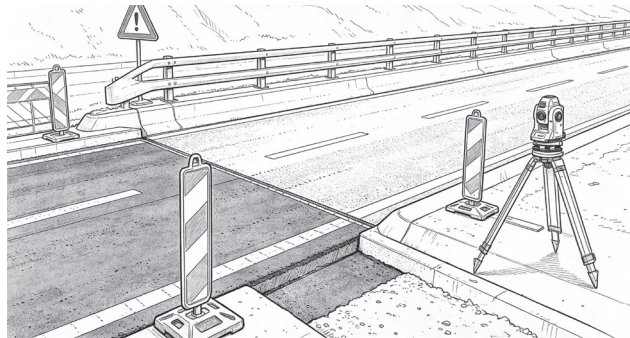


公路工程全寿命周期成本的大数据研究

文 | 朱银栋

公路工程投资规模大且建设周期长，其全寿命周期成本精细化管理一直是行业难点，传统管理模式多依赖经验估算，难以动态反映各阶段成本变化规律。随着大数据技术应用实现海量工程数据采集与分析，为全寿命周期成本研究提供新方向。研究大数据在公路工程成本分析与优化控制中的应用，具备重要理论价值和实践意义。



(配图由 AI 生成)

公路工程全寿命周期成本的理论基础

公路建设项目全周期成本涵盖从前期规划直至后期拆除整个生命阶段所产生的全部费用，这一课题属于工程经济管理学科重点研究方向，现代数据科学技术的应用为相关领域深入研究奠定了技术基础。

全寿命周期成本的阶段划分与构成

农村公路整个使用周期主要分为规划决策、施工建设、运营维护、升级改造和废弃处理这五个环节，各环节成本特点差异明显，规划决策阶段虽资金投入比例低，但对后续资金需求起决定性作用，路线选择不合理常使建设和维护成本显著增加；施工建设阶段的主要开支集中在路基铺设、小型桥梁涵洞、路面工程及相关配套设施上，工程造价易受地形环境、施工时段和材料运输距离等因素影响，存在较大浮动空间；农村公路进入运维阶段后，因超载车辆较多、维护资金短缺等限制，路面提前损坏情况较常见，长期积累的维修支出需高度重视。从成本组成角度分析，农村公路全周期成本包含直接施工费用、养护管理费用、公众出行成本和生态影响成本，其中，直接施工费用和养护管理费用占比最大，在这两个周期中通过大数据研究能取得显著的效益。

大数据技术在工程成本领域的应用现状

近年来，大数据技术在道路建设成本管理中的应用不断深化，不过在乡村道路领域的普及程度依旧较低。当前技术应用主要集中在高等级公路和主干道，依靠庞大路网监测数据支持维护决策与资金预算。相比之下，乡村道路信息化

建设相对滞后，过往成本资料分散保存在县级和乡镇级管理部门，存在数据标准不一致和收集方式不规范等问题。一些地区虽开始用无人机巡查和智能检测车辆等技术采集道路状况信息，为维护费用实时测算创造了条件，但覆盖项目全过程的综合成本分析研究尚未开展，乡村道路管理系统存在明显信息壁垒，严重影响大数据技术应用效果，相关学术研究和实际应用都需进一步拓展。

公路工程全寿命周期成本的大数据分析

公路全寿命周期成本进行大数据分析时，需要构建完整体系，该体系涵盖从数据采集、模型搭建到影响因素判别的各个方面，各环节之间相互衔接并共同支撑数据驱动的成本分析整体框架。

全寿命周期成本数据的采集与处理

农村公路全寿命成本数据来源广泛且格式不统一，系统性数据收集是大数据分析的基础条件。以奉化区农村公路全域全寿命项目为例，该项目覆盖 11 个街道总共 100 条道路且总里程达 277.8 公里，养护周期长达 10 年，使得对持续数据采集需求极为迫切。借助公路一体化智能巡检系统，结合北斗定位与 5G 通信等先进技术，配备前后端数据采集模块以及巡检智能终端，能够实时完成路面病害的采集、分析与上传工作，把原本分散的人工巡检记录转化成规范化的数字档案，有效解决历史数据分散存储、标准不一致的问题。原始数据普遍存在信息缺失、数值异常和单位不统一等状况，

必须经过数据清洗、补充和标准化处理后才能用于分析，数据质量控制水平直接关系到分析结果的准确程度，是开展大数据研究的核心保障内容。

基于大数据的工程成本预测模型构建

成本预测在工程项目全周期成本管理中始终贯穿，大数据环境下，预测模型比传统方法在准确性和普适性方面更具优势。依靠历史建设支出、维护成本以及路面性能参数作为训练样本，进而形成各阶段成本估算区间。奉化区项目合同额达到 4.89 亿元且工期为 10 年，智能巡检系统可通过“动态计算”方式持续采集 277.8 公里路网的病害发展与养护投入数据，伴随数据量的增加，能够有效缓解历史样本匮乏问题并大幅优化模型训练效果。交通流量、路面技术状况、气象条件等变量经过特征工程筛选后输入模型，并且随着数据积累，实时调整参数以确保预测精度。

成本影响因素的数据挖掘与量化分析

农村公路全寿命成本受多种因素综合影响，仅靠经验难以准确判断各因素作用程度及相互关联，数据挖掘技术为系统性识别和量化这些因素提供有效途径。自然条件如地形地貌、天气因素对建设养护成本影响突出，山区路段每公里造价普遍高于平原地区，交通荷载是养护成本的关键影响因素，超载路段路面损坏速率加快导致维修周期相应缩短。通过智能巡检系统对横裂缝、坑槽等 8 类病害及护栏、标线等 5 类路产设施精准识别，大大提升了工作效率并节省了开支。系统投入使用后，巡检效率提升 4 倍以上，病害识别正确率达 95% 以上，病害覆盖率达到 95% 以上，病害维修响应时间缩短至 5 小时以内，年养护成本节约 105 万元。

公路工程全寿命周期成本的优化与管控

要实现农村公路全寿命周期成本的有效优化和科学管控，就得把预测预警机制、多目标决策方法和平台化管理模式紧密融合起来，推动成本管理方式从被动应对逐渐转变为主动干预，以此大幅提升资金使用的综合效益。

基于预测模型的成本动态预警机制

传统道路养护依靠人工定期巡查，通常要到道路损坏较严重时才发现成本异常，但往往错失了最佳维修时机。公路一体化智能巡检系统能够实现厘米级的精确定位，其病害识别准确率达 95% 以上，可对横裂缝、纵裂缝、坑槽等多类病害实时采集与精确定位，依据路面指标变化规律预判各路段大修时间，实现从被动抢修到主动预防的转变。奉化区项目 100 条农村公路分布于 11 个街道，总里程 277.8 公里，线路分散、覆盖广，预警系统须高度自动化。根据实际路况与预测值的偏差程度，将预警划分为关注、预警、紧急三个等级，并且制定相应的处置方案和资金调配计划，管理人员

仅需重点核查高风险路段，这样能有效提升管理效率。

全寿命周期成本的多目标优化路径

农村公路成本控制不是简单缩减开支，而是要在建设质量、养护能力和资金限制之间找科学平衡。奉化区项目中标金额 4.89 亿元且管养周期达 10 年，各年度资金合理分配直接影响全周期综合效益，要统筹兼顾建设阶段初始投入和运营阶段长期养护支出，避免过度压缩建设标准使后期维护成本激增。可运用数学规划方法，以不同技术路线全周期成本作为目标函数，以年度资金上限和路面性能要求作为约束条件来寻求最优解。路面结构选择对全寿命成本影响显著，水泥混凝土和沥青路面在初期投入、养护周期和使用年限方面各有特点，需结合当地交通状况和气候环境做针对性比较，将远期养护成本折算成现值后才能与建设期支出合理对比，以此确保优化方案具备经济可行性。

大数据平台在成本管控中的实践应用

大数据平台作为贯穿数据采集、模型分析及管理决策的关键工具，为农村公路全寿命周期成本的系统化管控奠定基础。公路一体化智能巡检系统的后端可视化平台已实现巡检里程、资产统计、优良路率、修补率等基础功能查询，并适配管养需求，开发小修保养工程量精准测算模块，依托 GIS 一体化地图技术，平台可直观呈现病害数据与路域环境的多维信息，为科学决策提供数据支持。奉化区项目具有范围广、周期长的特点，平台需整合路网基础数据、工程档案、养护信息与资金台账，建立统一的成本管理数据库。平台设计需兼顾低成本运维与易用性，保障基层操作便捷。实际运行表明，数据准确性和人员培训质量是平台使用成效的决定性因素。

结束语

公路工程全寿命周期成本的大数据研究属于工程管理领域和信息技术深度融合典型代表。在系统梳理相关理论、构建数据分析模型以及制定优化控制策略基础上，此项研究形成相对完善的分析框架，为公路工程成本精细化管理提供有效方法。实践显示，依托大数据平台成本管控模式，能明显提高决策效率与成本控制准确性。伴随数字化水平的不断提升，未来公路工程全寿命周期成本管理会朝着更智能、更精准方向持续演进。

作者简介：朱银栋 浙江顺畅高等级公路养护有限公司

责任编辑：孙姗姗 投稿邮箱：zhouhl@staff.ccidnet.com