

公路工程全生命周期成本管理体系构建与决策优化

朱帅¹ 周金德²

1 上海建工(江苏)钢结构有限公司, 江苏南通, 226100;

2 宇航交通建设集团, 浙江杭州, 311100;

摘要: 公路工程全生命周期成本管理体系的构建需统筹规划、建设、运维各阶段的成本要素关联性, 通过目标协同与动态优化实现资源配置效率最大化, 本文系统剖析规划设计及建设实施阶段的成本构成特征, 进一步建立决策优化机制, 整合多阶段控制策略与成本效益综合评估模型, 研究成果可为公路工程项目全生命周期成本精细化管理提供理论框架与实践路径, 推动行业从粗放式管理向可持续价值创造转型。

关键词: 公路工程; 全生命周期成本管理; 成本要素分析

DOI: 10. 69979/3029-2727. 25. 11. 002

引言

公路工程作为基础设施的核心组成, 其成本控制效能直接影响社会经济效益与资源可持续性, 当前行业普遍采用分段式成本管理模式, 存在规划前瞻性不足、信息传递断层及责任界定模糊等问题, 导致全生命周期成本超支风险难以系统性化解, 在公路工程领域, 全生命周期的造价管理在公路工程项目的投资、决策和管理中有着重要的作用, 本文探讨公路工程全生命周期成本管理的概念, 并对全生命周期造价管理的措施进行研究, 以期为公路工程项目的投资决策、实施和管理提供理论与方法支持。

1 公路工程全生命周期成本要素分析

1.1 规划设计阶段成本要素

规划设计阶段的成本要素构成是公路工程全生命周期成本管理的起点, 其核心在于通过科学决策规避潜在风险并奠定后续阶段的成本控制基础, 该阶段的成本要素可分为技术方案选择引发的显性投入与设计缺陷导致的隐性风险两类, 显性投入主要体现在勘察设计费用、方案比选研究费用及专家评审费用等直接支出, 例如在路线方案优化中需进行地形测绘、地质钻探及环境影响评价, 这些工作的精度与深度直接影响后期施工成本的可控性; 隐性风险则源于设计标准偏差或技术参数不合理, 例如纵坡设计未充分考虑重载交通特性可能导致运营阶段路面过早损坏, 进而产生超额养护成本, 因此规划设计阶段的成本管理需在技术可行性与经济合理性之间建立平衡机制, 确保设计方案既能满足功能需

求又能抑制全生命周期成本的无序扩张。另一类关键成本要素是技术接口预留不足引发的改扩建成本冗余, 例如在路基横断面设计中若未考虑未来交通量增长需求, 将导致运营阶段频繁的拓宽工程, 而此类改造往往伴随征地拆迁成本激增与既有结构物拆除损失, 因此规划设计阶段需前瞻性嵌入弹性设计理念, 如在交叉口布局中预留智能交通设施安装空间, 或在排水系统中预设海绵城市技术接口, 以此降低未来升级改造的边际成本。

1.2 建设实施阶段成本要素

建设实施阶段的成本要素具有动态性与叠加性特征, 其构成除了包含可量化的直接工程费用, 也涵盖施工组织失效引发的间接成本损耗, 直接工程费用由人工、材料、机械三大基础资源消耗主导, 其中材料成本受市场价格波动与运输半径影响显著, 例如沥青混合料价格随国际原油价格周期性变动, 而远距离砂石料运输会导致运费占比超过材料本身价值; 机械成本则与设备选型合理性及调度效率密切相关, 例如在软基处理中盲目采用高功率强夯机可能造成能源浪费, 而旋挖钻机与冲击钻机的组合使用可依据地质条件动态调整以提高工效。除此之外, 间接成本损耗主要源于施工组织逻辑缺陷与变更管理失控, 施工组织层面, 场地布置不合理会导致材料二次搬运费用增加, 例如预制梁场选址偏离主线将提高运输成本并延长工期; 工序衔接不畅则引发机械闲置与人员窝工, 例如路面基层养护未达强度即进行面层摊铺将导致结构层损坏并产生修复费用, 变更管理层面的成本风险表现为设计修改引发的连锁反应, 例如桥梁桩基长度调整不仅增加混凝土用量, 还可能引起支护结

构重新验算与施工方案整体修订^[1]。

2 公路工程全生命周期成本管理体系构建

2.1 各阶段成本管理目标与内容

公路工程全生命周期成本管理的核心在于通过分阶段目标设定与内容整合实现资源的高效配置与风险的系统性规避,在规划设计阶段,成本管理的核心目标是通过技术经济分析优化方案可行性以避免因设计缺陷引发的后期成本失控,其重点内容涵盖设计标准的合理选择及施工工艺的适应性论证,同时需要将环境影响评估全面嵌入决策流程,如路线方案比选中需综合地形条件、材料运输半径及生态敏感区避让等多维因素,因而设计方案既能满足功能需求又能从源头上压缩冗余成本;建设实施阶段的管理目标则聚焦于施工过程的动态成本控制与质量风险的主动防控,具体内容涉及工程量清单的精细化审核与施工变更的闭环管理,故而建立“设计-施工”联动的成本审查机制可有效避免界面责任不清导致的重复计价或漏项问题,同时依托关键工序的成本预警阈值设定实现超支风险的早期干预。从全生命周期的视角来看,各阶段管理内容的衔接需依托统一的成本控制框架,规划设计阶段需为后续施工预留可调整的技术接口,例如在路基设计中考虑未来改扩建的兼容性,而建设实施阶段需同步采集实际成本数据并反馈至设计优化流程以形成“设计修正-施工验证”的迭代循环,这种跨阶段的内容协同能够降低返工概率并基于知识经验的纵向传递提升整体成本管控效率;管理目标的设定则需兼顾短期成本约束与长期效益平衡,例如在材料选型中引入全寿命周期成本(LCC)模型以避免片面追求低价中标而忽视后期维护成本累积的问题,因而在技术可行性与经济合理性之间实现动态均衡的关键在于建立全链条成本核算机制^[2]。

2.2 成本信息采集与动态跟踪机制

公路工程成本信息的有效采集与动态跟踪是支撑管理决策的基础性环节,其核心在于构建覆盖全流程的数据链与实时反馈网络,信息采集层面需建立标准化的数据分类与编码体系以确保从规划设计到运营维护各阶段产生的成本数据具备可比性与可追溯性,具体而言,设计阶段的概算文件、施工阶段的工程量清单及竣工阶段的决算报告需通过统一的成本科目进行映射,进而避免因口径差异形成的数据断层,如材料价格波动与人工

费率调整等动态因素需通过区域市场信息库实现定期更新并与项目实际消耗量进行关联分析,由此为成本偏差诊断提供依据;引入物联网技术与BIM平台可实现施工进度、资源消耗与成本支出的自动匹配,如通过射频识别(RFID)技术追踪预制构件的运输与安装状态并同步关联合同支付节点,进而显著提升数据采集的时效性与准确性。另一方面,动态跟踪机制的构建侧重于成本风险的实时预警与调控策略的快速响应,通过将采集的成本数据与预设目标值进行对比分析,可识别超支风险点并定位其诱因,例如针对路基填筑阶段的土方运距增加问题,施工团队需结合GIS地理信息系统重新优化取土场布局或通过施工组织方案调整压缩机械闲置时间,同时动态跟踪需嵌入多级反馈机制;在项目层级通过月度成本例会分析偏差趋势并制定纠正措施,而在企业层级需整合多个项目的成本数据以识别系统性风险,例如区域性材料供应短缺或劳务价格普涨,因而通过集中采购或战略合作协议平抑成本波动的方式,可大幅提升单项目成本控制精度并为行业成本基准的建立提供数据支撑。

3 公路工程全生命周期成本决策优化机制

3.1 决策优化的基本原则与目标

公路工程全生命周期成本决策优化的基本原则在于以系统性思维统筹各阶段成本要素的关联性,并通过动态调整机制实现资源配置的全局最优,其核心目标是突破传统成本管理中“分段割裂”的局限性,在满足功能需求与质量标准的约束下寻求全生命周期总成本的最小化,为实现这一目标,决策优化的首要原则是坚持前瞻性与适应性并重,即在规划设计阶段即需预判未来建设与运营阶段可能产生的隐性成本,如通过地质勘探数据的深度分析规避施工阶段的边坡治理风险,同时建立弹性预算机制以应对市场波动或政策调整带来的不确定性。决策优化的另一核心原则是建立全链条责任传导机制,确保成本控制目标能够穿透各参与主体的利益壁垒,如在招投标环节引入全生命周期成本承诺条款,要求承包商在投标文件中明确关键分项工程的维护周期与成本估算,进而将短期建设目标与长期运营责任绑定,同时团队需基于合同条款设定奖惩机制,对因设计缺陷或施工质量引发的超额维护成本进行追溯分摊,这一原则的落地关键在于构建透明化的成本信息共享平台,使业主、设计单位、施工单位及运维机构能够在统

一的数据基准上展开协同决策,避免因信息不对称导致的成本转嫁或责任推诿^[3]。

3.2 多阶段成本控制策略

多阶段成本控制策略的核心逻辑是通过关键节点的前置干预与过程纠偏,将成本超支风险化解于不同阶段的管控闭环之中,在规划设计阶段,策略重点在于通过价值工程分析(Value Engineering)压缩冗余成本,例如对路线平纵线形进行多方案比选时,需同步测算不同方案的土石方工程量、征地拆迁范围及生态修复成本,借助BIM技术实现设计方案的可视化模拟与成本实时测算,以此在满足技术规范的前提下锁定经济性最优方案。在建设实施阶段,成本控制策略需聚焦于施工过程的动态监控与变更管理,一方面利用工程量清单与工料机消耗量的实时比对识别偏差,例如利用无人机航测技术获取路基填筑实际方量并与设计值进行差异分析,对超耗率超过阈值的分项工程启动根源调查;另一方面需构建变更影响评估模型,对施工过程中不可避免的设计修改进行全成本核算,例如桥梁桩基长度调整需同步计算由此引发的混凝土增量、机械台班变化及工期延误损失,进入运营维护阶段后,策略重心应转向预防性养护与更新改造的协同优化,如基于路面性能衰变模型预测最佳养护时机,结合交通流量数据制定分时段养护计划以降低封路损失,同时建立设施残值评估体系,对达到经济寿命末期的构造物进行拆除重建或加固改造的比选决策,这种跨阶段的策略联动要求建立统一的成本控制基准与信息传递接口,使得各阶段管控措施能够形成合力而非相互抵消。

3.3 成本与效益综合评估方法

成本与效益综合评估方法的实质是通过量化分析揭示不同决策方案的全生命周期净效益,为资源分配提供科学依据,其中基础方法论是构建扩展型全生命周期成本(LCC)模型,将传统LCC的成本核算范畴从建设

运维成本延伸至外部效益维度,如在评估山区公路改扩建方案时,除计算工程直接投资外,还需量化通行效率提升带来的物流成本节约、交通事故率下降产生的社会效益以及生态修复措施对区域环境容量的正向影响。另一关键评估工具是多准则决策分析(MCDA)框架,其优势在于能够统筹技术、经济、环境等多维度指标的冲突性需求,具体实施时需首先建立包含成本节约率、投资回收期、碳排放强度、社会满意度等指标的评价体系,再利用层次分析法(AHP)或熵值法确定各指标权重,如在隧道照明系统选型决策中,LED灯具虽初始成本高于高压钠灯,但其能耗节约与维护频次降低的长期效益需与业主的资金承受能力、区域电网碳排放系数等指标协同评估。

4 结束语

公路工程全生命周期成本管理体系的构建是提升行业资源配置效率与风险防控能力的重要突破口,本文通过系统梳理各阶段成本要素的内在关联性,提出以目标协同、动态跟踪及数据驱动为核心的管控框架,并建立多维度决策优化机制,研究表明,规划设计阶段的前瞻性技术接口预留可显著降低未来改扩建成本,而建设实施阶段的精细化变更管理能有效抑制隐性损耗,决策优化中引入的全寿命周期成本模型与多准则评估方法,则为平衡短期投入与长期效益提供了科学工具,研究成果可推动公路工程成本管理向智慧化、可持续化方向演进。

参考文献

- [1]周淑琴.公路工程全生命周期造价风险识别及预防研究[J].交通建设与管理,2023,(04):113-115.
- [2]兰文忠.浅论公路工程全生命周期造价管理[J].建材与装饰,2015,(49):192-193.
- [3]郑倩,卢杨路.基于全生命周期视角的公路工程造价控制分析[J].科技创新与应用,2015,(11):225.