

# 智慧工地建设下建筑工程安全管理措施研究

谭兵

四川建筑职业技术学院，四川 德阳 618000

DOI: 10.61369/SSSD.2025150026

**摘 要：** 随着建筑行业数字化转型加速，“智慧工地”成工程管理重要方向，其集成 BIM、物联网、大数据、AI 等技术，实现施工现场安全管理实时化、智能化与可视化。本文分析智慧工地内涵特征，探讨建筑安全管理问题，研究智慧工地环境下安全管理创新路径与措施，提出技术融合与管理创新的保障体系，为建筑安全管理智能化转型提供参考。

**关 键 词：** 智慧工地；BIM 技术；建筑工程；安全管理；信息化；数字孪生

## Research on Safety Management Measures for Construction Engineering under Smart Construction Site

Tan Bing

Sichuan College of Architectural Technology, Deyang, Sichuan 618000

**Abstract：** With the acceleration of digital transformation in the construction industry, the "smart construction site" has become an important direction for project management, integrating B, Internet of Things, big data, AI and other technologies to achieve real-time, intelligent and visualized safety management on the construction site. This paper analyzes the connotation characteristics of the smart construction site, explores the problems of construction safety management, studies the innovative path and measures of safety management under the smart construction site environment, and proposes a guarantee for technology integration and management innovation, providing a reference for the intelligent transformation of construction safety management.

**Keywords：** smart construction site; BIM technology; construction engineering; safety management; informatization; digital twin

## 引言

### （一）研究背景

建筑业是国民经济支柱，却面临安全事故高发问题，2024 年其事故占全国生产安全事故总量约 10.5%，形势严峻。传统安全管理依赖人工巡检等，在现代项目中暴露信息滞后、责任模糊等问题，难满足动态管控需求。

物联网等技术发展下，智慧工地成建筑业转型方向，通过实时采信息、析数据等实现风险动态监测，核心是“数据驱动、技术支撑、安全目标”的体系，为破解传统困境提供路径。

### （二）研究意义

智慧工地已从概念探索变为建筑安全管理升级的核心引擎，研究价值体现在三方面：

理论上，可填补智慧工地与安全管理理论融合的空白，通过构建“人—机—环—管”协同模型，为建筑安全管理学智能化提供学术支撑与新范式；

实践中，能解决企业“有系统无管理”等问题，融合多技术与安全规程形成全流程方案，提升现场监管能力，推动管理从“被动合规”转向“主动智能”；

社会层面，可借技术降低事故率，保障施工人员安全，体现人文关怀，促进劳动关系和谐，助力行业安全高质量发展。

## 一、智慧工地的内涵与技术体系

### （一）智慧工地的定义

综合学界研究，智慧工地是运用 BIM、物联网等新技术，实时监测管理施工中人员、设备等核心要素，实现施工管理信息化、协同化与可视化的综合平台。

不同学者从多维度丰富其内涵：窦安华等（2017）强调全生命周期属性；张天文（2018）聚焦施工阶段构建信息化生态圈；张艳超（2018）拓展服务边界；万晓曦等学者还从信息化、技术集成等角度完善定义。

### （二）智慧工地的核心特征

智慧工地的本质是信息技术与现代工程建设的深度融合，核

心是构建“数字孪生”工地，实现物理施工与数字管理的虚实映射、实时互动，具体呈现四大特征：

信息集成化：通过统一数据标准与共享平台，打破设计、施工、监理等多方“信息孤岛”，为协同作业奠定基础。

管理智能化：依托 AI 与机器学习算法，主动识别违规行为、预测安全风险，实现从“事后补救”到“事前预警”的转变。

过程可视化：融合 BIM 与 IoT 技术，将施工进度、人员位置、设备状态等信息在虚拟空间动态呈现，提升管控精度。

决策科学化：基于海量数据挖掘与分析，为管理者提供风险评估、应急方案建议，减少经验判断的局限性。

正如薛烨烨（2023）所言，智慧工地的终极目标是“实现项目全生命周期的可知、可控与可优”，这不仅是技术升级，更是对传统管理模式的革新。

### （三）智慧工地的技术体系

智慧工地核心是构建“全面感知、智能决策、高效协同”的数字化管理生态，技术体系由多类关键技术协同构成：

BIM 与数字孪生技术构建三维模型、实现虚实融合；物联网与人工智能技术采集数据、自动预警风险；大数据、云计算与 5G 技术存储分析数据、保障实时传输。

陈刚等（2023）指出，融合多技术优势，才能构建“可感知、可分析、自决策、自适应”的智慧工地，为安全管理提供支撑。

## 二、传统建筑安全管理存在的主要问题

传统建筑安全管理存在系统性缺陷，难以适配现代工程需求，具体问题集中在五方面：

一是安全责任体系虚化。部分企业“重进度、轻安全”倾向明显，安全制度流于形式，责任在项目层级传递中层层稀释，出现“无人担责、无人监管”的局面。

二是风险预警能力薄弱。依赖“事后追溯”模式，无法实时感知动态风险（如塔吊超载、基坑位移），形成“发现即事故”的被动局面。

三是人工监督效能不足。人工巡检覆盖率不足 58%，结果受人员经验、责任心影响大，易遗漏隐蔽工程隐患，存在管理盲区。

四是人员安全素养偏低。建筑业从业人员流动率高达 33%，系统化培训难以持续，工人安全知识留存率低，违规操作频发。

五是数据孤岛现象突出。各部门数据标准不统一，如考勤数据与安全培训数据未互通、设备运行数据与维修记录分离，动态决策缺乏数据支撑。

这些问题相互交织，导致传统安全管理长期“低水平循环”，亟需通过智慧工地技术构建新型管理体系。

## 三、智慧工地建设下的安全管理创新路径

### （一）构建数字化安全管理体系

以 BIM 模型为核心，融合物联网传感设备，实时采集“人一

机一料一法一环”五类要素数据（如人员位置、设备荷载、材料进场记录），构建覆盖项目全周期的安全管理数据库。通过数据关联分析，实现“事前预警、事中干预、事后追溯”的闭环管理，推动安全管理从被动响应转向主动防控，重塑现场安全生态。

### （二）实施智能监测与预警机制

依托物联网与大数据，全域部署多源传感设备：人员定位系统采用北斗或 UWB 技术，实时追踪人员位置，进入危险区域立即触发声光报警；环境监测系统实时采集 PM2.5、有毒气体浓度，超阈值自动启动通风设备；设备监控系统监测塔吊、升降机运行参数，识别超载、疲劳运行风险；视频 AI 识别系统自动识别未戴安全帽、违规吸烟等行为，实现“监测—预警—处置”实时联动。

### （三）安全风险评估与动态管理

通过大数据挖掘历年事故数据，结合项目特点识别“高风险工序”（如高空作业、深基坑施工）与“高危区域”，构建红、黄、蓝三级风险管控模型；利用机器学习融合天气、工期、人员流动等因素，预测未来 1-7 天风险等级；智能决策支持系统将风险数据转化为可视化图表（如热力图、仪表盘），自动生成防控措施，形成“识别—预测—决策—防控”闭环。

### （四）BIM 技术在安全管理中的应用

BIM 通过全生命周期应用实现安全管理升级：施工前通过 BIM4D 模拟优化施工顺序，识别工序冲突；在模型中动态标注危险源，提升人员风险认知；与 VR 融合构建沉浸式培训场景，让工人“亲历”事故后果，降低违规操作率；BIM4D 模型关联安全控制点与进度计划，避免抢工期忽视安全。

### （五）建立智慧安全教育体系

融合移动互联网、VR、AI 技术，构建多维教育生态：在线学习平台通过 APP 推送安全知识，方便工人碎片化学习；VR 体验馆模拟高空坠落、触电场景，强化安全意识；AI 考核系统生成个性化试题，评估学习情况，定位薄弱点并推送复训内容，形成“学习—体验—考核—复训”闭环。

### （六）形成全周期安全管理模式

将数字化手段贯穿项目全生命周期：设计阶段用 BIM 仿真预判风险；施工准备阶段通过数字档案与人脸识别建立人员数据库，杜绝无证上岗；施工阶段依托 IoT 与 AI 动态管控；竣工验收用数字孪生复核安全规范；运维阶段基于云平台远程监测结构健康，推动安全管理从“项目型”向“服务型”转变。

## 四、智慧工地安全管理系统建设框架

智慧工地安全管理系统需构建“感知—传输—平台—应用”四层闭环体系，各层级协同运作：

感知层：作为“神经末梢”，通过传感器、高清监控、RFID 标签、北斗/GPS 设备，采集人、机、料、法、环实时数据。

传输层：依托 5G、NB-IoT 技术，构建高速数据传输通道，实现海量数据低延迟、高可靠传输。

平台层：基于云计算与大数据，搭建统一安全管理云平台，

包含数据库与智能算法模型，通过数据融合实现风险研判，是系统智慧化核心。

应用层：提供 PC 端与移动端可视化界面，将分析结果转化为预警、应急调度、报表生成等功能，提升管理效率。

该框架推动安全管理从“人工被动监管”向“数据驱动主动防控”转变，可提前洞察风险、减少事故。

## 五、智慧工地安全管理的典型案例分析

案例一：中建集团智慧工地安全管理平台

中建集团在某超高层项目中，构建以 BIM 与 IoT 为核心的平台，部署塔吊应力传感器、升降机监测设备，将数据与 BIM 模型动态关联，形成时空映射。系统通过机器学习分析数据异常，自动生成分级预警，管理人员实时处置。项目实施后，隐患排查效率提升 60%，高风险事故率降低 75%。

案例二：深圳地铁 AI 智能视频监控系统

深圳地铁在某线路施工中，在关键区域布设高清摄像机，通过深度学习算法毫秒级识别安全帽佩戴情况。未合规佩戴时，触发现场报警并记录人员身份，联动考勤系统。运行半年内，人员违规率从 28% 降至 5%。

案例表明，智慧工地安全管理正从“单点技术应用”走向“系统集成”、从“事后处置”转向“事前预控”。

## 六、智慧工地安全管理实施保障措施

需从五维度构建保障体系：

制度保障：制定统一安全管理标准，明确数据格式、分析流程与共享机制；建立绩效考核制度，将系统应用效果纳入项目考核。

技术保障：完善云平台安全架构，采用数据加密与权限控制；定期校准传感器、AI 系统，确保数据准确。

人员保障：通过“校企合作”培养土木与信息技术复合型人才；对工人开展智慧设备操作培训，避免“有设备不会用”。

资金保障：设立智慧工地安全专项基金，用于设备采购与平台维护；鼓励金融机构提供专项贷款，降低中小企业压力。

协同保障：构建“政府引导 - 企业主导 - 科研支撑”的产学研机制，加速技术创新与成果转化。

## 七、面临的挑战与发展趋势

### （一）核心挑战

1. 数据标准不统一：设备与系统厂商各异，数据格式、协议不同，形成“数据孤岛”，阻碍信息集成。

2. 初期投入高：物联网设备、云平台前期投入大，中小企业利润有限难以承担，加剧行业数字化分化。

3. 人才短缺：缺乏土木与信息技术复合型人才，工人培训不足，技术难以落地。

4. 法律隐私待完善：定位、监控设备采集数据涉及工人隐私，权责界定与保护法规仍在探索。

### （二）发展趋势

1. 技术从单项智能到系统集成：整合子系统实现数据共享与业务联动，发挥“1+1>2”效能。

2. 数据从采集到价值挖掘：聚焦数据洞察，通过建模实现进度预测、风险识别，驱动决策。

3. 管理从项目管理到产业生态协同：突破项目边界，联动上下游环节，构建协同生态圈。

4. 数字孪生主导实时安全决策：构建同步孪生模型，实时映射状态，异常时虚拟推演并精准干预。

## 八、结论

智慧工地以 BIM、物联网、大数据等技术为支撑，构建“可感知、可分析、自决策、自适应”的安全管理体系，核心是推动管理从人工被动响应向数据驱动主动防控转变。多层级框架实现全要素动态监测，典型案例印证其在提升效率、降低事故率上的成效。虽面临数据、资金、人才等挑战，但未来将迈向系统集成、数据价值挖掘与生态协同，依托数字孪生实现实时决策。智慧工地是建筑业本质安全与高质量发展的必然选择，需技术、制度、人才、资金协同保障，引领行业进入智能新时代。

## 参考文献

- [1] 杨智南. 智慧工地在建筑工程安全管理中的应用研究 [J]. 散装水泥, 2024(3): 181-183.
- [2] 陈刚等. 智慧工地关键技术及其在安全管理中的应用 [J]. 施工技术, 2023, 52(15): 1-6.
- [3] 向建军. 基于“智慧工地”的施工现场安全管理 [J]. 门窗, 2020(2): 91-93.
- [4] 王宇祥. 智慧工地在建筑工程安全管理中的优势研究 [J]. 四川水泥, 2022(5): 40-42.
- [5] 陈燕鹏. 浅谈“智慧工地”促进建筑施工安全管理技术要点 [J]. 建筑安全, 2021, 36(12): 66-68.
- [6] 潘存瑞, 胡海涛, 张雷. 智慧工地在建筑工程安全管理中的优势分析 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2020(12): 87-88.
- [7] 吕庆, 崔维久, 于德湖, 盖彤彤. BIM 融合信息技术在智慧工地中的应用研究 [J]. 施工技术 (中英文), 2021, 50(20): 5-11.
- [8] 张明, 李华. 智慧工地在建筑安全管理中的应用探究 [J]. 建筑技术与管理, 2022(4): 56-60.
- [9] 刘刚, 王强. 基于物联网技术的建筑工程安全监控系统设计 [J]. 现代建筑电气, 2019(9): 112-115.
- [10] 陈小明. 大数据在建筑工程安全风险预测中的应用研究 [J]. 安全与环境工程, 2021(3): 88-93.