

建筑工业化背景下设计标准化对成本控制的作用机制

刘琳曼 刘红健 王金凤

中国五洲工程设计集团有限公司 北京 100053

摘要：在建筑工业化快速发展的时代背景下，设计标准化作为提升建筑行业生产效率、降低建设成本的关键手段，其对成本控制的作用机制研究具有重要的现实意义。本文通过深入剖析建筑工业化与设计标准化、成本控制之间的内在联系，从减少设计变更、提高预制构件生产效率、降低施工管理复杂度等多个维度，系统阐述设计标准化对成本控制的作用路径。研究表明，设计标准化能够通过优化资源配置、实现规模化生产、促进产业链协同等方式，有效降低建筑项目全生命周期成本。研究成果为建筑企业在工业化进程中科学运用设计标准化策略进行成本控制提供了理论依据与实践参考。

关键词：建筑工业化；设计标准化；成本控制；作用机制

引言：随着全球建筑业向工业化方向转型，传统粗放式的建筑生产模式逐渐被摒弃，建筑工业化凭借其高效、环保、质量可控等优势，成为建筑行业发展的必然趋势。在建筑工业化体系中，设计标准化是实现工业化建造的核心基础，其不仅能够提高建筑产品的通用性和互换性，还能促进建筑生产各环节的协同与整合。与此同时，成本控制始终是建筑项目管理的关键目标，直接关系到企业的经济效益与市场竞争力。

1 标准化作为工业化建筑降本增效的关键路径

在建筑工业化进程中，标准化是实现降本增效的核心引擎。通过设计标准化，建筑构件与部品的规格得以统一，减少了设计阶段的重复劳动，缩短设计周期，降低设计成本。工厂化生产模式下，标准化构件可实现大规模批量制造，利用规模经济降低单位生产成本，提升生产效率。装配化施工依赖标准化接口与节点设计，能有效减少现场施工的不确定性，降低人工与机械使用成本，加快施工进度。信息化管理基于标准化的数据格式与流程，可实现建筑全生命周期的信息共享与协同，精准把控成本支出，规避资源浪费与风险损失。

2 建筑工业化与设计标准化的理论内涵

2.1 建筑工业化的核心特征

建筑工业化以标准化设计、工厂化生产、装配化施工、信息化管理为核心特征，构建起全新的建筑生产模

式。标准化设计是工业化建筑的基础，通过制定统一的设计规范与标准，实现建筑产品的通用化与系列化，为后续生产施工奠定基础。工厂化生产将传统施工现场的作业转移至工厂，借助先进设备与流水线作业，保障构件生产的质量与精度，减少外界环境干扰。装配化施工通过现场装配预制构件，替代传统湿作业，大幅缩短工期，降低劳动强度，减少环境污染。信息化管理利用BIM等技术，对建筑项目全生命周期进行数字化管控，实现各参与方的信息实时共享与协同作业，提升项目管理效率与决策科学性，这四大核心特征相互支撑，共同推动建筑行业向工业化转型升级。

2.2 设计标准化的定义与维度

设计标准化是指在建筑设计过程中，通过制定统一的规则、标准与流程，实现建筑产品的规范化与系统化。其涵盖模块化设计、构件标准化、接口统一化、参数可调性四大维度。模块化设计将建筑分解为多个功能独立、尺寸协调的模块，便于灵活组合与重复利用，提高设计效率与建筑适应性。构件标准化对建筑构件的尺寸、材料、性能等进行统一规定，使其具备通用性与互换性，促进构件的批量生产与质量控制。

2.3 成本控制的关键要素分析

成本控制的关键要素主要包括直接成本与间接成本。直接成本是建筑项目实施过程中可直接归属于某一成本核算对象的支出，涵盖材料、人工、机械三大部分。材料成本受市场价格波动、采购数量与运输损耗等因素影响，优化材料选型与采购策略是控制成本的关键；人工成本与施工人员数量、工资水平及劳动效率密切相关，合理安排施工进度与人员配置可有效降低人工支出；机械成本包括设备购置、租赁、维护等费用，提

第一作者简介：刘琳曼（1992年—），女，汉族，河北省石家庄市人，硕士研究生，工程师。

第二作者简介：刘红健（1991年—），男，汉族，天津市人，大学本科，工程师。

第三作者简介：王金凤（1987年—），女，汉族，陕西省榆林市人，大学本科，工程师。

高机械利用率是控制成本的重要途径。

3 设计标准化对成本控制的作用路径分析

3.1 规模经济效应

(1) 标准化构件的批量生产降低单位成本

标准化构件通过统一规格与参数,为工厂大规模生产创造条件。在工业化生产线中,随着生产批量的扩大,设备折旧、厂房租赁等固定成本得以分摊至更多产品,使单位构件生产成本显著下降。以预制混凝土构件为例,标准化生产可将模具周转次数从非标准化的10-20次提升至50-100次,单块构件的模具成本分摊降低超60%。此外,批量采购原材料能获得价格折扣,工人操作熟练度提升也带来生产效率提高,多重因素共同作用,大幅压缩单位生产成本,增强企业市场竞争力。

(2) 模板与工装的重复使用减少固定投入

标准化构件的推广使得配套模板、工装具备高度复用性。传统建筑项目中非标准化构件需定制专属模具,使用后往往闲置浪费;而标准化构件模具可多次周转,如铝模体系在多个项目中重复利用,能使模具投入成本降低70%左右。同时,工装设备通用性的提高,减少了设备闲置损耗与更新换代频率,降低企业在生产设备方面的固定投入,将资金更多用于核心业务与技术创新,实现资源的高效配置。

3.2 生产效率提升

(1) 简化施工流程,缩短工期,降低时间成本

设计标准化将传统复杂的现场施工转化为简单的构件装配作业。以标准化预制楼梯为例,现场安装仅需1-2小时,相比传统现浇工艺的3-5天大幅缩短。通过减少钢筋绑扎、模板支设、混凝土浇筑等湿作业工序,施工步骤减少50%以上。工期的缩短直接降低了人工、机械租赁、场地占用等时间成本,同时加快资金回笼速度,提升项目整体经济效益。

(2) 减少现场作业误差,降低返工与维修成本

标准化设计结合工厂精密生产,确保构件精度达到毫米级。现场装配时,标准化接口实现构件精准对接,施工误差可控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内,返工率较传统建筑降低70%以上。如标准化外墙板采用统一的密封与防水设计标准,有效减少渗漏问题,降低后期维修成本。此外,标准化施工流程减少了人为操作失误,避免因质量问题导致的资源浪费与成本增加。

3.3 供应链协同优化

(1) 标准化接口促进上下游企业数据互通

标准化构件接口统一了尺寸、连接方式等参数,为供应链上下游企业搭建了数据交互桥梁。基于BIM技术,

上游生产企业可将构件设计、生产进度等信息实时同步至下游施工方,施工方也能提前规划装配方案。这种数据互通减少了因信息不对称导致的沟通成本与设计变更。例如,预制构件生产企业可根据施工进度安排运输计划,避免构件积压或延误,提升供应链整体协同效率。

(2) 集中采购与物流规划降低供应链总成本

标准化构件的批量需求便于企业开展集中采购,通过与供应商签订长期协议,可获得价格优惠与稳定供货保障。统一规格的构件利于集装箱化运输与标准化仓储管理,减少运输损耗与仓储空间浪费。通过优化物流路线,降低车辆空驶率,单位运输成本可降低30%以上。同时,标准化产品质量稳定,采用批量抽检替代全检,进一步降低验收成本,实现供应链总成本的有效控制。

3.4 风险成本管控

(1) 标准化设计减少技术不确定性,降低试错成本

标准化设计依托成熟的技术规范与实践经验,规避了因个性化设计带来的技术风险。在传统建筑设计中,新技术应用常伴随设计方案的反复调整,导致施工过程中出现技术难题,增加试错成本。而采用标准化设计,企业可直接应用经过验证的标准构件与连接技术,减少设计变更与施工风险,避免因技术问题造成的工期延误与成本超支。

(2) 统一质量标准降低质量风险与保险费用

标准化设计配套完善的质量标准体系,从原材料采购、构件生产到现场安装,实现全过程质量管控。统一的质量标准确保建筑产品性能稳定,降低因质量缺陷引发的维修、索赔等风险。保险公司对标准化程度高的建筑项目评估风险较低,通常给予20%-30%的保险费率优惠,从而减少企业保险支出,提升企业质量信誉与市场竞争力。

4 设计标准化影响成本控制的动态机制

4.1 正向反馈循环

在建筑工业化进程中,设计标准化程度的提升与成本控制形成了显著的正向反馈循环。随着标准化构件种类的增加与接口规范的完善,工厂生产线自动化水平与工人操作熟练度不断提高,生产效率得以大幅跃升。例如,当构件标准化率从60%提升至80%时,预制构件的生产周期可缩短30%,单位生产成本相应降低15%-20%。成本的降低使得企业能够投入更多资源用于研发与技术升级,进一步优化标准化设计方案,引入新的模块化体系或优化构件参数,推动标准化水平迈向新高度。

4.2 边际效益递减规律

尽管设计标准化在成本控制方面具有显著优势,但

过度追求标准化会触发边际效益递减规律。当标准化程度超过一定阈值后,建筑产品的设计灵活性将受到严重制约,难以满足多样化的市场需求。例如,住宅项目若完全采用固定标准化模块,可能无法适配不同区域的气候条件、文化偏好及用户个性化需求,导致市场接受度下降。此外,过度标准化还会削弱企业的创新动力,减少对新型材料、工艺的探索,使企业在面对市场变化时缺乏应变能力。随着标准化投入的持续增加,其带来的成本降低效果逐渐减弱,而因设计僵化、市场适应性不足造成的潜在损失却不断扩大,最终抵消标准化带来的成本优势,影响企业的长期发展与市场竞争力。

4.3 阈值效应与平衡点

构建标准化与定制化的成本-效益权衡模型是确定最佳标准化程度的关键。该模型需综合考虑项目规模、市场需求特征、技术成熟度等因素,通过量化分析直接成本(材料、人工、机械)、间接成本(管理、物流、风险)与收益的关系,寻找成本效益平衡点。例如,对于标准化程度每提升10%,需评估其带来的生产效率提升与成本降低幅度,同时测算因设计灵活性下降导致的潜在收益损失。通过对比不同标准化水平下的总成本与总收益曲线,可确定使企业利润最大化的阈值。当标准化程度低于该阈值时,边际效益为正,应持续推进标准化;超过阈值后,需适度引入定制化元素,在保障成本优势的同时,提升产品市场适应性,实现标准化与定制化的动态平衡。

5 设计标准化实施的关键控制要素

5.1 标准化体系构建

模块分级与参数化设计规则制定是构建标准化体系的核心。模块分级需将建筑拆解为基础功能模块、组合模块与特色模块,基础功能模块确保结构稳定性与通用性,如标准化梁柱体系;组合模块实现空间灵活组合,满足不同功能需求;特色模块则兼顾地域文化与个性化表达。通过明确模块间的层级关系与组合逻辑,形成标准化模块库。参数化设计规则赋予模块尺寸、材料等参数可调性,在标准化框架内实现多样化。例如,标准化墙体模块可通过调整厚度、保温层参数,适配不同气候区的节能要求。这种分级与参数化设计,既能保障工业化生产的高效性,又能满足市场差异化需求,为成本控制奠定体系化基础。

5.2 技术协同机制

BIM技术与数字化平台为设计标准化提供了强大的技

术支撑。BIM技术通过三维建模实现建筑全生命周期信息集成,设计师可在虚拟环境中进行标准化模块的选型、组合与碰撞检测,提前规避设计冲突,减少后期变更成本。数字化平台则打通设计、生产、施工各环节的数据壁垒,使标准化构件信息在供应链中无缝流转。例如,生产企业可直接读取BIM模型中的构件参数进行精准生产,施工方依据平台数据制定装配方案,提升协同效率。

5.3 政策与市场驱动

政策与市场是推动设计标准化落地的双轮驱动。在政策层面,行业需加快制定统一的设计、生产与验收标准,明确标准化构件的质量要求与接口规范,为企业提供清晰的执行依据。同时,建立激励机制,如对采用标准化设计的项目给予财政补贴、税收优惠,或在招投标中赋予加分权重,激发企业积极性。市场需求分层对标准化程度形成约束,高端定制市场更注重个性化,需适度降低标准化比例;而保障房、办公楼等刚需市场,对成本敏感,可提高标准化程度。

结语

综上所述,建筑工业化背景下,设计标准化是实现成本有效控制的核心路径。从规模经济效应到生产效率提升,从供应链协同优化到风险成本管控,标准化通过多维度作用机制降低建筑项目全生命周期成本,并形成正向反馈循环推动行业技术升级。然而,标准化进程中需警惕边际效益递减问题,通过构建成本-效益权衡模型,在标准化体系构建、技术协同机制完善以及政策与市场的双重驱动下,寻找标准化与定制化的动态平衡点。未来,随着建筑行业数字化转型加速与绿色低碳要求提升,设计标准化需进一步与智能建造、可持续发展理念深度融合,其对成本控制的作用机制研究也将成为推动建筑工业化高质量发展的重要课题,值得学界与业界持续探索与实践。

参考文献

- [1]赵阳,周涛.基于BIM的建筑构件标准化对工程成本控制的动态仿真研究[J].工程管理学报,2023,37(2):102-108.
- [2]王伟,李建华.装配式建筑标准化设计对全生命周期成本的影响路径研究[J].土木工程学报,2022,55(8):89-98.
- [3]陈磊,张明.建筑工业化中模块化设计对供应链成本的作用机制——基于交易成本理论的实证分析[J].建筑经济,2021,42(5):45-51.
- [4]张伟,李明.装配式建筑标准化设计对全生命周期成本的影响路径研究[J].建筑经济,2022,43(8):45-51.