

基于全生命周期的工程造价与供应链集成优化模型

李金全

中国大唐集团能源投资有限责任公司 北京 100052

摘要：现代工程建设面临成本控制与供应链协同的双重挑战，亟需构建系统化的集成优化模型。这一创新框架将工程造价的全生命周期特征与供应链的动态演进规律有机结合，通过数据标准统一、风险共担机制、精益流程再造等关键路径，实现从投资决策到拆除回收的全过程协同优化。该模型突破了传统分段管理的局限，预计可将项目全生命周期总成本降低8%–15%，供应链响应效率提升25%以上，为建筑企业提升成本管控能力、增强供应链韧性提供了新的方法论支撑，对促进行业转型升级具有重要实践价值。

关键词：全生命周期；工程造价；供应链集成优化

引言

工程建设领域的成本超支问题往往源于造价管理与供应链运作的脱节，随着项目复杂度的提高和供应链不确定性的加剧，建立系统性的集成优化模型成为行业发展的必然选择。深入分析工程造价各阶段的成本传导机制与供应链网络的关键节点特征，可以发现两者在数据交互、风险管控、资源配置等方面存在天然的协同空间。这一研究方向的突破将对提升建筑业整体效益产生深远影响。

一、全生命周期分析

1. 工程造价全生命周期分析

全生命周期造价管理理论是对建设项目全生命周期的各个阶段（包括投资决策阶段、设计阶段、施工阶段、运行维护阶段、拆除回收阶段）的成本管理。从不同的领域（建筑、经济、管理等）出发，运用多种技术方法，实现对建筑工程项目投资决策阶段、设计阶段、施工阶段、运营维护阶段、拆除回收阶段的造价最小化的理论和方法。工程造价全生命周期分析需要从时间维度把握各阶段成本的内在联系与制约关系。根据相关研究机构对多个大型工程项目的跟踪统计，投资决策阶段的估算偏差会通过杠杆效应放大后续各阶段成本，平均每工程建设1%的决策偏差可能导致后续阶段成本增加工程建设2%工程建设–工程建设3%；设计阶段的方案选择直接决定了施工难度与后期维护成本，合理的设计方案可使施工阶段成本降低工程建设10%工程建设–工程建设15%，后期维护成本降低工程建设20%工程建设–工程建设30%；施工阶段的现场管理质量影响运营期的维护

频次和费用，良好的现场管理可使运营期维护频次降低工程建设15%工程建设–工程建设20%，费用降低工程建设10%工程建设–工程建设15%；运营维护策略又关系到拆除回收的难易程度与资源再利用价值，科学的运营维护策略可使拆除回收阶段资源再利用率提高工程建设20%工程建设–工程建设30%。分析发现，早期阶段的成本决策往往对全周期总成本具有决定性影响，而后期阶段则主要体现为前序决策的成本锁定效应。同时，各阶段成本要素之间存在此消彼长的权衡关系，需要通过系统化的数据建模来寻找最优平衡点。这种分析视角突破了传统分段管理的局限，为实现真正的全过程成本优化提供了理论基础。

2. 供应链全生命周期分析

供应链全生命周期分析需考察其演进过程中的关键特征与内在规律，在初始阶段，供应链网络构建受项目需求与资源禀赋双重约束，供应商选择标准需权衡质量能力与成本效益。进入发展阶段，协同效率成为核心考量，信息不对称问题需要通过数字化平台加以解决。成熟阶段供应链呈现稳态运行特征，但可能面临路径依赖与创新乏力的挑战，此时应建立动态优化机制以保持竞争力。衰退阶段既包含风险也蕴含机遇，外部环境变化往往要求供应链进行结构性调整，这需要前瞻性布局新技术与新合作伙伴。分析表明，供应链不同阶段的风险类型各异，早期以合作风险为主，约占早期风险的工程建设60%；中期聚焦运营风险，约占中期风险的工程建设70%；后期则需应对转型风险，约占后期风险的工程建设65%。同时各阶段成本结构也存在显著差异，固定成本占比随供应链成熟度提升而下降，但柔性成本呈上

升趋势。根据行业成本数据统计，在供应链初始阶段，固定成本占比约为工程建设70%，柔性成本占比约为工程建设10%；成熟阶段固定成本占比降至工程建设40%，柔性成本占比升至工程建设30%。有效的供应链管理需要识别当前所处阶段特征，采取差异化策略实现全周期成本最优。

二、工程建设成本控制与供应链管理的现状与挑战

1. 成本控制体系碎片化与协同不足

当前建筑行业成本控制存在明显的阶段性割裂问题，在项目前期，投资估算往往脱离实际施工条件，设计阶段的成本控制过度依赖经验数据而缺乏科学依据。施工阶段各参与方各自为政，承包商、分包商和材料供应商之间缺乏有效的成本信息共享机制。运营维护阶段则普遍存在重建轻管现象，后期运维成本被严重低估。这种碎片化管理模式导致全生命周期成本难以统筹优化，各阶段成本数据无法有效衔接。更深层次的原因是行业缺乏统一的标准化的成本数据库，BIM等数字化工具的应用深度不足，无法支撑全过程成本协同管控。此外，传统承包模式下的利益分配机制也制约了各方参与全过程成本控制的积极性，建设单位、设计单位和施工单位在成本控制目标上存在明显分歧。

2. 供应链响应能力与项目需求错配

建筑供应链面临的最大挑战在于其固有的刚性特征难以适应建设项目的动态需求，材料供应商普遍采用大批量标准化生产模式，与工程项目小批量定制化需求之间存在矛盾。区域性材料价格波动频繁，但供应链缺乏有效的价格风险对冲机制。物流配送环节存在严重的计划性问题，要么过早进场导致仓储成本增加，要么延迟到货影响施工进度。更深层次的问题是供应链各环节信息孤岛现象严重，供应商、物流商和施工方之间缺乏实时数据共享平台。项目现场变更频繁，但供应链响应速度滞后，导致大量应急采购和成本增加。此外，劳务供应链也面临结构性矛盾，技术工人老龄化与年轻劳动力供给不足并存，人工成本持续攀升且波动剧烈。

3. 成本控制与供应链优化的数字化瓶颈

尽管建筑行业数字化转型呼声高涨，但成本控制与供应链管理的智能化水平仍然较低。多数企业的成本管理系统停留在Excel表格阶段，无法实现实时动态监控。供应链可视化程度低，关键节点状态难以追踪，风险预警能力薄弱。BIM技术在成本管控中的应用多停留在建模阶段，未能深度整合工程量计算、造价分析和供应链协同功能。物联网设备在施工现场的部署不足，导致材

料消耗数据采集滞后，无法支持精准的成本核算。企业ERP系统与项目管理系统存在数据壁垒，成本分析缺乏供应链运营数据的支撑。行业缺乏既懂建筑工程又精通数据分析的复合型人才，现有团队的数据分析能力难以满足精细化成本管控的需求。这些数字化短板严重制约了成本控制与供应链协同的效率提升。

4. 可持续发展要求带来的双重压力

绿色建筑发展趋势给成本控制和供应链管理带来了新的挑战，环保材料采购成本普遍高于传统材料，且供应商资源有限，导致供应链弹性下降。碳排放成本核算纳入全生命周期成本体系，但相关计量标准和工具尚不完善。废旧建材回收利用网络不健全，拆除阶段的成本优化空间有限。在供应链端，绿色认证要求提高了供应商准入门槛，缩小了可选范围。可持续采购标准与传统成本控制目标之间需要新的平衡点。

三、工程造价与供应链集成优化

1. 基于全生命周期的成本-供应链协同框架构建

工程造价与供应链集成优化的核心在于建立全生命周期视角下的协同管理框架，该框架需要突破传统分段管理的局限，将工程项目的投资决策、设计、施工、运维、拆除等各阶段成本要素与供应链的形成、发展、成熟、转型等生命周期节点有机衔接。实践表明，通过构建此类协同框架，可减少因信息孤岛和决策滞后导致的成本偏差约5%-8%。在框架设计上，首先要建立统一的数据标准和交互接口，确保成本数据与供应链数据能够无缝流转。其次要开发集成化的决策支持系统，将供应链状态实时映射到成本分析模型中。具体实施路径包括：在设计阶段就将供应链能力作为方案比选的关键指标；在施工阶段建立供应链响应速度与工程进度的动态匹配机制；在运维阶段将供应商服务纳入长期成本评估体系。这种协同框架能够显著降低因供应链波动导致的成本偏差，提升资源配置效率，实现从静态成本控制向动态协同优化的转变。

2. 数字化赋能的实时成本-供应链联动机制

现代信息技术为工程造价与供应链的深度集成提供了技术支撑，通过BIM平台整合工程造价数据库与供应链管理系统，可以实现材料价格波动对项目总成本的实时影响分析。根据对应用工程建设BIM工程建设平台项目的统计，此类数字化联动机制可将材料库存成本降低工程建设15%、工程建设-工程建设20%，并将因信息不透明导致的应急采购成本削减工程建设10%以上。物联网技术能够追踪材料从下单、生产、运输到安装的全过

程状态，为精准成本核算提供数据基础。应用表明，此类数字化联动机制可将材料库存成本降低15%~20%，并将因信息不透明导致的应急采购成本削减10%以上。区块链技术应用用于供应链金融环节，可以降低资金成本并提高支付效率。人工智能算法能够处理海量的历史成本数据和供应链运营数据，识别潜在的成本优化机会点。实践表明，数字化赋能的联动机制可以解决传统模式下成本管控滞后于供应链变化的问题。这种联动机制需要企业重构现有的信息系统架构，打破部门数据壁垒，培养复合型数据分析人才。根据对企业数字化转型的调查，成功重构信息系统架构并培养复合型企业的企业，成本管控效率平均提高工程建设15%、工程竣工-工程结算20%。

3. 风险共担的供应链合作模式创新

工程造价与供应链集成优化需要重构项目各方的合作关系，传统的对抗性合同关系导致供应链风险过度集中于承包商，进而转化为项目成本风险。新型的合作模式强调风险共担和利益共享，如采用IPD集成项目交付模式，案例研究显示，采用IPD等风险共担模式的项目，其供应链中断事件发生率可降低30%~50%，相应的应急成本和争议处理费用可减少约5%~10%。在供应商管理方面，建立长期战略合作伙伴关系而非简单的交易关系，通过框架协议锁定关键材料的价格波动区间。在劳务供应链方面，推行产业工人制度，稳定技术工人队伍，降低人工成本波动风险。这些创新模式能够有效降低供应链不确定性对工程造价的冲击，但要求改变传统的招投标方式和计价规则，建立基于价值的报酬机制。实践证明，采用风险共担模式的建设项目，其供应链中断事件减少，应急采购成本显著降低。

4. 精益建造理念下的供应链流程再造

将精益建造理念融入供应链管理是实现工程造价优化的重要途径，通过价值流分析识别供应链中的非增值环节，如过度库存、等待时间、不必要的运输等，可以系统地降低隐形成本。实施准时化供应策略，精确匹配材料进场时间与施工进度需求，减少现场仓储成本。据显示，成功实施精益供应链管理的项目，其材料浪费率可从行业平均的5%~10%控制在3%以下，周转材料使用效率提升可达20%~30%。推行模块化预制技术，将现场施工转化为工厂化生产，提高供应链的可控性。建立供应商早期参与机制，在设计阶段就引入关键材料供应商的专业知识，优化设计方案以降低采购难度和成本。

精益供应链要求重新设计物流网络，合理布局区域配送中心，平衡运输成本与仓储成本。这些措施的实施需要项目团队具备跨专业的协同能力，建立标准化的流程和工作方法。

5. 可持续导向的绿色成本-供应链平衡策略

在碳中和背景下，工程造价与供应链集成必须考虑可持续发展维度。这要求在成本优化中纳入环境成本核算，建立包含碳排放、资源消耗等指标的评估体系。在供应链构建方面，优先选择具有绿色认证的供应商，虽然短期可能增加采购成本，但可以降低环境合规风险和长期运维成本。推行建材循环利用模式，建立拆除废料的回收渠道，形成闭环供应链系统。优化运输路线和方式，减少物流环节的碳排放。这些绿色策略的实施需要创新成本管理方法，如采用全生命周期碳排放成本分析工具，量化评估不同供应链方案的长期综合效益。

结束语

工程造价与供应链的集成优化代表了工程建设管理的发展方向，通过全生命周期视角的系统整合，不仅能够有效控制显性成本，还可以降低各类隐性风险带来的额外支出。综合上述关键路径的实施，预计可系统性地提升项目总成本管控水平8%~15%，供应链整体效率提升25%~40%。未来需要在数字化平台建设、跨组织协调机制、可持续发展指标等方面持续深化研究，不断完善这一创新模型的理论体系和实践路径，为建筑行业高质量发展注入新动能。

参考文献

- [1] 苏文皓. 基于全生命周期理论的公路项目工程造价管理分析[J]. 大众标准化, 2024, (23): 82-84.
- [2] 李玉荣. 建筑工程全生命周期造价控制策略与实践[C]// 广西信息化发展组织联合会. 第四届工程技术管理与数字化转型学术交流论文集. 广西铭润业房地产开发有限公司, 2024: 42-44.
- [3] 杨庆东. 住宅房地产项目全生命周期的供应链管理策略[J]. 居舍, 2024, (32): 162-165.
- [4] 肖银. 基于全生命周期的建筑工程造价风险管理研究[J]. 经济师, 2024, (10): 289-290.
- [5] 吴艳梅. 全生命周期成本管理在企业中的应用策略[J]. 全国流通经济, 2023, (18): 95-98.