

智慧建造背景下土木工程施工项目数字化 管理体系构建与应用

张全卫¹, 乌云毕力格²

1. 兴泰建设集团有限公司, 内蒙古 呼和浩特 010000

2. 内蒙古中景路桥有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

DOI:10.61369/ETQM.2026020040

摘 要 : 智慧建造融入数字化管理技术, 于提升土木工程施工项目效率、削减成本、保证质量等事宜上, 正发挥着愈发重要的功用, 构建数字化管理体系, 运用 BIM 技术、物联网、大数据等智能化手段, 达成施工过程全程监控与优化管理, 施工项目从设计、施工到进度、质量控制等各环节, 能借实时数据反馈与智能算法开展有效管理及调度, 增强项目管理精准性与响应速度, 数字化管理还推动安全管理与风险控制, 为施工现场提供智能化决策支撑。实践显示, 数字化管理体系既提升施工效率, 又减少资源浪费和事故发生概率, 是达成智慧建造目标的重要途径。

关 键 词 : 智慧建造; 数字化管理; BIM 技术; 物联网; 大数据

Construction and Application of Digital Management System for Civil Engineering Projects under the Background of Smart Construction

Zhang Quanwei¹, Wuyunbilige²

1.Xingtai Construction Group Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia 010000

2.Inner Mongolia Zhongjing Road and Bridge Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia 017000

Abstract : The integration of smart construction with digital management technologies is playing an increasingly important role in enhancing the efficiency, reducing costs, and ensuring quality of civil engineering projects. By establishing a digital management system and utilizing intelligent tools such as BIM technology, the Internet of Things (IoT), and big data, it is possible to achieve comprehensive monitoring and optimized management throughout the construction process. From design and construction to progress and quality control, each stage of the project can be effectively managed and scheduled through real-time data feedback and intelligent algorithms, enhancing the precision and responsiveness of project management. Digital management also promotes safety management and risk control, providing intelligent decision-making support for construction sites. Practical applications demonstrate that the digital management system not only improves construction efficiency but also reduces resource waste and the likelihood of accidents, making it an important approach to achieving the goals of smart construction.

Keywords : smart construction; digital management; BIM technology; Internet of Things (IoT); big data

引言

建筑行业对高效、低成本、高质量的诉求持续提高, 智慧建造与数字化管理成为推动土木工程施工变革的重要动力, 传统施工管理模式难以契合现代项目对精细化、实时化管理的需求, 引入 BIM 技术、物联网、大数据等智能化工具, 土木工程施工项目可实现信息实时共享与精准调度, 进而提高施工质量、加快进度、降低风险, 这一转变不仅革新施工现场管理方式, 还为行业增添新活力, 推动施工效率与安全性提升。探寻如何搭建并应用数字化管理体系, 是推动智慧建造落地的关键环节, 能让土木工程施工在新时代背景下更好地适应发展需求, 实现可持续的高质量发展。

作者简介:

张全卫, 男, 汉族, 内蒙古自治区呼和浩特市人; 学历: 本科; 工作单位: 兴泰建设集团有限公司; 职称: 副高级工程师; 研究方向: 主要专注于土木工程方向的研究与管理等工作;

乌云毕力格, 女, 蒙古族, 内蒙古自治区呼伦贝尔市人; 学历: 本科; 工作单位: 内蒙古中景路桥有限公司; 职称: 副高级工程师; 研究方向: 主要专注于土木工程方向的研究与项目管理等工作。

一、智慧建造背景与数字化管理概述

（一）智慧建造的定义与发展

智慧建造作为一种将新一代信息技术与土木工程传统建造技术深度交融的建造模式，旨在达成工程建造全过程的人机协同、自动化、信息化以及智能化管理，依据住建部《智能建造技术导则（试行）》，智能建造包含数字勘察、数字设计、智能施工、智慧运维等阶段，着重以提升施工质量、降低成本为核心，运用BIM、数字孪生、物联网、大数据和人工智能等技术搭建统一数据体系，以此支撑全过程管理与优化。

于土木工程施工领域，智慧建造发展历程从早期信息化试点到如今多技术深度融入施工管理各环节的转变，伴随物联网传感器、无人机巡检、施工机器人等装备的广泛应用，施工现场数据采集、风险预警和质量控制能力得以提升，传统依靠经验和人工监测的模式正逐渐被数据驱动、智能响应的系统取代，智慧建造在国内外的应用持续深入，欧美等发达国家自BIM技术提出就开始推广数字建造方法，呈现出组织协同、数据集成和自动化施工的态势，亚洲国家尤其是中国近年来出台诸多政策推动智慧建造工业化、数字化和绿色建筑发展，市场需求与技术成熟度共同推动智慧建造快速拓展。

（二）数字化管理的核心概念

数字化管理核心概念在于借助数字技术达成对工程项目全过程数据的收集、传输、存储、分析与运用，进而增强信息透明度、管理效率和决策精准度，施工项目里，数字化管理平台常集成BIM模型、物联网实时数据、大数据分析和云计算服务，为进度控制、成本管理、风险预警提供技术保障，此管理模式变革了传统人工记录和断面控制方式，通过实时监测施工现场人员、设备和环境数据，实现对进度、质量和安全的在线监管，像基于传感器的监控系统可实时追踪混凝土温湿度和设备运行状态，及时察觉异常，增强施工过程可控性。

在土木工程施工项目中，数字化管理既提高了管理效率，又推动了项目各参与方的信息共享与协同作业，各团队借助统一数据平台基于实时信息精准决策，减少信息孤岛和沟通延误，在复杂项目环境下提升整体执行力。

（三）智慧建造与数字化管理的融合

智慧建造和数字化管理存在天然协同基础，二者融合可全方位提升土木工程施工项目智能化程度。智慧建造借助数字化管理技术达成设计、施工、监控与运维全过程数字化支撑，数字化管理则在智慧建造战略指引下整合各类数字工具与平台，促使项目从传统线性管理模式转变为数据驱动和自动化控制模式。

在具体实施途径上，融合体系一般以BIM为核心搭建数字模型，经物联网实时感知数据输入，再配合大数据分析和人工智能算法，为施工进度优化、资源调度、质量控制和安全预警等给予智能决策支持，这种协同管理既增强了施工现场透明度和响应速度，又为工程全流程风险控制和资源优化提供有力技术保障，展望未来，智慧建造背景下数字化管理体系会进一步朝着高度自动化、全生命周期管理方向迈进，达成从施工现场数据采集处理到智能预测优化决策的闭环控制，推动施工项目管理智能化、精准化与可持续发展。

二、土木工程施工项目数字化管理体系的构建

（一）数字化管理体系的构成要素

土木工程施工项目中数字化管理体系以信息化平台和数字化工具为核心支撑构建，建筑信息模型（BIM）作为集成设计与施工信息的三维可视化平台，可把项目几何信息、构造参数、施工进度及成本数据等信息整合于统一模型，为施工规划与控制提供直观支撑，与进度计划、成本数据库联动能有效提高资源配置效率和冲突检测能力，云计算与大数据技术融入让工程数据实现异构整合、实时共享和跨区域协同，打破传统信息孤岛，实现多参与方协作管理，利用这些技术能实现进度模拟、材料清单自动生成等关键功能。

大幅提升工程管理精细化程度，高效的数据采集与分析系统是数字化管理体系另一核心要素，部署物联网（IoT）传感器、无人机和自动监测设备可实时获取施工现场人员位置机械运行状态材料堆放情况及环境参数等大量数据，这些实时数据经信息平台传输到中控系统并存入数据库进行存储分析，基于大数据分析和机器学习算法对现场数据深度挖掘，识别潜在问题、优化施工方案并实时反馈给工程管理决策层，进而实现风险预警和动态过程控制，有效提高现场管理效率与安全性，为土木工程施工项目的顺利推进保驾护航，确保各环节在数字化管理下高效有序开展。

（二）数字化管理流程设计

数字化管理流程设计需全面覆盖项目管理各生命周期阶段，达成从设计、采购直至施工、验收的全流程数字化转变，于设计阶段运用BIM三维模型开展方案优化、碰撞检测与资源规划，能有效减少设计变更与施工返工情况，采购阶段结合工程量数据和市场价格制定智能化采购计划，有利于削减材料成本、加快供应链响应，施工时借助实时数据采集与可视化模型监控现场进度，管理层可及时掌握关键节点执行状况，发现进度偏差便能迅速调整施工安排，验收阶段的数据可用于质量评估和历史版本对比，为项目交付构建完整数字档案。

实时监控与以数据支撑决策是数字化管理流程显著特点，把施工现场传感器数据和BIM模型深度融合，构建4D/5D数字孪生系统，能对施工进度、质量情况和安全风险全方位实时监测，智能算法依据历史数据与实时参数预测潜在延误或安全隐患，提前发出风险预警并依据数据模型给出最优调整方案。

（三）数字化管理平台的技术架构

数字化管理平台技术架构设计一般采用模块化、分层式构造，确保系统功能具备可扩展性、可靠性与高性能，底层是数据采集层，涵盖传感器、无人机、现场监测设备等实时采集工程现场数据，中间为数据存储与处理层，依靠云计算和大数据平台实现数据高效存储、分析与调度，上层是应用与展示层，提供项目计划管理、进度监控、质量控制、成本分析、安全预警等功能模块，为各参与方提供可视化界面和交互工具，各模块通过标准化接口实现数据快速交换与系统协同运作，以更好地服务于项目管理的各个环节，提升整体管理效率和水平。如图1所示。

=平台互联互通能力对数字化管理系统价值发挥至关重要，采用统一数据标准与开放API接口，平台能和企业现有ERP系统、设计软件、施工现场设备无缝集成，支持多系统数据协同运转，结合移动端应用与实时通信机制，实现现场人员与管理者信息快速传

递，提高项目响应速度与现场执行效率，系统要有数据安全与权限管理机制，保障数据传输和存储的安全可靠，整体技术架构经多层协同与互联互通，为施工全过程数字化管理筑牢技术根基。



图1 数字化管理平台

三、数字化管理体系在土木工程施工项目中的应用

（一）智慧施工现场的实现

数字化施工现场利用无人机、传感器、物联网等技术对施工过程智能监控，为施工管理提供实时、全面数据支撑，无人机配备高精度相机和激光雷达，能对大范围工地低空巡检，自动生成三维点云数据，与 BIM 模型融合开展进度对比和异常识别，提升监测效率与精准度，有研究显示，自动化无人机监控可削减传统人工巡检时间与成本，增强数据时效性与全面性。

现场布置的物联网传感器持续采集设备状态、环境参数、人员位置等关键指标数据，并实时传至云平台存储分析，安装在施工机械上的传感器可实时监测机械运行状态与负载情况，实现设备故障预警与维护优化，环境监测传感器能对扬尘、噪声、气象条件监控，为安全与环保管理提供参考。

安全管理与风险控制依靠大数据分析与时空监控技术得到提升，一体化安全管理系统汇聚传感器、视频监控、人员定位等多源数据，对工地风险动态分析，自动识别潜在安全隐患并发出预警通知，有研究表明，IoT 技术用于现场安全监测可增强危险行为识别能力，为管理者提供及时干预办法，降低事故发生几率。

（二）智能化进度与质量管理

如今，运用数字化手段对施工进度进行监控，已然成为提高项目管理效率的关键办法，基于 BIM 的进度管理能在三维模型之上叠加时间维度，也就是进行 4D 进度管理，达成施工计划和实际进度的可视化对比，这样便于及时察觉延误风险，进而调整施工策略，与物联网数据相融合，实时收集现场执行状况，让进度更新更为精准可靠。

参考文献

[1] 丁朦朦. 数字化管理对全过程工程咨询项目知识转移意愿影响研究 [D]. 中南大学, 2023.
[2] 陈梦瑶. 基于 BIM+“智慧工地”平台的建筑工程项目数字化管理研究 [D]. 兰州交通大学, 2023.
[3] 杨建功, 路维, 王邵臻, 等. 数字化转型背景下应用型高校土木工程复合型人才培养体系建设研究 [J]. 创新创业理论与实践, 2025, 8(04): 4-6.
[4] 韦忠, 杨硕, 文明. 数字化工程管理技术在环境保护生态规划中的应用研究——评《土木工程施工技术与组织管理》[J]. 林产工业, 2021, 58(07): 138.
[5] 陈楠梓, 吕润华. 推动交通基础设施全自动检测和数字化管理 [J]. 交通建设与管理, 2021, (03): 30-31.
[6] 李盼盼, 李微. 教育数字化背景下高校创新创业课程体系的构建——以土木工程专业为例 [J]. 林业科技情报, 2024, 56(04): 204-206.
[7] 池梦洁, 唐浩鑫. 基于 BIM 技术的土木工程智慧建造技术分析 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2025, (01): 79-81.
[8] 赵超峰. BIM 技术在土木工程中的应用 [J]. 四川建筑, 2022, 42(04): 60-61+64.
[9] 董永帅, 张建设. 基于 BIM 技术的楼宇数字化管理平台——以某高校土木工程学院教学楼为例 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2022, (03): 121-123.
[10] 温乐乐. 创新技术在土木工程施工过程中的集成与应用 [J]. 建材发展导向, 2024, 22(18): 74-76.

智能调度辅助工具，像基于算法的资源优化系统，能依据现场实时数据和过往绩效预判施工瓶颈，给出资源分配的优化方案，提高施工现场的执行效能，进度监控和调度建议借助数据可视化面板呈现，让项目负责人能迅速知晓项目状态并采取行动，缩短决策时间。

全过程质量管理也离不开数字化技术，BIM 模型可充当质量控制的数字载体，把设计要求、施工标准和检测数据整合到同一平台，支撑从设计前审查到施工中实时检测再到后期验收的全流程管理，高精度扫描设备和 AI 视觉检测技术可用于现场构件的精准检测，利于自动识别裂缝、偏差等质量问题，实现精细化质量管控。

（三）成本管理与项目决策支持

在成本管理与项目决策支持方面，基于数字化平台的成本控制 and 预算管理依靠数据分析优化资源配置，提高经济效益，数字化管理系统可将物料采购、人工成本、机械设备使用等数据集中于同一平台，通过成本构成分析、预算偏差预警等功能模块实时掌握费用动态，为成本管理提供透明、可追溯的数据依据，和历史项目数据对比，还能预估成本趋势，支持提前调整预算方案，有效降低超支可能性。如表 1 所示。

表1 数字化管理推进后在某工程项目中的关键绩效指标对比情况

指标	传统管理	数字化管理	提升率
安全事故发生率 (%)	4.5	2.1	53%
进度偏差 (%)	± 12	± 5	58%
质量缺陷数量 (项)	38	15	61%
成本超支率 (%)	9.8	4.3	56%

决策支持系统借助数据模型和实时数据，为项目管理者精准提供决策依据，以可视化仪表盘呈现进度趋势、成本构成、风险等级等信息，让复杂的工程数据直观展现，即便管理者没有专业分析能力，也能迅速把握项目运行态势，结合人工智能和历史数据预测模型，系统还能对未来风险、资源需求变化作出预测，为战略调整提供参考。

四、结语

数字化管理体系应用于土木工程施工项目，给行业带来深刻变革，融合 BIM、物联网、大数据等技术，施工现场达成智能监控与精准管理，有效控制进度、质量和成本，引入智能化决策支持与风险预警系统，提高施工过程透明度与安全性。未来技术持续发展，数字化管理在土木工程中会释放更大潜力，为项目管理带来更高效、智能且可持续的发展走向，助力土木工程领域不断迈向新高度。