

大型建筑工程施工管理技术研究

刘贯山

河北省第二建筑工程有限公司 河北 石家庄 050000

摘要：大型建筑工程施工管理技术研究聚焦于解决规模庞大、参与方复杂、环境不确定性等核心问题。研究涵盖数字化技术体系（如BIM、物联网、大数据分析）、智能化管理方法（智慧工地平台、机器人应用、数字孪生）及协同管理机制（IPD模式、区块链技术、云平台架构）。通过多目标优化框架与算法设计，结合案例验证，实现进度、成本、质量、安全等多维目标动态平衡，提升管理效率与项目综合效益。

关键词：大型建筑；工程施工；管理技术

引言：随着城市化进程加速，大型建筑工程规模与复杂度持续提升，其施工管理面临资源协调难、风险控制弱、信息流通不畅等挑战。传统管理模式依赖人工经验与碎片化系统，已难以适应动态化、精细化管控需求。近年来，BIM、物联网、大数据及人工智能等技术的融合应用，为破解施工管理痛点提供了创新路径。本研究聚焦于技术赋能下的施工管理优化，探索如何通过数字化与智能化手段提升工程效益，助力行业转型升级。

1 大型建筑工程施工管理核心问题

1.1 工程特征与管理挑战

(1) 规模庞大：此类工程空间跨度大、结构复杂，如超高层建筑需应对垂直运输效率低、高空作业安全风险高的问题；跨江海工程受水文条件影响显著，施工窗口期短；地下空间工程则面临地质勘察难度大、支护结构稳定性要求严苛等挑战，大幅增加了管理的复杂性与难度。(2) 参与方复杂：各参与方目标与利益存在差异，设计方侧重方案合理性，施工方关注进度与成本，供应方追求利润，监理方需把控质量与安全。多方沟通协调不畅易导致责任推诿，如设计图纸变更未及时同步给施工与供应方，可能引发材料浪费与工期延误。(3) 环境不确定性：地质条件突变，如施工中遭遇溶洞、断层，会打乱施工计划；极端气候如暴雨、台风，可能导致停工甚至设备损坏；政策调整，如环保标准提升、税收政策变化，会增加工程成本与合规风险，给管理带来不可预测性。

1.2 传统管理模式痛点

(1) 信息孤岛：各阶段数据多以纸质或独立系统存储，设计阶段的BIM模型难以在施工阶段有效复用，运维阶段也无法获取完整的施工过程数据，导致运维决策缺乏科学依据，如设备故障时难以快速追溯施工安装细节。(2) 资源冲突：缺乏统筹规划，易出现同一时间段多工

序争抢同一批设备、材料供应与施工进度不匹配、人员技能与岗位需求不符等问题，造成资源闲置或短缺，如混凝土浇筑时泵车未按时到位，导致施工中断。(3) 风险失控：传统质量检查依赖人工抽样，难以全面覆盖；安全管理多为事后整改，对风险的预判和防控不足，如模板支撑体系未经过严格验算就投入使用，易引发坍塌事故。

1.3 全生命周期管理需求

(1) 规划阶段：需综合考虑技术可行性、经济合理性、环境影响等因素，运用数据分析与仿真技术，对不同方案进行对比评估，确定最优建设方案，如在选址时分析交通便利性、土地成本、生态保护要求等。(2) 设计阶段：采用模块化设计，将工程拆分为多个标准模块，便于工厂预制与现场组装，提高施工效率；推行标准化设计，减少设计变更，降低成本，如住宅项目采用标准户型与构件。(3) 施工阶段：借助信息化管理平台，实时采集进度、成本、质量数据，建立耦合分析模型，当某一指标偏离计划时，及时调整其他指标，实现三者动态平衡，如发现成本超支，可通过优化施工工艺、调整进度计划来控制。(4) 运维阶段：构建数字化资产台账，记录设备运行状态、维护记录等信息，实现资产可视化；基于资产性能数据与使用需求，制定科学的更新与改造策略，延长资产使用寿命，如定期对电梯、空调等设备进行状态评估，确定维修或更换方案^[1]。

2 大型建筑工程施工管理关键技术研究

2.1 数字化技术体系

(1) BIM技术：BIM技术通过构建三维数字化模型，融合时间维度形成4D施工模拟，可提前模拟施工全过程，直观呈现进度计划与实际进展的偏差，助力管理人员动态调整施工方案。例如在超高层建筑施工中，借助4D模拟能精准规划钢结构吊装顺序与时间，避免工序冲

突。同时, BIM的碰撞检测功能可在施工前排查管线、构件间的空间冲突, 如机电管线与结构梁的碰撞问题, 减少现场返工。进度可视化则通过模型与进度数据的关联, 让各参与方实时掌握关键节点完成情况, 提升沟通效率。(2) 物联网 (IoT): 物联网技术通过在施工设备、人员安全帽、现场环境监测设备上部署传感器, 实现全方位数据采集。设备监控可实时追踪塔吊、混凝土泵车等大型机械的运行参数 (如转速、负载、油耗), 当出现异常时自动报警, 预防设备故障。人员定位系统利用GPS、UWB等技术, 精准定位施工人员位置, 划定危险区域电子围栏, 若人员误入可立即发出预警, 保障作业安全。环境感知则通过监测PM2.5、噪声、温湿度等数据, 结合环保标准自动调控施工节奏, 如超标时启动降尘设备, 满足绿色施工要求^[2]。(3) 大数据分析: 依托施工过程中积累的海量数据 (如历史工期、材料消耗、天气记录等), 大数据分析技术可建立资源消耗预测模型, 精准预估不同施工阶段的人力、材料需求量, 避免资源过剩或短缺。例如通过分析同类项目混凝土用量数据, 结合当前工程结构特点, 预测本项目各楼层混凝土需求, 优化采购与供应计划。同时, 构建风险预警模型, 对工期延误、成本超支、质量隐患等风险进行预判, 如根据天气数据与施工进度关联分析, 提前预警暴雨天气对室外作业的影响, 及时调整施工安排。

2.2 智能化管理方法

(1) 智慧工地平台: 智慧工地平台整合多源数据, 实现施工管理智能化。AI视频监控通过图像识别技术, 自动识别未佩戴安全帽、违规操作等行为, 实时抓拍并推送预警信息, 减少人为监管漏洞。无人机巡检适用于大型场馆、跨江大桥等工程, 可快速获取施工区域全景影像, 排查脚手架搭设不规范、基坑边坡位移等问题, 相比人工巡检效率提升3-5倍。移动端协同则支持管理人员、施工人员通过手机APP实时上传施工日志、验收照片, 同步更新项目进度与图纸变更, 打破时间与空间限制, 实现高效协同。(2) 机器人应用: 建筑机器人的应用大幅提升施工效率与质量稳定性。砌筑机器人可根据BIM模型自动抓取砖块、涂抹砂浆, 精准完成墙体砌筑, 误差控制在毫米级, 且日均砌筑量可达人工的2倍以上, 减少人工成本。喷涂机器人通过预设程序, 均匀喷涂墙面、构件表面涂料, 避免人工喷涂出现的厚薄不均问题, 同时降低涂料浪费。焊接机器人适用于钢结构工程, 采用激光跟踪技术实现高精度焊接, 焊缝质量达标率显著提高, 尤其在高空、高危焊接作业中, 可替代人工降低安全风险。(3) 数字孪生: 数字孪生技术构建与物理工

程1:1的虚拟模型, 实时映射施工过程中的人员、设备、环境状态。通过虚拟推演, 可模拟不同施工方案的实施效果, 如对比不同模板支撑体系的稳定性与成本, 选择最优方案。在施工过程中, 虚拟模型与现场实际数据实时同步, 管理人员可在虚拟环境中监控施工进度、排查隐患, 如发现某区域混凝土浇筑速度滞后, 可在虚拟模型中模拟调整人员与设备配置, 再将优化方案应用于实际施工, 实现动态优化^[3]。

2.3 协同管理机制

(1) IPD (集成项目交付) 模式: IPD模式打破传统各参与方独立运作的模式, 将设计、施工、供应、业主等多方整合为一个协同团队, 签订统一合同明确各方权利、责任与利益分配。在利益共享方面, 当项目提前竣工、成本节约时, 团队成员按约定比例分享收益; 在风险共担方面, 若出现工期延误、质量问题, 各方共同承担损失并协同解决。例如在大型商业综合体项目中, IPD模式促使设计方提前考虑施工可行性, 供应方提前介入材料选型, 减少设计变更与工期延误, 实现项目整体效益最大化。(2) 区块链技术: 区块链技术凭借去中心化、不可篡改的特性, 优化协同管理流程。合同管理方面, 将施工合同、采购合同等上传至区块链, 实现合同签订、履约过程的全程留痕, 避免合同篡改与纠纷。供应链溯源通过记录材料从生产、运输到进场验收的全流程信息 (如供应商资质、检测报告、运输轨迹), 确保材料质量可追溯, 如钢筋进场时, 扫码即可查看其生产批次、力学性能检测结果, 杜绝不合格材料使用。信用评价则基于各参与方在项目中的履约数据 (如工期完成率、质量合格率), 生成不可篡改的信用评分, 为后续项目合作提供参考依据^[4]。(3) 云平台架构: 云平台为各参与方提供统一的数据存储与交互平台, 打破信息孤岛。通过云平台, 设计方上传的BIM模型、施工方更新的进度数据、监理方的验收报告可实时共享, 各方按需获取所需信息。同时, 建立精细化权限控制体系, 根据角色 (如业主、施工员、监理工程师) 分配不同的数据访问与操作权限, 确保数据安全。例如业主可查看项目整体进度与成本数据, 施工员仅能访问分管工序的图纸与作业指导书, 既保障信息流通, 又防止数据泄露与误操作。

3 大型建筑工程施工管理技术优化模型

3.1 多目标优化框架

(1) 目标函数: 以四大目标构建函数体系, 通过权重分配平衡各目标优先级。例如在工期紧张项目中, 适当提高工期权重, 优先保障进度; 在绿色建筑项目中, 加大碳排放权重, 采用低碳材料与施工工艺。同时建立目标联

动机制，避免单一目标优化导致其他目标受损，如缩短工期时，通过优化施工流程而非压缩必要工序，确保质量不下降、成本不超支。(2) 约束条件：资源限制涵盖人力（专业人员数量）、材料（供应商产能）、设备（大型机械保有量）等，避免资源配置超出实际供给能力；安全规范严格遵循《建筑施工安全检查标准》，如高空作业必须配备防护设施，禁止违规操作；环境法规需满足当地环保要求，如施工扬尘排放浓度不得超标，夜间施工需获得许可，防止因违规面临处罚。

3.2 算法设计

(1) 遗传算法：模拟生物进化过程，将进度计划拆解为“染色体”（工序），通过选择、交叉、变异操作优化工序衔接。当出现资源冲突或工期延误时，算法自动调整工序顺序与持续时间，生成最优进度方案。例如某项目因材料供应延迟导致钢筋绑扎工序滞后，遗传算法快速计算出调整后续混凝土浇筑、模板拆除工序的时间节点，确保总工期不受影响。(2) 蒙特卡洛模拟：通过大量随机模拟，计算各风险事件（如地质灾害、设备故障）的发生概率及影响程度。基于模拟结果制定分级应急预案，高概率风险（如雨季暴雨）提前储备排水设备与防雨物资，低概率但高影响风险（如地震）制定人员疏散与结构加固方案，提升风险应对主动性。(3) 模糊综合评价：构建多维度评价指标体系（产品质量、供应及时性、价格、环保水平），采用模糊数学方法量化主观评价。选择供应商时，对各指标打分并计算综合得分，筛选出最优合作方；绩效评估时，定期对供应商表现复盘，得分过低者纳入黑名单，保障供应链稳定^[5]。

3.3 案例验证

(1) 选取某超高层建筑项目：该项目总高度320米，涵盖地下4层、地上75层，涉及钢结构安装、玻璃幕墙施工等复杂工序，传统管理模式曾面临进度滞后、成本

超支问题。(2) 对比传统管理与技术优化后的效率提升：应用技术优化模型后，通过多目标优化框架平衡工期与成本，结合遗传算法调整进度计划，蒙特卡洛模拟防控高空作业风险，模糊综合评价筛选优质供应商。最终项目工期从原计划1080天缩短至918天，工期缩短15%；通过资源优化配置与供应商成本管控，总成本从原预算18.5亿元降至17.02亿元，成本降低8%，同时质量验收合格率提升至100%，碳排放较行业平均水平减少12%，验证了技术优化模型的实用性与高效性。

结束语

大型建筑工程施工管理技术的探索与实践，是推动行业向高效化、智能化转型的关键。本研究通过融合BIM、物联网、大数据等前沿技术，构建了全流程动态管控体系，有效破解了传统管理中的信息壁垒与资源浪费难题。实践验证，技术赋能显著提升了工程安全性、经济性与环保性。未来，需持续深化技术迭代与跨领域协作，为构建更智能、绿色、可持续的建筑工程生态提供支撑。

参考文献

- [1]段志超.探究BIM技术在建筑工程施工管理中的应用[J].商品与质量,2020,(05):52-53.
- [2]李长顺.建筑工程施工现场质量控制措施分析[J].中国房地产业,2021,(07):109-110.
- [3]薛丽华,马雪妍.施工质量管理技术在房屋建筑工程中的应用研究[J].建设机械技术与管理,2025,38(02):128-130.
- [4]方贤林.大体量建筑工程施工组织与工程管理技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(05):52-54.
- [5]刘雅菊.智能化管理技术在建筑工程中的应用[J].建材发展导向,2025,23(02):106-108.