

高速公路智慧化改造研究

——以G15上海嘉浏段高速公路智慧化改造工程为例

刘析远

[上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司,上海市200125]

摘要:介绍了智慧高速的国内发展现状,重点以G15上海嘉浏段高速公路智慧化改造工程为例,搭建了G15智慧高速整体技术架构,探讨了全息感知网络的物理组成,提出了基于BIM+GIS的全要素、全周期管控平台,介绍了数据传输网络的信息交互路径,总结了智慧高速的六大应用模式。最后,对智慧高速提出了丰富应用场景、提升核心算法,以及提升环保、韧性和低碳3个后续研究方向。

关键词:高速公路;智慧高速;系统架构;全息感知网络;管控平台;数据传输网络

中图分类号:U412.36

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2023)04-0020-04

0 引言

随着物联网、大数据、5G、人工智能技术的快速发展,全球已进入数字化、智慧化发展时代。近年来,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《交通强国建设纲要》《交通运输部关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》等文件都指出,要全面提升交通运输系统的数字化、智慧化水平^[1-3]。目前,全国高速公路里程已突破16万km,高速公路的新建趋势已逐步放缓,既有高速公路的改扩建逐步增多,“建”转“改或养”趋势明显。在这样的背景下,如何利用传感、大数据、云计算等技术实现高速公路的智慧化改造,提高公路的通行能力和运维水平,是智慧高速亟待解决的问题。

本文以G15上海嘉浏段高速公路智慧化改造工程为例,从感知网络、管控平台、传输网络、应用模式等方面展开探讨,以期为我国既有巨量的高速公路智慧化改造提供实践经验。

1 国内智慧高速发展现状

目前,国内的智慧高速建设主要以交通运行感知、伴随式信息服务、自动驾驶辅助、云控平台应用为主^[4]。浙江省的沪杭甬高速、沪杭台高速集交通信

息全要素采集、光伏发电系统、无线充电系统和运行服务智慧中心为一体,可实现重大事故的应急指挥、人车路的协同和信息交互等^[5]。湖南省在长益北线高速测试段布设视觉感知系统、边缘计算单元、V2X通讯设备等路侧系统,实现L3级及以上的自动驾驶,可满足车路协同自动驾驶车辆测试、网联辅助驾驶和公路运营监管需求^[6]。深圳在外环高速建立了全国首条以多功能智能杆为载体的5G网络全覆盖高速,通过高速大数据中心和交通综合监管系统,实现路网运行状态、交通事件、交通环境的动态监测和预测。山东省在济青中线、京台高速通过毫米波雷达、高清摄像机、北斗高精定位,实施精准感知交通状态、车辆轨迹、交通事件等信息,实现多级动态交通管控和行车诱导,建立数字孪生云控平台,实现运维期的可视化、精准化管控,并进行了车路协同测试^[7]。云南省通过“13818”工程,打造云南省高速公路智慧管理和智慧服务体系,实现交通运行监测管理、交通组织与控制管理、交通综合信息服务、安全与紧急救援管理、联网收费与稽查管理、运维管理等^[8]。此外,四川、广西、河北等多个省市均在积极开展智慧高速的试点建设^[9-10]。虽然国内在道路智慧化方面已有诸多探索、应用和建设,但目前的智慧高速建设主要以交通运行态势的采集与管控、自动驾驶与车路协同的试点应用为主,而对路桥基础设施的智能化感知与运维管控相对较少,且未形成统一、全面的智慧高速建设模式与架构,导致各省市智慧高速的建设相对零散,未成体系。

收稿日期:2022-07-11

基金项目:交通运输部2020年交通运输行业重点科技项目(2020-ZD3-025)

作者简介:刘析远(1991—),男,硕士,工程师,从事道路工程研究及设计工作。

在这样的背景下,以G15上海嘉浏段高速公路改扩建工程为契机,探讨既有高速公路的智慧化改造方案,旨在打造集感知、运营、养护、控制、服务为一体的道路智慧管控体系,提升道路通行效率和通行安全,实现道路建设运维全过程、全资产的精细化管控。

2 工程概况

G15高速公路贯穿上海西部南北,是上海“一环一纵一横十三射”骨架高速路网中的“一纵”,在上海高速路网中起着举足轻重的作用。目前,G15上海段交通量持续快速增长,每年都保持了10%以上的增速,目前日均交通量达14万pcu/d,其中货车占比近30%,单车道车流量居上海市高速公路前列,公路服务水平急剧下降。因此,G15上海段的改扩建十分迫切且必要。

G15上海嘉浏段是G15上海境内最北边的一段,与江苏省沪武高速衔接,全长约12.6 km,设计速度100 km/h。G15上海嘉浏段于2020年正式开始拓宽改建,由双向6车道拓宽为双向8车道。

在道路改扩建的同时,上海市响应国家“数字化”转型、“交通强国”建设以及“城市更新”的战略目标,以传统土建工程结合“新基建”的方式,将“G15嘉浏段拓宽改建工程”作为上海市首条智慧高速示范工程进行建设。

3 G15智慧高速系统架构

G15上海嘉浏段的智慧化改造将结合道路改扩建工程同步实施。G15智慧高速总体技术架构如图1所示。本文将从感知网络、管控平台、数据传输网络、应用模式4个方面,对G15智慧高速的系统架构展开探讨。



图1 G15智慧高速技术架构

3.1 全息感知网络

全息感知网络是智慧高速的底层基础,主要由各类智能感知元件构成,包括加装于道路巡检车上的智能检测设备、布设于路桥设施中的埋入式感知元件、架设于道路两侧的路侧感知设备。从感知类别上,可将感知网络划分为路桥基础设施状态感知、路桥基础设施性能感知、交通流态势感知和路域环境感知。G15的智慧高速全息感知网络见表1。

在路桥基础设施状态感知方面:结合G15上海嘉浏段高速公路改扩建工程结构健康监测需求,利用沉降计、InSAR技术,感知道路新老路基差异沉降情况;利用位移计、应变计,感知拓宽路面搭接处的

表1 智慧高速全息感知网络表

感知类别	感知设备与技术	具体内涵
路桥基础设施状态感知	应变计、静力水准仪、沉降计、位移计、分布式光纤、振动传感器、InSAR	应变、沉降、位移、振动
路桥基础设施性能感知	激光雷达、探地雷达、摄像头、红外成像、FWD	平整度、摩擦因数、车辙、损坏状况、结构层模量
交通流态势感知	摄像头、毫米波雷达、激光雷达、车辆称重设备	流量、车型、车速、轴重、轨迹
路域环境感知	水膜传感器、温度计、湿度计、风速风向传感器、雨雪传感器	气温、雨、风、雾、雪

位移与应变情况;利用分布式光纤,感知路面结构的振动特征,分析路面损伤情况;利用静力水准仪、位

移计,感知新老桥梁结构、搭接板过渡段、挡土墙、新老地道结构拼缝等的相对位移情况;利用应变计、振动传感器,感知桥梁的疲劳损伤情况,可为路桥基础设施的管养和预警提供数据支撑。

在路桥基础设施性能感知方面:利用各类车载检测设备,定期检测道路的平整度、摩擦系数、车辙与路面开裂状况、路面脱空、结构层模量等,为路面结构性状评判与预测提供基础数据。

在交通流态势感知方面:利用架设于道路两侧的各类感知设备,通过波频与视频采集技术,实现流量、车型、车速、轴重、占有率、轨迹等交通动态行为和空间交通参数的感知,为交通流态势评价与预测提供基础数据。

在路域环境感知方面:利用环境感知设备,实时获取外部环境参数,为交通气象分析和极端天气预警提供支撑。

3.2 全要素全周期管控平台

G15智慧高速的全要素全周期管控平台主要由数字孪生底座、基础数据库、计算分析中心、应用平台等组成。

数字孪生底座是刻画基础设施信息模型、呈现设施发展和运行状态、推演未来趋势的综合信息载体,主要通过BIM和GIS技术,将路、桥、隧等不同基础设施进行实时数字化映射,建立数字层面的状态还原。

基础数据库是全息多源信息的综合管理中心,对海量数据进行集中接入、汇总、分类、存储、检索与管理,并通过数据标识与数字孪生底座进行交互,实现数字孪生底座模型信息的动态更新。其数据来源主要有:设计资料、施工质量与竣工数据、历史养护数据、全息感知网络获取的数据等。

计算分析中心主要利用云计算设施,通过核心算法对数据信息进行解析、仿真与推演。其关键在于算法库的构建,为应用平台的运维管控、预测、预警、决策等功能提供支持。

应用平台采用数据驱动的处理模式,基于计算分析中心处理结果,通过数据交互形成设施风险管理与预警、指挥调度与应急保障、全寿命评价与养护辅助决策等不同应用模式。

3.3 数据传输网络

数据传输网络是连通整个系统架构的纽带,主要包括系统内部的数据传输和系统外部的数据传输,需要满足数据传输的准确性和即时性要求。数据

传输网络主要以无线传输和光纤有线传输为主,系统内部的数据交互主要包括:全息感知网络、基础数据库、计算分析中心、数字孪生底座和应用平台5个物理层级的数据互联与互通。系统外部的数据交互主要是根据不同用户需求,对道路拥有者、管养者、使用者等进行信息推送、信息发布、状态预警、事件决策等交互。

3.4 应用模式

通过全息信息感知与核心算法解析,G15智慧高速具备六大主要应用模式,分述如下:

(1)设施风险预警与管控技术

根据桥梁、地道、挡土墙、路基路面等相关基础设施的实时性状感知信息,重点对沿线道路的结构状况、路面病害和路基沉降进行追踪预警,对三四类桥梁关键病害和承载安全进行风险评估,建立设施失效风险与感知信息之间的关联,并设定风险等级和风险指标阈值。当感知监测结果超过阈值时,系统自动警报,从而实现对设施设备风险的及时发现与快速响应。

(2)事件识别及快速应急保障机制

一方面,建立高速公路突发事件智能识别系统,利用接入平台的视频监控数据,以计算机图形分析技术来辅助人工识别,通过对摄像头、雷达等硬件设备的布设优化和事件识别计算软件的开发应用,提高事件识别效率与精度。另一方面,制定、汇总不同级别事件的应急策略,形成应急策略数据库,建立标准、快速的应急决策和应急流程体系,同时优化应急救援资源的配备和布设,从而减少对运营人员主观经验的依赖,提高应急救援效率和救援工作的稳定性。

(3)交通车道级监测与智能管控技术

利用交通流感知设备和图像识别算法,实时采集车道的交通流参数和交通突发事件,包括分车型交通流量、行驶速度、排队长度、交通事故等。根据车道级即时交通流量、突发交通事件、计划性养护作业等数据,通过相应的交通流研判与预测技术,以车道级智能管控方式,诱导车辆提前变道,降低单车道内的车速差,避免二次事故发生,同时确保高速公路总体通行效率处于较稳定的水平,降低“休克式”拥堵的发生概率。

(4)交通信息服务与伴随式信息发布机制

伴随式信息服务通过公路沿线可变信息标志、公路情报广播发布系统、导航软件或交通信息服务

平台、移动终端、普通车辆车载终端等多种方式实现。面向道路使用者发布的信息主要包括:交通流、交通拥堵、交保措施等交通运行状态信息;道路运维施工、通行限制或封闭等道路施工养护信息;公路气象、预报信息、道路损坏与预警等道路环境信息。结合路网交通协同控制与诱导技术,辅助用户进行交通路线和驾驶方式的选择,提升交通信息发布的覆盖面和及时性,提高通行效率,确保交通安全。

(5) 养护辅助决策与时空排程

综合预防性养护、预测性养护、矫正型养护等养护策略,形成路桥设施养护策略库。基于路桥设施的性状感知与定期检测数据,研判设施所处的健康状态,预估设施性能演变趋势和剩余寿命,结合设施重要度与养护费用,对养护优先级、养护策略等进行整体规划,确定相应的养护时机与养护方案;基于效果评价模型和排程分析模型,形成相应的时空养护计划,为设施管理者提供养护辅助决策支持,确保设施性能始终保持在良好以上,减少大修对道路通行带来的影响,提升整体通行效率。

(6) 全寿命评价与经济效益分析

考虑路桥设计期、施工期与运营期的全寿命各阶段,以路桥基础信息、验收数据、关键事件、性能感知与预警信息、检测数据、养护维修数据、环境数据等作为评价数据支撑,对过去的设施初始状态进行成因追溯,对现在的设施状态进行综合研判,对未来的设施风险与趋势进行预估,建立多层次、多维度的路桥基础设施全寿命评价体系,并基于效益评价模型和成本分析模型,对设施的运营效益和经济效益

进行分析。

4 结 语

智慧高速的发展与实现需要统一的、全面的、适应技术发展和需求的系统架构。在新兴技术的推动下,智慧高速必将推进交通基础设施的升级和技术变革,发展前景广阔。后续将从3个方面开展研究:一是不断丰富智慧高速的应用场景,引入更先进、更智能的技术手段;二是智慧高速的核心在于算法,需要进一步提升算法的计算效率、有效性、准确性与智能性;三是提升智慧高速的环保、低碳与韧性,促进智慧高速的可持续发展。

参考文献:

- [1] 焦蕴平.向交通强国奋进[J].中国公路,2019(19):16-19.
- [2] 袁晔.交通运输部推进智慧交通发展[J].城市公共交通,2017(4):5.
- [3] 交通运输部办公厅.交通运输部加快推进新一代国家交通控制网和智慧公路试点[J].中国建设信息化,2018(5):3.
- [4] 殷浩.江苏省普通国省干线智慧公路建设体系[J].中国交通信息化,2021(7):91-93.
- [5] 谢综文.中国首条超级高速公路2022年通车[J].广东交通,2018(2):48.
- [6] 李大成.车路协同在智慧高速领域的应用探索[J].互联网经济,2020(11):64-70.
- [7] 徐志刚,李金龙,赵祥模,等.智能公路发展现状与关键技术[J].中国公路学报,2019,32(8):1-24.
- [8] 孙秀珍.云南交投智慧高速平台的构建与应用[J].中国交通信息化,2019(9):37-40.
- [9] 王小军,王少飞,涂耘.智慧高速公路总体设计[J].公路,2016,61(4):137-142.
- [10] 董莹,董鹏,唐猛.我国智慧交通的现状和发展对策研究[J].公路交通科技:应用技术版,2019,15(8):264-266.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smcdi.com