

基于 BIM 技术的建筑结构施工过程优化研究

李新根

江西云海建设有限公司, 江西吉安, 343000;

摘要: 随着建筑行业信息化、智能化的发展, 建筑信息模型技术在施工管理中的应用越来越广泛。BIM 技术以三维数字化模型为基础, 集成建筑结构、施工工艺、工程管理等多方面信息, 为建筑结构施工过程的优化提供了有效的技术手段。本文围绕 BIM 技术在建筑结构施工中的应用进行分析。

关键词: BIM 技术; 建筑结构施工; 施工优化; 信息化管理

DOI: 10.69979/3029-2727.24.11.047

建筑结构施工过程复杂, 涉及众多工序、人员、设备及材料的协调管理。随着信息技术的发展, BIM 技术逐渐应用于建筑工程领域, 为施工过程优化提供了全新的方法。BIM 技术可以建立可视化、可模拟、可分析的三维信息模型, 助力施工单位在施工规划、进度控制、成本管理和质量管理等方面提高精确度和执行力, 从而提高施工效率, 减少资源浪费, 推动建筑行业向数字化和智能化方向发展。

1 施工进度优化

施工进度管理是建筑施工过程中的核心环节, 关系到整个项目的工期、成本以及资源的合理配置。传统的施工进度管理主要依赖于人工编制计划, 并采用二维图纸、甘特图、网络图等方式进行施工任务的安排。然而, 由于建筑工程的复杂性和施工现场的不确定性, 传统的进度管理方式往往存在诸多问题, 如计划编制不够精细、任务安排缺乏动态调整能力、施工过程中信息传递滞后、资源调度与施工进度脱节等, 导致施工效率低下, 甚至出现工期延误的情况。BIM 技术的应用为施工进度管理提供了一种创新的解决方案。BIM 技术通过 4D 建模 (即在三维模型的基础上增加时间维度), 能够在数字化环境中模拟和优化施工进度安排, 使施工计划的编制更加科学合理。通过 BIM4D 施工模拟, 施工管理人员可以在虚拟环境中直观地看到各施工阶段的进展情况, 包括施工顺序、关键路径、资源分配等, 从而更有效地制定和优化施工进度计划。在实际应用中, BIM 技术的施工进度优化可以从多个方面提升管理效率。首先, BIM 技术能够实现施工流程的动态模拟, 施工团队可以在施工前通过 BIM 模型预演整个施工过程, 预测可能出现的工期冲突和资源瓶颈, 并及时调整施工计划。例如, 在高层建筑的结构施工过程中, 钢筋绑扎、混凝土浇筑、模板

安装等工序的衔接十分关键, 若调度不当可能导致施工停滞。利用 BIM4D 建模, 可以模拟这些工序的施工顺序, 合理安排劳动力和设备, 确保施工任务的顺利进行。其次, BIM 技术能够实现施工进度与物资调度、设备安排的联动, 提高施工效率。建筑施工需要大量的材料和设备, 传统的施工计划往往与材料供应脱节, 导致施工现场因材料短缺而停工, 或者因材料堆积而占用施工场地, 影响施工进度[1]。

2 施工质量管理优化

施工质量管理是建筑工程的重要环节, 直接关系到建筑结构的安全性、耐久性以及使用功能[2]。传统施工质量管理主要依赖于现场人工检查和经验判断, 往往存在信息滞后、检测精度有限、质量问题难以及时追踪等问题。而 BIM 技术的应用为施工质量管理提供了全新的数字化手段, 使施工质量管理更加精确、高效、可追溯, 极大地提升了施工质量控制能力。

在施工前阶段, BIM 技术能够进行虚拟施工模拟, 通过数字化建模和施工过程仿真, 提前发现可能出现的质量问题, 优化施工方案, 减少施工偏差。例如, 在建筑结构施工过程中, BIM 技术可以精确模拟钢筋排布、混凝土浇筑顺序、预制构件安装等环节, 并与结构设计模型进行比对, 检测是否存在构件尺寸误差、连接点冲突等问题, 从而在施工前进行调整, 避免因施工误差导致的返工和质量问题。此外, 在机电、管线综合施工中, BIM 技术能够对管线布置进行碰撞检测, 提前发现并解决设计冲突, 确保机电系统与建筑结构的协调性, 提高施工质量的整体可靠性。

在施工过程中, BIM 技术能够与先进的监测技术相结合, 进行高精度的施工现场质量监测。利用 BIM 模型与现场施工数据进行实时比对, 可以确保施工按照设计

方案精准实施。例如，激光扫描技术可以对施工现场进行高精度扫描，并将获取的点云数据与BIM模型进行对比，以毫米级精度检查结构尺寸、标高是否符合设计要求，确保施工误差控制在合理范围内。此外，无人机巡检技术也可以与BIM结合，快速获取施工现场的实时影像数据，检查外立面施工质量、屋面结构完整性等问题，提高施工质量的检测效率。对于高层建筑或复杂结构施工而言，这种远程监测方式不仅能减少人工巡检的时间和安全风险，还能提高施工精度，确保施工质量符合设计要求。

BIM技术还能够建立智能化的质量追踪系统，实现施工质量的数字化管理，提高工程质量的可追溯性。在传统施工管理模式中，质量问题的记录和追踪主要依赖于纸质文档或电子表格，难以形成系统化的质量管理体系，导致问题整改反馈不及时，责任难以明确。而基于BIM技术的质量追踪系统可以对施工过程中的各个环节进行实时记录，并将质量问题、施工数据、责任人员等信息关联到BIM模型中，使质量管理更加透明化。例如，在混凝土浇筑过程中，BIM系统可以记录每个施工区域的混凝土强度、施工时间、施工人员等信息，并与物联网设备连接，实现混凝土温度、湿度、凝固状态的智能监测，确保施工质量达到设计标准。

3 施工安全管理优化

建筑施工安全管理是施工企业面临的重大挑战，涉及高空作业、机械操作、深基坑施工、模板支撑体系、起重吊装、临时用电等多个高风险环节[3]。传统的安全管理模式主要依赖于施工人员的经验判断和安全制度约束，安全检查依靠人工巡查，存在较大的主观性和滞后性，难以全面预防和控制安全事故的发生。而BIM技术的引入，使施工安全管理从传统的被动式管理转变为主动预防式管理，通过可视化建模、风险模拟、智能监测等手段，实现施工安全管理的数字化、智能化和精细化，提高施工安全管控能力。

BIM技术可以通过施工安全风险评估，提前识别施工过程中的危险源，并进行合理的安全防护设计。在施工前，BIM技术能够结合5D建模（即在3D建筑模型基础上加入时间和成本维度，同时集成安全管理维度），将施工各阶段可能存在的安全风险进行动态模拟，并基于施工方案的分析结果，优化安全管理措施。例如，在深基坑施工过程中，BIM技术可以对基坑支护结构、地下水水位变化、周边建筑荷载等因素进行模拟分析，评估

基坑坍塌的风险，并提前制定相应的安全防护方案，如设置护坡支撑系统、优化开挖顺序、增加基坑监测点等，确保施工安全性。在脚手架搭设、塔吊吊装、高支模施工等高危作业环节，BIM技术可以模拟不同施工方案的安全性，选择最优方案，提高安全管理的科学性和精准度。

在高空作业施工前，BIM技术可以进行高空安全模拟，分析不同作业环境下的安全隐患，并制定相应的安全防护措施。例如，在超高层建筑幕墙施工中，BIM技术可以模拟施工人员的操作路径、吊篮运行轨迹、风速对施工的影响等因素，并结合安全防护措施，如临边防护栏杆、作业人员安全绳、防坠落系统等，确保施工人员在安全可控的环境下作业。此外，BIM技术还可以结合虚拟现实（VR）技术进行施工安全培训，通过VR沉浸式体验，让施工人员在模拟施工场景中学习安全操作规程，提高安全意识和应急处置能力。例如，施工人员可以在VR系统中模拟塔吊操作，熟悉吊装作业的安全规程，学习如何避免物体坠落、设备碰撞等事故的发生，从而降低施工现场的安全风险。

4 施工成本控制优化

施工成本控制是影响建筑工程效益的核心环节，直接关系到项目的投资回报和可持续发展。然而，传统的成本控制方式主要依赖人工核算、经验决策和手工数据管理，往往存在数据滞后、预算偏差大、施工浪费严重等问题，难以实现精细化管理。BIM（建筑信息建模）技术的引入，使得施工全过程的成本监控和优化成为可能。通过精确工程量计算、实时成本跟踪、智能施工模拟、成本风险预警及精细化结算管理，BIM技术能够确保资金使用合理、减少不必要的支出，提高施工经济性，从而最大化提升项目的投资效益。

首先，在施工前期，BIM技术可实现精准的工程量计算，为施工预算提供科学依据。传统的工程量计算通常基于二维图纸，由造价工程师手工测算，容易出现漏项、重算、错误等情况，导致成本估算不准确，甚至出现材料采购不足或过量采购的情况。而BIM技术基于5D成本管理功能（3D几何信息+时间+成本），可以自动提取建筑构件的工程量数据，实时生成动态工程量清单，确保工程造价更加精准。例如，BIM软件可以对混凝土、钢筋、模板、砌体等材料的数量进行精准计算，并自动关联工程预算，减少因人工计算误差导致的成本偏差。同时，BIM技术可与专业造价软件（如广联达、鲁班软

件、RIB iTWO等)进行数据联动,使工程预算与施工模型实时匹配,提高施工前期的成本预算精度。此外,在材料采购决策阶段,BIM系统可通过供应链大数据分析,对不同材料供应商的价格进行对比,并结合市场价格波动情况,选择最优的采购方案,确保采购成本可控。

在施工过程中,BIM技术可实时跟踪项目成本,动态调整施工方案,确保工程预算可控。施工现场的材料消耗、人工费用、机械设备租赁等都会影响项目的实际成本,如果不能实时监控,可能会导致施工过程中超预算或资源浪费。例如,在混凝土浇筑过程中,BIM可通过传感器检测实际浇筑的混凝土量,并与预算模型进行对比,如果发现超额使用,系统会自动触发预警,提醒施工方调整施工流程,避免材料浪费。BIM技术不仅可以优化施工过程中的成本控制,还可以在施工后期的竣工成本核算和结算管理中发挥重要作用。传统的工程结算往往依赖人工数据整理、手工对账、纸质合同管理,容易出现数据遗漏、重复结算、成本不透明等问题,导致施工单位与业主之间的财务纠纷。而BIM技术可基于竣工BIM模型,精准记录施工过程中发生的所有成本数据,包括材料成本、人工成本、设备租赁费用、分包工程费用等,并自动生成成本清单,为工程结算提供精确依据。例如,BIM可以通过与ERP(企业资源计划)系统对接,实时汇总所有施工阶段的成本支出,确保结算数据与实际施工数据一致,避免结算误差。此外,BIM可与合同管理系统结合,自动对比合同预算与实际施工成本,发现合同超支、隐形成本增加等问题,为项目投资方提供决策依据。

5 施工资源调度优化

施工资源的合理配置直接关系到工程效率和成本,传统的施工资源调度通常依赖人工经验管理,存在资源浪费、调度不均、工地拥堵等问题。而BIM技术能够实现施工资源的智能化调度与优化,提高施工效率,减少资源浪费。

首先,BIM可以优化施工机械和设备的使用调度。通过BIM模型的三维仿真功能,可以模拟起重机、塔吊、施工电梯、混凝土泵车等设备的最佳布置位置和运行路径。例如,在高层建筑施工中,BIM可以分析塔吊的覆盖范围、旋转半径、起重能力,合理布置塔吊位置,避免塔吊之间的干涉,减少等待时间,提高设备使用效率。此外,BIM可以结合GIS(地理信息系统)和RFID(无

线射频识别)技术,实时监控施工设备的位置和使用情况,避免设备闲置或重复调度,提高设备利用率。

其次,BIM能够优化施工劳动力的调配。基于BIM的工人考勤管理系统,可以实时记录工人的出勤情况,确保关键岗位的工人数量匹配施工进度需求。例如,在钢结构安装、混凝土浇筑等关键工序中,BIM可以提供人员需求预测,提前安排足够的施工人员,避免施工因人手不足而延误。同时,BIM可以结合智能工地管理系统,通过人脸识别、电子围栏等技术,合理控制施工人员的进出,提高现场管理效率。

此外,BIM还能优化建筑材料的供应链管理。施工过程中,建筑材料的供应链管理至关重要,如果材料供应不足,可能导致施工停滞;而材料过剩,则可能造成库存积压和浪费。BIM技术可以通过材料需求预测和库存管理,实现施工材料的精确配送。例如,BIM可以结合ERP(企业资源计划)系统,实时监测施工现场的材料库存,提前通知供应商按需求配送材料,减少材料堆积占用场地,提高施工效率。

最后,在施工过程中,BIM还可以优化施工现场的空间管理。大型建筑工地往往空间有限,如何合理布置材料堆放区、设备停放区、人员活动区,直接影响施工效率。BIM可以通过三维模拟,提前规划施工现场的空间布局,确保施工场地的高效利用。例如,在预制装配式建筑施工中,BIM可以模拟预制构件的存放位置、吊装顺序和运输路径,确保构件按需运送到安装位置,减少二次搬运,提高施工效率。

6 结束语

BIM技术在建筑结构施工过程优化中发挥着重要作用,其在施工进度管理、质量控制、安全管理、成本控制等方面的优势显著。随着BIM技术与人工智能、大数据、物联网等技术的结合,其在建筑施工中的应用将更加智能化和精细化,为建筑行业的数字化转型提供更加先进的技术支持。

参考文献

- [1]李和伟.BIM技术在建筑工程施工管理中的应用研究[J].建筑科技,2021,38(2):45-50.
- [2]王鹏.基于BIM技术的建筑施工进度管理优化研究[J].建筑施工,2020,35(5):112-117.
- [3]张向磊.BIM技术在建筑施工安全管理中的应用分析[J].土木工程,2022,40(7):66-72.