

基于全生命周期的公路造价影响因素研究

闫海玲

新疆宏正工程造价咨询有限公司 新疆 乌鲁木齐 830074

摘要: 本文以公路全生命周期造价管理为核心,结合多阶段耦合特性,系统构建公路全生命周期造价理论框架,明确阶段划分、成本构成及核心目标。通过构建多维度影响因素分类体系,重点分析地质条件、设计方案等关键因素及作用机制,揭示各因素对全周期造价的传导路径与协同效应。在此基础上,从规划、设计、施工、运营及残值阶段,提出针对性动态调控策略,实现各阶段造价精准管控。研究旨在破解传统造价管理阶段割裂问题,为公路工程实现全生命周期经济、社会与环境效益最优提供理论支撑与实践路径,助力公路基础设施建设精细化、可持续发展。

关键词: 全生命周期造价;公路工程;多阶段耦合;影响因素

引言:随着公路基础设施建设向高质量转型,传统聚焦施工阶段的静态造价管理模式已难以适配全周期成本管控需求,全生命周期造价管理成为行业发展趋势。当前公路工程存在各阶段造价割裂、隐性成本管控不足、影响因素识别不全面等问题,易导致投资浪费与运营隐患。基于此,本文立足全生命周期理论,围绕造价影响因素展开研究。通过梳理理论框架、识别关键影响因素、剖析作用机制,提出多阶段动态调控策略,旨在厘清各因素对造价的影响规律,搭建科学的造价管控体系,为公路工程造价优化与决策提供依据,推动行业造价管理向智能化、精细化升级。

1 公路全生命周期造价理论框架

1.1 全生命周期造价管理(LCCM)概念

公路全生命周期造价管理(LCCM)是一种贯穿公路规划、设计、施工、运营及残值处理全阶段的系统性造价管控理念,区别于传统仅聚焦施工阶段的静态造价管理模式,核心在于实现公路全寿命周期内经济成本、社会价值与环境效益的综合最优。其以全阶段成本统筹为核心,打破各阶段造价管理的割裂壁垒,通过数据共享、流程协同与动态管控,实现从前期规划到末端残值处理的全链条造价闭环管理。LCCM不仅涵盖显性造价,更注重设计优化、维护保养、绿色拆除等隐性成本的核算与控制,强调以长期视角平衡初始投资与运营维护成本,避免因短期成本节约导致后期运营隐患^[1]。作为公路工程管理的核心工具,LCCM需依托数字化技术搭建造价管理平台,整合各阶段造价数据,为决策提供精准支撑,助力公路工程实现高质量、低成本、可持续发展,契合现代基础设施建设的精细化管理需求。

1.2 全生命周期阶段划分与成本构成

公路全生命周期可划分为规划、设计、施工、运营、

残值五个核心阶段,各阶段成本构成具有显著差异性且相互关联,共同决定全周期总造价。规划阶段成本主要包括可行性研究费、勘察测绘费及前期风险评估费,虽占比不足总造价5%,却影响后续80%以上的成本支出。设计阶段成本涵盖设计费、方案论证费及价值工程优化成本,此阶段通过方案比选可有效控制隐性成本。施工阶段是造价集中支出期,占总造价60%-70%,包括材料费、人工费、机械使用费、现场管理费及临时工程费等显性成本。运营阶段成本具有长期性,涵盖日常养护费、病害修复费、能耗费及安全管控费,贯穿公路使用全周期。残值阶段成本包括绿色拆除费、废弃物处理费及资源回收利用成本,聚焦环保与资源循环。各阶段成本相互互动,需统筹核算以实现全周期造价最优。

1.3 全周期造价管理的核心目标

公路全生命周期造价管理的核心目标并非单纯降低某一阶段成本,而是实现全周期内综合效益最大化,兼顾经济性、安全性、可持续性三大维度诉求。从经济性目标来看,需通过全阶段管控将总造价控制在预算范围内,平衡初始投资与运营维护成本,提升资金使用效率,避免因前期投入不足或过度投资导致的成本浪费。从安全性目标来讲,造价管理需与工程质量管控深度融合,确保造价投入能满足公路结构安全、通行安全及抗风险能力需求,杜绝为压缩成本牺牲工程质量的行为。从可持续性目标而言,需融入绿色发展理念,将环保成本纳入造价核算,通过绿色设计、节能运营、资源循环等手段,降低公路全生命周期对生态环境的影响。同时,核心目标还包括建立标准化造价管理体系,实现数据可追溯、管控可量化,为后续公路工程提供可复制的造价管理经验,推动行业造价管理向精细化、智能化转型。

2 公路全生命周期造价影响因素识别

2.1 影响因素分类体系

公路全生命周期造价影响因素复杂多元,依据来源与属性可构建多维度分类体系,为精准识别与管控提供框架支撑。从影响范围划分,可分为宏观因素、中观因素与微观因素:宏观因素包括国家经济政策、产业调控政策、通货膨胀率及环保法规要求,通过影响建材价格、融资成本间接作用于造价;中观因素涵盖区域地理条件、交通流量需求、产业布局及地方配套政策,决定公路建设规模、技术标准与施工难度;微观因素涉及工程设计方案、施工工艺选择、材料质量等级及管理水平,直接影响各阶段成本支出^[2]。按影响性质划分,可分为确定性因素与不确定性因素:确定性因素如设计标准、施工工期等可提前量化,不确定性因素如地质灾害、原材料价格波动等需通过风险评估管控。按阶段属性划分,可分为前期决策因素、施工实施因素与运营维护因素,各类别相互关联,共同构成完整的影响因素体系。

2.2 关键影响因素分析

在众多影响因素中,部分关键因素对公路全生命周期造价起决定性作用,需重点聚焦分析。地质条件是核心自然因素,山区、河谷等复杂地质区域需增加地基处理、防护工程投入,较平原地区造价高出20%-30%,且直接影响施工工期与后期病害发生率。设计方案是前期管控关键,路线走向、桥隧比例、技术标准等设计内容直接决定初始投资与运营成本,优化设计方案可降低10%-15%全周期造价。原材料价格波动是核心市场因素,钢材、水泥等主要建材价格受市场供需影响波动较大,每波动10%将影响施工阶段成本3%-5%。运营维护策略是后期成本关键,科学的养护方案可延长公路使用寿命、降低年均维护成本,而粗放式维护将导致病害累积,增加后期修复成本。另外,管理水平与技术应用也不容忽视,数字化管理工具与新型施工技术的应用,可有效提升效率、减少浪费,间接降低全周期造价。

2.3 影响因素作用机制模型

公路全生命周期造价影响因素通过多路径、多层次的作用机制影响总造价,构建系统性作用机制模型可清晰梳理各因素的传导路径与关联效应。该模型以全生命周期各阶段为载体,形成“因素输入—阶段传导—效应输出”的闭环机制。宏观因素通过政策引导、市场调控等间接路径作用于各阶段,如环保政策收紧将倒逼施工阶段增加绿色施工成本,同时推动运营阶段优化能效管理。中观因素通过约束条件传导,如区域交通流量需求决定公路设计等级,进而影响施工阶段的工程规模与造

价投入。微观因素直接作用于各阶段成本形成过程,如施工工艺选择直接影响人工、机械使用效率,进而改变施工阶段成本结构。各因素并非孤立作用,存在协同与制约效应,如优质设计方案可缓解复杂地质条件带来的成本压力,而原材料价格波动可能抵消设计优化带来的成本节约。模型通过量化各因素影响权重与传导效率,为精准管控提供理论支撑。

3 全生命周期造价动态调控策略

3.1 规划阶段:成本预控与风险评估

规划阶段作为公路全生命周期造价管控的源头,需以成本预控与风险评估为核心,筑牢造价管控基础。首先,开展精准的可行性研究,结合区域交通需求、经济发展水平确定公路建设规模与技术标准,避免过度设计导致的成本浪费,通过多方案比选优化路线走向,减少穿越复杂地质区域与生态敏感区,从源头降低成本^[3]。其次,建立科学的成本预控体系,依托历史数据与行业标准,编制精细化投资估算,明确各分项工程成本上限,将预控目标分解至后续各阶段。同时,强化风险评估,识别地质灾害、政策变动、市场价格波动等潜在风险因素,采用定性与定量结合的方法分析风险影响程度,制定应对预案。针对高风险因素提前预留风险准备金,避免风险发生时导致造价失控。此外,加强各部门协同,统筹规划、财政、交通等部门意见,确保规划方案兼具经济性与可行性,为后续造价管控奠定坚实基础。

3.2 设计阶段:价值工程(VE)与标准化设计

设计阶段是造价管控的关键环节,通过价值工程(VE)与标准化设计的融合应用,可实现成本与价值的最优平衡。价值工程以“最低寿命周期成本实现必要功能”为核心,对设计方案进行功能分析与成本核算,剔除冗余功能、优化必要功能,如通过优化桥隧结构设计,在保证承载能力的前提下减少建材用量,降低造价。同时,开展设计方案的经济性评审,引入第三方机构对设计方案的造价合理性进行评估,建立设计变更造价影响评估机制,严控非必要设计变更。推行标准化设计是降低成本的有效手段,采用成熟的标准图纸、构件与施工工艺,减少设计工作量与现场适配成本,提高施工效率,同时降低后期维护的备件采购成本。融入数字化设计技术,通过BIM技术构建三维模型,实现设计方案的可视化模拟与造价精准核算,提前发现设计冲突,避免施工阶段的返工成本,最大化发挥设计阶段的造价管控效能。

3.3 施工阶段:精益建造与动态定价

施工阶段是造价实际发生的核心阶段,需依托精益

建造理念与动态定价机制,实现造价的实时管控与效率提升。精益建造以消除浪费、提升价值为核心,优化施工流程,合理调配人力、材料、机械等资源,减少工期延误与资源闲置,如通过精准计算材料需求量推行限额领料制度,降低材料损耗率至3%以下。建立施工全过程造价动态监控体系,依托数字化平台实时采集施工数据,对比实际造价与预算偏差,分析偏差原因并及时调整管控措施。实施动态定价机制,针对原材料价格波动、地质条件变化等不确定因素,在合同中约定调价条款,定期根据市场价格指数与现场实际情况调整造价,避免双方纠纷。强化施工现场管理,严格把控工程质量,减少因质量问题导致的返工成本,加强安全管控,规避安全事故带来的额外支出。通过精益建造与动态定价的协同,实现施工阶段造价的精准管控与效益最大化。

3.4 运营阶段:预测性维护与能效管理

运营阶段造价管控的核心在于借助预测性维护与能效管理,切实降低长期运营成本,有效延长公路使用寿命。预测性维护是关键一环。它借助物联网、大数据等前沿技术,对公路路面、桥隧等关键结构展开实时监测,精准采集病害数据与性能参数。通过先进的算法模型,能够提前预测潜在故障,从而提前开展针对性维护,彻底改变传统被动维修模式。实践表明,这种方式可将年均维护成本降低15%-20%,还能避免病害扩大引发的大修成本,节省大量资金。建立标准化养护流程至关重要,依据公路使用年限、交通流量等因素,制定差异化养护方案,合理分配养护资金,优先保障关键路段与核心结构的养护投入,确保公路始终处于良好运行状态。强化能效管理也不容忽视,优化公路照明、通风等设施的运行模式,积极采用节能设备与智能控制系统。加强运营数据积累与分析,为后续公路的规划、设计提供坚实的数据支撑,形成全生命周期造价管控的闭环,实现公路运营成本的有效控制与持续优化。

3.5 残值阶段:绿色拆除与资源循环

残值阶段作为公路全生命周期的末端环节,需以绿色拆除与资源循环为核心,实现造价回收与生态效益的

双重目标。推行绿色拆除工艺,摒弃传统粗放式拆除方式,采用环保型拆除设备与技术,减少拆除过程中的噪音污染、粉尘污染与废弃物排放,降低环保处理成本^[4]。建立废弃物分类回收体系,对拆除产生的钢材、水泥、沥青等材料进行分类处理,可回收材料通过翻新、再生等方式重新利用,如沥青混合料再生利用率可达80%以上,不仅降低资源消耗,还能减少新材料采购成本。开展残值评估与造价回收核算,精准核算拆除成本、资源回收收益与环保投入,最大化提升残值阶段的经济回报。同时结合区域规划需求,对拆除后场地进行生态修复与二次利用,实现土地资源的高效配置。通过绿色拆除与资源循环的深度融合,实现公路全生命周期的闭环管理,契合绿色基础设施建设的发展理念。

结束语

本文围绕公路全生命周期造价影响因素及管控策略展开系统研究,构建了完整的理论框架与调控体系,明确了关键影响因素的作用机制,为公路工程全周期造价优化提供了新思路。研究表明,全生命周期造价管理需打破阶段壁垒,统筹各阶段成本与影响因素,通过精准管控实现综合效益最优。但研究仍存在数据量化深度不足等局限,后续可结合数字化技术强化因素量化分析。随着基础设施建设智能化发展,未来需进一步完善多阶段耦合管控模型,推动造价管理与绿色发展、智能技术深度融合,为公路工程高质量建设提供更全面的理论与实践支撑,助力行业实现可持续发展目标。

参考文献

- [1]张孝阳.GIS在公路工程造价管理全生命周期中的应用[J].石河子科技,2025(5):72-73.
- [2]郑焕杰.公路工程全生命周期造价管理措施[J].工程技术研究,2025,10(20):152-154.
- [3]孙延祥,孙作涛.基于全生命周期的公路造价管理研究[J].高铁速递,2024(19):192-194.
- [4]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.