

# 施工现场智能化管理——数字化技术的实现路径探讨

丁勇

中油（新疆）石油工程有限公司，新疆 克拉玛依 834000

DOI:10.61369/ETQM.2025100040

**摘 要：** 本文围绕施工现场智能化管理展开研究，聚焦数字化技术的应用与实现路径。在核心应用领域，数字化技术通过物联网、AI、BIM、大数据、云计算等手段，分别在智能安全管理、智能进度管理、智能质量管理、智能物料与设备管理及智能协同与决策管理五大维度，有效解决传统施工现场管理中覆盖有限、响应滞后、数据不互通等痛点，显著提升管理效率与质量。研究旨在为施工现场智能化管理的落地提供理论参考与实践指引，助力建筑行业数字化转型。

**关 键 词：** 施工现场管理；智能化管理；数字化技术；物联网

## Intelligent Management of Construction Sites — An Exploration of Implementation Pathways for Digital Technologies

Ding Yong

PetroChina (Xinjiang) Petroleum Engineering Co., Ltd., Karamay, Xinjiang 834000

**Abstract：** This paper focuses on the research of intelligent management of construction sites, emphasizing the application and implementation pathways of digital technologies. In core application areas, digital technologies leverage means such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), Building Information Modeling (BIM), big data, and cloud computing to effectively address pain points in traditional construction site management, including limited coverage, delayed responses, and lack of data interoperability. These technologies operate across five key dimensions: intelligent safety management, intelligent progress management, intelligent quality management, intelligent material and equipment management, and intelligent collaboration and decision-making management, thereby significantly enhancing management efficiency and quality. The study aims to provide theoretical references and practical guidance for the implementation of intelligent management at construction sites, facilitating the digital transformation of the construction industry.

**Keywords：** construction site management; intelligent management; digital technologies; Internet of Things

## 引言

传统施工现场管理以人工主导、纸质化记录、经验化决策为核心，在安全监管覆盖不足、进度偏差追溯困难、质量缺陷事后补救、物料设备粗放浪费及多方协同信息壁垒等问题的制约下，已难以适应现代工程对效率、安全、成本与质量的精细化要求，成为行业高质量发展的关键瓶颈。在此背景下，数字化技术的突破为施工现场管理升级提供了核心驱动力。基于此，本文聚焦施工现场智能化管理的核心需求，系统剖析数字化技术在安全、进度、质量、物料设备及协同决策五大核心领域的应用逻辑与实践成效，明确技术如何破解传统管理痛点；进而构建“顶层设计—基础设施—试点优化—全面集成”的四阶段系统性实现路径，为企业提供从战略规划到落地执行的完整指引。研究旨在填补施工现场数字化管理“应用碎片化、路径模糊化”的研究空白，为推动建筑行业施工现场管理的智能化转型提供理论支撑与实践参考。

## 一、数字化技术在施工现场的核心应用领域

### （一）智能安全管理

数字化施工管理的理论基础及技术支撑应包括空间信息技术、系统仿真计算、可视化与虚拟现实、多智能体施工等几个部

分<sup>〔1〕</sup>。传统施工现场安全管理以人工巡查和事后整改为主，存在覆盖有限、响应滞后、预判不足等问题。数字化技术通过构建实时感知—智能识别—自动预警—联动处置”的全流程管理体系，将管理重心从事后应对前移至事前预防。在实时感知环节，物联网技术通过智能安全帽和大型机械传感器，实时追踪人员状态与

设备运行参数，一旦发现异常立即预警，有效预防事故<sup>[2]</sup>。在智能识别方面，AI视觉算法可24小时自动识别安全违规行为，准确率高达95%，实现“违规即预警、即时可处置”，大幅缩短响应时间。在风险管控与应急联动层面，大数据技术整合历史与实时数据，对风险点进行分级管理，并建立应急联动机制，事故发生时可自动定位、推送救援指令、关联应急物资，显著提升处置效率。这一系列技术协同应用，共同构筑了施工现场的主动式安全防线。

## （二）智能进度管理

传统进度管理依赖“甘特图+人工汇报”，存在数据更新滞后、偏差原因难追溯、调整依赖经验等问题，常导致进度延误发现晚、应对不精准。数字化技术通过“BIM进度模拟+实时数据追踪+AI预测优化”，实现了进度的动态监控与精准调控<sup>[3]</sup>。在进度模拟环节，BIM技术将进度计划与三维模型关联，构建4D-BIM模型，直观展示各阶段进度，提前发现工序逻辑冲突，优化施工顺序。在实时追踪方面，物联网与移动终端让施工人员可现场上传工序验收结果，并通过RFID或二维码追踪构件全流程，数据自动同步平台并与计划对比，实时生成偏差报表<sup>[4]</sup>。在预测优化层面，AI与大数据技术整合历史、实时及外部环境数据，构建预测模型，提前预警进度延误风险，精准分析原因并生成针对性调整方案，再通过4D-BIM模拟验证可行性<sup>[5]</sup>。这一系列技术应用，让进度管理真正有数据可依、预测可循，有效将进度偏差率控制在较低水平。

## （三）智能质量管理

传统质量管理以“事后抽样检查”为主，依赖人工检测，缺陷发现晚、返工成本高。数字化技术通过“过程数据采集+AI质量检测+全流程追溯”，将质量管理贯穿施工全过程，实现“缺陷早发现、过程可管控、责任可追溯”<sup>[6]</sup>。在过程数据采集环节，移动终端与物联网技术让施工人员可实时上传钢筋间距、混凝土坍落度等关键数据，并通过RFID标签关联材料检测报告，确保数据真实、可追溯，某项目因此将材料问题发现时间大幅提前，返工成本降低30%。在AI智能检测方面，计算机视觉技术通过无人机、高清摄像头结合AI算法，自动识别混凝土裂缝、墙面空鼓等缺陷，不仅检测效率提升80%，还能发现人工难以察觉的细微问题，检出率显著提高<sup>[7]</sup>。在质量追溯层面，BIM技术将过程数据与检测结果关联至模型构件，点击即可查看其从材料到施工的全流程信息，一旦发现问题，能快速追溯根源、明确责任，并跟踪整改，形成“发现问题-追溯原因-整改验证”的闭环管理，全面提升质量管理水平。

## （四）智能物料与设备管理

传统物料与设备管理多属粗放式，常面临库存积压、停工待料、设备利用率低、维护不及时等问题，造成资源浪费<sup>[8]</sup>。数字化技术通过全流程追踪+智能优化，实现精益化管理，有效降本增效。在智能物料管理方面，形成了BIM算量+物联网追踪+AI优化的核心模式，BIM模型精准提取工程量，结合进度计划生成物料需求，大数据分析预测价格走势以优化采购时机；RFID或二维码技术实时追踪物料出入库，自动触发补货提醒，AI算法优化库存布局；实际消耗与BIM工程量对比，识别浪费并分析原

因，某项目因此库存成本降低22%，损耗率减半。在智能设备管理方面，物联网监测+AI故障预测+效率优化”实现全生命周期管理，物联网传感器实时采集设备运行参数，远程监控状态；AI算法分析历史数据，提前7-14天预警潜在故障并推荐维护方案，大幅减少突发停机；大数据分析设备利用率与能耗，优化调度与运行参数，某项目设备利用率提升18%，能耗降低12%。这些技术的综合应用，彻底改变了传统资源管理模式，实现了成本与效率的双重优化。

## （五）智能协同与决策管理

传统施工现场各参与方依赖纸质文件、邮件和会议进行信息传递，存在信息滞后、传递失真、数据不互通等问题，形成信息孤岛，导致协同效率低下、决策响应缓慢<sup>[9]</sup>。数字化技术通过构建“统一协同平台+数据共享+可视化决策”体系，打破各方信息壁垒，实现数据实时共享、协同高效联动与决策有据可依<sup>[10]</sup>。在统一协同平台构建方面，云计算与BIM技术搭建了多方协同、数据互通的基础，整合BIM模型、进度、质量、安全等核心信息，各参与方可根据权限实时获取所需内容。在实时信息交互与联动层面，移动终端与即时通讯技术实现沟通即时化与问题快速解决，平台内置即时通讯功能，各方可针对具体问题发起精准沟通并关联相关数据，形成“发现问题-沟通-整改-复核”的快速闭环。在可视化决策支持环节，大数据与数据可视化技术让决策直观、精准、高效，通过整合项目全维度数据生成“项目驾驶舱”，以图表形式呈现关键指标，管理人员可直观掌握项目状态，快速识别问题并基于数据制定决策，避免传统经验决策的主观性。

# 二、施工现场智能化管理的系统性实现路径

## （一）顶层设计与战略规划

智能化管理的初期阶段是方向锚定期，核心目标是明确“为什么做、做什么、谁来做、资源如何配”，避免盲目投入。关键任务围绕需求调研、目标制定、技术选型、组织保障四大维度展开，为后续落地奠定战略基础。在需求与目标梳理上，需坚持“问题导向、业务驱动”，通过调研收集各参与方痛点，结合企业战略制定量化目标，并明确优先级领域，优先选择痛点突出、见效快的场景。在技术选型与方案设计上，需兼顾兼容性、实用性与扩展性，梳理核心技术清单，优先选择与企业现有系统兼容的方案，结合项目规模与预算选择高性价比产品，并制定详细实施方案，确保各方对技术路径达成共识。在组织与资源保障上，需构建权责清晰、资源到位的执行体系，成立专项工作组明确各层级职责，并制定资金、人才、制度等资源保障计划。某央企通过调研将“智能安全管理”“智能进度管理”列为优先领域，某市政集团选择轻量化技术组合降低成本40%，某民企设立专项基金并开展人才培养，均为后续智能化落地提供了有力支撑。

## （二）基础设施建设与数据治理

智能化管理的第二阶段是硬件与数据底座建设期，核心目标是搭建“感知-传输-存储-治理”的基础体系，解决“数据从哪来、怎么存、如何用”的问题。基础设施建设聚焦感知设备

部署、网络搭建与平台开发，数据治理则围绕数据标准制定、清洗与安全展开，为后续应用打通“数据血脉”。在基础设施搭建上，需按“按需部署、分步完善”原则推进，根据优先级领域，针对性部署智能安全帽、AI摄像头、RFID标签等工业级感知设备；构建“有线+无线”全覆盖网络，确保数据实时上传；开发或部署具备数据接入、可视化与权限管理的核心平台。在数据治理方面，需制定统一的数据标准，明确采集格式与存储规范，避免格式不兼容；通过自动化工具进行数据清洗与整合，剔除无效数据、补全缺失记录，形成全要素数据集；同时加强数据安全管控，通过权限控制、数据加密与备份机制，确保数据不泄露、不丢失。这一系列举措共同构建了稳定可靠的数据底座，为智能化应用的深度落地奠定了坚实基础。

（三）应用试点与迭代优化

智能化管理的第三阶段是验证与优化期，核心目标是通过小范围试点、快速迭代，验证技术方案的可行性，解决实际问题，为全面推广积累经验。试点选择需遵循代表性强、风险可控”原则，优先选取痛点突出、管理基础好、配合度高的项目，并按分模块推进、分阶段验证”的思路实施。试点过程中，需安排专项工作组驻场指导，解决操作问题，并建立试点日志，详细记录设备运行、数据质量与使用效果，形成问题解决案例库。在效果评估与迭代优化上，需建立量化评估与多方反馈相结合的评价体系，对照目标检验成效，同时收集各方意见，形成反馈-调整-验证”的闭环机制。基于评估与反馈，制定优化方案，针对设备、功能、数据等问题进行改进，并总结试点经验，形成可复制、可推广的实施手册。某企业通过超高层项目试点，聚焦智能安全与进度管理，累计解决23个落地问题，将安全帽续航提升至12小时，AI识别准确率提高至96%，参与方满意度从75%升至92%，为后续全面推广奠定了坚实基础。

（四）全面集成与持续创新

智能化管理的第四阶段是成熟与升级期，核心目标是实现全

项目覆盖、全模块集成、全要素协同，并通过持续创新保持领先性。全面集成聚焦技术融合与业务贯通，需将试点验证的智能安全、进度、质量、物料设备、协同决策等模块推广至所有项目，实现模块间协同，如物料短缺预警自动触发进度调整建议；同时构建企业级数据中台，打破数据壁垒，形成历史项目知识库，为新项目提供数据支撑；并基于智能化技术重构业务流程，如将纸质验收改为移动端在线验收，大幅提升管理效率。在持续创新方面，需探索5G、数字孪生、区块链等新技术应用，如5G远程操控塔吊提升安全与效率，数字孪生构建虚拟映射实现模拟演练，区块链实现物料溯源；同时推动管理模式升级，通过数据分析实现人岗精准匹配、设备全生命周期管控与项目精益化管理，并构建产业链协同生态，联合设计、供应商等伙伴共享数据，缩短物料供应周期与项目工期。最后，需建立创新专项基金、激励制度与产学研合作机制，确保智能化管理持续迭代，始终适应行业发展与企业需求变化。

三、结束语

本文系统探讨了数字化技术在施工现场智能化管理中的核心应用场景与系统性实现路径，形成了兼具理论性与实践性的研究结论。未来随着5G、数字孪生、区块链等新技术与施工场景的进一步融合，施工现场智能化管理将向“全要素数字化映射、全流程智能化决策、全产业链协同化联动”的更高阶段迈进。期待更多企业以本文研究为参考，结合自身实践持续探索创新，推动数字化技术在施工现场从应用落地向价值创造升级，共同助力建筑行业高质量发展，为新型建筑工业化的全面推进注入更强动力。

参考文献

[1] 方满胜. “数字化施工”在民用机场场道建设中的应用 [J]. 安徽建筑, 2020, 27(9): 189-204. DOI: 10.16330/j.cnki.1007-7359.2020.09.092.

[2] 唐龙. BIM技术在建筑施工现场管理中的运用实践解析 [J]. 中国住宅设施, 2024(z1): 76-78.

[3] 黄鑫. BIM技术在装配式建筑施工中的应用 [J]. 房地产导刊, 2024(24): 16-18.

[4] 何训林. 物联网技术及BIM技术在智能建造中的应用 [J]. 交通企业管理, 2024, 39(1): 94-96. DOI: 10.3963/j.issn.1006-8864.2024.01.029.

[5] 罗庆志, 余杰, 庞道济, 等. 基于绿色施工智能信息平台的建筑施工企业数字化转型实践 [J]. 重庆建筑, 2022, 21(11): 9-12. DOI: 10.3969/j.issn.1671-9107.2022.11.09.

[6] 周健. 施工现场智能化安全管理探讨 [J]. 科学与信息化, 2024(6): 175-177.

[7] 兰洪奎. 油田施工现场监督智能化管理装置的研究 [J]. 石油工业技术监督, 2021, 37(3): 14-18. DOI: 10.3969/j.issn.1004-1346.2021.03.005.

[8] 李迺. 施工现场智能化安全管理应用研究 [J]. 施工技术, 2017, 46(20): 139-141. DOI: 10.7672/sjgs2017200139.

[9] 伍洲. 基于智能化安全管理体系的建筑施工现场安全管理 [J]. 工程技术研究, 2021, 6(20): 134-136. DOI: 10.3969/j.issn.1671-3818.2021.20.060.

[10] 李迺. 施工现场智能化安全管理应用研究 [C]// 中国建筑学会工程管理研究分会2016年年会论文集. 2016: 155-160.