

BIM技术在土木工程施工进度与质量协同管控中的应用

关昊雨

新疆三利建筑有限责任公司 新疆 奎屯 833200

摘要：施工进度与质量是土木工程项目的核心管理目标，二者相互制约又内在统一，协同管控是实现项目整体最优的关键。然而，传统管理模式中进度计划与质量标准的制定和执行相互割裂，信息传递滞后、偏差响应分散，导致进度延误与质量缺陷频发。建筑信息模型（BIM）技术以其可视化、参数化、集成化和可模拟等特性，为破解这一困境提供了新的技术路径。本文从进度与质量协同管控的内在逻辑出发，分析传统管理模式的不足，系统阐述BIM技术在信息集成、方案优化、动态监控及协同决策等方面的支撑机理，进而构建基于BIM的协同管控框架，涵盖协同计划编制、动态监控预警及闭环处置等核心环节，并探讨实施的关键技术与保障策略。研究表明，BIM技术能够有效打通进度与质量之间的信息壁垒，实现计划与执行的动态联动，为施工协同管控提供系统性解决方案。

关键词：BIM技术；土木工程施工；进度管控；质量管控；协同管理

引言

土木工程施工阶段是将设计蓝图转化为工程实体的核心过程，进度与质量作为项目的两大基本目标，共同决定着项目的综合效益。进度管理关注时间维度的有序推进，质量管理关注实体维度的标准符合，二者并非各自独立的平行线，而是相互影响、相互制约的耦合关系——进度压缩可能降低质量保障投入，质量返工必然导致进度拖延。最优的项目管理状态，是在进度与质量之间寻求动态平衡，实现协同推进。然而，在传统施工管理模式中，进度计划由工程部门编制，质量控制由质检部门执行，两个体系的信息流彼此隔离。进度计划往往不考虑质量验收节点的占用时间，质量控制数据也难以反向修正后续进度安排。这种“进度—质量”二元分离的管理惯性，导致项目执行中频繁出现“抢工”与“返工”交替的恶性循环。近年来，BIM（Building Information Modeling）技术的成熟与推广，为打破这一困局提供了技术可能。BIM以三维数字模型为载体，集成几何信息、材料属性、施工工艺及时间进度等多元数据，具备可视化模拟、碰撞检测、动态跟踪和协同共享等功能，能够将进度计划与质量要求统一于同一信息平台，实现两者的协同联动。

1 土木工程施工进度与质量协同管控的内涵与现实挑战

1.1 协同管控的基本内涵

施工进度与质量协同管控，是指在施工准备、实施和验收全过程中，将进度计划编排和质量标准设定纳入统一的决策框架，在识别二者相互影响关系的基础上，统筹安排资源投入、工序衔接和检查验收节点，使进度

推进不损害质量形成、质量检查不阻塞进度通道，最终实现工期与质量双目标的最优平衡^[1]。协同管控的本质不是“同时抓”两个目标，而是“系统管”二者的接口——即对进度与质量之间的每一个接触点（如工序交接点、验收停歇点、整改返工点）进行事先规划、事中协调和事后评估。

1.2 传统管理模式中进度与质量的割裂

传统施工管理模式中，进度计划以甘特图或网络图作为工具，侧重于工序的持续时间与逻辑关系，较少考虑每道工序所需的质量验证活动。质检部门则按验收规范独立开展分项验收，不参与进度计划的编制过程，仅被动响应进度安排。这种分离带来三个典型后果：第一，进度计划中未合理预留工序质量验收的等待时间，导致验收不合格时挤占后续工期，造成被动赶工；第二，质量问题的发现滞后于施工进度，往往在一个分项完成后才进行检查，缺陷返工量大且影响后续作业；第三，进度偏差信息无法与质量状况关联分析，管理者难以判断进度延误是源于资源不足还是质量问题导致的返工，难以制定针对性纠偏策略。

1.3 协同管控的主要障碍

实现进度与质量协同管控面临三重障碍。信息异构障碍——进度数据以时间表和百分比形式存在，质量数据以检验报告和实测值形式存在，两者格式不同、存储分散，难以直接关联分析。流程衔接障碍——进度编制与质量控制分属不同管理流程，各自独立运行，缺乏共同的流程节点和接口设计。响应时效障碍——质量问题的发现、上报、分析和处置周期较长，当问题被确认时，进度已经推进至后续工序，纠偏措施往往滞后且成

本高昂。上述障碍的根源在于缺乏一个能够同时承载进度与质量信息并支持二者交互分析的技术载体。

2 BIM 技术支撑土木工程施工进度与质量协同管控的机理

2.1 BIM的信息集成特性

BIM技术的核心价值在于信息集成。一个完整的BIM模型不仅包含构件三维几何信息，还关联材料属性、施工工艺要求、验收标准以及时间进度等非几何信息。所有信息以统一的数据库存储、以模型为索引呈现，消除了进度数据与质量数据之间格式和存储的异构性。当进度信息与质量信息均附着于同一模型构件时，二者之间的关联关系便自然建立——点击任一构件，既可查看计划施工时间和实际完成时间，也可查阅该构件的验收标准、检验记录和评定结果。这种信息集成是进度与质量协同管控的数据基础。

2.2 可视化与可模拟性支撑预控管理

BIM的可视化功能使进度计划不再是抽象的横道图，而是与三维模型绑定的“4D-BIM”动态模拟。管理者可以在虚拟环境中预览每一施工阶段的工序顺序和空间占位，提前识别进度计划中可能存在的冲突^[2]。同时，质量验收标准也可以嵌入模型，通过“质量预演”功能，让管理人员在施工前即清楚每个构件的检查要点和验收条件，将质量策划前置至计划编制阶段，减少施工中的被动调整。

2.3 动态更新与实时关联能力

BIM模型支持版本管理和动态更新。施工现场的实际进度数据（如构件完成时间、验收通过状态）可通过移动端实时回传至模型，使模型成为反映现场真实状态的“数字镜像”。当实际进度与计划进度出现偏差时，模型可以自动标识滞后构件；当质量验收不合格时，模型可以直观展示不合格部位并高亮提示。进度与质量的状态在同一个模型上同步呈现，管理者可一目了然地看到“哪些部位进度落后、哪些部位质量待查、哪些问题影响下一步作业”，从而实现基于统一信息源的协同决策。

2.4 协同工作平台提供组织支撑

BIM技术通过协同工作平台，将建设、设计、施工、监理等多方主体连接至同一信息空间。各方对模型数据的访问、修改和评论均有权限控制和版本记录，保证了信息传递的及时性和一致性。进度计划的调整和质量问题的整改通知均可通过平台推送至相关责任人，并跟踪处理结果。这种基于BIM的协同机制，打破了传统管理中“各自为政”的组织壁垒，为进度与质量协同管控提供

了流程支持。

3 基于 BIM 的土木工程施工进度与质量协同管控框架构建

3.1 协同计划编制：统一进度—质量基准

协同管控的起点是编制统一的“进度—质量”协同计划。第一步，将项目的施工进度计划按工作分解结构（WBS）逐级分解至分项工程和检验批层级，并为每个最小计划单元确定计划开始/结束时间。第二步，在相同分解层级嵌入对应的质量验收标准、检查项目、允许偏差和检测方法，明确每道工序必须达到的质量要求^[3]。第三步，在进度计划中自动关联质量验收活动所需的持续时间（包括现场检查、取样送检和评定审批），使之成为进度计划的有机组成部分而非额外占时。第四步，利用BIM模型进行4D可视化模拟，验证进度安排是否合理、质检节点是否与工序流程协调，发现冲突及时调整，确保计划基准在理论上具有可行性和协同性。

3.2 施工过程动态监控：实时采集与偏差识别

施工实施阶段，利用移动终端和物联网传感设备，将每日实际完成的工程量、检验批的验收结果及质量实测数据实时录入BIM协同平台。平台自动将实际进度与计划进度进行对比，生成进度偏差分析；同时，将实测质量数据与模型内嵌的标准值进行比对，判断是否合格。进度偏差与质量偏差在模型中以不同颜色（如红色代表滞后，黄色代表偏差临界，绿色代表正常）分区显示，形成“进度—质量”一张图。更重要的是，平台能够识别“连锁偏差”——例如某区段柱混凝土验收不合格（质量偏差）将直接影响上层梁板的施工（进度延误），并在模型中自动提示这一连锁关系，帮助管理者在问题萌芽阶段即预判后续影响。

3.3 闭环协同处置：联动调整与闭环管理

当偏差识别后，系统触发处置流程。对于单一的进度偏差或质量偏差，按常规的纠偏或整改流程处理。对于进度与质量关联的复合偏差（如因质量不合格返工导致的进度滞后），系统自动生成综合处置建议——既包括质量整改方案，也包括进度计划调整方案（如调整后工序的施工顺序、增加作业资源或优化工艺）。调整方案在BIM模型中进行模拟验证，确认不会产生新的冲突后，通过协同平台下达至施工班组，同时更新模型中的计划信息，实现“偏差发现—原因分析—联动处置—计划更新—效果验证”的完整闭环^[4]。所有处置记录均附加至相关构件的信息档案中，为竣工资料编制提供完整溯源。

3.4 协同平台功能模块设计

实现上述流程需要一个功能完整的BIM协同管控平台,其核心模块包括:模型管理模块(存储和展示各版本BIM模型)、进度管理模块(编制、分解、跟踪和对比)、质量管理模块(嵌入验收标准、记录检验结果、评定等级)、偏差预警模块(设定进度滞后阈值和质量偏差允许范围,自动触发预警)、协同处置模块(任务派发、流程审批、消息通知)以及统计分析模块(生成进度-质量联动报表,识别高频问题和薄弱环节)。各模块基于同一数据池运行,确保进度与质量信息的一致性和关联性。

4 实施的关键技术与保障策略

4.1 关键支撑技术

BIM协同管控的有效运行需要多项配套技术的支撑。4D/5D-BIM建模是基础——将进度计划(时间维度)和成本信息(成本维度)附加于三维模型之上,形成多维信息载体。移动互联网与物联网采集是数据入口——现场人员使用移动APP填报进度和质量数据,传感器自动采集温湿度、沉降等环境参数,减少人工录入延迟和误差^[5]。轻量化引擎与多端适配是应用保障——大型BIM模型需经轻量化处理后才能移动端流畅查看,使现场管理人员在作业面即可访问模型数据。信息交换标准(如IFC)是协同前提——确保不同软件生成的BIM模型能够互通和集成,避免数据孤岛。

4.2 实施保障策略

BIM技术应用的成功不仅取决于软件硬件,更依赖于配套的保障措施。组织层面,应建立以项目经理为领导的BIM实施团队,明确各参建单位的BIM职责和协作规则,将BIM协同应用写入合同条款,明确各方的权责和奖惩机制。标准层面,需编制项目级的BIM应用实施标准,规范模型命名规则、信息编码体系、数据交换格式和交付要求,确保信息的统一性和可交换性。流程层面,将BIM协同管控流程嵌入项目现有的质量管理体系和进度管理流程中,使其成为日常管理的一部分而非额外负担,避免“两张皮”。人员层面,开展分层级的BIM技能培

训——管理层侧重于平台操作和数据分析,执行层侧重于移动端填报和信息反馈,并建立BIM应用考核机制,将协同管控的执行情况纳入绩效考核。

结束语

BIM技术为土木工程施工进度与质量的协同管控提供了强大的技术支撑。本文通过分析协同管控的理论内涵与现实困境,系统阐述了BIM在信息集成、可视化模拟、动态监控和协同决策等方面的支撑机理,并构建了从协同计划编制、动态监控到闭环协同处置的实施框架。研究表明,BIM技术的核心价值在于打通进度与质量之间的信息壁垒,使二者在同一模型、同一平台上实现数据共享、状态互见和调整联动,从根本上改变了传统管理中二者“各管各账”的割裂局面。然而,BIM终究是一种技术工具,其效能的发挥依赖于与之匹配的组织流程、标准体系和人员能力。因此,实施单位在引入BIM技术的同时,必须同步推进管理流程再造和团队能力建设,方能使技术优势真正转化为项目管理的实际效益。随着BIM与大数据、人工智能、数字孪生等技术的深度融合,未来进度与质量的协同管控有望实现更加智能化的预警、分析与决策支持,为土木工程施工管理开辟更为广阔的发展空间。

参考文献

- [1]王强,张磊,李明.基于BIM的施工进度与质量协同管理研究综述[J].工程管理学报,2022,36(4):87-92.
- [2]刘志刚,陈思,赵华.BIM技术在土木工程多目标协同优化中的应用探索[J].建筑经济,2023,44(7):55-61.
- [3]张伟,刘洋,王芳.基于4D-BIM的施工质量缺陷追溯与闭环管理研究[J].施工技术,2024,53(3):102-108.
- [4]杨帆,孙丽,周涛.BIM协同平台在大型复杂项目进度-质量集成控制中的应用[J].土木建筑工程信息技术,2023,15(5):34-40.
- [5]陈刚,赵岩,王磊.基于BIM与物联网的施工过程动态监控与偏差预警系统[J].建筑科学,2024,40(10):118-125.