

# 工业化建造模式下住宅建筑全生命周期成本效益分析

蒋力

华旭丰智汇(宁夏)科技有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i10.17207

**[摘要]** 聚焦工业化建造模式下住宅建筑全生命周期,剖析决策、设计、施工、运维及拆除回收各阶段成本构成,明确技术水平、供应链效率、运维质量、资源回收能力等效益影响因素,提出适配的成本效益分析方法与各阶段优化策略。通过全流程管控与技术创新,可降低全生命周期成本、提升综合效益,为工业化住宅项目决策提供支撑,推动住宅建筑行业向高效、绿色方向发展。

**[关键词]** 工业化建造模式; 住宅建筑; 全生命周期; 成本效益

**中图分类号:** TU723.3 **文献标识码:** A

## Life Cycle Cost-Benefit Analysis of Residential Buildings under Industrialized Construction Mode

Li Jiang

Huaxufeng Zhihui (Ningxia) Technology Co., Ltd.

**[Abstract]** This study focuses on the entire life cycle of residential buildings under industrialized construction mode, analyzing cost structures at decision-making, design, construction, operation-maintenance, and demolition-recycling stages. It identifies key benefit influencers including technical levels, supply chain efficiency, operational maintenance quality, and resource recycling capacity, proposing adapted cost-benefit analysis methods and stage-specific optimization strategies. Through full-process control and technological innovation, life cycle costs can be reduced while enhancing comprehensive benefits, providing decision support for industrialized residential projects and promoting the industry's transition toward efficiency and sustainability.

**[Key words]** Industrialized Construction Mode; Residential Buildings; Life Cycle; Cost-Benefit

### 引言

传统住宅建造模式面临能耗高、效率低等问题,工业化建造模式凭借标准化、模块化优势成为转型方向。住宅建筑全生命周期各阶段成本与效益关联紧密,其分析对项目经济性与可持续性至关重要。深入研究该模式下全生命周期成本构成、效益影响因素及优化路径,既能明晰工业化建造的优势与潜力,也能为行业实践提供科学指导,以下将展开具体探讨。

### 1 工业化建造模式下住宅建筑全生命周期成本构成分析

工业化建造模式下住宅建筑全生命周期成本,贯穿决策、设计、施工、运维及拆除回收阶段,各阶段成本构成具有鲜明的模式特性。决策阶段成本主要包括项目可行性研究、方案论证及工业化技术选型相关费用,此阶段需充分考量预制构件生产基地建设、供应链搭建等前期投入,成本估算准确性直接影响后续阶段资源配置。设计阶段因工业化建造的标准化要求,需投入更多成本用于构件标准化设计、BIM技术应用及各专业协同优化,同时要兼顾构件生产、运输与安装的衔接性,避免设计偏差导致

后期成本增加。施工阶段成本核心是预制构件生产、运输及现场装配费用,构件生产需考虑模具制作、生产线运营成本,运输成本与构件尺寸、运输距离及装卸方式相关,现场装配则涉及吊装设备租赁、专业施工团队薪酬等。运维阶段成本涵盖住宅日常维护、设备更新及能耗支出,工业化建造的住宅因构件质量稳定、保温隔热性能较好,可降低维护频率与能耗成本,但需关注预制构件连接部位的长期维护。拆除回收阶段成本主要包括构件拆解、分类回收及废弃物处理费用,工业化建造的预制构件多为标准化模块,便于拆解回收,能减少建筑垃圾处理成本,提升资源回收利用率<sup>[1]</sup>。

### 2 工业化建造模式下住宅建筑全生命周期效益影响因素

#### 2.1 技术水平与标准化程度

技术水平是影响工业化住宅全生命周期效益的核心因素。先进的预制构件生产技术、BIM协同设计技术、装配式施工技术,可提升构件生产精度、缩短施工周期,减少因技术缺陷导致的返工成本与效益损耗。例如,高精度模具技术能保证预制构件尺寸

一致性,降低现场装配难度,提高施工效率。标准化程度同样关键,构件规格、连接方式、施工流程的标准化,可实现构件批量生产,降低生产边际成本,同时便于后期维护与更换,减少运维阶段的个性化维修成本,提升住宅全生命周期的整体效益。

### 2.2 供应链管理效率

工业化建造模式依赖完整的供应链体系,供应链管理效率直接影响成本与效益。从构件生产所需的原材料采购,到构件运输、现场仓储与装配,各环节衔接是否顺畅至关重要。高效的供应链管理可通过集中采购降低原材料成本,优化运输路线减少运输时间与费用,合理规划仓储空间避免构件积压或损耗。若供应链存在断点,如原材料供应延迟、构件运输受阻,会导致施工工期延长,增加人工、设备租赁等成本,降低项目整体效益;反之,顺畅的供应链能保障项目有序推进,提升建造效率与效益。

### 2.3 运维管理质量

运维阶段是住宅全生命周期中持续时间最长的阶段,运维管理质量对效益影响显著。工业化建造的住宅虽在质量上具有优势,但仍需科学的运维管理。定期对建筑结构、设备系统进行检查维护,及时发现并处理潜在问题,可延长建筑使用寿命,减少因故障导致的高额维修成本。同时,通过智能化运维手段,如安装能耗监测设备、智能安防系统,能实现能源高效利用与安全管理,降低能耗支出与安全风险,提升住宅使用体验与资产价值,进而增强全生命周期效益<sup>[2]</sup>。

### 2.4 资源回收与再利用能力

在住宅建筑全生命周期的拆除回收阶段,资源回收与再利用能力直接影响环境效益与经济收益。工业化建造模式下的预制构件,因生产过程标准化、构件连接方式模块化,拆除时更易实现分类拆解,便于钢筋、混凝土、金属等材料的回收再利用。较高的资源回收利用率,可减少建筑垃圾产生量,降低废弃物处理成本,同时回收材料可重新投入生产,减少原材料采购支出,实现经济与环境效益的双赢。若资源回收能力不足,大量构件被当作垃圾处理,不仅增加环境负担,还会浪费可循环利用的资源,降低项目全生命周期的综合效益。

## 3 工业化建造模式下住宅建筑全生命周期成本效益分析方法与优化策略

### 3.1 全生命周期成本效益分析方法选择与应用

在工业化建造模式下住宅建筑全生命周期成本效益分析中,需结合模式特性与项目需求选择适配方法,以保障分析结果的科学性与可靠性,为项目决策提供有效支撑。(1)成本效益分析法(CBA)是核心方法,其核心逻辑是将住宅全生命周期各阶段的成本与效益统一转化为货币单位,通过对比成本投入与效益产出,判断项目经济可行性。应用该方法时,需全面梳理成本与效益构成:成本需覆盖决策阶段的技术选型费、设计阶段的标准化设计与BIM应用费、施工阶段的构件生产运输及装配费、运维阶段的维护与能耗支出,以及拆除回收阶段的拆解处理费;效益则包括直接经济效益(如施工周期缩短节省的人工与设备租赁费、运维阶段能耗降低带来的费用节约)与间接效益(如建筑质

量提升延长使用寿命所增加的使用价值、环境影响减小形成的隐性收益),确保成本与效益核算无遗漏。(2)生命周期评价法(LCA)作为重要辅助方法,聚焦环境效益分析,从资源消耗、能源利用、污染物排放三个维度,评估住宅全生命周期对环境的影响,并将环境成本纳入分析体系。例如,通过量化对比工业化建造与传统建造模式下的碳排放、水资源消耗总量,清晰呈现两种模式的环境效益差异,为项目的绿色性决策提供依据。(3)敏感性分析法可进一步提升分析的实用性,通过识别构件生产单价、运维周期、资源回收率等关键影响因素,调整其数值并观察成本效益指标的变化幅度,明确各因素对项目经济性的影响程度,帮助项目提前规避风险,优化决策方向。实际应用中,需结合项目规模、定位等特点,将三种方法整合使用,实现经济与环境效益分析的全面性、精准性,为工业化住宅项目落地提供有力支撑<sup>[3]</sup>。

### 3.2 设计阶段成本效益优化策略

设计阶段作为工业化住宅全生命周期成本效益控制的源头,需通过科学策略从根本上降低成本、提升综合效益,为后续阶段奠定良好基础。(1)推行模块化与标准化设计是核心方向之一。在满足住宅功能完整性与外观美观性的前提下,减少构件规格种类,推动构件批量生产,降低模具重复制作成本与生产边际成本。同时,标准化设计能促进建筑、结构、机电等各专业协同作业,减少设计冲突与后期变更,避免因设计问题导致的施工返工,从而节省人工、材料与工期成本。例如,统一厨房、卫生间等功能空间的模块尺寸,使预制墙板、楼板等构件实现通用,显著提升生产效率与现场装配速度。(2)引入BIM技术可实现设计与成本的协同优化。借助BIM模型的可视化优势,提前模拟预制构件的生产流程、运输路径及现场装配过程,精准排查设计漏洞;利用BIM软件进行工程量精确计算与成本动态估算,结合构件性能需求优化材料选型,在保障结构安全与使用性能的前提下,优先选用性价比高的材料,减少不必要的成本投入。(3)设计时需前瞻性兼顾运维与拆除回收需求。采用可拆卸式构件连接方式,如螺栓连接替代传统焊接,既便于后期维护阶段的部件更换,降低维修难度与成本,又能在拆除阶段实现构件高效分类拆解,提升资源回收利用率,减少废弃物处理成本,最终提升住宅全生命周期的综合效益。

### 3.3 施工阶段成本效益优化策略

施工阶段作为工业化住宅成本投入的核心环节,需通过全流程科学管控与技术创新,减少浪费、提升效率,实现成本效益优化。(1)预制构件生产环节,需以效率与质量双控为目标。合理规划生产线布局,采用流水化作业模式,缩短构件生产周期,降低单位构件的人工、设备分摊成本;同时建立严格的质量管控体系,从原材料检验到构件出厂检测全程把关,减少不合格构件返工或报废造成的材料、人工浪费,保障生产环节成本可控。(2)构件运输环节需注重计划与跟踪管理。根据施工进度、构件尺寸及数量,制定精准运输计划,选择适配的运输车辆与最优路线,避免迂回运输或超载运输导致的成本增加与构件损耗;借助信息化跟踪系统实时监控构件运输状态,确保构件按施工节点

准时送达,避免现场停工待料引发的工期延误与成本浪费。(3)现场装配环节需优化组织与技术应用。通过梳理构件安装顺序,优化施工组织方案,合理配置人员与吊装设备,减少交叉作业冲突与设备闲置时间,提升装配效率;加强现场安全管理,规范操作流程,避免安全事故导致的工期延误与额外成本支出。此外,推广智能吊装设备、高精度定位系统等新型技术工具,提升构件装配精度,减少因安装偏差导致的返工成本,全方位实现施工阶段成本效益提升<sup>[4]</sup>。

### 3.4 运维阶段成本效益优化策略

运维阶段需通过精细化管理与智能化技术应用,降低运维成本,提升住宅使用效益。(1)建立完善的运维管理体系,制定标准化的巡检、维护流程,明确各设备与系统的维护周期与责任人,及时发现并处理设备故障与结构问题,避免小问题演变为大故障,减少维修成本。例如,定期对预制构件连接部位、给排水管道、电气系统进行检查,确保其正常运行。(2)引入智能化运维技术,构建智慧住宅运维平台,整合能耗监测、设备管理、安防监控等功能。通过能耗监测系统实时采集住宅水、电、气消耗数据,分析能耗规律,制定节能方案,降低能源消耗成本;利用设备管理系统记录设备运行状态与维护历史,预测设备使用寿命,提前安排更换,避免突发故障影响居民生活与增加维修成本。同时,加强居民宣传教育,引导居民规范使用住宅设施,减少因不当使用导致的设施损坏,降低运维成本,延长住宅使用寿命,提升运维阶段成本效益。

### 3.5 拆除回收阶段成本效益优化策略

拆除回收阶段的优化可通过提前规划与技术应用,提升资源回收效率,降低成本,实现环境与经济效益双赢。(1)在住宅设计阶段便融入拆除回收理念,选择易拆解、可循环利用的材料与构件,采用模块化连接方式,为后期拆除回收奠定基础。例如,构件连接采用螺栓连接而非焊接,便于拆除时分离构件与材料。(2)拆除阶段前,制定详细的拆除计划与资源回收方案,对住宅

建筑结构、构件类型、材料组成进行全面勘察,明确可回收构件与材料的种类、数量与回收方式。采用专业的拆除设备与技术,避免暴力拆除导致构件损坏,提高可回收构件的完整性与利用率。拆除过程中,对构件与材料进行分类存放与运输,减少混杂导致的资源浪费。(3)回收利用阶段,与专业的资源回收企业合作,建立稳定的回收渠道,确保回收材料能高效再利用。对可直接复用的预制构件,进行检测修复后重新投入住宅项目建设;对不可直接复用的材料,进行加工处理,转化为再生原材料。通过提升资源回收利用率,减少废弃物处理成本,降低原材料采购支出,同时减少建筑垃圾对环境的影响,实现拆除回收阶段成本效益与环境效益的统一,完善工业化住宅建筑全生命周期成本效益体系。

## 4 结语

工业化建造模式下住宅建筑全生命周期成本效益分析需覆盖多阶段、多因素,通过科学方法与针对性策略,可有效控制成本、提升经济与环境效益。从设计阶段的标准化与BIM应用,到施工、运维、拆除阶段的精细化管理,各环节优化形成完整体系。这一研究不仅为工业化住宅项目落地提供依据,也为住宅建筑行业高质量、可持续发展注入动力,未来可进一步深化技术与管理融合以完善分析体系。

### [参考文献]

- [1]董德志.BIM驱动下的建筑全生命周期智慧建造应用[J].智能建筑与智慧城市,2025,(07):89-91.
- [2]李珊,张豪杰.新型建筑工业化背景下装配式建筑发展现状及策略分析[J].中国建筑装饰装修,2023(23):62-64.
- [3]王小勇,唐丛丛.绿色建筑评价体系在建筑工程中的应用研究[J].佛山陶瓷,2025,35(07):158-160.
- [4]崔海燕,陈浩杰,戴勤友.基于新型建筑工业化背景下装配式建筑发展的探索[J].四川建材,2023,49(5):56-57.