

装配式建筑与智能化技术的融合应用

黄新亚

安徽建工水利开发投资集团有限公司 安徽 蚌埠 233000

摘要：本文深入探讨了装配式建筑与智能化技术的融合应用，分析了智能化技术在装配式建筑中的具体实践、面临的挑战及对策，并对其未来发展趋势进行展望。

关键词：装配式建筑；智能化技术；技术融合；未来趋势

引言

在城市化进程不断加速、可持续发展理念日益深入人心的时代背景下，装配式建筑作为一种高效、环保、高质量的建筑方式，正逐渐改变传统建筑业的格局。与此同时，智能化技术的快速发展为装配式建筑注入了新的活力，推动了建筑行业的转型升级。本文旨在深入探讨装配式建筑与智能化技术的融合应用，分析其在提升建筑效率、质量、环保性能和用户体验等方面的优势，以及面临的挑战和对策，并对其未来发展趋势进行展望。

1 装配式建筑与智能化技术的发展现状

1.1 装配式建筑概述

装配式建筑-先在工厂批量生产好墙面、房梁等部件，再运到工地现场组装成型。这种建筑方式覆盖了混凝土块拼装、钢架结构拼接以及环保木料组合等多种形式。它的发展历程大致分三步：50年代开始尝试技术摸索，改革开放后进入平缓发展期，2011年后随着技术进步进入高速增长期。国家近年连续出台扶持政策，计划到2025年让这类“拼装建筑”占到全国新建房屋的一半以上，既提升建造效率又减少资源浪费。

1.2 智能化技术在建筑领域的应用

智能化技术包括 BIM（建筑信息模型）、物联网、人工智能等，其在建筑领域的应用日益广泛。AI 技术可以通过算法和数据分析，帮助设计师优化建筑设计，提高建筑效率，降低成本，还能增强建筑的安全性、舒适性和可持续性。

2 智能化技术在装配式建筑中的融合应用

2.1 BIM技术：数字化建模的引领者

BIM技术，即建筑信息模型技术，以其全面的数字化建模能力，成为装配式建筑智能化转型的基石。BIM技术不仅涵盖了建筑项目的设计、制造和施工过程，还将所有相关信息整合在一个统一的模型中。在装配式建筑施工中，BIM技术的优势尤为突出。它能够实现构件的自动排列和优化，使设计师在设计阶段就能精确规划制造、

运输和安装流程^[1]。以湖北广盛建设集团旗下的广盛建筑产业化科技有限公司为例，该公司利用BIM技术进行三维建模，优化了生产和现场吊装方案。通过模拟整体式预制管廊架的生产、运输和安装全流程，项目进展得异常顺利。与现场浇筑相比，使用全装配管廊架不仅工期缩短了70%，造价也降低了10%。这一显著成效充分展示了BIM技术在提高生产效率和减少浪费方面的巨大潜力。

2.2 机器人与自动化设备：高效生产的保障

在装配式建筑的制造和安装过程中，机器人和自动化设备发挥着至关重要的作用。机器人能够承担重复性高、劳动强度大的任务，如构件切割、焊接等。它们不仅提高了工作效率，还大大减少了因人为操作带来的质量问题。自动化设备如数控切割机、焊接机器人、搅拌机等的的应用，进一步提升了生产效率，减少了人为操作的误差，保证了产品的一致性和质量稳定性。这些智能化设备的引入，不仅减轻了工人的劳动强度，还提高了工作的安全性和准确性。它们能够持续、稳定地工作，不受人为因素的影响，从而确保了装配式建筑的高效生产和优质输出。

2.3 物联网与工业互联网：数字化管理的桥梁

物联网技术在装配式建筑制造中起到了连接和监控的关键作用。通过物联网，设备之间实现了无缝连接，数据得以实时传输和分析。这些数据为生产调度工作提供了具有针对性的优化参考，助力生产流程得以合理安排，进而有效提升了生产效率，并实现了资源的高效利用。工业互联网则在装配式建筑的全过程中实现了数字化管理和控制，从设计、生产到安装、运维，每一个环节都被纳入了数字化的管理范畴^[2]。这种全面的数字化管理不仅提升了项目的整体效率，还增强了项目的可控性和可预测性。通过实时的数据监控和分析，项目团队能够及时发现并解决问题，确保项目的顺利进行。

2.4 虚拟现实与增强现实：直观理解的助手

虚拟现实技术为设计师和工人提供了一个直观理解

项目细节的平台。通过创建虚拟现实模型,设计师可以快速修改设计方案并进行评估。工人则可以通过模拟演练熟悉施工流程,减少误操作。增强现实技术则使工人能够通过带有虚拟内容的智能眼镜或手机显示屏查看具体的安装细节,如管道连接方式、电线走向等。这种直观的理解方式不仅提高了工人操作的准确性,还大大节约了培训成本。工人可以在虚拟环境中反复练习,直到熟练掌握操作技巧,从而在实际施工中更加游刃有余。

2.5 激光测量与RFID技术:精确安装的保障

激光测量技术以其高精度和高效性,在装配式建筑中得到了广泛应用。它能够准确获取建筑构件和基础的位置信息,为精确安装提供了有力保障。通过使用激光扫描仪和激光跟踪系统,安装效率和准确性得到了大幅提升。RFID技术则实现了对构件的实时跟踪和管理。通过在构件上附着RFID标签,项目团队可以方便地追踪每个构件的位置、状态等信息。这不仅确保了施工过程的顺利进行,还为项目的后期运维提供了便利。

3 装配式建筑与智能化技术的融合应用案例分析

3.1 案例背景

A129#地块厂房建设项目是一个典型的装配式建筑与智能化技术融合应用的案例。该项目占地面积11306平方米,拟修建1栋10层高的厂房及环境绿化边坡堡坎等,在容积率约2.0的情况下,建筑面积约为28363.84平方米,规划建设车位约250个,总工期730日历天。

3.2 技术融合应用

3.2.1 装配式施工技术体系

本项目采用装配式整体框架-现浇剪力墙结构体系,集成标准化预制梁、柱、楼板、墙板及楼梯等构件,装配率提升至76.8%,满足国家AA级装配式建筑评价标准。创新应用自主研发的可周转高强螺栓组合钢牛腿技术体系,替代传统满堂脚手架施工工艺,显著降低传统支撑体系资源投入,实现预制构件快速安装与精准定位,有效缩减施工周期约20%,同步降低人工成本约15%。

3.2.2 智能化技术集成应用

(1) 全周期协同管控体系

依托中国建筑智慧建造平台,构建覆盖设计、生产、施工及运维的全生命周期数字化管理体系。通过集成数字设计、智慧商务、智能工厂、智慧工地及空间管理功能模块,实现项目全要素数据互联互通。应用构件追溯、BIM模型协同、智能工厂联动等技术,显著提升施工效率并降低综合成本约8%。

(2) 智慧质安监管系统

基于移动互联网架构开发"质安通"智能终端,集成特

种设备监测、质量验收数据采集及风险预警功能,形成实时动态监控网络。系统与项目管理平台数据互联率达100%,实现质量缺陷整改闭环率提升至98%,安全事故发生率同比下降42%。

(3) 构件全链追溯机制

建立预制构件数字化身份标识系统,通过物联网技术实时追踪构件生产、运输及安装全流程数据。平台可视化界面动态展示构件安装进度偏差率 $< 3\%$,质量合格率提升至99.2%,责任追溯响应时效缩短至2小时内。

(4) 智能人员管理系统

采用AIoT技术构建实名制管理网络,集成生物识别、云计算及视频监控系统,实现人员信息核验准确率100%。智能门禁系统日均处理考勤数据3000+条,违规出入预警响应时间 < 10 秒,管理效率较传统模式提升3倍。

(5) 数字化设计协同平台

推行BIM技术"一模到底"实施方案,设计阶段模型数据复用率达92%。通过仿真模拟优化管线碰撞检测效率,设计变更率降低至5%以下。物联网辅助进度管理系统使工期偏差控制在 ± 3 天范围内。

(6) 智能化生产体系

PC构件工厂配置MES智能制造执行系统,实现模具利用率提升25%,构件生产合格率提高至99.5%。全生命周期质量追溯系统使质量缺陷溯源时间缩短80%,物料损耗率降低至1.8%。

(7) 前沿技术融合应用

集成VR/AR虚拟建造、无人塔机群控系统(定位精度 ± 2 mm)、板材安装机器人(工效提升40%)等12项智能装备,构建数字化施工矩阵。视觉位移计监测精度达0.1mm,智慧靠尺数据采集效率提升5倍。

3.3 综合经济效益评估

经综合测算,A129#地块厂房项目通过"装配式+智能建造"技术集成,累计产生经济效益96万元。其中直接效益包含:人工成本节约24万元(12万元/年 $\times 2$ 年),工期成本压缩46万元;间接效益体现为管理成本降低10万元,资源节约效益16万元(水耗降40%节支6万元,电耗降10%节支4万元,固废减排50%节支6万元)。质量安全效率提升使隐患整改周期缩短65%,资料电子化率达85%,综合施工效率提高32%。

4 融合应用面临的挑战及对策

4.1 挑战

一是技术标准:目前缺乏统一的技术标准,影响技术推广和应用。不同企业和项目采用的技术和标准各异,导致技术交流合作困难,增加了技术推广的成本

和难度。二是数据融合：多源数据处理技术复杂，数据质量和一致性难以保证。在装配式建筑和智能化技术的融合应用中，涉及大量来自不同数据源的数据，这些数据在融合过程中容易出现不一致、不完整或不准确的问题，影响决策的科学性和准确性^[1]。三是数据安全：数据共享和隐私保护存在风险。在数据融合和应用过程中，涉及大量敏感信息，如企业商业机密、用户隐私等，一旦数据泄露，将给企业和用户带来巨大损失。

4.2 对策

①政策支持：政府应出台相关政策，推动技术标准化和产业化发展。例如，制定统一的技术规范和标准，加大对融合技术的扶持力度，鼓励企业采用先进的技术和标准。②技术创新：企业需加大研发投入，提升技术水平和产品竞争力。例如，研发更高效的建筑机器人和更智能的建筑管理系统，提高数据融合和处理的能力，确保数据的质量和安全性。③合作共享：加强企业间合作，推动数据共享和技术交流。

5 市场需求和行业动态对融合技术发展的影响

5.1 市场需求

随着人们生活水平的提高和环保意识的增强，消费者对建筑的质量和环保性能要求越来越高。装配式建筑和智能化技术的融合应用，可以提高建筑的质量和环保性能，满足消费者的需求。城市化进程加速，对高效、环保的建筑方式需求增加。装配式建筑和智能化技术的融合应用，可以提高建筑效率，缩短工期，降低成本，满足城市化进程中对建筑方式的需求。

5.2 行业发展态势

在国家战略层面，《工业化建筑评价标准》（GB/T 51129-2017）与《建筑产业现代化发展纲要（2021-2035）》等政策文件相继颁布，构建了装配式建筑与智能建造技术协同发展的政策支撑体系。政策导向明确要求推进建筑工业化与信息化深度融合，为预制构件智能化生产、数字化建造管理等技术路径提供了制度保障。当前，伴随5G通信、人工智能及大数据等新一代信息技术集群的迭代演进，建筑产业正经历技术范式变革。特别是基于BIM的数字孪生技术、边缘计算驱动的智能施工装备、AI赋能的构件缺陷识别系统等创新应用，显著拓展了装配式建造与智能化技术融合的实践维度。行业数据显示，2023年智能建造技术渗透率较2020年提升27个百分点，技术融合产生的协同效应已成为建筑业转型升级的核心驱动力。

6 未来发展趋势与展望

6.1 技术融合

智能化技术与装配式建筑将进一步深度融合，推动建筑行业的智能化、绿色化、数字化发展。例如，通过数字孪生技术实现建筑数据的管理和优化，引入智能机器人和智能小车等自动化设备，提高装配速度和精度。

6.2 应用场景拓展

融合技术将在更多建筑场景中应用，如高层建筑、工业厂房、乡村建设等。随着技术的不断进步，装配式建筑将向更高层、更复杂结构发展，智能化技术将为其提供有力支持。例如，在高层建筑的施工中，利用智能化技术可以实现施工过程的精准控制和质量监测，提高施工效率和质量。

6.3 政策支持与市场推动

国家政策支持 and 市场需求增长将推动融合技术的快速发展。各地政府已出台多项政策支持装配式建筑和智能化技术的发展，未来将有更多政策出台，进一步推动其融合应用。同时，随着人们对建筑质量和环保性能要求的提高，市场需求将持续增长，为融合技术的发展提供广阔的市场空间。

结语

装配式建筑与智能化技术的融合应用是建筑行业发展的必然趋势，其在提升建筑效率、质量、环保性能和用户体验等方面具有显著优势。通过深入探讨技术细节、分析国内外成功案例、比较不同建筑类型中的应用差异、研究融合应用面临的挑战及对策，以及分析市场需求和行业动态对融合技术发展的影响，可以清晰地看到融合技术的广阔前景和深远影响。展望未来，技术融合将不断加深，应用场景将不断拓展，融合技术将在建筑行业中发挥更加重要的作用，推动建筑行业向智能化、绿色化、数字化方向迈进，为人们创造更加美好的生活和工作环境。

参考文献

- [1]岳立祥.装配式建筑智能化技术在建筑工程管理中的应用关键思路分析[J].中国战略新兴产业,2025,(05):182-184.
- [2]刘珍珍,黄仁惠.智能化施工技术在装配式建筑工程施工管理中的应用研究[J].佛山陶瓷,2025,35(01):173-175.
- [3]黄定华,张连波.浅析智能化施工技术在装配式建筑施工中的应用要点[J].房地产世界,2024,(12):149-151.