

智慧工地技术在土木工程现场安全管理中的应用与优化

孙宏伟

中国新兴建设开发有限责任公司, 北京 100080

[摘要]智慧工地技术是数智化时代提升土木工程现场安全管理水平的重要手段。数据显示, 融合 AI 视觉识别与物联网技术的智慧工地视频监管系统, 可降低事故率 67%, 减少巡检成本 40%。然而, 当前智慧工地安全管理应用中仍面临建设成本较高、系统集成与数据共享不足、技术标准不统一、管理人员信息化能力不足以及数据安全与隐私保护问题等多重挑战。文中针对上述问题, 从完善安全管理体系、推进 BIM 与 AI 深度融合、加强数据协同管理、建立智能化预警机制、提升管理人员综合素质及完善标准化建设六个维度提出优化策略, 为提升土木工程现场安全管理水平提供参考路径。

[关键词]智慧工地; 土木工程; 安全管理; AI 技术; 数据协同

DOI: 10.33142/ect.v4i5.19765

中图分类号: TU714

文献标识码: A

Application and Optimization of Smart Construction Site Technology in Safety Management of Civil Engineering Sites

SUN Hongwei

China Xinxing Construction and Development Co., Ltd., Beijing, 100080, China

Abstract: Smart construction site technology is an important means to improve the safety management level of civil engineering sites in the digital age. Data shows that a smart construction site video supervision system that integrates AI visual recognition and Internet of Things technology can reduce accident rates by 67% and inspection costs by 40%. However, the current application of smart construction site safety management still faces multiple challenges such as high construction costs, insufficient system integration and data sharing, inconsistent technical standards, insufficient information technology capabilities of management personnel, and data security and privacy protection issues. In response to the above issues, the article proposes optimization strategies from six dimensions: improving the safety management system, promoting the deep integration of BIM and AI, strengthening data collaborative management, establishing an intelligent warning mechanism, enhancing the comprehensive quality of management personnel, and improving standardized construction, providing a reference path for improving the on-site safety management level of civil engineering.

Keywords: smart construction site; civil engineering; safety management; AI technology; data collaboration

引言

伴随着我国基础设施建设的不断推进, 土木工程施工现场的安全管理压力也越来越大。传统的安全管理以人工巡查为主, 存在范围小、响应慢、记录繁杂等缺点, 不能满足大型复杂工程对安全控制的实时性、准确性要求。智慧工地是数智化技术在工程建设领域的典型应用场景, 是将人工智能、5G 物联网、国产 BIM 等技术深度融入工程建设方案选择、人员管理、风险预警等全过程的一种载体。目前国家政策一直推进施工管理的数字化转型。安徽省已经发布通知, 全省依法办理施工许可证的房屋建筑和市政基础设施工程, 按照省工程建设地方标准《智慧工地建设

标准》(DB34/T 5175-2025), 全面推行智慧工地建设和应用。在此背景下, 对智慧工地技术应用中存在的问题进行梳理, 并提出相应的优化策略, 有重大的现实意义。

1 智慧工地在安全管理中的应用意义

智慧工地技术在安全管理中所起的作用, 主要表现在“人防”向“技防”的转变、从被动处置向主动预防的转变。在人员安全监管上, 利用 AI 视觉识别技术可以准确地捕捉到施工人员没有佩戴安全帽、闯入危险区等违规行为, 从而实现秒级识别和即时报警。深圳地铁 15 号线项目布控球内含 AI 识别算法, 可以对不戴安全帽、抽烟等 10 多种违章行为自动识别, 识别准确率超过 90%, 一旦

发现违章就会立刻把告警信息发到后台。在大中型设备的管控上,塔吊防碰撞系统、AI 吊装仿真技术可以大大提高大型设备作业的安全性,避免出现“盲吊”事故。金华市建设局部署的 AI+智慧监管系统依靠工地已有的监控设备来实现 15s 预警、即时干预的闭环管理,首批 12 个试点项目的全部问题隐患被发现并整改完毕的总数量为 5.5 万条,全部问题隐患都能在规定时间内整改完毕。智慧工地全面使用之后,安全管理由原来的依靠经验来推动转变为依靠数据来推动,由事后应急变为事前预防。

2 智慧工地安全管理应用中存在的问题

2.1 智慧工地建设成本较高

智慧工地的创建牵涉到诸多智能硬件设备的采购安装、软件开发及系统整合、数据传输网络的搭建等诸多方面,前期投入成本较大,给中小施工企业带来了较大的经济压力。相关政府提案已经指出目前施工信息化管理存在智能设备应用不足、数据孤岛严重、标准体系不健全、监管模式落后等主要问题,提出加大设备采购补贴力度的建议。部分企业由于资金短缺等原因采用“缩水版”的智慧工地方案,造成系统功能不足、数据覆盖面不广,不能充分发挥智慧化管控的作用。高昂的初始投资和不确定的投资回收期造成的矛盾,成了影响智慧工地大规模推广的主要障碍。

2.2 系统集成与数据共享不足

智慧工地一般包含人员管理、设备监控、环境监测、视频监控等各个子系统,各个子系统是由不同的厂商提供的,使用的是各自独立的技术架构以及数据接口。行业信息化发展还存在着系统性的难题,技术的应用是分散的,没有统一的标准造成系统之间不能相互兼容,数据孤岛现象普遍存在。施工现场的数据不能实现跨系统、跨平台的整合共享,各种智能终端采集的海量数据又成了新的“数据孤岛”^[1]。天津市住建委认为施工信息化管理存在着智能设备应用不足、数据孤岛明显、标准体系不健全等问题。碎片化格局会增大信息管理的难度,也会使数据融合分析无法给安全预警提供可信的数据支持。

2.3 技术应用标准不统一

目前智慧工地建设缺少统一的技术标准,各地、各企业智慧工地建设所用的设备规格、数据格式、通信协议各不相同,造成系统互不相通,给监管部门统一采集和分析工地数据带来阻碍。近些年来,全国各地陆续出台了智慧工地创建的相关标准。山东省水利工程智慧工地建设技术规范(DB37/T 4977-2025)、广东省市政和交通工程智慧

工地技术规程(T/GDCSDA 7-2025)、武汉建筑业协会智慧工地建设与评价标准(T/WHCIA 1010-2025),对人员管理、机械设备管理等 11 个方面都有具体规定。标准的多样化本身不是问题,但是各地标准之间缺少有效的衔接,造成跨区域施工项目智慧工地建设困难。

2.4 管理人员信息化能力不足

智慧工地系统建立起来之后,要发挥它的效能,就必须依靠人员的运用水平。目前施工现场大量安全管理人员年龄偏大、专业背景单一,对物联网、人工智能、大数据分析等新技术没有系统的认识以及操作能力。从业人员数字化能力参差不齐,传统的管理模式同现代的技术融合不够,造成全流程协同效率低下。部分工地虽然配备了先进的设备,但是由于管理人员不会使用或者使用效率低,使得系统长期处于建而不用或者用而不深的状态。既懂工程建设又掌握数智化技术的复合型安全管理人才严重缺乏,智慧工地的应用大多只停留在基础的数据采集和简单的报警上,没有充分发挥出系统的潜力。

2.5 数据安全与隐私保护问题

智慧工地大量使用摄像头、传感器等物联网设备来采集人员身份信息、位置轨迹、现场影像等敏感数据,数据种类繁多、数量庞大,安全防护难度大。福建省七建集团梳理出智慧工地高频网络安全风险场景后发现,敏感数据泄露隐患大、物联网设备防护能力弱、网络钓鱼攻击占比高等问题比较突出。智慧工地物联网设备普遍存在着安全防护设计欠缺、默认密码没有修改、固件长时间不更新等状况,从而成了网络入侵的“薄弱突破口”。工地数据一旦泄露,不仅会造成经济损失和声誉损失,还会因为施工信息外泄而产生安全风险,信息安全技术规范规定,信息化管理系统要符合国家信息安全法律法规,对涉及个人隐私或者商业秘密的数据要进行加密存储和传输,系统日志应当记录用户的操作行为,并且保存时间不得少于六个月。

3 智慧工地技术优化策略

3.1 完善智慧工地安全管理体系

就建设成本高而言,企业应该制订分阶段、分层次的智慧工地创建规划,根据工程大小、安全危险等级分阶段投入。安徽省已经明确采用省级平台统一管理的方式,为了防止系统重复建设、数据重复录入,按照数据归集、集约共享、安全运行的原则,各地市原则上统一使用省级平台,已经建成平台的要优化更新,并按照要求与省级平台对接。企业应该充分发挥国家以及地方有关智能设备采购、数字化转型的扶持资金和补贴政策的作用,减轻前期投入

的压力。创建智慧工地运行效果评价体系,用量化指标来衡量安全投入的效果,给后续的投入决策提供依据。

3.2 推进 BIM 与 AI 深度融合应用

BIM 技术与 AI 算法结合,是提高智慧工地安全智能化的主要方法。中国化学三化建研发的“基于 AI+BIM+物联网”的化工智慧工地一体化管理平台,把 AI、BIM、物联网技术深度融合起来,创建起包含安全、进度、成本、质量在内的工地智能管理体系,实现实时监测、风险预警、资源优化,打破信息孤岛,推动施工现场由数据驱动的智慧化管理向智慧化管理模式转变。昆明长水国际机场改扩建工程以 BIM 为核心搭建起一体化数字平台,将设计深化、施工建设、安全管控等八个模块全部纳入其中,并且实现了各方面的数据壁垒的打通,从而达到施工现场全要素在线化统筹管理的目的^[2]。湖南湘江科学城科学交流中心项目用 AI 视频分析技术可以自动识别佩戴不规范安全帽、进入危险区域的违规行为,使安全管理效率提高 90%。企业要统筹推进 BIM 模型同 AI 视觉、物联网设备的联动,用数字孪生技术在三维空间里标注出风险点位,并模拟出预警场景,从而给安全管理赋予精确的研判依据。

3.3 加强施工现场数据协同管理

解决系统集成和数据共享的问题要从数据标准的创建和平台整合两方面着手。安徽省创建起覆盖省、市、县(区)、工程项目的省级智慧工地大数据库,成为数据基础,赋予大数据采集、治理、共享交换等能力,支持智慧工地安全运行及持续发展。企业层面要创建统一的数据中台,打通各个厂商、各个系统的数据接口,制订统一的工地数据采集与交换标准。智能预警系统数据采集操作规范对数据采集内容、传输和存储、质量控制、安全隐私保护等进行了明确的规定,给统一数据标准提供了一个框架。依靠数据协同来达成对人员违章、设备异常、环境风险等各方面的集中监测以及综合剖析,防止出现信息分散的情况,从而充分发挥出数据的协同联动效果。

3.4 建立智能化安全风险预警机制

为实现安全管理由被动处置转向主动预防的目标,创

建起覆盖施工全生命周期的智能化预警体系。智能预警系统依靠多源数据采集、大数据分析以及人工智能技术,可以对施工现场的风险状况实施动态监测并发出预先警报,进而明显改善风险防范能力,缩减事故发生数量。苏州“一带一帽”智慧监管模块将智能分析引擎与海量项目运行数据相结合,对风险进行深入挖掘,形成风险动态图谱,一旦发现临边防护存在隐患或者高空作业违规操作等问题就会发出分级预警^[3]。该系统根据预警等级、隐患性质自动生成相应的管控建议,精确推送至项目负责人、企业安全管理部门、属地监管部门,48h 内隐患整改完成率 84.9%。企业要创建起一个由感知、预警、处置、反馈构成的闭环管理链条,并且依靠历史的安全数据来训练预测模型,从而提升风险预警的准确性和及时性。

3.5 提升安全管理人员综合素质

针对管理人员信息化能力欠缺的问题,要创建完善的智慧工地人才培养体系。安徽省通知要求企业同院校、科研机构共建实验室、实训基地,加强专业人员的培训,提高创新型、应用型、复合型智慧工地人才供给能力,建立激励机制,支持企业、个人参加智慧工地培训。企业内部要定期组织智慧工地系统操作培训、安全数据分析专项培训,提高一线安全管理人员的数字素养以及系统操作能力。使用沉浸式 VR 安全体验教学手段,使管理人员、工人对于场景化的风险处置过程有更直接的体会,进而加强安全意识和操作技能的直观认识^[4]。完善激励机制,把智慧工地系统使用效果纳入安全岗位绩效考核,调动基层人员主动学习、积极使用的内生动力。

3.6 完善智慧工地标准化建设

标准化为智慧工地从试点试验到全面推广打下了基础。国家标准层面,由 T/WHCIA 1010-2025 所构成的智慧工地建设及评价标准团体标准,从通用管理、基础设施配置到集成要求、应用评价方面形成起完整的体系。行业层面要加快智慧工地设备接口、数据格式、通信协议的统一,形成设备互操作标准、数据交换规范。政府监管部门要牵头协调,促使各个层级、各个区域的智慧工地标准体

表 1 智慧工地安全管理问题与优化策略对应关系

问题类别	问题表现	对应优化策略	核心措施
2.1	智慧工地建设成本较高	3.1 完善智慧工地安全管理体系	分阶段投入规划、利用政策扶持资金、建立成本效益评估机制
2.2	系统集成与数据共享不足	3.3 加强施工现场数据协同管理	建设统一数据中台、制定数据交换标准、推进省级平台统一管理
2.3	技术应用标准不统一	3.6 完善智慧工地标准化建设	制定统一技术标准与数据格式、推进标准体系衔接、建立评价体系
2.4	管理人员信息化能力不足	3.5 提升安全管理人员综合素质	校企合作实训基地、VR 沉浸式培训、信息化技能绩效考核
2.5	数据安全与隐私保护问题	3.4 建立智能化安全风险预警机制	数据加密存储传输、物联网设备安全配置、风险分级预警与闭环处置

系得以衔接并达成一致,从而给跨区域工程项目提供制度上的支持。同时创建智慧工地应用效果评价体系,把智慧工地建设质量及应用成效纳入工程评优和安全考核指标当中,促使行业整体提升智慧化水平。

4 结语

智慧工地技术在土木工程现场安全管理方面正处在快速发展阶段。国家能源集团安庆电厂三期工程以“实用、好用、管用”为原则,利用“云工地”APP 创建起三级管控排查体系,共发出智能预警 2000 多次,影响人数达上万,中大型隐患发生率降低 90%,节约成本达 400 多万元。智慧工地真正的价值不是设备的简单叠加,而是把数据变成安全管理工作效能的提升。由“人防”向“技防”,由被动巡检向主动预警,由经验判断向数据决策,智慧工地技术正在对土木工程安全管理的底层逻辑进行系统的重塑。随着 5G 专网、数字孪生等新技术的不断深入,施

工现场风险治理也将由原来的单点智能化发展成全域协同化的态势,给土木工程建设走向本质安全提供强有力的支撑。

[参考文献]

- [1]许若涵.智慧工地技术在土木工程施工管理中的应用[J].建材发展导向,2026,24(08):91-93.
- [2]杨思远.智慧工地技术赋能土木工程施工管理研究[J].新城建科技,2025,34(03):40-42.
- [3]刘颖.智慧工地技术应用与工程造价精细化管控研究[J].销售与管理,2026(12):30-32.
- [4]李守全,宗可彬.智慧工地技术在工程中的应用研究[J].城市开发,2025(10):27-29.

作者简介:孙宏伟(1990—),男,汉族,北京人,中级工程师,大学本科,毕业于北京建筑大学土木工程专业,现从事建筑工程施工工作。