

智能交通技术在高速公路新改扩建中的应用研究

王璟

江苏现代蜀宁工程建设有限公司, 江苏 南京 210046

[摘要]高速公路新改扩建是完善路网结构、提升通行能力的关键措施,“边通车、边施工”的特殊模式给交通组织和安全管理造成了严峻的考验。智能交通技术是提高交通安全、通行效率的重要手段,但是实际使用中还存在建设标准不统一、数据共享、协同管理不到位、运维成本高、系统兼容性差、稳定性差等各方面的问題。本论文对改扩建工程的特殊性进行了系统的分析,对上面提到的四个主要问题进行了详细的分析,提出了完善顶层设计和标准体系、建立多部门协同的数据共享平台、提高智能设备运维管理能力、推进数字孪生和人工智能深度融合等改进措施,为改扩建工程智能交通建设提供一定的参考和指导。

[关键词]高速公路;改扩建工程;智能交通;数字孪生;车路云一体化

DOI: 10.33142/sca.v9i7.20026

中图分类号: U491.2

文献标识码: A

Research on the Application of Intelligent Transportation Technology in the New Reconstruction and Expansion of Highways

WANG Jing

Jiangsu Modern Shuning Engineering Construction Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210046, China

Abstract: The new construction and expansion of highways are key measures to improve the road network structure and enhance traffic capacity. The special mode of "simultaneous opening and construction" poses a severe challenge to traffic organization and safety management. Intelligent transportation technology is an important means to improve traffic safety and efficiency, but in practical use, there are still problems such as inconsistent construction standards, inadequate data sharing and collaborative management, high operation and maintenance costs, poor system compatibility, and poor stability. This paper systematically analyzes the particularity of renovation and expansion projects, provides a detailed analysis of the four main issues mentioned above, and proposes improvement measures such as improving top-level design and standard system, establishing a multi departmental collaborative data sharing platform, enhancing intelligent equipment operation and maintenance management capabilities, and promoting the deep integration of digital twins and artificial intelligence. These measures provide certain reference and guidance for the construction of intelligent transportation in renovation and expansion projects.

Keywords: highway; renovation and expansion projects; intelligent transportation; digital twin; vehicle road cloud integration

引言

早期建成的高速公路通行能力小、服务水平低,改扩建成了完善路网功能、适应交通发展需要的必然之路。伴随着路网密度不断增大,早期建设路段改扩建的需求也越来越迫切,呈多点并行的特点。与传统的新建项目相比,在改造扩建过程中,既有道路的正常通行是必须的,在保证既有道路通行能力的基础上,还要开展施工,因此对交通流的控制以及作业区的安全防护起着直接的作用。此时,智能交通技术受到人们的期待,凭借全息感知、动态控制、智能预警这些方式,可以达成施工安全同通行速度的动态

协调。但是智能交通技术在改扩建工程中实际效果不好,缺少标准、数据孤岛、运维困难、兼容性差等问题严重制约了技术效能的发挥。因此对改扩建工程智能交通应用存在的问题进行系统的梳理,提出相应的优化措施,有重大的理论价值和现实意义。

1 高速公路新改扩建工程特点

高速公路新改扩建工程和新建工程在建设条件、技术要求、实施环境等各方面存在着明显的不同,主要特点表现在以下几个方面。

表 1 新建高速公路与新改扩建高速公路工程特征对比

对比维度	新建高速公路	新改扩建高速公路
施工模式	封闭施工，无通行干扰	边通车、边施工，保通压力大
交通流特征	无既有车流，可按需组织	时空分布非均衡、组成结构变异、通行效率动态衰减
作业空间	场地开阔，可一次性规划	作业面狭窄，新旧设施交叉、空间受限
设备部署	从零规划，一次性到位	分阶段过渡，新旧系统兼容、设备利旧与更新并存
数据基础	无历史数据积累	分阶段过渡，新旧系统兼容、设备利旧与更新并存

从施工模式上看，改扩建工程大多采取“边通车、边施工”的特殊建设方式，施工区域与通行区域交错，交通量大、重载车辆多、改扩建里程长、分流路线少、全时段保通难等问题并存。从交通流特征来说，改扩建期间交通流量存在时空分布非均衡性、交通组成结构性变异和通行效率动态衰减这三种特点。就作业空间而言，改扩建工程作业面狭窄，新旧设施交叉，施工空间和通行空间互相挤压，给设备安装、管线敷设、系统调试等工作造成很大影响。从设备部署角度来说，改扩建工程不能像新建项目一样一次性完成全部智能设备的规划和安装，必须分阶段进行，而且还要面对既有设备利旧、新旧系统衔接等问题。就数据基础而言，改扩建工程一般会继承原有的高速公路多年来的运营数据以及感知设备，怎样合理地利用这些历史数据并将其与新建的感知系统结合起来，这便成了改扩建项目与新建项目之间的一个区别点^[1]。上述特点决定了改扩建工程的智能交通建设不能简单地套用新建项目的技术方案和管理模式，而应该根据具体的路段、道路情况来制定相应的智能交通建设方案。

2 智能交通技术应用中存在的问题

2.1 智能交通基础设施建设标准不统一

智能交通基础设施建设标准缺乏、不统一，是目前影响改扩建工程智能交通技术应用的主要障碍。近些年来，各地智慧高速公路创建热情高涨，不过技术路线各有不同，建设标准良莠不齐。就智慧高速公路建设“散装化”、技术标准体系不健全、关键标准缺失且不统一、标准应用验证不足等现状而言，已经得到行业的普遍认可。各个省市相继出台了智慧高速公路建设指导性文件，但是主要针对本省市智慧高速的建设特点和需求，不能满足全国不同类型智慧高速的建设与应用。就设备而言，各个厂商所使用的接口标准不同，造成设备之间存在互操作性的问题，给设备的使用与维护带来了诸多不便。改扩建场景中，该问题更加明显，新建路段和既有路段属于不同的建设时期、技术标准，新旧设备、新旧系统之间的对接十分困难。中

国公路数字化转型过程中，各地智慧公路建设存在着技术路线不同、标准不一、研发费用高、重复建设等严重阻碍全国公路数字网络建设的问题。

2.2 多源数据共享与协同管理不足

高速公路改扩建工程包含建设单位、施工单位、运营管理机构、公安交管、交通执法等诸多部门主体，各个主体对于交通流数据、施工进度数据、安全监测数据、气象环境数据等有不同的采集需求以及使用目的。但是目前各个部门的系统彼此独立，数据孤岛现象十分严重，多源数据的共享和协同管理还远远没有达到理想的状态。改扩建期间，管理机构要面对施工与通行安全、通行效率保障、收费收益平衡等各方面的的问题，这些问题的解决都依靠数据的支持。现实中的监控数据、养护数据、收费数据、气象数据等分散在不同的部门、不同的系统里，并没有形成统一的数据汇集与共享体系。公安交管、交通运管、施工单位等主体之间信息共享滞后、沟通渠道不畅，在应对突发交通事件的时候反应迟缓、联动性差，应急处置效率低。在改扩建工程中，施工区域动态变化时交通管制方案也应随之动态调整，但是由于数据传递滞后、信息不对称等原因造成动态优化无法实现，施工调度和交通管控之间缺少有效的协同联动。

2.3 智能设备运行维护成本较高

智能交通设备大量部署给改扩建工程带来了明显的科技助力效果，但是随之而来的运维成本压力也不能忽视。高速公路机电设备种类繁多、分布较广、工作环境恶劣，设备老化、故障频发是常有的事。传统运维模式下设备管理是被动的维修，缺少数据驱动分析和生命周期视角，造成系统故障率高、停机成本大、资源配置重复、缺乏前瞻性规划。在改扩建工程中，因为边通车边施工的特点，设备要处于非常复杂的电磁环境、振动环境和粉尘环境中工作，故障率也相应提高。智能感知系统在建设及应用过程中还存在传感器物理极限、多源数据融合瓶颈、标准缺失、运维成本高、公众体验差、特殊场景等各方面的难题^[2]。一旦设备出现故障，如果依靠返厂维修，不但单次成本高，配件采购周期也会很长，严重影响运维效率和成本控制。

2.4 系统兼容性与稳定性有待提升

高速公路改扩建工程当中，智能交通系统处在新旧系统共存、多套系统共存的复杂环境中。既有路段已经运行过不同时期建设的信息系统，新建路段使用的是最新的技术架构和设备，两者之间很难达到兼容的效果。高速公路机电设备技术标准、接口协议不同，数据种类繁多且相互独立，造成信息不能互通。就系统而言，各个厂商所使用

的软件平台之间没有统一的通信协议和数据交换标准,造成系统之间信息不能顺畅地传递。就设备而言,新旧设备之间的接口不匹配、协议不兼容的现象很普遍。系统兼容性不好会直接导致整个系统不稳定,数据丢失、通信中断、控制指令无法下发等现象时有发生。在改扩建这种动态变化的环境下,系统稳定的要求更加严格,任何一个系统出现故障都会造成交通混乱或者安全事故。但是目前大多数改扩建项目智能交通系统缺少足够的冗余设计和容错机制,系统能力提升困难,交通韧性提升困难,不能应对改扩建期间复杂多变的运行环境。

3 高速公路新改扩建工程智能交通技术优化策略

3.1 完善智能交通顶层设计与标准体系

解决标准不统一问题的关键就是国家层面推进智能交通顶层设计以及标准体系建设。首先要加快制定全国统一的智慧高速公路建设技术标准,确定感知设备、通信协议、数据格式、接口规范等主要技术要素的技术要求,给各地改扩建工程提供可以遵循的技术依据。通过科学组织、分类推进智慧交通领域标准化试点建设,加快标准研制与实施应用,促进科技成果向标准规范转化。其次,对改扩建工程的特殊需要制定专门的智能交通设施建设指南,明确新旧系统衔接、设备利旧和更新、分阶段部署等技术要求。数字底座是基础设施数字化的主要载体,可以统一建设标准、降低成本、加快进程,促进全国公路数字一体化网络的形成。再次应该建立标准的动态更新机制,及时把成熟的新的技术、新的方案纳入标准体系当中来,防止标准落后于技术的发展。预计到 2027 年,智慧交通标准体系会更加完善,对交通运输转型升级、创新驱动发展起到更加重要的支撑作用。最后要鼓励行业协会、科研机构、企业一起参与标准的制定,形成政府引导、多方参与的标准研制格局。

3.2 构建多部门协同数据共享平台

打破数据壁垒,使各个来源的数据可以互相连接起来进行融合共享,这是提高改扩建工程智能交通管理效率的一种方法。应该创建统一的数据中台,把高速公路收费记录,监控视频,道路养护信息,ETC 用户行为等各种各样的数据资源整合起来。将高速公路监控数据、养护数据、ETC 用户数据等数据资源进行整合,实现与应急、公安、气象、规资等各个部门的数据共享,形成全天候、全覆盖的路网感知体系。在改扩建工程中,数据共享平台要特别重视施工进度数据、交通流量数据、安全监测数据等及时汇集并保持更新,给施工调度和交通控制赋予一致的数据展现方式。建立公安交管、交通运管、施工单位等多方参

与的协同指挥平台,整合各方面的管理资源,实现信息实时共享、指令快速传递,保证施工调度和交通管控无缝对接^[3]。从技术上来说,应该使用云计算、大数据等先进技术来创建一个可以存储大量数据、实时计算以及智能分析的平台。从机制上来说,要创建起数据共享的权责清单和使用规范,明晰各个主体在数据采集、汇聚、使用、管理过程中的权利和义务,在保证数据安全的基础上最大限度地发挥数据的价值。

3.3 提升智能设备运维管理水平

降低智能设备运维成本、提高运维效率要从管理模式和技术手段两个方面共同推进。管理模式上应该改变传统的被动维修模式,创建起以“感知-分析-预判-主动调控”为特点的智能运维体系,从而达成由“坏了再修”向“提前预防”的转变。应当创建设备全生命周期管理台账,就每一台设备的采购安装,运转状况,维修记载,寿命预估等实施全方位的追踪管理。从技术手段上看,要充分发挥物联网、大数据、人工智能等技术的作用,对设备运行状况实施实时监测并开展智能诊断工作,从而达成故障的提前预知以及准确查找。智慧高速的建设不能只是停留在炫技的表面,而应该向价值落地转变,从硬件堆砌转向算法驱动,依靠技术与制度的协同发展来达到高效、安全、可持续发展的目标。对于改扩建工程设备需要多次转移的情况,应该制定出统一的设备拆装和迁移操作规程,以降低迁移过程中出现的设备损坏和性能下降。另外还要加强运维人才队伍建设,建立专业化的运维队伍,依靠自主创新解决机电设备运维问题,减少对外部厂商的依赖,从根本上控制运维成本。

3.4 推进数字孪生与人工智能深度融合

数字孪生和人工智能的深度融合,是提高改扩建工程智能交通系统兼容性、稳定性的重要技术途径。数字孪生技术可以创建出与物理高速公路完全一致的虚拟路网,在数字空间里对物理路网进行全方位的反映,还可以模拟各种交通场景,预测交通拥堵、事故等现象的发生,提前制定调度方案。在改扩建场景中,采用地理信息系统和物联网技术创建施工区域数字孪生模型,对施工进度、人员、设备进行实时映射,可以给施工组织和交通管理提供精确的虚拟仿真环境。全过程数据驱动、数字孪生技术可以重新塑造建、管、养、运、服的全生命周期体系。广东高速公路高精度数字底图创建及应用项目共完成 1.17 万 km 高速公路全域高精度地图数据采集,创建了高精度地图引擎、数字孪生引擎、交通仿真引擎和开放服务平台,给行业提供可以借鉴的经验^[4]。人工智能的应用方面,应该加快研

制专门面向改扩建场景的专用 AI 模型，可以实现对交通流态势的智能研判、对施工安全风险的自动识别和预警、对交通组织方案的动态优化。伴随着人工智能大模型技术的迅速发展，公路交通行业会逐渐具备更加强大的感知、分析、决策和自我学习的能力，从而推动行业由数字化向更高阶的自主智能迈进。利用数字孪生和人工智能的深度融合，在虚拟空间里对改扩建期间各种复杂的场景进行预演和验证，大大提高系统的兼容性和稳定性，降低实际运行过程中出现的风险。

4 结语

高速公路新改扩建工程是提高我国交通基础设施水平、改善通行条件的重要战场，也是智能交通技术发挥重要作用的地方。本文从改扩建工程的独特属性出发，对智能交通技术应用中出现的标准不统一、数据共享不足、运维成本高、兼容性差这四个主要问题进行分析，并提出完善标准体系、建立数据平台、提高运维水平、推进数字孪生和人工智能融合等改进措施。伴随着车路云一体化建设

的持续深入，高速公路改扩建工程智能交通技术应用也由最初的单点技术应用向现在的协同化、智能化转变。利用可信技术实现高速公路实时车流、事故、施工、天气等各种数据的安全汇聚，形成更安全、更高效、更绿色的改扩建工程智能交通系统，给交通强国建设提供强有力的技术支持。

[参考文献]

- [1]傅燕峰,贺攀,何启龙,等.高速改扩建工程造价控制难点及措施[J].价值工程,2017,36(1):54-55.
- [2]袁佩如.新改扩建智慧高速 1000 公里[N].南方日报,2021-11-25(6).
- [3]胡玲燕,郭鸿涛,胡右波.高速公路改扩建工程新旧路基衔接技术[J].运输经理世界,2021(28):38-40.
- [4]杨国峰,马璐,唐胜传.面向交通强国的高速公路改扩建新理念思考[J].公路交通技术,2023,39(6):1-5.

作者简介：王璟（1993—），男，安徽马鞍山人，工程师，长沙理工大学交通土建专业毕业，现就职于江苏现代蜀宁工程建设有限公司，从事高速公路施工与管理。