

装配式建筑施工质量控制关键技术分析

文 / 张鑫 安徽瓴昂建设有限公司

摘要：随着模块化部件的广泛应用，安装误差、接口处细部处理及结构连接强度等问题亟待深入研究。通过综合运用现代信息技术与多学科理论，可对装配式建筑的施工环节进行更严谨的质量把控，包括精确定位和高标准组件制造，以确保结构安全与功能可靠。此外，完善的施工过程管控与严格的验收标准，有助于及时发现和纠正潜在质量隐患，为后续维护和运营节省大量成本。当前行业内对不同构件的连接形式、施工机械精度与人员培训等方面仍存在一定争议，也呼唤系统性的技术指导与规范。为此，本论文将聚焦装配式建筑施工质量控制的关键技术，通过对设计、构件生产、现场施工和运营维护四大方面的深度剖析，探寻切实可行的优化思路。研究成果可为施工单位、监理单位及相关研究机构提供参考，实现装配式建筑在功能、安全和经济效益上的综合提升。

关键词：装配式建筑；质量控制；模块化；施工技术；结构安全

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.08.030

引言

装配式建筑在当代建设领域受到广泛关注，其优势包括缩短工期、减少资源浪费与提升施工精度，然而施工质量控制始终是影响其整体绩效的关键因素。另外，装配式建筑突破了传统现场浇筑的模式，通过工厂化生产和现场装配，提高了建设效率与资源利用率。施工质量控制也对整体性能具有决定性影响。任何细微的安装偏差、接口裂缝或误用材料，都可能在后续使用阶段放大为结构隐患。为确保装配式建筑的质量，需要在设计、构件制造与现场施工等环节形成系统性规范，通过技术手段与管理措施双重发力，减少质量缺陷。此外，不同类型构件及连接方式的多样化，也给质量监督带来更高要求。论文立足于当前装配式建筑的实际需求，围绕设计审查、构件生产、施工管理与维护策略四大方面展开分析，期望为提高装配式建筑的施工质量提供新思路。

一、设计阶段质量要点

（一）分析功能分区与结构荷载，合理划分预制单元尺寸

在我国经济、科技双重影响之下建筑行业有很大程度的进步与发展，比如施工技术的创新、施工工艺的升级等。比如装配式建筑施工的构建，就有效地促进了工程生产施工固定配件的模具，不但能够实现模具的精准化生产，还能提高生产加工的技术精准度，在一定程度上提高了装配式建筑构建的快捷生产，满足了实际建设需求。装配式建筑施工的有效实施还能够改变以往工程建设所存在的污染严重局面，大大提高建筑施工的环保性，促进建筑行业向节能型方向发展。这是因为装配式建筑施工所需的构件都是在工厂内生产完成后运输到施工现场，直接应用于工程施工之中，如此方能提高施工现场环境的清洁度，最大限度地降低施工污染率。又因装配式建筑施工作业所需配件，都是在工厂内统一生产的，这能够大大减少施工现场的工作量及工作难度，提高人力、物力、财力的利用率有效地节约建筑资源，缩短建筑施工周期，为提高建筑工程的经济效益和社会效益创造条件。^[1]

在装配式建筑的设计阶段，功能分区与结构荷载分析是确保建筑整体稳定性的基础工作。功能分区需要根据建筑的使用需求、建筑物的用途以及相关规范，明确不同区域的负载分布。例如，住宅区可能对隔音性能有更高要求，而工业区则侧重于承重能力的优化。根据功能分区和荷载分析结果，合理划分预制单元的尺寸，避免单元过大导致吊装过程中的误差累计或过小增加施工复杂性。尺寸划分需结合施工机械的性能以及运输条件，例如考虑塔吊的承载能力和运输车辆的限高限宽，以确保构件在运输和安装过程中不出现结构性损伤。科学地划分尺寸，既可以减少拼装节点的数量，降低拼接误差对结构整体性的影响，又能提高施工效率，保障装配式建筑的安全性与经济性。

（二）强化接口细节设计，通过连接节点与防水层的精确布置

接口细节设计是装配式建筑能否实现功能完整性和耐久性的重要环节。连接节点需要根据构件类型、荷载特性和施工条件进行优化设计，确保在满足强度和刚度要求的同时，具备良好的抗震性能。例如，针对水平构件和竖向构件之间的连接，可采用可调节的刚性节点，以降低应力集中对接缝的破坏风险。防水层的布置则需要针对不同环境条件进行精细化设计，如在雨水多发地区加强外墙接缝处的密封措施，避免渗漏现象影响建筑使用寿命。

（三）建立可视化模型校核体系，对管线预留与构件排布进行动态审查

装配式建筑设计阶段的另一个关键点是管线预留与构件排布的协调性，而可视化模型校核体系为此提供了强有力的技术支持。基于建筑信息建模（BIM）技术的可视化平台，可以将建筑的每个构件和管线布置以三维形式直观呈现出来，帮助设计团队发现可能的冲突点。动态审查通过模拟构件的安装路径和管线的空间占用情况，及时优化排布方案，避免施工阶段因设计不匹配造成的返工。^[2]

二、构件生产技术控制

(一) 严控原材料质量与配合比

在装配式建筑的构件生产中，原材料质量与配合比的严格控制是确保构件性能的前提条件。混凝土和钢材作为主要构件材料，其强度、耐久性和一致性直接影响构件的稳定性和安全性。混凝土的生产过程中，水灰比、骨料粒径、外加剂种类和用量需精确匹配设计要求，以保证其抗压强度和耐久性达到标准。在环境湿度和温度波动较大的条件下，应通过实时调整配合比，避免收缩裂缝和早期强度不足问题。钢材方面，需要对其化学成分和机械性能进行检测，确保其韧性和抗疲劳性能满足构件承载要求；在生产过程中，搅拌和浇筑工艺的规范化操作尤为关键，通过高效搅拌设备均匀分散混凝土成分，并在浇筑时采用振动密实技术，减少气泡和孔隙对材料强度的影响。

(二) 运用标准化模具与自动化生产线

在生产过程中，标准化模具的使用显得尤为重要，其不仅能够保证构件尺寸的一致性，还能减少人为操作中的误差和偏差。模具的设计需精确到毫米级别，并在材料选择上考虑耐磨性和热膨胀稳定性，以确保多次使用后的精度保持；自动化生产线的引入进一步提升了构件生产效率和精确性。自动化生产线通过预设程序控制各个环节，包括混凝土的灌注、振动密实、养护和脱模等过程，实现了全过程的标准化和可控化。传感器和智能监控系统的结合，能够实时检测生产过程中可能出现的偏差，并通过自动调整系统参数纠正误差。例如，传感器可监测振动台的频率和幅度，确保混凝土充分密实，避免因空隙导致的强度损失（如图1为自动化装配生产线示意图）。自动化设备还可以大幅降低人工参与的复杂性和劳动强度，从而减少人为因素对构件质量的不利影响，进一步提高生产环节的可靠性。

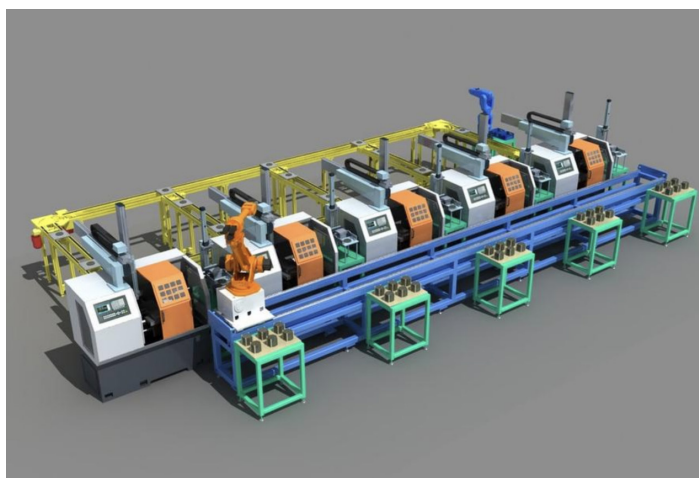


图1 自动化装配生产线示意图

(三) 制订出厂检验流程与建立可追溯信息管理体系

构件的出厂检验是确保其满足质量标准的最后一道防线。出厂前，必须对构件的外观和内部性能进行全面检测。外观检测包括表面平整度、棱角完整性和裂缝检查，通过目测和量具结合的方法，及时发现因生产过程中的误差或材料缺陷造成的问题。内部性能的检测则需要借助超声波、射线等无损检测技术，识别微裂缝或内部气泡等隐患，确保构件内部结构的均匀性与可靠性。^[3] 除此之外，构件的生产和检验信息应建立可追溯的信息管理体系。为每一构件赋予唯一的编码标签，记录其生产批次、检测结果、运输路径等信息，形成从生产到施工的全生命周期管理链条。通过构件检验与信息化管理的结合，全面保障装配式建筑的构件质量，从而为施工和运营阶段的顺利推进提供坚实基础。

三、现场施工过程质量管控

(一) 使用精准测量与吊装定位技术

在装配式建筑的施工过程中，测量工作需要以全站仪、激光测距仪等高精度设备为基础，结合三维模型

数据进行定位标定。构件的放样过程中，需实时校正坐标偏差，避免因测量误差导致累计偏差加剧。在吊装过程中，构件的移动路径与定位需严格按照施工图纸的要求操作，并借助激光定位和电子水准仪确保构件安装的水平与垂直精度。对于大型或异形构件，可采用多点吊装技术，通过分布均匀的吊点实现荷载平衡，避免构件发生倾斜或变形。^[4] 吊装完成后，需立即对接缝间隙和构件位置进行复测，利用微调工具将偏差控制在允许范围内。精准测量与吊装定位的结合，能够减少因拼装错位带来的施工问题，还能提升整体结构的稳定性。

(二) 注重连接处浇筑或焊接工艺

在浇筑过程中，需严格控制混凝土的搅拌时间、材料配比和浇筑速度，避免出现冷缝现象。特别是在多次分层浇筑时，层间结合部位的密实度需通过机械振捣和人工检查双重保障。在焊接工艺方面，应采用分阶段、多点对称焊接的方法，避免因热应力集中引发构件变形或焊接开裂。焊接温度的控制同样重要，通过温度传感器实时监测焊接区的温度变化，确保焊接熔池的

均匀性与稳定性。此外，焊接完成后需进行无损检测，如超声波探伤或射线检测，以确保焊缝内部无气孔、夹渣或裂纹等隐患。连接处的施工质量直接关系到建筑整体性能，因此每一道工序的细化与标准化操作都是不可或缺的。

（三）借助信息化管理平台

信息化管理平台为施工质量的全面监控与快速修复是通过将各类施工数据实时录入平台，管理者可以直观掌握施工进度、质量检测结果以及异常情况报告。信息化平台通常集成了BIM模型和物联网技术，通过对构件安装位置、连接节点状态和检测数据的动态可视化呈现，使现场施工管理更加透明化。平台还可以与责任人员信息关联，每项施工操作均记录责任归属，确保问题追溯与解决的高效性。在出现质量缺陷时，平台会通过预设的报警机制向管理人员发出警告，同时提供整改建议并生成修复方案。^[5]对于已完成的修复工作，平台可自动生成记录并归档，以备后续审查和维保参考。

四、运营与维护阶段的技术监控

（一）定期巡检排查预制楼板与接口风险

在装配式建筑投入使用后，定期巡检的主要目标包括排查预制楼板和立面接口处的位移、裂缝及其他潜在隐患。由于预制构件的安装误差与环境影响可能导致长期使用中的移位，巡检工作需重点关注这些高风险区域。通过使用激光测距仪和高精度位移传感器，可以捕捉楼板的位移量并建立动态监测数据库，帮助技术人员分析位移趋势。对于立面接口，特别是窗框、幕墙等连接处，需要结合热成像仪进行热桥检测，以发现因温度变化导致的微裂缝。^[6]巡检过程中应制定详细的检查清单和标准化记录模板，将发现的隐患分级归类，区分紧急性与修复优先级。通过科学的巡检制度，可以在早期发现并修复潜在问题，避免因小问题积累成重大隐患，从而延长装配式建筑的使用寿命并保障其长期性能。

（二）引入结构健康监测系统

结构健康监测系统（SHM）的引入为装配式建筑的长期安全运行提供了技术保障。这一系统主要通过关键构件中嵌入传感器采集变形、振动与应力数据，并将信息实时传输至监测中心进行分析。SHM的核心优势在于其持续性和高精度，使其能够捕捉肉眼不可见的微小变化，例如预制墙板的局部变形或关键节点的应力集中。通过对传感器采集数据的建模分析，系统可预测构件的劣化趋势并提供修复建议。在超高层或复杂结构中，监测系统还能够结合物联网技术，将数据上传至云端以供多方实时共享，提高协作效率。系统的运行需定期校准传感器精度，并通过多种数据源的交叉验证提升分析结果的可靠性。借助这一技术，建筑的运行风险得以显著降低，同时也为未来技术优化积累了宝贵的基础数据。

（三）检修与翻新计划延长建筑寿命

在装配式建筑的维护阶段，检修工作的核心在于评估构件老化程度与连接件性能，通过对预制构件的外观、材料强度及连接处的稳定性进行全面检查，明确需要修复或更换的部分。对于轻微老化的构件，可通过表面处理或填缝材料修补保持其性能，而严重老化的关键部位则需采用局部替换方案以确保结构安全。在翻新计划中，应结合建筑的运行数据与未来功能需求，合理选择升级材料或改造技术。^[7]例如，引入更耐久的复合材料或高效阻尼装置，不仅能增强建筑抗震与抗风性能，还能提高其适应新功能的能力。

结语

装配式建筑的施工质量控制不仅关乎外部观感和功能使用，更直接影响结构的长久安全与运营成本。通过强化设计阶段的严谨性，可以规避尺寸冲突与不合理布置等根源性问题，为后续施工减少大量返工与质量隐患。构件生产环节则承担了高精度预制的核心使命，标准化模具、自动化生产线与完善的检测流程，为保证构件品质提供了有效保障。现场施工管理需要将技术手段与组织模式相结合，将测量定位与连接工艺的规范性落实到每一道工序，最大限度地削减拼装误差与材料浪费。信息化管理平台的应用，为质量监督带来更高的透明度与可追溯性，使责任分工与问题整改更加明晰。与此同时，在建筑投入运营之后，维护与监测依旧不可或缺。定期巡检与结构健康监测能够及时掌握构件老化、接口裂缝与安装偏差带来的后续影响，从而采取合适的修复或加固措施，延长建筑使用寿命并提升综合效益。从产业视角出发，装配式建筑施工质量控制的深化，为建设行业提供了一个高效率、低能耗与可持续发展的崭新模式。伴随相关技术与管理手段的不断完善，装配式建筑将在更多领域获得广泛应用，推动建筑业由传统模式向现代化、智能化方向迈进，为城市建设注入更具前景的动力。

参考文献

- [1] 李斌. 装配式建筑施工质量问题及质量控制方式的探讨[J]. 四川水泥, 2019, (05): 278.
- [2] 花洋. 装配式建筑质量控制体系构建研究[J]. 工程机械与维修, 2024, (05): 100-102.
- [3] 王敏. 装配式建筑施工技术与质量控制方法研究[J]. 中国高新科技, 2024, (22): 149-151.
- [4] 李达. 装配式建筑施工技术要点与现场质量控制研究[J]. 陶瓷, 2024, (11): 141-143.
- [5] 丁焕龙, 陶兵, 林涛, 等. 装配式建筑质量控制关键点[J]. 四川建筑, 2021, 41(S1): 106-108.
- [6] 杨耀峰, 唐荣鹏, 卢健, 等. 装配式建筑施工质量控制研究[J]. 技术与市场, 2024, 31(08): 85-89.
- [7] 欧阳琳浩. 装配式建筑施工技术关键及质量控制方法探究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (09): 106-108.