

数字化技术在土木工程施工中的应用研究

聂建庭

三江侗族自治县建设工程质量检测室, 广西 柳州 545000

[摘要] 数字化技术已成为土木工程施工精细化管理升级的重要手段, 广泛应用于工程施工全流程作业与管理环节。为改善行业数字化落地不深入、技术融合度偏低的现场现状, 本文以房建、市政、基坑等土建施工场景为研究载体, 系统梳理各类数字化技术的实际应用场景与实操要点。文章立足一线施工工况, 梳理数字化施工落地过程中的各类实操短板, 从技术协同、现场管理、人才建设、数据治理角度提出适配工程项目的优化举措。研究所得结论可为土建施工数字化落地提质、现场管理增效提供可行的实践参考。

[关键词] BIM; 物联网; 土木工程; 数字化施工; 现场管控

DOI: 10.64635/ja.2026.1497

中图分类号: TU17

文献标识码: A

Research on the Application of Digital Technology in Civil Engineering Construction

Nie Jianting

Construction Engineering Quality Testing Office of Sanjiang Dong Autonomous County, Liuzhou, Guangxi 545000, China

Abstract: Digital technology has become an important means for upgrading refined management and control in civil engineering construction, and it is widely applied throughout the whole process of construction operations and management. To improve the current situation of insufficient digital implementation and low technology integration in the industry, this paper takes construction scenarios such as building construction, municipal engineering, and foundation pits as research carriers, and systematically reviews the practical application scenarios and operational points of various digital technologies. Based on frontline construction conditions, this paper summarizes practical shortcomings in the implementation of digital construction, and proposes optimization measures suited to engineering projects from the perspectives of technical coordination, on-site management, talent development, and data governance. The conclusions of this study can provide feasible practical reference for improving the quality of digital implementation in civil construction and enhancing the efficiency of on-site management.

Keywords: BIM; Internet of Things; civil engineering; digital construction; on-site management and control

引言

城市化建设进程持续推进, 国内土木工程建设规模逐步扩大, 施工工况趋于复杂多样。深基坑、山地隧道、大跨度钢结构等复杂工程不断增多, 行业对施工精度、安全防控、工期及成本管控的精细化标准持续提升。传统土木工程施工依赖人工经验开展现场管理, 作业模式较为单一, 过程管控偏于粗放, 很难适配复杂工程高标准的建设要求, 容易出现工序衔接紊乱、质量管控滞后、资源利用低效等各类现场问题, 难以满足现代基建高质量建设的发展需求。

智能建造相关技术体系逐步成熟, 为土建施工行业转型升级提供了全新的技术支撑。各类数字化工具能够有效弥补传统施工管理的短板, 助力施工现场实现动态化、精细化管控。目前行业数字化转型仍处于稳步推进阶段, 现场技术落地模式仍有较大优化空间。基于现代化施工管控需求, 本文开展数字化技术施工

应用专项研究, 通过梳理技术应用场景、剖析现场落地痛点、制定针对性优化策略, 为土建施工数字化常态化、深度化落地提供思路支撑。

1 数字化技术在土木工程施工中的主要应用场景

1.1 施工前期规划与方案优化

施工前期筹备是保障工程有序推进的前置核心环节, 对现场施工流畅度与整体建设质量具备直接影响。依托 BIM 技术开展前期建模与图纸核查工作, 可以有效弥补传统二维图纸会审的局限性, 工作人员通过搭建建筑、结构、机电一体化三维模型, 能够直观排查图纸存在的设计漏洞。在高层住宅机电排布、地下室综合管网等施工场景中, 三维模型可精准识别管线交叉、构件尺寸冲突、空间排布不合理等隐蔽问题, 通过前置整改减少施工阶段返工现象, 有效节约项目工期与施工成本^[1]。针对市市场地狭小、地形复杂的工

工程项目,工作人员可结合场地地质、环境数据优化现场平面布局,合理调整材料堆放区域、机械设备位置及临时道路布局,进一步提升场地空间利用率。同时结合同类项目施工经验梳理本工程重难点,针对软土基坑支护、大跨度梁板浇筑等高风险工序,提前完善专项施工方案与应急保障措施,为现场标准化施工筑牢基础。

1.2 施工现场智能化作业应用

进入现场施工阶段后,数字化技术能够有效弥补传统人工交底、经验化施工的各类短板,提升现场作业的规范性与精准度。项目依托 BIM 三维模型搭配动态施工演示开展可视化技术交底,打破纸质交底信息传递片面、理解偏差大的问题,可清晰展示各工序的施工流程与质量标准,尤其适配桥梁支座安装、钢结构拼接等高精度施工环节,大幅降低人工操作误差。针对深基坑开挖、隧道掘进、桥梁铺装等高风险工序,现场可搭建数字化智能作业体系,依托无人机巡检、自动化监测设备与智能施工机具协同作业。无人机可替代人工完成基坑边坡、桥梁外立面等高危区域巡检作业,有效规避高空施工风险。同时管理人员可依托数字化模型实时比对计划进度与实际施工进度,针对主体浇筑、管线预埋等工序滞后问题,及时调整班组排布与设备配置,优化工序衔接节奏,保障项目按期平稳推进。

1.3 施工质量安全与成本精细化管理

数字化技术可实现施工质量、安全、成本的全方位精细化管理,革新了传统粗放式、事后整改的管理模式。质量管控方面,物联网设备可实时监测高层建筑混凝土浇筑、市政桩基灌注、钢结构焊接等核心工序,动态记录施工关键参数。一旦出现混凝土蜂窝麻面、强度不足等质量问题,可通过留存数据追溯问题根源,精准定位施工责任环节,实现质量闭环管控。安全管理方面,现场布设智能监控、人员定位与环境监测设备,搭建全域安全防控体系,自动识别违规作业行为并及时预警,助力隐患快速整改,构建常态化安全管控机制。成本管控方面,数字化系统实时统计主材消耗、机械台班及人工出勤数据,对比预算与实际用量差异,及时排查材料超耗、设备闲置、人力冗余等问题,实现施工成本动态管控。

1.4 竣工归档与后期运维赋能

竣工阶段的数字化管理,有效衔接施工建设与后期运维,完善了工程项目全周期管控体系。项目竣工后,整合三维模型参数、现场监测数据、隐患整改记

录、验收资料等全流程信息,构建标准化数字化工程档案,替代易损毁、难查阅的传统纸质档案。土建工程包含大量地基、管线、基坑支护等隐蔽工程,数字化档案可完整留存隐蔽施工细节,为后期核查提供可靠依据。竣工验收阶段,通过三维实景扫描搭建竣工模型,与设计 BIM 模型比对核验,快速排查构件尺寸、墙体垂直度等施工偏差,大幅提升验收工作效率与精度^[2]。完整的数字化档案可为项目检修、改造加固、改扩建施工提供精准数据支撑,提升运维管理规范性,真正实现工程全周期精细化管控。

2 数字化技术施工应用现存问题

随着智能建造政策持续落地,数字化工具已逐步普及至多数土建项目,但结合一线施工现状来看,各类技术的现场落地大多停留在浅层使用状态,未能充分发挥数字化管控的核心优势。在日常施工管理过程中,很多房建、市政项目仅利用 BIM 软件完成基础建模工作,依托智能设备开展简单巡检与数据登记,并未结合现场核心工序开展深度数字化应用。多数项目未将三维模型数据与基坑监测、混凝土质量管控、进度调控等核心施工工作对接融合,现场管理依旧以人工经验为主导,导致数字化工具的辅助管控价值难以体现^[3]。除了技术应用深度不足外,行业数字化作业也缺乏统一执行标准,不同项目、不同施工班组的数字化作业习惯存在明显差异,建模精细程度、数据记录频次、资料归档格式参差不齐。这种不规范的作业现状,在市政道路多标段同步施工的项目中表现尤为突出,各标段数据无法互通共用,重复记录、资料混乱的问题频繁发生,间接增加现场管理工作量,降低整体施工管理效率。

除技术应用层面的问题外,人员专业能力不足也是制约数字化技术落地的关键因素,一线施工及管理人员的实操能力普遍难以匹配数字化施工的发展需求。多数现场人员长期深耕传统施工领域,熟练掌握钢筋绑扎、模板支设、混凝土浇筑等常规工艺,但普遍缺乏数字化实操经验,不会操作建模软件、基坑智能监测设备及数字化管理平台。受人员能力限制,部分项目采购的智能监测设备仅用于应付检查,日常处于闲置状态,设备采购成本与运维成本无法转化为实际管理效益。这一问题在中小型工程项目中更为突出,中小型市政、房建项目资金投入有限,无法配套完整的数字化管理体系,大多只能简化数字化作业流程。现场混凝土测温、基坑沉降观测等基础数据记录较为随意,数据更新滞后、缺失错乱的情况较为常见。同

时项目缺少完善的数据管理规范,重要施工数据存在误改、丢失的风险,留存的施工数据无法有效支撑现场方案优化、隐患治理、成本管控等核心工作,数字化管理流于形式。

3 土木工程数字化施工应用优化策略

为切实改善数字化施工浅层化、形式化的现状,施工企业可以结合项目实际施工条件,从技术搭配优化、现场标准规范、人员能力培养、数据精细化管理四个维度细化改进措施,推动数字化技术深度融入施工现场,保障各项数字化工作贴合现场、落地实用。

3.1 优化多设备协同模式,聚焦重难点工序落地应用

为解决数字化技术单一应用、落地浅层化的问题,施工现场需要彻底改变单一建模、单一巡检的传统应用模式,结合项目施工重难点,搭配成套数字化工具开展一体化作业。针对深基坑支护、高支模搭设、隧道掘进、大跨度钢结构安装等高风险、高难度工序,可建立 BIM 模型与现场传感监测设备、无人机巡检设备的联动应用体系。以深基坑施工场景为例,施工前期可依托三维模型提前模拟分层开挖工序,精准预判边坡变形、工序冲突等潜在施工问题,提前做好防控预案。在施工推进过程中,同步采集基坑沉降、桩体位移、周边环境变化等实时监测数据,对照模型参数动态比对施工状态,实时掌握施工风险变化。基于真实的监测数据,管理人员可以灵活调整开挖节奏、优化支护工艺,将数字化技术应用深度融入风险防控、工序优化、进度管控等核心施工工作中,从根本上解决技术应用流于表面的行业问题。

3.2 统一企业内部作业标准,规范现场数字化流程

针对行业数字化作业标准混乱、数据互通性差的问题,施工企业可立足自身施工特点,结合各类土建项目施工需求,制定适配企业发展的数字化作业细则。通过制度统一内部项目建模精度要求、现场数据记录频次、资料归档格式及模型更新周期,让企业所有在建项目的数字化作业保持统一标准。对于多标段同步推进的市政道路、大型社区房建等复杂项目,企业需进一步统一各标段数据交互格式,打通各班组、各部门的数据传输通道,方便工作人员随时传输和调取施工数据^[4]。同时明确建模修改、基坑监测数据录入、验收资料上报、模型更新等日常工作的标准化流程,规范一线数字化作业行为。标准化的作业体系,能够有效减少数据混乱、资料重复、信息不通等常见问题,

大幅降低现场数字化管理的工作难度,提升整体管理规范性。

3.3 依托现场场景开展实操培训,补齐一线人员能力短板

结合行业数字化落地现状来看,一线人员实操能力不足是限制数字化技术深度应用的核心瓶颈,补齐人员能力短板是推动数字化转型的关键举措。对此,施工项目部可摆脱传统理论化培训模式,结合现场真实施工场景,开展常态化、场景化数字化技能培训。培训内容紧密贴合岗位实际需求,重点讲解房建模型简易修改、基坑监测设备调试、混凝土施工数据记录、数字化台账填报等基础实操内容,规避脱离现场的空洞理论讲解。同时企业建立常态化岗位轮岗机制,组织技术人员、现场管理人员轮流参与数字化设备运维与数据统计工作。让工作人员在主体施工、基坑施工、收尾施工等不同施工阶段积累实操经验,循序渐进提升数字化操作能力,逐步打造兼具传统施工经验与数字化实操能力的复合型一线施工团队。

3.4 适配中小型项目工况,细化现场数据管理方式

考虑到不同规模项目的施工条件与资金实力存在差异,中小型市政、房建项目无需照搬大型工程的复杂数字化管理体系,可结合自身工况选用轻量化、低成本、易操作的数字化管理工具,适配中小型项目的施工节奏与管理能力。为保障现场数据管理规范有序,项目部可设置专人专职负责数据管理工作,定期录入混凝土质量检测、基坑安全巡查、主材消耗、施工设备运行等各类施工数据,同时及时核对修正错乱信息,保障数据真实完整^[6]。在此基础上,企业结合各岗位权责划分数据访问与修改权限,构建基础的数据防护机制,避免重要施工数据被随意篡改或误删。除此之外,管理人员需定期梳理存量施工数据,通过数据分析精准识别混凝土超耗、边坡沉降异常等施工薄弱环节,针对性优化施工方案。现场可以依托数据分析结果调整材料配比、优化人员排布、整改安全隐患,用真实数据辅助现场精细化管理,切实发挥数字化技术的管控优势。

4 结论

本文通过梳理数字化技术在土木工程施工各工序、各管控环节的适配场景,明确了数字化手段对优化施工流程、提升现场管控精度的积极作用。结合一线施工实际工况,文章针对性提出多设备协同作业、标准化流程建设、实操人才培育、轻量化数据管理等

适配性优化措施,可有效提升施工现场数字化落地质量,对推动土建施工精细化管理具备现实意义。

【参考文献】

- [1] 林楷奇,郑俊浩,陆新征.数字孪生技术在土木工程中的应用:综述与展望[J].哈尔滨工业大学学报,2024,56(1):1-16.
- [2] 蒋晟华,陈艾利.基于点云与BIM的数字孪生在建筑工程进度智能化管理中的研究[J].土木工程信息技术,2025,17(6):78-82.
- [3] 邓爱华.BIM与物联网结合技术在桥梁施工过程中

的应用[J].科技创新与应用,2023,13(7):177-180.

- [4] 郭宇杰,郭伟.“BIM+智慧工地”在档案馆新建工程项目中的创新应用[J].土木建筑工程信息技术,2025,17(5):49-53.
 - [5] 朱心怡,陈艳伟.数字化技术在土木工程施工中的应用[J].中国住宅设施,2025,(6):220-222.
- 作者简介:聂建庭(1987.10—),毕业院校:广西科技大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:三江侗族自治县建设工程质量检测室,职务:专项技术负责人、检测组组长,职称级别:中级。