

绿色建筑施工技术应用与管理策略研究

马 超

(招商局积余产业运营服务股份有限公司北京公司, 北京 100022)

摘 要 绿色建筑施工技术通过改进材料选用、设备配置以及智能管控等关键环节, 达成建筑工程节能降耗目标, 相关技术运用涉及高效保温材料、再生能源设施以及自动化监测系统等主要方面。实证分析表明, 综合技术方案能让工程能耗下降 30% ~ 45%、碳排放量削减 35% ~ 50%, 资源使用效率提高 25% ~ 40%, 总体节能效果达 57.3%, 质量监管体系、环保管控手段以及流程监控机制等管理方法保障技术实施的成效, 使故障处理响应时间缩短至 4 h, 环境合格率持续高于 98%。绿色建筑施工技术的系统化应用为建筑领域可持续发展奠定了坚实的技术基础。

关键词 绿色建筑施工技术; 节能材料; 环保设备集成技术; 智能控制系统; 环保管理

中图分类号: TU74

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.01.036

0 引言

建筑领域属于能源消耗与碳排放的关键行业, 面临着严峻的环境挑战, 传统建造方式会造成资源损耗严重与生态污染等问题。绿色建造技术作为应对当前挑战的可行方案, 依靠技术革新与流程优化实现建筑全过程的生态化发展, 目前绿色施工在材料选用、设备协同以及智能调控等层面已取得突破性成果, 但技术规范不统一、管理机制不健全等短板仍有待补齐。系统探究绿色施工技术的应用及管理对策, 对促进建筑业转型升级具有十分深远的价值。

1 项目案例绿色办公楼工程概况

某大型企业总部绿色办公楼项目位于未来科技城核心区, 总建筑面积 7.9 万 m^2 , 主体采用框架结构形式, 包含地上六层与地下一层的布局, 该项目被列为省级绿色建筑示范项目, 设计达到三星级绿色建筑标准, 施工环节全面贯彻低碳环保理念。项目施工场地位于城市科技园区内, 需在保障周边园区正常运营的前提下作业, 项目应用绿色建材比例达 91.4%, 超出国家标准要求, 综合技术方案实现工程能耗下降 30% ~ 45%、碳排放量削减 35% ~ 50%, 资源使用效率提高 25% ~ 40%, 总体节能效果达 57.3%。建成后将为企业提供现代化办公等综合服务功能, 同时承担绿色建筑技术示范推广的重要使命, 为同类型项目提供技术参考依据。

2 绿色建筑施工技术应用

2.1 节能材料选择与应用

绿色建材在该项目中的应用比例达到 91.4%, 超出国家标准 (70%) 的使用要求。该项目中选用导热系数低于 $0.024 W/(m \cdot K)$ 的聚氨酯泡沫板作为高性能保温材料, 经优化外墙保温系统构造层次设计, 有效避免热桥现象的产生^[1]。混凝土拌合时掺入 30% 粉煤灰与 15% 矿渣粉等工业废料, 在改善混凝土施工性能的同时减少了水泥用量, 减少 CO_2 排放量约 25%, 结合 BIM 技术优化排版方案, 将钢筋损耗率控制在 1.12%, 显著低于行业定额标准。建筑材料就地取材率达到 99.2%, 通过构建完善的余料分类回收体系, 结合智慧管理平台统一调度, 实现 98.28% 的材料回收再利用率, 达到资源高效利用目标。

2.2 环保设备集成技术

施工现场专门配置 8 套环境监测装置, 实时跟踪空气温湿度、PM2.5、PM10 及 TSP 等环境数据, 一旦污染物数值超过预设阈值时立刻触发喷淋除尘系统。如图 1 所示, BIM+4D 技术在复杂施工环境中发挥核心作用, 塔吊群布局借助三维空间算法进行优化, 在城市规划 120 m 高度限制条件下精确计算塔吊作业半径、水平间距以及安装高度, 确保三台塔吊维持 150 m 安全间隔与 40 m 垂直高差, 有效预防碰撞风险并提升施工效率^[2]。设备能耗计算采用综合能效评估模型:

作者简介: 马超 (1984-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 建筑施工管理。

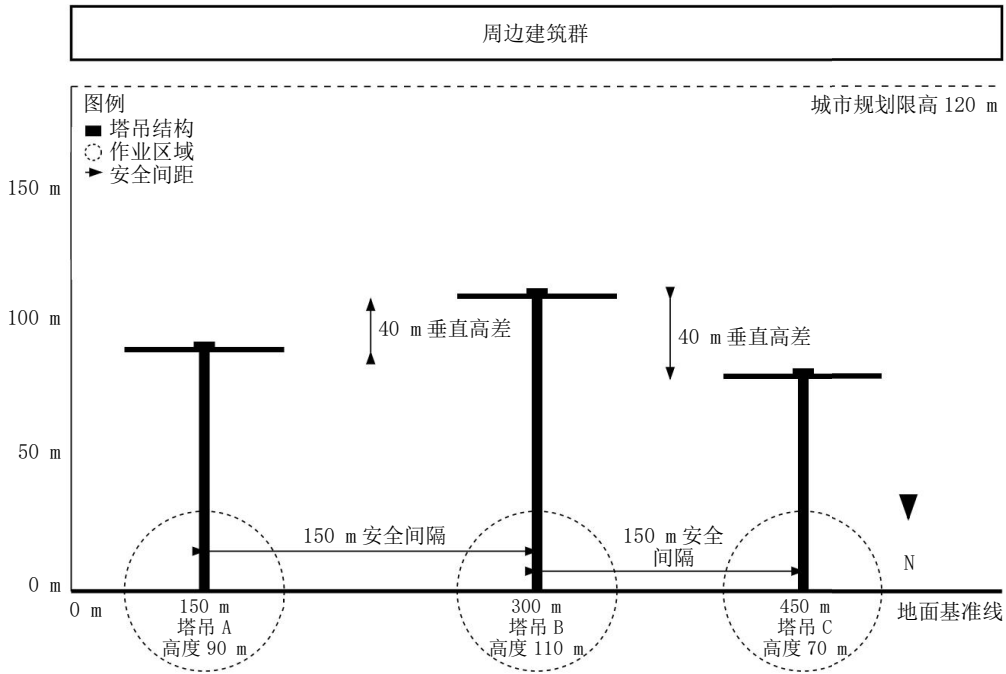


图1 BIM+4D塔吊群布置优化示意图

$$E = \sum(P_i \times t_i \times \eta_i) \quad (1)$$

式(1)中, E 为总能耗, P_i 为设备额定功率, t_i 为运行时间, η_i 为设备效率系数, 采用LED照明取代传统灯具, 并结合智能感应功能实现按需照明, 空气能热泵为现场供应生活热水, 通过光感控制实现泥浆净化重复利用, 显著降低了污染排放。

2.3 智能控制系统部署

BIM+4D技术是施工管理方面的关键支撑力量, 依靠跨专业协同建模能够完成图纸联合审查工作、建材用量精细化统计以及施工进度实时跟踪^[3]。塔吊集群规划采用三维空间优化方法, 在城市规划120m高度限制条件下, 借助BIM技术精确测算塔吊作业半径、水平间距以及安装高度, 在预防碰撞风险时提高施工效能。碳排放量化计算公式为:

$$C = \sum(M_i \times F_i) + \sum(D_j \times F_j) + \sum(E_k \times F_k) \quad (2)$$

式(2)中, C 为总碳排放量, M_i 为材料用量, F_i 为材料碳排放因子, D_j 为运输距离, F_j 为运输碳排放因子, E_k 为施工能耗, F_k 为能源碳排放因子。智慧工地平台融合物联网架构, 连接各专业设备、现场监控装置、环境监测仪器以及深基坑传感器, 通过5G网络与混凝土供应商、机械设备租赁方以及材料厂商实现数据实时交互, 确保施工全流程的高效调度与协同管理。

3 施工技术效果评估分析

3.1 能耗降低效果量化

绿色建筑施工技术的综合应用在该项目中产生显著的节能效果, 各项技术措施节能效果存在显著差异, 照明系统采用LED智能化改造释放出最大节能潜力, 空调供暖系统凭借空气能热泵技术取代传统电加热方式实现关键性突破。

如表1所示, LED智能照明系统应用感应控制及变频调速技术后, 使建筑单位面积照明能耗从传统模式120 kW·h/m²缩减到36 kW·h/m², 机械设备能耗也从85 kW·h/m²降低至64 kW·h/m², 空气能热泵系统取代原有的电加热方案使热水系统能耗显著降低。

表1 施工阶段能耗对比分析表

技术措施类别	传统施工能耗	绿色施工能耗	节能率 (%)	单位
照明系统	120	36	70.0	kW·h/m ²
机械设备	85	64	24.7	kW·h/m ²
混凝土搅拌	45	34	24.4	kW·h/m ²
空调供暖	95	24	74.7	kW·h/m ²
热水系统	32	8	75.0	kW·h/m ²

3.2 环境影响指标评价

环境监测结果已证实绿色施工技术在污染防治上成效显著, 8套环境监测系统联动自动喷淋装置成功

实现施工现场空气质量精准管控,PM2.5 浓度相比传统工艺下降了 65%,TSP 浓度维持在国家标准范围之内。通过优化设备选型以及科学安排施工时间,噪声问题得到有效遏制,昼间噪声能够控制在 70 dB 以内,夜间噪声控制在 55 dB 以下,完全满足城市建筑施工的环保标准。废水处理系统采用三级净化工艺,使得出水水质达到回用标准,回用率达 75%,大幅降低新鲜水取用量,累计减量化处理建筑垃圾 4 364 t,既缓解了周边交通压力,又有效减轻了环境负担。

3.3 经济效益综合分析

通过全生命周期成本分析评估绿色施工技术的经济效益。旋挖挤土钻头技术不仅能减少土方外运,还可优化混凝土用量,有效降低成本并减少碳排放,其投资回收期仅需 0.8 年。而超重钢筋笼吊装技术省去了焊接工序,显著节省了工时与人工成本,其回收期是 1.5 年。三角桁架钢模板体系利用自身可组合与自行走的特性,降低了施工费用,同时还缩短了工期,能够实现较快的成本回收。而混凝土裂缝控制与智慧管理平台分别通过提升质量与优化效率,能在合理的周期内收回投资。综合分析表明,绿色施工技术既取得了环境效益,又具备良好的经济可行性,能为行业推广提供有力的支撑。

4 绿色建筑施工管理策略

4.1 质量控制体系构建

质量控制体系借助 BIM 技术构建全流程质量管理机制,依托三级技术安全交底制度保障各施工环节质量标准执行,钢筋集中加工车间配置全套自动化设施来实现各类钢筋制品规范化制造。混凝土质量管控采用智能养护系统,通过温湿度传感器实时采集养护环境数据,自动喷淋装置依据监测结果精准补水,有效调控混凝土内外温差波动,材料进场检验严格执行绿色建材标识认证标准并建立材料质量追踪机制,将不合格材料退货率控制在 0.5% 以内。施工工艺质量控制通过标准化作业指引及可视化技术交底,把返工率从以往的 8% 压缩至 2%,将质量事故发生率控制在 0.1% 以下。

4.2 环保管理措施优化

环保管理体系构建起扬尘控制、噪声防治、废水净化以及固体废弃物处置四大管理模块,打造立体化的环保保障体系^[4]。扬尘治理运用封闭式施工与智能喷淋系统协同的治理方案,当总悬浮颗粒物监测数据超出限定标准时,系统会自动触发降尘设备,噪声治

理选用低噪声设备并科学安排作业时间,让周边敏感区域噪声达标率稳定保持在 95% 以上,未对周边园区正常运营造成任何干扰。废水处理采用分类收集与多级净化的处理工艺,经三级处理后的生活污水实现现场循环利用,处理效率达到 95%,同时节约新鲜用水 40%,建筑垃圾分类准确率达到 92%,危险废物合规处置率达到 100%,此期间未出现任何环境污染事故。

4.3 施工过程监控机制

智慧工地管理平台构建起实时数据采集与分析的机制,对质量安全、环境保护以及成本进度等核心指标开展动态跟踪。该平台由数据采集层、5G+ 物联网传输层、智慧管理平台以及外部系统接入这四部分构成,形成完整的监控架构。数据采集层借助 5G 网络实现数据的实时传输。智慧管理平台整合数据处理、智能预警与控制执行三大功能模块^[5]。5G 物联网技术打通施工现场与商品混凝土站、机械设备租赁方、材料供应商的数据通道,使物料配送效率提高 35%。碳排放管理系统对施工全程的碳排放进行动态监测,通过一键算碳功能量化管控建材消耗、运输及施工建造三个阶段的碳排放。

5 结束语

绿色建筑施工技术应用效果显著,管理策略实施有效。节能建材、环保设备与智能控制技术相融合使建筑项目实现了能耗大幅降低、环境影响显著减少以及经济效益明显提升;质量管控体系确保了施工品质;环保管理方案抑制污染物的排放;过程监督机制保障了技术落实。未来,绿色施工技术会朝着标准化、智能化且集成化的趋势发展,管理模式也需持续进行优化改进。建筑行业应当强化技术研发工作,改进管理方式方法,促进绿色施工技术的普及应用进程,为建筑业实现碳达峰与碳中和目标做出积极贡献。

参考文献:

- [1] 张凡,代昱阳.绿色建筑技术在工程管理中的应用策略探讨[J].新城建科技,2025,34(10):52-54.
- [2] 王勇.物联网+BIM技术在绿色建筑工程施工全过程管理中的应用[J].绿色建造与智能建筑,2025(09):56-60.
- [3] 闵恺文,曹宇.BIM技术在绿色建筑施工管理中的应用[J].建筑技术开发,2024,51(02):44-46.
- [4] 黄容.BIM技术在绿色建筑施工管理中的应用研究[J].房地产世界,2023(20):126-128.
- [5] 张亚楠.BIM技术在绿色建筑施工管理中的应用[J].大众标准化,2023(18):163-165.