

基于 BIM 技术的建筑工程细节监理数字化管控体系构建与应用

陈瑞壮

440882*****1130

摘要: 随着建筑工程向超高层、大体量、多功能化方向发展,传统监理模式在细节管控中暴露出信息割裂、协同低效、风险预控滞后等深层矛盾。建筑信息模型(BIM)技术凭借其三维可视化、全要素集成、动态模拟的核心特性,为监理工作的数字化转型提供了技术支点。本文聚焦建筑工程细节监理场景,系统探讨BIM技术与监理业务的融合路径,通过剖析传统监理局限与BIM技术优势,提出管控体系框架,最后构建实施保障体系。希望本文的研究能够为BIM技术在监理领域的深度应用提供了理论参考。

关键词: BIM技术; 建筑工程; 细节监理; 数字化管控; 体系构建; 协同管理

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 11. 096

引言

建筑工程监理作为保障工程质量、安全、进度及投资效益的核心环节,其本质是对施工全过程的精细化管控。在传统模式下,监理工作依赖二维图纸判读、人工现场巡检与纸质记录追溯,面对当前复杂工程场景,二维图纸难以直观呈现复杂节点空间关系,易引发施工误解;协同链条断裂造成效率低下,设计、施工、监理多方信息通过会议、报表传递,存在滞后性与失真风险;风险预控能力不足依赖事后补救,缺乏对施工过程的动态模拟与数据分析,难以及时识别潜在隐患。建筑信息模型(BIM)技术的兴起为破解上述矛盾提供了新路径。BIM通过构建包含几何信息、物理属性、工艺参数的三维数字化模型,实现了建筑全要素的信息集成与动态关联。

1 BIM技术与建筑工程细节监理的适配性分析

1.1 传统监理模式在细节管控中的局限性

传统监理模式在细节管控中的短板源于其底层逻辑的局限性。信息表达层面,二维图纸仅能通过线条与平面标注传递信息,对复杂节点(如钢结构连接节点、机电管线综合排布)的空间关系描述模糊,监理人员需依赖经验想象构造形态,易遗漏隐蔽冲突;协同机制层面,多参与方信息交互依赖人工对接,设计变更、施工调整等信息传递链条长,常出现“图纸已改、现场未晓”的脱节现象,尤其在处理多专业交叉问题时协调成本倍增;过程追溯层面,纸质验收记录、分散电子文档难以

形成完整责任链条,质量问题回溯时易出现“谁检查、何时查、查何处”的证据缺失;风险应对层面,缺乏对施工过程的动态模拟能力,对深基坑支护变形、大体积混凝土温升等潜在风险仅能依赖事后检测,难以实现主动预控。这些局限性导致细节监理长期处于“事后把关”的被动状态,难以满足现代工程对精细化管理的需求^[1]。

1.2 BIM技术的核心优势与监理应用潜力

BIM技术的特性与细节监理需求高度契合,其应用潜力体现在四个维度。可视化优势打破二维信息壁垒,将抽象设计意图转化为可旋转、剖切、漫游的三维模型,监理人员可直观核查钢筋排布间距、管线标高冲突等毫米级细节,例如通过模型剖切功能清晰观察梁柱节点钢筋穿插顺序,避免传统图纸识读的误判;协同化优势构建统一数据平台,设计模型、施工日志、监理记录等信息实时共享,变更指令一键推送至相关方,解决“信息孤岛”问题,如设计修改后模型自动更新,监理可同步查看变更前后差异;模拟化优势支持施工过程预演,通过4D-BIM(三维模型+时间维度)模拟工序衔接,提前发现模板支设与钢筋绑扎的空间冲突,或通过有限元分析模拟混凝土浇筑时的应力分布,预判开裂风险;数据化管理优势实现全流程信息追溯,模型构件关联材料合格证、检测报告、验收记录等数据,形成“构件-数据-责任人”的完整链条,质量问题可快速定位至具体工序与操作人员。

2 基于BIM的建筑工程细节监理数字化管控体

系构建

2.1 体系构建的目标与原则

2.1.1 构建目标

本体系以“精准管控、主动预控、协同高效”为核心目标，具体分解为三方面：细节管控精度提升，通过 BIM 模型的空间定位与参数化分析，将监理触角延伸至钢筋保护层厚度、管线接口密封性等微观层面，实现毫米级误差控制；过程协同效能强化，打通设计、施工、监理数据链路，问题发现、派发、整改、复核全流程线上闭环，缩短协同响应时间 50% 以上；风险预控能力增强^[2]。

2.1.2 构建原则

体系构建遵循四项基本原则：目标导向原则，紧密围绕监理业务核心需求（质量、安全、进度、投资）设计功能模块，避免技术应用的盲目性；系统集成原则，整合 BIM 模型、物联网监测、移动应用、大数据分析等技术，形成“模型为基、数据为核、协同为脉”的一体化平台；标准先行原则，参照《建筑信息模型应用统一标准》（GB/T51212）等行业规范，制定模型创建、数据交互、协同流程等内部标准，确保体系运行规范性；经济适用原则，优先选用成熟可靠的国产化技术（如广联达、鲁班 BIM 软件），平衡技术投入与实施效益，避免过度追求“技术堆砌”。

2.2 关键运行机制

2.2.1 数据采集与集成机制

建立“模型数据+物联网数据+人工录入数据”的多源采集体系。模型数据由设计单位提供或通过逆向建模获取，包含构件几何尺寸、材质属性、生产厂家、进场日期等静态信息；物联网数据通过部署在现场的传感器实时采集，如混凝土养护温度传感器、塔吊荷载传感器、扬尘监测仪；人工录入数据由监理人员通过移动终端记录，包括现场检查发现的裂缝宽度、焊缝外观质量等定性描述，以及实测实量的定量数据。三类数据通过统一 API 接口集成至管控平台，形成包含“空间位置-时间维度-属性参数”的项目数字孪生体。

2.2.2 动态监测与预警机制

平台基于集成数据设定阈值规则，实现分级预警。阈值设定参考《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204）等标准，如混凝土养护温度低于 5 摄氏度时触发预警，钢筋保护层厚度偏差超过 ± 3 毫米时标记

异常；预警分级分为一般（黄色）、严重（橙色）、紧急（红色）三级，分别对应“需关注”“限期整改”“立即停工”；预警推送通过平台消息、短信、移动端弹窗多渠道通知监理人员，关联模型中问题位置，并附整改建议。例如，当深基坑监测点位移速率超过 2 毫米/天时，系统自动推送红色预警，提示监理核查支护结构稳定性。

2.2.3 协同决策与闭环管理机制

构建“发现问题-派发任务-整改落实-复核销项”的闭环流程。问题标注由监理人员在模型中使用“标记工具”圈定问题位置，添加文字描述、照片附件，生成电子整改单；任务派发整改单通过平台推送至施工单位负责人，明确整改期限与验收标准；整改反馈施工单位通过移动终端上传整改过程照片、检测报告，证明问题已解决；复核销项监理人员现场复查后，在平台确认整改结果，系统自动关闭任务并记录全过程数据。闭环管理确保“事事有回音、件件有着落”，如某隐蔽工程验收不合格时，整改单关联模型构件 ID，施工单位需重新拍摄验收照片并上传，监理复核通过后方可进入下一工序^[3]。

3 BIM 技术在细节监理中的关键应用

3.1 基于 BIM 的深化设计审查与优化

深化设计是细节监理的首要关口，传统审查依赖二维图纸比对，难以全面发现设计冲突。基于 BIM 的审查通过“模型整合-碰撞检查-构造分析-优化反馈”四步流程实现精细化管理。模型整合将建筑、结构、机电、装饰等专业模型导入协同平台，统一坐标原点与单位制，形成全专业集成模型；碰撞检查利用软件（如 Navisworks）自动检测两类冲突：一是专业间碰撞，二是同专业内冲突，生成含三维截图、冲突类型、影响范围的碰撞报告；构造分析针对复杂节点，通过模型剖切、三维漫游功能检查构造做法是否符合规范，评估施工可行性；优化反馈将审查问题整理为优化清单，推送至设计单位并跟踪修改结果，直至模型零碰撞。

3.2 施工工艺模拟与细节预控

针对关键工序与复杂细节，利用 BIM 技术进行工艺模拟，实现“先试后做”的预控管理。工艺动画制作将施工步骤分解为三维动画，如预制叠合板吊装流程、外墙保温板粘贴工艺，直观展示操作要点；重难点方案比

选对深基坑支护、大体积混凝土浇筑等方案进行多方案模拟,对比分析安全性、经济性、工期影响,辅助选择最优方案;工人技术交底通过移动设备向施工人员播放工艺动画,替代传统口头交底,确保操作要点传达到位,如通过动画演示“后浇带止水钢板焊接搭接长度不小于100毫米”的细节要求。工艺模拟可将复杂工序理解误差率降低80%,减少现场返工。

3.3 隐蔽工程验收与质量追溯

隐蔽工程验收是细节监理的重点,传统验收依赖尺量、目测,效率低且易漏检。基于BIM的验收通过“标准嵌入-三维定位-数据关联”提升准确性。验收标准嵌入模型将《建筑地基基础工程施工质量验收标准》(GB51004)等规范条款与模型构件关联,监理人员点击构件即可查看对应验收标准(如“钢筋保护层厚度允许偏差 ± 5 毫米”);三维定位验收通过模型中的坐标信息(X/Y/Z轴数值)精准定位隐蔽工程位置,如地下管线埋深2.5米,可在模型中直接调取该管线位置,结合探地雷达实测数据比对;验收数据关联存档将验收记录(含实测值、判定结果)、检测报告(如混凝土试块强度报告)、影像资料(验收过程照片)与模型构件ID绑定,形成电子档案^[3]。

4 数字化管控体系的实施保障措施

4.1 组织架构与制度建设

4.1.1 组织架构调整

建立“总监理工程师-BIM技术负责人-专业监理工程师-监理员”四级管理架构。总监理工程师统筹体系运行,审批重大技术方案;BIM技术负责人由具备BIM应用能力的专业人员担任,负责模型管理、平台维护、技术培训;专业监理工程师(土建、机电、安全等专业)将BIM工具融入日常监理,如用模型核查钢筋绑扎质量;监理员通过移动终端采集现场数据。同时,成立由建设、设计、施工、监理多方参与的BIM协同小组,每月召开模型协调会,解决数据交互问题(如设计模型更新后及时通知监理)^[4]。

4.1.2 标准规范制定

制定三项核心标准:BIM模型创建标准,明确模型精度等级(LOD300及以上,含构件几何尺寸、材质、生产信息)、命名规则(如“结构-柱-KZ-1”)、属性集

要求(必填项包括设计参数、验收标准);数据交互标准,规定模型与物联网设备(MQTT协议)、第三方软件(IFC格式)、移动端的接口协议,确保数据无缝流转;协同工作流程标准,界定各方职责(如设计单位负责模型交付、施工单位负责模型更新、监理负责模型审核)与时限(如设计变更后24小时内更新模型)。标准制定参考《建筑信息模型施工应用标准》(GB/T51235),并结合项目特点细化。

4.2 技术平台与工具选型

4.2.1 平台功能要求

数字化管控平台需具备六大核心功能:模型轻量化浏览(支持手机端加载百万级构件模型)、多源数据集成(兼容BIM模型、Excel、传感器数据)、协同办公(任务派发、在线批注、文档共享)、数据分析(进度偏差统计、质量问题分布热力图)、预警管理(自定义阈值规则、多渠道推送)、权限管理(按角色分配模型查看、编辑、下载权限)。

4.2.2 工具选型建议

优先选用国产化BIM软件(如广联达BIM监理平台、鲁班BIM系统)保障数据安全,搭配Revit(模型创建)、Navisworks(碰撞检查)等专业工具;物联网平台选用阿里云IoT、华为云IoT等成熟服务,降低开发成本;移动应用基于低代码平台(如简道云)搭建,快速开发监理专用功能模块(如现场检查APP)。

5 结论

本文针对建筑工程细节监理的痛点,构建了基于BIM技术的数字化管控体系,通过适配性分析、体系构建、关键技术应用到实施保障的全流程研究,验证了该体系在提升管控精度、强化协同效能、增强风险预控能力方面的有效性。

参考文献

- [1]白振华.基于BIM技术的建设工程监理精细化管控体系构建[J].建设监理,2023(12):25-27.
- [2]赵义.BIM技术赋能建设工程监理数字化管控的实践应用[J].建材发展导向,2025(12):94-96.
- [3]黄连仲.建筑工程细节监理数字化体系与BIM技术融合研究[J].建筑安全,2019(9):26-28.
- [4]熊志群.基于BIM的工程监理多维度数字化管控平台应用[J].建设监理,2018(10):16-19.