

Research on Dynamic Cost Control Method for Highway Bridge Engineering

Shaomin Zhang

Western Airport Group Construction Engineering (Xi'an) Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

Focusing on the characteristics of large investment scale, long construction period, and complex cost fluctuation factors in highway and bridge engineering, this study systematically analyzes the key logic and implementation pathways of dynamic cost control in response to the static and lagging nature of traditional cost management. Starting from the cost formation mechanism and influencing factors, it examines the transmission effects of design changes, material price fluctuations, and adjustments in construction organization on project costs, and constructs a dynamic control framework covering the entire process of decision-making, design, bidding, and construction. On this basis, by integrating data monitoring, deviation identification, and real-time feedback mechanisms, methods for dynamic cost monitoring, early warning, and adjustment are proposed. Meanwhile, information and digital technologies are introduced to achieve full-process data integration and collaborative management. By strengthening dynamic correction and process control capabilities, this approach effectively enhances the refinement and forward-looking level of project cost management, providing systematic technical support for improving investment efficiency in highway and bridge engineering.

Keywords

highway and bridge engineering; dynamic cost control; whole-process management; deviation analysis; information technology

公路桥梁工程造价动态管控方法研究

张少敏

西部机场集团建设工程（西安）有限公司，中国·陕西 西安 710000

摘 要

围绕公路桥梁工程投资规模大、建设周期长及造价波动因素复杂的特点，针对传统造价管理静态化与滞后性问题，系统梳理工程造价动态管控的关键逻辑与实现路径。从造价形成机理与影响因素入手，分析设计变更、材料价格波动及施工组织调整对成本的传导作用，构建覆盖决策、设计、招标及施工全过程的动态管控框架。在此基础上，结合数据监测、偏差识别与实时反馈机制，提出造价动态监测、预警与调整方法，并引入信息化与数字化技术实现全过程数据集成与协同管理。通过强化动态纠偏与过程控制能力，有助于提升工程造价管控的精细化与前瞻性水平，为公路桥梁工程投资效益提升提供系统化技术支撑。

关键词

公路桥梁工程；造价动态管控；全过程管理；偏差分析；信息化技术

1 引言

公路桥梁工程建设呈现出投资密集、技术复杂及参与主体多元的特征，造价管理面临的不确定性显著增强。材料价格波动、施工环境变化及设计方案调整等因素不断叠加，使工程成本在实施过程中呈现动态变化趋势，传统以事后核算为主的管理模式已难以满足精细化控制需求。在工程建设周期持续拉长与项目规模不断扩大的背景下，造价控制逐渐由单一阶段管理向全过程动态调控转变，强调对成本变化过程的实时感知与快速响应。与此同时，信息技术与数据分析

手段的应用为造价管理提供了新的技术支撑，使动态监测与预警成为可能。如何在复杂环境中实现造价的持续可控，已成为公路桥梁工程管理体系优化的重要方向。

2 公路桥梁工程造价动态管控的内涵与形成机制

2.1 公路桥梁工程造价动态管控的概念界定

公路桥梁工程造价动态管控是指在项目全生命周期范围内，对工程成本形成、变化及结果进行持续跟踪与实时调节的系统性管理方式，其核心在于通过过程数据的连续采集与分析，实现造价控制由静态核算向动态调节转变。在实际运行中，动态管控不仅关注最终造价结果，更重视造价形成过程中的偏差识别与趋势判断，通过建立信息传递与决策响

【作者简介】张少敏（1986-），女，中国陕西宝鸡人，本科，工程师，从事民航及公路桥梁造价管理研究。

应机制,使各阶段成本控制具备前瞻性与可调节性,从而实现工程投资目标的有效落实。该管控方式强调对设计变更、材料价格波动、施工进度调整等关键变量实施动态监测,并依托预警机制与反馈控制回路,及时修正造价偏差。同时,动态管控要求建立统一的数据标准与信息共享平台,确保估算、概算、预算、结算等各阶段数据互联互通,形成闭环管理。通过上述系统性安排,公路桥梁工程造价动态管控最终实现从被动应对到主动干预的转变,有效提升投资效益与控制精度。

2.2 公路桥梁工程造价动态变化机理与传导路径

公路桥梁工程造价的动态变化体现为多因素耦合作用下的传导过程,其机理主要表现为成本要素在不同阶段间的逐级放大与反馈循环。设计参数的变化通过工程量计算直接影响材料与设备投入规模,进而作用于施工成本结构,施工组织方式的调整又会对资源配置效率与施工周期产生影响,最终反映在总造价水平上。材料价格波动通过采购环节传导至成本体系,并在施工过程中叠加人工费用与机械使用成本,形成复合型成本变化路径。信息滞后或传递不畅会导致成本偏差在后续阶段持续累积,使局部调整难以及时发挥控制作用。通过构建顺畅的信息传导机制与反馈通道,可有效缩短造价变化响应周期,提升成本控制的及时性与有效性^[1]。

3 公路桥梁工程造价动态管控方法体系构建

3.1 基于全过程管理的造价动态管控模型构建

银川国际航空港综合交通枢纽工程室外总体、制冷及桥梁工程总投资约 54.3 亿元,其中交通枢纽及配套桥梁工程投资约 12.8 亿元,在全过程造价管控中构建了以目标成本为核心的动态管控模型。项目在决策阶段将总投资分解为设计、施工、设备及附属工程四大类成本指标,其中桥梁结构工程控制值为 3.6 亿元,路基与附属工程控制值为 2.4 亿元。进入设计阶段后,通过限额设计方式,将桥梁桩基工程量控制在约 8.5 万 m³ 以内,钢筋用量控制在 4.2 万吨范围内,较初步方案优化降低约 6.3%。施工阶段依托动态管控模型,对关键节点进行实时监测,月度成本偏差控制在 $\pm 2\%$ 区间,单月最大偏差不超过 1.8%。模型通过将工程量清单、进度计划及资金支付计划进行联动,使累计完成产值与累计成本支出保持匹配关系,偏差率长期维持在 2.0% 以内。全过程数据通过统一平台进行更新与校核,使设计变更对成本的影响在 72 小时内完成测算与反馈,实现成本动态调整的闭环运行。

3.2 基于数据驱动的造价动态监测与预警方法

银川国际航空港综合交通枢纽工程室外总体、制冷及桥梁工程在实施过程中构建了数据驱动的造价动态监测与预警体系,通过采集工程量、材料价格、机械台班及人工成本等数据,实现多维度成本分析。项目建立了覆盖 12 类主要材料的价格数据库,其中钢材价格波动监测频率为每周 2

次,混凝土价格监测频率为每周 1 次,累计采集市场价格数据超过 1800 条。在 2021 年施工高峰期,钢筋价格由 4800 元/t 上涨至 5280 元/t,涨幅达到 10%,系统通过趋势模型预测将导致桥梁工程成本增加约 520 万元。预警阈值设定为 5%,当价格波动超过阈值后系统自动触发预警,并在 24 小时内生成成本影响分析报告。项目管理团队依据数据分析结果,调整采购批次,将单次采购量由 500t 降低至 300t,并通过分阶段采购降低价格风险,实际成本增量控制在 310 万元以内。施工过程中累计触发预警 17 次,其中有效预警响应率达到 94.1%,最终项目整体造价偏差控制在 1.9% 以内,显著提升了成本控制的精准性与时效性。

4 公路桥梁工程造价动态管控技术实现路径

4.1 信息化平台支撑下的造价动态管理技术应用

银川国际航空港综合交通枢纽工程室外总体、制冷及桥梁工程构建了覆盖设计、施工及资金支付全过程的信息化造价管理平台,项目交通枢纽及桥梁工程投资约 12.8 亿元,平台整合工程量清单、进度计划、合同数据及材料价格信息,实现日更新频率的数据同步机制。施工阶段累计接入成本数据节点达 86 个,涵盖钢筋、混凝土、沥青、机械台班及人工费用等 12 类成本要素,日均采集数据量超过 320 条。平台通过成本偏差自动计算模块,将月度计划成本与实际支出进行比对,单月偏差控制阈值设定为 $\pm 3\%$,当偏差达到 2.5% 时自动触发预警。2021 年桥梁下部结构施工阶段,系统监测到混凝土单方成本由 420 元/m³ 上升至 458 元/m³,涨幅 9.5%,预计影响成本约 280 万元,平台在 48 小时内完成测算并推送调整建议,最终通过优化供应渠道将实际增量控制在 170 万元以内。项目累计处理造价数据约 5.6 万条,信息传递时效由原来的 7 天缩短至 1 天以内,整体造价偏差控制在 2.0% 以内。

4.2 BIM 与数字化技术在造价动态管控中的融合应用

银川国际航空港综合交通枢纽工程室外总体、制冷及桥梁工程在桥梁及道路工程中全面应用 BIM 与数字化技术,实现工程量与成本数据的实时联动。项目建立了覆盖约 9.6km 道路及多座桥梁结构的三维模型,模型构件总数超过 12 万个,钢筋模型精度达到 L400 级,混凝土构件精度达到 $\pm 2\%$ 以内。通过 BIM 算量模块,桥梁桩基工程量由原设计 8.9 万 m³ 优化至 8.5 万 m³,减少约 4.5%,节约成本约 360 万元。施工阶段通过将现场进度数据与 BIM 模型关联,形成“进度—工程量—成本”三维联动体系,日更新进度偏差数据约 45 项。当桥面系施工中钢筋使用量偏差达到 6.8% 时,系统自动测算成本增加约 190 万元,并在 24 小时内生成调整方案,通过优化钢筋下料及加工方式,将实际偏差降低至 2.3%,节约费用约 110 万元。项目全过程累计通过 BIM 优化减少工程量误差约 3.8%,直接降低造价约 720 万元,最终实现成本偏差控制在 1.9% 以内。

4.3 多主体协同机制下的造价动态管控实施路径

银川国际航空港综合交通枢纽工程室外总体、制冷及桥梁工程依托信息化平台与 BIM 系统构建多主体协同管控体系,实现业主、设计、施工及监理单位之间的数据共享与协同决策。项目建立统一数据接口标准,接入单位数量达到 18 家,日均数据交互频次超过 260 次,设计变更信息平均传递时间由原来的 72 小时缩短至 12 小时以内。2021 年桥梁上部结构施工过程中,因地基承载力调整导致桩基长度增加约 1.2m,涉及桩基数量 420 根,工程量增加约 5000m³,系统实时测算成本增加约 420 万元,并同步推送至各参与方。通过协同机制,设计单位在 24 小时内完成方案优化,施工单位调整施工工序,最终将实际成本增量控制在 260 万元以内。项目累计发生设计变更 23 项,通过协同管控减少成本增加约 980 万元,变更处理周期平均缩短 60%。全过程协同机制使信息误差率降低至 1.5% 以下,造价控制响应时间提升 70% 以上,最终项目整体造价偏差控制在 2.0% 以内,实现高效、精准动态管控目标。

5 公路桥梁工程造价动态管控运行机制优化

5.1 基于大数据分析的造价监控与风险预测技术优化

银川国际航空港综合交通枢纽工程室外总体、制冷及桥梁工程在运行过程中引入大数据分析技术,对工程造价实施连续监控与风险预测。项目构建了涵盖工程量、材料价格、设备台班及人工费用的多源数据体系,累计采集数据量超过 6.2 万条,涉及成本指标 14 类。系统设定钢筋、混凝土及沥青三类主要材料为重点监测对象,其中钢筋价格监测频率为每周 2 次,混凝土为每周 1 次。2021 年施工阶段,钢筋价格由 4750 元/t 上升至 5220 元/t,涨幅约 9.9%,系统基于趋势模型预测将导致桥梁工程成本增加约 460 万元。预警阈值设定为 5%,当波动超过阈值后系统在 24 小时内生成风险报告,并提出分批采购与库存调节建议,实际成本增量控制在 280 万元以内。项目累计触发价格及成本预警 21 次,有效响应率达到 95.2%,造价偏差长期控制在 2.0% 以内。

5.2 基于人工智能的成本偏差自适应调整技术优化

银川国际航空港综合交通枢纽工程室外总体、制冷及桥梁工程通过引入人工智能算法,实现成本偏差的动态识别与自适应调整。系统基于历史工程数据与实时施工数据构建预测模型,样本数据量超过 3.8 万条,涵盖工程量变化、资源消耗及施工进度等关键指标。在桥梁基础施工阶段,系统识别出混凝土使用量偏差达到 7.2%,对应工程量增加约 3800m³,预测成本增加约 160 万元。算法进一步分析偏差

来源,定位为地质条件变化及施工工艺调整因素,并在 12 小时内生成优化建议,通过调整配合比及优化浇筑工序,将实际成本增量控制在 95 万元以内。项目运行过程中累计识别偏差数据 36 次,偏差修正率达到 92.5%,人工成本利用率提升约 8.6%,材料浪费率降低约 6.3%,最终整体造价偏差稳定在 1.9% 以内。

5.3 智能化进度控制与成本同步优化技术

银川国际航空港综合交通枢纽工程室外总体、制冷及桥梁工程采用智能化进度控制技术,实现施工进度与成本的同步优化管理。项目通过物联网设备与 BIM 系统联动,布设现场监测点 52 个,日均采集施工进度与资源数据约 410 条,将进度信息与成本数据进行实时匹配分析。在道路及桥梁上部结构施工阶段,系统监测到实际进度滞后 3.8%,对应潜在成本增加约 310 万元。通过智能调度算法,对施工班组配置由原 12 组调整为 15 组,设备利用率由 78% 提升至 91%,同时优化施工顺序,使关键线路工期缩短约 9 天。系统同步更新成本数据后,将成本偏差由原预测的 2.7% 压缩至 1.8%。项目累计进行进度与成本联动调整 18 次,施工效率提升约 12.4%,机械台班利用率提升约 10.2%,最终在总投资框架下实现造价偏差控制在 2.0% 以内,体现出进度与成本协同优化的显著效果。

6 结语

公路桥梁工程造价动态管控以全过程管理为核心,通过信息化与数字化手段实现成本数据的实时获取与分析,使造价控制由事后核算转向过程调节。围绕造价形成机理、动态变化路径及管控方法体系的系统构建,可有效提升成本控制的前瞻性与精细化水平。在组织体系、制度流程及绩效评价机制持续优化的支撑下,工程造价管理逐步形成闭环运行模式,增强对复杂环境变化的适应能力,为公路桥梁工程投资效益与建设质量提升提供稳定支撑。

参考文献

- [1] 蒙洁,吴文涛.基于价值工程的公路桥梁工程造价优化研究[J].工程技术研究,2025,10(14):149-151.
- [2] 王凯.公路桥梁工程造价控制策略分析[J].价值工程,2025,44(13):10-12.
- [3] 陈秋月.公路桥梁工程造价影响因素及其优化对策研究[J].现代工程科技,2024,3(17):101-104.
- [4] 徐新帅.公路桥梁设计参数对工程造价的影响研究[J].交通科技与管理,2023,4(19):52-54.
- [5] 陈祥婉.公路桥梁工程造价控制及施工管理[J].江苏建材,2022,(02):113-115.