

智慧工地技术在房建安全管理中的应用

郑晚亮

中国水利水电第七工程局有限公司 四川 成都 610000

摘要：智慧工地技术体系以数据驱动为核心，与房建安全管理需求高度适配，可精准管控人员、设备、环境和管理四大安全要素，在人员定位、设备监测、环境预警等方面应用成效显著。但存在技术适配施工场景不足、数据协同效率低、人员操作门槛高等问题。为此，需加强技术场景化研发、构建数据协同体系、完善人员培训体系，以提升适配性、打破信息孤岛、降低应用门槛，推动智慧工地技术在房建安全管理中更好应用。

关键词：智慧工地技术；房建工程；安全管理；应用

引言：在房建工程规模不断扩大、安全风险日益复杂的背景下，传统安全管理方式面临信息滞后、管控粗放等挑战。智慧工地技术体系以数据为核心驱动力，通过感知层实时采集人员、设备、环境等多维度安全数据，依托传输层实现高速稳定通信，借助平台层的大数据分析与AI算法进行风险预警，最终在应用层形成闭环管理流程。该技术与房建安全管理中“人员、设备、环境、管理”四大核心要素高度适配，可实现精准化、动态化管控。然而，实际应用中仍存在技术适配性不足、数据协同效率低、人员操作门槛高等问题。本文将系统分析智慧工地技术与房建安全管理的适配性，探讨具体应用场景，剖析现存问题，并提出优化策略。

1 智慧工地技术体系与房建安全管理的适配性

智慧工地技术体系以“数据驱动安全管理”为核心，涵盖感知层、传输层、平台层与应用层四大模块，各层级技术与房建安全管理需求高度契合。感知层通过智能穿戴设备、视频监控摄像头、传感器等终端，实时采集人员位置、设备运行参数、环境温湿度、有害气体浓度等安全数据，解决传统管理中“信息看不见、摸不着”的问题；传输层依托5G、LoRa等通信技术，实现数据高速、稳定传输，保障高风险作业场景下的信息实时互通；平台层通过大数据分析与AI算法，对采集的数据进行风险识别与预警，例如通过AI视频分析自动识别“未戴安全帽”“违规攀爬”等行为；应用层则针对房建安全管理的具体场景，开发人员管理、设备监控、环境预警等功能模块，形成“数据采集-分析-预警-处置”的闭环管理流程。

从适配性来看，房建工程中“人员、设备、环境、管理”四大安全要素，均能通过智慧工地技术实现精准管控：人员管理方面，定位技术可实时追踪作业人员位置，避免进入危险区域；设备管理方面，振动传感器可

监测塔吊、施工电梯的运行状态，提前预警故障风险；环境管理方面，噪声、扬尘传感器可联动喷淋系统，降低环境污染引发的安全隐患；管理方面，数字化平台可实现安全隐患整改流程线上化，避免整改滞后^[1]。

2 智慧工地技术在房建安全管理中的具体应用场景

2.1 人员安全精准管控

人员是房建安全管理的核心对象，智慧工地技术通过“定位+行为识别”双维度实现精准管控。（1）在定位管理上，采用UWB（超宽带）定位技术，为作业人员配备定位手环或安全帽，精度可达1米以内，管理人员通过平台可实时查看人员分布情况，当人员进入基坑、高空作业平台等危险区域时，系统自动触发声光报警，同时向管理人员发送预警信息，避免误入风险。例如，某超高层住宅项目应用UWB定位后，危险区域违规进入事件减少82%。（2）在行为识别上，结合AI视频分析技术，在施工现场关键位置安装智能摄像头，可自动识别“未佩戴安全帽”“未系安全带”“违规跨越防护栏杆”等不安全行为，识别准确率超95%。系统识别到违规行为后，立即在现场显示屏弹出警示画面，并同步推送至管理人员手机APP，管理人员可实时下达整改指令，实现“违规行为即时发现、即时处置”。此外，智能穿戴设备还可监测作业人员的心率、血压等生理数据，当人员出现疲劳、突发疾病等情况时，系统自动预警，保障人员身体健康安全^[2]。

2.2 施工设备全周期安全监测

房建工程中塔吊、施工电梯、混凝土泵车等大型设备是安全管理的重点，智慧工地技术通过“状态监测+故障预警”实现设备全周期安全管控。以塔吊为例，在塔吊起重臂、回转机构、起升机构等关键部位安装振动传感器、力矩限制器、倾角传感器，实时采集设备的起重量、回转角度、变幅行程、塔身垂直度等参数，数据上

传至智慧工地平台后,通过AI算法分析设备运行状态。当起重量超过额定值、塔身垂直度偏差超标时,系统立即停止设备运行,并向操作人员与管理人员发送预警信息,避免设备超载、倾覆等事故。在设备维护管理上,通过大数据分析建立设备“健康档案”,根据设备运行时长、故障历史数据,自动生成维护提醒。例如,施工电梯的制动器、钢丝绳等易损耗部件,系统可根据运行次数与磨损程度,提前3-7天推送维护通知,避免因部件老化引发安全事故。某装配式建筑项目应用设备智能监测系统后,设备故障停机时间减少40%,重大设备安全隐患识别率提升至100%。

2.3 施工环境风险实时预警

房建施工环境中的噪声、扬尘、有害气体、极端天气等因素,不仅影响周边居民生活,还可能引发安全事故,智慧工地技术通过“多参数监测+联动处置”实现环境风险实时管控。在环境数据采集上,施工现场部署集成噪声、PM2.5、PM10、温湿度、一氧化碳、硫化氢等参数的多合一传感器,数据每5分钟更新一次,实时上传至平台,管理人员可通过手机APP查看环境数据变化趋势。当环境参数超标时,系统自动触发联动处置机制:例如扬尘浓度超过限值($PM_{10} > 150\mu g/m^3$)时,平台自动控制施工现场的喷淋系统、雾炮机开启,降低扬尘浓度;当监测到有害气体泄漏时,系统立即关闭相关作业区域的通风设备,同时通知人员撤离;在极端天气预警方面,系统对接气象部门数据,当收到暴雨、大风、高温等预警信息时,自动推送至项目管理人员,并提示暂停高空作业、基坑开挖等危险作业,提前做好防护措施。某市政房建项目应用环境智能预警系统后,因环境因素引发的安全投诉减少65%,极端天气下的安全事故发生率降低50%。

3 智慧工地技术应用于房建安全管理的现存问题

3.1 技术适配性与施工场景不匹配

部分智慧工地技术产品在研发过程中未充分考虑房建施工场景的复杂性,导致实际应用中存在“水土不服”问题。(1)感知层设备的抗干扰能力不足,房建施工现场存在大量钢筋、混凝土等障碍物,易对UWB定位、无线传感器的信号造成遮挡,导致定位精度下降、数据传输中断,例如在深基坑作业中,定位误差可达3-5米,无法满足精准管控需求;(2)技术功能与实际需求脱节,部分AI视频分析系统仅能识别常见的违规行为,对“交叉作业中的工具碰撞”“临边防护缺失”等复杂场景的识别能力不足,识别准确率低于70%,难以有效辅助安全管理。(3)不同施工阶段的安全需求存在差异,

例如主体结构施工阶段重点关注高空作业安全,装饰装修阶段重点关注消防安全,但现有智慧工地系统多采用固定的功能模块,无法根据施工进度动态调整监测重点,导致部分阶段的安全风险被忽视。

3.2 数据协同效率低,信息孤岛现象突出

智慧工地技术应用涉及人员、设备、环境等多类数据,但当前多数房建项目中,各系统数据未实现有效协同,存在“信息孤岛”问题。(1)不同技术供应商的系统接口不统一,例如人员定位系统、设备监测系统、视频监控系统等分别由不同厂家提供,数据格式与传输协议差异较大,无法实现数据互通,管理人员需登录多个平台查看数据,增加管理成本;(2)数据分析深度不足,现有系统多停留在“数据展示”层面,未能将人员、设备、环境数据进行关联分析,例如无法通过“人员位置+设备运行状态”判断是否存在人员与设备碰撞风险,导致数据价值未充分发挥。(3)部分项目的数据存储与共享机制不完善,施工企业担心数据安全问题,不愿将项目数据上传至云端平台,导致数据无法实现跨项目、跨企业的共享,难以形成行业级的安全管理数据库,制约了智慧工地技术的规模化应用。

3.3 人员操作门槛高,技术应用落地难度大

智慧工地技术的应用需要管理人员具备一定的数字化操作能力,但当前房建行业从业人员的数字化素养普遍偏低,导致技术落地难度较大。(1)部分管理人员对智慧工地系统的操作流程不熟悉,例如不会通过平台查看预警信息、生成安全报表,仍依赖传统人工方式开展管理工作,导致系统“用不起来”;(2)一线作业人员对智能设备存在抵触情绪,部分工人认为智能穿戴设备影响作业效率,存在私自拆卸定位手环、关闭传感器等行为,导致数据采集不完整,影响系统预警准确性。(3)技术培训体系不完善,多数施工企业仅在系统上线初期开展简单培训,未建立常态化的培训机制,管理人员与作业人员无法及时掌握系统的新功能、新操作,进一步制约了技术应用效果。

4 智慧工地技术在房建安全管理中的优化策略

4.1 加强技术场景化研发,提升适配性

针对技术适配性不足的问题,需从“场景需求出发”推动智慧工地技术研发。(1)技术供应商应深入调研房建施工场景,开发抗干扰能力强的感知设备,例如针对深基坑、高钢筋密度区域,研发具有信号穿透功能的UWB定位设备,将定位精度提升至1米以内;优化传感器的防护等级,采用IP67及以上防护标准,确保设备在潮湿、粉尘多的施工环境中稳定运行。(2)强化AI算法的场景化

训练,收集房建施工现场的违规行为、设备故障等实际案例,构建专属数据集,提升AI视频分析系统对复杂场景的识别能力,例如增加“交叉作业风险识别”“临边防护缺失检测”等功能,将识别准确率提升至90%以上。

(3)开发动态适配的系统功能模块,根据房建工程的施工进度(如地基施工、主体结构、装饰装修),自动调整监测重点与预警阈值,例如在主体结构施工阶段,增加高空作业区域的监测频率,在装饰装修阶段,强化消防安全监测,实现“按需适配”的安全管理^[3]。

4.2 构建数据协同体系,打破信息孤岛

为解决数据协同效率低的问题,需从“标准统一+平台整合”两方面构建数据协同体系。(1)推动行业制定智慧工地数据标准,明确人员、设备、环境等数据的格式、传输协议与接口规范,例如统一人员定位数据的坐标体系、设备运行参数的计量单位,实现不同系统的数据互通。(2)搭建一体化智慧工地平台,整合人员管理、设备监测、环境预警等功能模块,采用“云+边”协同架构,边缘端负责实时数据采集与本地预警,云端负责数据存储、大数据分析 & 跨项目共享,管理人员通过一个平台即可获取全维度安全数据,提升管理效率。

(3)建立数据安全与共享机制,采用区块链技术对数据进行加密存储,确保数据不可篡改;通过“数据脱敏”技术,在保护项目隐私的前提下,实现跨项目的安全数据共享,例如汇总不同项目的设备故障数据,形成行业级的设备安全风险数据库,为设备维护与风险预警提供数据支撑。

4.3 完善人员培训体系,降低应用门槛

针对人员操作门槛高的问题,需通过“分层培训+操作优化”提升人员的技术应用能力。(1)构建分层分类的培训体系:对管理人员,开展系统操作、数据分析、应急处置等专项培训,通过案例教学、实操演练等方式,提升其运用系统开展安全管理的能力;对一线作

业人员,采用通俗易懂的方式(如动画、短视频)讲解智能设备的使用方法与重要性,减少抵触情绪,同时建立奖惩机制,对规范使用智能设备的人员给予奖励,对私自拆卸设备的人员进行处罚,确保数据采集的完整性。(2)优化系统操作界面,采用“傻瓜式”设计,简化操作流程,例如在管理人员APP中设置“一键查看预警”“快速下达整改指令”等功能,减少操作步骤;在一线作业人员的定位设备上,采用语音提示代替文字显示,方便工人理解预警信息^[4]。此外,建立技术支持团队,在施工现场设立服务点,及时解决人员在系统使用中遇到的问题,确保技术应用“用得好、用得久”。

结束语

智慧工地技术体系与房建安全管理适配性显著,在人员、设备、环境管控等方面展现出强大优势,有效提升了安全管理水平。然而,实际应用中仍存在技术适配性不足、数据协同效率低、人员操作门槛高等问题,制约了技术的进一步推广与应用。未来,需加强技术场景化研发,提升与施工场景的适配性;构建数据协同体系,打破信息孤岛,实现数据的高效流通与价值挖掘;完善人员培训体系,降低技术应用门槛,提升管理人员与作业人员的数字化素养。通过多方面的优化与改进,推动智慧工地技术在房建安全管理中的深度应用,为行业安全发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]薛占超.高效建筑施工管理的智能化策略与实践[J].城市建筑,2025,22(15):189-191.
- [2]张为政.BIM技术在房建施工管理中的应用[J].城建科技,2025,34(06):175-177.
- [3]翟凯,王纪红,王蒙.智慧工地系统在施工现场安全管理中的应用[J].建筑安全,2021,36(05):41-44.
- [4]姬广印,王浩南.智慧工地系统在房建施工安全管理中的应用[J].智能城市,2021,7(20):90-91.