

基于管理的工程数字化关键技术

赵哲杰

[苏州市相城市政建设投资(集团)有限公司, 江苏 苏州 215131]

摘要: 以数字化工程管理为核心出发点, 深入探究工程管理数字化的关键技术。首先阐述数字化工程管理的概念与重要性, 强调其在提升工程效率、优化资源配置等方面的显著作用; 然后详细剖析包括建筑信息模型(BIM)技术、地理信息系统(GIS)技术、大数据分析技术、物联网技术以及人工智能技术等在内的多项关键技术, 在工程管理中的应用原理、特点及优势。通过研究这些关键技术, 为工程管理领域的数字化转型提供全面的技术解析与实践指导, 推动工程管理向智能化、高效化方向发展, 以适应现代工程建设日益复杂的需求, 提高工程全生命周期的管理水平与综合效益。

关键词: 数字化工程管理; 关键技术; 建筑信息模型; 大数据分析; 物联网

中图分类号: F203; TU71

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)05-0239-04

Key Technologies of Engineering Digitalization Based on Management

ZHAO Zhejie

[Suzhou Xiangcheng Municipal Construction Investment (Group) Co., Ltd., Suzhou 215131, China]

Abstract: Starting from the core concept of digital engineering management, the key technologies of digital engineering management are deeply explored. Firstly, it expounds the concept and significance of digital engineering management, emphasizing its remarkable effects in enhancing engineering efficiency, optimizing resource allocation, and other aspects. Then, it provides a detailed analysis of the application principles, characteristics, and advantages of several key technologies in engineering management, including Building Information Modeling (BIM) technology, Geographic Information System (GIS) technology, big data analysis technology, Internet of Things (IoT) technology, and artificial intelligence technology. Through the research on these key technologies, it offers a comprehensive technical analysis and practical guidance for the digital transformation in the field of engineering management, promotes the development of engineering management towards intelligence and high efficiency to meet the increasingly complex requirements of modern engineering construction, and improves the management level and comprehensive benefits throughout the entire life cycle of the project.

Keywords: digital engineering management; key technologies; building information modeling (BIM); big data analysis; internet of things

0 引言

在当今科技飞速发展的时代, 数字化浪潮正深刻地影响着各个行业领域, 工程管理也不例外。传统工程管理模式面临着信息传递不畅、协同效率低下、决策缺乏精准数据支持等诸多挑战。数字化工程管理应运而生, 成为解决这些问题的关键途径。通过引入先进的数字化关键技术, 能够将工程建设过程中的各种信息进行数字化采集、存储、处理与分

析, 实现工程全生命周期的可视化管理、智能化决策以及高效协同作业。深入探究工程管理数字化关键技术, 对于提升工程质量、缩短工期、降低成本以及增强工程竞争力具有重要意义。

1 工程管理数字化

1.1 工程管理概述

工程管理是一门综合性学科, 旨在通过科学的规划、组织、协调、控制和领导等一系列活动, 确保工程项目能够在规定的时间、预算和质量标准内顺利完成。它涵盖了工程项目从构思、规划、设计、施工到运营维护的全生命周期各个阶段。在项目的启动

收稿日期: 2025-01-09

作者简介: 赵哲杰(1990—), 男, 硕士, 工程师, 从事工程管理工作。

阶段,工程管理者需要进行项目的可行性研究,评估项目的技术、经济、环境等可行性因素,确定项目的目标和范围。在规划设计阶段,要协调各个专业设计团队,制定详细的工程设计方案,涵盖建筑结构设计、机电设备设计以及给排水设计等多个专业领域,通过高效的沟通与协作机制,确保各专业设计内容在功能、空间布局、技术标准等方面实现无缝对接,达成协同性与一致性的完美统一。施工阶段则是工程管理的核心环节之一,涉及到施工进度管理、质量管理、安全管理、成本管理以及资源分配等多方面工作。例如,管理者需要制定合理的施工进度计划,安排施工人员、施工设备和建筑材料的进场时间,监督施工过程中的质量控制,预防安全事故的发生,同时严格控制施工成本,避免超支。运营维护阶段同样重要,工程管理者要制定设施设备的维护计划,确保工程在使用寿命内能够正常运行,及时处理出现的故障和问题,保障用户的使用体验和安全。

1.2 数字化工程管理

数字化工程管理是在传统工程管理基础上,借助现代信息技术手段,对工程项目的各种信息进行数字化处理和管理的新型模式。它利用数字化平台,将工程建设过程中的人员、设备、材料、资金等要素以及工程进度、质量、安全等信息进行集成整合。例如,通过建筑信息模型(BIM)技术,可以创建一个包含建筑物三维几何形状、结构属性、材料信息等详细数据的数字化模型,工程各参与方能够在这个模型上进行协同工作,提前发现设计冲突、施工难题等问题,并进行优化调整。数字化工程管理还能够实现对工程数据的实时采集和传输,如利用物联网技术,施工现场的传感器可以实时监测设备运行状态、环境参数等信息,并传输到管理平台,管理者可以随时掌握工程现场的实际情况,及时做出决策。

2 工程管理数字化关键技术

2.1 BIM+GIS 在工程管理中的应用

建筑信息模型(BIM)侧重于建筑物内部的详细信息建模,如建筑结构、设备管线等微观层面的信息呈现;而地理信息系统(GIS)则聚焦于工程所处的宏观地理环境信息,包括地形地貌、周边基础设施分布等。两者结合在工程管理中发挥着卓越功效。在工程项目的规划阶段,BIM+GIS能够综合分析场地的地理特征与建筑布局需求,例如依据地形坡度、朝向以及周边交通网络等因素,优化建筑物的选址与朝

向,确定合理的场地平整方案,以减少土方开挖量并提高场地利用效率。在设计过程中,可利用GIS提供的地理信息数据辅助BIM模型进行外部环境分析,如采光分析、风环境模拟等,使建筑设计更贴合周边自然环境,同时借助BIM对建筑内部各专业系统进行精细化设计,提前规避设计冲突。

2.2 数字孪生在工程管理中的应用

数字孪生是通过数字化手段构建与物理实体高度相似的虚拟模型,并实现两者之间的实时数据交互与映射。在工程管理中,数字孪生的应用涵盖了工程项目的全生命周期。在设计阶段,基于数字孪生技术创建的虚拟模型可以对设计方案进行多维度的仿真验证,如结构力学性能仿真、能耗模拟等,在虚拟环境中提前评估设计的可行性与合理性,减少设计缺陷与错误,提高设计质量。施工过程中,数字孪生模型能够实时反映施工现场的实际情况,通过在物理工程中部署各类传感器,采集施工进度、设备状态、质量参数等数据,并传输至虚拟模型进行更新与同步,实现对施工过程的精确监控与可视化管理。

2.3 人工智能在工程管理中的应用

人工智能技术在工程管理中的应用正日益广泛且深入。在工程进度管理方面,人工智能算法可以对大量历史工程数据进行学习与分析,建立进度预测模型,结合当前工程的实际情况,如施工资源投入、天气条件、施工工艺难度等因素,准确预测工程的进度走势,提前识别可能导致进度延误的风险因素,并提供相应的应对策略。例如,通过机器学习算法对以往类似工程的施工进度数据进行挖掘,找出影响进度的关键因素及其相互关系,从而为当前工程制定更为合理的进度计划,并在施工过程中根据实际情况动态调整。在质量管理领域,人工智能可以利用图像识别技术对施工现场的质量情况进行自动监测,如识别混凝土浇筑质量、钢筋绑扎质量等,及时发现质量缺陷并发出警报。

3 数字化工程管理的优化策略

3.1 建筑结构解构

建筑结构解构是数字化工程管理的重要基础策略。通过先进的数字化建模技术,如BIM软件,将复杂的建筑结构分解为多个层次和组件进行详细分析与管理。首先,对建筑结构的整体框架进行解构,明确各主要承重构件如柱、梁、板的位置、尺寸和相互连接关系,这有助于在设计阶段精确计算结构受力,

优化结构布局,提高建筑的稳定性和安全性。在施工过程中,解构后的结构信息能够为施工人员提供清晰的施工指导,例如确定各构件的安装顺序、施工工艺要求以及所需的施工设备和材料。

3.2 加强模块特性

在数字化工程管理中,加强模块特性有助于提高工程管理的效率和质量。将工程项目按照功能、专业或施工阶段划分为多个相对独立的模块,每个模块具有明确的输入、输出和功能特性。例如在建筑工程中可划分为建筑模块、结构模块、机电模块等。对于每个模块,详细定义其技术要求、施工工艺、质量标准和工期限制等特性。在设计阶段,各专业模块团队可以独立开展工作,同时通过数字化平台进行信息交互和协同设计,确保模块之间的接口兼容性和整体协调性。在施工阶段,以模块为单位进行施工组织和资源分配,有利于提高施工效率和管理精度。例如,机电模块可以根据其设备安装、管线敷设等特性制定专门的施工计划和质量控制方案,减少与其他模块施工的相互干扰。加强模块特性还便于对工程进行模块化的质量检测和验收,一旦某个模块出现问题,可以快速定位和解决,不会影响整个工程的进度和质量。

3.3 做好平台构建

构建一个功能强大、高效稳定的数字化工程管理平台是实现数字化工程管理的核心。该平台应整合多种数字化技术和工具,如 BIM、GIS、大数据分析、物联网等,为工程管理提供全方位的支持。首先,平台要具备强大的信息集成功能,能够将工程项目全生命周期中的各种信息,包括设计文件、施工图纸、进度计划、质量报告、成本数据等进行集中存储和管理,并建立信息之间的关联关系,实现信息的快速检索和共享。例如,通过 BIM 模型作为信息载体,将建筑结构、设备管线等信息与施工进度、质量检测数据等进行关联,方便管理人员在查看 BIM 模型时能够同时获取相关的进度和质量信息。其次,平台应支持多用户协同工作,为工程各参与方提供统一的工作环境和沟通渠道。不同专业的设计人员、施工人员、监理人员等可以在平台上实时协作,共同编辑和完善工程文档和模型,及时解决工作中出现的问题。再者,平台要具备数据分析和可视化功能,能够对海量的工程数据进行分析处理,生成各种报表和图表,为管理人员提供决策支持。例如,通过大数据分析技术对工程进度数据进行分析,预测工程的

完工时间,助先进的可视化功能,系统地将复杂的分析结果转化为直观易懂的图表形式,以清晰明了的方式呈现数据之间的关系和趋势,极大程度上降低了理解门槛,助力管理人员能够迅速准确地把握关键信息,进而做出科学合理的决策。

3.4 落实工程管理

落实工程管理在数字化环境下需要借助数字化工具和流程来确保各项管理任务的有效执行。在进度管理方面,利用数字化进度计划软件制定详细的施工进度计划,并将计划分解为具体的任务和里程碑事件,通过物联网技术实时采集施工现场的实际进度数据,如设备运行时间、人员出勤情况、材料使用进度等,与计划进度进行对比分析,及时发现进度偏差并采取相应的调整措施。例如,如果某一施工区域的进度滞后,可以通过数字化平台快速分析原因,如施工资源不足、施工工艺复杂等,然后及时调配资源或优化施工工艺,确保进度的顺利推进。在质量管理方面,建立数字化质量控制体系,制定质量标准和检验流程,利用数字化检测设备和工具,如激光测距仪、无损检测设备等对施工质量进行实时监测和数据采集,将检测数据上传至数字化平台进行分析和评估。

3.5 加强施工验收

加强施工验收是保障工程质量的关键环节。在数字化工程管理中,利用数字化技术可以使施工验收更加科学、规范和高效。首先,建立数字化施工验收标准库,将国家和地方的相关验收规范、标准以及工程合同中的质量要求等进行数字化整理和存储,方便验收人员随时查阅和对照。运用前沿的物联网技术,搭配高精度的数字化检测设备,对施工进程里的关键工序以及隐蔽工程展开全方位、不间断的实时监测,并同步进行精准的数据采集工作。如混凝土浇筑过程中的温度、压力数据,钢筋焊接质量检测数据等,并将这些数据作为施工验收的重要依据。在验收阶段,验收人员可以利用数字化平台查看工程施工全过程的信息和数据,全面涵盖详细的设计文件、精确的施工图纸、完整的变更记录以及权威的质量检测报告等各类资料,以此为依据,从多个维度、多个层面入手,对工程质量进行深入且全面的评估。例如,通过 BIM 模型直观地查看建筑结构和设备管线的施工质量,与设计模型进行对比分析,检查是否存在施工偏差或质量缺陷。

3.6 施工信息反馈

施工信息反馈在数字化工程管理中起着桥梁作用,能够促进工程管理的持续优化。在施工过程中,通过多种数字化手段收集和传递施工信息,如施工现场的传感器、移动终端设备、数字化施工管理软件等。施工人员可以利用移动终端设备及时记录施工过程中的各种情况,如施工进度、质量问题、安全隐患、材料使用情况等,并将这些信息上传至数字化平台。管理人员通过平台可以实时获取施工信息,对施工过程进行动态监控和分析。例如,根据施工进度信息及时调整资源分配计划,根据质量问题反馈及时组织技术人员进行处理,根据安全隐患报告加强施工现场的安全管理措施。

3.7 建筑目标管理和安全控制

建筑目标管理是数字化工程管理的重要导向,包括质量目标、进度目标、成本目标等多项目标设定与实现。在数字化平台上,明确各项目标的具体指标和要求,并将其分解为可操作的子目标和任务,分配给相应的部门和人员。例如,将质量目标细化到各个施工工序和检验环节,将进度目标分解为每月、每周甚至每天的施工任务量,将成本目标分配到各个成本控制单元如材料采购、设备租赁等。通过数字化工具对各项目标进行实时监控和评估,如利用BIM模型与进度计划结合进行进度目标监控,通过成本核算软件进行成本目标监控,利用质量检测数据进行质量目标监控。一旦发现目标偏差,及时分析原因并采取调整措施,确保建筑目标的最终实现。

4 结 语

数字化工程管理的关键技术为工程建设领域带

来了前所未有的变革机遇。建筑信息模型技术为工程设计、施工与运维提供了集成化的信息平台;地理信息系统技术拓展了工程管理的空间维度;大数据分析技术挖掘出海量数据中的价值,助力精准决策;物联网技术实现了工程设备与环境的实时感知与智能控制;人工智能技术则进一步推动了工程管理的智能化进程。这些关键技术相互融合、协同作用,将工程管理提升到一个全新的高度。然而,在技术应用过程中仍面临着数据安全、技术标准统一、人员素质提升等诸多挑战。未来,需要持续投入研发力量,完善技术体系,加强人才培养与技术推广,以充分发挥数字化工程管理关键技术的优势,为工程建设事业创造更大的价值,构建更加智能、高效、可持续的工程管理生态。

参考文献:

- [1] 李清毅,郑舒文.基于平衡计分卡的航天器工程管理效能评估[J].南京航空航天大学学报,2023(4):734-744.
- [2] 杨吉星,胡立新,刘军,等.基于BIM与IoT的核电钢结构工程管理信息系统研究[J].建筑经济,2023(增刊1):314-319.
- [3] 张永成,孙峻,钟波涛.新发展理念下工程管理专业虚拟仿真教学平台建设与探索[J].建筑经济,2023(增刊1):441-446.
- [4] 张晨,王建东,罗宵,等.工程管理数字化关键技术研究进展[J].计算机应用,2023(增刊1):187-195.
- [5] 陈孝强,林广泰,杜海龙,等.三维数字化公路工程管理信息系统研究与应用[J].公路,2023(4):263-267.
- [6] 桂桂琛,杨扬,吴文龙,等.西北干旱地区粗粒土填筑施工质量控制研究[J].建筑结构,2022(增刊2):2908-2911.
- [7] 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(7):138.
- [8] 刘春来,丁祥海,阮渊鹏.新工科背景下数字化工程管理人才培养模式探索与实践[J].高等工程教育研究,2020(5):48-52;63.
- [9] 段小妮.BIM+GIS集成技术在智慧水务中的应用研究[J].市政技术,2021,39(9):209-211.
- [8] 张帆,陈明生,颜超.基于BIM及3D GIS的城市水务应用项目管理平台[J].水利信息化,2020(1):68-72.
- [9] 林金双.城市三维模型在规划管理中的应用研究[J].矿山测量,2021,49(3):117-121;133.
- [10] 胡震,张引玉.基于UNITY的交互式BIM展示系统开发[J].中国建设信息化,2020,115(12):58-59.
- [11] 赵晓松.基于Unity3D的可视化虚拟仿真实验平台的设计与开发[D].西安:西安电子科技大学,2017.
- [12] 姜太平,王敬扬,闫志莲.Web端大体量BIM模型瓦片式加载渲染方法研究[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2025(4):1-12.
- [13] 杨颂,张禄禄,董紫君,等.数字孪生在深圳某水质净化厂设计及运营管理中的应用[J].中国市政工程,2024(5):59-64;161.
- [14] 黄方贞.基于BIM+UE+低代码技术的三维数字化汇报演示技术研究及平台开发[J].价值工程,2022,41(32):145-150.
- [15] 李航,林劼,高菱,等.智慧水务中新型自然语义数据可视化方法探索[J].中国水利,2020(14):61-64.

(上接第234页)