

面向智慧公路建设的公路智慧管理养护体系

颜晶

山东省枣庄市市中区公路事业发展中心

摘要：随着新一代信息技术的发展，协同推进人工智能、物联网、大数据、5G（第五代移动通信技术）等关键技术 in 公路建设、养护、运营、服务中的深入业务融合应用，构建在安全、效率等方面具有巨大优势的智能交通运行管理系统，以满足我国人民日益增长的美好生活需要和促进经济社会持续发展，具有重大的理论价值和现实意义。

关键词：智慧公路建设；公路智慧管理；养护体系

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.11.065

引言

由于道路安全事故频发，气候和欠养护导致的限制通行时有发生，智能化信息服务水平不高，用户出行体验欠佳；道路交通在交通全行业中的碳排放占比较高，绿色发展压力较大。相关学术研究和国际经验均表明，积极且高效地建设智慧公路是解决上述问题和矛盾、构建智慧交通体系、践行交通强国战略的主要途径，有助于切实提升道路安全保障、运行效率、服务管理、绿色发展水平。

一、智慧化公路养护管理技术的应用意义

（一）智慧管理

智慧管理需要利用数字化技术。公路在施工作业期间要使用智慧工地管理功能与资产管理功能，以全方位地调配资源，促进资源的优化配置；公路在运行维护过程中要建设综合管理平台，确保信息管理的安全性，大幅度提升道路网络的调度能力；同时，要利用数字化技术促进各项决策的科学性，并更好地评估公路的机电设备状况。

（二）智慧服务

智慧服务需要将多源数据驱动放在重要位置，通过智慧服务全时段地为大众提供各种信息和资料，更好地保障公路上车辆的顺利、安全运行，并通过建设智慧服务区帮助运行车辆解决紧急问题。相关部门可以应用智能设备检测公路路面、桥梁、隧道等结构的病害，进一步提高公路的质量，真正达成出行服务与科学养护的一体化管理。

（三）智慧安全

智慧安全需要具备全息感知和准确研判的功能。通过全生命周期数据来感知以及各种交互系统的配合，深

入分析公路的安全状况，使道路施工更加顺畅，关键风险地区的管控更加安全，关键运输车辆的管控更加精准，大幅度提高道路的安全性及运行效率。

（四）全要素支撑

公路的智慧化建设要从基本设施出发，结合道路网络的实际情况，考虑通信和供电需求，做好道路基础设施的建设。同时，使用智能设备收集和保存信息数据，确保各种数据传输的安全和顺畅，使物理系统和信息系统得以贯通发展，促进路网、人流、车辆、云平台的联动，进一步提高公路的智慧水平。

二、公路工程智慧建设与养护现存困难

（一）实现智慧建设的场景和设备较为有限

目前实现智慧建设的场景少、设备少，仍处于以小场景作为试点，随后逐步发展的初步阶段；另外，软件开发人员的开发速度与智慧建设要求的匹配程度不足。

（二）智慧建设管理推行可接受成本阈值模糊

完成信息传输，实现数据上传，需要完善基础设施的建设，包括智能终端、信号基站、物联设备等，均增加了公路工程建设成本，导致部分施工单位缺乏积极性，这方面需要政府更积极的引导。

（三）现场人员对数字化改革积极性较低

现有数据上传智能终端屏幕小、指引少、填写步骤不清晰，现场人员对智能终端使用体验并不好，更多人员倾向于采用纸张填报数据的形式，导致一线人员对智能终端的接受程度并不高。

（四）公路工程智慧建设管理现存困难

智慧建设管理体系需要重点解决以下几个问题：①人员履约管理难，施工人员、监理人员和管理人员等在不同环节的协同难度大，缺乏有效的沟通和协调机制。②数据上下贯通难，各参与单位采集的数据不能有效融合、共享和应用，导致信息孤岛和重复劳动。③问题闭环处置难，问题发现后，缺乏有效的反馈和跟踪机制，导致问题无法及时得到解决，严重影响工程质量和进度。④过程质量管控难，施工、监理等各参与方对工程质量的认知和标准存在差异，难以形成统一的过程质量管理标准。⑤质量数据溯源难，工程质量数据来源繁多，缺乏有效的溯源机制，难以快速准确地查询和分析质量数据，影响工程质量的评估和改进。这些核心问题的存在，阻碍了智慧建设管理业务的顺利实施。

三、面向智慧公路建设的公路智慧管理养护体系

(一) 公路路网监管

公路智慧管理养护体系采用GIS可视化界面进行公路路网监管,通过GIS平台进行公路路网监控信息的调度与显示,从而为公路路网的宏观调控提供数据基础,保证公路路网处于最佳运行状态。通过GIS地图数据将各类路网数据统一到一张地图上,共享给相关部门,促进跨部门间的信息共享与协同,实现公路监管、建设与养护的统一管理。

为便于操作,系统通过GIS地图技术对业务操作界面进行可视化管理,采用WebGIS技术,使公路路网信息网络化,转变为可供业务操作的数据信息。从互联网的任意节点,管理人员均可以浏览公路路网的各类分布式、具有超媒体性质的空间数据与属性数据,可以为公路智慧管理养护决策的制定提供矢量化的空间信息、遥感图像、动态视频以及图文信息等。数据处理在采用人工智能算法的基础上,结合GIS技术与可视化技术,将不同处理结果按照属性进行分类与归纳,并在智能终端上以交互式量化统计图形呈现出来。同时,系统采用了双向联合查询模式,即可按照GIS地图数据与属性数据进行分类查询与分析,既可以按照GIS地图数据查询模式,在地图中对指定的公路要素进行查询,获取其相关属性信息,以及与其他同类信息的对比结果,又可以按照属性查询模式进行简单与复合查询,将满足查询条件的结果标记出来,并在地图上进行高亮显示。

(二) 闭环式业务管理

公路智慧管理养护体系的闭环式业务管理功能需要借助三项功能实现:①阶段性分析报告。为了保证获取到道路性能演变的时序数据,系统需要提供阶段性分析报告,通过采集数据对比获取到公路性能衰变的时空分布,为公路运管部门提供分析报告,以辅助其制定下一阶段的公路养护方案。②中长期养护决策支持,在阶段性分析报告的整合基础上,结合相关领域内专业知识,采用人工智能算法获取公路性能衰变规律,并对公路中长期衰变趋势进行模拟分析,为公路运管部门提供中长期养护决策支持。③闭环式业务管理。系统最终构筑了“巡查—审核—派单—评估”的业务流程闭环管理体系,通过各类采集的数据实现公路养护作业的实时感知与可控,以人工巡查与智能监测相结合的手段获取到实时公路病害信息,系统通过数据分析与数据库对比,确定公路损害类型,并根据决策库的数据匹配提供决策辅助功能,由管理人员审核授权以后,将相关决策方案下达给相关养护人员,并根据数据的动态变化识别是否开展相关养护工作,并由系统生成养护评估方案,形成闭

环式业务管理。

(三) 公路主动协同管控

精细化主动管控的“精细”,主要体现在管控策略向车辆推送的途径和显示方式上。交通运行状态对道路交通安全与效率具有重要影响,为确保公路安全稳定运行,应在多源数据融合的基础上建立车道级主动管控系统,通过端、边、云数据处理系统输出交通状态,精准判别和预测客货车比例,采用算法和仿真的方法,以通行效率为目标函数,以小时为颗粒度,得到车道的客货分配和管控策略。

一是精细化车道级动态管控。基于端边云数据处理系统中的实时交通状态,准确判断和预测公路路段可能出现的拥堵。当系统识别出某一路段开始拥堵或有拥堵趋势时,以缓解或避免拥堵为目标,并考虑遵从率的约束,计算满足目标的上游车流车速,在上游发布信息。

二是智能匝道协同管控和收费站动态流量控制。基于端边云数据处理系统中的实时交通状态,以缓解或避免拥堵为目的,计算满足目标的上游车流量、设定流量以及主路背景流量,计算匝道输入流量,生成匝道信号灯的配时方案。

三是实现路面动态紧急扩容管控。针对存在多个应急车道的超宽幅公路(双十车道及以上),在路段拥堵时,紧急开放一个应急车道,提高通行能力,缓解拥堵。通过管控系统决策开放应急车道的位置、时间,并预估开放效果,对开放结果做出评价。

四是精细化主动管控动态交通仿真评价。以动态仿真技术为基础,采集公路真实物理信息、行车历史等数据,进行公路的“信息镜像模拟”。辅以传感器技术,建立公路的模型在环、软件在环、硬件在环和驾驶员在环的智能网联交通仿真系统;将重要性抽样法与马尔可夫链蒙特卡罗方法结合,快速采集多场景下的事件样本,实现对不同精细化主动管控措施下公路多场景行车的全面、真实、有效的仿真模拟与评价。

(四) 重要通道实现“强衔接、重配套、优功能”

对于国家综合立体交通网主骨架中的公路通道,新建项目实现全寿命周期建筑信息模型(BIM)应用,改扩建项目实现“改扩建—运营养护”全链条的数字化运行管理与服务以确保道路通畅,在役公路有序推进基础设施全要素、全周期的数字化改造。重点运输通道实现全天候、全要素、全过程实时监测,综合采用车道级管控、特别通行管理、恶劣天气安全保障等管控方式支持实现准全天候通行;部分具备条件的繁忙通道提供车路协同安全提醒和信息服务;快充网络有效覆盖;重点区域及若干主通道实现出行服务的智能化、个性化、便利

化。

（五）基础设施数字化

基础设施数字化面向全路网，围绕公路全部资产设施、全周期业务展开。以数据为生产要素，以信息技术和业务数据模型为支撑，构建标准统一、信息全面、融合共享的公路全寿命周期数据体系；推动公路建设、管理、养护、运营全过程业务的数据化、在线化、协同化，提升业务效率与质量、优化资源配置、支撑科学决策。公路基础设施数字化的实施路径是，按照“整合资源、统筹集约、数字增能”的理念，加速新一代信息技术与实体业务的融合应用创新，全面推进公路建设、管理、养护、运营业务的数据化、在线化、协同化；构建标准统一、信息全面、融合共享的公路数据体系，开展公路行业大数据治理与应用，支撑跨部门、跨层级、跨区域数据交换共享，全面提升公路行业管理和公共服务水平。

（六）车路协同自动驾驶

车路协同自动驾驶系统以单车智能自动驾驶为基础，进一步实现车-车、车-路、车-人的信息交互与共享；依托蜂窝车联网（C-V2X）技术，形成以“聪明的车+智慧的路+协同的云”为基础架构，高精地图、卫星导航定位等产业为支撑，融合信息安全、大数据、AI等关键技术，面向交通参与者提供安全和高效出行服务的“车路云”一体化系统。针对智慧公路，通过自动驾驶云控平台、交通感知设施、交通控制与诱导设施等，联合或独立实现车路协同自动驾驶功能。面向车路协同自动驾驶需求，智慧公路着重建设路侧协同感知融合、路侧协同决策、路侧协同控制、C-V2X通信、高精度定位、与基础设施相结合的智能决策及规划等关键技术。

（七）新一代公路智能税费征收系统

新能源汽车发展迅速，燃油汽车的市场占有率持续下降，导致建立在燃油汽车基础上的“燃油税”覆盖率急速降低。论证提出了新一代公路智能税费征收系统开发方案，旨在基于北斗卫星导航系统计量车辆行驶里程，合理征收车辆“里程税”以替代“燃油税”。采取“用路者付费”原则，将单车税收与车辆行驶里程挂钩，反映车辆对公路的磨损和损害程度；征税体系透明、公平、合理，适用所有类型车辆、全国公路网（含城市道路），是构建新的公路税费制度的基础设计。系统采用“云-端”技术架构实现“里程税”的计费、收费功能，无须新建收费站及附属设施，具有开放性、无感自由流收费、快速通行、高信用、实时动态监控等技术特征。对于收费公路，系统可以取代现有的收费技术

来征收通行费；对于普通开放道路、城市拥堵路段，可收取（必要的）拥堵费、城市道路停车费。通过差异化收费、拥堵收费等策略，实现调节路网拥堵路段的交通流、优化大交通网资源配置的目的。

四、智慧化管控发展趋势

随着自动驾驶技术的不断发展和成熟，以及智能化车辆与基础设施互联技术的不断发展，未来公路将实现车辆与基础设施的广泛互联。车辆与交通信号灯、路况监测设备、收费系统等进行实时的信息交互和数据共享，进一步提升交通系统的整体智能化水平。未来公路桥梁智慧化管控将更加注重多模式交通一体化以及对交通生态环境的可持续发展。通过智慧化技术将公路与其他交通方式（如城市公共交通、铁路、航空等）有机结合，不仅在建设过程中实现了管理的无缝衔接和高效转换；通过智能交通管理和能源管理技术，实现了资源的高效利用、减少排放和降低环境破坏。同时，在公路建设完成后的后期运营过程中，也将推动交通系统的整体协调和可持续发展，为用户提供更多的出行选择和便利。

结束语

总而言之，随着我国交通系统的不断变革，公路的通行及其管理模式也在全面升级，但是一些公路存在软件和硬件的协调性不足、交通服务和养护管理水平较低等问题，这些都会制约公路的建设发展。伴随着人工智能、大数据和云计算等高新技术的出现，国家也更加重视智慧交通建设，越来越多的地区致力提升道路通行质量和大众出行服务水平。

参考文献

- [1] 冀晓梅. 智慧公路养护数字化管理平台设计[J]. 山西交通科技, 2022(6): 112-115.
- [2] 李燕华. 基于智慧服务模式下的公路养护施工档案信息管理探析[J]. 兰台内外, 2022(29): 16-18.
- [3] 王鑫涛. 郑州市普通国省道干线智慧公路建设探析[J]. 中国交通信息化, 2021, (10): 105-106, 109.
- [4] 王虹. 智慧高速助力公路现代化——2016全国智慧公路发展论坛在杭州召开[J]. 中国交通信息化, 2017, (2): 15-19.
- [5] 张佐. “互联网+”智慧公路养护管理技术分析[J]. 工程技术研究, 2023, 8(2).
- [6] 张进进. 智慧公路建设需求与应用场景探究[J]. 中国交通信息化, 2022, (11).
- [7] 冯伟. 浅谈晋城公路局在“互联网+公路养护”的探索与实践[J]. 长江信息通信, 2022, 35(2).