于智慧工地技术的建筑工程施工路径探究[J].科技资讯,2025,23(12):162-164.
- [5]张远福,赵凯旋.基于智慧工地的住宅建筑工程安全管理研究[J].居舍,2025(16):154-157.
- [6]徐国安.数智安防在智慧工地的应用与未来发展[J].中国安防,2025(6):79-82.

作者简介:张鑫(1991.7—),毕业院校:山东交通学院,所学专业:安全工程,当前就职单位:陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司,职称级别:工程师。