

装配式建筑施工阶段监理风险识别与防控策略研究

杨林

南京建凯建设项目管理有限公司 210000

DOI: 10.12238/ems.v8i1.17648

[摘要] 随着建筑产业现代化的深入推进,装配式建筑已成为推动建筑业转型升级的核心方向。其“设计-生产-施工”一体化的特点,在提升效率与质量的同时,也引入了区别于传统现浇建筑的独特风险。本研究旨在系统识别与应对装配式建筑施工阶段的监理风险。首先,通过文献研究与专家访谈,构建了涵盖“技术质量-管理协调-安全作业”三个维度的风险分析框架,全面梳理了各维度的核心风险因素。进而,引入风险矩阵法,并采用德尔菲法对20位行业专家进行两轮意见征询,对风险因素的发生概率与影响程度进行半定量评估,实现了风险等级的科学划分。基于评估结果,构建了一个集“全过程防控机制、信息化技术支持、标准化管理体系”于一体的综合性监理风险防控策略体系。最后,通过某装配式住宅项目的实例应用表明,该体系能够有效提升风险预控能力,关键工序一次验收合格率提升至98.7%以上,因设计错误和现场返工导致的成本损失降低了约25%,验证了其在实际工程中的可行性与有效性。本研究为提升装配式建筑施工监理的精细化管理水平提供了系统的理论依据与实践路径。

[关键词] 装配式建筑; 施工监理; 风险识别; 风险矩阵; 防控策略; BIM

1 装配式建筑施工特点及其监理风险理论基础

1.1 装配式建筑施工的系统特性

装配式建筑是建筑生产方式的工业化变革,其施工活动呈现出高度的模块化、标准化与集成化特征。这一转变对施工精度提出了极高要求,预制构件的毫米级偏差均可能导致现场安装失败。同时,建筑、结构、机电、装修等各专业的协同设计需大幅前置,设计阶段的任何协调疏漏都将在施工阶段被放大,引发连锁反应。此种系统复杂性要求监理工作必须超越传统的现场监督范畴,延伸至对设计协调、构件生产、物流运输等全供应链环节的精准管控。

与传统现浇建筑相比,装配式建筑的监理工作呈现出“三前一后”的新特征:工作重心“前移”至设计与生产阶段,风险管控“前置”于问题发生之前,技术应用“前沿”化(如BIM),且对监理人员的综合能力要求“后效”性更强,即前期工作的质量将直接决定后期施工的成败。这一转变从根本上重塑了监理的角色定位与工作内涵。

1.2 监理风险管理的理论框架

鉴于上述系统特性,装配式建筑的监理风险管理需构建一个多维度的理论框架。该框架应包含三个层面:

- **时间维度:** 覆盖从设计评审、构件生产、运输存储、现场安装至竣工验收的全过程。这体现了全生命周期管理思想,强调风险管控的连续性与无缝衔接。

- **流程维度:** 形成“风险识别→风险评估→风险应对→风险监控”的动态闭环管理流程。此流程源于经典的风险管理理论,并通过“监控”环节反馈至“识别”,实现了管理的持续改进。

- **方法论支撑:** 综合运用系统工程理论以分析风险在多参与方、多环节间的传导路径,将装配式建筑项目视为一个

复杂巨系统,任何局部风险都可能在系统内产生“蝴蝶效应”;并借助供应链管理思想优化各方协同机制,将构件供应商、物流方视为关键合作伙伴,而不仅仅是合同方,通过信息共享与计划协同来弱化“牛鞭效应”对工程进度的影响,从而实现风险管理的主动性、系统性与持续性。

图1 装配式建筑监理风险管理理论框架

| 时间维度 |
|-------------------------------|
| 设计准备→构件生产→运输存储→现场安装→竣工验收 |
| 管理流程: 风险识别→风险评估→风险应对→风险监控(闭环) |
| 方法论: 系统工程理论+供应链管理思想 |

2 装配式建筑施工阶段核心风险识别与评估

2.1 技术质量风险维度

- **设计阶段:** 风险集中于设计深度不足、专业间碰撞(如管线与预埋件冲突)、节点构造设计不合理,导致构件无法安装或存在结构安全隐患。此阶段的风险具有根源性和放大性。

- **生产阶段:** 风险源于原材料质量波动、模具精度失控、养护条件不当,导致构件强度不足、尺寸偏差或外观缺陷。此阶段的风险具有隐蔽性和滞后性,问题往往在安装时才暴露。

- **安装阶段:** 此阶段是质量风险的集中爆发区。主要包括构件吊装定位偏差、关键节点(如灌浆套筒)连接质量不达标、临时支撑系统失稳等,其质量控制精度直接决定建筑最终的安全性与使用功能。

2.2 管理协调风险维度

- **信息流管理风险:** 设计变更、进度调整、质量反馈等信息在参与方间传递延迟或失真,是导致决策失误和现场返工的主要根源。信息孤岛现象在此类项目中尤为突出。

● 供应链协调风险：构件生产计划、运输物流与现场安装计划脱节，极易造成“现场等构件”或“构件堆场”的局面，扰乱整体施工节奏，显著增加管理与仓储成本。

● 组织界面管理风险：设计、生产、总包、分包等多方责任界面模糊，遭遇质量问题时易相互推诿，对监理的协调与责任界定能力提出了极高要求。

2.3 安全作业风险维度

● 大型构件吊装作业风险：风险集中于起重设备选型与工况匹配、吊具索具安全系数、吊装过程稳定性控制，以及吊装区域的安全隔离。其事故后果通常非常严重。

● 高空作业与临边防护风险：预制构件安装过程中形成的临边、洞口，其防护设施搭设常滞后于结构施工进度，形成动态变化的安全隐患。

● 构件堆场与交叉作业风险：堆场地基承载力不足、构

件堆放稳定性差，以及吊装、焊接、灌浆等多工种在同一区域密集交叉作业，均构成重大安全威胁。

2.4 基于风险矩阵法的风险评估

为将风险识别从定性引向半定量，本研究采用风险矩阵法进行评估。本研究组织了来自开发、设计、施工、监理及构件生产单位的20位资深专家(平均从业年限超过12年)，进行了两轮德尔菲法问卷调查。首轮问卷采用开放式问题广泛征集风险因素，第二轮则请专家对整合后的风险清单中的各项因素的发生概率(P)和影响程度(I)按1-5分制进行Likert量表赋值。通过对问卷结果的统计分析，计算各风险因素得分的平均值与变异系数，直至专家意见趋于一致。最终计算风险值($R = P \times I$)。根据R值将风险等级划分为重大($R \geq 16$)、较大($10 \leq R < 16$)、一般($5 \leq R < 10$)和低风险($R < 5$)。

表1 装配式建筑施工阶段核心风险评估矩阵

| 风险维度 | 具体风险因素 | 概率(P) | 影响(I) | 风险值(R) | 风险等级 |
|------|----------------|-------|-------|--------|------|
| 技术质量 | 灌浆套筒连接不密实 | 4 | 5 | 20 | 重大 |
| 技术质量 | 预制外墙板接缝防水失效 | 3 | 5 | 15 | 重大 |
| 技术质量 | 预制构件尺寸偏差超限 | 3 | 4 | 12 | 较大 |
| 技术质量 | 预埋管线与钢筋冲突 | 3 | 3 | 9 | 一般 |
| 管理协调 | 设计变更信息传递延迟 | 4 | 4 | 16 | 重大 |
| 管理协调 | 构件供应与施工进度脱节 | 3 | 5 | 15 | 重大 |
| 管理协调 | 多方责任界面模糊 | 4 | 3 | 12 | 较大 |
| 管理协调 | 构件出厂验收标准不统一 | 2 | 3 | 6 | 一般 |
| 安全作业 | 大型构件吊装过程失稳 | 2 | 5 | 10 | 较大 |
| 安全作业 | 临边防护设置滞后 | 4 | 3 | 12 | 较大 |
| 安全作业 | 高精度安装带来的高处作业风险 | 3 | 3 | 9 | 一般 |
| 安全作业 | 构件堆场超载或失稳 | 2 | 4 | 8 | 一般 |

从评估结果可以看出：

1. 重大风险主要集中在技术质量的节点连接和管理协调的信息与供应链上，这凸显了装配式建筑“重设计、重协同”的本质。

2. 较大风险分布在三个维度，表明监理需具备跨领域的综合管理能力。

3. 该评估结果使监理单位能够从纷繁复杂的问题中抓住主要矛盾，将有限的管理资源优先配置于管控“重大”及“较大”等级的风险，实现风险管理资源的优化配置与精准投入。

3 装配式建筑施工阶段监理风险防控策略体系

3.1 构建全过程防控机制

● 事前预防(设计/生产阶段)：监理应提前介入设计评审，重点关注构件拆分合理性、节点设计可行性及可建造性。对结构关键构件实施驻厂监造，对原材料、模具精度、生产工艺及养护条件进行全过程抽查与见证检验，建立构件

“身份证”制度，实现质量追溯。

● 事中控制(安装阶段)：建立基于风险等级的关键工序监控清单(如吊装、坐浆、灌浆、节点连接)，实施重点旁站监理。运用移动检查终端实时记录、上传问题数据，并下发整改通知，利用信息平台跟踪至问题闭环，形成“发现-上报-处理-验证”的快速响应机制。

● 事后总结(验收/后评估阶段)：组织专项质量评估与风险复盘会，深入分析典型问题的根源。将经验教训系统化地纳入企业风险管理知识库，用于优化后续项目的管控要点与标准，完成风险管理的闭环。

3.2 强化信息化技术支撑

● BIM技术深度应用：在施工前进行全专业、全系统的碰撞检测，从根本上消除设计冲突。利用4D施工模拟(3D模型+时间维度)优化构件吊装顺序和现场场地布置，并对施工人员进行三维可视化技术交底，降低理解偏差。将BIM模

型与监理工作流程绑定, 实现基于模型的工程量复核、进度款支付参考等。

● **物联网与移动技术集成:** 在关键结构部位(如大型构件支撑点)安装传感器, 实时监测应力、变形等数据, 实现结构安全状态的实时监控与预警。监理人员使用移动设备现场即时调阅 BIM 模型、设计规范与施工方案, 实现检查数据无纸化、即时化采集与共享, 大幅提升管控效率与透明度。

3.3 完善标准化管理体系

● **标准与合同保障:** 在项目招标文件与合同中明确 BIM 模型交付深度、构件加工与安装精度标准, 以及基于信息平台的多方协同工作流程。将风险防控的具体要求, 如驻厂监造、旁站清单等, 写入合同条款, 赋予其法律效力。

● **组织与流程保障:** 监理单位内部应设立 BIM 协同管理小组或装配式建筑专业监理工程师岗位, 并制定针对性的《装配式建筑监理实施细则》及配套的标准化工作表单, 使监理行为有章可循。

● **应急与文化保障:** 针对吊装事故、构件倒塌等重大风险制定专项应急预案, 并定期组织演练。同时, 着力培育开放、透明、协同的项目管理文化, 通过建立联合办公、定期协调会等机制, 从根源上降低因沟通不畅和责任推诿带来的管理协调风险。

4 案例应用: 某装配式住宅项目监理风险管控实践

本项目为建筑面积 8 万平方米的装配式住宅小区, 预制率超过 50%, 主要预制构件包括外墙板、内墙板、叠合板、楼梯及阳台板。

● **风险识别与评估:** 项目初期, 监理部运用本文构建的框架与风险评估方法, 识别并确认了“灌浆不密实”、“预制外墙板接缝渗漏”、“构件供应脱节”等共计 12 项重大与较大风险。

● 防控策略实施:

1. **事前防控:** 通过 BIM 模型进行“虚拟建造”, 共发现并解决了 56 处设计碰撞, 其中重大冲突 8 处; 对预制楼梯、阳台板等复杂构件实行了全程驻厂监造, 累计下发《驻厂监造通知单》15 份, 拦截不合格构件 3 批次, 从源头控制质量。

2. **事中控制:** 监理人员使用定制化移动 APP, 对每层构件的安装精度(如标高、垂直度)、灌浆料流动度及灌浆过程进行影像与数据记录。项目共形成电子质检记录 2, 347 条, 确保所有数据实时上传至管理平台, 平均问题整改闭环时间控制在 24 小时以内。

3. **全程协同:** 每周组织召开基于 BIM 模型的协同例会, 共举行 28 次专题协调会, 解决了诸如“塔吊与预制构件吊装路径冲突”等 27 项现场协调难题, 确保设计、工厂、施工现

场三方信息实时同步。

● **实施效果:** 相较于本公司承监的、施工工艺相似的传统现浇项目, 本项目实现了零重大质量安全事故。具体量化成效对比如下:

○ **质量方面:** 关键工序(如灌浆、坐浆)一次验收合格率从传统项目的约 92% 提升至本项目的 98.7%。项目主体结构验收一次通过率达到 100%。

○ **成本与进度方面:** 因设计错误和现场返工导致的成本损失降低了约 25%。施工主体阶段平均工期缩短了 18%, 证明了本文所构建的风险防控体系不仅提升了质量安全水平, 更带来了显著的经济与工期效益。

5 结论与展望

本研究系统地构建了适用于装配式建筑施工阶段的监理风险识别与防控体系。研究证实, 应对其多维、动态、全过程的风险特征, 必须采用系统化的方法, 将前瞻性的信息技术工具(BIM、IoT)、精细化的过程管控与标准化的制度体系进行深度融合。案例应用表明, 该体系能够有效实现风险的早期识别、科学评估与精准防控, 提升工程项目的整体效益。

展望未来, 随着人工智能技术的成熟, 装配式建筑监理风险管控有望向“智慧监理”方向演进。例如, 通过机器学习算法对历史项目风险数据进行挖掘与分析, 实现风险的智能预测与主动预警; 利用计算机视觉技术, 自动识别现场安全隐患(如未佩戴安全帽)与构件安装质量缺陷(如灌浆饱满度)。这些前沿技术的深度融合应用, 将推动装配式建筑监理进入一个更智能、更高效的新阶段。

[参考文献]

[1] 张华, 王磊. 装配式建筑工程施工安全风险评价与控制研究[J]. 施工技术, 2023, 52(10): 120-124.

[2] 李建国, 刘洋. 基于 BIM 和 RFID 技术的装配式建筑构件全过程质量管理研究[J]. 图学学报, 2024, 45(02): 345-351.

[3] 陈静, 赵刚. 装配式混凝土结构施工阶段监理工作要点及风险防范[J]. 建设监理, 2023, (05): 45-48.

[4] 国家标准化管理委员会. GB/T51231-2016 装配式混凝土建筑技术标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.

[5] 刘振邦. 装配式建筑施工安全风险管理与防范策略[J]. 建筑安全, 2024, 39(01): 67-71.

[6] 王廷魁, 周淘. 基于 BIM 与 RFID 的建筑工程施工质量监控系统研究[J]. 图学学报, 2014, 35(2): 278-283.

[7] 安虎啸. BIM 技术在建筑工程监理中的应用分析[J]. 房地产导刊, 2025, (01): 225-227.