Analysis of Key Issues in Cost Management Throughout the Whole Process of Highway Engineering

Xiaoyan Chen

Xinjiang Road and Bridge Construction Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

The whole process cost management of highway engineering runs through the entire life cycle of project decision-making, design, bidding, construction, and completion settlement, and is an important path to maximize investment benefits and ensure engineering quality. Based on rich practical experience in highway engineering construction and cost control, combined with project cases such as highways, national and provincial main roads, and rural roads, the author analyzes the deep-seated problems of cost management in each stage: insufficient data volume and lagging estimation methods in the decision-making stage, insufficient application of BIM technology and formalized limit design in the design stage, loopholes in electronic transaction supervision and imperfect credit system in the bidding stage, lack of intelligent control and imbalance of green construction costs in the construction stage, lagging digital review and dispute mediation mechanism in the completion settlement stage. In response to the above issues, optimization measures are proposed from four dimensions: technological innovation, institutional improvement, process reengineering, and regulatory strengthening, to construct a full process cost management mechanism of "data support collaborative control intelligent empowerment credit constraints", providing partial reference for the rapid development of the highway industry in the new era.

Keywords

highway engineering; whole process cost management; investment control

公路工程全过程造价管理关键问题分析

陈晓燕

新疆路桥建设集团有限公司，中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘　要

公路工程全过程造价管理贯穿项目决策、设计、招投标、施工及竣工结算全生命周期，是实现投资效益最大化与工程质量保障的重要路径。笔者基于公路工程施工与造价管控丰富实践经验，结合高速公路、国省干道、农村公路等项目案例，剖析各阶段造价管理的深层次问题：决策阶段数据量不足与估算方法滞后、设计阶段BIM技术应用不足与限额设计形式化、招投标阶段电子交易监管漏洞与信用体系不完善、施工阶段智慧管控缺失与绿色施工成本失衡、竣工结算阶段数字化审核滞后与争议调解机制不健全。针对上述问题，从技术创新、制度完善、流程再造、监管强化四个维度提出优化对策，构建"数据支撑-协同管控-智能赋能-信用约束"的全过程造价管理机制，为新时代公路行业高速发展提供部分参考。

关键词

公路工程；全过程造价管理；投资控制

1 引言

公路基础设施建设是支撑国民经济发展的"大动脉"，近年来我国公路建设规模持续扩大，2024 年年末全国公路里程 549.04 万公里，比 2023 年末增加 5.35 万公里，总投资 2.5774 万亿元 [1]。据媒体报道，2025 年预计完成交通固定资产投资超 3.6 万亿元，其中高速公路约 0.8000 万公里。因公路工程具有投资规模大、建设周期长（通常 2-5 年）、技术复杂度高、地质环境多变等特点，造价管控面临多重挑战。

【作者简介】陈晓燕（1979–），女，中国山东潍坊人，本科，副高，从事公路工程成本管控、工程造价、全过程造价、精细化管理等研究。

2 公路工程全过程造价管理关键问题深度剖析

2.1 决策阶段：基础数据不足，估算科学性与决策机制双缺失

结合实践，存在问题如下：

基础数据不足，造价控制滞后：缺乏区域化、标准化的造价数据库，投资估算所用的造价数据与市场价格数据割裂。例如，某公路项目因黄河滩区特殊地质造价数据不足，投资估算未充分考虑软土地基处理增量成本，导致后期造价超支 23%[2]。

估算方法与技术脱节：80% 以上的中小型项目仍采用"类比估算法"，未引入工程量清单估算、参数估算与当下流行的 AI 预测结合的方式方法，对主材价格波动（如钢材、沥青年波动幅度达 15%-20%）与政策调整（如环保税、人

工费上调）的预判不足 [3]。

决策机制功利化倾向：部分地方政府为追求“政绩工程”，压缩可行性研究周期（最短仅 15 天），第三方咨询机构“走过场”评估，投资估算沦为“审批工具”。某县级农村公路项目因未开展交通量预测与效益分析，盲目提升建设等级标准，投资增加约 3800 万元。

2.2 设计阶段：技术与经济脱节，限额设计与 BIM 技术应用双重不足

设计阶段决定项目 75%-85% 的造价，是造价控制的“关键环节”，但实践中存在如下比较突出的问题：

限额设计形式化：虽行业强制推行限额设计，仅 60% 左右的项目将造价指标分解至专业设计环节，设计人员“重技术安全、轻经济优化”，存在冗余设计。例如，某高速公路隧道设计采用 C40 混凝土衬砌，经优化调整为 C35 混凝土 + 注浆加固方案，每公里造价降低 128 万元 。

BIM 技术应用少量化：中国公路学会 2023 年调研显示，投资额 10 亿元以上项目中，30% 在设计阶段应用 BIM 技术；但施工阶段应用率不足 15%，未实现“设计 – 造价 – 施工”协同。如某快速路项目因未采用 BIM 碰撞检测，桥梁与管线冲突导致设计变更 4 次，累计增加造价约 1600 万元。

设计与施工协同不足：设计人员施工现场经验缺失，套用标准图出图，对施工工艺经济性考虑不足。如某跨长江大桥项目设计采用现浇箱梁方案，未结合预制拼装技术，且未考虑长江汛期施工窗口期，导致施工成本额外增加约 21%。

2.3 招投标阶段：规则漏洞与市场乱象并存，信用约束不足

招投标阶段是确定合同造价的“核心节点”，但当前仍存在诸多不规范现象：

招标文件编制较粗糙：工程量清单漏项、特征描述模糊问题占比达 45%。某高速公路项目招标文件未明确路面基层集料级配标准，中标后施工单位以“优质集料”为由提出索赔，争议金额达 860 万元左右。

低价中标与围标串标乱象：28% 的项目存在恶意低价中标，中标单位通过“变更增项、偷工减料”弥补利润。某二级公路项目中标单位以低于控制价 28% 中标，施工中擅自降低油石比，导致尚未通车沥青路面产生破损等现象，返工成本超原合同价的 30%[4]。

电子招投标监管滞后：线上交易存在“暗箱操作”空间，如投标文件雷同率达 18%，部分平台未使用大数据工具进行围标比对；评标办法重价格轻履约能力，技术标权重仅占 20%-30%，难以体现 “优质优价” 。

合同条款风险失衡：35% 的施工合同未明确风险分担边界，对材料价格调整阈值（如钢材波动 5% 或 8% 调整）、工程变更计价规则、不可抗力界定等约定模糊。某项目因未约定沥青价格调整公式，施工期间沥青价格上涨 22%，双方争议持续 8 个月未解决。

2.4 施工阶段：动态管控薄弱，智慧化与绿色施工造价失衡

施工阶段是造价动态控制的“执行环节”，也是超支高发期，核心问题包括：

工程变更管理失控：业主方前期规划不足导致变更占比达 60%，施工单位利用设计漏洞提出不合理变更占比达 30%；变更审批流程冗长（平均审批周期 25 天），签证滞后率达 75%。某高速公路项目施工阶段累计变更 56 项，其中 23 项为不必要变更，增加造价约 3200 万元，占合同价 18.7% 左右。

材料成本管控失效：材料费用占造价 55%-65%，但仅 40% 的项目建立动态监测机制。某项目因未锁定钢材采购价格，施工期间钢材价格上涨 19%，直接导致材料成本超支 1200 万元。某项目因未及时监控混凝土浇筑量，超浇浪费达 1200m³，损失超 400 万元。

智慧工地应用不足：仅 25% 的项目引入智慧工地系统，人工统计数据滞后，成本偏差发现滞后周期达 15-30 天。

绿色施工造价失衡：环保措施成本超支占比达 35%，如某项目为满足扬尘治理要求，额外投入雾炮机、喷淋系统等设备，月增加成本 28 万元，但未建立绿色施工造价分摊机制 [5]。

2.5 竣工结算阶段：数字化不足，争议调解与审核机制双缺失

竣工结算阶段是造价管理的“收尾环节”，核心问题如下：

结算资料完整性不足：施工单位提交的资料缺漏率达 40%，如缺少隐蔽工程验收记录（占比 18%）、变更签证附件不全（占比 22%），导致结算审核周期平均达 120 天，远超行业标准 60 天 [13]。

数字化审核水平低：仅 30% 的业主单位采用 BIM 结算审核系统，多数仍依赖人工核算，误差率达 3%-5%。某特大桥项目因人工核对钢筋工程量，遗漏计价达 680 万元。

争议调解效率低下：计量计价争议占比达 65%（如变更计价方法分歧、规费计取争议），缺乏专业化调解机制，40% 的争议通过诉讼解决，平均处理周期达 18 个月。

审计监督不到位：部分项目存在结算造假（如虚报工程量、重复计价），且审计标准不统一，导致造价核减率波动较大（5%-15%）。

3 公路工程全过程造价管理优化对策

3.1 决策阶段：构建数据驱动的科学决策体系

建立区域化造价数据库：由省级交通行业部门牵头，结合数字化工具，整合地形地质、材料价格、施工工艺等数据，构建诸如山区、荒漠区等动态更新的区域造价数据库，为估算提供精准支撑。

创新估算技术方法：推广“工程量清单估算 +BIM 参数估算 +AI 价格预测”融合模式，引入 LSTM 神经网络模

型预测主材价格波动，预备费按“基础预备费 3%+ 涨价预备费 5%”计提，提升估算精度。

完善决策监管机制：强制要求可行性研究周期不少于 30 天，第三方咨询机构实行“终身追责制”，建立“造价 – 效益 – 风险”三维决策模型，将投资回报率、交通量预测准确率纳入决策考核。

构建全要素风险评估体系：识别地质、市场、政策等各类风险因素，采用层次分析法（AHP）量化风险权重，制定风险应对预案（如与供应商签订价格锁定协议）。

3.2 设计阶段：推行 BIM + 限额设计的协同优化模式

强化限额设计刚性约束：将造价指标分解至路基、路面、桥梁、隧道等分项工程，建立“设计 - 造价”联动审核机制，设计概算超估算 10% 以上需重新论证；引入价值工程理念，在满足功能要求的前提下优化设计方案（如山区公路优先采用隧道替代高边坡）。

深化 BIM 技术全流程应用：构建“BIM 设计 – 造价核算 – 施工模拟”协同平台，利用 BIM 碰撞检测减少设计冲突，通过 5D BIM（3D+ 时间 + 成本）动态控制造价，大型项目 BIM 应用覆盖率需达 100%。

建立设计与施工协同机制：推行“施工单位参与设计评审”制度，对可施工性、经济性进行专项论证；推广标准化设计图集，减少个性化设计导致的变更风险。

构建绿色设计造价模型：建立再生建材、生态防护、装配式等绿色技术的造价测算标准，将绿色成本纳入限额设计指标，通过技术优化（如再生沥青路面比传统路面降低成本 8%-10%）实现绿色与经济平衡。

3.3 招投标阶段：完善规则体系与信用监管机制

规范招标文件编制：由专业造价工程师牵头编制工程量清单，采用“清单 + 图纸 + 技术规范”三位一体描述模式，明确项目特征与计价依据；评标办法采用“综合评估法”，技术标权重提升至 40%-50%，突出施工组织、履约能力、绿色施工方案等指标。

遏制低价中标乱象：建立“控制价预警机制”，中标价低于控制价 10% 需增加履约保证金（提高至合同价 20%）；推行“信用评价 + 履约考核”联动机制，对恶意低价中标、履约不力的企业纳入黑名单，限制参与招投标。

优化电子招投标监管：建设省级统一电子招投标平台，引入大灵气反围标比对（检测投标文件雷同率、IP 地址关联等），实现交易全程留痕；建立招标文件备案审核制度，重点核查清单完整性与条款合理性。

规范合同条款约定：参照《公路工程标准施工招标文件（2023 版）》，明确风险分担边界（如主材价格波动 ±5% 以内由施工单位承担，超出部分按实调整）、变更计价规则（采用“就近原则 + 市场价”）、争议解决时限（60 天内）。

3.4 施工阶段：构建智慧化动态管控体系

规范工程变更管理：建立“申请 - 审核 - 批准 - 实施 - 核算”闭环流程，单项变更造价超 50 万元需业主、监理、咨询三方联合审核；变更签证实行“实时办理 + 影像留存”，要求 24 小时内完成初步确认，7 天内办结手续。

强化材料成本管控：对接建材网等数据，建立主材价格动态监测平台，与核心供应商签订长期合作协议，关键主材（钢材、水泥、沥青）采用“甲供 + 锁定价”模式；推广智慧工地材料管理系统，实时监控材料消耗，钢筋损耗率控制在 2% 以内。

推广智慧化施工管控：全面引入智慧工地系统，集成北斗定位、视频监控、传感器等设备，实时采集工程量、材料消耗、机械台班等数据，利用 BIM 5D 模型动态对比实际成本与计划成本，偏差超 3% 自动预警。

建立绿色施工造价分摊机制：将环保措施成本按“业主承担 60%+ 施工单位承担 40%”分摊，推广节能设备租赁、再生材料回收利用等降本措施；将绿色施工成本控制情况纳入履约考核。

3.5 竣工结算阶段：打造数字化审核与高效争议解决体系

规范结算资料管理：施工单位需在竣工后 45 日内提交完整结算资料（含 BIM 竣工模型、电子清单、签证附件），业主方建立“一站式”资料审核平台，缺漏资料一次性告知，审核周期压缩至 90 天内。

推广数字化审核技术：全面采用 BIM 结算审核系统，实现工程量自动核对、变更签证关联核算，误差率控制在 1% 以内；建立省级结算审核标准库，统一计量计价规则。

建立多元化争议解决机制：成立由业主、监理、施工、咨询、仲裁机构组成的争议调解中心，推行“协商 - 调解 - 仲裁”三级解决模式，调解时限控制在 30 天内；对复杂争议引入造价鉴定专家机制。

强化审计监督力度：实现结算审计全覆盖，采用“AI 审计 + 人工复核”模式，重点核查工程量真实性、变更签证合规性；建立审计结果公示制度，对造假单位纳入信用黑名单。

4 结语

公路工程全过程造价管理是一项系统性、动态性、技术性的复杂工作，其核心在于打破“各阶段割裂管控”的壁垒，构建“数据支撑 - 协同管控 - 智能赋能 - 信用约束”的全要求管理体系。本文结合实践经验，指出决策阶段数据不足与决策功利化、设计阶段技术经济脱节与 BIM 应用不足、招投标阶段规则漏洞与信用缺失、施工阶段智慧管控薄弱与变更失控、竣工结算阶段数字化滞后与争议低效是当前核心问题。

参考文献

[1] 交通运输部.2024年交通运输行业发展统计公报[R].2025.

[2] 中国公路学会.公路工程造价管理发展报告（2023）[R].2024.

[3] 住房和城乡建设部.建设工程造价管理规范（GB/T 51262-2017）[S].2017.

[4] 王军.山区公路项目造价超支成因及控制措施 [J]. 中国公路学报，2023,36 (4):298-306.

[5] 李娟.基于AI的公路工程投资估算精准预测模型研究 [J]. 公路交通科技，2022, 39(11):167-173.