

智慧工地技术在工程项目管理中的应用实践

高振坤

平度市城市建设投资开发有限公司, 山东省青岛市平度市, 266700;

摘要: 伴随着建筑产业数字化转型的不断深入, 智慧工地技术成了提高工程项目管理效率的主要动力。本文主要研究物联网、大数据、人工智能和 BIM 技术在施工现场管理中怎样进行集成应用。通过对智慧工地在安全监管、质量控制、进度协同、绿色施工等各方面的实践表现进行分析, 发现数字化技术怎样改变传统的建筑工程治理模式。研究发现, 依靠集成化管理平台实现生产要素的实时感知、数据互通之后, 能很大程度上削减管理盲区, 优化决策的科学性与预见性。本文总结出智慧工地实际落地时所用到的技术架构及操作流程, 为建筑企业创建高精度、透明的项目管理体系提供理论基础和借鉴意义, 促进行业向工业化、智能化方向发展。

关键词: 智慧工地; 项目管理; 物联网; 数字化转型

DOI: 10.69979/3029-2727.26.03.070

传统建筑工程管理一直存在着现场环境复杂、信息传递滞后、生产要素耦合度低等痛点, 造成安全风险频发、资源浪费严重。新一代信息技术与施工现场深度融合产生了智慧工地这一新的形态, 在施工现场布置传感终端, 实现了对人、机、料、法、环等关键要素的全方位动态监控。智慧工地不是技术的简单叠加, 而是管理逻辑的系统性变革, 它的主要价值就是建立物理现场和数字空间的孪生关系。在高质量发展大背景之下, 探究智慧工地技术应用实践, 对改善项目资源配置状况, 加强本质安全水平有着十分重要的现实意义。

1 智慧工地技术架构与生产要素数字化感知

1.1 物联网技术在人员与机械管控中的实操应用

智慧工地建设的首要任务就是实现现场物理信息的数字化转换, 物联网技术为此提供了基础支持。通过在安全帽内嵌定位芯片、在施工电梯和塔吊上安装黑匣子监控系统, 项目管理部能实时掌握作业人员的位置轨迹及大型机械的运行姿态。高精度的感知手段很好地解决了劳务管理颗粒度过粗的问题, 保证特种作业人员持证上岗并实现作业区域的自动越界报警。机械监控系统采用倾角、高度、回转、重量传感器, 对塔吊碰撞风险进行实时判断, 在危险临界点执行断电干预。根据有关研究显示, 物联网终端的大规模部署使现场违章行为的检出率提高了近六成, 给安全管理赋予了可追溯的数据根基^[1]。

1.2 建筑信息模型与传感数据的多维集成路径

BIM 技术作为智慧工地的数字化灵魂, 应用范围已经从设计阶段扩展到了施工全过程管理。把三维几何模型和时间、成本维度相结合, 形成 5D 管理系统, 管理

者可以比较实际完成情况和计划进度的偏差。现场采集到的物联数据实时反馈给 BIM 模型, 实现了虚实交替的动态演示。在钢结构吊装作业时, 预埋在构件里的应力传感器, 管理平台可以实时显示结构的受力变化, 和模型计算值做对比。此种技术整合途径改变了传统依靠人工巡查来获取信息的方式, 可以对复杂的节点施工质量进行精确的预测。学者认为 BIM 同物联网深入合作是工地智慧化转型的必由之路, 关乎项目全生命周期协同效率的好坏^[2]。

1.3 劳务实名制与作业行为的精准量化管理

智慧工地技术架构之下, 劳务管理由原来的粗放式签到变成了用生物识别、位置服务等手段进行全方面量化考核。实名制管理系统利用人脸识别闸机, 可以对工人进场次数进行实时记录, 更重要的是将人员身份与技能证书、安全培训记录、健康档案进行深度绑定。数字化映射保证施工现场每一个重要的工序都由有资质的人员来完成, 从根本上减少了违章作业的发生。通过分析作业人员在各个施工区域停留的时间, 管理平台可以产生劳动力分布热力图, 找出工序衔接中的空档期和人员冗余区, 给项目部优化班组配置提供科学的数据支持。薪酬分配维度中实名制系统同银行工资发放平台的对接, 实现了按照考勤数据以及工序质量评分的自动结算, 较好地保障了建筑工人的合法权益, 减少了因工资纠纷而产生的社会矛盾。

1.4 设备运行监测与预防性维护的智慧化升级

大型机械设备属于工程项目的高风险源和重资产, 其运行状态的好坏直接影响到工期和安全。智慧工地平台对塔式起重机、施工升降机、深基坑降水泵等主要设

备装有传感器集成模块，可以实时上报设备运行参数。管理系统对塔吊的力矩、回转半径、电梯的载荷、运行速度等进行连续监测，可以在设备出现结构性疲劳或者电气故障之前就发现异常信号，从而实现从“事后维修”到“状态检修”的范式转变。实际使用中，基于数字孪生技术的设备预测模型根据磨损曲线发出维保指令，给出零配件更换的时间。这样智能化的资产管理方式既延长了机械设备的使用寿命，又依靠自动限位、群塔避让算法大大降低了机械伤害事故发生的几率。

2 智慧工地在项目协同管理中的核心实践维度

2.1 数字化安全监管体系与风险预警机制

施工现场的安全管控由传统的“人防”向“技防”转变，人工智能视觉分析技术在其中起到了枢纽的作用。智慧工地平台对监控视频流进行实时解析，自动识别出人员是否戴安全帽、高处作业是否系安全带、动火作业是否违规等异常行为，自动推送给管理人员手机端。非接触式监控方式大大缩短了风险发现到处理的闭环时间。环境监测系统同雾炮联动技术融合起来，就使施工现场扬尘、噪声实现自动化控制。当PM2.5数值超过设定的预警阈值时，喷淋系统就会自动开启，这样一种依靠实时反馈的闭环控制逻辑，明显改善了施工现场的环境合规性。在深基坑监测中，自动化监测仪器可以对形变进行毫米级的跟踪，在建立时序演进模型的基础上，可以实现几天前预警坍塌的风险，从而大大提高了重大危险源的防控能力。

2.2 质量管控的数字化留痕与透明化评价

智慧工地技术凭借电子化验收流程与二维码追踪技术，实现质量管理全过程透明化管控，为工程品质筑牢防线。针对施工关键环节，钢筋隐蔽工程验收、混凝土浇筑记录均通过移动终端实时上传至云端，同步关联精准地理坐标与时间戳，从源头杜绝后期补填资料的不规范行为，确保施工数据真实可追溯。材料管控环节，电子地磅与远程监控系统协同发力，全程监管原材料进场流程，有效防范偷工减料问题，保障每车进场材料均符合设计标准与质量要求。在工艺优化层面，管理平台自动采集、分析实验数据，生成质量波动趋势图，为精准调整材料配合比、优化施工工艺提供数据支撑，推动施工环节提质增效。相关文献证实，数字化留痕技术可显著提升质量检查的真实性与有效性，大幅降低因质量问题导致的后期返工成本，减少工期延误与经济损失，全方位提升工程建设的整体品质与管控水平，为建筑业高质量发展注入科技动能。

2.3 进度动态协同与资源调配的最优化处理

进度管理上智慧工地平台已经可以完成周计划、日计划、小时计划三方面的精准推演。管理人员使用手持设备在施工现场直接标记完成工序，系统自动计算工期前移或者滞后的风险，然后重新生成优化后的资源调度方案。针对大型项目材料堆场空间受限的问题，智慧工地利用智能识别技术对物料进场实行错峰调度，减少场内二次搬运。对劳动力饱和度实施实时监测，可以及时对作业班组的投入密度进行调整，防止出现局部窝工。数字化协同平台打破了业主、监理、施工方之间信息孤岛的状态，所有的变更审批和技术交底都在网上流转，大大提高了组织之间的信息交流速度^[3]。

2.4 绿色施工与能源精细化管理的数字化路径

新时代的工程管理对绿色低碳有硬性要求，智慧工地技术在节材、节水、节能方面有很强的操作性。智能用电系统可以对生活区、办公区、作业区电力消耗分项统计，自动切断不必要的负荷，大幅度降低碳排放强度。循环用水系统依靠水位探测和净化控制，把雨水收集起来，施工废水处理之后再自动喷洒。材料利用上利用BIM精细化建模计算出异形构件下料清单，结合现场智能测量仪的校核大大降低了材料损耗率。依靠数字化手段的绿色管理模式既顺应了国家环保战略，又给建筑企业带来了实际的降本效益，使施工过程更加符合可持续发展技术的要求。

3 智慧工地管理平台的集成化与智能化演进对策

3.1 大数据驱动的智慧决策支持系统建设

智慧工地在运营过程中积累的海量数据，若未经系统清洗、整合与深度挖掘，终究只是零散的信息碎片，难以转化为核心生产力。因此，构建以大数据为核心支撑的决策支持机制，是智慧工地实现价值跃迁的关键所在。通过对过往项目的安全事故案例、工程质量缺陷记录及施工进度偏差数据开展深度学习，平台能够精准提炼出风险规律，比如特定气候条件、特定工种交叉作业场景下的安全隐患高发点，为风险预判提供科学依据。在决策支持系统中，人工智能算法可对各类施工方案进行模拟推演，精准测算不同方案的成本投入、工期损耗及产出效益，形成最优方案排序，为项目经理决策提供量化参考。这种数据驱动的决策模式，彻底打破了传统施工管理依赖经验主义的局限，让管理行为从“事后补救”转向“事前预判、事中管控”，大幅提升管理前瞻性与精准度^[4]。

3.2 资源节约与碳足迹追踪的精细化管控技术

在双碳目标的指引下,智慧工地技术正慢慢渗入到建筑材料的全生命周期能耗监测当中。项目部依靠 BIM 模型同智能计量器具的深度融合,对现场每一吨钢筋、每一方混凝土的损耗实施实时对账,利用数字化下料系统削减边角料的形成。从能源管理角度来讲,智能电表可以对施工区、生活区、办公区进行分区、分项计量,找出高能耗设备和低效率运行时间段,通过优化电力负荷曲线来降低整体电费支出。更有前瞻性的是用区块链技术对建筑材料的来源、运输、施工能耗进行存证,创建透明的碳足迹追踪链路,给绿色建筑认证提供客观详实的原始数据。

3.3 智能化运维与项目全生命周期的数据流转

智慧工地不应该只停留在施工验收上,它所产生的数字化资产是后期运维的宝贵财富。施工过程中沉淀下来的管线布置数据、隐蔽工程影像和设备性能参数,应该无缝对接进入运维平台的管理系统。依靠 BIM 创建的运维管理体系,运营维护人员可以迅速找到故障所在,查阅维护说明书以及生产厂商信息。数据链条的贯通使工程项目从建造阶段到使用阶段平稳过渡。为了保证数据高效流转,建筑企业要重视标准化建设,统一数据接口和交换协议,防止由于软件兼容性问题造成信息的流失。有关的研究案例显示,全生命周期的数据管理可以明显地降低后期维护成本,提高建筑资产长期的使用价值^[5]。

3.4 供应链协同与仓储物流的智慧化融合

智慧工地的核心价值不止于现场管控,更深度延伸至上游供应链环节。通过引入 RFID 射频识别技术与智慧仓储管理系统,实现大宗核心物资从工厂出库、在途运输至进场验收的全流程可视化监控,精准把控物流流转各节点状态。针对大型预制构件安装场景,系统可依据现场吊装实时进度,自动触发物流补货指令,精准达成准时生产(JIT)目标,实现供应链与现场施工的高效协同。这种实时协同模式大幅缓解了现场材料堆放空间压力,减少物资积压带来的资金占用,提升资金周转效率。同时,系统可自动统计供应商交付及时率、产品质量合格率等关键指标并完成评分,助力项目部构建动

态化供应商评价体系。基于真实业务数据的信用管控模式,摒弃了传统评价的主观局限性,显著增强总承包单位对供应链的整体掌控力,为工程建设提供持续、稳定、高质量的物资资源保障,筑牢项目高效推进的供应链根基。

4 结束语

智慧工地技术在工程项目的管理中应用,代表建筑行业正从手工模式向工业智能化模式发生深刻的转型。施工现场通过物联网、BIM、AI 等技术深度集成以后,变得透明、可控、智慧,实现了安全、质量、进度、成本管理多维优化。实践表明,数字化转型并不是一蹴而就的技术堆砌,而是一个管理理念和操作流程的重新塑造过程。企业应该以生产一线为重心,依靠技术创新推动管理效能的提高,逐步建立起以数据为驱动的现代工程管理体系。随着 5G、边缘计算、自动驾驶机械的普及,智慧工地会朝着无人化、集成化的方向发展,给建设更高水平的平安工程、精品工程提供强有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 王伟,李建华. 物联网技术在智慧工地安全管理中的应用深度研究[J]. 建筑技术开发,2024,51(02):102-105.
- [2] 赵颖,郭凯. 基于BIM与物联网集成的智慧工地动态协同管理框架构建[J]. 土木工程与管理学报,2023,40(04):55-61.
- [3] 张旭. 数字化转型背景下智慧工地质量监控体系的实践探索[J]. 工程管理学报,2025,39(01):118-123.
- [4] 陈静,刘建军. 大数据分析在复杂工程项目智慧决策中的模型构建与实证[J]. 建筑经济,2024,45(S1):302-307.
- [5] 孙一鸣,严凯. 全生命周期视阈下智慧工地数据资产的传递与应用研究[J]. 科技管理研究,2023,43(18):189-195.

作者简介:高振坤,出生年月:1990年02月,性别:男,民族:汉族,籍贯:山东省青岛市平度市,学历:大学本科,职称:工程师,研究方向:项目管理、工程技术。