

交通工程项目全寿命周期造价动态控制策略研究

李永钢

昆明德缘工程咨询有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i2.18931

[摘要] 在新时代交通强国战略的宏观指引下,交通工程项目作为支撑经济社会发展的关键基础设施,其造价管理的科学性与精细化水平直接关系到国家资金的使用效益与工程建设的可持续性。全寿命周期造价管理将管控视野从传统的建设期延伸至规划、设计、施工、运营维护直至报废回收的全过程,是实现项目全周期成本最优化的核心理念。然而,当前实践普遍存在各阶段造价数据割裂、动态调控机制缺失、风险预见性不足等问题,导致概算超估算、预算超概算、结算超预算的“三超”现象屡见不鲜。因此,立足于全寿命周期视角,构建一套能够适应内外部环境变化、实现造价动态预测、监控与调整的策略体系,对于提升交通工程项目投资决策科学性、控制全周期成本、保障项目长期综合效益具有至关重要的理论意义与实践价值。

[关键词] 交通工程; 全寿命周期造价; 动态控制

中图分类号: U491 **文献标识码:** A

Research on Dynamic Cost Control Strategy for the Whole Life Cycle of Transportation Engineering Projects

Yonggang Li

Kunming DeYuan Engineering Consulting Co., Ltd.

[Abstract] Under the macro guidance of the strategy of building a strong transportation country in the new era, transportation engineering projects, as key infrastructure supporting economic and social development, have a direct impact on the scientific and refined cost management of national funds and the sustainability of engineering construction. Whole life cycle cost management extends the control perspective from the traditional construction period to the entire process of planning, design, construction, operation and maintenance, and even scrapping and recycling. It is the core concept for achieving the optimization of project full life cycle costs. However, in current practice, there are common problems such as fragmented cost data at various stages, lack of dynamic control mechanisms, and insufficient risk foresight, leading to the "three excesses" phenomenon of overestimation of budget, overestimation of budget, and overestimation of settlement. Therefore, based on the perspective of the entire life cycle, building a strategic system that can adapt to internal and external environmental changes, achieve dynamic cost prediction, monitoring, and adjustment is of great theoretical significance and practical value for improving the scientificity of investment decisions in transportation engineering projects, controlling full cycle costs, and ensuring long-term comprehensive benefits of projects.

[Key words] traffic engineering; Whole life cycle cost; dynamic control

引言

交通工程项目具有投资规模巨大、建设周期漫长、技术构成复杂、运营维护长期以及社会环境影响深远等显著特征,其造价管理绝非局限于施工阶段的成本核算,而是一项贯穿项目从构想诞生到最终拆除或回收的全局性、系统性工程。传统的造价管理模式往往聚焦于建设期的概预算与结算,忽视了前期决策的科学性对后期成本的锁定效应,也缺乏对长达数十年的运

营维护阶段成本的有效预见与规划,这种割裂的、静态的管理模式极易导致项目全周期总成本的失控,造成社会资源的巨大浪费。因此,探索如何实现从静态、分段管理向动态、全过程集成的转变,构建适应性强、反应灵敏的动态控制策略体系,已成为当前交通工程项目造价管理领域亟待解决的核心课题,对于推动交通基础设施高质量发展、优化公共财政支出效率具有不可替代的现实紧迫性^[1]。

1 交通工程项目全寿命周期造价的内涵与动态性特征

交通工程项目的全寿命周期造价,是指项目在确定的寿命周期内,为论证、设计、建设、运营、维护乃至最终废弃处置所发生的一切可直接计量的货币成本总和,它不仅包括了通常关注的建设安装工程费、设备及工器具购置费,更全面涵盖了前期的可行性研究、勘察设计、土地征用、拆迁补偿等费用,以及后期漫长的运营阶段的养护管理、能源消耗、设备更新、大中修费用,直至寿命终结时的拆除清理或环境恢复费用。这一概念的本质在于其全局性与长期性,要求管理者必须打破阶段壁垒,以总成本最优为目标进行决策。而其动态性特征则构成了实施动态控制的根本逻辑基础^[2]。造价的构成具有时间维度上的延展性与分布性,不同阶段的成本发生时间、影响权重各异,且前期决策对后期成本具有强大的锁定效应,例如设计方案的细微调整可能引致运营维护成本的巨大变化。造价的影响因素具有高度的复杂性与不确定性,宏观经济环境如通货膨胀率、利率、汇率的变化,建筑市场材料价格、人工费率的波动,国家及地方在环保、安全、技术标准等方面政策的调整,以及新材料、新工艺、智能化养护等技术创新带来的成本结构变革,这些内外部因素均处于持续变动之中,不断冲击着初始的造价估算基础。项目参与各方在信息掌握、利益诉求上的差异,以及管理行为本身,也会在项目推进过程中动态地影响造价的实际形成。

2 全寿命周期各阶段造价动态控制的关键环节分析

2.1 投资决策与规划设计阶段的造价预控与动态优化

投资决策与规划设计阶段是项目全寿命周期造价的“孕育期”和决定性阶段,该阶段所作出的技术方案选择、标准确定、线路走向、结构形式等重大决策,直接锁定了项目约70%~80%的全周期成本,因此是本源性、前瞻性的动态控制首要环节。在投资决策阶段,动态控制的关键在于引入全寿命周期成本分析作为方案比选的核心工具,改变仅以初始建设成本为决策依据的传统做法。通过建立科学的LCC数学模型,对不同的建设方案(如桥梁与隧道、不同材料与结构)进行全周期成本(包括未来的运营能耗、维护频率、大修周期等)的预测与比较,实现源头上的成本优化。同时,必须对该阶段的造价估算(投资估算)进行动态敏感性分析和风险分析,识别出对LCC影响最大的关键参数(如折现率、关键材料价格、未来交通流量预测),并设定这些参数的动态监控阈值,为后续阶段的风险预警提供依据。在规划设计阶段,动态控制的核心在于推行价值工程与限额设计。价值工程要求设计师与造价工程师协同工作,在满足必要功能的前提下,系统研究如何降低成本或通过成本的小幅增加换取功能或后期维护成本的大幅优化,这一过程本身就是一个动态的、多方案的比较与优化循环。限额设计则要求将批准的投资估算或设计概算作为造价控制的刚性上限,并分解到各专业、各分项工程,形成动态的设计成本控制目标。在此过程中,应利用BIM等技术进行多专业协同设计与碰撞检查,提前发现设计冲突与不合理处,避免后期变更造成的成本剧增;并应建立设计变更的造价影响

动态评估流程,任何设计修改都必须经过严格的成本增量审核,确保设计成果始终处于全周期成本最优的轨道上^[3]。

2.2 招投标与施工建设阶段的造价过程动态监控

招投标与施工建设阶段是造价从图纸文件转化为实体工程、成本大量发生并最终形成的阶段,也是各种动态因素(市场变化、地质条件、天气、管理行为)集中显现的阶段,因此是实施过程动态监控、防止成本偏离的关键时期。在招投标阶段,动态控制的重点在于编制一份风险分担合理、条款清晰的合同文件,为施工阶段的动态管理奠定契约基础。合同应明确约定工程量清单计价方式下,主要材料价格波动超过一定范围时的调价公式,以及变更、索赔的规范处理程序,将市场动态风险在发包人与承包人之间进行合理分配。评标过程中,不应单纯追求最低报价,而应综合评估投标方案的技术先进性、施工组织设计的合理性以及投标人对全寿命周期成本的理解,选择能保证长期质量与成本最优的承包人。进入施工建设阶段,动态监控系统需全面启动。要建立以合同造价为基准的动态成本台账,实时归集已发生成本、预估变更成本、待发生成本,并与动态更新的目标成本(可随批准的变更调整)进行比对,实时反映成本执行状态与偏差。要加强对工程变更、现场签证、索赔事件的及时管理与审核,严格执行既定的审批流程,利用BIM模型辅助进行变更工程量与费用的快速、准确核定,防止费用失控。需实施对主要材料、设备市场价格的动态跟踪与信息库更新,依据合同条款及时启动价格调整。应定期(如按月或按季度)进行成本动态分析会议,不仅分析已发生的成本偏差及其原因,更要基于进度计划、资源计划对未来的成本趋势进行预测,提出纠偏措施,将造价控制从“事后核算”转向“事中控制、事前预测”。

2.3 运营维护与报废回收阶段的造价后评价与动态反馈

运营维护阶段持续时间最长,其成本累积效应巨大,且受前期建设质量、设计方案的直接影响,是验证全寿命周期造价管理成效、实现长期成本节约的重要阶段。此阶段的动态控制,核心在于建立基于状态监测与性能评估的预防性、精准化养护策略^[4]。通过布设各类传感器(如桥梁健康监测系统、路面状况自动检测车)和利用物联网技术,动态采集交通设施的结构响应、材料性能退化、使用状况等数据,构建资产性能动态数据库。基于大数据分析,预测设施的性能衰变曲线和最佳干预时机,将传统的“故障后修复”或“固定周期养护”模式转变为“按需预防性养护”,从而在保障安全与服务水平的前提下,显著降低长期养护成本和大修费用。同时,需要建立运营维护成本的动态预算管理体系,将年度养护预算与实际路况、交通量、资产价值衰减动态挂钩,实现养护资金的最优化配置。项目进入报废回收阶段,动态控制需考虑废弃物的处理成本、材料的回收价值以及环境恢复费用,在前期设计时即应考虑可拆解性、材料可回收性(如绿色设计、可循环材料的使用),以降低最终处置阶段的净成本。尤为关键的是,必须建立一个贯穿始终的“造价后评价与动态反馈机制”。在项目运营一段时间后(如3~5年),系统收集实际发生的运营维护成本数据,与决策和设计阶段预测的LCC进行对

比分析,深入剖析偏差产生的原因(是预测模型缺陷、参数取值不当,还是施工质量、运营管理水平问题)。将这一后评价结论形成知识库,动态反馈给未来新项目的投资决策、规划设计及施工管理环节,用于修正LCC估算模型、优化设计标准、改进施工工艺和合同条款,从而形成一个从实践到理论、再从理论指导新实践的闭环动态学习与持续改进系统,不断提升整个组织乃至行业的全寿命周期造价管理能力。

3 面向动态控制的集成策略体系构建

3.1 基于BIM与大数据的信息集成与共享策略

信息割裂是实现动态控制的最大障碍。必须构建以建筑信息模型(BIM)为核心,集成物联网、大数据、云计算等现代信息技术的全寿命周期造价信息管理平台。BIM模型作为一个包含丰富几何与非几何信息的数字化载体,从设计阶段开始创建,并随项目进展由施工方、运营方不断补充深化,最终形成一个与实体资产同步的“数字孪生”。该模型将交通工程项目的所有造价相关数据(工程量、材料规格、设备参数、工序信息、成本数据、维护记录)结构化地关联起来,实现从方案比选、工程量自动计算、施工过程模拟与造价可视化、到运营阶段资产管理与维护计划制定的全程信息无损传递与共享。基于此平台,可以开发动态造价控制模块,实现成本数据的实时采集(通过与财务系统、物料管理系统的接口)、自动比对分析、多维度报表生成以及造价风险的动态预警。大数据技术则用于对海量的历史项目成本数据、材料市场价格数据、设施性能监测数据进行挖掘分析,找出成本变动规律、发现潜在风险关联,为造价预测、风险识别和决策优化提供数据驱动的智能支持。这一信息集成策略为动态控制提供了统一的“数据源”和高效的“分析工具”,是实现交通工程项目造价动态可视、可控、可优化的技术基础^[5]。

3.2 全过程风险管理与合同动态调整策略

造价的不确定性本质上是风险。必须建立系统化、常态化的全过程造价风险管理流程,并将其作为动态控制的核心组成部分。该流程包括风险的持续识别(在各阶段定期进行)、评估(分析发生概率与潜在成本影响)、应对计划制定(规避、转移、减轻、自留)以及风险监控。特别是要建立关键风险指标(KRIs)的动态监控仪表盘,如交通工程项目的核心材料价格指数、地质风险预警等级、设计变更频率与金额占比等,一旦指标超过阈值即触发预警和预案启动。在合同管理层面,应推广使用更适应动态环境的合同范本,如目标成本激励合同、集成项目交付等合作模式,将业主、设计、施工、运营等主要参与方的利益与项目全寿命周期绩效(包括长期成本)绑定,激励各方主动协作、优化创新以降低成本。合同中必须嵌入清晰的动态调整机制,除了传统

的价格调整条款,还可探索设置价值工程分享条款,鼓励承包商提出节约全周期成本的优化建议并分享节约效益。

3.3 组织协同与制度保障策略

再先进的技术和方法,也需要相应的组织架构和制度环境来落实。必须推动交通工程项目管理组织模式从阶段割裂、职能分割向全过程集成化转变。倡导采用设计-建造总承包、项目全寿命周期总承包等模式,或建立由业主方主导的、涵盖设计、施工、运营代表的全寿命周期项目管理团队,从组织上保证全周期成本目标的统一性和管理决策的连贯性。明确各方在全寿命周期造价动态控制中的职责与接口,建立跨阶段、跨部门的协同工作流程与例会制度。在制度保障层面,行业主管部门应加快完善与全寿命周期造价管理相关的标准规范体系,制定覆盖各阶段的造价数据交换标准、LCC计算导则、BIM造价应用标准等。鼓励和引导在交通工程项目审批、招投标、评优评奖等环节,将全寿命周期成本分析报告、基于BIM的造价管理能力等作为重要考量因素。

4 结语

交通工程项目全寿命周期造价的动态控制,是一项复杂的系统工程,它超越了传统造价管理的时空界限,要求管理者以更加前瞻、集成、敏捷的思维应对成本形成过程中的种种不确定性。展望未来,随着数字技术的深度融合与工程管理理念的持续演进,交通工程项目的造价动态控制必将朝着更加智能化、自适应、协同化的方向发展,从而为提升我国交通基础设施建设的精细化管理水平、保障国家巨额投资的长期效益、推动交通行业的高质量与可持续发展贡献不可或缺的管理智慧与解决方案。

[参考文献]

- [1]李玉珍,李亚丹.浅谈城市轨道交通工程全过程造价控制[J].全面腐蚀控制,2024,38(06):75-77.
- [2]王彦茹.轨道交通工程全过程造价控制方法分析[J].工程与建设,2022,36(04):1204-1207.
- [3]郭金金.城市轨道交通工程造价管理的风险因素研究[D].苏州科技大学,2018.
- [4]徐升雁.概算分解动态控制在城市轨道交通工程施工中的运用[J].建筑施工,2015,37(10):1241-1243.
- [5]强少杰.新常态下城市轨道交通工程造价预算管理风险与应对措施[J].大众标准化,2025,(11):67-69.

作者简介:

李永钢(1983--),男,白族,云南大理人,本科,高级工程师,研究方向:工程造价。