

过程质量控制视角下装配式建筑施工质量缺陷成因分析

蔡 斌

奥士康科技股份有限公司 湖南益阳 413000

摘 要: 装配式建筑作为绿色建造的重要形式,其施工质量日益受到关注。本文从全过程质量控制视角出发,系统分析了装配式建筑在设计、制造、运输与现场安装等各阶段常见质量缺陷的表现与成因,并结合典型案例进行剖析。研究指出,协同不足、标准缺失和执行力薄弱是主要问题根源,并提出从设计协同、制造规范、现场控制与信息化追溯等方面优化质量管理路径,为提升装配式建筑施工质量提供了理论支撑和实践参考。

关键词: 装配式建筑; 全过程质量控制; 施工质量缺陷; 成因分析; 协同管理

随着国家推动绿色建筑和建筑工业化进程的不断深入,装配式建筑因其节能环保、施工周期短、标准化程度高等优势,被广泛应用于住宅、办公及公共基础设施建设中。然而,装配式建筑在施工过程中频繁出现诸如构件偏位、连接不牢、节点渗漏等质量问题,引发了业界对其施工质量保障体系的深刻反思。相比传统建筑,装配式施工对各环节的协同要求更高,尤其在构件设计、制造、运输与现场安装等阶段,每一处微小失误都可能导致严重质量后果。因此,必须以全过程质量控制为核心,系统分析各阶段中导致施工缺陷的关键因素,从而构建更为科学高效的质量管理机制。当前相关研究多集中于单一环节的技术优化,缺乏对全过程质量链条的系统梳理与缺陷成因的综合分析。基于此,本文从全过程质量控制的视角出发,聚焦装配式建筑在施工实践中的典型质量缺陷表现,并通过案例剖析,探讨其产生的深层次原因,旨在为提升装配式建筑工程质量水平提供理论支撑与实践建议。

1 装配式建筑全过程质量控制体系概述

1.1 全过程质量控制的系统内涵

全过程质量控制是指对装配式建筑项目从设计、构件制造、运输吊装、现场安装到竣工验收的全过程进行动态监测和综合治理。它强调对质量目标、标准、实施过程和反馈结果的闭环管理,以防范质量问题的发生、发展和传导。在传统施工模式中,质量控制多集中于施工现场阶段,而装配式建筑则需要前移质控重心,确保设计和构件生产阶段的质量稳定性。只有全过程各环节形成协同联动,质量风险才能被有效识别和应对。

1.2 设计阶段的质量控制要点

设计阶段作为装配式建筑质量控制的源头,决定了整个项目后续环节的质量基础。装配式建筑对构件尺寸、拼装精度、运输路径以及施工工序有着高度依赖,因此必须在设计之初就进行全流程的技术协调。BIM 技术作为信息集成平台,在三维建模、碰撞检测、施工模拟等方面提供了强有力的支持。设计单位需与构件生产方、施工方充分对接,明确节点连接形式、预埋件布置和构造细节,避免因图纸误差或信息割裂导致构件无法安装、拼缝偏差累积等质量问题。

1.3 构件制造阶段的质量保障措施

预制构件的质量直接影响现场施工的可靠性和安全性。该阶段的质量控制关键在于标准化工艺流程、自动化设备精度和操作人员的专业水平。钢筋骨架布置、模板安装、混凝土拌制与浇筑、蒸汽养护等各工序都需严格按照技术规范执行。质量检测应贯穿全过程,如混凝土强度检测、构件尺寸偏差测量、预埋件定位核查等,均需在出厂前完成,确保不合格品不得出厂流通。当前不少项目在工厂阶段追求产能效率,导致质量检测流于形式,成为后续施工质量隐患的主要根源。

1.4 运输与吊装环节的质量控制需求

装配式建筑施工中,构件运输和吊装是施工效率和安全性关键环节。构件在吊装与转运过程中容易产生变形、损伤或错位,进而影响安装精度。运输阶段应提前编制专项方案,明确路线规划、运输车辆选型、装卸流程及构件保护措施。在吊装过程中,应使用可调节吊具、防偏移限位器及现场激光对位仪,保障构件在就位过程中的平衡性与精准度。

运输及吊装过程中信息应全程记录并上传至质量管理平台,实现质量追踪与责任可溯。

1.5 安装与验收阶段的闭环控制机制

现场拼装作为质量控制的重要终端,主要任务是实现构件之间的精准拼接和结构整体性的有效保障。节点连接处理需严格控制灌浆密实度、构件垂直度与拼缝宽度,防止结构位移、渗水等问题。验收阶段应依据事先建立的质量目标与评估标准,结合第三方检测机构的技术评估结果,形成完整的质量验收报告。此外,构件信息、安装记录、施工图片等数据应归入建筑全生命周期数据库,供运维阶段追溯使用,最终形成设计、制造、施工与运维闭环联动的全过程质量管理链条。

2 装配式建筑施工质量缺陷的主要表现

随着装配式建筑技术的推广应用,其施工质量问题也逐渐暴露。尤其在构件生产、运输吊装、现场拼装及后期装修等关键阶段,不同形式的质量缺陷频繁出现,直接影响建筑物的结构安全、耐久性能与使用功能。

2.1 构件制造阶段的质量问题

构件制造作为质量形成的核心阶段,若控制不到位,将导致结构部件带“病”出厂,形成系统性缺陷。常见问题包括构件尺寸偏差、混凝土表面质量缺陷、预埋件偏移以及内部钢筋布置不合规范。

例如,墙板尺寸偏差超过 $\pm 5\text{mm}$,不仅会造成现场拼缝难以对齐,还会影响接缝密封与灌浆效果。在预制梁板中,若预埋钢筋发生位置偏移,将使得吊装时无法顺利连接,甚至出现脱落危险。此外,由于模板安装不平整或脱模剂使用不当,常出现混凝土表面蜂窝麻面等问题,既影响外观质量,也易形成碳化和钢筋锈蚀隐患。

特别是在一些采用手工操作较多的中小型构件厂,缺乏自动化和数字化监管手段,使得工序间的标准化水平低,容易造成系统性误差,这类隐性问题往往在现场安装后才暴露出来,修复成本高,质量风险大。

2.2 构件运输与吊装环节的缺陷隐患

在构件运输过程中,由于长距离搬运及多次装卸,极易发生构件边角磕碰、表面损伤甚至局部断裂的现象。例如某工程在运输大型楼梯板时,因未使用专业防护垫,造成多个踏步边角碎裂,现场只能以灌浆修复代替,更增后期渗漏风险。

吊装过程中,由于构件重心不稳、索具选择不当或操作人员经验不足,也容易引起拼装精度下降。如预制墙板吊装后出现垂直度偏差超过规范规定值,将导致后续构件难以精准拼接,甚至引发结构稳定性下降。在无数据控制设备辅助的情况下,人工引导吊装极易造成局部位置偏移与整体结构累积误差。此外,有些项目未配置临时支撑系统,构件在未固定前发生倾斜或移位的情况时有发生,存在严重安全隐患。

2.3 安装施工阶段的质量薄弱点

装配式建筑现场安装阶段的质量问题多集中于节点连接和拼装精度方面。连接节点是承重、抗震和传力的关键部位,一旦出现施工质量不达标,后果极为严重。最典型的问题是灌浆饱满度不足,导致结构整体性受损。灌浆料未按比例调配或灌注方法不规范,易导致空鼓、裂缝等现象,不仅降低连接强度,还影响建筑的耐久性。此外,部分施工单位为提高安装效率,跳过接缝清理、润湿等必要工序,最终导致浆料与混凝土界面粘结性差,后期出现剥离或渗水问题。

拼装误差也是常见问题,尤其在立面安装中,如果前期构件安装不垂直,将在整个建筑高度方向形成偏差积累,影响立面垂直度与结构稳定性。由于不同构件之间接缝存在微小误差,若未通过垫片或调整件及时修正,最终结果常常表现为外立面波浪起伏,观感质量下降。

2.4 装饰装修阶段的质量问题延伸

虽然装饰装修属于建筑后期工序,但因其直接关系到使用者体验与建筑美观,质量问题同样不可忽视。装配式建筑由于构件预留孔洞位置与管线布置往往存在偏差,施工人员在安装水电系统时不得不进行局部打凿。这种行为一方面破坏了构件的整体性,另一方面容易形成新的渗漏点。常见问题还包括拼缝处理不当、板缝未打胶或胶体老化脱落、保温层粘贴不牢等。这些问题不仅影响建筑节能效果,还会降低居住舒适性。特别是内装一体化项目中,板缝视觉一致性的问题尤为突出,给室内观感带来负面影响。

3 施工质量缺陷的成因分析与典型案例

装配式建筑施工中的质量缺陷往往并非孤立存在,而是源于多个环节控制失效的叠加效应。与传统建筑相比,装配式建筑对设计精度、构件制造规范、现场施工工艺和协同机制要求更高。一旦某个环节质量控制不力,便可能引发链条性的质量问题。

3.1 设计阶段控制不足引发系统问题

设计是装配式建筑质量控制的起点，决定构件尺寸、连接方式与安装逻辑。但在实际工程中，设计阶段常存在施工适应性差、装配逻辑缺失等问题。例如，某装配式住宅项目中，阳台板构件因未考虑吊装空间与作业路径，现场安装时无法就位，最终不得不拆卸重做。该问题根本原因在于，设计单位未开展吊装路径模拟，构件安装工艺与现场条件缺乏协调。预埋件布置也不合理，导致工厂制造困难、现场拼接复杂。此类失误反映出部分设计方缺乏 BIM 协同意识，深化设计未覆盖施工需求，成为后续质量缺陷的源头。

3.2 构件制造过程中的质量松动

工厂化生产是装配式建筑的优势环节，但如果管控不到位，也可能成为质量隐患集中地。在江苏某住宅项目中，预制墙板安装后出现蜂窝麻面、钢筋外露等问题。经查，该构件厂未建立完善的生产质控体系，钢筋布置无复检流程，混凝土振捣不充分。部分小型构件厂追求进度，忽视过程检验，尺寸偏差、接缝错位等“出厂缺陷”进入施工现场后难以修复。这些问题说明，制造环节不能只看产量，更要强化首件验收、工序规范化及责任追踪体系，确保构件带“合格标签”进入下一个环节。

3.3 现场施工执行力不足导致误差累积

装配式建筑的吊装与拼装环节对施工精度要求极高，现场执行不到位将直接影响结构稳定性与观感质量。例如，广东某学校项目中，预制楼梯板因吊装偏差达 1.5cm，影响了结构整体性。该问题主要由于未配备激光定位设备、吊装缺乏限位控制，同时施工人员经验不足、技术交底不到位。在拼缝处理方面，不规范的灌浆施工导致节点不密实，甚至出现后期渗漏现象。由此可见，提升一线施工队伍的专业化水平，加强样板引路和过程验收，是防范质量问题的关键。

3.4 协同与信息化机制缺失

装配式建筑涉及多方协作，若缺乏统一的信息平台与质量追踪机制，容易造成“信息孤岛”，问题难以及时发现与整改。在某保障房项目中，构件接缝偏移问题发生后，由于无法追溯生产批次与施工工序，责任划分不清，整改效率低。相比之下，深圳某试点项目通过全过程 BIM 管理与二维码标识系统，实现构件设计、生产、运输、安装信息的实时上

传和质量闭环控制。这种方式有效提升了各参与方的协同效率和质量管理能力，为装配式建筑推广提供了有益借鉴。

4 结论与建议

通过对装配式建筑全过程施工流程的质量控制分析可以发现，当前装配式项目普遍存在“前端设计脱节、中端制造粗放、现场施工误差累积、各方协同失效”等共性问题，质量缺陷具有系统性和链条化特征。尤其是在构件设计精度不足、制造工艺标准化水平不高、施工人员专业能力参差不齐以及质量信息管理不透明等方面，严重影响了装配式建筑施工质量的整体水平。

要有效应对这些问题，必须构建全过程、全要素、全参与的质量控制体系。首先，在设计阶段应强化 BIM 深化设计与多方协同机制，确保构件图纸可施工、可装配，减少现场适配改造。其次，构件制造环节需推行智能化生产与精细化管理，落实首件验收、尺寸校核和强度抽检制度，避免“带病出厂”。第三，现场施工必须强化安装工艺规范培训，配备数字化吊装与对位设备，提升装配精度和效率。最后，应建立一体化质量信息平台，实现设计、生产、运输、安装、验收等全过程数据可追踪、问题可溯源、责任可界定。

未来，装配式建筑的质量保障不仅依赖技术提升，更需要制度建设与管理能力的全面升级。唯有通过全过程控制理念落地，才能切实提升装配式建筑的工程质量与行业公信力，推动其在高质量发展路径中稳步前行。

参考文献：

- [1] 熊战铭, 蒙圣荣, 许显龙. 装配式建筑施工质量的控制研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025,(08):58-60.
- [2] 王英. 影响装配式建筑构件连接节点质量的因素分析[J]. 混凝土, 2024,(12):175-177.
- [3] 李春飞. 预制装配式建筑关键技术探索与施工中的质量问题剖析[J]. 中国建筑金属结构, 2025,24(02):122-125.
- [4] 王以江. 装配式建筑项目施工质量研究[J]. 陶瓷, 2025,(01):182-185.
- [5] 冯奇. 提高装配式建筑施工质量的管理研究[J]. 居业, 2025,(01):174-176.
- [6] 谢飞. 装配式建筑施工过程中的项目管理与质量控制[J]. 建筑机械, 2024,(11):34-40.