

# 建筑工程智慧工地信息化建设和应用探究

邱 彪

西南交通大学土木工程学院 四川 成都 610097

**摘 要：**随着建筑产业向数字化、智能化转型，智慧工地作为“新基建”与建筑工程融合的核心载体，成为破解传统工地“粗放管理、效率低下、安全风险高”等痛点的关键路径。本文基于建筑工程管理实际需求，系统梳理智慧工地信息化建设的核心内涵与技术架构，可为建筑企业推进智慧工地建设提供理论参考与实践指引，助力建筑工程实现全生命周期的精细化管理与高质量发展。

**关键词：**建筑工程；智慧工地；信息化建设；物联网；BIM 技术；精细化管理

**引言：**在建筑产业数字化与智能化转型的发展趋势下，智慧工地信息化建设成为建筑工程发展的核心方向，是解决传统工地管理粗放、效率不足等问题的重要抓手。本文探究其建设内涵与技术架构，为行业实践提供参考，助力工程高质量发展。

## 1 建筑工程智慧工地信息化建设的核心内涵与技术体系

### 1.1 智慧工地信息化建设的核心内涵

智慧工地是以“数字化、智能化、协同化”为核心，通过整合物联网、大数据、人工智能、BIM 等技术，对建筑工程施工全过程的“人、机、料、法、环”五大要素进行实时感知、动态分析、智能决策与协同管理的新型工地管理模式。其核心特征包括：

#### 1.1.1 全要素感知

通过部署传感器、RFID、视频监控等设备，实现对人员（定位、考勤）、机械（运行状态、荷载）、材料（库存、追溯）、环境（粉尘、噪声、温湿度）的全面感知，数据采集频率达 1 次 / 分钟，确保信息实时性。

#### 1.1.2 全流程协同

基于云端平台整合设计、施工、监理、建设单位等多方数据，打破“信息壁垒”，实现施工进度、质量、安全的协同管理。例如，设计单位通过 BIM 模型修改实时同步至施工端，避免因图纸变更导致的返工<sup>[1]</sup>。

### 1.2 智慧工地信息化建设的技术体系

智慧工地信息化建设遵循“分层架构、协同联动”原则，构建“感知层 - 传输层 - 平台层 - 应用层”四层技术体系，各层级功能与核心技术如下：

#### 1.2.1 感知层：数据采集的“神经末梢”

感知层是智慧工地的数据来源，通过各类感知设备获取施工现场的实时数据，核心技术与设备包括：

人员感知：UWB 定位标签（定位精度≤1 米）、智

能安全帽（集成 GPS、心率监测），用于人员考勤、区域越界预警；

机械感知：塔机安全监测传感器（采集起重量、幅度、高度）、工程机械物联网终端（实时传输油耗、运行故障）；

材料感知：RFID 标签（附着于钢筋、混凝土等材料，实现库存追溯）、智能地磅（自动采集材料重量，避免人为作弊）；

#### 1.2.2 传输层：数据流转的“通信血管”

传输层负责将感知层采集的数据传输至平台层，需满足“高可靠、低延迟、广覆盖”需求，核心技术包括：

短距离传输：蓝牙、ZigBee 技术，适用于室内小范围设备通信（如塔机传感器与控制器）；

中长距离传输：4G/5G、LoRa 技术，其中 5G 网络时延 ≤ 10ms，支持高清视频传输与远程控制；

#### 1.2.3 平台层：数据处理的“智慧大脑”

平台层是智慧工地的核心，负责数据存储、分析与协同管理，核心技术与功能包括：

数据存储：采用“边缘存储 + 云端存储”架构，边缘端存储实时数据（如近 24 小时的塔机运行数据），云端存储历史数据与 BIM 模型，支持 PB 级数据管理；

数据处理：大数据分析平台（如 Hadoop、Spark）用于海量数据挖掘，AI 算法（如机器学习、深度学习）用于安全预警、进度预测；

#### 1.2.4 应用层：价值落地的“功能载体”

应用层基于平台层的数据分析结果，为不同管理场景提供具体应用功能，覆盖施工全流程：

安全管理：人员定位系统、危险区域预警、安全隐患排查；

进度管理：BIM 进度模拟、关键路径分析、工期偏差预警；

质量管理：质量缺陷上报、AI 质量检测、验收流程数字化；

## 2 建筑工程智慧工地信息化的关键技术与应用场景

### 2.1 关键技术 in 智慧工地中的应用原理

#### 2.1.1 物联网 (IoT) 技术

物联网技术通过“感知设备 - 传输网络 - 平台”的协同，实现施工现场全要素的实时感知。

#### 2.1.2 建筑信息模型 (BIM) 技术

BIM 技术以三维模型为载体，整合建筑工程的几何信息与非几何信息（如材料属性、施工时间）。在智慧工地中，BIM 模型与实时数据的融合实现三大功能：一是可视化交底，施工人员通过 BIM 模型理解复杂节点施工方案；二是碰撞检测，提前发现管线、结构的空空间冲突，某住宅项目通过 BIM 碰撞检测减少返工成本 30 万元；三是进度模拟，将施工计划与 BIM 模型关联，动态展示进度偏差，辅助调整施工方案。

#### 2.1.3 人工智能 (AI) 技术

AI 技术在智慧工地中主要用于“数据分析 - 自动决策”，典型应用包括：

安全风险识别：基于视频监控的 AI 算法，自动识别未佩戴安全帽、高空抛物等违规行为，识别准确率达 92%，响应时间  $\leq 3$  秒；

质量缺陷检测：利用机器视觉技术拍摄混凝土表面，通过深度学习算法识别裂缝、蜂窝麻面等缺陷，检测效率是人工的 5 倍；

进度预测：基于历史施工数据（如同类项目的工期、资源投入），建立机器学习模型，预测当前项目的工期偏差，准确率达 85%。

## 2.2 智慧工地信息化的核心应用场景

### 2.2.1 施工安全智能监测与预警

人员安全管理：

部署 UWB 定位系统，划定“危险区域”（如塔机覆盖范围、深基坑周边），当人员进入时，智能安全帽发出声光预警，同时平台推送预警信息至管理人员；

建立人员健康监测系统，智能安全帽集成心率、血压传感器，若施工人员出现健康异常，系统自动触发救援流程。

机械安全管理：

塔机、施工电梯等大型机械安装多维度传感器，实时监测起重量、起升高度、回转角度，当数据超标时，机械自动断电并预警；

基于 AI 算法分析机械运行数据，预测故障风险（如电机温度异常可能导致的故障），提前安排维修，某项目通过该技术减少机械停机时间 40%。

安全隐患管理：

开发安全隐患排查 APP，施工人员发现隐患后，拍摄照片并标注位置、类型，系统自动分配整改责任人，整改完成后上传验收照片，形成“发现 - 整改 - 验收”闭环；

基于大数据分析隐患分布规律（如深基坑项目的隐患多集中在支护结构），指导安全管理重点。

### 2.2.2 施工进度协同管理

BIM 进度模拟与动态调整：

将施工计划（如 Project 进度表）与 BIM 模型关联，生成“4D 进度模型”（三维空间 + 时间），直观展示各工序的时间节点；

实时采集施工进度数据（如钢筋绑扎完成率、混凝土浇筑量），与计划进度对比，若出现偏差（如延误超过 3 天），系统自动分析原因（如材料短缺、人员不足）并提出调整建议。

多方协同沟通：

基于云端平台实现建设、施工、监理单位的进度数据共享，监理单位通过平台实时查看施工进度，无需现场巡查即可完成进度确认；

针对设计变更导致的进度调整，设计单位在 BIM 模型中修改后，系统自动推送变更通知至施工、监理单位，并分析变更对工期的影响（如某墙体变更导致工期延误 2 天）<sup>[2]</sup>。

## 3 建筑工程智慧工地信息化建设的案例分析

### 3.1 案例：中建八局某超高层项目智慧工地建设

#### 3.1.1 项目概况

该项目为 38 层商业综合体，总建筑面积 12 万  $m^2$ ，工期 24 个月，施工难度大（深基坑、高空作业多）、参与方多（建设、施工、监理、设计单位共 8 家），传统管理模式存在安全风险高、进度协同难等问题。

#### 3.1.2 信息化建设方案

感知层：部署 UWB 定位设备（覆盖 95% 施工区域）、塔机传感器（6 台）、环境监测设备（5 套）、智能安全帽（200 顶）；

传输层：采用“5G+LoRa”混合网络，5G 用于高清视频、BIM 模型传输，LoRa 用于传感器数据传输；

平台层：搭建“中建智慧工地平台”，整合 BIM 数字孪生、大数据分析、AI 预警功能；

应用层：重点落地四大功能：

人员定位与安全预警：划定深基坑、塔机覆盖等危险区域，人员越界后 10 秒内触发预警；

BIM 进度协同：将施工计划与 BIM 模型关联，实时展示进度偏差，多方通过平台协同调整；

AI 质量检测：无人机 + AI 算法检测外墙平整度，每

周生成质量报告；

环境智能治理：粉尘超标时自动启动雾炮机，噪声超标时调整施工时间。

### 3.1.3 实施成效

安全方面：施工期间未发生安全事故，违规行为识别率达 90%，隐患整改率 100%；

进度方面：工期缩短 1.5 个月，进度偏差率控制在 5% 以内；

成本方面：材料浪费率从 18% 降至 10%，人工成本降低 8%；

环保方面：粉尘、噪声超标天数减少 70%，获评“市级绿色施工示范项目”。

## 4 建筑工程智慧工地信息化建设的现存问题与优化策略

### 4.1 现存问题

#### 4.1.1 技术融合深度不足，“数据孤岛”现象严重

多数建筑企业的智慧工地建设停留在“单点技术应用”阶段：例如，部署了人员定位系统，但未与安全隐患排查系统关联，无法实现“人员位置-隐患区域”的联动预警；各子系统（如塔机监控、环境监测）数据接口不统一，形成“数据孤岛”，某企业的智慧工地平台中，8 个系统的数据无法互通，导致管理人员需登录多个平台查看数据，降低管理效率。

#### 4.1.2 标准体系缺失，建设质量参差不齐

目前我国智慧工地缺乏统一的技术标准与评价体系：一是数据标准不统一，不同企业的 BIM 模型格式、传感器数据协议差异大，跨项目数据共享困难；二是应用标准不明确；三是评价标准缺失，无法科学衡量智慧工地的建设成效。

#### 4.1.3 专业人才匮乏，运维能力不足

智慧工地信息化建设需要“建筑+信息技术”的复合型人才，但当前建筑行业人才结构失衡：一是施工企业信息技术人员占比不足 5%，多数项目管理人员仅掌握基础操作，无法进行数据分析与系统优化；二是运维团队缺失，部分项目的智慧工地平台建成后，因缺乏专业人员维护，传感器故障、数据传输中断等问题无法及时解决，平台停用率达 30%。

### 4.2 优化策略

#### 4.2.1 构建一体化智慧工地平台，打破“数据孤岛”

统一数据标准：参考《建筑工程智慧工地数据标准（征求意见稿）》，统一 BIM 模型格式（如 IFC4.0）、传感器数据协议（如 MQTT），实现各子系统数据互通；

建设跨项目共享平台：由行业协会或大型企业牵头，搭建区域级智慧工地云平台，整合不同项目的施

工数据，形成行业数据库（如工期指标、质量缺陷统计），为企业提供数据参考；

推动“BIM+大数据+AI”深度融合：将 BIM 模型作为数据载体，整合实时感知数据与历史数据，通过 AI 算法实现“预测-决策”闭环，例如基于 BIM+AI 的施工进度自动优化。

#### 4.2.2 完善智慧工地标准体系，规范建设流程

技术标准：由住建部牵头制定《智慧工地技术应用规范》，明确传感器精度（如人员定位精度  $\leq 3$  米）、数据采集频率（如塔机数据 1 次/10 秒）、系统响应时间（如预警响应  $\leq 10$  秒）等技术参数；

应用标准：分项目类型（超高层、市政、住宅）制定智慧工地应用指南，明确各场景的技术选择与实施路径，如市政项目需重点部署交通协同与环境监测系统；

评价标准：建立“安全-效率-质量-环保-经济效益”多维评价指标体系，量化智慧工地建设成效，如安全事故降低率、工期缩短率、材料浪费减少率等<sup>[3]</sup>。

#### 4.2.3 加强复合型人才培养，提升运维能力

高校人才培养：在建筑学、土木工程专业增设“建筑信息化”课程，开设“智慧工地实训基地”，培养学生的技术应用与管理能力；

企业人员培训：建筑企业定期组织管理人员、技术人员参加智慧工地培训（如 BIM 操作、AI 数据分析），考核合格后方可上岗；与信息技术企业合作，开展“校企联合培训”，提升人员的实操能力；

建立运维团队：大型企业可组建专职智慧工地运维团队，中小企业可采用“外包+兼职”模式，由信息技术企业提供运维服务，确保平台稳定运行。

### 结束语

本研究总结了典型案例的实践经验：超高层项目需侧重安全预警与多参与方协同，市政项目需关注交通协同与环境影响，技术选择需匹配项目特点，且需注重多方利益相关方的协同；

提出了针对性优化策略：通过构建一体化平台打破数据孤岛，完善标准体系规范建设流程，加强人才培养提升运维能力，优化成本结构缩短投资回报周期。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 关于推进建筑产业现代化发展的指导意见 [Z]. 2020.
- [2] 中国建筑工业出版社. 中国建筑施工行业发展报告（2024）[R]. 北京：中国建筑工业出版社，2024：56-68.
- [3] 王要武，李相逸. BIM 与物联网融合的智慧工地协同管理模式研究 [J]. 土木工程学报，2022，55（8）：123-132.