

工程建设项目管理中的技术创新与应用研究

王晓锋

乐陵市行政审批服务局

DOI: 10.32629/jpm.v7i4.8835

[摘要] 工程建设项目管理作为连接设计、施工、运维全生命周期的核心环节，其效能直接决定项目质量、成本、进度与安全目标的达成。面对当代工程向复杂化、大型化、绿色化转型的趋势，传统经验驱动的管理模式在信息协同、精准管控、风险预判等方面的瓶颈日益凸显。本文系统梳理 BIM、数字孪生、人工智能、物联网、装配式建造等关键创新技术与应用，结合真实工程项目实例，剖析技术创新在破解管理痛点、提升管理效能，旨在为工程建设项目管理的数字化、智能化转型提供理论参考与实践指引。

[关键词] 工程建设项目管理；技术创新；BIM；数字孪生；人工智能

Research on Technological Innovation and Application in Engineering Construction Project Management

Wang Xiaofeng

Leling Municipal Administrative Approval Service Bureau

[Abstract] As a core link connecting the entire lifecycle of design, construction, and operation, the effectiveness of engineering project management directly determines the achievement of quality, cost, schedule, and safety objectives. In response to the current trend of engineering projects toward complexity, large-scale, and green transformation, the bottlenecks of traditional experience-driven management models in information coordination, precise control, and risk prediction are becoming increasingly evident. This paper systematically reviews key innovative technologies and applications such as BIM, digital twins, artificial intelligence, the Internet of Things, and prefabricated construction. Through real-world project case studies, it analyzes how technological innovation addresses management pain points and enhances efficiency, aiming to provide theoretical references and practical guidance for the digital and intelligent transformation of engineering project management.

[Key words] Engineering Construction Project Management; technological innovation BIM; Digital Twin; Artificial Intelligence

引言

工程建设行业是国民经济的支柱产业，承担着基础设施建设、城乡发展、产业升级等关键使命。传统工程建设项目管理依赖人工经验、二维图纸与线下协同模式，存在信息孤岛严重、数据传递滞后、管控精度不足、风险预判能力弱等核心痛点。现场安全、质量、进度的管控多依赖人工巡检，效率低、漏检率高，难以实现实时精准监管^[1]。在此背景下，以数字化、智能化为核心的技术创新成为突破管理瓶颈、重塑工程管理范式的关键抓手。文章对工程建设项目管理中的技术创新与应用进行研究可为工程企业提供可落地的技术应用方案，破解项目管理中的实际痛点，提升项目全生命周期管理效能，推动行业从传统建造向智能建造转型，助力实现工程建设的高质量、绿色化与可持续发展。

一、工程建设项目管理中的创新技术

(一) 建筑信息模型 (BIM) 技术

BIM 技术构建三维参数化模型，整合建筑全生命周期多维度数据，实现各阶段数据无缝衔接与协同共享。它突破二维图纸局限，直观呈现工程结构与管线布局，提前规避多专业交叉碰撞问题，减少返工损耗；支持多专业协同作业，实现一处修改、全局更新，提升设计效率与精准度；集成全流程数据，为项目决策和运维管理提供支撑，延长工程使用寿命。

(二) 数字孪生技术

数字孪生技术以 BIM、GIS 等为基础，构建工程实体 1:1 虚拟镜像，整合全要素信息，实现虚实同步、动态映射。通过物联网设备实时采集现场数据，助力管理人员远程直观掌握现场进度、质量等情况；在施工前模拟施工过程，优化方案与资源配置，预判风险；基于数据分析为进度调整、成本控制等决策提供科学依据，推动从经验决策向数据决策转型^[2]。

(三) 人工智能 (AI) 技术

AI 技术通过各类算法, 赋予工程管理系统智能能力, 实现管理流程自动化。基于历史与实时数据构建风险预测模型, 前置预警质量、安全等潜在风险; 利用计算机视觉技术, 通过设备实时识别现场违规行为, 提升安全管控效率; 动态调度施工资源, 提高利用率、降低成本; 生成式 AI 辅助设计方案比选, AI 审图系统自动识别图纸错误, 提升设计与审图质量。

(四) 物联网 (IoT) 技术

物联网技术通过传感器、RFID 等设备, 构建工程现场全要素数据感知网络。布设各类传感器实时采集环境与结构数据, 超阈值自动预警, 保障施工安全质量; 利用 RFID、二维码实现材料设备全流程追溯, 避免浪费与丢失; 实时监测施工设备运行状态, 实现预防性维护与智能调度, 延长设备寿命、降低故障率。

(五) 装配式建造技术

装配式建造技术是绿色低碳核心方向, 构件在工厂预制后运输至现场装配, 实现建造方式转型。工厂标准化生产可缩短工期、减少现场人员与人工成本; 生产环境可控, 构件精度高, 提升工程质量; 减少现场模板使用, 降低扬尘、噪声等污染与材料浪费, 符合绿色可持续发展要求, 助力降碳^[3]。

二、工程建设项目管理中的技术创新应用

(一) 技术创新在质量管控中的应用

工程质量是项目的核心目标, 技术创新通过提升管控精准度、实现全流程追溯, 从根本上保障工程质量。依托 BIM 技术构建质量追溯模型, 将各构件、各工序的材料检测报告、施工工艺参数及验收记录等关键数据关联整合, 可实现质量问题的精准定位与责任追溯, 确保隐患及时整改、避免扩大。在混凝土浇筑、钢结构焊接、基坑施工等关键环节, 物联网传感器实时监测温度、应力、位移等质量参数, 数据异常时自动预警并通知技术人员处置, 将质量隐患消灭在萌芽状态。同时, AI 视觉检测技术借助无人机、高清摄像头采集工程影像, 自动识别混凝土裂缝、钢筋外露、墙面平整度偏差等缺陷, 大幅提升检测效率与准确率, 推动质量检测向自动化、精准化转型, 全方位筑牢工程质量防线。

(二) 技术创新在成本管控中的应用

成本管控直接影响项目经济效益, 技术创新通过优化资源配置、减少浪费、精准核算, 实现成本的精细化管控。依托 BIM 模型的参数化数据, 可自动生成工程量清单, 实现成本精准估算, 规避传统手工算量误差, 同时关联施工过程实际成本数据, 实现成本动态监控与对比分析, 及时发现偏差并采取纠偏措施。借助 RFID、二维码等物联网技术, 可对材料、设备进行全流程追溯, 实现物资精准采购、科学存储与高效使用, 减少材料积压、浪费及丢失, 降低供应链成本。AI 算法可对施工人员、设备、材料等资源进行动态调度与优化配置, 提升资源利用率, 减少闲置浪费。结合大数据分析技术, 整合历史项目成本、当前市场价格及现场施工数据构建成本预测模型, 精准预判后续成本支出, 提前制定管控预案, 有效规避成本超支风险, 全方位实现项目成本精细化管控^[4]。

(三) 技术创新在进度管控中的应用

进度管控是确保项目按时交付的关键, 技术创新通过实现进度可视化、精准预测、动态调整, 保障项目进度目标达成。将 BIM 模型与施工进度计划相关联, 构建 4D 进度模拟模型, 可直观呈现施工进度与空间位置的对应关系, 方便管理人员实时查看各工序进度、及时发现滞后环节并采取针对性措施。数字孪生平台实时采集现场施工数据, 结合历史项目数据与 AI 算法, 能够精准预测进度走势、提前预判进度风险。物联网设备可实时采集施工人员到岗、设备运行、工序完成等相关数据, 同步上传至管理平台, 实现进度实时跟踪与动态更新, 便于管理人员远程掌握现场情况、及时协调解决影响进度的各类问题。依托云计算平台, 可实现建设、设计、施工、监理等多参建方进度信息共享与协同管理, 各方实时更新进度数据、反馈相关问题, 有效避免信息不对称引发的进度延误, 全方位保障项目按期交付。

(四) 技术创新在安全管控中的应用

安全管控是工程建设项目管理的底线, 技术创新通过实现风险前置预警、违规行为自动识别、应急快速响应, 全面提升安全管控水平。施工现场布设的高清摄像头与 AI 视频分析终端, 依托计算机视觉技术可自动识别未戴安全帽、违规动火等违规行为, 识别准确率高, 发现违规后立即触发声光预警并推送信息至管理人员手机端, 实现违规行为及时制止。在基坑、脚手架等高危部位布设传感器, 物联网技术可实时监测结构安全状态, 数据超出安全阈值时自动预警, 提醒管理人员采取加固、停工等措施, 防范安全事故发生。数字孪生模型可模拟各类突发安全事故, 助力开展虚拟应急演练、优化处置流程, 在事故发生时还能快速定位位置、分析原因, 为应急救援提供科学支撑, 减少人员伤亡与财产损失。大数据分析整合历史事故、现场监测及施工环境数据, 可识别风险高发环节与关键因素, 便于提前制定防控措施, 实现安全风险精准管控。

(五) 技术创新在协同管理中的应用

工程建设项目参建方众多、协同环节复杂, 技术创新通过打破信息孤岛、实现数据共享, 有效提升协同管理效率。搭建 BIM 协同设计平台, 可实现建筑、结构、机电等多专业在同一模型上协同作业, 设计师能实时查看其他专业设计内容、及时解决设计冲突, 避免施工返工, 设计方案修改也可实时同步至相关人员, 大幅提升设计协同效率。依托云计算平台构建多参建方协同办公系统, 将文件共享、流程审批、进度反馈等功能线上化, 打破时间与空间限制, 显著提升各方沟通协同效率。构建项目全生命周期数字孪生平台, 整合设计、施工、运维各阶段数据, 让多参建方在同一平台协同工作, 实现各环节数据无缝衔接, 提升全流程协同效能。物联网技术则实现供应链各环节数据实时共享, 打通采购、运输、存储、使用的信息壁垒, 实现物资精准调度与协同管理, 确保物资及时供应, 规避因物资短缺引发的工期延误。

(六) 技术创新在绿色管控中的应用

随着绿色低碳发展理念的深入, 技术创新成为实现工程建设绿色管控、推动行业可持续发展的重要支撑。采用装配式建

造技术可减少现场湿作业,降低扬尘、噪声与污水排放,减少材料浪费,工厂预制构件还能实现回收再利用,提升资源利用率,契合绿色建筑要求。在施工现场布设扬尘、噪声、污水、废气等环保传感器,依托物联网技术实时监测各类环保指标,指标超标时系统自动触发预警并启动喷淋降尘、噪声控制等应对措施,确保施工全过程符合环保标准。借助大数据分析建筑施工与运维阶段的能耗数据,能够精准识别能耗浪费环节,进而优化能耗管理方案,有效降低能源消耗。在设计阶段利用BIM模型模拟建筑采光、通风及能耗情况,可优化设计方案,提升建筑节能性能,减少建筑全生命周期的能源消耗与环境影响,全方位推动工程建设向绿色化转型^[5]。

三、桥梁工程项目管理技术创新应用实例

(一) 项目概况

哈尔滨市都市圈环线西南环段松花江特大桥项目是黑龙江省重点基础设施项目,全长3.5公里,其中主桥长1.2公里,为双塔自锚式悬索桥,单孔最大跨径300米,是中国寒地跨径最大的自锚式悬索桥。项目总投资约18亿元,建设周期为2021年至2026年,项目穿越松花江核心流域,施工环境复杂,冬季严寒(最低气温可达-30℃),对施工技术、质量、安全的要求极高,同时需要兼顾生态环境保护。

(二) 技术创新应用情况

该项目针对严寒地区桥梁施工的特点,融合BIM、物联网、人工智能、绿色施工等创新技术,构建了严寒地区桥梁智慧管理体系。

该项目位于哈尔滨,基于当地气候特点,项目构建了BIM三维模型,模拟冬季施工过程,优化混凝土浇筑、钢结构焊接等施工工艺,制定了严寒地区混凝土养护、钢结构防冻等专项方案。通过BIM模型精准计算混凝土用量、钢筋用量,避免材料浪费,同时,通过BIM碰撞检测,提前解决了桥梁基础、索塔、主梁等部位的设计冲突,避免了施工返工,有效降低了成本。施工过程中,项目在施工现场布设了温度、湿度、风速、混凝土养护温度等物联网传感器,实时监测施工环境与施工质量数据,尤其是在冬季施工期间,重点监测混凝土养护温度,通过物联网系统自动调控养护设备,确保混凝土养护质量,避免因低温导致的混凝土裂缝。同时,在索塔、主梁等关键部位布设位移、应力传感器,实时监测结构状态,确保施工安全。在钢结构焊接过程中,项目采用AI智能焊接机器人,结合计算机视觉技术,实现钢结构焊接的自动化、精准化,焊接效率、焊接合格率大幅提升,同时减少了人工操作,降低了冬季施工的安全风险。在焊接完成后,利用AI视觉检测技术,自动识别焊接缺陷,及时整改,确保焊接质量。此外,为避免对生态造成危害,该项目穿越松花江核心流域,为保护生态环境,采用了物联网+生态监测技术,实时监测松花江水质、周边植被等情况,避免施工对生态环境的破坏;在施工过程中,采用环保型施工材料,减少污水、废气排放,施工废水经处理后达标排放;同时,推行施工垃圾回收再利用,减少对周边环境的污染。

(三) 应用成效

该项目预计于2026年竣工通车,截至2025年底主体工程已基本完成,技术创新的应用有效破解了严寒地区桥梁施工的技术难题:通过BIM施工优化、物联网养护监测等技术,成功解决了冬季混凝土养护、钢结构防冻等关键技术难题,确保了工程质量,桥梁结构稳定性达到设计标准;项目进度管控符合预期,通过技术优化有效控制了成本,实现了进度与成本的双重目标;项目建设期间未发生重大安全事故,施工过程中未对松花江生态环境造成破坏,通过了环保验收,实现了“安全施工、绿色施工”的目标;项目形成了一套严寒地区桥梁施工的技术创新方案,为我国北方严寒地区桥梁建设提供了可复制、可推广的实践经验,推动了严寒地区桥梁建设技术的升级。

结语

随着数字化、智能化技术的快速发展,工程建设项目管理的科技创新已成为推动行业高质量发展的核心动力,其核心价值在于通过技术与管理的深度融合,破解传统管理模式的痛点,实现工程建设全生命周期的提质、降本、增效、安全与绿色发展。本文通过系统梳理工程建设项目管理中的关键创新技术,分析其在质量、成本、进度、安全、协同、绿色等管理维度的应用路径,并结合哈尔滨市都市圈环线西南环段松花江特大桥等真实工程项目实例,验证了技术创新的应用价值与实践可行性。从研究与实践来看,BIM、数字孪生、人工智能、物联网、装配式建造等创新技术的融合应用,已成为工程建设项目管理的发展趋势,其不仅能够提升项目管理的精细化、智能化水平,还能推动建造方式的转型升级,助力实现绿色低碳发展目标。未来,随着数字经济与实体经济的深度融合,工程建设项目管理的科技创新将呈现更加智能化、绿色化、协同化的发展趋势。数字孪生与人工智能的深度融合将实现项目管理的智能决策与自主优化,装配式建造与绿色技术的集成应用将推动行业实现可持续发展,多参建方协同平台的完善将进一步提升管理效率。

[参考文献]

[1]邢浩琦,张英.BIM技术在建设工程项目管理中的应用研究[J].中国房地产业,2026,(05):222-224.

[2]杨培,陶冲.智能化技术在工程建设项目管理中的应用研究[J].中国科技纵横,2026,(03):49-51.

[3]王晨宇,刘笑飞.数字技术在建设工程项目管理中的应用研究[J].房地产世界,2025,(08):161-163.

[4]梁伟烽,唐大芳.工程建设项目管理科技创新技术与运用分析[C]//《中国建筑金属结构》杂志社有限公司.2024新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(四).重庆市万州建筑工程集团有限公司;重庆三峡医药高等专科学校,2024:21-22.

[5]郝兆年.工程建设项目管理中的技术创新与应用探讨[J].粮食与食品工业,2024,31(05):6-8+13.

作者简介:王晓锋,1979.10.12,男,山东省德州市乐陵市,汉族,大学本科,工程师,乐陵市行政审批服务局,研究方向:副高级工程师。