

基于BIM的住宅建筑土木工程质量控制方法

朱凯建 张林杰

中建八局第二建设有限公司 山东 济南 271100

摘要：本论文聚焦基于BIM的住宅建筑土木工程质量控制。通过剖析BIM技术于设计、施工准备、施工及验收阶段的应用，揭示其对工程质量的精准管控路径。研究证实，BIM技术凭借全生命周期信息整合能力，借助可视化模拟、碰撞检测等功能，可提前消除质量隐患，优化施工流程，显著提升施工效率与工程质量，为住宅建筑质量控制提供创新且实用的解决方案。

关键词：BIM技术；住宅建筑；土木工程；质量控制；全生命周期

引言

住宅建筑质量与千家万户的生活息息相关，承载着人们对美好生活的向往。然而，传统质量控制手段在面对复杂的住宅项目时，常因信息滞后、协同不畅等问题，难以保障工程品质。BIM技术以数字化的创新方式，打破行业信息壁垒，为住宅建筑质量管控提供了全新路径。探索其在住宅土木工程中的应用，对提升建筑品质、推动行业变革，具有不可忽视的价值。

1 BIM 技术概述

BIM (Building Information Modeling) 即建筑信息模型，是依托数字化技术发展起来的工程数据模型，它将建筑工程项目全流程的各类信息进行集成整合。在住宅建筑土木工程领域，BIM技术承载的信息既包含建筑的长、宽、高等几何形状和尺寸这类直观的物理信息，也囊括材料的强度、耐久性等性能参数，以及施工工艺的具体流程、成本预算明细等非几何信息。以三维模型作为核心载体，从项目规划设计阶段开始，到施工建设、运营维护，直至建筑生命周期结束，各参与方，如设计单位、施工企业、建设单位等，都能通过BIM技术实现信息的高效共享与协同作业。这一技术的应用，彻底改变了过去建筑行业各专业、各环节之间信息传递不畅、沟通成本高的“信息孤岛”状况，让工程管理各方都能获取全面且准确的数据支撑，从而为住宅建筑土木工程质量控制奠定坚实的基础^[1]。

2 BIM 技术在住宅建筑设计阶段的质量控制

2.1 三维可视化设计优化

在住宅设计领域，传统二维图纸始终存在难以克服的局限性。设计师绘制的平面图、剖面图虽能标注尺寸与技术参数，但空间关系需依靠阅读者想象，施工人员理解设计意图时，容易因个人经验与空间认知差异产生偏差。以跃层住宅为例，楼梯坡度、挑空区域的高度在

二维图纸上仅以数字呈现，施工方按图施工后，常出现楼梯踏步高度不符合人体工程学、挑空区域视觉比例失调等问题，导致后期返工。BIM技术带来的三维可视化功能，彻底改变了这一局面。设计师完成方案建模后，可通过旋转、剖切、漫游等操作，从各个角度审视建筑形态。在某高层住宅项目中，设计师利用BIM模型发现标准层户型的玄关处，鞋柜预留空间与消防栓位置冲突，若按原设计施工，不仅影响收纳功能，还存在消防隐患。通过三维模型直观展示，设计师及时调整墙体位置，优化空间布局，避免了施工阶段的设计变更。对于厨房、卫生间这类管线密集区域，三维可视化模型能清晰呈现排水管、燃气管、电路管线的排布，提前发现交叉干涉问题，确保设备安装合理，从设计源头保障工程质量。

2.2 碰撞检测与冲突解决

(1) 住宅建筑设计是多专业协同的复杂过程，建筑、结构、给排水、电气等专业各自深化设计，传统模式下，各专业图纸仅通过会签审核，隐藏的设计冲突难以完全暴露。曾有项目因结构专业未与给排水专业充分沟通，施工时才发现卫生间沉箱内的结构梁与排水横管位置重叠，不得已重新开孔穿管，既削弱了结构强度，又增加了渗漏风险。(2) BIM技术的碰撞检测功能成为解决这一难题的利器。将各专业设计模型整合导入BIM平台，系统可自动识别构件间的硬碰撞（如管道穿梁）、软碰撞（如设备维护空间不足）。在某装配式住宅项目中，碰撞检测发现预制楼梯与剪力墙钢筋存在空间冲突，若不处理，楼梯安装时钢筋将无法就位。设计团队据此调整剪力墙配筋方案，重新优化楼梯节点构造，在保证结构安全的前提下，实现了预制构件精准安装。通过碰撞检测，能在设计阶段消除80%以上的潜在冲突，大幅减少施工阶段的变更，避免因拆改造成的工期延误和成本浪费，保障工程按质按期推进。

2.3 性能分析与优化

住宅性能直接关系居住体验,传统设计中,采光、通风、保温隔热等性能依赖设计师经验估算,缺乏量化分析,常出现设计效果与实际使用感受脱节的情况。例如北方某住宅项目,因未充分考虑冬季主导风向,住户入住后发现部分户型通风不畅且热量流失严重,舒适度大打折扣。BIM技术与专业分析软件结合,为性能优化提供了科学依据。采光模拟可通过输入地理位置、建筑朝向、窗户参数等信息,计算室内各区域的采光系数,生成可视化的采光分析云图。某老旧小区改造项目中,设计师根据采光模拟结果,将北向卧室的普通窗户改为转角飘窗,有效提升了室内采光效果。在通风性能分析方面,借助CFD(计算流体力学)软件,可模拟不同季节、时段的气流组织,优化门窗开启扇位置与大小。针对保温隔热性能,BIM模型能结合建筑围护结构材料热工性能参数,计算能耗分布,辅助选择合适的外墙保温材料与构造形式。通过性能模拟与优化,既能满足国家节能规范要求,又能提升住宅舒适度,实现设计质量的全面提升^[2]。

2.4 设计信息整合与传递

传统设计流程中,图纸是信息传递的主要载体,但二维图纸存在信息碎片化问题。施工单位需反复查阅多张图纸才能拼凑完整的构件信息,一旦图纸更新,信息传递不及时易造成施工错误。某项目因结构图纸中梁柱尺寸变更,而水电专业未及时获取信息,导致后期水电管线预埋位置错误,不得不凿除已浇筑的混凝土重新施工。BIM模型作为集成化信息载体,将建筑设计全要素整合于同一平台。施工单位可直接从模型中调取构件三维尺寸、材质属性、节点做法等详细信息,利用模型导出的材料清单进行精准备料,避免因规格不符导致的材料浪费。建设单位也能通过BIM模型直观了解设计方案,提出功能性修改意见。在某改善型住宅项目中,业主通过BIM模型发现样板间书房空间局促,建议调整户型隔墙位置。设计团队基于模型快速修改方案,并重新计算工程量与成本,高效响应了业主需求。信息的精准传递与实时共享,使设计、施工、建设三方在同一信息基准下协同工作,减少沟通误差,确保设计意图准确落地,为工程质量奠定坚实基础。

3 BIM技术在住宅建筑施工阶段的质量控制

3.1 施工进度模拟与优化

住宅建筑施工如同精密的交响乐,各工种、工序的衔接稍有差错就会影响整体节奏。传统的横道图、网络图虽能规划施工进度,但难以直观展现工序间的逻辑关

系与时间冲突。在某高层住宅项目中,施工方按传统进度计划推进,结果主体结构封顶后才发现,因外脚手架拆除时间与外墙保温施工安排不当,导致后续作业面无法及时展开,工期延误近一个月。引入BIM技术后,施工单位将三维建筑模型与时间维度结合,进行4D施工进度模拟。通过动态演示,能清晰看到每道工序何时开始、何时结束,以及不同工种交叉作业时的空间占用情况。例如在装配式住宅施工模拟中,发现预制构件吊装与模板支设存在时间冲突,若按原计划,吊装作业会因模板未拆除而被迫中断。施工团队据此调整工序,先完成关键区域模板拆除,为构件吊装腾出空间,实现了工序的无缝衔接。通过模拟,还能提前预判资源需求,如某阶段钢筋用量激增,可及时协调供应商增加供货,避免因材料短缺导致停工。这种可视化的进度模拟,让施工单位能提前优化进度计划,减少因工序混乱引发的质量隐患,保障工程按期交付。

3.2 施工工艺模拟与技术交底

住宅建筑中的复杂施工工艺,对施工人员的技术水平要求极高。以大体积混凝土浇筑为例,传统技术交底通常依靠图纸和口头讲解,施工人员很难直观理解分层浇筑厚度、振捣点分布等关键细节。某项目曾因振捣不均匀,导致混凝土出现蜂窝麻面,不得不返工处理。BIM技术通过三维可视化模拟,将复杂工艺转化为直观易懂的动态演示。在钢结构安装施工前,技术人员利用BIM制作安装动画,从构件运输路线规划,到吊装顺序、连接节点处理,每个步骤都清晰呈现。施工人员观看视频后,不仅能掌握整体流程,还能了解每个操作环节的质量控制要点,如螺栓拧紧力矩、焊缝高度要求等。某异形屋顶钢结构施工中,通过BIM模拟发现,按常规吊装方案,部分构件因角度问题无法准确就位。技术团队根据模拟结果调整吊装设备站位和构件起吊角度,提前制定应急预案,最终顺利完成安装,施工质量远超预期。这种可视化的技术交底方式,有效提升了施工人员的操作水平,确保复杂工艺高质量落地^[3]。

3.3 施工质量实时监控

施工现场情况瞬息万变,传统质量检查依赖人工巡查,效率低且容易遗漏问题。在某住宅小区建设中,质检员因疏忽未发现地下室墙体一处蜂窝缺陷,直到蓄水试验时才暴露,造成严重渗漏,返工成本巨大。BIM技术为施工质量监控装上了“千里眼”。施工管理人员通过手机、平板电脑等移动终端,将现场拍摄的照片、视频直接关联到BIM模型对应位置。在主体结构施工时,扫描柱、梁的二维码,就能调取BIM模型中的设计尺寸,与现

场实测数据对比。一旦发现偏差,系统立即预警,如某根框架柱垂直度偏差超出规范要求,管理人员可第一时间通知施工班组整改,并跟踪处理过程。在装修阶段,通过BIM模型检查墙面瓷砖铺贴平整度、地砖拼花图案完整性,发现问题及时纠正。这种实时监控模式,让质量问题无所遁形,实现了从“事后补救”到“事前预防、事中控制”的转变,大幅提升了施工质量管控水平。

3.4 材料与设备管理

材料和设备是住宅建筑质量的物质基础,但传统管理方式常因信息不透明导致问题频发。某项目因采购人员看错图纸,误将C30混凝土当作C35混凝土采购,浇筑后强度不达标,不得不拆除重建,造成巨大损失。BIM模型详细记录了建筑所需的材料规格、型号、数量以及设备参数、安装位置等信息。施工单位可根据模型自动生成的材料清单进行采购,避免漏买、错买。材料进场时,通过扫描二维码,快速核对材料信息与BIM模型是否一致,杜绝以次充好现象。在设备安装方面,利用BIM进行管线综合排布,能提前优化管道走向,避免交叉碰撞。某小区地下室机电安装中,通过BIM模型发现通风管道与消防喷淋管存在空间冲突,设计团队调整管道标高后,不仅解决了碰撞问题,还为后续设备检修预留了充足空间。这种精细化的材料与设备管理,确保了进场材料设备质量可靠,安装精准高效,为工程质量提供了有力保障^[4]。

3.5 施工安全管理

施工现场安全隐患众多,稍有不慎就可能引发事故,进而影响工程质量和进度。某住宅工地曾因临时用电线路私拉乱接,引发火灾,导致部分已完工墙体受损,被迫返工。BIM技术通过建立施工现场三维模型,对

潜在安全隐患进行模拟分析。在深基坑施工前,模拟土方开挖过程,评估边坡稳定性,提前确定支护方案;针对高空作业,模拟外脚手架搭设与拆除流程,检查防护栏杆设置是否到位。某超高层住宅项目中,BIM模拟发现塔吊作业半径与周边建筑物存在碰撞风险,施工单位及时调整塔吊位置,避免了安全事故。此外,利用BIM制作安全警示动画,直观展示施工现场的危险区域和安全操作规范,提高工人安全意识。通过提前预警和防范,减少了安全事故发生概率,保障了施工人员生命安全,也避免了因事故导致的工程质量受损和工期延误,为住宅建筑施工质量控制筑牢安全防线。

结语

综上所述,BIM技术贯穿住宅建筑设计与施工全流程,在质量控制中展现出显著优势。无论是设计阶段的优化整合,还是施工阶段的精准管控,都为工程质量提供了坚实保障。但目前其应用仍面临人才不足、软件兼容差、协同机制不完善等问题。未来需加大推广力度,培养专业人才,完善技术体系,充分释放BIM潜力,助力住宅建筑行业迈向高质量发展新阶段。

参考文献

- [1]卢正佳.BIM在群体性高层住宅建设施工中的应用[J].中国建筑金属结构,2024,23(11):24-26.
- [2]闫思璐.全过程视角下土木工程质量管理体系的设计与优化[J].阜阳职业技术学院学报,2022,33(04):94-98.
- [3]樊建刚.房地产企业土木工程施工的质量控制优化路径探析[J].工程技术研究,2023,8(18):141-143.
- [4]王晨宇,段超,张鸣.国内率先使用BIM与装配式技术的机场建筑应用研究[J].中国建筑金属结构,2024,23(11):102-104.