

# 云计算支撑下公路工程项目数字化协同管理模式研究

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：**随着交通强国战略的深入实施与新一代信息技术的蓬勃发展，公路工程建设正经历从传统粗放式管理向精细化、智能化协同管理的深刻转型。云计算作为数字化转型的核心基础设施，以其弹性计算、海量存储、泛在接入及资源池化等特性，为破解公路工程项目地域分散、参与主体多元、数据异构严重及协同效率低下等长期痛点提供了关键技术支撑。本文系统综述了云计算支撑下公路工程项目数字化协同管理模式的理论演进、技术架构与实践路径，深入剖析了基于云原生架构的数据中台构建、多源异构数据融合机制、跨组织业务流程在线重构以及智能决策支持体系等核心优化维度。

**关键词：**云计算；公路工程；数字化协同管理；数据中台；云原生；全生命周期；跨组织协同

## Research on Digital Collaborative Management Model for Highway Engineering Projects Supported by Cloud Computing

Xiang Xianneng

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

**Abstract:** With the deep implementation of the national strategy for building a strong transportation nation and the rapid development of new-generation information technologies, highway engineering construction is undergoing a profound transformation from traditional extensive management to refined and intelligent collaborative management. As a core infrastructure for digital transformation, cloud computing provides critical technological support for addressing long-standing challenges such as geographical dispersion, multiple stakeholders, data heterogeneity, and low collaboration efficiency through its characteristics of elastic computing, massive storage, ubiquitous access, and resource pooling. This paper systematically reviews the theoretical evolution, technical architecture, and practical pathways of digital collaborative management models for highway projects supported by cloud computing, and deeply analyzes key optimization dimensions including data middleware construction based on cloud-native architecture, mechanisms for integrating multi-source heterogeneous data, online reengineering of cross-organizational business processes, and intelligent decision-support systems.

**Keywords:** Cloud computing; Highway engineering; Digital collaborative management; Data middleware; Cloud-native; Full lifecycle; Cross-organizational collaboration

## 0 引言

公路工程作为国家综合立体交通网的主骨架，具有投资规模大、建设周期长、技术复杂度高、参与方众多及地理环境多变等显著特征。在传统的项目管理模式下，业主、设计、施工、监理、检测及运维等单位往往各自为政，信息传递依赖纸质文件或离线电子文档，导致“信息孤岛”林立、沟通成本高昂、决策响应迟缓且过程追溯困难。这种碎片化的管理方式难以适应现代公路工程对质量、安全、进度、成本及环保等多目标协同控制的严苛要求。近年来，随着云计算、大数据、物联网、人工智能及建筑信息模型（bim）等技术的成熟与融合，数字化协同管理成为行业共识。其中，云计算凭借其强大的资源整合能力与服务交付

模式，构成了数字化协同的“数字底座”。它打破了物理空间的限制，使分布在全国乃至全球的参建各方能够通过互联网实时访问统一的数据源与应用服务，实现了工程信息的“单一事实来源”。这不仅大幅降低了信息化建设的边际成本，更为跨组织、跨阶段、跨专业的深度协同创造了可能。然而，技术的引入并不自动等同于管理效能的提升。当前，许多公路工程项目虽部署了云平台，却陷入“有云无智”“有平台无协同”的困境，其根源在于技术应用与管理流程脱节、数据治理体系缺失、安全信任机制不健全以及组织文化惯性阻力。因此，系统梳理云计算支撑下公路工程项目数字化协同管理模式的优化路径，剖析现实障碍并提出针对性策略，对于推动公路工程建设管理转型升级、

保障国家重大工程高质量实施具有重要的理论价值与现实意义。本文旨在通过综述现有研究与实践,厘清关键问题,展望未来方向,为行业提供系统性参考<sup>[1]</sup>。

## 1 现实审视:云计算支撑下数字化协同管理的成效与瓶颈

要推动数字化协同管理从概念走向实效,必须客观评估其在公路工程项目中的真实表现,既要肯定技术赋能带来的积极变化,也要清醒认识制约其深化应用的深层矛盾。

### 1.1 云平台赋能显著提升项目协同效率与透明度

在先行示范项目中,云计算已展现出对传统管理模式的革新力量。首先,基于云的协同工作平台实现了工程资料的集中存储与权限化共享,彻底改变了过去文件版本混乱、传输延迟的问题。参建各方可在任何时间、任何地点通过终端设备访问最新图纸、变更指令、检测报告及会议纪要,信息同步时效从“天级”提升至“秒级”,极大减少了因信息不对称导致的返工与争议。其次,云平台支撑了bim模型的轻量化浏览与在线协作,使非技术人员也能直观理解设计意图与施工难点,促进了设计与施工的早期融合。再次,通过集成进度、质量、安全、计量等业务模块,云平台实现了项目管理数据的自动采集与可视化呈现,管理层可实时掌握项目动态,决策依据从“经验判断”转向“数据驱动”。例如,某跨省高速公路项目采用云端协同管理系统后,设计变更审批周期缩短40%,现场问题整改闭环率提升至98%,月度协调会议频次减少50%。这些实践证明,云计算能够有效打破组织壁垒,提升协同效率与管理透明度,为实现“阳光工程”奠定了坚实基础。这种从“分散作业”到“云端共治”的认知转变,为后续深度协同积累了宝贵经验<sup>[2]</sup>。

### 1.2 数据治理薄弱与系统集成度低制约协同深度

尽管局部成效显著,但数字化协同管理在公路工程领域的规模化应用仍面临多重障碍。首要问题是数据治理能力薄弱。大量项目仅将云平台作为文件仓库,缺乏统一的数据标准、编码体系与元数据管理规范,导致结构化数据与非结构化文档混杂,机器无法读取与分析,数据价值被严重低估。不同业务系统(如进度计划、质量管理、计量支付)之间接口不通或语义不一致,形成新的“云上孤岛”,协同仍停留在信息展示层面,未能实现业务流的自动贯通。其次,云平台与公路工程特有业务的适配性不足。通用型云产品往往难以满足线性工程对桩号关联、分段管理、野外弱网环境等特殊需求,定制化开发成本高、周期长,且易与主流生态脱节。更深层次的问题在于,现有协

同模式多是对线下流程的简单线上化复制,未触及组织架构与权责体系的再造。许多项目仍以传统职能条线划分系统权限,跨部门协作仍需线下协调,云平台沦为“高级公告板”。此外,公路工程现场环境复杂,传感器、移动设备等边缘数据采集质量不稳定,也影响了云端分析的准确性与实用性。若不能解决数据治理与业务适配问题,云计算的协同潜力将难以充分释放<sup>[3]</sup>。

### 1.3 安全信任缺失与人才制度短板阻碍可持续发展

数字化协同管理的长效运行,依赖于安全可靠的环境与匹配的人才制度。当前,数据安全与隐私保护是最大顾虑。公路工程涉及国家地理信息、关键基础设施参数及企业商业秘密,公有云部署引发业主对数据主权与泄露风险的担忧;而私有云建设成本高、运维难,中小项目难以承受。区块链等增强信任的技术尚未与云平台深度融合,跨组织数据交互的可信机制缺失,导致各方“不敢共享、不愿共享”。在人才方面,行业严重缺乏既懂公路工程业务又精通云计算、数据科学的复合型人才。传统管理人员数字素养不足,对新工具抵触或使用不当;it服务商又缺乏工程背景,开发的产品脱离实际。这种知识断层使得协同系统“建而不用、用而不深”。在制度层面,现行招投标、合同管理、档案验收等法规仍基于纸质或本地电子化模式,对云端生成的电子签章、过程数据、协同记录的法律效力认定模糊,给项目审计与纠纷处理带来合规风险。同时,缺乏针对数字化协同的绩效评价与激励机制,各方投入产出比不清晰,内生动力不足。这种“不安全、不会用、不合规、不划算”的局面,严重制约了数字化协同管理的可持续发展。若不系统解决这些软环境问题,再先进的云平台也难以落地生根<sup>[4]</sup>。

## 2 路径探索:面向高质量发展的数字化协同管理优化策略

破解上述系统性难题,需以“数据为核、业务为本、安全为基、人才为要”为原则,构建适应公路工程特点的云端协同新生态。

### 2.1 构建行业级可信云生态与数据治理体系夯实协同基座

标准化与可信环境是数字化协同互联互通的前提。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《公路工程数字化协同管理技术标准》,统一数据分类分级、编码规则、交换格式及安全要求,确保全生命周期数据语义一致、可机读、可追溯。鼓励建设行业级公路工程可信云平台,采用混合云架构,核心敏感数据驻

留私有云或政务云,一般业务数据利用公有云弹性资源,并通过联邦学习、隐私计算等技术实现“数据可用不可见”,平衡安全与效率。推动建立数据资产登记与确权机制,明确各方数据所有权、使用权与收益权,消除共享顾虑。特别要强化数据治理能力建设,在项目启动之初即设立数据管家角色,负责数据标准执行、质量监控与价值挖掘,将数据治理嵌入业务流程而非事后补救。通过“标准统一+可信架构+数据治理”三位一体,打破云上孤岛,构建安全、开放、高效的协同基座,为业务创新提供坚实支撑<sup>[5]</sup>。

## 2.2 深化云原生技术与业务流程再造释放协同价值

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,采用云原生架构(微服务、容器化、devops)重构协同应用,使其具备高可用、弹性伸缩与快速迭代能力,更好适应公路工程需求多变的特点。深化bim+gis+iot与云平台的融合,构建公路工程“数字孪生体”,实现物理世界与数字空间的虚实映射与双向互动。利用低代码/零代码平台,赋能一线业务人员自主搭建轻量级协同应用,快速响应现场个性化需求,避免过度依赖定制开发。在流程层面,以数据流为主线重构跨组织业务流程。推行“事件驱动”的协同模式,当某一环节(如隐蔽工程验收)完成并上传数据后,系统自动触发下游任务(如计量申报、监理审核),减少人工催办与等待。建立基于数字资产的协同绩效评估机制,将数据贡献度、响应及时性、问题解决率等纳入考核,激励各方主动协同。特别要注重用户体验,开发适配移动端、支持离线缓存、界面简洁友好的应用,降低使用门槛,增强用户粘性。通过“技术敏捷+流程重构+体验优化”的系统创新,真正释放云计算的协同价值,使其成为提升项目管理效能的核心引擎<sup>[6]</sup>。

## 2.3 健全人才培养与制度保障营造可持续发展环境

数字化协同管理的长远发展,离不开人才与制度的双重支撑。在人才培养上,推动高校土木工程专业课程改革,增设云计算、数据科学、协同管理等交叉课程,培养复合型后备人才。建立行业数字化协同师认证体系,开展分层分类培训,提升从业人员数字素养与实操能力。鼓励企业设立首席数字官岗位,统筹数字化协同战略规划与落地实施。在制度保障上,加快修订相关法律法规,明确云端电子数据、协同记录、数字签名等在工程管理、审计与司法中的法律效力。出台《公路工程数字化协同管理指导意见》,细化应用场景、操作规程与风险防范措施。建立

容错纠错与试点示范机制,鼓励在可控范围内探索新模式,积累经验后再推广。完善激励政策,对在数字化协同管理中表现突出的项目与单位给予信用加分、评优优先、资金补贴等正向激励。特别要加强网络安全与数据合规管理,建立健全安全防护体系与应急响应机制,防范各类安全风险。通过“人才培养+制度创新+安全保障”的协同发力,营造有利于数字化协同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。

## 3 结语

云计算支撑下公路工程项目数字化协同管理模式的探索与实践,绝非一场单纯的技术升级,而是一次涉及生产关系、组织形态与价值理念的深刻变革。它要求我们超越对云平台功能的迷恋,重新审视协同管理的本质——不是信息的简单汇聚,而是通过数据流动驱动业务融合、信任构建与价值共创。在这一转型进程中,既要拥抱云计算的无限连接能力,也要敬畏公路工程的复杂性、地域性与人的主体性;既要追求数据的全面与实时,也要关注流程的简洁、安全与温度;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。真正的协同,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。这不仅是管理模式的进化,更是对“交通强国”战略在微观层面的生动实践与有力支撑。当云端数据精准映射每一段路基的进展,当跨组织协作在信任中无缝流转,当智能决策公正服务于每一位参与者,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。这条通往数字化协同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,方能让云计算真正成为造福行业、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] 应一峰. 公路工程阳光造价管理工作研究——基于概预算工作分析[J]. 建设监理, 2026(4): 38-41.DOI:10.15968/j.cnki.jsjl.2026.04.019.
- [2] 傅清丁. 基于数字化建造的公路工程项目管理平台架构探究[J]. 中国交通信息化, 2026(4): 37-41.DOI:10.13439/j.cnki.itsc.2026.04.004.

[3] 李祝明. 数字化背景下公路工程项目造价控制措施研究[J]. 财富时代, 2026(2): 105-106.

[4] 刘少林, 王亮, 王海宁. 公路工程项目建设三级管控系统设计[J]. 中国交通信息化, 2025(S2): 76-79.DOI:10.13439/j.cnki.itsc.2025.S2.018.

[5] 赵鹏. 基于 BIM 技术的公路工程施工管理优化方案[J]. 运输经理世界, 2025(14): 55-57.

[6] 李伏元. 数字化技术在公路工程造价管理中的实践探索[J]. 中国公路, 2025(3): 70-72.DOI:10.13468/j.cnki.chw.2025.03.023.