

装配式建筑工程造价优化的关键技术与实践路径

严学舟

上饶天景工程咨询有限公司 江西上饶 334008

摘要：本文系统探讨了装配式建筑工程造价优化的关键技术与实践路径。研究从全生命周期成本控制、产业链协同管理及政策市场激励三个维度构建了实践路径，并深入分析了标准化与模数化设计、BIM全过程管控、一体化协同建造等关键技术。通过对设计、生产运输及现场安装等环节的成本影响因素进行剖析，文章揭示了设计阶段的决定性作用。研究表明，唯有将技术创新、管理优化与外部环境驱动相结合，方能实现装配式建筑成本的有效控制，推动建筑产业工业化转型。

关键词：装配式建筑；工程造价；成本优化；BIM技术

引言

随着建筑工业化进程的加速，装配式建筑已成为行业转型升级的重要方向，但其初期增量成本问题仍是推广的主要障碍。传统造价控制方法难以适应装配式建筑“设计即生产”的特点。因此，探索系统性的造价优化路径与关键技术，对于发挥装配式建筑的综合优势、提升其市场竞争力具有紧迫的现实意义，也是推动建筑业高质量发展的核心议题。

一、装配式建筑工程造价优化的实践路径

（一）基于全生命周期的成本优化路径

基于全生命周期的成本优化路径，其核心在于将造价控制的视野从传统的建安成本阶段，向前延伸至策划与设计阶段，向后拓展至运营维护乃至拆除回收阶段，实现项目总成本的最小化。传统造价控制往往聚焦于施工阶段的成本削减，这种方式在装配式建筑中极易导致“前期的节省”引发“后期的浪费”，例如为降低构件生产成本而选用劣质连接件，可能导致后期维护成本的大幅增加。全生命周期成本优化要求在项目初期建立综合成本评估模型，量化并整合各阶段成本与潜在收益。设计阶段，采用标准化、模块化设计，降低构件生产模具成本与工艺复杂性，便利后期维护更换，降低运维成本。构件生产与施工阶段，优化方案要平衡工厂预制效率、运输物流成本与现场吊装效率，如优化构件尺寸重量，虽增加单次运输成本，但提升吊装速度、缩短工期，降低资金成本与管理费用。运营维护阶段，预埋传感器、设置易更换连接节点等是降低长期运维成本的前瞻性投入^[1]。

（二）产业链协同管理的成本控制路径

装配式建筑的核心特征是生产方式的变革，即将大量现场作业转移至工厂，这必然要求建筑产业链从传统的线性、割裂模式向网络化、协同化模式转型。产业链协同管理的成本控制路径，正是基于这一变革，通过打通设计、生产、物流、施工等各个环节的信息壁垒与组织壁垒，实现全链条的成本优化。其关键是建立以建筑信息模型（BIM）为核心的数据共享平台，确保各方在同一数据基础上工作，消除信息不对称导致的错、漏、碰、缺。设计方的BIM模型可直接传至构件厂用于深化设计与自动化生产，避免重复建模与信息传递误差；构件厂实时反馈生产计划与进度信息给物流与施工方，实现构件准时化配送，减少现场堆放场地需求与二次搬运成本。协同管理还体现在组织层面，通过建立设计-生产-施工一体化（DPC）的总承包模式或联合体，将独立利益主体整合为合作联盟。在此模式下，各方致力于项目整体成本最优化，如生产方配合设计方优化构件形式，施工方提前反馈现场条件优化生产计划。

（三）政策激励与市场机制下的成本优化路径

装配式建筑在发展初期，往往面临因规模不足、技术不成熟导致的增量成本问题，此时，政策激励与市场机制的引导成为推动成本下降的关键外部动力。政策激励路径主要通过政府的“有为之手”直接或间接降低企业成本。直接激励包括财政补贴、税收优惠、容积率奖励等，这些政策能够有效对冲装配式建筑在初期的增量成本，提升开发商的采纳意愿。间接激励体现于标准规范完善与行业监管优化，如建立统一构件与接口标准可降低企业研发与合规成本，推行工程总承包（EPC）模式

和招投标制度改革能为有一体化能力企业创造公平竞争环境。市场机制下成本优化依赖“无形之手”长期调节。政策激励扩大市场规模,装配式建筑企业获规模经济效益,构件生产单位成本随产量增加显著下降。同时,市场竞争倒逼企业技术创新与管理升级,如开发自动化生产线、优化物流网络、提升项目管理水平等,这是推动装配式建筑成本回归甚至低于传统建筑的根本动力。政策与市场相辅相成,政策初期培育市场、引导方向,市场成熟期驱动创新、优化成本,二者共同构成装配式建筑工程造价持续优化的外部保障^[2]。

二、装配式建筑工程造价优化的关键技术

(一) 标准化与模数化设计技术

标准化与模数化设计技术是实现装配式建筑工业化生产与成本控制的基石,其本质是通过设计方法的革新,从源头上为后续的规模化生产与高效施工创造条件。标准化技术核心在于对建筑构件、连接节点乃至部品部件的几何尺寸、性能参数和接口形式进行统一规定,形成有限数量的标准系列。这种统一性降低了生产成本,因构件厂可针对标准件配专用模具与生产线,实现大规模高效制造,摊销模具成本,减少设备调整时间与废品率。模数化设计技术在标准化基础上,引入模数网格作控制单位,确保不同建筑部品尺寸协调,实现精准组合。通过模数协调,设计从“定制化”变为“组合式”,简化设计工作、减少错误。此外,模数化便利了建筑全生命周期的维护与改造,降低长期运维成本。因此,标准化与模数化设计技术是系统性成本控制逻辑,以约束设计可能性换取生产、施工与维护的确定性和经济性。

(二) BIM技术在全过程的成本管控应用

建筑信息模型(BIM)技术为装配式建筑的全过程成本管控提供了一个集成化、可视化的数据平台,其核心价值在于打通了项目各阶段、各参与方之间的信息孤岛,实现了成本的精细化、动态化管理。在设计阶段,BIM技术利用三维可视化模型进行碰撞检查,提前解决管线冲突、构件干涉等问题,避免现场返工与材料浪费,削减建安成本。同时,基于BIM模型可快速准确提取工程量,为投资估算与概预算提供可靠数据,改变传统算量模式的低效易出错状况。在生产与采购阶段,BIM模型中的构件信息可直接传递给工厂MES系统,实现设计到生产的无缝对接,减少信息失真与损耗。在成本控制方面,BIM技术实现5D成本管理,将三维模型与时间、成本维度关联。管理者通过将成本数据关联到具体构件,实时监控项目成本动态,进行多维度成本对比分析,精

确识别成本超支环节与原因并采取纠偏措施。这种将成本信息与构件精确绑定的能力,使成本控制深化到构件级管控,提升了成本管理的精度与时效性^[4]。

(三) 一体化协同建造技术

一体化协同建造技术是整合设计、生产、施工等关键环节,通过组织模式与管理流程的创新,实现项目整体效益最大化的系统性技术。它超越了单一技术的范畴,是一种集成化的建造方法论。该技术的核心在于打破传统建筑业中各阶段相互割裂的线性工作模式,建立一种并行、交叉、深度融合的协同工作机制。它强调设计阶段要考虑生产工艺可行性与施工安装便捷性,即“面向制造和装配的设计”(DFMA)。项目初期,设计师、构件厂技术人员与施工项目经理组成联合团队,共同进行方案与深化设计,确保方案满足功能与美学要求,具备最优可建造性与经济性。技术实现上,一体化协同建造依赖统一数字化平台(如BIM系统)和标准化数据接口,确保信息在各方无损、实时流转。如设计的BIM模型可用于构件厂自动化加工,生产与物流信息能反馈给施工现场指导工作。这种高度协同的建造模式,通过前置解决问题、优化资源配置、减少等待与闲置时间,实现对工期、质量与成本的综合控制,将成本优化焦点转向项目全链条整体最优,是装配式建筑发挥工业化优势与成本潜力的关键技术保障。

三、装配式建筑工程造价的影响因素分析

(一) 设计阶段对造价的决定性影响

在装配式建筑工程中,设计阶段对最终造价的影响具有决定性作用,其影响程度远超传统现浇建筑。这源于装配式建筑“设计即生产”的核心特征,设计文件的深度与精确性直接决定了后续生产、运输、安装等所有环节的成本构成。首先,设计的标准化与模数化程度是影响构件生产成本的首要因素。高度标准化、模数协调的设计方案,可让构件厂用有限模具大规模连续生产,降低单位构件模具摊销与工艺转换成本。反之,充斥非标准件、异形构件的设计,会使工厂定制化生产,效率低、废品率高,推高工程造价。其次,设计集成度与预制率影响成本结构。多专业一体化集成设计可提高预制构件价值密度,减少现场作业,降低人工与管理成本。预制率选择需权衡成本,过低无法发挥规模优势,过高则可能因运输与吊装难度增加使成本上升。最后,设计细节影响施工成本。设计图纸关键信息表达不清或有误,会导致现场安装困难、频繁返工及昂贵改造措施,隐性成本增加远超设计优化投入。因此,设计阶段是装配式

建筑成本控制“总阀门”，决策质量锁定项目全生命周期成本基准。

（二）生产与运输环节的成本构成

生产与运输环节是装配式建筑成本构成的重要组成部分，其成本控制效果直接关系到装配式相对于传统建造方式的经济性。生产环节的成本主要由直接材料成本、直接人工成本、制造费用（包括固定资产折旧、模具摊销、能源消耗等）以及工厂管理费用构成。其中，材料成本占比最大，但其优化空间相对有限，而制造费用与人工成本则是优化的关键。生产成本的核心影响因素在于生产规模与生产效率。当构件产量达一定规模，固定成本被大量分摊，单位成本下降，产生规模经济效应。生产效率取决于生产工艺自动化水平、生产线组织管理方式及工人操作熟练度。高度自动化生产线前期投入大，但长期利于成本控制。运输环节成本构成复杂，包括装卸费、运输费、场外堆存费及构件损耗成本。运输成本受构件尺寸与重量直接影响，大型、重型构件运输单价高且可能有额外成本。运输距离与路线也很关键，长途运输费用高，合理运输规划是控制成本有效手段。因此，精细化拆解分析生产与运输环节成本，识别关键成本驱动因素，是实现成本优化的前提^[5]。

（三）现场安装与施工管理的成本控制

现场安装与施工管理是装配式建筑成本实现的最后环节，也是成本风险高度集中的阶段。该环节的成本主要由人工费、机械费、措施费以及现场管理费构成。与传统施工相比，装配式建筑的现场人工费构成发生显著变化，传统的大量模板工、钢筋工被少量的专业吊装工、安装工和灌浆工所取代，人工成本的总数可能下降，但对工人的专业技能要求更高，单位时间的人工成本也随之增加。机械费，尤其是大型起重机械的租赁与使用费，是现场安装成本的核心支出。其成本控制的关键在于提高机械的使用效率，通过科学的吊装顺序规划，减少起重设备的闲置等待时间，并优化构件的堆场布局，缩短吊装回转半径，从而在保证安全的前提下最大化单位时间内的吊装工作量。施工管理成本在装配式项目中尤为重要，其管理的复杂性与精细度要求远高于传统项目。一个高效的施工管理计划需要精确协调构件进场顺序、劳动力配置、机械使用以及各专业工序的穿插衔接。任何环节的脱节，如构件未能按时到场、吊装设备出现故

障、或不同工种配合不畅，都将导致窝工和工期延误，进而产生高昂的误工费用和现场管理成本增加。此外，现场安装过程中的质量控制也直接影响成本，因安装精度不足导致的返工或对预制构件的破损修复，其代价往往十分高昂。因此，现场安装与施工管理的成本控制，本质上是一个基于精益建造思想的系统工程，它要求通过周密的计划、精细的调度和严格的过程控制，将人、机、料、法、环等生产要素进行最优配置，以实现高效、低耗、零返工的安装目标。

结语

装配式建筑工程造价的优化是一个涉及全生命周期、多环节协同的复杂系统工程。从政策与市场构成的外部动力，到标准化与模数化设计、BIM技术、一体化协同建造等关键技术支撑，再到设计、生产运输、现场安装等环节的精细化管控，各要素相互关联、彼此渗透，共同构建起装配式建筑成本控制的完整框架。实践表明，只有将外部政策引导与市场内生动力有机结合，将技术创新与管理优化深度融合，将全生命周期视角与关键环节突破统筹兼顾，才能真正实现装配式建筑工程造价的持续优化，推动建筑业向工业化、绿色化、智能化方向转型升级。未来，随着数字技术的进一步渗透与产业生态的持续完善，装配式建筑的成本优势将更加凸显，其作为现代建筑产业转型重要路径的战略价值也将得到更充分的释放。

参考文献

- [1] 钱绘明. 探讨装配式建筑对工程造价的影响及优化策略[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021(1): 2.
- [2] 赵炫. 钢结构装配式住宅建筑中关键技术及工程造价优化途径的探索[J]. 建设监理, 2022(9): 70-72.
- [3] 杨蕊. 关于装配式建筑工程造价预算与成本控制研究[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2022(1): 241-243.
- [4] 张圣全. 装配式建筑工程造价的控制与优化研究[D]. 安徽工业大学, 2020.
- [5] 覃锐. 装配式建筑工程造价预算分析及优化研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(11): 3.