

基于智能建造技术的装配式建筑质量管理优化研究

陆梦君, 潘尤熙, 沙明睿, 杨 灿, 丁诗涵

常熟理工学院 江苏常熟

【摘要】随着建筑行业的快速发展,传统的建筑质量管理方法已无法满足现代工程项目的需求。本文致力于探索如何运用智能建造技术来解决装配式建筑工程质量管理中遇到的挑战,旨在通过技术创新提高工程项目的质量标准和生产效率。研究针对传统施工模式下常见质量问题提出了智能建造优化方案。通过将相关数据传输至数字管理平台进行汇总、分析和预测,实时监控并评估工程质量,实现施工效率与项目质量的双重提升。

【关键词】质量管理;智能建造;无损检验技术

【基金项目】2024 年常熟理工学院大学生创新创业训练计划项目“基于智能建造技术的质量管理优化研究”(项目编号: XJDC2024194)

【收稿日期】2024 年 12 月 12 日

【出刊日期】2025 年 1 月 20 日

【DOI】10.12208/j.ace.20250006

Research on quality management optimization of prefabricated buildings based on intelligent construction technology

Mengjun Lu, Youxi Pan, Mingrui Sha, Can Yang, Shihan Ding
Changshu Institute of Technology, Changshu, Jiangsu

【Abstract】 With the rapid development of the construction industry, traditional methods of building quality management can no longer meet the needs of modern engineering projects. This paper aims to explore how intelligent construction technology can solve the challenges encountered in the quality management of prefabricated building projects, with the goal of improving the quality standards and production efficiency of engineering projects through technological innovation. The study proposes intelligent construction optimization solutions for common quality problems in traditional construction modes. By transmitting relevant data to a digital management platform for aggregation, analysis, and prediction, real-time monitoring and evaluation of project quality can be achieved, leading to a dual improvement in construction efficiency and project quality.

【Keywords】 Quality management; Intelligent construction; Nondestructive testing technique

1 引言

建筑业是我国国民经济的支柱产业,但其碎片化、粗放式发展模式带来的产品性能欠佳、生产效益低下、资源消耗巨大、环境污染严重等问题依旧突出,与国外发达国家相比,我国建筑业的科技创新尚处于起步阶段,因此迫切需要将创新放在建筑业成长的核心位置^[1],特别是要聚焦于以智能管理为代表的技术创新和应用的发展,并将其作为突破口,全

方面增强中国建筑业的创新能力和竞争力。

近年来,随着科技的进步,智能建造技术作为引领建筑行业发展的驱动力,通过应用智能化系统,信息共享和协同管理的模式,优化资源利用方案,提高现场施工效率,以减少质量问题和返工。

2020 年住建部发布的《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》中第一次提到了智能建造这一领域,智能建造是以土木工程为基础,数

第一作者简介:陆梦君(2002-)女,汉,江苏无锡,研究方向:智能建造技术,常熟理工学院工程管理专业本科在读。

字化、智能化升级为动力,融和了机械设计制造、电子自动化、工程管理等专业的复合型应用技术。《“十四五”建筑业发展规划》提出要加快智能建造与新型建筑工业化协同发展,助推建筑工程标准化、数字化、绿色化转型升级,实现建筑业转型升级和持续健康发展,走出国门,迈入智能建造世界强国行列。

2 国内外研究现状

2.1 国内研究现状

针对如何合理运用智能建造技术,打造智慧城市,国家陆续出台了一系列政策,2022年住建部发布的24个智能建造试点城市名单标志着我国在智能建造领域迈出了重要一步,这不仅为技术验证和推广提供了实践平台,也为其他地区的智能建造发展提供了宝贵经验。

闵锐将扎根理论和AHP层次分析法相结合,从人员、机械、物料、方法和环境五个方面入手,总结出了对装配式建筑质量影响程度最大的若干因素,围绕研究数据提出了多条具体实施措施^[2]。窦慧娟和李新乐针对装配式建筑由于信息传递不通畅所引发的质量问题进行分析,利用BIM搭建的共享平台,从项目立项、设计、施工、安装及运营维护等环节入手,提出装配式建筑精益化质量管理的应对策略和具体管控措施,为装配式建筑质量管控提供了新思路^[3]。然而,目前国内的研究也面临着一些挑战,智能建造技术涉及多个领域,要求从业者拥有相应的专业能力,将这些技术进行深度融合并应用到实际工程中,但是行业内缺乏可以运用多种技术的复合型人才,不同领域的技术标准和接口亦存在差异,容易导致系统集成难度提升,使得技术整合与应用变得复杂。国内建筑行业长期以来的传统质量管理体系和建造模式相对落后,一线工人对新技术的了解不够充分,且在实际操作中对于智能建造技术的掌握和应用能力存在一定的局限性,这在一定程度上制约了智能建造技术的发展和推广。

2.2 国外研究现状

国外学者对智能建造技术进行了深入研究,BucchiaroneA等应用物联网技术,实现了工程要素的互联互通。这种技术的引入,使得施工过程中的各个环节能够紧密配合,提高了施工的智能化程度,为项目管理提供了更加便捷和高效的方式^[4]。RossiA等通过在施工机械上安装智能传感设备,成功构建

了智能化施工机械,实现了对其运行状态的实时评估。这种技术的应用,不仅提高了施工机械的使用效率,还降低了故障率,为施工过程中的安全和效率提供了有力保障^[5]。

目前国外已经广泛运用的智能建造技术有激光扫描技术、BIM技术、信息化管理技术。以激光扫描技术为例,用其来追踪建造活动并实施建筑尺寸的质量控制,通过高精度激光扫描设备获取建筑现场的实际3D点云模型,与设计模型对比评估误差。当前,BIM技术在全球范围内的多维度研究已经进入新的阶段,尽管BIM技术在建筑全生命周期内的应用展现出巨大潜力,但缺乏统一的标准规范成为了制约其进一步发展的关键因素。为了实现智能建造技术在建筑行业的进一步发展,引领建筑行业迈向更加高效、智能的未来,各国制定了符合其发展的统一规范。

3 传统施工模式下常见质量问题

3.1 预制构件进场检验效率低

在装配式建筑中,预制构件在运输过程中会因某些不规范操作导致构件自身有破损,需要进行专业的质量验收才能进场使用。传统验收方式主要检查是否有肉眼可以看到的缺陷,检查预制构件所用混凝土是否出现裂纹从而影响使用。预制混凝土外墙板构件有着体积大、自重大的特点,人工质量验收会出现耗时耗力、验收不全面、效率低下的问题。因此,运用无损检验技术可以减少检验过程出现的损害,从而对产品进行质量控制。

3.2 现浇构件质量检测不全面

目前在装配式建筑中,有叠合楼板、基础、柱等现浇构件,常用的传统现浇构件质量检测方法有取样检测法、试块法、超声波检测法等。其中,取样检测法选择现浇构件的关键受力部分或易出现质量问题的部位进行取样,通过检测仪器分析评估构件质量是否合格;试块法则是通过选取构件的关键部位制作混凝土试块,养护期结束后对试块进行抗压强度、抗折强度等性能检测,这些检验数据能间接评估现浇构件的质量;超声波检测法的原理是利用超声波在混凝土中的波幅或频率值的变化来确定异常测点的位置,进而判断混凝土内部是否存在质量问题,如空洞、疏松、裂缝等。取样检测法会直接损害构件完整性,试块法无法代表整个构件的混凝土质

量以及其实际强度, 超声波检测法则因高昂成本及低效流程而受限。

3.3 传统测绘技术存在局限性

在施工现场, 项目成员往往通过相对传统的设备和方法对场地进行勘察和测绘, 但传统测绘通常需要大量的人力投入并依赖自身操作和判断, 无法保证其测绘的精度和准确度, 对于大范围、高精度的测绘需求, 传统方法往往难以胜任。同时, 传统测绘方法的数据采集和处理工作较复杂, 自动化程度较低, 测绘过程中还会受到设备、经验、天气等诸多因素干扰, 这会在一定程度上影响工作的效率和统一性。传统测绘技术只能对建筑物的外观和明显部位进行测量, 对于建筑物内部的隐蔽问题, 如结构裂缝、钢筋锈蚀、保温材料分层等, 难以直接检测, 这可能导致潜在的质量问题被忽视。

4 运用智能建筑技术的解决方案

4.1 运用无损检验技术对预制构件进场进行质量验收

运用 BIM 技术与三维激光扫描相结合的方法代替人工进行质量验收, 加入数据云计算后可以快速得出构件是否存在缺陷、是否可以投入使用等问题

的答案。

三维激光扫描系统由三维激光扫描仪、支架系统、电池供应系统以及附件设备等组成。在扫描的过程中, 利用三维激光扫描仪的垂直和水平马达传动装置完成对物体的全方位扫描, 获得被测物体的整体点云数据。通过 BIM 模型和三维激光扫描点云模型之间的对比及转换, 达到精准检测设计、降低误差的目的。

根据各个预制构件图纸建立精确的 BIM 模型后, 将多站点三维激光扫描获得的点云数据导入至处理软件中进行预处理, 包括点云降噪、拼接等, 进而生成满足要求的点云模型, 再通过质量检测软件对每个预制构件的 BIM 模型和点云模型进行碰撞分析, 检测各部位误差, 生成误差报告^[6]。

误差报告将上传至数字管理平台, 平台记录每个构件误差较大的位置和数值, 并运用云计算分析误差是否在合理范围内, 若误差在合理范围之外, 构件无法进场使用, 平台将在质量管理模块发出提示, 记录并向相关人员提供错误详情, 直至各方协商并解决问题; 若误差在合理范围内则可进场使用认定预制构件合格 (见图 1)。

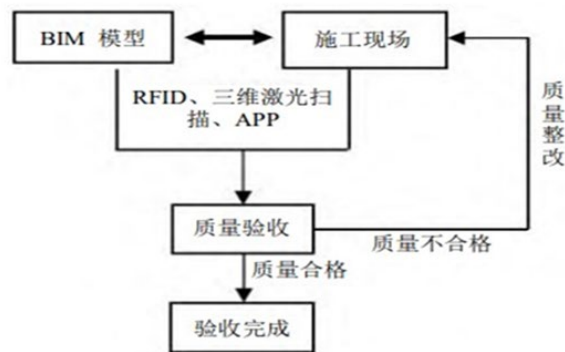


图 1 检验流程

4.2 运用应力片对现浇构件进行全过程质量监测

运用在现浇构件中植入应力片的方法来监测与评估其结构性能与质量。相较于传统检测方法, 应力片具有体积小、成本低、电池续航能力强、信号传输功能好的特点。在现浇节点部位植入应力片后, 实现对其性能的实时监测和数据分析, 应力片可被用来监测各个构件之间的连接处、关键受力部位以及可

能出现应力集中的区域。

(1) 应力片信息植入数字管理平台

在平台上设置“添加”、“修改”和“导出”三个按键, 用于写入应力片的信息如编码, 材质, 尺寸等, 修改并标记错误的写入信息, 导出至 Excel 表格方便现场核对。

(2) 应力片预埋

确保应力片埋放的位置与混凝土之间有足够的

接触面积,进行混凝土浇筑和固化时,混凝土充分填充,并与周围的构件紧密连接。

(3) 数据采集系统

利用应变仪、应力片感应器、数据采集器和数据

传输设备,确保系统能准确读取应力片中的数据的同时将信息传输平台上,如出现应力片读写异常或状态异常,暂停检测,平台也会记录异常情况直至恢复正常(见图2)。

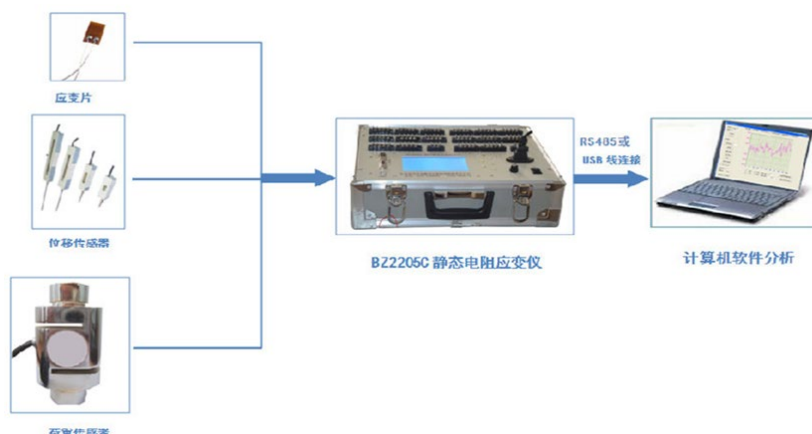


图2 应力片数据采集过程

(4) 数据监测与分析

通过加载设备对混凝土施加压力或负荷,记录应力片的应变值变化,得出混凝土的应力-应变曲线。运用数据分析软件得到现浇节点的受力状态、性能退化趋势等。出现质量问题时,平台直接定位到具体构件做出标记并反馈。

此外,通过研发供应商应力片登记系统、生产企业应力片读写端、监理现场应力片读写端,使应力片读写系统与数据管理平台实现对接,进行实时记录与追踪,提高构件质量合格率^[7]。

4.3 运用无人机巡检技术对施工现场进行质量管理

无人机在进行空中测绘作业时,通过搭载高分辨率的相机、激光雷达等传感器,获取地面高精度、高清晰度的影像和数据。相比传统的人工测绘方式,无人机测绘可以缩短测绘周期,能够拍摄到建设工程项目现场的隐蔽角落,以保证测绘数据的精确性和完整性,同时实时采集的数据能够快速传输给工程师团队,缩短决策时间,提高响应速度。无人机利用红外热成像技术能够直观地显示建筑物的热量分布情况,揭示建筑物内部因材料性质、结构缺陷而产生的热量差异,为构件检测、能效评估及故障排查提供了强有力的支持,可以及时发现建筑物存在的保温材料分层、空鼓、脱粘等问题。此外,红外热成像技术还可以检测建筑物地漏水渗水问题以及腐蚀损

伤问题,从而及时处理出现的问题。

智慧工地系统同步接入无人机,对紧急问题也可以通过无人机实时直播,利用无人机的夜视、照明、喊话等功能指挥调度交通,使项目真正实现“智能建造”数字化升级。

5 结论与展望

随着技术的进步、客户个性化需求增加、传统劳动力减少,我国建筑行业正在从传统手工作业模式迈向自动化和信息化并重的智能化模式,智能建造技术的应用推动了这一转变。本文从智能建造技术相关概念以及研究现状出发,针对预制构件施工和水平现浇结构施工过程中的问题,提出基于智能建造技术的优化解决方案,实现施工过程智能化,达到降低施工成本、提高质量管理效率的目的。

未来,为了有效推进智能建造技术的应用与发展,我们需要紧密结合国家智能建造领域制定的相关标准和规范,构建一套系统化、标准化的管理体系。同时将产品的全生命周期管理纳入智能化监管范围,优化资源配置,提升管理人员的综合素质,以便更好地适应智能制造发展需求,促进我国智能制造持续健康的发展^[8]。

参考文献

- [1] 陈珂,丁烈云.我国智能建造关键领域技术发展的战略思考[J].中国工程科学,2021,23(04):64-70.

- [2] 聂子翔.装配式建筑工程质量影响因素及改进策略研究[D].中国矿业大学, 2023. DOI:10.27623/d.cnki.gzkyu.2023.001307.
- [3] 刘全昕.基于精益建造的 EPC 装配式工程项目质量管理研究[D].吉林建筑大学, 2022. DOI: 10.27714/d.cnki.gjljs.2022.000097.
- [4] Rossi A, Vila Y, Lusiani F, et al. Embedded smart sensor device in construction site machinery [J]. Computers in Industry, 2019, 108: 12–20. Bucchiarone A, De Sanctis M, Hevesi P, et al. Smart construction: Remote and adaptable management of construction sites through
- [6] IoT [J]. IEEE Internet of Things Magazine, 2019, 2(3): 38–45.于欣洋,廖维张.BIM 与三维激光扫描在装配式构件误差检测中的应用研究[J].[2024-08-11].
- [7] 辜壮群,柏啸.广州市水务工程混凝土管质量监管系统的研发与推广应用[J].工程质量,2019,37(05):7-10+15.
- [8] 伍珊.基于智能制造的产品质量管理改进的探索[J].现代工业经济和信息化,2023,13(07):321-324. DOI: 10.16525/j.cnki.14-1362/n.2023.07.109.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS