

高速公路建设项目数字化工程管理平台应用研究

秦绍峰

云南交投公建隧道工程有限公司 云南 昆明 650200

【摘要】：我国交通基础设施建设迅速发展，高速公路建设项目规模不断扩大，施工环境也愈加复杂化。在这样的情况下，传统的工程项目管理模式已经不能满足精细化、智能化以及协同化的要求了。以 BIM（建筑信息模型）、GIS（地理信息系统）、物联网、大数据等为代表的新一代信息技术为依托的高速公路建设数字化工程管理平台，可以对高速公路建设全生命周期进行精准管控，有效地克服了信息孤岛、效率低下、粗放式管控的问题。本文从高速公路项目管理特性出发，从架构设计和功能模块入手，结合实际案例对平台在进度控制、质量保证、安全管理、成本核算等各方面应用进行深入的探究，并且系统地分析了运行过程中遇到的问题并提出相应的优化措施，以期在高速公路建设领域数字化转型提供一定的理论支持以及参考。

【关键词】：高速公路建设；数字化管理；工程管理平台；BIM 技术；协同管控

DOI:10.12417/2811-0722.26.04.035

1 引言

近些年来，我国高速公路网络体系日趋完备，据行业预测，到 2025 年底，全国高速公路总里程将超过 18 万公里。工程建设过程中线路分布广、跨区域协调复杂、多专业融合度高、工期紧、技术要求高。在数字化转型大潮的引领之下，交通运输领域的工程项目管理方式被提出更高的要求，特别是对于高速公路建设项目来说，需要利用数字化手段完成管理模式的转变。本文以高速公路建设项目中的数字化工程管理平台应用为研究对象，主要从平台架构设计和实施途径两个方面进行研究，以期能够给行业的管理创新提供实践参考，提高资源配置的效率，保证工程的质量。

2 高速公路建设项目数字化工程管理相关理论与技术基础

2.1 数字化工程管理内涵

数字化工程管理依靠现代信息技术，把建设项目的整个生命周期内的信息加以系统地收集、结构化保存、快速有效地传送，并且能够对信息做高效的分析工作并且能够为科学决策提供有力的支持。相比于传统的管理模式来说，它最大的优点就是冲破了信息孤岛的束缚，极大改善了项目管理的速度和品质。在高速公路建设中，数字化工程管理涵盖立项、设计、施工、监理及竣工验收等诸多重要阶段，主要目的是创建起一个透明化、可控化且可追溯的管理体系。

2.2 核心支撑技术

数字化工程管理平台高效运转依靠的是诸多前沿技术的支持。根据高速公路建设的特点，高速公路建设的关键技术体系主要由如下几个要素组成：

(1) 建筑信息模型 (BIM)：创建包含设计阶段和全部施工阶段的数据模型，并将不同阶段的信息整合在一起。在高速公路建设中可应用于线路优化设计、桥梁隧道结构冲突检测、施工方案仿真模拟、工程量精确统计等方面，能够减少设

计变更率、提高施工安全性。(2) 地理信息系统 (GIS)：依托空间地理数据，实现高速公路线路的空间可视化建模与定位，可与 BIM 技术融合完成工程空间信息与属性信息的一体化管理，为施工选址、线路规划、现场进度定位提供空间支撑。

(3) 物联网技术：依靠传感器、智能监控设备、RFID 标签等硬件设施，对现场人员分布情况、设备运转状况、物资利用情况以及环境参数等方面展开持续搜集，促使施工过程向动态监视并迅速回应的方向发展，为安全管理、进度跟进和品质追查赋予数据支撑。(4) 大数据技术：对平台产生的海量多源数据展开预处理、清洗与深入分析，从诸多业务指标及隐含趋向当中提炼出重要信息供决策方利用，依靠进度数据分析改进资源分配方法，根据质量检测结果预测风险状况，全面加强工程管理水平。(5) 人工智能 (AI)：通过算法对物联网采集的现场数据进行智能分析与识别，实现安全隐患的自动分级、施工进度的人工智能预测、成本超支的提前预警，提升平台管理的智能化水平。

3 高速公路建设项目数字化工程管理平台设计

3.1 平台总体架构

该项目的数字化工程管理体系以“云端、边缘、终端”三层架构为核心，同步搭配数据采集层、平台支撑层、应用服务层的技术架构，各层级协同配合，实现工程项目全生命周期的精细化管理，各层级核心功能如下：

(1) 终端层：由物联网设备、移动终端、现场采集仪器等组成，作为数据采集层的硬件载体，负责施工人员、机械设备、工程材料、施工进度、质量检测、安全隐患、环境监测等数据的实时采集与同步传输，同时支持现场人员的移动端操作与信息上报。(2) 边缘层：包含本地存储、数据初步清洗与预处理模块，实现现场数据的快速处理与本地备份，针对现场紧急数据进行即时分析与预警，降低云端数据传输压力，提升现场管控的响应速度。(3) 云端层：整合云端存储、平台支撑层与应用服务层，依托云计算、大数据、BIM/GIS 融合技术

完成数据的深度整合分析、模型构建与存储，为各类应用功能模块提供技术支撑，同时实现跨区域、全参建方的信息共享与协同操作。

其中，平台支撑层负责完成数据清洗、整合分析、BIM/GIS模型构建、算法运算等核心技术支撑；应用服务层结合项目管理需求，设置协同管理、进度管控、质量管控等功能模块，满足参建单位及各管理环节的应用需求。

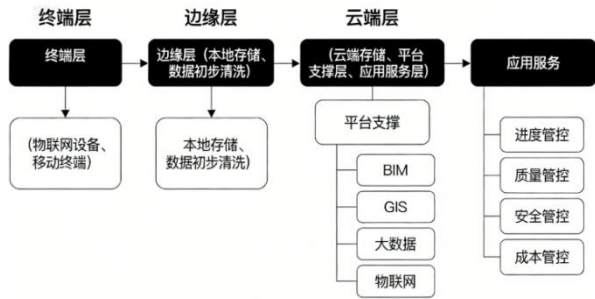


图1 平台总体架构

3.2 平台核心功能模块设计

3.2.1 协同管理模块

本模块核心目的是促进建设单位、施工单位、监理单位、设计单位等各主体之间的协同工作，依托权限管理、文件共享、流程审批、消息通知、即时通讯等功能实现资源的有效整合。各参与方可在线上传文件、发起线上审核，将传统线下人工审核转化为线上自动化审批，大幅减少纸质资料传递与沟通成本，打破各参建方之间的信息壁垒。

技术支持：云计算、网络技术应用目标：打破信息壁垒，提升跨单位、跨部门协同效率

3.2.2 进度管理模块

进度管理模块融合 BIM 模型技术与 GIS 地理信息系统，将施工计划数据与现场实施信息进行空间与属性的一体化整合，形成施工进度可视化控制体系。该模块可完成施工计划的编制、优化与动态调整，通过终端层实时采集实际进度数据，并与理论预期值进行对比分析，利用大数据算法自动识别进度偏差、找出隐患点并立即发出预警，精准定位偏差对应的施工线路段，为进度调整提供科学依据。

技术支持：BIM、GIS、大数据应用目标：实现进度可视化管控，及时识别偏差，确保项目按期完工

3.2.3 质量管理模块

质量管理模块对工程质量实行全生命周期管控，整合质量检测数据录入、质量验收、质量追溯等关键功能。模块支持现场人员通过移动端实时录入、上传原材料、工序、分项工程等各环节的质量检测数据，自动生成标准化、权威的检测报告；采用线上化验收流程管理各节点任务，明确验收标准与责任主

体，实现质量检测数据的全流程可追溯，从源头减少质量隐患。

技术支持：物联网、BIM 应用目标：实现质量管控的标准化、可追溯，提升工程质量，减少质量隐患

3.2.4 安全管理模块

该模块聚焦施工现场安全全流程控制，通过物联网技术连接现场各类传感器、智能监控设备，实时获取人员定位与状态、机械设备运转参数、现场环境指标（如边坡稳定性、扬尘、温湿度）等数据，构建完整的安全监测系统。同时融合 AI 技术对采集的数据进行智能分析，实现安全隐患的自动识别、分级预警，并配套隐患整改流程跟踪、安全教育线上学习与考核等功能，形成“监测-预警-整改-教育”的闭环安全管理。

技术支持：物联网、AI 应用目标：实现安全隐患的实时监测与智能预警，降低安全风险，杜绝安全事故

3.2.5 成本管理模块

本模块针对项目成本进行精细化、全流程控制，涵盖工程量核算、费用统计、成本分析、成本预警等功能。依托 BIM 技术创建的三维模型，结合现场施工进度数据完成工程量的精准计量，明显减少量差发生几率；通过大数据技术对项目各类费用进行实时统计与动态分析，对比预算与实际成本，当成本出现超支趋势时自动发出预警，为成本管控与资源调整提供数据支撑。

技术支持：BIM、大数据应用目标：实现成本的实时核算与动态管控，避免成本超支，提升资金使用效率

3.2.6 设备与材料管理模块

设备与材料管理模块分为设备管理与材料管理两大子模块，依托物联网、RFID 技术实现全生命周期、全链条的智能化管控：（1）设备管理：以全生命周期为视角，整合设备进场检验、调度安排、维护保养、故障报修、退场处置等功能，实时监控施工机械的运转情况与使用效率，自动提醒设备维护周期，降低设备故障风险，提升设备利用率；（2）材料管理：采用全链条监控手段，整合材料进场验收、仓储存贮、领用登记、消耗记载、库存预警等功能，通过 RFID 标签实现材料的全程溯源，动态监测材料库存状况，避免材料浪费、积压或短缺，同时保障原材料质量符合工程规范标准。

技术支持：物联网、RFID 应用目标：提高设备利用率，减少材料浪费，实现设备与材料的精细化、可追溯管理。

表1 数字化工程管理平台核心功能模块设计表

功能模块	核心功能	技术支持	应用目标
协同管理	权限管理、文件共享、流程审批、消息通知	云计算、网络技术	打破信息壁垒，提升协同效率
进度管理	计划编制、进度采集、偏差分析、进度预警	BIM、GIS、大数据	确保项目按期完工

质量管理	检测数据录入、质量验收、质量追溯	物联网、BIM	提升工程质量，减少质量隐患
安全管理	隐患监测、安全预警、隐患整改、安全教育	物联网、AI	降低安全风险，杜绝安全事故
成本管理	工程量核算、费用统计、成本分析、成本预警	BIM、大数据	控制项目成本，避免成本超支
设备与材料管理	设备调度、维护、故障报修；材料验收、领用、消耗、库存预警	物联网、RFID	提高设备利用率，减少材料浪费

的信息孤岛、管控滞后、效率低下等问题，在进度控制、质量监督、安全管控、成本管控、协同效率及设备材料管理等方面均取得显著成效，项目人力成本降低25%，管理费用减少300余万元，项目管理工作实现条理化、精细化开展，平台应用成果得到所有参建单位的认可。同时，平台在运行过程中形成的海量工程数据，也为高速公路建设项目数字化管理提供了重要的参考与借鉴。具体应用成效如下表所示：

4 数字化工程管理平台应用实践

4.1 项目概况

本文以某山区高速公路项目为实践案例，该项目全长86.5公里，采用双向四车道设计，设计时速120公里/小时，全线包含桥梁23座、隧道7处、互通立交6个。项目总造价为42.3亿元，项目总工期三十六个月（3年）；线路穿越山区、河谷等特殊地形，地质情况复杂，施工环境恶劣。项目参建单位包含1家建设单位、4家施工单位、2家监理单位和1家设计单位，传统管理模式多方协同沟通效率低、现场管控难度大，已无法满足复杂工程的精细化控制要求，因此项目组搭建并应用数字化工程管理系统，实现施工全过程的精细化、信息化管控。

4.2 平台部署与应用过程

本项目依托云端架构搭建数字化工程管理平台，采用“PC端+移动端”双端部署模式，各参建方根据岗位权限登录系统使用相应功能模块，平台部署与应用分为三个阶段：（1）前期培训阶段：平台上线前，针对建设、施工、监理等各参建方的管理人员、现场作业人员开展分层级专项培训，讲解平台操作流程、功能模块使用方法、数据录入规范，确保所有操作人员熟悉平台功能；（2）分阶段上线阶段：按照“协同管理先行，管控模块跟进”的原则，先上线协同管理模块，实现各参建方的线上协同与文件共享，再逐步集成进度、质量、安全等管控模块，确保各模块平稳落地；（3）优化提升阶段：平台全面上线后，安排专人收集各参建方的使用反馈，针对平台操作、功能适配、数据采集等方面的问题进行持续优化，同时根据施工进度调整模块功能，确保平台与工程施工实际需求高度匹配。

4.3 平台应用成效分析

数字化工程管理平台的应用有效解决了传统管理模式中

表2 某高速公路项目数字化管理模式与传统管理模式成效对比表

管控维度	传统管理模式	数字化管理模式	提升成效
进度管理	进度跟踪滞后，偏差识别不及时，平均工期延误率8%	实时跟踪进度，精准定位偏差，工期延误率控制在2%以内	工期延误率降低6个百分点
质量管理	质量检测数据人工录入，追溯困难，质量合格率92%	检测数据实时上传，全流程可追溯，质量合格率99.2%	质量合格率提升7.2个百分点
安全管理	隐患排查依赖人工，预警不及时，年安全隐患发生率15起/百公里	实时监测隐患，AI智能分级预警，年安全隐患发生率3起/百公里	安全隐患发生率降低80%
成本管理	成本核算滞后，超支风险识别不及时，平均成本超支率5%	实时核算成本，动态分析偏差，成本超支率控制在1%以内	成本超支率降低4个百分点
协同效率	文件传递、审批繁琐，平均协同响应时间3个工作日	线上协同审批，信息实时同步，平均协同响应时间1个工作日	协同响应时间缩短67%
设备与材料管理	设备调度低效，故障响应慢；材料库存人工统计，浪费/积压频发，材料浪费率约8%	设备实时监控，维护自动提醒，利用率提升20%；材料动态库存监控，浪费率控制在2%以内，库存准确率99%	设备利用率提升20%，材料浪费率降低6个百分点

5 结论

1. 本文以山区高速公路建设项目为案例，对数字化工程管理平台的应用实践进行了深入研究，从平台架构设计、功能模块开发、应用实施过程等方面展开分析。数字化工程管理是高速公路建设领域转型发展的必然趋势，未来需进一步推动数字孪生、人工智能等前沿技术与工程管理的深度融合，持续完善平台功能与管理机制，实现高速公路建设全生命周期的精细化、智能化管控，为我国交通基础设施建设高质量发展提供有力支撑。

参考文献：

- [1] 吴桢,陈雪颖.高速公路服务区精细化智慧管理平台建设与实践[J].中国交通信息化,2026,41(01):35-37.
- [2] 张美俊.数字化转型背景下高速公路智慧隧道建设探析[J].中国交通信息化,2026,41(01):98-102+112.
- [3] 洪宣娇,杨哲,尹朝辉.业技融合赋能公路建设项目档案数智化转型的实践路径[J].档案记忆,2025,38(12):63-64.
- [4] 汪军,饶舰,沈国焱,等.复杂艰险山区高速公路建设项目驻地人员安全数字化管理体系构建[J].公路,2025,70(12):278-285.
- [5] [吴嘎.数字化技术在高速公路建设财务管理中的应用场景探讨[J].企业改革与管理,2025,42(20):114-116.