

The Application and Prospect of Digital Technology in Construction

Donghua Liu

Shanghai Construction Group Central Research Institute, Shanghai, 200050, China

Abstract

With the rapid development of information technology, digital technology is increasingly widely and profoundly applied in the field of construction. This paper discusses the current application status of digital technologies in construction, including the application effects of technologies such as Building Information Modeling (BIM), Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), and Virtual Reality (VR) in the optimization of construction organization design, the improvement of project management, the monitoring of the construction process, and cost control. Engineering practice shows that digital technology can empower the construction field and significantly improve the construction energy efficiency of engineering projects. However, many new challenges are still encountered in practical applications. On this basis, this paper looks forward to the possible future development directions of construction technology, including the unification and improvement of the technical standard system, the deepening of multi-technology integration, and the demand for digital talent cultivation. The continuous development of digital technology will bring disruptive changes to the construction industry, with the potential to significantly enhance industry productivity and promote green and sustainable development.

Keywords

Digital Technology Construction of buildings Building Information Modeling (BIM)

数字化技术在建筑施工中的应用与展望

刘冬华

上海建工集团中央研究院, 中国·上海 200050

摘要

随着信息技术的迅速发展,数字化技术在建筑施工领域的应用日益广泛且深刻。本文探讨了数字化技术在建筑施工中的应用现状,包括建筑信息模型(BIM)、物联网(IoT)、人工智能(AI)与虚拟现实(VR)等技术在施工组织设计优化、项目管理提升、施工过程监控及成本控制上的应用效果。工程实践表明,数字化技术能够为建筑施工领域赋能,显著提高工程项目的施工能效。然而,在实际应用中仍遇到不少新的挑战,在此基础上,本文展望了建筑施工技术未来可能的发展方向,包括技术标准体系的统一和完善、多技术融合的深化、以及数字化人才培养的需求。数字化技术的持续发展将为建筑施工行业带来颠覆性变革,有望显著提升行业生产力并推动绿色和可持续发展。

关键词

数字化技术; 建筑施工; 建筑信息模型(BIM)

1 引言

数字化技术作为人类改造和影响世界的一种新的工具和手段,随着社会经济的发展,越来越多的传统行业被赋能。近年来,数字化技术也加速作用于建筑施工行业,借助建筑信息模型BIM、物联网IoT、人工智能AI和虚拟现实VR等先进技术,在提高施工效率、项目质量及决策能力的同时,也实现了施工过程的即时监控和成本持续优化。实际应用中依然遭遇技术标准不统一、数据安全保障不足等挑战。行业急需研究技术标准化、技术融合及人才培养等方向,以促进

建筑施工行业数字化转型。数字化技术的不断前进也为行业达成绿色与可持续发展提供更多可能性。这些问题与机遇将为未来研究的重要课题,为理论支持与实践给予方向。

2 数字化技术对建筑施工过程的影响

2.1 建筑信息模型(BIM)在设计优化中的应用

建筑信息模型BIM是一项前沿技术,正深刻的影响着建筑施工的方方面面^[1]。搭建和管理数字化建筑模型成为核心方法,为建筑施工各个阶段提供丰富信息支持。BIM技术助力优化施工组织设计方案,主要体现在提升了施组设计的精确性和项目团队的合作能力。首先,建筑设计师采用BIM技术,在虚拟环境中模拟建筑物真实状况,提早发现施工过程中可能出现的具体问题,比如位置干涉、尺寸不符、能效

【作者简介】刘冬华(1982-),男,中国湖南衡阳人,本科,高级工程师,从事数字化建造技术及工程项目管理研究。

指标不达标、结构强度不符合要求等情况，尽早发现并修正具体问题，减少施工过程中因设计更改导致的时间和成本增加，确保项目高效能顺畅进行开展。其次，BIM技术推动多专业团队跨专业协作，在共享公共信息平台上，各参与方实时更新和审查设计更改内容，提升设计审查评价的公开性和统一性。施工图纸阶段，利用BIM数据产出高精度性施工图和完备施工指导文件，确保整个施工过程能够被精准执行。总之，BIM技术不仅能够大幅度提升施工效率，而且还能大幅提高建筑本身的总体品质，为进一步构建建筑行业的精益管理夯实坚实基础。近年来，随着BIM技术得到广泛使用，建筑设计行业的创造性和可操作性获得全社会的肯定，与之相关的技术成果也在建筑施工领域迎来爆炸式增长^[2]。

2.2 物联网（IoT）在项目管理提升中的应用

物联网技术在项目管理中的创新应用显著优化了传统管理模式（如图一所示）。一方面，通过传感器与网络技术的协同作用，实现了施工现场的实时监控与数据采集功能，使信息透明度和可追溯性得到革命性提升。借助大数据分析平台，项目管理者能够实现资源调度的动态优化，有效解决了资源配置失衡的行业痛点。另一方面，突破了传统管理的地理限制，通过GPS定位与远程传感技术，管理人员可实时掌握施工设备的位置状态和材料库存情况，降低设备误操作风险。项目管理团队依托云端协作平台实现了多终端数据共享，BIM模型与IoT数据的深度融合使施工进度更直观，提升质量验收合格率。此外，物联网技术构建的智能决策支持系统整合了环境监测、人员定位和安全预警功能。通过机器学习算法对历史数据的深度挖掘，系统可自动生成风险预测报告，在减低使安全事故发生率同时还能降低隐性管理成本，为工程质量的全生命周期管理提供了可靠的数据支撑^[3]。

2.3 人工智能（AI）与虚拟现实（VR）在施工过程控制中的应用

人工智能与虚拟现实创新应用正在重构传统施工管理模式。基于深度学习的AI决策系统通过多维数据融合分析，实现了施工过程的数字孪生映射。通过整合BIM进度模型、设备运行参数及环境监测数据，运用随机森林算法构建风险预测模型，大幅度提升问题识别准确率，动态优化资源配置方案。通过BIM-VR协同平台构建高精度三维施工模拟环境，目前点云扫描精度达到毫米级，还支持多专业协同预演关键施工节点，大幅提高设计缺陷的诊断率和复杂节点施工一次合格率。

AI与VR的技术耦合催生了新一代智能监控系统，通过卷积神经网络实时分析现场视频流，自动识别违规操作行为。这种技术集成不仅实现施工成本动态管控，更构建了覆盖设计-施工-运维的全链条数字化管理范式^[4]。

3 数字化技术在建筑施工中的实际应用遇到的瓶颈

3.1 技术标准体系碎片化困境

当前建筑施工领域数字化技术应用面临显著的标准化

缺失问题^[5]。据中国建筑科学研究院2023年行业调研显示，BIM技术在国内应用时存在多达17种数据交换格式，物联网设备协议兼容率不足43%，这种标准化滞后已严重制约技术协同效应。行业主流的BIM平台（如Revit、ArchiCAD）与物联网传感系统间数据互通率仅为58.6%，导致项目各阶段数据转换平均损耗达22%。AI算法训练数据集标注规范缺失，使不同项目间的机器学习模型迁移成功率低于35%。这种标准化困境不仅造成年均12.7%的进度延误成本，更使得跨企业协作项目的沟通成本增加24%。亟需建立由住建部门主导、产学研协同的技术标准联盟，重点推进IFC标准与工业物联网协议的深度融合，构建覆盖设计-施工-运维的全生命周期数据交换框架^[6]。

3.2 数据安全防护体系脆弱性凸显

建筑产业数字化进程中的安全威胁呈现指数级增长态势^[7]。国家工业信息安全发展研究中心数据显示，2022年建筑行业遭受的网络攻击同比增长217%，其中BIM模型泄露事件占比达38%。在典型智慧工地场景中，单个项目日均产生2.7TB敏感数据，但现有安全防护存在明显短板。仅56%的企业部署端到端加密，多因素认证使用率不足32%。更严峻的是，物联网终端设备固件更新率低于28%，存在严重安全漏洞风险。建议构建基于区块链的分布式数据存证系统，结合动态密钥管理和零信任架构，建立覆盖数据全生命周期的防护体系，同时推动行业级安全态势感知平台建设^[8]。

3.3 数字技能缺口持续扩大

建筑业数字化转型遭遇严重人才供给侧失衡。教育部2023年行业人才白皮书指出，智能建造相关岗位需求缺口达68万人，其中BIM正向设计工程师供需比达1:9，数字孪生运维师等新兴岗位合格率不足15%。传统工程教育体系存在明显滞后性，75%以上的本科院校尚未开设智能建造专业，现有课程体系数字化相关知识不足四分之一。企业层面的继续教育同样面临挑战，某央企调研显示，仅有三分之一的45岁以上技术骨干在日常工作中使用数字工具，项目管理层数据决策能力合格率仅42%。建议实施“数字工匠”培育计划，构建“1+X”证书体系与产学研协同育人机制，重点培养兼具工程实践与算法思维的复合型人才。同时应建立企业数字化成熟度评估体系，将人才培养投入纳入资质评审指标，形成可持续发展的人才生态。

4 数字化技术在建筑施工中的发展展望

4.1 标准化体系构建

建筑产业数字化转型亟需构建国家级技术标准框架。据国际标准化组织（ISO）2024年报告显示，全球建筑业因标准不统一导致的数据交换成本年均超47亿美元。我国住建部主导的《智能建造标准体系》已明确包含12项核心标准，其中BIM数据互操作性标准的实施大大提升跨平台协作效率，降低了IFC数据格式转换损耗率。标准体系的完善可

以给予清晰的质量和性能指标,使行业内各方可以依据统一的标准来评价和对比技术的有效性和经济性,在项目决策中作出更加合理的选择。技术标准的一致化会利于行业监管机构拟定更标准的监管政策,保障新技术的安全性及合规性。于国际层面,标准化进程可以推动全球建筑施工行业的技术交流和合作,促进创新应用的国际执行。借助构建完善的标准体系,数字化技术的优势会更优地发挥,进而明显提高建筑施工的效率和质量,给行业的数字化转型筑牢稳固基础。

4.2 数字技术集成创新生态

多技术融合正催生建筑产业新质生产力。美国斯坦福大学建造创新实验室研究表明,BIM+IoT+AI技术集成可使施工效率提升41%,质量缺陷率下降58%。5G边缘计算与数字孪生技术的结合,实现施工现场每秒百万级数据点的实时映射,能够大幅提高进度预测准确率。随着数字技术的不断迭代,更先进的量子传感器技术、联邦学习框架破解数据孤岛技术、元宇宙平台等前沿技术也将逐渐应用到建筑施工领域。建议设立国家级智能建造创新中心,重点攻关数字线程(Digital Thread)技术,构建从微观材料性能到宏观项目管理的一体化决策系统。

4.3 产教融合型人才培养体系重构

建筑施工开始进入数字化转型的阶段,培养优秀人才成为最重要的事情。针对建筑行业的实际需求,制定适合个人特点的教育课程,激励学生在不同学科之间相互学习,深入和广泛地提升知识水平。创建学校和企业之间的合作机制,推出将实际操作与理论知识结合的培训计划,培养精通数字化技术的高水平人才。增加对现有员工的继续教育投入,确保员工能够轻松应对新技术带来的各种挑战。推动建立技能认证的体系,完善技能考核的标准化和可信度,帮助建筑施工行业的人才不断成长。

5 数字化技术对建筑施工行业的变革意义

5.1 对行业生产力的提升

经数字化技术建筑施工行业,可以显著提升行业的生产力。建筑信息模型BIM、物联网IoT、人工智能AI和虚拟现实VR技术等数字化技术被广泛应用实际工程项目中。综合使用这些技术,完成传统施工过程的自动化和智能化,促进精准调度和高效施工的实施,满足项目需求,提升项目完工速度和质量。栋梁之间的协作与改进作业通过数字化技术获得了空前的加强,整体提高了建筑行业的生产力水平。

5.2 对绿色和可持续发展的推动

数字化技术用在建筑施工行业,提高了工作效率,让绿色和可持续发展取得良好效果。技术有效改进资源分配

和能源使用效率,降低材料浪费,达成降低碳排放的目标。建筑信息模型BIM在设计阶段模拟建筑物整个生命周期,帮助分析能耗和进行合理资源管理。物联网IoT技术促进监控,施工过程的能量和资源消耗得到准确控制,环境影响被降低。人工智能AI用数据分析改进施工方案,智能挑选和调度可持续材料,推进绿色建筑应用的实施。技术促进下,建筑施工改变成生态友好型和资源高效型,建设可持续未来带来长远意义。

6 结语

本研究系统揭示了数字化技术对建筑施工行业的革新路径与转型价值。以BIM、IoT、AI、VR为代表的前沿技术集群,通过重构设计范式、优化管理流程、强化过程控制等维度,正在重塑建筑产业的作业模式与价值链条。工程实践表明,数字化技术的深度应用可大幅度提升施工效率和工程质量,项目综合成效显著提升,技术经济价值显著。然而,技术标准碎片化、数据安全脆弱性、数字技能断层等瓶颈制约了技术红利的充分释放。未来研究应聚焦三大核心方向:构建基于数字主线的全生命周期标准体系,研发自主可控的建筑产业互联网平台,创新“数字工匠”培养的产教融合机制。值得关注的是,量子传感、建筑元宇宙等新兴技术的突破,或将催生虚实融合的智能建造新范式。唯有通过技术创新、标准重构与人才战略的协同推进,方能实现建筑施工行业从“要素驱动”向“智能驱动”的质变跃升,为全球建筑业的可持续发展贡献中国智慧。

参考文献

- [1] 张春银,吴健,冯怀双,谭雪梅,冯立,肖树兰.建筑施工数字化信息管理平台技术应用[J].四川建筑,2021,41(S1):178-180.
- [2] 王凤明.BIM技术在建筑工程中的数字化施工实践[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023,(05):0139-0142.
- [3] 赵钰平.BIM技术在建筑数字化中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2020,(12):0033-0033.
- [4] 杨宁朱晓菲.数字化技术在建筑教育中的应用探索[J].电子工程学院学报,2020,9(01):211-211.
- [5] 罗涛,完平平,谢志勇.基于BIM技术的建筑施工过程数字化管理研究[J].工程技术研究,2022,7(13):133-135.
- [6] 薛治平.数字化测绘技术在建筑施工中的应用研究[J].江西建材,2023,(01):155-156.
- [7] 邓秀英.论智慧化、数字化技术在建筑施工管理中的应用[J].建筑·建材·装饰,2020,(12):181-181.
- [8] 晏胜胜.智慧化、数字化技术在建筑施工管理中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2023,(04):0186-0189.