

预制装配式PC构件成本控制关键因素研究

倪海捷

启东市筑城装配式建筑有限公司 江苏 启东 226299

摘要: 随着建筑工业化进程的加速, 预制装配式建筑成为行业发展的重要方向。PC构件作为装配式建筑的核心要素, 其成本控制直接关系到项目的经济效益与市场竞争力。本文通过系统梳理国内外研究成果, 结合典型案例与前沿技术, 从设计、生产、运输、安装等全生命周期视角, 深入剖析影响PC构件成本的关键因素, 并提出基于技术优化、管理创新与政策协同的成本控制策略, 为装配式建筑可持续发展提供理论支持与实践指导。

关键词: 预制装配式; PC构件; 成本控制; 关键因素

1 引言

装配式建筑通过工厂化生产、标准化设计、装配化施工, 实现了建筑产品质量的提升与施工效率的优化。然而, 其成本较传统现浇结构仍高出15%—30%, 其中PC构件成本占比达60%—70%。成本瓶颈已成为制约装配式建筑规模化应用的核心问题。因此, 深入研究PC构件成本控制的关键因素, 对于推动装配式建筑行业的健康发展具有重要意义。

2 PC构件成本构成与影响因素

2.1 成本构成解析

PC构件成本体系包含直接生产费用、间接生产费用、市场推广支出、资金使用成本、行政运营成本、物流成本及税务支出等模块。其中直接生产费用涉及主材消耗、辅材消耗、连接组件费用、预埋装置费用、一线操作人员薪酬、模具损耗分摊、制造环节损耗等; 间接生产费用则包含管理团队与后勤人员的薪酬分摊、土地资源的无形资产摊销、厂房设备的固定资产折旧、设备维护保养等支出。

2.2 全生命周期影响因素

PC构件成本形成贯穿设计、制造、物流、施工全周期, 各阶段要素呈现链式传导效应。在方案设计阶段, 预制化比例、装配化程度、构件通用性、拆分设计效率等参数直接决定构件品类与生产规模, 形成成本基准线。据实证分析, 预制化率每提升10个百分点, 综合成本将产生8%—15%的浮动空间。制造环节中, 工艺路线选择、模具复用效率、产能利用率等要素对成本波动具有显著杠杆作用。以模具管理为例, 当模具使用次数从50次提升至200次时, 单位体积模具成本可下降244元/m³, 降幅达75%。在物流环节, 运输半径控制、装载优化方案、环境适应措施构成成本调节的三重维度。研究表明, 100—120公里为经济运输半径, 配合科学的配载规划

可提升车辆装载效率, 有效压缩运输频次。施工阶段的人员操作精度、构件完好率等要素直接影响现场成本, 熟练技工的精准作业可避免二次拆改带来的附加支出, 保障成本预算的刚性约束^[1]。

3 成本控制关键技术路径

3.1 设计优化技术

3.1.1 合理确定预制率和装配率

预制率与装配率作为装配式建筑成本的核心影响因素, 其数值偏离合理区间均会对工程造价产生负面影响。以区域政策为例, 上海市规定外环外装配式建筑预制率须达到25%及以上, 而外环内项目则需满足40%以上的标准要求。在实际项目中, 应根据项目需求和成本效益分析, 确定合理的预制率和装配率。如某项目在单体预制率为15%时, 通过优化构件组合, 使成本增值最小为64.23元/m²。

3.1.2 提高构件标准化程度

构件标准化水平提升会减少需设计的构件类型, 从而降低对模具及生产设备的需求规模, 此举既能提高生产效率与施工速度, 又能有效控制设计成本及后续潜在风险支出。例如, 日本积水化学通过模块化设计, 将构件种类减少40%, 成本下降25%。在实际项目中, 应遵循标准化、模块化原则, 合理设计预制构件与现浇连接之间的构造形式, 提高构件的通用性和互换性^[2]。

3.1.3 应用BIM技术

BIM技术可实现设计、生产、施工等各阶段的信息共享和协同工作, 提高设计效率, 减少设计变更和错误。例如, 中建科技在深圳长圳项目中应用BIM技术, 节约成本约800万元。通过BIM模型, 可提前发现设计中的问题并进行解决, 确保建筑图和施工图的统一与完善, 降低造价。

3.2 生产工艺创新

3.2.1 选用前沿生产技术

预制构件主要生产工艺包括平台工艺、线台座工艺及机组流水线工艺等。生产过程中需结合构件特性选用成熟且高效的技术方案,以缩短工期、控制成本。如金鼎远大通过引入智能化机械臂,采用流水线工艺生产,人工成本缩减40%,残次品率由5%降至1.2%。

3.2.2 提升模具周转效率

模具是预制构件生产的关键成本构成,提升其周转效率可降低摊销成本、提高作业效能。设计制造阶段需优化构件模具设计能力,增强模具适配不同构件的通用性;生产阶段应加强模具的日常维护与保养,延长其使用周期。

3.2.3 推进规模化生产

规模化生产能显著降低PC构件的间接成本、直接成本及运输成本。间接成本方面,固定成本分摊减少;直接成本方面,生产线利用率提升,人工、模具等成本分摊降低;运输成本方面,单车装载量提高,单位运输费用下降。例如某项目规模化生产后,构件单价下降780元/m³,降幅约23%。

3.3 物流管理优化

3.3.1 创新运输组织形式

采用多式联运等模式可提升运输效能、控制运输支出。例如通过科学设计运输路径与方式组合,缩短运程耗时。实际执行时需结合构件特性与运距,匹配适宜运输工具及路线,保障构件安全准时抵达。

3.3.2 精准设计装载方案

合理规划构件摆放形态与装运结构,能显著提升车辆荷载率,减少运输频次。如日本企业通过优化构件包装方案,提升装载便捷性与固定稳定性,实现单车装载量提升。实践中需根据构件尺寸形态,精准设计装载方案,确保运输稳定性。

3.3.3 构建智能管理系统

建立动态库存监控体系,实时调整存储策略,防范库存积压或断货风险。例如运用ABC分类法、经济订货量(EOQ)模型等工具优化库存结构。实际管理中需结合需求波动与供应周期,精准设定库存基准,保障施工连续性。

3.4 施工管理创新

3.4.1 提高工人技术水平

工人对构件安装的熟练程度影响建筑的质量和使用寿命。提高工人技术水平,避免重新拆卸和返工现象发生,可减少不必要的间接成本。例如,通过加强工人培训和技术交底,提高工人对构件安装工艺的掌握程度,

可降低构件损坏率和返工率。

3.4.2 采用新型施工工法

研发新型施工工法,提高施工效率,降低施工成本。例如,北京住总集团研发的新型套筒灌浆连接技术,单节点施工时间从45分钟缩短至15分钟,人工成本降低30%。在实际项目中,应根据构件的特点和施工要求,选择合适的施工工法,提高施工效率和质量。

3.4.3 加强施工现场管理

强化现场作业管控,完善施工组织方案,科学规划作业流程与工期安排,切实降低作业环节的资源损耗与工期拖延^[1]。具体实践中,可推行EPC工程总承包模式,通过设计、采购、施工等环节的无缝对接与协同运作,实现全流程效率提升与成本控制。项目实施阶段应构建完备的现场管理体系,强化作业人员的规范化管理与过程监督,保障各工序有序衔接、高效推进。

4 政策与市场协同机制

4.1 政策激励体系

4.1.1 财政补贴

政府对装配式建筑项目给予财政补贴,降低项目成本。例如,上海市2023年对装配式项目补贴总额达12亿元,有效降低了项目的建设成本。在实际项目中,企业应积极争取政府的财政补贴,降低项目成本。

4.1.2 税收优惠

对PC构件生产企业给予税收优惠,降低企业税负。例如,江苏省对绿色建材企业实施增值税即征即退50%政策,降低了企业的生产成本。在实际项目中,企业应充分利用政府的税收优惠政策,降低税负,提高经济效益。

4.1.3 金融支持

设立装配式建筑专项贷款,提供低息贷款支持,降低企业融资成本。例如,中国建设银行2024年发放装配式建筑相关贷款超200亿元,为企业提供了资金支持。在实际项目中,企业应积极与金融机构合作,争取低息贷款支持,降低融资成本。

4.2 市场培育策略

4.2.1 建立集中采购平台

建立集中采购平台,整合采购需求,增强采购议价能力,降低采购成本。例如,中建集团通过建立集中采购平台,对旗下多个项目的PC构件采购需求进行整合,与供应商进行批量采购谈判,获得了更优惠的价格。在实际项目中,企业应积极参与集中采购平台的建设和使用,降低采购成本。

4.2.2 加强供应商评估与管理

建立供应商评价指标体系,选择优质供应商,保障

采购质量,降低采购成本。例如,有学者构建了包含产品质量、价格、交货期、售后服务等多个维度的供应商评价指标体系,通过层次分析法等方法对供应商进行综合评价,选择出最适合的供应商^[4]。在实际项目中,企业应加强对供应商的评估和管理,建立长期稳定的合作关系,降低采购成本。

4.2.3 推动产业集群发展

在长三角、珠三角等区域建设装配式建筑产业园,实现上下游企业集聚,优化资源配置,降低生产成本。例如,佛山某园区通过共享模具中心,单方模具成本降低25%。在实际项目中,政府应积极推动产业集群发展,为企业提供良好的发展环境和政策支持。

5 典型案例分析

5.1 国内案例:深圳长圳公共住房项目

深圳长圳公共住房项目总建筑面积116万m²,预制率 $\geq 50\%$,装配率 $\geq 65\%$ 。该项目是全国最大的装配式公共住房项目之一,采用了大量的新技术、新工艺和新材料。在设计阶段,采用标准化、模块化设计,减少构件种类和数量;在生产阶段,引入智能机械臂等先进设备,提高生产效率;在施工阶段,应用BIM+智慧工地系统,实现施工过程的数字化管理。该项目单方成本较传统项目降低18%,获鲁班奖等国家级奖项3项。通过优化设计和施工管理,有效降低了项目成本,提高了项目质量和效益。

5.2 国际案例:新加坡达士岭组屋项目

新加坡达士岭组屋项目是全球最高装配式住宅(50层),预制率达70%。该项目采用了先进的装配式建筑技术和设计理念,实现了建筑的高品质和高效益。在设计阶段,开发通用构件库,提高构件的重复利用率;在生产阶段,采用自动化钢筋加工线,提高生产效率;在物流阶段,建立中央配送中心,优化运输方案。该项目单方成本较现浇结构仅高8%,获国际绿色建筑LEED铂金认证。通过标准化设计、规模化生产和优化物流管理,有效降低了项目成本,提高了项目的市场竞争力。

6 挑战与展望

6.1 现存挑战

全国尚未形成统一的装配式建筑评价标准,导致设计返工率高达15%。不同地区和不同项目对装配式建筑的要求和评价标准不一致,增加了设计成本和施工难度。

设计、生产、施工环节信息割裂,造成资源浪费约20%—30%。各环节之间缺乏有效的沟通和协作,导致设计变更频繁、生产进度延误、施工质量问题等。全国装配式建筑技术人才缺口达50万人,制约技术创新与应用。装配式建筑需要具备跨学科知识和技能的专业人才,目前市场上这类人才相对匮乏。

6.2 未来趋势

6.2.1 智能化升级

AI算法将实现PC构件成本动态预测,误差控制在 $\pm 3\%$ 以内。通过引入人工智能、大数据等技术,可实现对PC构件成本的实时监控和动态管理,提高成本预测的准确性和及时性。

6.2.2 绿色化转型

到2030年,绿色PC构件市场占比将超60%,碳排放强度下降40%。随着环保意识的提高和政策的推动,绿色PC构件将成为市场的主流产品,企业应加强绿色技术研发和应用,提高产品的环保性能。

6.2.3 国际化合作

通过“一带一路”倡议输出中国标准,提升国际市场份额至30%以上。中国装配式建筑企业在技术、成本等方面具有一定的优势,应积极参与国际竞争,输出中国标准和方案,提高国际市场份额和影响力。

结语

PC构件成本控制需构建“技术-管理-政策”三维协同体系:在设计阶段通过标准化与集成化降低增量成本,在生产阶段依托智能化与绿色化提升效率,在施工阶段借助数字化与精益化优化流程,同时完善政策激励与市场培育机制。未来,随着BIM、AI、物联网等技术的深度融合,PC构件成本有望在2030年前接近现浇结构水平,推动装配式建筑进入高质量发展新阶段。

参考文献

- [1]段海宁.预制装配式PC构件成本控制关键因素研究[D].西安建筑科技大学,2019.
- [2]陈文静.基于LC-BIM的装配式预制构件成本控制研究[J].黑河学院学报,2025,16(06):185-188.
- [3]向艳妮.装配式建筑预制构件材料成本优化算法[J].江苏建材,2025,(03):161-163.
- [4]吕利涛.预制装配式建筑施工技术的成本优化研究[J].中国建筑装饰装修,2023,(03):65-67.