

高速公路养护决策与全生命周期成本分析

廖爽

中咨华科交通建设技术有限公司 北京 100195

【摘要】：文章以高速公路养护决策为研究对象，从全生命周期成本理论入手进行系统地分析，确定全生命周期成本和养护决策的内涵，剖析成本构成、核算要素和决策机制，比较不同的养护方式成本差异和实施效果，梳理出现行养护决策理念、核算、方法、程序、技术、机制六个方面存在的主要问题。以问题为中心提出相应的改进措施，以提高养护决策的科学性、降低长期运行成本、延长道路使用寿命为目标，给高速公路养护资金的合理分配、路网长效维护和行业高质量发展提供理论依据和实践支撑。

【关键词】：高速公路；养护决策；全生命周期；成本分析

DOI:10.12417/2811-0528.26.15.067

伴随着我国高速公路路网规模的不断扩大，存量道路养护的需求也越来越高，传统的重抢修、轻预防、重眼前、轻长远的养护模式已经不能满足行业发展的需要，普遍存在着资金使用效率低、运维成本高、决策科学性差等问题。全生命周期成本理论重视全过程统筹和全要素控制，可以很好地解决传统养护的不足。因此，本文从理论价值和现实需要的角度出发，研究该理论在养护决策中应用的途径，分析存在的问题并提出相应的解决办法，对促进养护决策由经验型向数据型、被动型向主动型转变具有重要的现实必要性。

1 全生命周期成本分析在高速公路养护决策中的价值与意义

1.1 全生命周期成本与养护决策的核心内涵界定

全生命周期成本指的是高速公路从建设期、运营期、养护维修期到报废处置全过程所发生的全部费用之和，包括初期建设投入、日常养护支出、大中修成本、能耗成本、管理成本和废弃处置成本等。养护决策是在道路技术状况、交通流量、资金限制、使用需求等诸多因素影响之下，对养护时机、养护方式、养护范围、养护资金投入等做出合理选择并加以协调的行为。两者互相支撑、紧密联系，一起成为高速公路长效维护的主要内容^[1]。

1.2 全生命周期成本分析对养护决策的科学支撑作用

全生命周期成本分析可以克服传统养护决策重眼前、轻长远、重维修、轻预防的局限性，从全周期角度来统筹成本投入和效益产出，给养护方案比选提供量化的依据。经过对各个阶段、各种养护方式的成本进行系统核算，可以有效地防止由于短期投入低而造成长期成本上升的现象发生，促使养护决策由

经验判断向数据支撑、由被动处置向主动预判转变，提高养护决策的科学性、精确性和经济性。

1.3 全生命周期成本理念融入养护决策的现实价值

把全生命周期成本观念融入养护决策当中，是达成资金高效安排、资源节约使用、养护效果最好的重要途径。高速公路实际运营时，此观念可以有效地削减长时间的运维费用，延长道路的使用年限，改善路网的通行效能和公共服务水平，促使养护管理形式向着科学化、长效化的方向转变，助力交通行业达成绿色低碳，节约高效的发展目标，给公众赋予更为安全、舒适，持久的出行保障。

从行业实践来看，传统的养护大多采取的是“被动维修、事后处置”的方式，大多是在道路出现严重病害的时候才进行集中整治，不但单次投入大、施工周期长，还会造成交通管制频繁、道路寿命缩短、社会出行成本增加等不良影响。全生命周期理念是以全周期、全过程、全要素为原则，对高速公路的设计、建设、运营、养护到报废回收实行一体化的管理，可以提前发现病害隐患、科学安排资金、合理安排养护时间，真正实现“少投入、长寿命、高保障”的管理目标。

2 基于全生命周期成本的高速公路养护决策分析

2.1 解析全生命周期成本构成与核算要素

高速公路全生命周期成本是由建设成本、运营成本、养护成本、监测检测成本、故障处置成本和报废残值等组成。养护成本所占比例最高，包含日常保洁费、小修保养费、预防性养护费、大中修工程费、病害处理费等费用。核算要素包括道路技术状况、使用年限、交通荷载、材料价格、人工成本、机械

使用费、资金时间价值等,给成本测算和决策分析打下基础^[2]。由图1可知,养护成本在整个费用中所占比例最大,从全生命周期角度优化养护决策,对于控制高速整体运维成本有着重要的作用。

高速公路全生命周期成本构成占比

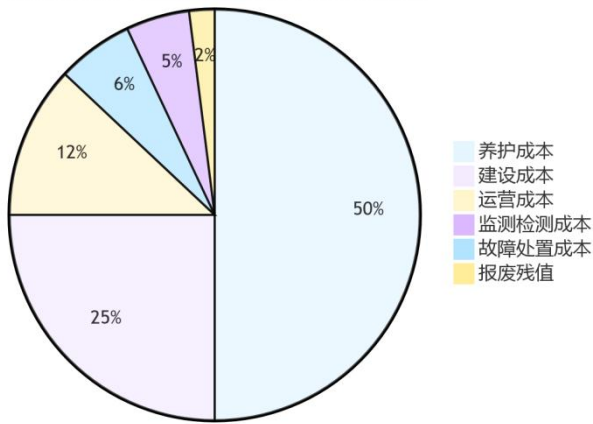


图1 高速公路全生命周期成本构成占比图

根据文中的成本分类,本文将建设成本、运营成本、养护成本、监测检测成本、故障处置成本、报废残值六类按顺序排列在图中,并可清楚地看出养护成本在整个生命周期成本中所占比例最高,是成本控制的主要任务。

2.2 构建全生命周期成本核算与测算模型

在模型建立的过程中,要以高速公路的设计使用年限为周期,把资金的时间价值、路面性能的衰减速率、交通荷载的增长系数、养护措施的有效性等重要的参数加入到核算体系当中,用净现值法和年金成本法来完成量化的计算。采用分年度、分路段、分结构物的方式进行成本归集,可以真实地反映不同的养护策略下长期投入产出的关系,使测算的结果更加符合工程实际情况,给养护决策提供可量化的、可比的、可追溯的数据支持。基于该标准化测算框架进行量化分析,可以将养护决策由原来的依靠经验的模式转变为数据化的精确决策,如图2所示。

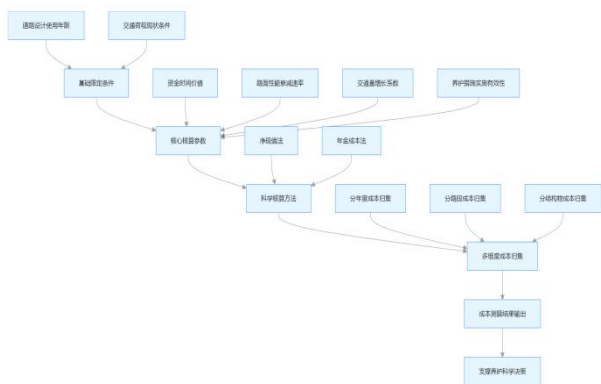


图2 高速公路全生命周期成本核算与测算整体框架图

本框架根据高速公路现场运维实际建立起来的,测算过程完整严密,得到的数据可以直接用于养护时机的选择以及养护方案的比选。

2.3 比较不同养护方式成本差异特征

从全生命周期的角度看,日常小修保养以单次投入低为特点,但是长期重复施工会造成人工、材料、机械费用累计偏高,并且不能从根本上延缓道路性能衰减;预防性养护虽然存在一定的初期投入,但是可以有效地封闭路面裂缝,提高结构强度,将道路性能保持在较高的水平上,大大减少大中修的次数,综合全周期成本最低;大中修工程虽然可以在短期内迅速恢复路况,但是施工周期长、交通管制影响大、资金投入巨大,会大幅度提高全生命周期总费用,长期经济效益明显偏低。为了比较不同的养护方式全生命周期总成本的差别,不同养护方式全生命周期总成本对比如图3所示。大量的工程实践证明,科学地开展预防性养护可以使得高速公路全生命周期养护总成本降低30%以上,道路使用寿命提高8~10年,是成本效益最好的养护方式。



图3 不同养护方式全生命周期总成本对比示意图

通过对三种养护模式成本特点及实施效果进行梳理,可以确定预防性养护在经济运维方面具有明显的优势,是提高养护决策水平的一种好方法。

2.4 分析成本对养护决策结果的影响机制

全生命周期成本不是简单的费用统计,是养护决策的主要依据。成本投入水平决定养护方案是否可行、实施范围是否确定,从而决定执行的速度。资金不足会造成小病害发展成结构性破损,大幅度增加后期维修费用、缩短道路使用寿命,资金过多也会造成资源浪费、降低养护工程性价比。

2.5 确立全生命周期成本决策评价依据

以全生命周期成本为依据进行养护决策评价,用成本效益比、路面使用性能指数、养护投资回报率、道路使用寿命、年均养护费用等为主要评价指标^[3]。在实际决策时,应该创建以全生命周期成本效益比为主导,路面使用性能指数PQI、养护投资回报率、道路剩余使用寿命、年均养护费用、社会影响成本等作为辅助指标的多维评价体系,坚持技术可行、经济合理、

安全可靠、绿色低碳的基本原则,对不同的养护方案进行综合打分排序,从而确定出最佳的养护时机、养护方式和资金分配方案,保证养护决策既能满足道路安全运行的需求,又能达到全周期成本最小化、综合效益最大化的目的。

3 全生命周期成本视角下高速公路养护决策的优化策略

3.1 树立全生命周期成本理念,构建科学高效养护决策机制

全面树立全生命周期成本管理思想,把长期效益和总体成本控制作为决策的核心。创建起规划、设计、养护、评价一体化的决策机制,加强前期预判和全过程控制,把预防性养护放在优先位置上^[4]。完善决策流程,确定职责分工,促使养护决策由依靠经验判断转变为依靠数据支撑,由被动处置变为主动预判,从思想和机制上消除短期化、碎片化的管理弊端,给科学养护赋予根本保证。

3.2 健全全生命周期成本核算体系,完善多维成本测算机制

健全全生命周期成本核算口径,把长期成本、隐性成本、社会影响成本纳入到测算范畴之内,摒弃只用年度预算来作为唯一依据的管理方式。加强成本的动态监控,对资金使用情况、路况变化、成本偏差等及时跟踪,建立预算控制、执行监督、效果评价三者相互联系、环环相扣的闭环体系,使养护资金得到正确的分配、有效地使用。

3.3 强化预防性养护统筹实施,推进效能成本协同优化提升

坚持预防性养护为主,根据路面检测数据、使用年限、交通量的变化情况来确定最佳实施窗口。加大预防性养护资金投入比例,优先选择微表处、薄层罩面、裂缝灌封、稀浆封层等经济高效、施工快的技术工艺,采用“早养护、少投入、长效益”的模式来最大限度地降低全生命周期总成本。创建养护质量同成本联动管控机制,在维持道路服务水平不变的情况下,达成养护效能和成本控制双提升的目的。

参考文献:

- [1] 周雨凡.基于全寿命周期的高速公路中长期养护规划方案[J].大众标准化,2026,(04):142-144.
- [2] 林翔,孟书涛,潘宗俊.全寿命周期理念在公路养护中的探索与思考[J].中国公路,2025,(14):26-33.
- [3] 沈洁.全寿命周期的高速公路日常养护与养护工程协同管理模式研究[J].运输经理世界,2025,(22):110-112.
- [4] 成丛.全寿命周期的高速公路土建养护成本控制与优化策略[J].运输经理世界,2025,(14):136-138.
- [5] 李强.高速公路全寿命周期建设与养护管理一体化分析[J].工程建设与设计,2024,(08):249-251.

3.4 规范养护方案比选流程,优先选用经济高效养护方式

建立标准化养护方案比选制度,就预防性养护、矫正性养护、应急维修等展开多方面成本效益比较。方案选择以经济性好、综合效益高的预防性养护技术为主,避免无谓地修建大中修工程,提高养护资金的利用率。

3.5 推进数字化技术深度融合,强化养护决策数据支撑能力

加快智慧养护平台的建设,将路面监测、车流量统计、病害检测、成本核算等各种各样的数据进行整合。采用大数据、物联网、BIM等技术对养护状况进行实时感知、对成本进行动态计算、决策产生智能化。打破数据壁垒,实现路况监测、成本统计、效果评价三者之间的联动,给全生命周期成本分析和养护决策提供强大的技术支持^[5]。

3.6 健全制度保障与考核体系,推动养护决策长效规范运行

建立和完善高速公路养护管理的有关制度,明确全生命周期成本控制的目标、流程、责任、标准。创建起以成本收益率、道路完好率、养护优良率、社会满意度这四个方面的综合评价体系,冲破传统上用“完成工程量”来评判的状况,重视长期效益和质量成果。建立监督问责和激励约束机制,对成本控制好、养护效果好的项目进行激励,对超支严重、效益低下的项目进行核查整改,营造出人人讲成本、处处重效益的管理氛围,保证全生命周期理念落到实处。

4 结语

总的来说,把全生命周期成本思想运用到高速公路养护决策当中,可以达成资金高效安排、成本有效控制和道路长久守护的有机融合。树立科学理念、健全核算体系、加强预防性养护、规范方案比选、推进数字化融合、完善制度考核,可以提高养护决策水平。随着智慧交通和绿色交通的发展,全生命周期成本理论会在高速公路养护管理中起到越来越重要的作用,给建设安全、高效、低碳、经济的现代化交通体系提供更好的支撑,具有广阔的应用前景和推广价值。