

建筑施工现场安全管理中智慧工地的应用

陆云鹏

(盐城悦达天惠置业有限公司)

【摘要】建筑施工现场因作业环境复杂、风险因素多元等因素,传统安全管理模式常面临响应滞后、管控粗放等问题。文章围绕智慧工地在该领域的应用展开研究,先解析智慧工地中感知层与分析决策层技术的核心架构,再从人员精准管控、设备环境协同安防、全流程闭环管理三个维度,探讨其具体应用路径。研究表明,智慧工地可通过技术融合实现安全风险的提前识别与高效处置,显著提升建筑施工现场安全管理的整体效能,为行业安全发展提供技术支持。

【关键词】建筑施工现场安全管理;智慧工地;感知技术;风险处置;闭环管理

中图分类号:TU721.2;TU714

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.12.040

Application of Smart Construction Site in Safety Management of Construction Site

LU Yun-peng

(Yancheng Yueda Tianhui Real Estate Co., Ltd.)

【Abstract】Due to the complex operation environment and diverse risk factors at construction sites, the traditional safety management model often faces problems such as delayed response and extensive control. This paper focuses on the application of smart construction sites in this field, first analyzes the core structure of the perception layer and analysis decision-making layer technologies in smart construction sites, and then discusses the specific application paths from three dimensions: precise personnel management and control, coordinated security of equipment and environment, and closed-loop management of the entire construction process. The research shows that smart construction sites can realize early identification and efficient disposal of safety risks through technology integration, significantly improve the overall efficiency of safety management at construction sites, and provide technical support for the safe development of the industry.

【Keywords】safety management of construction site; smart construction site; perception technology; risk disposal; closed-loop management

1 引言

智慧工地依托新一代信息技术,打破传统管理的信息壁垒,将安全管理从“事后应对”转向“事前预防”,成为解决施工安全痛点的关键。本文通过梳理智慧工地技术体系,结合其在施工安全管理中的应用,为提升施工现场安全管理水平提供实践参考^[1]。

2 智慧工地赋能施工安全管理的技术体系

2.1 感知层技术:安全数据的全域获取

感知层技术是智慧工地实现安全管理的基础,通过部署各类终端设备,构建覆盖施工现场人员、设备、环境的全域数据采集网络,为后续风险分析提供数据支撑。

2.1.1 人员状态感知技术

针对施工现场人员分散、作业轨迹难追踪的问

题,感知层技术通过智能穿戴设备实现人员状态实时采集。为施工人员配备内置定位模块与生命体征传感器的智能安全帽,可实时获取人员所在位置、心率、体温等信息;在施工现场关键通道设置人脸识别设备,记录人员进出时间与频次,精准掌握人员流动情况,避免无关人员进入作业区域引发安全隐患。

2.1.2 设备工况感知技术

对塔吊、施工电梯、混凝土泵车等大型施工设备,感知层技术通过安装多参数传感器实现工况监测。在塔吊上部荷载、转速、倾角传感器,实时采集设备运行时的荷载变化、起重臂转速与倾斜角度;在施工电梯轿厢与导轨处安装振动、温度传感器,捕捉设备运行中的振动幅度与关键部件温度,确保设备工况数据实时、准确传输至管理平台。

2.2 分析决策层技术:安全风险的智能处置

分析决策层技术基于感知层获取的海量数据,

通过算法分析实现安全风险的识别、预警与决策输出,推动安全管理从“人工判断”转向“智能决策”。

2.2.1 风险智能识别技术

借助人工智能算法对感知数据进行深度分析,实现安全风险的自动识别。通过计算机视觉技术对施工现场视频画面进行解析,可识别人员未佩戴安全防护用品、违规跨越警示区域等行为;利用机器学习算法对设备工况数据进行趋势分析,当数据超出安全阈值时,自动判定设备存在故障风险,如塔吊荷载接近额定值时,提前识别超载隐患。

2.2.2 决策优化输出技术

大数据技术对历史安全数据与实时监测数据进行整合分析,构建安全风险评估模型,为管理决策提供量化依据。模型可根据不同施工阶段的风险特征,输出针对性管控建议,如主体结构施工阶段,优先推送高空坠落风险的防控措施;装饰装修阶段,重点提供电气火灾预防的决策支持。同时,系统可自动生成安全管理报告,清晰呈现风险分布、整改情况等信息,助力管理人员高效决策。

3 智慧工地在施工安全管理中的多维应用

3.1 作业人员安全的精准化管控

作业人员是施工现场安全管理的核心对象,智慧工地通过技术手段实现人员从准入到作业的全流程精准管控,降低人员相关安全风险。

3.1.1 人员准入与轨迹管理

建立人员资质与定位关联系统,通过搭建数字化管理平台,将人员资质证书信息进行电子化存档,并与智能门禁、电子围栏等硬件设备深度集成。系统基于人脸识别、RFID 电子工牌等生物识别技术,实现人员身份与资质的双重核验。仅允许具备对应作业资质的人员进入特定区域,如特种作业人员需通过资质核验后,方可进入塔吊操作区或动火作业区。若发现人员资质过期、与作业区域不匹配等情况,系统将自动拦截并记录违规信息。

依托UWB、北斗卫星等高精度定位技术,系统可实时追踪人员作业轨迹,定位精度可达厘米级。当人员进入深基坑、高空作业平台等危险区域时,系统自动发出声光预警,提醒人员注意安全;同时通过

手机APP、短信、管理后台弹窗等多渠道向管理人员推送预警信息,便于及时干预。此外,系统还可根据人员运动轨迹分析作业行为合规性,对长时间滞留危险区域、未按规定路线移动等异常行为进行二次预警,并生成人员行为分析报告,为安全管理提供数据支持^[2]。

3.1.2 违规行为矫正与安全意识提升

通过AI视觉监测系统实时捕捉人员违规行为,如未系安全绳、违规吸烟、擅自拆除安全防护设施等,系统立即截取违规画面并推送至管理平台,管理人员可通过现场广播或移动端APP及时提醒违规人员整改,同时将违规记录纳入个人安全档案。基于大数据分析统计不同岗位、不同班组的违规频次与类型,针对高频违规群体开展定制化安全培训。

3.2 施工设备与环境的协同化安防

施工设备故障与环境风险是施工现场安全隐患的重要来源,智慧工地通过设备与环境的协同监测与联动处置,构建全方位安防体系。

3.2.1 设备全周期安全监测

搭建设备全周期管理平台,整合设备采购、安装、运行、维护、报废全流程数据。在设备运行阶段,实时监测工况参数,当参数超出安全范围时,平台自动触发预警并锁定设备操作权限,如施工电梯运行速度超出额定值时,系统立即停止电梯运行并通知维护人员检修;在设备维护阶段,平台根据设备运行时长、故障历史数据自动生成维护计划,如每月对塔吊力矩限制器进行校准,每季度对混凝土泵车液压系统进行检测,确保设备始终处于安全运行状态。

3.2.2 环境风险联动处置

部署环境监测设备实时采集施工现场PM2.5、噪声、有害气体浓度等数据,当数据超出国家标准时,系统自动启动联动处置机制。如PM2.5浓度超标时,自动开启雾炮机、洒水车进行降尘作业;噪声超标时,提醒施工班组调整作业时间,避开周边居民休息时段;检测到有害气体泄漏时,立即通知人员疏散,并联动通风设备降低气体浓度,同时排查泄漏源,防止事故扩大。此外,系统对接气象部门数据,提前获取暴雨、台风、高温等极端天气预警,根据预警级别推送应急处置建议,如台风来临前提醒加固脚手架与塔吊,高温天气时建议调整作业时间并准

备防暑物资。

3.3 施工全流程安全的闭环化管理

施工全流程合规性直接影响施工现场安全,智慧工地通过技术手段实现施工工序监测、高危作业管控与安全事件追溯的闭环管理,确保施工全流程安全可控。

3.3.1 施工工序合规监测

基于BIM技术构建施工工序可视化管理模型,将设计规范中的工序要求录入模型,与现场实际施工进度实时比对。在深基坑施工环节,系统通过部署在基坑周边的高精度全站仪、测斜仪等传感器,对基坑开挖深度、边坡支护施工进度进行毫米级实时监测。一旦监测数据显示开挖速度超出每日设计限值的120%,或边坡支护滞后达4小时以上,系统将立即通过手机APP、现场广播等多渠道向施工班组发出预警,并自动生成调整方案,指导施工人员优化作业节奏。

在钢筋绑扎施工阶段,AI视觉识别系统通过安装在塔吊、脚手架等高处的高清摄像头,以每秒30帧的频率采集施工画面。系统基于深度学习算法,能够精确识别钢筋间距是否符合 $\pm 5\text{mm}$ 的误差标准,以及绑扎点数量是否满足每米不少于3个的设计要求。若检测到偏差,系统不仅会在BIM模型上以红色高亮标记问题区域,还会同步生成包含问题定位、规范要求、整改建议的电子工单,推送给责任班组长。整改完成后,施工人员需通过移动端上传包含定位水印的验收照片,系统利用图像识别技术自动核验整改效果,只有当所有问题点均通过AI与人工双重审核后,方可解锁下一工序权限。

3.3.2 高危作业专项安全管控

针对高空作业、动火作业、有限空间作业等高危环节,建立专项安全管控流程。施工作业前,施工班组须在系统中提交作业申请,明确作业时间、人员、范围及安全防护措施,经管理人员审核通过后方可作业;作业过程中,通过视频监控与传感器实时监测作业情况,如高空作业时监测人员安全绳佩戴与作业平台稳定性,动火作业时监测消防器材配备与周边易燃物清理情况,发现问题立即暂停作业;作业完成后,班组须提交作业验收报告,记录作业过程中的安全情况,形成高危作业全流程管控记录。

3.3.3 安全事件追溯与改进

建立安全事件追溯系统,对施工现场发生的安全隐患、轻微事故等事件进行详细记录,包括事件发生时间、地点、原因、处置过程及整改结果。系统通过大数据分析挖掘事件背后的共性问题,如多次发生脚手架坍塌隐患可能与搭设不规范有关,进而推送针对性改进措施。同时,将安全事件数据纳入项目安全管理档案,为后续项目安全管理提供参考,逐步完善安全管理体系。

3.4 安全培训与应急演练的智能化升级

通过数字化手段创新安全培训模式,提升施工人员安全技能与应急处置能力。开发VR安全培训系统,模拟高空坠落、物体打击、触电等典型事故场景,让施工人员在虚拟环境中体验事故后果并练习应急措施;系统自动记录培训时长、考核成绩,未达标的人员须重新培训,确保全员具备基础安全技能。建立应急演练数字化管理平台,根据项目风险特征自动生成演练方案,演练过程通过视频监控与传感器采集数据,分析演练时长、人员到位率、物资调配效率等指标,生成演练评估报告,针对薄弱环节优化应急预案,如缩短应急物资调配时间、增加疏散路线标识,提升施工现场应急响应能力。

4 结语

智慧工地通过感知层与分析决策层技术的协同应用,为建筑施工现场安全管理提供了智能化解决方案,有效解决了传统管理中数据滞后、管控粗放、决策盲目等问题。其在人员精准管控、设备环境协同安防、全流程闭环管理中的实践,推动安全管理从“被动应对”转向“主动预防”,显著提升了施工现场安全管理的精准性与效率。未来,须进一步推动多技术深度融合,优化安全管理流程,持续提升施工现场安全管理的智能化与精细化水平。

参考文献

- [1] 祝鹏. 建筑工程智慧工地信息化建设与应用探究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025 (2): 140-142.
- [2] 伍栋. 智慧工地现场施工管理的数字化设计与应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024 (5): 75-77.