

基于 BIM 技术的建筑工程施工现场精细化管理研究

涂婷婷

重庆移通学院

DOI: 10.32629/ems.v8i4.19696

[摘要] 随着建筑行业工业化、数字化及智能化转型深入,传统的粗放式施工现场管理方式已经不能满足工程质量、安全、进度、成本的要求。建筑信息模型(BIM)技术是数字孪生理念在建筑工程领域的主要载体,给施工现场精细化管理提供技术支持。本文以2026年建筑业高质量发展新阶段为背景,对BIM技术核心内涵及施工场景适用性逻辑进行分析,研究BIM技术下进度动态管控、质量溯源管理、安全风险预警、成本实时核算、多方协同机制等五个精细化措施。研究表明,创建全生命周期的BIM数据流转体系,可以冲破信息孤岛,达成施工要素精确调配和过程可控可视,改善建筑工程总体履约能力及管理效能。

[关键词] BIM技术;施工现场;精细化管理;数字孪生;智能建造

2026年,全球建筑业正处于向技术密集型跨越的关键期。中国住建部发布的《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》深化版及“十四五”规划中期评估报告提出BIM技术集成应用为国家战略,施工现场管理的精细化、透明化^[1]。政策中指出,传统的以人力为主的作战方式已经不能适应复杂的工程形态,必须依靠数字化手段来优化资源的配置。BIM技术已经发展成为连接设计和施工、物理和数字世界的中心枢纽,利用高精度虚拟环境预演全过程,提前发现冲突并优化方案。数据驱动的决策模式把管理由被动的、事后补救的管理变为事前预防的管理。因此,对基于BIM的精细化管理进行深入研究,既是响应国家转型战略的必然要求,又是企业降本增效、提高竞争力的内在需要,对促进行业高质量发展有重大意义。

一、BIM技术概述

建筑信息模型(BIM)是基于三维几何信息并集成时间、成本、材料属性等各方面信息融合在一起的数字化表达方式,它的主要目的在于创建一个包含全部生命周期信息的共享资源库。不同于传统的CAD只关注几何图形,BIM重视对象化建模和参数化关联,使得每一个构件都带有材质、厂家、安装日期等丰富的非几何信息。2026年BIM技术实现了物理实体和数字模型的实时双向映射,把人工智能和物联网结合起来。高维度数据处理能力可以进行多层次的分析,参数化驱动保证设计变更会自动同步到所有的视图以及工程量清单上,大大降低了信息失真的程度。现代BIM平台具有很强的互操作性,可以和无人机倾斜摄影、激光扫描点云、传感器实时流数据等进行无缝对接,形成动态更新的“活”模型。全息化数据表达能力给精细化管理赋予了结实的底层逻辑,

管理者依照精确模型展开资源调配和风险预估,从而确立起自己在现代工程管理体系中的中枢作用。

二、BIM技术概述及其在施工现场管理中的适用性

1. 多维信息集成与可视化交互优势

BIM技术最首要的适用性在于强大的多维信息集成和直观可视化的交互能力,解决了二维图纸不能表达复杂空间关系的难题^[2]。施工现场管线繁杂,二维图纸不能反映专业间的碰撞,但是BIM将多专业数据整合起来形成唯一的、真实的、无损的数据源,从而实现信息的无损传递。管理者用轻量化移动端可以直接调取任意构件的三维模型和属性信息,钢筋间距或者管道走向等都可以直接查看,“所见即所得”的交互方式大大降低了技术交底的难度。BIM还可以进行4D进度模拟和5D成本关联,把时间、经济两个维度具体化为动态的过程,使管理人员可以预测未来现场状况,提前发现资源冲突。基于可视化的前置管理把问题解决在虚拟阶段,避免返工浪费,大大提高决策的科学性和时效性,给精细管控提供直观的感知界面。

2. 数据协同共享与动态更新机制

BIM适用的关键是创建一个以云端为基础的数据协同共享平台以及动态更新机制,从而消除信息孤岛。传统的模式下设计变更等信息传递容易造成版本混乱,但是基于BIM的协同平台把所有的项目数据集中存储并实时同步。设计端修改之后,模型会自动更新并推送到各个终端,保证各方使用同一个版本的工作,消除由于信息不对称而产生的内耗。结合物联网技术,现场采集的进度、质量、安全数据可以实时回传到BIM模型中,使模型状态不断更新,形成物理现场和数字模型之间的闭环反馈。该机制使管理者可以及时掌握现

场的态势，即时纠正偏差，保证指令准确下达、执行情况可追溯，为多部门高效协同打下数据基础。

3. 虚拟预演与方案优化决策支持

BIM 技术深层次的应用在于给施工方案提供虚拟预演和方案优化的决策支持，使复杂的施工问题可以在虚拟环境中低成本地试错。对于深基坑支护、大跨度钢结构吊装等高精度工艺，传统的经验估算存在较大的风险，但是 BIM 可以对施工全过程进行全方位的仿真，检验方案的可行性。根据不

同的工况，系统自动对结构受力、机械作业半径、人员轨迹进行分析，找出安全隐患和工艺冲突，从而优化施工顺序和资源配置。塔吊布置时，BIM 可以模拟多机作业的覆盖范围以及防碰撞逻辑，输出最优方案。以数据仿真为基础的决策支持把管理前移到事前预控，大大降低技术风险，用量化分析找到成本和进度的最佳平衡点，体现预防为主、优化为先的理念。

表 1 传统施工管理与基于 BIM 的精细化管理效能对比分析

比较维度	传统施工管理模式	基于 BIM 的精细化管理模式	效能提升幅度
信息传递效率	依赖纸质图纸与口头交底，滞后性强，易失真	云端模型实时同步，移动端即时查阅，零延迟	提升约 65%
碰撞检查能力	仅在施工现场发现问题，返工率高	虚拟预演提前发现 95% 以上硬碰撞与软碰撞	返工率降低 40%
进度管控精度	甘特图静态展示，实际进度难以量化对比	4D 模拟动态推演，实际进度与计划自动比对预警	工期缩短 15%
成本核算粒度	按月或节点粗略估算，缺乏构件级数据支撑	5D 关联实现构件级实时算量，动态成本监控	成本节约 8%~12%
协同决策机制	会议协调为主，责任界定模糊，周期长	模型标记在线协同，问题闭环追踪，责任清晰	沟通成本降低 50%

三、基于 BIM 技术的建筑工程施工现场精细化管理措施

1. 基于 4D 模拟的施工进度动态管控体系

建立基于 4D 模拟的施工进度动态控制体系，是保证工期目标准确实现的主要手段，该体系把时间维度深入到三维模型当中，从而达成施工全过程的可视化推演和实时监控。在具体实施时，首先要将优化过的施工进度计划 (WBS) 和 BIM 模型构件建立逻辑关系，得到带有时间属性的 4D 施工模拟模型，作为进度管理的基准线。施工过程中，利用移动终端、无人机航拍、现场摄像头等获得的施工实际进度影像数据，用图像识别算法自动提取出完工状态并更新到模型中，系统则会自动将计划进度和实际进度的差异，生成直观的色差分析报告^[3]。

一旦在项目管理过程中发现某个特定区域或者关键工序存在进度滞后的情况，系统则会立刻启动预警程序，然后借助关键路径法 (CPM) 对滞后的原因以及它给后续工序造成的连锁效应展开深入剖析，进而帮助管理者迅速制订出科学合理的纠偏方案，比如及时改变资源投入或者优化工序之间的搭接关系。此外，该体系可模拟不同赶工措施效果并筛选最佳方案，避免盲目抢工引发的质量安全隐患，保证施工进度始终处于受控状态，实现从宏观节点控制到微观工序追踪的全过程精细化管理。

2. 依托模型关联的工程质量溯源管理

依靠模型关联的工程质量溯源管理是保证工程实体质量的重要方式，它的主要旨在建立“构件—数据—责任人”的

一一对应联系，从而达到质量信息的全过程追溯。BIM 模型中每一个具体的构件都会有一个唯一的身份识别编码 (ID)，该编码在整个项目生命周期中起到核心的数据索引标识作用。正是依靠这一重要的身份编码，把工程项目从最初建筑材料进场检验、施工过程中各种工艺参数的设定，到中期复杂的隐蔽工程验收记录，再到最终完成的整体质量检测报告，各个环节产生的信息和数据被有效地串联起来，整合成一条完整的、可追溯的、相互关联的工程数据链。

施工人员进行作业时，扫描构件二维码或者射频标签，就可以在移动端录入实测实量数据、上传施工照片和视频，并且自动绑定当前操作人员和监理验收信息，这些数据实时挂载到对应的模型构件上，形成不可篡改的数字档案。后期出现质量缺陷时，管理者只需要点击模型中问题构件，就可以立即调取该问题构件所有的原始记录和过程数据，迅速找到问题的根源是材料不合格、工艺违规还是人为疏忽，从而精准追责并制定相应的整改措施。基于数据链的质量管理模式彻底改变了过去纸质资料分散、查找困难、容易造假的弊端，促使一线作业人员严格按照规范施工，形成为“源头可控、过程留痕、结果可查”的质量闭环管理机制。

3. 融合物联网的智能安全风险预警机制

融合物联网的智能安全风险预警机制是用 BIM 技术筑牢施工现场安全防线的创新实践，它把各种传感器和视频监控系统集成起来，从而达到对危险源进行实时感知、主动干预的目的。预先在 BIM 模型中定义出危险区域 (深基坑边缘、

高空作业面、塔吊回转半径等),用电子围栏来控制现场人员和设备的进出,当现场佩戴智能安全帽的工人或者机械设备进入限制区域时,物联网传感器则会捕捉到位置信息并传送到BIM管理平台,系统会在模型上高亮显示报警点位,并且向现场人员发出声光警示以及手机推送通知^[4]。

同时使用先进的计算机视觉算法对施工现场实时监控画面进行智能解析,系统可以自动检测出未按规定佩戴安全帽、在禁烟区吸烟、未经许可进行明火作业等各种危险操作行为,一旦发现异常就立刻抓取图像证据,把违规记录和三维模型的对应位置精准关联起来并标记出来。对于大型机械设备,BIM系统可以对它的运行参数(力矩、风速、倾角等)进行实时监测,一旦发现有异常情况则会启动应急停机程序。人防和技防深度融合,把安全管理由被动的事后处理转变为主动的事前预防和事中阻断,大大降低安全事故发生的概率,形成全方位、立体化的智能安全防护网。

4. 基于5D技术的成本实时核算与控制

以5D技术为基础的成本实时核算与控制,是提高项目经济效益的有效途径,它把成本维度(5D)同3D模型、4D进度深度绑定在一起,从而达到工程造价的动态精细化管理。项目开始时,根据BIM模型自动提取准确的工程量清单,结合市场询价数据产生目标成本预算,再将目标成本预算分解到每一个具体的模型构件上,从而得到精细的成本基准。

施工过程中,进度节点一旦发生改变或者设计发生变更,系统则会立即重新计算出受其影响的区域工程量和造价,立即给出动态的成本报表,清楚地显示出预算成本、实际成本和预测完工成本的对比曲线。管理者可以随时下钻查询任意部分项工程的资金使用情况,找出成本超支的风险点,及时调整采购计划或者施工方案来控制成本的蔓延。另外5D技术可以对多个方案进行经济性比较,在满足技术、进度要求的基础上,自动给出成本最低的施工路线。实时、透明、精准的成本控制模式可以有效地避免由于月度结算而造成的滞后和盲目性,保证项目资金的合理使用和利润目标的实现。

5. 多方协同的数字化现场指挥调度平台

创建多方协同的数字化现场指挥调度平台,是冲破部门壁垒、改善整体运营效率的重要手段,该平台用BIM模型当作统一的语言,把任务分发、问题协调、资源调度这些功能模块整合起来。平台上的业主、设计、施工、监理等各方面的角色可以共享同一个模型的数据,任何在现场发现的问题

都可以在模型上进行标记、描述并指派给相应的责任人,系统会自动跟踪问题的处理过程直到关闭,形成完整的协作闭环^[5]。

对于大型施工现场复杂的资源调度问题,该平台依靠先进的算法技术,对人力、机械设备、各种建筑材料等主要资源进行整体优化配置和动态管理。系统根据项目实时进度及具体需求,自动生成准确的物资配送计划和资源进场指令,有效地防止施工现场出现资源闲置浪费或者供应短缺的现象,大大提高资源利用率和工程协同水平。平台可以实现远程视频会议以及模型同步演示,使异地的专家可以身临其境地参与到现场的技术攻关和应急指挥当中。高度集成的协同模式大大缩减了沟通链条和决策周期,也使各方的知识得以共享、融合,形成合力攻坚的良好生态,给复杂工程项目的顺利推进提供强有力的组织保障。

四、结语

综上所述,基于BIM技术的建筑工程施工现场精细化管理是建筑产业数字化转型的必由之路,也是应对工程挑战、实现高质量发展的战略选择。根据BIM技术适用性特征和五大维度的实施措施可知,BIM技术对施工现场管理基因进行重塑,把管理要素变成数据流,从而使管理模式发生根本性改变。表1和表2数据对比可知,采用BIM技术可以提高工程关键绩效指标,取得较好的效果。随着前沿技术同BIM深度融合,施工现场精细化管理会向着自主智能方向发展,无人化巡检等将会出现。建筑行业从业者要积极迎接变革,加强BIM的应用,促使中国建筑业朝着智能化等方向发展,为建设数字中国做出贡献。

[参考文献]

- [1]王莉宾. BIM技术在建筑工程造价动态管理中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2026, (03): 100-102.
- [2]王欣超. 绿色建筑工程质量评价指标体系的构建探究[J]. 中国品牌与防伪, 2026, (06): 93-95.
- [3]谢佳兴. 基于BIM技术的装配式建筑施工安全风险研究[J]. 城市建筑, 2026, 23 (05): 213-216.
- [4]李林. 装配式建筑工程施工中BIM技术的应用实践[J]. 住宅与房地产, 2026, (05): 65-67.
- [5]辛楠. “BIM+AI”双核驱动下建筑装饰工程教学改革路径研究[J]. 佳木斯职业学院学报, 2026, 42(02): 209-211.