

Integrated Application and Evaluation Research of Green Construction Concept in Affordable Housing Construction

Liqun Yu

Ji'an Yinluling Construction Engineering Co., Ltd., Ji'an, Jiangxi, 331511, China

Abstract

Against the dual backdrop of China's "dual carbon" strategy and accelerated affordable housing supply, this study develops an integrated green construction system tailored for scenarios with cost constraints, tight schedules, and NIMBY (Not In My Backyard) sensitivity. Leveraging life cycle assessment and digital construction platforms, we propose a full-chain low-carbon pathway encompassing materials, processes, and waste management: Material-wise, a blend of 30% recycled coarse aggregates, 45% mineral admixtures, and low-VOC coatings reduces embodied carbon per unit by 20%. Process-wise, coordinated implementation of prefabricated construction, photovoltaic energy storage microgrids, and electric drive systems decreases energy consumption by 18% while compressing nighttime noise exceedance duration to below 15 minutes monthly. Waste management utilizes 30% recycled aggregates for subgrade layers and 15% recycled sand for masonry, achieving an 85% solid waste resource recovery rate. Case study applications demonstrate an overall score of 85, with resource conservation and environmental friendliness contributing 90% and 88% respectively, validating the system's replicability and quantifiable performance without exceeding budgetary constraints.

Keywords

affordable housing; green construction; life cycle assessment; prefabricated construction; solid waste resource utilization

绿色施工理念在保障性住房建设中的集成应用与评价研究

余立群

吉安市银庐陵建筑工程有限公司, 中国 · 江西 吉安 331511

摘要

在“双碳”战略与保障性住房供给提速的双重背景下, 研究构建面向成本刚性、工期刚性及邻避敏感场景的绿色施工集成体系。基于生命周期评价与数字工地平台, 提出“材料—过程—废弃物”全链条低碳化路径: 材料端以30%再生粗骨料、45%矿物掺合料及低挥发性有机物涂料组合, 实现单位建造隐含碳下降20%; 过程端以装配式+光伏储能微网+电驱设备协同, 使施工能耗降低18%, 噪声夜间超标时长压缩至低于15min/月; 废弃物端以30%再生骨料回用于垫层、15%再生砂回用于砌筑, 固废资源化率提升至85%。案例工程应用显示, 综合得分85, 其中资源节约与环境友好维度贡献度分别达90%与88%, 验证了体系在概算不突破前提下的可复制性与可量化绩效。

关键词

保障性住房; 绿色施工; 生命周期评价; 装配式建造; 固废资源化

1 引言

保障性住房作为政府主导、财政直接投资的民生项目, 长期面临“时限紧、概算硬、邻避强”的三重约束, 传统高消耗、高扰动的建造方式已难以匹配“双碳”目标与居住品质升级的双重要求。绿色施工理念虽在公共建筑领域取得成效, 但在户型标准化程度高、地块碎片化明显的保障性住房场景中, 仍缺乏兼顾成本边界、工艺可复制性与全生命周期绩效的系统化研究。若不能将节能、节地、节水、节材与环境保护要求转化为可落地、可核算、可回溯的技术—管理组

合, 绿色策略极易沦为“技术盆景”, 无法在规模化建设中形成持续减碳与减扰的乘数效应。因此, 有必要面向保障性住房的政策语境与空间特征, 重新梳理绿色施工的应用基础, 构建从材料选型、过程管控到废弃物再利用的集成路径, 并建立与概算动态耦合的评价体系, 为政府方、总承包方及社区提供可量化、可追责的决策依据, 进而推动民生工程的绿色低碳转型^[1]。

2 绿色施工理念在保障性住房建设中的应用基础

在保障性住房建设的政策语境下, 绿色施工理念的应用基础需被清晰建构。其核心内涵可归纳为4节1环保, 即将节能、节地、节水、节材以及环境保护贯穿施工组织与技

【作者简介】余立群(1991-), 中国江西吉安人, 本科, 一级建造师, 从事建筑工程及管理研究。

术管理,使资源消耗与环境负荷处在可控水平。节能对应机具与临电优化,节地落实临建集约与场地复用,节水依靠循环水系统与减水工艺,节材聚焦全流程减损与周转化,环境保护覆盖扬尘、噪声、污水与生态扰动控制。结合保障性租赁住房与共有产权住房的公共属性,可见交付时限紧、概算刚性强,居住健康与耐久性要求明确;同时项目多落位城市更新地块与交通枢纽周边,施工对既有社区敏感,但标准层重复与户型同质又为工艺一致化提供了条件。由此把绿色施工嵌入该类项目,既能压降外部扰动,也能把有限投资转化为全生命周期绩效。可行性方面,标准化户型契合装配式混凝土体系,便于规模化采用预制构件与可周转模板;建筑信息模型 BIM 及数字工地平台可把材料计划、能耗监测与进度统筹进行协同;同时低碳水泥、再生骨料与低挥发性有机物涂料的城市级供应链已具备批量供给能力,使在不突破概算的前提下实现绿色技术组合成为可能。

3 绿色施工理念在保障性住房建设中的集成应用路径

3.1 施工材料的绿色化选择策略

向保障性住房的概算刚性与集中成片建设的组织特性,材料选型需要把成本约束、工艺可复制性与环境绩效放到同一评价框架中来开展。本研究把生命周期评价方法当作核心工具来使用,设定功能单位为 1 m^2 外墙与 1 m^3 混凝土,按照原材获取、运输、生产与现场施工阶段进行清单核算,并把环境产品声明作为供应链准入依据。决策路径依次覆盖需求澄清、候选库构建、门槛值筛选、生命周期测算与成本对比、权重法排序、样板段验证以及滚动优化,形成与概算控制动态耦合的材料选择闭环。结合墙体系统的构造稳定性与施工组织效率,外墙可在夹芯预制混凝土外墙板与蒸压加气混凝土自保温砌块两类方案中进行权衡:前者把岩棉夹芯与低辐射玻璃的热工优势叠加在工厂化生产与现场快速吊装的节地、降噪收益之上,适宜高重复标准层;后者则凭借轻质砌块与薄抹灰体系降低结构荷载与运输能耗,更契合紧凑地块的周转布置。保温材料应把热阻、不可燃性与施工安全作为底层指标来设置,岩棉优先用于外保温系统,石墨聚苯板可作为成本敏感地段的备选,发泡陶瓷在基层平整与耐久性要求更高的底层公共空间具备适宜性。混凝土体系建议把矿物掺合料与再生骨料组合使用来降低单位体积隐含碳,矿粉与粉煤灰的综合掺量区间设为 30% 至 45%,结构构件的再生粗骨料替代率可把目标设定在 25% 至 30%,非承重构件替代率可以提高到 50%。水泥品类优先选用熟料比例较低的复合水泥,配套低碱体系与高效减水剂来维持泵送与早期强度,施工段划分与养护制度同步优化以减少返工风险。室内健康维度需要与碳足迹统筹考虑,内墙涂料、胶黏剂与防水涂层应选用低挥发性有机物产品,涂料的挥发性有机物优选低于 30 g/L ,胶黏剂优选低于 80 g/L ,同时把无铬防锈

底漆与水性体系纳入基线配置。门窗系统在热工与耐用性之间进行配比选择,断热铝型材配合双银低辐射中空玻璃可把传热系数压降至 $2.0\text{ W m}^{-2}\text{ K}^{-1}$ 以内,并依靠分格标准化来减少型材损耗。为把成本与环境绩效转化为可比较的指标体系,排序阶段建议设置成本权重与碳排放权重的区间调节机制,社区级交通影响与现场可达性作为修正因子嵌入算法,最终在样板段内进行安装工时、损耗率与废弃物可回收性的现场校核,校核结果再反馈至候选库参数,形成面向保障性住房场景的绿色材料组合集。

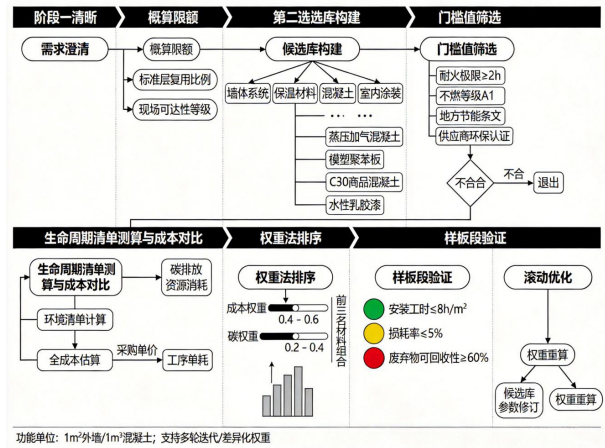


图 1 保障性住房绿色材料选择决策流程图

3.2 施工过程的低碳化管控方法

面向保障性住房集中开建、工期刚性与邻避敏感并存的场景,施工阶段的低碳化需把能耗监测、设备选型与工序组织进行协同管控。在机械环节,从负载匹配与能源替代出发开展选型,塔式起重机、施工升降机与泵送机组优先选用电驱动与变频控制,把额定功率与典型荷载曲线进行匹配,设置空载停机以减少待机能耗;位于学校与医院周边的地块仅把柴油设备作为备份,并配置颗粒捕集装置^[2]。围绕临时用电,构建光伏加储能的临电微网,把办公与材料棚屋面布置为光伏阵列,采用混合逆变器接入 380 V 母线,优先供给照明与小型电动工具,配合负荷搬移策略,以电池在低谷充电、高峰放电来压降合同容量^[3]。

3.3 施工废弃物的资源化利用模式

于保障性住房项目在城市更新地块内呈集中成片推进的现实情境,施工废弃物的类型与峰值量级呈现明显阶段性波动,混凝土废渣、砂浆溢料与拆改渣构成矿物类主体,钢筋边角料与金属预埋件截断构成金属类主体,模板与托盘构成木塑类主体,辅以涂料桶与含油抹布等小体量危废。基于此分类,处置路径被构建为源头分类收集、场内集中转运、破碎与分选一体化处理、再生材料级配优化与去向封定、电子台账闭环管理的连续流程。源头侧把楼层设置为分区投放单元,配置混凝土与砖石料箱、金属笼车与木料周转区,危废在防渗地面上设置双锁暂存间并同步张贴识别标识;转运侧把塔吊与升降机的空档时间嵌入渣料吊运时段,减少临

时车辆进出对周边社区的交通扰动。处理工段在项目集中加工区设置移动颚破与反击破串联线，配套喷水雾抑尘、封闭皮带与永磁滚筒磁选，把矿物类拆解为四级粒径，形成再生粗骨料与再生砂两类产品，并对含泥量与压碎值实施批次抽检；金属类在磁选与人工拣选后进行打包，直达区域再生金属加工中心；木塑类经修整后开展模板与托盘的二次周转，无法周转的碎料进入板材再造企业^[4]。

4 绿色施工理念应用效果的评价体系与案例验证

4.1 绿色施工应用效果的评价指标体系构建

鉴于保障性住房工程在成本刚性与交付时限的双重约束下推进，本研究把绿色施工应用效果的评价目标界定为在资源节约、环境友好与社会效益三类目标间进行权衡，并据此构建由目标层、准则层与指标层组成的层次结构。资源节约维度聚焦单位建造能耗、用水强度、材料隐含碳与周转材料利用率，结合标准层重复度把模板周转次数与场地占用强度纳入测度。环境友好维度围绕扬尘在线达标率、施工噪声夜间超标时长、污水预处理达标率以及固废资源化率展开，进一步把运输里程强度与碳台账的阶段性波动作为修正量。社会效益维度把工期偏差、邻里交通影响指数、扰民投诉处置及时率与室内空气质量首检合格率纳入评价，并结合保障性租赁住房的居住属性设置维护便利性与本地就业吸纳比例两项补充指标。指标数据由数字工地平台、能耗监测系统与地磅称重系统按周接入，采用区间定标与正向化处理来进行无量纲化，进而形成可比的评分序列。权重获取运用层次分析法来开展，邀请来自北京市住房保障部门、两家特级总承包企业以及一家具备甲级资质的监理机构的9名专家开展成对比较，依据标度构造判断矩阵并进行一致性检验，当一致性比率小于0.10时采用该权重向量，若不满足则返回修订。最终把指标得分与权重进行加权求和，得到项目在评价周期内的综合得分，用于驱动材料组合与工序组织的滚动优化。

$$CR = \frac{\lambda_{max} - n}{(n - 1)RI}$$

其中， CR 表示一致性比率， λ_{max} 为判断矩阵最大特征值， n 为判断矩阵阶数， RI 为随机一致性指标。

4.2 案例工程的效果验证与数据分析

以北京市海淀区XX花园保障性住房项目为案例，项目在策划阶段把生命周期评价与碳台账嵌入材料与工序决策，选用装配式混凝土体系、矿物掺合料与再生骨料组合，

构建光伏储能临电微网并选用电驱机组，依靠数字工地平台开展能耗与废弃物流的周度采集与校核回填。结合标准层高重复和枢纽邻避的情境，周转模板复用与预制构件替代把材料利用率提高15%，单位建造阶段碳排放降低20%，噪声与扬尘控制保持稳定达标^[5]。依据3.1节评价体系，以结构封顶前6个月为评价期，按权重向量汇总指标序列，综合得分为85，见表1。资源节约与环境友好维度贡献度更高，社会效益维度受邻里交通影响指数波动拉低，需在竣工前的成品保护与运输组织中把窗口期与工序节拍进一步优化，从而把绿色材料组合、低碳临电与装配式施工的协同效应持续转化为可量化的综合绩效。

表1 案例工程绿色施工效果评价指标得分表

指标	得分
单位建造能耗	86
材料隐含碳	88
周转材料利用率	90
扬尘达标率	92
噪声控制	80
固废资源化率	85
综合得分	85

5 结语

本研究将绿色施工理念嵌入保障性住房全周期建造流程，验证了“刚性成本—刚性工期—刚性环保”三角约束下仍可实现20%碳排放降幅与85%固废资源化率的可行路径。通过把生命周期评价、数字工地平台与邻避风险管控整合为同一管理界面，为政府投资工程提供了可复制的绿色采购与施工组织模板。未来工作需在两方面深化：一是扩大样本容量，检验不同气候区与结构体系下的参数敏感性，形成分区指引；二是打通再生建材进入主体结构的标准通道，推动设计—生产—施工—运维四方数据闭环，实现保障性住房从“住有所居”迈向“住有优居”的绿色升级。

参考文献

- [1] 李航.绿色施工技术在房建施工中的标准化应用实践[J].中国建筑金属结构,2025,24(22):196-198.
- [2] 杨淑影.住宅建筑领域中绿色技术与材料的协同创新探索[J].中国建筑金属结构,2025,24(22):52-54.
- [3] 李旭成,李继军,陈新民.水利工程绿色施工技术 with 生态环境保护研究[J].中国设备工程,2025,(22):213-215.
- [4] 赵会达.绿色建筑与可持续发展视角下的房地产业投资风险分析[J].中小企业管理与科技,2025,(03):116-118.