

# 基于 BIM 技术的建筑施工工序过程协同管理研究

王芳兰

450330\*\*\*\*\*1025

**摘要：**建筑施工工序的复杂性、多参与方协同性及动态变化特征，是制约工程效率与质量提升的关键瓶颈。传统施工管理依赖纸质图纸与人工协调，存在信息传递滞后、工序衔接脱节及多方协作低效等问题，难以适应现代建筑项目精细化、数字化管理需求。建筑信息模型（BIM）技术通过集成几何、物理及过程信息，为施工工序协同管理提供了可视化、参数化与动态化的解决方案。本文系统研究基于 BIM 技术的建筑施工工序过程协同管理机制，首先剖析传统工序管理痛点与 BIM 技术的协同价值；其次从工序建模、信息集成、流程优化及动态控制四个维度，构建 BIM 驱动的工序协同管理框架；再次深入解析进度-资源-质量多目标协同的关键技术；最后提出实施保障策略，为推动建筑施工工序管理数字化转型提供理论支撑。

**关键词：**建筑信息模型；施工工序；协同管理；BIM 技术；过程控制

**DOI:** 10. 64216/3080-1508. 25. 12. 007

## 引言

建筑施工是典型的多专业、多阶段、多参与方协同作业过程，涉及土建、机电、装修等数十个专业工种，以及业主、设计、施工、监理等十余类责任主体。施工工序作为连接各专业与参与方的核心纽带，其合理性、衔接性与动态适应性直接影响工程整体进度、质量与成本。而建筑信息模型（BIM）技术通过三维数字化模型集成工程全生命周期信息，为施工工序协同管理提供了新的技术路径。BIM 不仅包含几何形体数据（如构件尺寸、空间位置），还关联了材料属性（如强度、导热系数）、施工工艺（如浇筑顺序、安装方法）及进度计划（如开始时间、持续时间）等过程信息，能够实现工序逻辑关系的可视化表达与动态模拟。本文通过理论分析与逻辑推导，深入探究 BIM 驱动的施工工序协同管理机制，旨在为行业实践提供可操作的解决方案。

## 1 传统施工工序管理的痛点与 BIM 协同价值

### 1.1 传统工序管理的主要问题

传统施工工序管理以“先设计后施工、先整体后局部”为基本逻辑，其核心痛点体现在三个层面：一是信息割裂，设计图纸、材料清单及工艺标准分别存储于不同文件，施工人员需跨部门获取信息，且版本更新不及时易引发“信息孤岛”；二是衔接模糊，工序间的逻辑关系（如土建基础完成后再进行机电预埋）仅通过文字描述或简单图表表达，施工人员难以直观理解前后工序

的依赖条件，常因前序工序未达标（如混凝土强度未达到要求）强行推进后续作业，导致质量隐患；三是协调低效，当出现设计变更（如管线路由调整）或资源冲突（如多专业同时占用同一作业面）时，需组织多方现场协调，问题响应周期长（通常需 2-3 天），且决策依赖经验判断，易引发返工或工期延误<sup>[1]</sup>。

### 1.2 BIM 技术的协同核心价值

BIM 技术的本质是通过数字化模型整合工程全要素信息，为施工工序协同提供“可视化、参数化、动态化”支撑。其协同价值具体表现为：其一，可视化表达，BIM 模型将抽象的工序逻辑转化为三维空间中的动态模拟（如通过 4D-BIM 展示各工序随时间推进的空间占位关系），使施工人员直观掌握前后工序的衔接条件与时序要求；其二，参数化关联，BIM 模型中的构件（如梁、柱）与工序（如钢筋绑扎、模板支设）通过参数（如混凝土强度等级、养护时间）建立逻辑关联，任一参数变更（如设计调整梁截面尺寸）将自动触发关联工序的更新，确保信息一致性；其三，动态化协同，BIM 平台支持多方实时在线协作（如设计方修改管线布局后，施工方可即时查看并调整工序计划），通过碰撞检测提前发现工序冲突（如机电管线与结构梁碰撞），将问题解决前置到施工前阶段。

## 2 基于 BIM 技术的施工工序协同管理框架构建

### 2.1 工序建模：从二维描述到三维逻辑的转化

施工工序建模是 BIM 协同管理的基础，其核心是将传统文字描述的工序流程转化为三维模型中的参数化逻辑关系。具体步骤包括：首先，基于施工图纸与工艺标准，对建筑结构、机电系统等进行专业分解，识别关键工序单元（如基础开挖、钢筋混凝土浇筑、幕墙安装），并为每个工序单元定义唯一编码（如“01-01-01”表示 1 号楼 1 层 1 号工序）；其次，将工序单元与 BIM 模型中的对应构件关联（如“钢筋混凝土浇筑”工序关联至梁、板、柱构件），并赋予时间参数（如开始时间、持续时间）、空间参数（如作业面高度、占用区域）及资源参数（如所需人工、机械数量）；最后，通过 BIM 软件（如 Revit、Navisworks）建立工序间的逻辑关系（如“模板支设”必须在“钢筋绑扎”完成后开始，“外墙保温”需在“主体结构封顶”后进行），形成包含时间、空间与资源维度的三维工序网络模型<sup>[2]</sup>。

## 2.2 信息集成：多源数据的统一管理与交互

施工工序协同需整合设计信息（如 CAD 图纸、BIM 模型）、施工信息（如进度计划、资源需求）及管理信息（如质量标准、安全规范）等多源数据。BIM 平台通过数据接口与标准化规则实现信息集成：一方面，将设计阶段的三维模型（如建筑、结构、机电模型）导入 BIM 平台，并关联施工图纸中的详细参数（如材料规格、连接方式）；另一方面，将施工进度计划（如甘特图）与 BIM 模型中的工序单元绑定，通过 4D-BIM 模拟展示各工序随时间推进的空间分布；同时，集成资源管理信息（如塔吊作业半径、混凝土搅拌站供应能力）与质量管理信息（如混凝土试块强度标准、隐蔽工程验收要求），形成覆盖全要素的信息数据库。通过统一的数据格式（如 IFC 标准）与访问权限控制，各参与方可实时获取所需信息，避免因数据不一致导致的决策偏差。

## 2.3 流程优化：基于模拟分析的工序动态调整

传统工序计划通常基于经验制定，难以应对设计变更、资源波动等动态因素。BIM 技术通过流程模拟与优化功能，实现工序计划的动态调整：首先，利用 4D-BIM 模拟不同工序方案的执行效果（如比较“先机电后装修”与“先装修后机电”的工期差异），识别关键路径（如主体结构施工、外立面幕墙安装）与非关键路径工序；其次，通过碰撞检测功能提前发现工序冲突（如结构预留洞口尺寸与机电管线直径不匹配、多专业作业面空间

重叠），并生成冲突报告（包括冲突位置、涉及工序及影响程度）；最后，基于模拟结果优化工序顺序（如调整非关键路径工序的开始时间以避开资源高峰）、优化资源配置（如增加塔吊数量缓解垂直运输压力）及优化工艺方法（如采用装配式施工缩短关键工序工期），形成动态可调的工序执行方案。

## 2.4 动态控制：实时反馈与偏差纠正机制

施工过程中，受材料供应延迟、天气变化等因素影响，实际工序进度常与计划存在偏差。BIM 技术通过实时数据采集与反馈机制实现动态控制：一方面，在施工现场部署物联网传感器（如定位标签、进度监测摄像头），实时采集工序执行数据（如当前工序完成百分比、作业人员数量、机械使用状态），并将数据同步至 BIM 平台；另一方面，通过对比实际进度与计划进度的偏差（如某工序延迟 2 天），自动触发预警机制（如向项目经理推送提醒信息），并基于模型分析偏差对后续工序的影响范围（如延迟工序为关键路径时，将导致总工期延长）；最后，协同各方制定纠偏措施（如增加人力投入追赶进度、调整后续工序的开始时间），并将调整后的计划实时更新至 BIM 模型，确保所有参与方基于最新信息协同作业<sup>[3]</sup>。

## 3 施工工序协同管理中的多目标协同关键技术

### 3.1 进度-资源协同：平衡工期与投入的关键

施工工序管理需同时满足工期目标与资源约束（如劳动力、机械、材料的可用性）。BIM 技术通过资源负荷分析与工序优先级调整实现进度-资源协同：首先，基于 BIM 模型统计各工序的资源需求（如某楼层混凝土浇筑需 2 台泵车、10 名工人），并结合资源供应计划（如泵车每日可用时间为 6 小时、工人班组数量为 3 组），计算资源在不同时间段的使用负荷（如某日泵车总需求为 4 台，但实际仅能提供 3 台）；其次，识别资源冲突时段（如多个工序同时需要同一台塔吊），通过调整非关键路径工序的开始时间（如将装饰装修工序推迟 1 天）或优化资源配置（如增加临时租赁设备）化解冲突；最后，结合进度压缩技术（如快速跟进、赶工），在资源允许范围内缩短关键路径工序工期，确保总工期目标实现。

### 3.2 进度-质量协同：保障工期与品质的平衡

工序进度与质量存在天然矛盾——盲目追赶进度可能导致质量缺陷（如混凝土养护时间不足），而过度强调质量可能延误工期。BIM 技术通过质量管控节点嵌入与工序关联实现进度-质量协同：首先，在 BIM 模型中为关键工序（如防水层施工、钢结构焊接）设置质量验收节点（如“混凝土浇筑后需养护 28 天方可进行下一道工序”），并将验收标准（如混凝土强度达到设计值的 80%）与工序逻辑关联；其次，通过 4D-BIM 模拟展示质量验收节点的时间要求（如某工序必须在特定日期前完成验收才能进入后续作业），提醒施工人员按时提交验收申请；最后，当进度压力与质量要求冲突时（如业主要求提前交付但防水层未充分养护），BIM 平台可基于历史数据（如类似项目养护不足导致的渗漏率）提供决策支持（如建议延长养护时间或采用替代防水工艺），平衡工期与品质目标<sup>[4]</sup>。

### 3.3 进度-安全协同：防范工期风险与安全隐患

施工工序的紧凑安排可能增加安全风险（如多专业交叉作业引发高处坠落、机械碰撞）。BIM 技术通过安全风险预判与工序隔离实现进度-安全协同：首先，基于 BIM 模型识别高风险工序（如深基坑开挖、高空吊装）及关联安全要求（如基坑周边需设置防护栏杆、吊装区域需划定警戒线），并将安全规范（如《建筑施工高处作业安全技术规范》）嵌入工序逻辑；其次，通过 4D-BIM 模拟多工序同时作业的空间冲突（如同一作业面内既有电焊作业又有油漆喷涂，可能引发火灾），并生成安全优化建议（如错峰危险作业时间或设置隔离屏障）；最后，实时监测施工现场的安全状态（如通过传感器采集高处作业人员的安全带佩戴信息、机械的运行参数），当安全风险超过阈值（如某区域人员密度超过规定值）时，自动调整工序计划（如暂停部分非紧急作业），确保工期推进与安全生产同步实现。

## 4 基于 BIM 技术的工序协同管理实施保障策略

### 4.1 技术工具支撑：BIM 平台与配套技术的集成

实施 BIM 驱动的工序协同管理需依托功能完善的 BIM 平台及配套技术。首先，选择支持多专业协同（如建筑、结构、机电模型集成）、4D 模拟（进度与模型关

联）及数据交互（如与 ERP 系统对接）的 BIM 软件（如 Autodesk Construction Cloud、广联达 BIM5D）；其次，部署物联网设备（如 RFID 标签用于材料追踪、定位传感器用于人员与机械监控），实时采集施工现场数据并同步至 BIM 平台；最后，建立标准化的数据接口（如 IFC、gbXML），确保设计、施工及管理各环节的信息无缝传递，避免因格式不兼容导致的数据丢失或错误。

### 4.2 组织机制保障：多方协同与责任划分

BIM 协同管理需打破传统“各自为政”的组织模式，建立多方参与的协同机制。首先，成立由业主、设计、施工、监理等各方代表组成的 BIM 协同小组，明确各参与方的职责（如设计方负责模型准确性、施工方负责工序执行反馈）；其次，制定统一的 BIM 应用标准（如模型精度要求、工序编码规则），确保各方基于相同规则开展工作；最后，通过合同条款约定 BIM 协同的权责关系（如因模型信息错误导致的返工责任归属），激励各方主动参与协同管理。

## 5 结论

建筑施工工序的协同管理是提升工程效率与质量的核心环节，传统管理模式因信息割裂、衔接模糊及协调低效等问题难以适应现代建筑需求。基于 BIM 技术的施工工序协同管理通过可视化建模、多源信息集成、动态流程优化及实时反馈控制，有效破解了传统模式的痛点，实现了工序逻辑的清晰表达、多方协作的无缝衔接及动态问题的前置化解。未来研究可进一步聚焦 BIM 与数字孪生、人工智能等技术的融合应用，深化复杂项目（如超高层建筑、大型综合体）的工序协同策略，为建筑行业数字化转型提供更全面的支撑。

### 参考文献

- [1] 雷先锋. 基于 BIM 技术的建筑智能化施工阶段应用研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(12): 133-135.
- [2] 王建勋. 基于 BIM 的建筑施工协同管理研究[J]. 施工技术, 2020, 49(S1): 40-44.
- [3] 韦可钦. 基于 BIM 技术的复杂建筑节点深化设计探索[J]. 城市建筑, 2024, 21(22): 183-186.
- [4] 于天笑. 基于 BIM 的住宅建筑多专业协同施工技术研究[J]. 四川水泥, 2024(11): 109-111.