

智慧工地建设背景下住宅建筑工程安全管理措施

刘君建

210222*****4430

摘要: 在新型城镇化与数字技术深度融合的背景下,智慧工地建设已成为推动住宅建筑工程安全管理模式革新的关键路径。本文旨在探讨智慧工地背景下住宅建筑工程安全管理的创新措施与实践路径。首先,分析传统住宅建筑工程安全管理存在的主要问题,包括监管手段滞后、风险预警能力不足、人员安全意识薄弱等。其次,系统阐述智慧工地的技术体系及其在安全管理中的应用,如物联网、大数据、人工智能、BIM等技术的集成赋能。在此基础上,从风险智能感知、过程动态监控、人员行为规范、应急协同响应等维度,构建智慧安全管理体系。最后,针对当前智慧工地安全管理的实施障碍,提出推动技术融合、完善标准体系、强化人员培训等对策建议。研究表明,智慧工地建设能够实现安全管理的实时化、精细化与智能化,显著提升住宅建筑工程的本质安全水平,为行业高质量发展提供支撑。

关键词: 智慧工地;住宅建筑;安全管理;物联网;大数据;BIM技术

DOI: 10.69979/3029-2727.26.04.045

引言

住宅建筑工程作为城乡建设的重要载体,其规模持续扩大、结构日趋复杂,施工过程中高处作业、大型机械运行、交叉施工等环节众多,安全事故易发多发,传统安全管理模式已难以适应现代工程建设需要。近年来,随着物联网、云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术的迅猛发展,“智慧工地”应运而生,成为建筑业转型升级的重要方向。智慧工地通过信息技术与施工管理的深度融合,实现对人、机、料、法、环等要素的全面感知、互联互通与智能处理,为提升工程安全管理效能提供了全新的解决方案。国家层面相继出台《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》等政策文件,明确提出推进智慧工地建设,强化施工全过程数字化监管,这为住宅建筑工程安全管理创新注入了强劲动力。在此背景下,深入研究智慧工地建设背景下的住宅建筑工程安全管理措施,不仅具有重要的理论价值,更是应对行业安全挑战、保障人民生命财产安全的迫切需求。

1 传统住宅建筑工程安全管理面临的突出问题

长期以来,住宅建筑工程安全管理主要依赖规章制度、安全检查、安全教育等传统手段,虽取得一定成效,但仍存在诸多深层次问题,制约着安全管理水平的本质提升。

首先,安全监管方式滞后,动态管控能力不足。传统安全管理高度依赖安全员的现场巡查与手工记录,存在监管盲区大、信息反馈慢、问题追溯难等弊端。安全

检查多为周期性、定点式,难以实现施工全过程的实时连续监控。一旦发生安全隐患,往往依靠经验判断,缺乏数据支撑,导致预警滞后,错失最佳处置时机。

其次,风险识别与预警能力薄弱。住宅建筑施工环境复杂,风险因素瞬息万变。传统方法对深基坑、高支模、起重吊装等重大危险源的监测,多采用孤立的仪表或人工观测,数据采集不连续、不全面,难以进行多源信息关联分析与风险耦合研判。对人员不安全行为、设备异常状态、环境突变因素缺乏有效的智能感知与预警手段。

再次,人员安全意识与技能参差不齐。建筑工人流动性大、文化程度普遍不高,传统安全教育多以口头宣讲、标语宣传为主,形式单一,效果有限。难以确保每位工人都能深入理解安全规程并自觉遵守。同时,对现场人员的位置、状态、行为缺乏精准管控,违规操作、擅自进入危险区域等情况时有发生^[1]。

最后,应急响应与协同管理效率低下。一旦发生安全事故,传统模式下的信息传递链条长、决策速度慢,各部门协同不畅,资源调度往往不够及时精准,可能延误救援时机。安全事故数据也多为分散存储,缺乏深度挖掘,难以系统分析事故规律,用于改进预防措施。

这些问题的存在,根源在于传统管理模式的信息化、智能化水平不足。智慧工地建设正是通过技术赋能,针对这些痛点寻求系统性解决方案。

2 智慧工地的技术体系及其对安全管理的赋能机制

智慧工地并非单一技术的应用,而是一个以数据为

核心，融合多种前沿信息技术的集成系统。其主要技术构成包括：

物联网技术：通过各类传感器、射频识别（RFID）、智能穿戴设备等，实时采集人员、机械设备、材料、环境等要素的状态、位置与行为数据，构成智慧工地的“神经末梢”，实现物理世界的数字化感知^[2]。

大数据与云计算技术：对海量、多源的工程安全数据进行汇聚、存储与处理。云计算提供强大的算力支撑，大数据技术则负责数据的清洗、整合与分析，挖掘数据背后隐藏的规律、关联与趋势，为风险预警和决策提供依据。

人工智能与机器学习技术：应用于图像识别、行为分析、语音识别、预测模型等领域。例如，通过计算机视觉自动识别未佩戴安全帽、未系安全带、危险区域入侵等违规行为；通过机器学习算法对历史事故数据和当前监测数据，构建风险预测模型。

建筑信息模型技术：BIM 技术提供工程项目的三维数字化模型，集成了几何信息与物理、功能属性。在安全管理中，BIM 可用于施工模拟、碰撞检测、危险源可视化标识、安全技术交底等，实现安全管理的空间化与可视化。

移动互联网与数字孪生技术：移动终端方便管理人员随时随地进行监控与处置。数字孪生技术则在虚拟空间中构建一个与物理工地实时映射、交互的数字化模型，实现施工过程的虚拟仿真、状态映射与预测优化。

这些技术相互关联、协同作用，共同构建起智慧工地安全管理的赋能机制：感知层全面获取安全相关数据；网络层实现数据的可靠传输；平台层进行数据的集成管理与智能分析；应用层则面向具体的安全管理场景提供智能化服务^[3]。这种机制将安全管理的模式从“事后处置、被动响应”转变为“事前预防、事中控制、动态优化”，实现了管理流程的重塑与效能跃升。

3 智慧工地背景下住宅建筑工程安全管理的核心措施

依托上述技术体系，住宅建筑工程安全管理可在以下环节实施精细化、智能化的创新措施：

3.1 基于物联网的施工风险智能感知与监测

在住宅项目现场的关键区域和要素上部署智能传感设备，构建全覆盖的感知网络。对人员安全，可通过智能安全帽（集成定位、SOS 报警、体征监测功能）、UWB/Wi-Fi 等高精度定位技术，实时掌握人员位置、活动轨迹，设置电子围栏，对擅自进入基坑、顶模、起重

臂回转区等危险区域的行为即时报警。对机械设备安全，为塔吊、施工电梯等大型设备安装黑匣子，实时监测运行参数（如起重量、幅度、力矩、风速、倾角等），对超载、碰撞、超限等危险状态自动预警并限制操作。对环境与设施安全，实时监测深基坑位移与沉降、高支模体系的应力与变形、临时用电参数、现场扬尘、噪音、有害气体浓度等，数据超标自动报警。通过物联网，将隐蔽的风险显性化、动态化，实现全天候、无盲区的智能盯防。

3.2 基于数据融合与 AI 的动态风险预警与决策支持

将物联网实时数据、BIM 模型数据、施工计划数据、历史事故数据等进行融合，构建工地安全大数据中心。利用 AI 算法建立风险预警模型。例如，通过分析塔吊运行数据与周边人员定位数据，预测碰撞风险；通过分析环境数据（如风速、降雨）与施工活动数据，预测高处作业、户外焊接等活动的风险等级。开发安全管理驾驶舱，以可视化图表、仪表盘形式，直观展示整体安全态势、风险热点分布、预警信息统计等。管理人员可基于数据洞察进行科学决策，提前部署防范措施，将风险管理从“凭经验”转向“靠数据”^[4]。

3.3 基于 BIM 与智能化的安全技术管理与交底

在施工前，利用 BIM 模型进行 4D（3D+时间）施工模拟，提前发现工序冲突、空间冲突可能带来的安全问题。在模型中标识重大危险源、消防通道、安全防护设施位置，进行可视化安全策划。利用 BIM+VR/AR 技术，创建沉浸式、交互式的安全体验馆和安全交底场景。工人可通过 VR 设备体验高处坠落、物体打击等事故的虚拟后果，通过 AR 设备在现场扫描二维码或识别构件，即刻查看三维化的安全操作规程和技术要点。这种形象化的交底方式极大提升了安全教育的效果与工人的安全认知。

3.4 基于图像识别与数据分析的人员行为智能管控

在施工区、加工区、通道口等重点区域部署高清智能摄像头，搭载 AI 视频分析算法。系统可自动识别并抓拍一系列不安全行为：如未正确佩戴安全帽、安全带，在禁烟区域吸烟，违规穿越警戒线，人员聚集超限等。识别到违规行为后，系统可立即通过现场广播、智能安全帽语音、管理人员手机 APP 等多渠道发出实时告警，督促纠正。同时，所有违规行为数据被记录、统计与分析，可评估各班组、各工种的安全表现，用于针对性的安全教育、考核与奖惩，形成行为管控的闭环。

3.5 基于协同平台的应急响应与安全闭环管理

建立智慧工地统一的应急指挥与协同管理平台。当系统发出高风险预警或接收到人工报警（如通过智能安全帽的SOS按键）时，平台自动触发应急预案，通过地图精准定位事发现场与周边人员、应急物资位置，一键通知相关应急小组和负责人，规划最优救援路径。平台整合通讯功能，支持多方音视频会商，提高指挥效率。此外，平台将安全隐患排查、整改、复核的全流程线上化、闭环化。检查人员通过移动终端上传隐患照片、描述，系统自动派单至责任人，限时整改并反馈，超时自动升级督办。所有安全数据形成电子档案，便于追溯与审计，也为持续改进安全管理体系提供数据基础^[5]。

4 智慧工地安全管理实施的挑战与推进策略

尽管智慧工地为安全管理带来巨大潜力，但在住宅建筑工程中全面落地仍面临诸多挑战：一是初期投入成本较高，中小型建筑企业资金压力大；二是技术集成复杂，不同厂商的设备与系统接口标准不一，存在“数据孤岛”；三是缺乏行业统一的智慧工地安全管理标准与评价体系；四是现有管理人员和作业人员的信息化素养与技能有待提升；五是数据安全与隐私保护问题凸显。为有效推进智慧工地安全管理，需采取以下策略：

政策引导与标准先行：政府应加强顶层设计，出台更细化的鼓励政策与补贴措施，降低企业转型成本。加快制定智慧工地建设，特别是安全管理的技术标准、数据标准和验收标准，促进互联互通。

分步实施与典型引路：企业可根据项目规模与特点，从需求最迫切、见效最快的环节（如大型设备监控、实名制与定位管理）入手，逐步扩展应用。建设示范工程，总结可复制、可推广的经验模式。

加强技术融合与平台建设：鼓励研发投入，推动BIM、物联网、AI等技术的深度融合应用。发展标准化、模块化、云服务化的智慧工地平台解决方案，降低部署难度与使用门槛。

重视人员培训与组织变革：开展多层次、多形式的培训，提升管理人员的数据分析决策能力和工人的智能设备操作能力。安全管理组织结构需适应智慧化转型，

设置数据安全岗位，优化管理流程。

保障数据安全与健全管理机制：建立完善的数据采集、传输、存储、使用和隐私保护制度。明确各方权责，将智慧工地安全管理成效纳入企业考核，形成长效激励机制。

5 结语

智慧工地建设代表了建筑业未来发展的必然方向，也为破解住宅建筑工程安全管理长期存在的难题提供了革命性的工具和方法。通过物联网、大数据、人工智能、BIM等技术的综合应用，能够构建起覆盖全面、感知实时、预警智能、管控精准、应急高效的现代安全管理体系，实现从“人防”到“技防”与“智防”的深刻转变。这不仅能够大幅降低安全事故发生率，保障施工人员的生命与健康，还能提升管理效率，减少因事故导致的工期延误和经济损失，具有显著的社会效益与经济效益。然而，智慧工地的全面深化应用仍是一个系统工程，面临技术、成本、标准、人才等多重挑战。需要政府、企业、科研机构等多方协同努力，通过政策扶持、标准制定、技术创新、人才培养和模式探索，不断克服障碍，推动智慧工地安全管理从“点状应用”走向“系统集成”，从“技术驱动”迈向“数据驱动”和“价值创造”，为住宅建筑工程高质量、安全可持续发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 吴诗盛. 高层住宅施工过程中的危险源分析及安全管理探讨[J]. 居舍, 2025, (34): 153-156.
- [2] 曹维乐. 智慧工地建设背景下住宅建筑工程安全管理措施[J]. 住宅与房地产, 2025, (32): 71-73.
- [3] 张善松. 智慧工地建设背景下住宅建筑工程安全管理措施[J]. 居舍, 2025, (13): 169-172.
- [4] 欧阳攀, 鲁忠军, 盛越. 智慧工地在住宅项目质量安全管理中应用研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (10): 43-45.
- [5] 葛晓晓. 智慧工地系统在施工现场安全管理中的应用[J]. 中国建筑装饰装修, 2023, (15): 64-66.