

# 数字化造价管理在公路工程计量结算中的优化应用探究

向贤能

新疆公路建设（集团）有限责任公司，中国·新疆 昌吉 831100

**摘要：**公路工程作为国家基础设施建设的核心组成部分，其投资规模巨大、建设周期漫长且参与主体众多，计量结算作为工程造价控制的最后一道关口，直接关系到项目投资效益的实现与各方合法权益的保障。传统公路工程计量结算模式长期受制于信息孤岛、数据滞后、人为干预及过程追溯难等痛点，导致结算争议频发、资金支付效率低下以及廉政风险高企。随着建筑信息模型、大数据、云计算及人工智能等新一代信息技术的成熟，数字化造价管理为破解上述难题提供了全新范式。本文系统综述了数字化造价管理在公路工程计量结算中的理论演进、技术架构与实践路径，深入剖析了基于bim的工程量自动提取、区块链赋能的信任机制重构、大数据分析驱动的动态成本监控以及智能合约支撑的自动化支付等关键优化应用场景。

**关键词：**数字化造价管理；公路工程；计量结算；建筑信息模型；区块链；智能合约；大数据

## Exploration of Optimized Application of Digital Cost Management in Highway Engineering Measurement and Settlement

Xiang Xianneng

Xinjiang Highway Construction (Group) Co., Ltd., China Xinjiang Changji 831100

**Abstract:** As a core component of national infrastructure development, highway engineering involves massive investment, long construction cycles, and numerous participating entities. Measurement and settlement, as the final checkpoint for cost control, directly affects project investment returns and the protection of all parties' legitimate rights and interests. Traditional measurement and settlement models have long been constrained by information silos, delayed data, human intervention, and difficulties in process traceability, resulting in frequent disputes, inefficient fund disbursement, and high risks of corruption. With the maturation of new-generation information technologies such as Building Information Modeling (BIM), big data, cloud computing, and artificial intelligence, digital cost management offers an innovative paradigm to address these challenges. This paper systematically reviews the theoretical evolution, technical architecture, and practical pathways of digital cost management in highway engineering measurement and settlement, and deeply analyzes key application scenarios for optimization, including automatic quantity extraction based on BIM, blockchain-enabled trust mechanism reconstruction, dynamic cost monitoring driven by big data analytics, and automated payment supported by smart contracts.

**Keywords:** Digital cost management; Highway engineering; Measurement and settlement; Building information modeling; Blockchain; Smart contract; Big data

## 0 引言

在我国交通强国战略的深入实施下，公路工程建设持续保持高位运行，其造价管理的科学化与精细化水平已成为衡量行业高质量发展的重要标尺。计量结算是公路工程造价管理链条中最为复杂、敏感且关键的环节，它既是承包商获取工程款的法定依据，也是业主控制投资、验证工程质量的重要手段。然而，长期以来，我国公路工程计量结算普遍采用“图纸+现场签证+excel表格”的传统手工或半电子化模式。这种模式在面对线性工程特有的地形复杂、变更频繁、隐蔽工程多等特点时，暴露出诸多弊端：

一是数据来源分散，设计、施工、监理、审计各方信息不对称，导致工程量确认反复拉锯；二是过程资料纸质化严重，易丢失、易篡改，结算审计时缺乏可信的数字化证据链；三是依赖人工计算与审核，效率低下且极易出错，难以适应现代公路工程快节奏的建设需求；四是缺乏实时动态的成本反馈机制，往往在结算阶段才发现超概算问题，造成既成事实的投资失控。近年来，随着数字化转型的浪潮席卷建筑业，数字化造价管理应运而生<sup>[1]</sup>。它不仅仅是工具的升级，更是管理理念与业务流程的重塑。通过bim技术实现工程实体的数字化映射，利用物联网技术采集施

工现场实时数据,借助区块链技术确权存证,依托大数据与 ai 进行智能分析与预测,数字化造价管理正在重构公路工程计量结算的底层逻辑。尽管前景广阔,但当前数字化造价在公路工程计量结算中的应用仍处于探索期,存在“重建模轻应用”“有数据无价值”“技术与管理两张皮”等现象。因此,系统梳理数字化造价管理在公路工程计量结算中的优化应用路径,剖析现实障碍并提出针对性策略,对于推动公路工程造价管理转型升级、保障国家投资安全、促进建筑市场公平竞争具有重要的理论价值与现实意义。

## 1 现实审视:数字化造价管理在计量结算中的应用成效与瓶颈

要推动数字化造价管理从概念走向落地,必须客观评估其在公路工程计量结算实践中的真实表现,既要看到技术赋能带来的显著成效,也要清醒认识制约其深化应用的深层矛盾。

### 1.1 技术赋能显著提升计量结算精准度与透明度

在先行示范项目中,数字化造价管理已展现出对传统模式的颠覆性优势。首先,基于 bim 的工程量自动提取技术,从根本上解决了手工算量误差大、漏项多的问题。通过将设计模型与计价规范关联,系统可自动解析构件几何信息与属性参数,生成符合清单规范的工程量数据,使计量精度提升至 99% 以上,且支持按进度、按部位、按分包商的多维度快速拆分,极大提高了中期计量的响应速度。其次,数字化平台打破了信息壁垒,实现了计量结算全流程的在线协同。业主、监理、施工单位在同一平台上提交、审核、签认计量资料,所有操作留痕、版本可溯,有效减少了因沟通不畅导致的争议。再次,可视化技术的应用增强了结算的直观性与说服力。将计量数据与三维模型、现场影像、无人机航拍数据挂钩,使每一笔工程款都有据可查、有图可依,大幅降低了审计难度与廉政风险。例如,某高速公路改扩建项目引入数字化计量系统后,单次计量周期由平均 20 天缩短至 5 天,结算核减率下降 3 个百分点,合同纠纷案件减少 60%。这些实践证明,数字化技术能够有效提升计量结算的效率、准确性与公信力,为实现“阳光结算”奠定了坚实基础<sup>[2]</sup>。

### 1.2 标准缺失与数据孤岛制约系统化集成效能

尽管局部成效显著,但数字化造价管理在公路工程领域的规模化应用仍面临多重障碍。首要问题是标准体系的碎片化。目前,bim 交付标准、工程量计算规则、数据交换格式等在国家标准、行业标准与地方标准之间存在差异,不同软件厂商的数据接口互不兼容,导致模型在设计、施

工、造价各环节流转时需反复转换甚至重建,严重损耗了数字化红利。其次,数据孤岛现象依然严峻。虽然各参建单位内部可能实现了数字化,但跨单位、跨阶段的数据共享机制尚未建立。设计院的 bim 模型无法直接用于施工计量,施工现场的物联网数据难以自动关联到造价系统,财务支付系统与工程计量系统脱节,导致数字化造价管理沦为一个个孤立的“数字盆景”。更深层次的问题在于,现有数字化应用多停留在“替代手工”的初级阶段,未能触及管理流程的再造。许多项目只是将线下流程简单搬到线上,未充分利用数据的分析价值进行成本预警、趋势预测与决策支持,导致“有数据无智慧”。此外,公路工程线性分布、环境多变的特点,使得现场数据采集难度大、质量参差不齐,也影响了数字化模型的准确性与实用性<sup>[3]</sup>。

### 1.3 人才断层与制度滞后阻碍创新深度落地

数字化造价管理的成功实施,最终依赖于人与制度的适配。当前,行业面临严重的复合型人才短缺。传统造价人员精通定额与计价规范,但对 bim、编程、数据分析等数字技能掌握不足;而 it 技术人员又缺乏工程造价专业知识,难以理解业务痛点。这种知识结构的错位,导致数字化系统开发与实际需求脱节,应用推广阻力重重。在制度层面,现行的招投标、合同管理、审计监督等法规体系仍基于传统模式设计,对电子签名、区块链存证、智能合约等新型法律效力认定尚不明确,给数字化结算带来合规性风险。例如,区块链上的计量签认记录在司法实践中是否等同于书面签证,尚无定论;智能合约自动触发支付是否符合财政资金程序,也存在争议。同时,激励机制缺位也使得各方缺乏推进数字化的内生动力。施工单位担心数字化透明化会压缩其“灰色利润空间”,监理单位担忧自动化削弱其话语权,业主则顾虑前期投入大、见效慢。这种“不愿用、不敢用、不会用”的局面,使得数字化造价管理难以从示范项目走向常态化应用。若不解决人才、制度与利益分配等软环境问题,再先进的技术也难以发挥应有作用。

## 2 路径探索:面向高质量发展的数字化造价管理优化策略

破解上述系统性难题,需以“标准引领、数据贯通、智能驱动、制度护航”为原则,构建适应公路工程特点的数字化造价管理新生态。

### 2.1 构建统一标准与开放生态夯实数字化底座

标准化是数字化造价管理互联互通的前提。应由交通运输部牵头,联合行业协会、龙头企业与科研机构,加快

制定《公路工程数字化造价管理技术标准》，统一 bim 模型交付深度、工程量计算规则、数据编码体系及接口规范，确保全生命周期数据无缝流转。鼓励开发开放式、模块化的数字化造价管理平台，支持多源数据接入与第三方插件扩展，避免被单一厂商锁定。推动建立行业级公路工程造价大数据中心，汇聚历史项目造价指标、材料价格、变更案例等数据资源，通过脱敏处理后向社会开放，为市场主体提供公共服务。特别要强化标准的落地执行，将数字化交付要求纳入招标文件与合同条款，作为竣工验收与结算审计的必要条件，倒逼各方遵守标准。通过“标准统一+平台开放+数据共享”三位一体，打破信息孤岛，构建共建共治共享的数字化造价生态，为计量结算优化提供坚实的数据底座与技术支撑<sup>[4]</sup>。

## 2.2 深化技术融合与流程再造释放数据要素价值

必须超越工具替代思维，推动技术与管理的深度融合。在技术层面，深化 bim+gis+iot 融合应用，构建公路工程“数字孪生体”，实现计量结算与实体工程的虚实同步。利用区块链技术建立不可篡改的计量支付存证链，结合智能合约实现满足条件自动触发支付，减少人为干预与资金占用。引入机器学习算法，对历史结算数据进行训练，建立成本异常识别模型与变更风险预警机制，实现从被动审核向主动防控转变。在流程层面，以数据流为主线重构计量结算业务流程。推行“模型算量、现场验质、线上签认、自动支付”的新型模式，取消冗余的人工填报与重复审核环节。建立基于数字资产的结算审计机制，审计人员可直接调用过程数据与模型进行核查，大幅提高审计效率与质量。特别要注重用户体验，开发移动端应用与可视化看板，让一线人员便捷录入数据、实时掌握结算进度，增强数字化系统的易用性与粘性。通过“技术融合+流程再造+体验优化”的系统创新，真正释放数据要素价值，使数字化造价管理成为提升公路工程治理效能的核心引擎<sup>[5]</sup>。

## 2.3 健全人才培养与制度保障营造可持续发展环境

数字化造价管理的长远发展，离不开人才与制度的双重支撑。在人才培养上，推动高校工程造价专业课程改革，增设 bim、大数据、区块链等数字技术课程，培养复合型后备人才。建立行业数字化造价师认证体系，开展分层分类培训，提升从业人员数字素养。鼓励企业设立首席数字官岗位，统筹数字化造价战略规划与实施。在制度保障上，加快修订相关法律法规，明确电子数据、智能合约、区块链存证等在工程结算中的法律效力。出台数字化造价管理指导意见，细化应用场景、操作规程与风险防范措施。建

立容错纠错机制，鼓励在可控范围内开展数字化结算试点，积累经验后再推广。完善激励政策，对在数字化造价管理中表现突出的项目与单位给予信用加分、评优优先等正向激励。特别要加强数据安全与隐私保护，建立健全数据分级分类管理制度，防范数据泄露与滥用风险。通过“人才培养+制度创新+安全保障”的协同发力，营造有利于数字化造价管理健康发展的制度环境与文化氛围，确保技术创新行稳致远<sup>[6]</sup>。

## 3 结语

数字化造价管理在公路工程计量结算中的优化应用，绝非一场单纯的技术革新，而是一次涉及生产力与生产关系双重变革的系统工程。它要求我们超越对软件工具的迷恋，重新审视造价管理的本质——不是冰冷的数字计算，而是对工程价值的精准度量与合理分配。在这一转型进程中，既要拥抱技术的无限可能，也要敬畏工程的复杂性与人的主体性；既要追求数据的全面与精确，也要关注流程的简洁与温度；既要推动行业的整体进步，也要尊重个体的适应节奏与合理诉求。真正的优化，诞生于对公路工程独特规律的深刻洞察，成型于技术与管理的有机融合，升华于对公平、效率与可持续发展的不懈追求。我们应当以审慎乐观的态度对待每一项新技术、每一个新模式，它们承载着提升行业效能的希望，也考验着我们驾驭变革的智慧与定力。这不仅是造价管理的进化，更是对“交通强国”战略在微观层面的生动实践与有力支撑。当 bim 模型精准映射每一寸路基，当区块链忠实记录每一次签认，当智能合约公正执行每一笔支付，那便是对中国公路工程高质量发展最踏实、最透明、也最有力的注解。这条通往数字化造价管理的道路注定充满挑战与反复，但每一步基于实证、理性与人文关怀的探索，都在为中国公路事业的可持续未来奠定更加坚实、更加智慧、更加负责任的基石。唯有坚持问题导向、系统思维与以人为本，方能让数字化真正成为造福行业、服务社会的强大力量，而非悬浮于现实之上的技术幻象。

## 参考文献：

- [1] 臧金龙, 杨松. 公路工程项目数据库式 0# 台账编制及应用研究[J]. 现代工程科技, 2026, 5(6): 165-168. DOI: 10.26929/j.cnki.issn.2097-1672.2026.06.042.
- [2] 胡凯, 张俊康, 包煜. 公路软土地基加固工程造价精细化实践[J]. 汽车画刊, 2026(2): 224-226.
- [3] 朱兴华. 公路工程竣工结算计量关键问题研究[J]. 汽车周刊, 2026(1): 214-216.

[4] 李玉井. 公路工程结算争议问题分析及解决方案探讨[J]. 建设监理, 2025(3): 49-52.DOI:10.15968/j.cnki.jsjl.2025.03.026.

[5] 陶艳红. 公路工程计量支付问题探讨[J]. 西部交通科

技, 2020(5): 185-186+201. DOI:10.13282/j.cnki.wccst.2020.5.052.

[6] 何丹. 高速公路工程合同管理中的计量支付探讨[J]. 江西建材, 2016(10): 242+245.