

装配式建筑施工过程中的质量风险识别与防控体系构建

任良富¹ 王佳璐²

1.德清县莫干山国际旅游度假区发展有限公司 浙江 湖州 313200

2.德清县莫干山城建发展有限公司 浙江 湖州 313200

【摘要】：装配式建筑将大量现场作业转移至工厂，其施工过程的质量风险构成与传统现浇模式存在显著差异。构件生产、运输、吊装及节点连接等环节均可能引入新的不确定性。系统识别施工全过程的质量风险点，并构建与之匹配的预防性控制体系，是保障装配式建筑结构安全与使用性能、推动其从示范走向规模化高质量发展的关键前提与基础性工作。

【关键词】：装配式建筑；施工过程；质量风险识别；防控体系构建

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.064

引言

随着装配式建筑的广泛应用，其施工过程中的质量控制面临全新挑战。风险来源从现场湿作业的工艺控制，前移至工厂化生产的精度管理，并延伸至现场装配的协同与误差消纳。深入研究该过程的质量风险特征，并构建覆盖设计、生产、施工全链条的闭环防控体系，旨在实现风险的事前预警与过程可控，从而确保装配式工程质量的稳定可靠与均好性。

1 装配式建筑内涵与施工特点

装配式建筑是指采用系统化设计、工业化生产、装配化施工、一体化装修及信息化管理的新型建造模式，其核心在于将传统现浇施工的大量湿作业转移至工厂环境完成。其施工特点集中体现为标准化设计、模块化生产与机械化安装的高度协同。在施工环节，由于大量构件在工厂预制，现场作业重心转向高精度吊装与节点连接，显著减少了模板用量与建筑垃圾，但同时也对施工组织提出了更高要求。这种建造方式具有施工周期短、环境影响小、劳动强度低等优势，然而其质量高度依赖于构件加工精度与现场装配公差控制。一旦构件尺寸偏差或安装定位失准，极易引发不可逆的质量缺陷，因此相较于传统建筑，装配式施工对全过程的质量精度控制具有更强的敏感性。

2 装配式建筑施工质量控制的重要性

2.1 保障结构安全与建筑耐久性的根本前提

装配式建筑的结构整体性主要依赖于预制构件的可靠连接，其质量直接关系到建筑的抗震性能与安全底线。由于构件间的钢筋套筒灌浆、浆锚搭接等连接节点在封闭环境下施工，属于隐蔽工程且不可逆转，一旦质量控制失效，将导致结构传力路径中断，留下严重的安全隐患。因此，强化施工过程中的质量控制，确保每一个连接点的强度与密实度达标，是防止建筑

在灾害荷载下发生脆性破坏的关键防线，也是延长建筑使用寿命、保障人民生命财产安全的根本所在。

2.2 克服工艺缺陷与提升建造精度的内在要求

装配式施工对尺寸的精确度要求远超传统现浇建筑，毫米级的偏差就可能导致构件无法顺利拼装或产生累积误差。施工质量控制能够有效约束从构件进场验收、吊装定位到临时固定的全过程操作，防止因操作不当引发的缺棱掉角、标高不一或接缝不均等问题。通过严格的工序管控与实时监测，可以及时发现并纠正安装偏差，避免因个别构件安装失误导致的连锁返工，从而克服工业化建造中容错率低的技术难点，确保建筑几何尺寸与外观质量的精准实现。

2.3 实现提质增效与推动产业化升级的重要支撑

高质量的控制体系是装配式建筑发挥其工业化优势的基石，它直接决定了预制率提升能否真正转化为工期缩短与成本节约。通过精细化的质量管理，可以减少现场修补与二次处理的工作量，降低材料浪费与人工消耗，从而实现预期的经济效益。同时，成熟的质量控制标准与执行力度，有助于建立市场信任机制，消除社会对装配式建筑品质的疑虑，为建筑业从粗放型向集约型转型提供技术保障，有力推动建筑产业现代化进程与可持续发展战略的实施。

3 装配式建筑施工过程中的质量风险识别

3.1 预制构件生产与运输阶段的质量风险

在预制构件生产环节，混凝土配合比失控、钢筋保护层厚度不足以及预埋件定位偏差是主要的质量隐患，这些问题直接导致构件强度不达标或几何尺寸超差。模具长期使用后的磨损变形若未及时校正，会系统性地复制出不合格的构件。在运输过程中，由于路途颠簸或固定措施不当，极易造成构件边角破损、开裂甚至主筋弯曲。此外，运输过程中的标识丢失或混

淆,可能导致不同规格的构件在现场错用,这些源头性的质量缺陷为后续的装配施工埋下了难以调和的结构安全隐患。

3.2 构件吊装与安装定位阶段的风险

构件吊装作业面临的主要风险在于起吊点的选择不当与吊具的安全性不足,极易引发构件断裂或倾覆事故。在就位过程中,测量放线误差、临时支撑体系刚度不足或不均匀沉降,会导致构件轴线偏移、标高误差超标及垂直度偏差。这种安装精度的失控不仅影响建筑外观,更会造成结构受力体系的改变。若支撑体系拆除过早或顺序错误,可能引起构件开裂或节点松动。此外,异形构件的重心计算失误也会在吊装瞬间产生巨大的扭转力矩,严重威胁施工安全与成品质量。

3.3 关键节点连接与接缝处理风险

装配式建筑的生命线在于节点连接,套筒灌浆不饱满、浆料流动性差或坐浆层不均匀是导致结构传力失效的核心风险。钢筋套筒对位不准造成的强行穿孔或暴力矫正,会切断连接钢筋,严重削弱结构整体性。在接缝防水处理上,密封胶施打前基面清理不净、背衬材料填充不到位,极易引发渗漏隐患。此外,后浇混凝土节点的模板密封不严导致漏浆,形成蜂窝麻面,这些隐蔽部位的缺陷在日常检测中难以发现,却长期威胁着建筑的防水性能与结构耐久性。

3.4 人员操作与交叉作业管理风险

装配式施工对工人的技能熟练度要求极高,但现场普遍存在作业人员对新工艺掌握不足、质量意识淡薄的问题,导致诸如螺栓拧紧力矩不足、焊接长度不够等人为失误频发。多工种交叉作业环境下,土建、安装与装饰队伍缺乏统一协调,极易发生已完工程的成品破坏。同时,质量管理体系在现场执行层面的弱化,使得工序交接验收流于形式,上一道工序的质量问题未被拦截便流入下一道工序。这种管理与操作的双重风险叠加,是造成装配式建筑质量通病反复出现的深层原因。

4 装配式建筑施工过程中的质量防控体系构建

4.1 基于全寿命周期的防控体系架构设计

构建装配式建筑施工质量防控体系的首要任务是确立顶层架构,该架构必须覆盖从深化设计、构件生产、物流运输、现场装配到竣工验收的全寿命周期。体系设计应遵循预防为主、防治结合的原则,打破传统施工中设计与施工脱节的壁垒,引入工程总承包(EPC)管理模式以实现各环节的无缝衔接。通过建

立统一的信息管理平台,将质量标准嵌入到业务流程的每一个节点,形成横向到边、纵向到底的责任网络。该架构不仅要包含静态的质量检验标准,更要具备动态的风险预警与应急响应机制,确保在复杂多变的施工现场环境下,能够通过标准化的流程控制来抵消人为操作的不确定性,从而为装配式建筑的高质量建造提供系统性的制度保障。

4.2 深化设计阶段的质量源头控制机制

质量是设计出来的,而非仅靠施工检验出来的。在深化设计阶段,应建立多专业协同设计审查机制,利用BIM技术进行三维碰撞检查,重点解决预制构件拆分中的钢筋干涉、预留孔洞遗漏及安装空间不足等问题。防控体系需明确规定,所有预制构件必须经过结构安全验算与施工可行性模拟后方可投产,严禁未经审核的设计变更流入生产环节。同时,要建立标准化的构件编码与标识系统,确保每一个构件在设计图纸、生产模具、运输标签及现场安装位置之间实现唯一对应。通过推行设计施工一体化(DfMA)理念,从源头上消除因设计缺陷导致的构件报废或现场无法安装等质量风险,奠定精细化施工的基础。

4.3 预制构件生产与出厂验收的闭环管理

构件厂的质量控制是防控体系的关键一环,必须建立严格的原材料进场检验、工序过程控制与成品出厂验收三级防线。体系应规定混凝土强度、钢筋规格及保护层厚度等关键指标的实时监测频率,并引入二维码或RFID技术对每道工序的生产数据进行电子化存档。在出厂前,需执行全数外观检查与抽样力学性能测试,重点核查预埋件位置精度与构件几何尺寸偏差。只有通过出厂验收并附带完整质量证明文件的构件方可发货。对于不合格品,体系内需明确标识、隔离与返修流程,坚决杜绝带病构件进入物流环节,确保运抵现场的每一个构件均符合设计要求的精度与质量标准。

4.4 现场吊装与安装工序的标准化作业流程

现场装配环节是质量风险的高发区,防控体系的核心在于将复杂的手工操作转化为标准化的作业程序(SOP)。体系需详细规定测量放线、支撑搭设、构件吊装、校核调整及节点连接的每一步操作规范。引入实名制挂牌制度,明确吊装工、测量员及质检员的岗位职责与追溯机制。在实施过程中,必须严格执行工序报验制度,即前一道工序(如支撑体系验收)未通过,严禁进入下一道工序(如构件灌浆)。利用移动终端设备实时上传施工影像与数据,实现质量问题

的即时发现与闭环整改,通过刚性执行的作业流程来约束现场操作行为,确保构件安装的几何精度与结构稳定性。

4.5 关键节点连接与防水施工的专项控制措施

针对装配式建筑最薄弱的节点连接与防水部位,防控体系必须设立高于常规作业的专项控制标准。对于钢筋套筒灌浆作业,应实施全程视频记录与旁站监理,严格控制灌浆料的流动度、温度及养护条件,并进行现场拉拔试验抽检。在防水施工方面,体系需规定密封胶施打前的基面处理工艺、背衬材料填充深度及施胶厚度检测。通过建立样板引路制度,在大面积施工前先做样板间,经破坏性检测合格后方可推广。这种针对关键部位的强化控制,旨在从根本上解决装配式建筑常见的渗漏、裂缝及连接不牢等质量通病,确保护结构的整体性与使用功能的可靠性。在此基础上,应引入无损检测技术对灌浆饱满度进行批量复验,并利用红外热成像仪对防水胶条的连续性进行非破坏性排查。通过建立关键工序的举牌验收与影像资料归档制度,确保每一处节点均可追溯、可复盘。同时,针对不同类型的连接节点编制专项应急预案,一旦发现空洞或渗漏迹象立即启动注浆补救程序,从而构筑起一道坚固的事后防御屏障,全方位保障装配式建筑的结构安全与居住品质。

4.6 基于信息化技术的质量追溯与持续改进机制

为了提升防控体系的运行效能,必须引入物联网、大数据及云计算等信息化手段,构建全流程的质量追溯系统。体系要求为每个构件赋予唯一的数字身份,记录其在生产、运输、安装各阶段的质量数据、操作人员及时间戳。一旦出现质量问题,可通过扫码迅速定位问题根源,实现责任倒查。同时,建立质量大数

据分析平台,定期对现场发生的质量缺陷进行统计归类,利用帕累托图等工具找出主要问题,反向优化前端的设计参数与生产工艺。这种基于数据反馈的持续改进机制(PDCA循环),能够使防控体系随着工程实践不断进化,从被动应对转向主动预防,最终实现装配式建筑施工质量的螺旋式上升。

4.7 基于协同治理的组织保障与文化培育机制

防控体系的有效运转离不开强有力的组织架构与企业文化的支撑,必须构建由建设单位牵头、总承包单位负责、各分包单位协同参与的矩阵式质量管理网络。体系内需明确各级管理人员的质量责任权重,并将其纳入绩效考核与信用评价体系中,实现责权利的对等统一。同时,鉴于装配式施工对技能的高依赖性,应建立常态化的产业工人培训与认证机制,通过VR模拟仿真与实操基地训练提升一线作业人员的精细化施工能力。在企业内部培育追求卓越、精益求精的质量文化,鼓励全员参与质量改进提案,将被动的质量监管转化为主动的质量自律。通过建立跨企业的质量协同工作流与争议解决机制,消除供应链上下游的信息孤岛与责任推诿,为防控体系的落地执行营造良性的组织生态与人文环境。

5 结语

综上所述,构建科学有效的装配式建筑施工过程质量风险识别与防控体系,是实现其工业化建造优势的核心保障。这要求整合技术标准、管理流程与信息技术,形成风险可知、可控、可追溯的常态化管理机制。持续完善该体系并推动其在工程实践中的深入应用,将从根本上提升装配式建筑的整体质量水平,为行业的健康与可持续发展筑牢坚实基础。

参考文献:

- [1] 李楠.装配式建筑施工过程中的质量控制与管理[J].中国住宅设施,2024,(S1):99-101.
- [2] 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.
- [3] 田硕果.新型装配式建筑在建筑施工过程中的应用分析[J].陶瓷,2024,(02):163-165.
- [4] 陈肖肖.装配式建筑施工过程碳排放优化研究[D].安徽工业大学,2023.
- [5] 王浩.装配式建筑项目施工过程质量影响因素研究[D].辽宁工业大学,2023.
- [6] 杜永伟.BIM技术在装配式建筑施工质量控制过程中的应用探讨[J].建筑与预算,2022,(04):4-6.
- [7] 肖小强.装配式建筑施工过程中的质量控制措施[J].中国建筑装饰装修,2022,(07):41-43.