

智慧建造在建筑工程安全施工管理中的应用

张鑫 季佳 吕玉坤

青岛四机建筑安装有限公司 山东 青岛 266109

摘要: 本文聚焦智慧建造在建筑工程安全施工管理中的应用。先分析智慧建造核心技术组成与安全管理需求, 阐述其适配性。介绍了关键应用场景, 如基于BIM的风险模拟预控、物联网实时监测预警等。随后说明系统架构设计、数据治理与安全保障及实施路径。最后展望未来, 探讨智慧建造技术趋势、全产业链协同管理体系构建方向及安全管理发展前景, 为提升建筑工程安全管理水平提供参考。

关键词: 智慧建造; 安全管理; BIM技术; 物联网; 人工智能

引言: 建筑工程施工场景复杂, 风险点多, 传统管理模式面临诸多挑战。随着数字化、智能化技术发展, 智慧建造应运而生。智慧建造以多技术融合为支撑, 能打破信息壁垒, 提升施工效率与管理精细化水平。其在建筑工程安全施工管理中具有巨大应用潜力, 可满足风险防控、高效管控等核心需求。本文将深入探讨智慧建造在其中的具体应用、系统构建及未来发展方向。

1 智慧建造技术体系与安全管理需求分析

1.1 智慧建造核心技术组成

智慧建造核心技术组成以数字化、智能化技术为支撑, 形成多技术融合的体系框架。核心技术涵盖建筑信息模型(BIM)技术、物联网(IoT)技术、人工智能(AI)技术、数字孪生技术及大数据分析技术。BIM技术实现建筑全生命周期的数字化建模与协同管理, 为各环节提供精准数据支撑; 物联网技术通过各类传感器、RFID标签等设备, 实现施工场景中人、机、料、法、环等要素的实时数据采集与传输; AI技术赋能安全隐患识别、施工工序优化等智能决策场景; 数字孪生技术构建物理工程与虚拟模型的实时映射, 实现施工过程的动态管控; 大数据分析技术对海量施工数据进行挖掘分析, 为管理决策提供数据驱动支持^[1]。各技术相互协同、互补, 构建起覆盖施工全流程的智慧建造技术底座, 打破传统施工管理的信息壁垒, 提升施工效率与管理精细化水平。

1.2 建筑工程安全管理核心需求

建筑工程安全管理核心需求围绕风险防控、高效管控、协同联动及全程追溯展开, 适配建筑工程施工场景复杂、风险点多、人员流动大等特点。首要需求是风险精准防控, 需实现对高处坠落、物体打击、坍塌、触电等高频风险的提前识别、精准预判与有效管控, 降低安全事故发生率。其次是高效实时管控, 传统人工巡检

模式效率低、覆盖面有限, 亟需通过智能化手段实现施工全过程实时监测、隐患快速定位与闭环处理, 提升管理响应速度。再者是多主体协同联动, 建筑工程涉及建设、施工、监理、设计等多参与方, 需建立统一的安全管理平台, 实现信息共享、责任明确、协同处置, 打破管理碎片化困境。最后是全程可追溯, 需对施工安全培训、隐患排查、整改落实、应急处置等全流程数据记录归档, 满足安全监管核查与责任追溯需求。

2 智慧建造在安全管理中的关键应用场景

2.1 基于BIM的安全风险模拟与预控

基于BIM的安全风险模拟与预控是智慧建造在安全管理中的核心应用场景, 通过数字化建模与模拟分析实现风险提前防控。该场景以BIM三维模型为基础, 整合施工方案、地质勘察、环境条件等多源数据, 对施工全过程进行可视化模拟。在施工前期, 通过模拟深基坑开挖、模板支撑体系搭设、起重吊装等高危工序, 精准识别施工过程中潜在的碰撞风险、结构失稳风险、空间布局不合理导致的安全隐患, 提前优化施工方案, 调整工序衔接与场地布置, 从源头规避风险。施工过程中, 将BIM模型与施工进度动态关联, 实时更新模型数据, 对施工偏差导致的安全风险进行动态模拟与预警, 指导现场施工调整。同时, 依托BIM模型实现安全技术交底可视化, 向施工人员直观展示风险点、防控措施及应急处置流程, 提升交底效果。通过BIM模型记录风险防控全过程数据, 为后续风险复盘与管理优化提供支撑, 显著提升安全风险预控的精准度与有效性。

2.2 物联网驱动的实时监测与预警系统

物联网驱动的实时监测与预警系统通过全要素数据采集与智能分析, 构建施工安全的“感知-传输-分析-预警”闭环体系。该系统依托物联网技术, 在施工场地部署各类传感器、视频监控设备、人员定位终端、设备运

行监测模块等感知设备,实现对关键部位、人员状态、设备运行、环境参数等多维度数据的实时采集。其中,人员定位终端可精准监测施工人员位置、作业轨迹,及时预警人员进入高危区域的行为;设备运行监测模块实时采集塔吊、施工电梯等大型机械的运行参数,识别超载、超速、故障等异常情况;环境传感器监测基坑沉降、边坡位移、扬尘、噪声等环境指标,防范地质灾害与环境风险^[2]。采集的数据通过5G、物联网等网络技术传输至云端管理平台,经大数据分析 with 智能算法处理,对异常数据进行实时识别、分级预警,并将预警信息推送至管理人员与现场作业人员终端,同时联动现场声光报警设备,实现“早发现、早提醒、早处置”,最大限度降低事故发生概率。

2.3 AI辅助的安全隐患智能识别

AI辅助的安全隐患智能识别借助人工智能算法与计算机视觉技术,突破传统人工巡检的局限,实现安全隐患的自动化、精准化识别。该场景通过在施工场地部署高清摄像头、移动巡检设备等,采集现场作业视频与图像数据,依托深度学习、目标检测等AI算法,对作业人员未佩戴安全帽、未系安全带、违规动火、违规跨越防护栏等不安全行为,以及临边防护缺失、脚手架搭设不规范、物料堆放杂乱等不安全状态进行智能识别。AI系统可实现24小时不间断监测,识别效率远超人工巡检,且能有效避免人工巡检的主观疏漏与疲劳误差。识别到隐患后,系统自动标注隐患类型、位置、严重程度,生成隐患工单并推送至对应管理人员,同时记录隐患影像资料,实现隐患从识别、上报、整改到复核销号的全流程闭环管理。AI系统可通过持续学习海量隐患数据,不断优化算法模型,提升隐患识别的准确率与泛化能力,适配不同施工场景的隐患识别需求。

2.4 数字孪生与应急决策支持

数字孪生与应急决策支持场景通过构建物理施工场景与虚拟数字模型的实时映射,为安全应急管理提供智能化支撑。该场景以数字孪生技术为核心,整合BIM模型、物联网监测数据、视频监控数据等多源信息,构建动态更新的数字孪生模型,实现施工场景的全要素、全流程可视化呈现。当发生安全事故或突发险情时,数字孪生模型可实时同步现场情况,精准模拟事故发展态势、影响范围及潜在风险,为应急决策提供数据支撑与模拟依据。基于虚拟模型,管理人员可推演不同应急处置方案的实施效果,优化救援路线、调配救援资源,避免盲目救援导致二次事故。同时系统可自动关联应急救援预案,推送应急处置流程、责任分工、物资位置等关

键信息,提升应急响应效率与协同处置能力。事故处置完成后,通过数字孪生模型复盘事故发生过程、处置流程,分析事故原因,为后续安全管理优化与预案完善提供数据支撑,强化应急管理的科学性与前瞻性。

3 智慧建造安全管理系统的构建与实施

3.1 系统架构设计

智慧建造安全管理系统架构设计遵循分层架构、协同联动、可扩展的原则,构建“感知层-传输层-数据层-应用层-展示层”的五级架构体系。感知层作为数据采集终端,部署各类传感器、摄像头、定位设备等,实现对施工场景人、机、料、法、环等要素的全面感知与数据采集。传输层依托5G、物联网、边缘计算等技术,构建高速、稳定、安全的数据传输通道,实现感知层数据的实时传输与边缘预处理,降低数据传输延迟与云端算力压力^[3]。数据层负责数据的存储、治理与融合,搭建云端数据库与数据中台,对采集的结构化、非结构化数据进行清洗、整合、加密存储,形成标准化的数据资源池,为上层应用提供数据支撑。应用层基于数据资源构建各类功能模块,涵盖风险模拟预控、实时监测预警、隐患智能识别、应急决策支持、协同管理等核心应用,满足安全管理全流程需求。展示层通过可视化大屏、移动端APP、PC端平台等多终端,为管理人员提供数据可视化展示、业务操作、预警接收等功能,实现安全管理的便捷化与高效化。

3.2 数据治理与安全保障

数据治理与安全保障是智慧建造安全管理系统稳定运行的核心支撑,贯穿数据全生命周期。数据治理方面,建立标准化的数据治理体系,明确数据采集、存储、传输、应用、归档各环节的规范与标准,确保数据的准确性、完整性、一致性与时效性。通过数据清洗、去重、转换等技术手段,处理采集过程中的异常数据,提升数据质量;构建数据分类分级体系,对核心业务数据、敏感数据进行精准分类,实现差异化管理。数据安全保障方面,从技术、管理、制度三个维度构建全方位安全防护体系。技术层面,采用数据加密、访问控制、防火墙、入侵检测与防御等技术,防范数据泄露、篡改、攻击等风险;部署数据备份与恢复机制,确保极端情况下数据的安全性与可用性。管理层面,建立数据安全管理制度,明确各岗位数据安全职责,加强人员安全培训,提升数据安全意识。制度层面,完善数据安全法律法规适配与内部规章制度,规范数据使用流程,强化数据安全审计与监督,形成“技术防护+管理约束+制度保障”的立体数据安全体系。

3.3 实施路径与保障措施

智慧建造安全管理系统的实施路径遵循“规划先行、分步推进、试点示范、全面推广”的原则，确保系统落地见效。首先，开展需求调研与整体规划，结合项目特点、管理痛点及技术适配性，明确系统建设目标、功能需求与实施步骤，制定科学的实施方案。其次，进行试点示范应用，选取典型项目搭建试点系统，验证系统功能、优化技术方案、完善业务流程，总结试点经验并形成标准化实施指南。另外，分阶段推进全面推广，结合不同项目类型与规模，针对性调整系统功能，逐步覆盖全项目、全流程安全管理。最后，建立系统持续优化机制，根据技术发展、管理需求变化及实际应用反馈，迭代升级系统功能与架构。保障措施方面，一是组织保障，成立专项实施小组，明确建设、施工、技术服务商等多方职责，加强协同配合；二是技术保障，组建专业技术团队，提供系统开发、部署、运维全流程技术支持；三是资金保障，合理安排项目资金，确保系统建设、运维及技术升级的资金需求；四是制度保障，完善配套管理制度，推动系统应用与日常安全管理深度融合，确保系统有效落地并发挥实效。

4 未来研究方向

4.1 未来智慧建造技术的发展趋势

未来智慧建造技术将向深度融合、智能高效、绿色低碳发展，赋能建筑工程安全管理升级。多技术融合深入，BIM、AI、数字孪生、物联网等突破单一局限，跨技术、跨场景协同，构建一体化体系，如数字孪生与AI融合实现智能预判与决策，BIM与区块链融合强化数据溯源。智能化水平提升，智能算法优化，从“被动识别”向“主动预判”“自主处置”转型，智能机器人用于高危巡检等场景降风险。绿色低碳技术与智慧建造融合，优化施工方案、管控能耗排放。轻量化、模块化技术普及，适配中小型项目，推动规模化应用，打破场景局限与门槛。

4.2 全产业链智慧化协同安全管理体的构建方向

全产业链智慧化协同安全管理体系聚焦打破信息壁垒，实现全生命周期安全协同管控。构建统一数字化平台，整合多主体资源，实现信息共享、业务协同与责任

追溯。强化设计阶段安全协同，将风险防控融入设计，通过BIM平台三方评审优化方案。推动施工与运维协同衔接，同步安全数据至运维平台^[4]。引入区块链构建信任体系，确保数据真实不可篡改，强化责任界定与协同配合，最终实现全产业链安全管理标准化、智能化、协同化，提升整体安全管理水平。

4.3 数字化、智能化转型背景下建筑施工安全管理的发展前景

数字化、智能化转型使建筑施工安全管理迎来全方位变革，呈现精准、高效、常态、协同化前景。精准化上，依托智慧技术精准识别、预判、管控风险，推动管理向数据、智能驱动转型。高效化方面，智能化设备与数字化平台替代人工管理，提升各环节效率，降低成本。常态化方面，构建全流程、全周期体系，形成常态化管理格局。协同化上，完善多主体协同管理机制，打破碎片化困境，实现政府、企业、现场协同联动。同时安全管理贴合绿色施工需求，与高质量建造协同推进，为建筑行业转型升级提供保障。

结束语

智慧建造为建筑工程安全施工管理带来了全新变革，通过多技术融合应用与系统构建，有效提升了安全管理的精准度、效率与协同性。未来，随着智慧建造技术向深度融合、智能高效、绿色低碳方向发展，以及全产业链智慧化协同安全管理体系的构建，建筑施工安全管理将迈向更高水平。持续探索创新，推动智慧建造技术完善与应用深化，对保障建筑工程安全、促进建筑行业转型升级意义重大。

参考文献

- [1]杨美祥,王昌伟,杨文腾.智慧建造在建筑工程安全施工管理中的应用[J].建筑与装饰,2025(1):70-72.
- [2]马延.智慧建造在建筑工程安全施工管理中的应用[J].大众标准化,2023(13):133-135.
- [3]沈瑛.智慧建造在建筑工程安全施工管理中的应用[J].建筑与施工,2024,3(6):202-204.
- [4]张文海,宋艳,张娜,等.智慧建造在建筑工程安全施工管理中的应用[J].工程建设与设计,2023(13):263-265.