

装配式房屋建筑工程质量控制技术管理研究

刘桃

广州昆山建筑工程有限公司, 广东 广州 510400

DOI:10.61369/ADA.2024050016

摘 要： 本文围绕装配式房屋建筑工程质量展开，阐述质量特性，提出应遵循科学性等原则构建质量管理体系，介绍 BIM 等关键技术助力质量控制，分析管理流程存在的问题，强调建筑信息模型深化应用等重要举措，探讨风险防控、质量预警及应急响应等内容，并指出未来研究方向。

关 键 词： 装配式房屋建筑工程；质量控制；管理机制

Research on Quality Control Technology Management of Prefabricated Housing Construction Project

Liu Tao

Guangzhou Kunshan Construction Engineering Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510400

Abstract： This paper focuses on the quality of prefabricated housing construction project, expounds the quality characteristics, proposes that the quality management system should be constructed according to the principles of scientificity, introduces the key technologies such as BIM to help quality control, analyzes the problems existing in the management process, emphasizes the important measures such as deepening the application of building information model, discusses the contents of risk prevention and control, quality early warning and emergency response, and points out the future research direction.

Keywords： prefabricated housing construction engineering; quality control; management mechanism

引言

《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》（2016年9月27日颁布）为装配式建筑发展提供政策指引。装配式建筑质量特性多元，其质量管理体系构建需遵循科学、实用等原则，多种关键技术的质量控制中发挥重要作用。然而，当前工程管理流程存在供应商协同、交界面管理等问题。深化 BIM 应用、建设物联网监测系统等措施可提升质量控制水平。同时，模块化施工风险、预制构件生产风险等需重点管控，还应构建闭环控制模型等。现有研究在智能算法应用有局限，未来数字孪生技术有望推动行业高质量发展。

一、装配式建筑质量控制理论体系

（一）装配式建筑质量特性分析

装配式建筑质量特性涵盖多个关键方面。模块化设计决定了建筑的整体布局与功能合理性，精确的模块尺寸、良好的互换性与通用性，可确保各部分高效组合，提高施工效率与质量^[1]。构件连接精度至关重要，它直接影响结构整体性。连接部位的误差若超出允许范围，会削弱结构传力性能，降低整体稳定性。而结构整体性是装配式建筑安全可靠的基础，从构件选材到安装工艺，都需保证结构在承受各类荷载时能协同工作，避免局部破坏引发整体失效。只有充分把握这些质量特性，对每个环节严格把控，才能有效提升装配式建筑的整体质量，确保其满足安全、适用等多方面的要求。

（二）质量管理体系构建原则

质量管理体系构建应遵循科学性原则，基于装配式建筑特点

及相关技术标准，科学设计管理流程与方法，确保质量管理措施符合工程实际与客观规律^[2]。实用性原则也不可或缺，体系要切实可行，能有效指导工程实践，针对构件生产、运输、安装等环节的常见质量问题提出实用的解决策略。系统性原则要求将装配式建筑质量控制视为一个整体，涵盖设计、施工、验收等各阶段，各环节紧密关联、协同运作。动态性原则强调质量管理体系应随工程进展与实际情况变化及时调整完善，如根据施工过程中的质量数据反馈，优化后续质量管理工作，以保障装配式房屋建筑工程质量。

二、现行质量控制技术与管理现状

（一）关键技术应用分析

在装配式房屋建筑工程质量控制中，多种关键技术发挥着重要作用。BIM 技术能够构建三维模型，对建筑结构、构件等进行可视

化模拟，提前发现设计及施工中可能出现的问题，如构件碰撞等，有效减少施工变更，提升工程质量^[9]。物联网监控系统借助传感器等设备，实时收集施工现场的温度、湿度、构件应力等数据，及时反馈异常情况，实现对工程质量的动态监控，确保施工过程符合质量标准。模块化生产设备则通过标准化的生产流程，保障构件的尺寸精度和质量稳定性，降低人为因素对构件质量的影响，为装配式房屋的整体质量奠定基础。这些关键技术从设计模拟、施工监控到构件生产，全方位助力装配式房屋建筑工程质量控制。

（二）管理流程现存问题

在装配式房屋建筑工程管理流程中，存在多方面问题。构件供应商协同方面，缺乏标准化的协同机制，导致各方在构件供应的规格、时间等方面难以精准对接，影响工程进度与质量^[4]。施工交界面管理上，没有统一的标准来明确不同施工环节间的责任与工作衔接，常出现施工工序混乱、质量问题互相推诿的情况。质量追溯体系同样缺乏标准化，从构件生产源头到施工现场的各个环节，信息记录不规范、不完整，一旦出现质量问题，难以快速准确追溯到问题根源，使得质量隐患不能及时有效解决，严重制约装配式房屋建筑工程整体质量提升。

三、质量控制技术管理创新路径

（一）数字化技术赋能

1. 建筑信息模型深化应用

在装配式房屋建筑工程中，建筑信息模型深化应用具有重要意义。借助 BIM 技术，能在设计阶段对各专业模型进行整合，精准开展碰撞检测。通过构建三维可视化模型，可直观呈现各构件之间的空间关系，提前发现如管道与结构梁冲突等潜在问题，避免施工阶段因设计失误导致的返工，有效控制质量与成本^[9]。在施工模拟方面，利用 BIM 技术能模拟施工流程与进度，分析施工方案的可行性，对复杂节点的施工工艺进行可视化展示，让施工人员更好理解施工要求，提前规划资源调配，确保施工过程顺利进行，从而保障工程质量。通过 BIM 技术的深化应用，实现对装配式房屋建筑工程质量的高效控制与精细化管理。

2. 物联网实时监测系统

在装配式房屋建筑工程中，物联网实时监测系统作为数字化技术赋能质量控制的关键一环，发挥着重要作用。借助各类传感器，如温湿度传感器、压力传感器等，可实时收集构件在生产、运输及装配过程中的各项关键数据，包括环境参数、受力情况等。这些数据通过传感器网络迅速传输至云平台，利用 RFID 技术对构件进行精准识别与定位，实现对构件全生命周期的质量追踪。系统能及时发现潜在质量问题，如生产过程中因环境温湿度异常可能导致的构件强度变化，运输过程中因颠簸造成的内部损伤等。通过物联网实时监测系统，管理人员可远程监控并及时处理问题，实现质量隐患的早发现、早干预，有效提升装配式房屋建筑工程的整体质量^[6]。

（二）协同管理机制创新

1. 供应链可视化平台建设

供应链可视化平台建设在装配式房屋建筑工程质量控制中至

关重要。该平台借助现代信息技术，实现从原材料采购、构配件生产到运输、现场装配等全供应链环节的信息实时展示。通过此平台，能实时监控供应商的生产进度、产品质量等关键指标，确保构配件及时供应且质量达标。同时，利用物联网、大数据等技术收集和分析供应链数据，如运输过程中的环境数据对构配件质量的影响等，为质量控制提供数据支撑。另外，可视化平台还促进了各参与方之间的信息共享与沟通，使得问题能及时发现并解决，有效减少因信息不畅导致的质量问题^[7]。

2. 工程质量闭环控制模型

构建工程质量闭环控制模型是装配式房屋建筑工程质量控制技术管理创新的关键环节。该模型借助开发的区块链融合技术实现质量数据共享与问题追溯，从而形成闭环管理。通过实时收集装配式房屋从构件生产到现场安装各环节的质量数据，并利用区块链的不可篡改特性确保数据真实可靠。当出现质量问题时，依据区块链存储的数据快速追溯到问题源头，如特定构件生产厂家、具体施工环节等。对问题进行分析整改后，将结果反馈至数据系统，更新质量数据，形成从质量监测、问题发现、原因追溯到整改反馈的完整闭环^[8]。这种闭环控制模型不仅提升了质量问题处理效率，更通过持续优化改进，保障装配式房屋建筑工程整体质量。

四、工程风险管理与质量控制整合

（一）风险识别与评估体系

1. 模块化施工特有风险要素

在装配式房屋建筑工程模块化施工中，运输吊装环节存在诸多特有风险要素。构件尺寸与重量较大，运输过程路况复杂，可能导致构件碰撞、损坏，影响后续装配质量^[9]。运输车辆选择不当、固定措施不牢，易造成构件移位甚至掉落。吊装时，若吊具选型不合理、起吊点设置有误，会使构件受力不均产生裂缝。现场装配环节，连接部位处理不当是关键风险点。如螺栓连接时，螺栓规格不符、拧紧力矩不足或过度，影响结构整体性与稳定性。预制构件定位不准确，偏差超出允许范围，不仅影响外观，还可能使结构受力状态改变，降低建筑安全性能。这些模块化施工特有风险要素对工程质量影响重大，需加以重点识别与管控。

2. 风险评估模型构建

在装配式房屋建筑工程中，应用 FMEA 方法建立风险量化评估矩阵，构建风险评估模型。FMEA（失效模式与效应分析）通过对潜在失效模式、后果及其发生原因的分析，确定风险优先系数（RPN）^[10]。在构建模型时，针对装配式房屋建筑工程各环节，如构件生产、运输、吊装等，识别可能的风险因素。分析这些因素导致的失效模式及其对工程质量的影响后果，依据过往经验、专家判断等确定失效模式的发生概率、严重程度及可探测度。将这三个参数相乘得出 RPN 值，通过 RPN 值大小对风险进行排序，高 RPN 值的风险需重点关注并制定防控措施，从而实现对装配式房屋建筑工程风险的量化评估，为工程风险管理与质量控制提供有力支撑。

（二）风险应对策略设计

1. 预制构件生产风险控制

在装配式房屋建筑工程中，预制构件生产风险控制极为关键。要制定模具精度控制的标准化作业规程，严格把控模具尺寸精度，定期对模具进行检测与校准，减少因模具偏差导致的构件尺寸不符问题。对于混凝土养护，需依据构件特性和环境条件，制定科学的养护制度。明确养护时间、温度、湿度等参数，采用合适的养护方式，像蒸汽养护、自然养护等，确保混凝土强度正常增长，避免出现裂缝等质量缺陷。通过这些标准化作业规程，有效降低预制构件生产过程中的风险，提升预制构件质量，为装配式房屋建筑工程整体质量奠定坚实基础。

2. 装配过程动态调控

在装配式房屋建筑工程装配过程动态调控方面，借助 BIM+5G 的施工误差实时校正系统，能实现对装配过程的全方位、实时监控。通过 5G 的高速数据传输能力，将施工现场各环节的实际参数快速传输至 BIM 模型，使管理人员能精准掌握装配进度与质量状况。一旦发现偏差，系统迅速分析偏差原因，依据 BIM 模型的虚拟预演及数据模拟，给出针对性调控方案，对装配操作进行及时纠正。比如构件位置偏差，系统结合力学分析与设计要求，指导工人调整安装位置，确保装配精度。通过这种动态调控，把装配过程中的质量风险控制在萌芽状态，有效保障装配式房屋建筑工程的整体质量。

（三）质量风险预警机制

1. 大数据预警模型开发

大数据预警模型开发需集成装配式房屋建筑工程的历史质量数据，涵盖构件生产、运输、现场装配等各环节的质量信息。借助机器学习技术，筛选出如构件尺寸偏差、连接部位强度等关键质量影响因素作为输入参数。基于这些数据与参数，构建适用的预警算法，如决策树算法可分析复杂质量因素关系，或线性回归

算法预测质量指标变化趋势。对模型进行反复训练与优化，利用历史数据检验其准确性和可靠性，不断调整算法参数。通过实时采集工程实际数据输入模型，实现对质量风险的精准预警，及时发现潜在质量问题，为工程质量控制提供有力支持，确保装配式房屋建筑工程的高质量建设。

2. 应急响应系统设计

应急响应系统设计是装配式房屋建筑工程质量控制的关键环节。该系统应具备高效性与针对性，一旦质量风险预警机制发出警报，能迅速做出反应。首先要明确各部门及人员在应急处理中的职责，确保责任落实到人，避免出现混乱与推诿。同时，设计标准化的应急处理流程，从事故报告、现场封锁、原因初步判断，到制定处理方案、实施救援与修复等，每个步骤都要有明确规范。为保证方案科学合理，还需借助先进的模拟与分析技术，对可能出现的情况进行预演。此外，定期开展应急演练，提升人员应急处理能力，检验并完善应急响应系统，确保在面对实际质量事故时，能够迅速、有效地降低损失，保障工程质量与安全。

五、总结

在装配式房屋建筑工程领域，质量控制技术与管理机制的研究至关重要。目前已系统梳理出质量控制技术创新路径，例如采用新型材料与工艺以提升构件质量；同时也优化了管理机制，像是构建更完善的质量监督体系，加强对施工全过程的把控。然而，现有研究在智能算法深度应用方面存在局限，未能充分挖掘智能算法在预测质量风险、优化施工流程等方面的潜力。未来，数字孪生技术有望为装配式工程质量管理带来变革，通过构建虚拟模型实时模拟工程状态，实现精准的质量监控与问题预控，助力装配式房屋建筑工程质量迈向新高度，推动行业的高质量发展。

参考文献

- [1]高孟珍.装配式高强模块设计及质量控制研究[D].河南理工大学,2022.
- [2]孙文慧.QD地铁机电工程质量控制体系研究[D].青岛大学,2021.
- [3]董艳桃.基于PDCA循环的A港口工程质量管理控制体系研究[D].扬州大学,2023.
- [4]李天扬.阿城双丰66kV输变电工程质量控制研究[D].哈尔滨理工大学,2021.
- [5]周状.基于PDCA循环的W市产业园道路工程质量管理控制研究[D].山东大学,2021.
- [6]曲文军.建筑工程质量控制与技术管理对策[J].建材发展导向,2021,019(001):282-283.
- [7]李全.装配式房屋建筑施工质量控制[J].砖瓦,2023(12):105-107.
- [8]田家忆.装配式混凝土结构工程质量管理要点浅析[J].建筑与装饰,2021(22):103-105.
- [9]杨记峰.装配式建筑工程质量控制及现场检测技术分析[J].中国建筑金属结构,2022(5):144-146.
- [10]宋二玮.装配式建筑工程质量控制及现场检测技术探讨[J].河南建材,2021(4):49-50.