

BIM 技术在既有建筑工程改造项目管理中的进度偏差预警与动态调整研究

李腾瑜

441402*****0210

摘要: 既有建筑工程改造项目作为城市更新的重要组成部分,其进度管理面临既有结构保护、功能需求变更及多专业协同等复杂挑战。传统进度管理方法依赖人工经验与定期报表统计,难以实时捕捉进度偏差并实现动态优化,常导致工期延误与成本超支。建筑信息模型(BIM)技术通过集成几何、时间、资源等多维度信息,为既有建筑改造项目的进度管理提供了新的技术路径。本文系统研究了BIM技术在既有建筑改造进度偏差预警与动态调整中的应用机理与实践方法。研究表明,BIM技术通过数据驱动的实时监控与智能决策支持,可显著提升既有建筑改造项目进度管理的精准性与适应性,为城市更新工程的高效推进提供理论与技术支撑。

关键词: 建筑信息模型;既有建筑改造;进度管理;偏差预警;动态调整

DOI: 10.64216/3080-1508.25.12.012

引言

随着我国城镇化进程进入深度发展阶段,大量既有建筑因功能老化、空间不足或规范升级需进行改造更新。既有建筑改造项目不仅需满足新功能需求,还需兼顾既有结构安全、周边环境限制及使用中的持续运营要求,其进度管理复杂度显著高于新建工程。传统进度管理依赖二维图纸与定期进度报告,信息传递滞后且难以直观反映各专业协同状态,常出现进度偏差发现不及时、调整措施滞后等问题,导致工期延误、成本增加甚至引发安全事故。建筑信息模型(BIM)技术通过集成建筑全生命周期的多维度信息,为既有建筑改造项目的进度管理提供了可视化、参数化与协同化的解决方案。本文聚焦既有建筑改造场景,研究BIM技术在进度偏差预警与动态调整中的应用逻辑与技术方法,旨在为城市更新工程的高效实施提供理论与实践参考。

1 BIM 技术在既有建筑改造进度管理中的核心作用

1.1 支持精细化进度计划编制

BIM技术通过将进度计划与三维模型深度关联,实现“4D-BIM”(3D模型+时间维度)的可视化进度模拟。在既有建筑改造中,可基于既有结构扫描点云数据构建精确的现状模型,叠加设计深化后的改造模型(如新增墙体、拆除区域、加固节点),将施工任务分解为具体工作包并关联至模型构件。通过定义各工作包的开始时

间、持续时间及逻辑关系(如FS/FIN/SS等),生成动态可视化的进度计划。相较于传统横道图,4D-BIM模型可直观展示“何时何地由谁完成何种工作”。例如,清晰呈现结构加固与机电管线预埋的先后顺序——加固完成的梁体方可进行管线开槽;装修作业与设备安装的空间避让关系——吊顶装修需在空调管道安装完成后进行。此类可视化模拟帮助管理人员提前识别潜在的时间冲突与空间矛盾,减少因工序安排不当导致的进度延误。

1.2 实现多专业协同与三维可视化交底

既有建筑改造涉及结构、机电、装修等多个专业,各专业的进度计划需高度协同。BIM平台支持多专业模型集成,通过碰撞检测功能提前发现不同专业构件间的空间冲突(如水管与结构梁碰撞、配电箱与加固锚栓重叠),并关联至进度计划中对应工序,辅助优化施工顺序。例如,通过BIM模型可直观发现“电气桥架与结构加固柱预留孔洞位置冲突”,进而调整桥架走向或加固柱施工方案,避免施工过程中的返工。同时,基于BIM的三维可视化交底可将抽象的进度计划转化为直观的动画演示,向施工班组明确展示每日工作任务的空间范围与操作要点。例如,向拆除班组演示“今日需拆除3层东侧非承重墙,注意避开上方既有电线管道,作业时间为上午9点至12点”,减少因理解偏差导致的进度延误。此外,BIM模型可集成材料清单与工艺标准,辅

助施工人员快速获取作业指导信息（如“墙面抹灰需分层施工，每层厚度不超过 8 毫米”），提升工序执行效率。

1.3 支持实时数据采集与进度状态跟踪

传统进度管理依赖人工现场记录，数据真实性与时效性不足。BIM 技术结合物联网（IoT）传感器与移动端应用，可实现进度数据的自动采集与实时更新。例如，通过在施工现场部署定位设备，记录关键工序的实际开始与完成时间（如“结构加固梁体浇筑于上午 8 点开始，10 点完成”）；利用移动终端拍摄工序完成照片并上传至 BIM 平台，关联至对应模型构件（如上传“拆除区域垃圾已清运完毕”的照片并绑定至拆除工序模型）；通过扫描二维码获取构件的计划进度与实际进度对比信息（如扫描某面墙体的二维码，显示计划完成时间为 5 月 10 日，实际完成时间为 5 月 12 日）。这些实时数据直接反馈至 4D-BIM 模型中，动态更新各工作包的完成状态，形成可视化的“进度数字孪生体”。管理人员可通过模型直观查看“当前整体进度完成率为 65%，其中结构加固进度滞后 2 天，装修作业进度正常”，从而随时掌握项目整体进度及各工序的精确进展^[1]。

2 基于 BIM 的进度偏差预警与动态调整方法

2.1 进度偏差预警指标体系的构建

进度偏差预警需建立科学的量化指标体系，以精准识别偏差程度与影响范围。本研究从三个维度构建指标：一是时间偏差指标，包括绝对偏差（实际进度与计划进度的天数差值）与相对偏差（偏差天数占该工序总工期的比例）。例如，某道拆除工序计划工期为 3 天，实际耗时 4 天，则绝对偏差为 1 天，相对偏差为 33.3%。重点关注关键路径上工序的偏差（阈值设为超过计划工期的 10%），因其直接影响总工期。二是资源匹配指标，分析因进度偏差导致的劳动力、材料、机械设备的闲置或短缺情况。例如，某工序延迟导致后续工序所需的水泥砂浆未按时进场，造成后续施工班组窝工；或某设备因工序提前使用而过早进场，增加租赁成本。三是影响范围指标，评估偏差对相邻工序、关键路径及总工期的连锁反应。例如，非关键路径上的装修基层施工延迟超过其总浮动时间（如原计划有 5 天浮动时间，实际延迟 6 天），则该工序转为关键工序并影响总工期。BIM 平

台可实时计算上述指标，并设置分级预警规则：轻度偏差（偏差值低于阈值的 70%）触发黄色预警，提示加强观察；中度偏差（偏差值达到阈值的 70%-90%）触发橙色预警，要求分析原因并制定初步调整方案；严重偏差（偏差值超过阈值的 90%）触发红色预警，必须立即停工并采取紧急措施。

2.2 偏差量化分析与关键路径动态识别

当预警信号触发后，需进一步量化分析偏差的具体影响。基于 BIM 的进度管理模块可自动计算偏差工序的前置与后续关联关系，通过“前锋线比较法”对比实际进度前锋线与计划进度线，确定偏差对关键路径的影响程度。若偏差发生在关键路径上（如结构加固工序），则直接导致总工期延长；若发生在非关键路径上但延迟超过总浮动时间（如装修基层施工），则该工序转为关键工序并影响总工期。BIM 平台可动态更新关键路径，例如原关键路径为“结构加固→机电管线安装→装修基层施工”，若结构加固工序延迟 3 天，则后续机电管线安装的最早开始时间相应推迟，需重新计算各路径的总工期并识别新的关键路径。这一过程通过 BIM 的自动计算功能替代人工推导，大幅提升分析效率与准确性。同时，BIM 模型可直观展示偏差工序的位置与影响范围（如在模型中高亮显示延迟的结构加固梁体及其关联的机电管线），辅助管理人员快速定位问题根源^[2]。

2.3 动态调整策略与资源再分配优化

针对识别的进度偏差，BIM 技术支持多方案比选的动态调整。调整策略主要包括三类：一是工序压缩，通过增加资源投入（如延长每日作业时间、增加施工班组）缩短关键路径上工序的持续时间。例如，对延迟的结构加固工序，增加 2 个工人并采用早强混凝土材料，将原计划 3 天的工期压缩至 2 天。BIM 平台可模拟不同压缩方案对总成本的影响（如加班费用增加与工期缩短的平衡），辅助选择最优方案。二是工序平移，将非关键路径上的闲置资源调配至关键路径工序，或调整非关键工序的开始时间以释放资源瓶颈。例如，将原计划第 5 天开始的室内抹灰工序（非关键路径，有 7 天浮动时间）推迟至第 7 天开始，释放出的抹灰班组可支援第 4 天延迟的机电管线安装工序（关键路径）。三是计划重构，当偏差超过一定阈值（如总工期延误超过 10%）时，重新优化整体进度计划。例如，合并部分次要工序（如将

墙面刮腻子与刷涂料工序合并为连续作业)、调整工序逻辑关系(如将 FS 关系改为 SS 关系,允许部分工作并行开展)。调整过程中,BIM 平台实时更新 4D 模型与资源需求计划(如劳动力、材料、机械设备的每日需求量),确保各专业工序的时间、空间及资源协同一致。例如,调整后的计划中,机电管线安装与装修基层施工的作业区域通过 BIM 模型划分,避免交叉作业冲突,同时材料进场时间根据新计划精确匹配,减少现场堆放压力^[3]。

3 实施保障措施

3.1 技术集成与平台兼容性

BIM 技术的有效应用需依托集成化的管理平台,该平台应兼容既有建筑的结构扫描数据(如点云格式)、设计图纸(DWG/BIM 格式)、进度计划软件(如 MS Project/P6 导出数据)及物联网设备接口。建议采用开放式 BIM 标准(如 IFC 格式)实现多源数据交互,确保不同参与方的模型与进度数据可无缝对接。同时,平台需具备实时数据处理能力,支持大规模模型的轻量化加载与多人协同编辑,避免因数据冗余导致的系统卡顿。例如,通过云端存储与分布式计算技术,实现多专业模型(如结构、机电、装修)的集成加载与实时更新,保障施工过程中数据的流畅传输。

3.2 管理流程与组织协同优化

进度管理需从传统的分散式向集成化转变。建议建立基于 BIM 的进度管理小组,成员包括业主代表、设计单位 BIM 工程师、施工单位进度管理员及监理方监督员,明确各方在模型维护、数据录入及偏差处理中的职责。例如,施工单位负责每日更新现场进度数据至 BIM 平台(如上传工序完成照片、录入实际开始时间),设计单位同步反馈变更信息(如因规范调整导致的加固方案修改),监理方审核进度偏差处理的合理性(如检查压缩工序的安全措施是否到位)。通过定期召开 BIM 协同会议(如每周一次),基于 4D 模型可视化讨论进度问题与调整方案(如展示“当前结构加固进度滞后 2 天,拟增加工人压缩工期”),减少跨部门沟通成本。此外,需制定统一的数据录入标准(如进度偏差描述格式、监测数据上传频率),确保信息的准确性与一致性。

3.3 人员能力与培训体系

BIM 技术的深度应用依赖于人员的专业能力。项目团队需开展针对性培训,内容包括 BIM 软件操作(如 Revit+Navisworks 的 4D 模拟、进度计划关联)、既有建筑改造的特殊要求(如结构安全边界识别)、偏差分析方法(如前锋线比较与关键路径计算)及物联网设备使用(如传感器数据读取)。培训需结合工程实际场景,例如模拟“装修工序因材料延迟导致进度偏差,通过 BIM 平台调整后续工序顺序”的案例,提升人员的实战能力。同时,鼓励管理人员从“经验驱动”向“数据驱动”思维转变,通过 BIM 平台的可视化界面直观理解进度状态(如查看“当前整体进度完成率为 70%,关键路径剩余 5 天”),基于数据而非主观判断制定决策,提升管理的科学性与精准性^[4]。

4 结束语

既有建筑改造项目的进度管理面临既有结构约束、功能动态变更及环境受限等多重挑战,传统方法难以满足实时性与协同性需求。本文研究表明,BIM 技术通过支持精细化进度计划编制、多专业协同交底及实时数据跟踪,为进度偏差预警与动态调整提供了数据驱动的技术路径。基于 BIM 的预警指标体系与动态调整方法,能够精准识别偏差程度、量化分析影响范围并优化资源再分配,显著提升进度管理的精准性与适应性。通过技术集成、管理流程优化与人员能力提升,可实现施工过程的动态优化与实时监控反馈,为城市更新工程的高效推进提供理论与技术支撑。未来研究可进一步结合人工智能算法(如机器学习预测进度偏差趋势)与智能传感器技术(如基于 BIM 的自动化监测设备),推动既有建筑改造项目管理向智能化方向发展。

参考文献

- [1]王乾坤,冯海洋,杨蜜,王亚珊.基于 BIM 的关键链进度预警系统研究[J].建筑经济,2018,39(2):27-32.
- [2]林武,张业星,斯铁冬,程雨秋,徐灵慧.基于 BIM-CCM 的项目进度风险管理[J].人民长江,2021,52(S02):335-340.
- [3]董娜,张宁,赵雪媛,等.基于 BIM 与 RFID 的工业化建筑构件进度管理研究[J].施工技术,2018,47(10).
- [4]包胜,卢富华,赵政辉,等.BIM 技术在施工进度管理中的应用[J].项目管理技术,2018,(4).