

# 智慧道路交通城市级云平台构建

袁胜强, 黄俊炫

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

**摘要:** 分析了国内智慧道路建设存在的问题及建设需求, 认为构建智慧道路交通城市级云平台是建设智慧道路的关键。在此基础上, 提出了智慧道路交通城市级云平台的总体方案架构、软件功能模块和运营管理模式。通过运用数字孪生、CIM(城市信息模型)、大数据、云计算、物联网、人工智能等先进数字技术, 建设城市级数据中心, 实施软硬件一体化集成, 开发部署城市级云控平台, 对城市路网及沿线设施进行全要素数字孪生, 实现设施管养、交通管控、应急决策业务应用的数字化赋能, 最终构建面向未来的智慧道路交通体系。

**关键词:** 智慧道路交通; 城市级; 云平台; 设施管养; 交通管控; 应急决策; 建设运营

中图分类号: U491

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)03-0001-04

## 0 引言

根据“十四五”数字经济发展规划, 中国将以数字技术与实体经济深度融合为主线, 加强数字基础设施建设, 完善数字经济治理体系, 协同推进数字产业化和产业数字化, 赋能传统产业转型升级, 培育新产业、新业态、新模式, 不断做强、做优、做大数字经济, 为构建数字中国提供有力支撑, 推动高质量发展。

随着中国主要城市进入跨越式发展阶段, 综合道路交通体系内涵不断丰富, 需求特征发生巨大变化, 城市道路交通网络的构建和运行发展面临一系列共性问题与挑战<sup>[1-2]</sup>。其中, 业务需求与信息化系统支撑之间的脱节越来越多, 大量静态和动态数据未能得到有效应用, 导致道路设施智慧管养手段相对落后, 智慧交通运行提升遇到瓶颈, 应急决策协同能力不足。因此, 传统城市道路交通治理模式已难以适应当前发展要求<sup>[3]</sup>, 亟需构建面向未来的智慧道路交通体系。

当前中国正处于交通强国建设全面开启的起步期, 是道路基础设施网络完善、管理转型升级的关键期, 是交通由“基本适应”向“提质增效”转变的转换期, 其中基于数字技术的智慧道路交通是重要

的应用场景和发展方向。交通运输部先后批准了3批共30个省市的交通强国建设试点, 以及9个省市的新一代国家交通控制网和智慧道路试点, 各地方政府也都在大力推进道路智慧化建设试点及示范工作。但是, 由于与智慧道路交通相关的云平台软硬件集成系统构建存在不足, 我国智慧道路交通建设普遍存在如下几个问题: 一是前端采集的数据可见, 但不可互通, 存在数据孤岛问题; 二是缺少顶层策划, 注重外场设施硬件系统建设, 忽略内场云平台软件系统建设, 导致数据处理能力不匹配; 三是缺少云平台信息输入、处理、输出的统一标准, 各个软件系统的对接存在障碍; 四是建设运营管理模式不清晰, 权限责任不匹配。

面向未来的智慧道路交通体系需要构建多层次的云平台软硬件集成系统, 根据管理层级和规模需要, 可分为国家级、省级、城市级、路网级、路段级平台, 各级平台间应实现互联互通、数据交换和业务协同。其中, 城市级云平台是智慧道路交通体系协同工作、承上启下的关键, 也是目前全国各地加快推进各类公路和城市道路智慧化工程建设重点。

## 1 城市级云平台需求

国内道路信息化发展始于20世纪90年代初, 传统道路主要包含收费、监控、通信三大机电系统。2019年, 按照交通运输部统一部署, 全国已实现ETC联网收费, 并开展取消省界收费站工作, 数字化发展总体处在初级阶段。这个阶段, 三大机电系统各自独立, 都有配套的后台软件系统, 难以互通。

近年来, 结合国家建设交通强国这一战略要求,

收稿日期: 2022-11-08

基金项目: 上海市科研计划项目(21DZ1203702); 上海市城市数字化转型专项资金项目(202201032)

作者简介: 袁胜强(1971—), 男, 工学硕士、管理学博士, 教授级高级工程师、上海领军人才, 从事道路交通设计与研究、BIM研发及应用工作。

各省市开展了智慧道路的探索应用, 总体形成五大发展方向, 即智慧设施、智能运维、智慧管控、车路协同、互联网+服务。虽然智慧道路的概念和内涵尚未有统一的定义, 但从各省出台的建设指南来看, 行业对智慧道路的需求保持一致, 即期望增安全、提效率, 满足快捷、安全的出行需求。国内智慧道路多试点于新建高速公路, 且处于探索阶段, 较侧重于诸如车路协同、无人驾驶等新技术的探索应用。虽然部分试点搭建了一些路段级云控平台, 但各路段之间的关联仍比较松散, 尚未形成完善的区域或城市级的云平台。

综合国内各类公路与城市道路在数字化方面的探索, 智慧道路建设总体上正在按照“信息化、智能化、智慧化”这几个阶段逐步发展和推进, 其中信息化是基础, 智能化是支撑, 智慧化是目标。智慧道路建设是一项具有探索性的系统工程, 在建设过程中需要同步对内场外场、软件硬件进行数字化提升和一体化融合, 其中城市级云平台是城市路网的智慧中枢系统核心。

智慧道路交通城市级云平台的需求可以归纳如下:

(1) 具备弹性和可扩展性, 可单独使用, 也可融入省级或国家级的高速云体系中。

(2) 云平台应提供结构化、非结构化数据存储功能。

(3) 云平台应为信息化系统提供基础环境支撑。

(4) 云平台应具备强大的 AI(人工智能) 计算能力, 能够为图像视频解析, 为 AI 算法提供算力支撑。

(5) 云平台应能够为交通指挥中心、部委信息中心、路政主管部门等提供对接数据。

(6) 云平台应提供基础功能, 包括数据存储、业务流转、分析研判、数据共享等。

(7) 传统的单一云中心模式已经无法满足快速响应、快速处置的智慧化应用, 在智慧道路建设过程中, 应通过布设边缘智能站或车路协同路侧单元进行分布式计算, 用于提升实时事件动态监管、车道控制等业务的响应速度。

(8) 云平台服务可用性指标: 服务可用率大于 99%。

(9) 云平台服务可靠性指标: 年服务中断次数不大于 3 次, 可保障业务及连续性业务比例大于 90%。

(10) 服务请求响应时间指标: 不超过 100 ms。

## 2 城市级云平台方案

智慧道路交通城市级云平台, 指运用数字孪生、CIM(城市信息模型)、大数据、云计算、物联网、人工

智能等先进数字技术, 建设城市级数据中心, 实施软硬件一体化集成, 开发部署城市级云控平台, 对城市路网及沿线设施进行全要素数字孪生, 实现道路交通业务应用的数字化赋能。该平台通过道路设施健康状态和实时交通态势感知, 既可用于模拟仿真指导智慧道路基础设施建设和运营, 还可用于设施建设评估及交通动态运行管理, 实现快速应急响应和辅助决策管理, 支撑“韧性城市”建设。

### 2.1 系统架构

如图 1 所示, 智慧道路交通城市级云平台采用大数据平台构架<sup>[4]</sup>, 包括终端服务层、边缘服务层、基础设施层、数据服务层、业务应用层和多端展示层, 6 层之间高度协同。

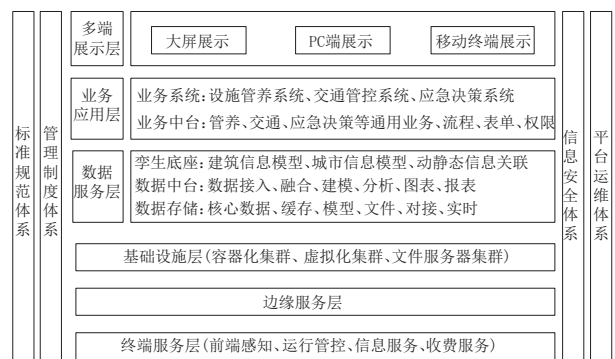


图 1 智慧道路交通城市级云平台架构

终端服务层用于支持各种感知类设施、运行管控设施、信息服务设施的数据接收和系统集成等。

边缘服务层用于支持视频、毫米波雷达、激光雷达等感知设施的数据汇聚和分析处理, 并可实现对可变信息标志设施、路侧设施等设备的实时控制。

基础设施层为分布式设置, 由多台服务器协同工作, 并可适应需求变化而动态扩展。系统由独立的服务器通过网络松散耦合组成, 服务器之间通过内部网络连接。分布式集群里的服务器通过内部网络松散耦合, 各节点之间的通讯有一定的网络开销, 因此分布式系统在设计上应尽可能减少节点间通讯。

数据服务层不仅包括传统测绘数据、新型测绘数据等常规 GIS(地理信息模型) 数据类型, 也包括基于倾斜摄影、BIM(建筑信息模型)、激光点云的三维模型数据, 基于移动互联网的地理位置数据, 基于物联网的实时感知数据等, 还包括非结构化的视频、图片、文档等。

业务应用层提供基于不同城市级或行业级业务场景和需求的面向服务能力的各类应用服务, 包含共享的认证与授权服务, 由各类数据和基础服务而衍生的数据服务、可视化服务、数据分析服务和决策

辅助服务等。此外还包含二次开发接口,以及基于底层的各类服务,数据搭建的设施管养、交通管控、应急决策等业务应用系统。

多端展示层支持用户在不同设备终端使用业务应用系统,包括大屏、PC端、移动端等。

此外,平台的设计和使用还依赖标准规范体系、管理制度体系、运维体系和安全体系等相关体系保障。

## 2.2 数字孪生底座

数字孪生底座<sup>[5]</sup>是城市级云平台的核心部分,为上层业务应用提供基于智慧城市技术的数字化底座,让数据在这里进行汇聚处理和二三维一体化展现,还可将数据通过AI算法进行输出,为管理者和用户提供更加可视、直观的管理平台界面,降低系统使用难度,同时提高使用效率。

数字孪生底座从3个层面为云平台提供基础支撑:

(1)第一个层面是支持CIM城市信息模型<sup>[6]</sup>,通过采集、聚合、处理大量设施管理和交通运行的数据集,包括大尺度的GIS、精细化的构件级BIM、实时动态的交通数据,以及这些数据之间的关联关系和动态变化,最终驱动不同部门、不同专业的业务应用和智慧化升级。

(2)第二个层面是一个总体门户,是BIM应用协作、数据共享、流程管控、BIM数据移交、BIM模型展示、GIS数据展示与融合、各项信息展示及管理的大型综合平台。

(3)第三个层面是实现设施设备建设、管理全过程数据汇聚与分析,为现场运维管理的监管、监督、指导和决策提供可视化的管理方式。

## 2.3 业务应用系统

针对当前道路交通运营及设施管养过程中存在的数据采集、业务管理、辅助决策等数字化瓶颈问题,智慧高速公路业务系统功能主要用于以下3个层面:

(1)业务层面:整合道路设施健康状态和交通运行状况数据,充分采用新一代信息技术,对接和提升现有的业务应用系统。

(2)管理层面:融合道路设施管养、交通运行管理的多源异构数据,协同跨部门、跨区域的专业化和属地化管理。

(3)决策层面:大幅提升智能决策和快速响应能力,进一步提高道路交通系统的“韧性”。

## 2.4 软硬件集成

(1)统一入口。通过数字孪生底座提供一个统一

的门户入口,为各类业务应用及外部系统集成提供便利,实现统一登录、业务应用管理、模块配置、统一权限管理、报表与日志管理等功能,同时可以通过数字孪生底座做好与上级管理部门相关系统的对接工作。

(2)数据访问。对于运维过程中的各类设施设备、监测设备,可以随时进行接入管理;可以为设备指定设备责任人,当设备状态发生改变,如离线、上线、删除等,设备责任人可以收到报警提醒;统一设备数据标准访问接口,提供外部应用访问,主要解决设备类实时数据、设备报警数据的传输访问;提供数据接入管理,为数字孪生底座提供外部系统的数据接入;提供外部访问接口,为外部应用提供标准化访问方法。

(3)系统集成。对于本工程结构本身的健康监测以及交安、机电相关系统,可以进行集成与统一管理,打通各系统之间的数据壁垒,形成集各类数据为一体的综合性管控平台,为业务应用提供统一的门户、统一的入口、统一的权限分配以及统一的数据源;在平台中,结合数字孪生模型的创建,通过编码映射和轻量化发布技术,实现包括隧道监控、消防、照明、火灾报警等,以及环境监测、消防水池监测、称重、结构物监测等在内的系统集成。

(4)数据中台。通过有形的数据处理产品和实施方法论支撑,构建一套持续不断地把数据变成运营并服务于业务的机制,实现数据可见、可用、可运营。数据中台底层依托大数据平台的海量数据存储和算力,支持机器学习、图计算和各类AI算法服务应用(包括事件快速发现算法、路网态势分析算法),具备数据汇聚整合、数据提纯加工、数据服务可视化、数据价值变现4个核心能力,能够让数据更方便地应用。数据中台的作用是将感知层各类感知数据进行汇聚整合、提纯加工、快速可视、统一管理、价值挖掘,并提供各类算法所需的数据和算力支撑。

(5)硬件部署。云平台相关服务器、工作站、交换机等硬件集成部署在监控中心机房,端设备、边设备、除中心交换机外的通信设备部署在外场路侧。云平台硬件由虚拟化宿主服务器、SAN交换机、云存储等构成。

## 3 平台软件模块功能

智慧道路交通城市级云平台通过融合多源异构数据,构建形成道路设施、动态交通、时空地理等数字孪生信息,提供系统性、实时性、交互性的各类道

路交通业务应用服务,可有效解决感知难、出行难、治理难、维护难的行业痛点,进一步提升交通“建、管、运、服”能力,助力建成便捷顺畅、经济高效、绿色集约、智能先进、安全可靠的现代化高质量国家综合立体交通网。该平台支持的典型功能包括以下几个方面:

#### (1)智慧基础设施管养

以支持城市信息模型数字孪生底座为基础,搭建设施数字孪生模型,并与设施元素进行关联绑定,对道路、桥梁、交通、机电、管线等主体结构及附属设施进行全要素信息化资产管理,可在空中、地面、路桥隧结构内部进行多方位、多层级的虚拟漫游和可视化展示。

在业务层面接入前端感知设施信息,实时进行路面病害监测、桥梁健康监测、机电运行状态监测,并对监测数据进行分类分析、汇总和管理;还可对接现有道路管养业务系统,进行多源数据融合和分析处理,为管理层面提供专业高效的智慧设施管理和养护功能<sup>[7]</sup>,辅助进行养护计划、病害治理、养护评估等工作管理。

#### (2)智慧道路交通管控

以城市道路交通路网设施数字孪生模型为基础,叠加各类静态和动态的交通运行信息,形成交通数字孪生模型。在业务层面,可对接现有交通管理业务系统,支持多源数据融合和分析处理,为管理层面提供专业高效的智慧交通管理控制和发布服务功能。

通过获取交通出行时空分布、交通基础设施资源等精准信息,为交通规划、交通控制与管理,以及相关政策的制定提供依据;获得实时交通流量、交通事件等信息,通过智能化信息发布、公共交通资源的动态调整、面向大众出行的精准诱导,实现交通管控的智能化<sup>[8]</sup>。

可作为智慧城市大数据平台的一个核心组成部分,深度融入智慧城市交通管理板块。支持采用单元网格管理法和城市部件管理法相结合的方式,提供精确、高效、全时段、全方位的道路交通综合信息服务接口,对接智慧城市管理流程,实现城市智能化管理。

未来,随着自动驾驶技术的完善、相关法律体系的完备,智慧道路交通还可以拓展实现支持车路协同的自动驾驶。

#### (3)智慧应急决策管理<sup>[9]</sup>

在融合设施管养系统和交通管控系统的城市级道路交通全要素数据基础上,为决策层或管理层用户

提供一站式的快速应急响应和辅助管控决策功能。

利用交通数字孪生模型,准确获取设施健康状态、道路交通资源,以及周边建筑物空间关系,为应急救援、重大活动安全保障等提供数据支持,科学进行风险评估,制定可靠防控预案;还可制定高可信度的出行规划、旅游观光路线等决策方案,带动区域高端服务业的发展;还可以模拟突发事件,进行应急预案演练。

面向交通管理中涉及的一些重大公共政策,如机动车数量控制、单双号牌照车辆通行等,这些政策以往缺乏有效分析手段,利用城市级云平台对大数据进行专业分析,可动态推演政策实施效果,为优化公共政策提供有效的决策支持。

## 4 平台建设运营模式

按照“统一规划、分步实施、集中管控、共建共享、资源协同”的原则,通过构建跨辖区、跨部门的智慧道路交通城市级云平台,整合道路公共资源信息,实现道路公共管理科学化、公共服务智能化和信息服务市场化<sup>[10]</sup>。

(1)顶层方案策划:统一策划智慧道路交通城市级云平台建设方案,明确运营管理模式。

(2)标准体系制定:针对道路交通领域,编制与城市级云平台相关的一系列标准,包括基础语义、数据存储、平台建设、平台运维等。

(3)中心环境建设:建设城市级大数据中心软硬件集成环境,包括大数据存储、高性能计算、集群运维、软硬件虚拟化、实时监控等。

(4)内外场设施建设:配合新建、改建、扩建道路交通工程,对城市路网基础设施,包括道路、桥梁、隧道、附属设施、周边环境建筑物等进行数字化,搭建云平台数字孪生底座,开发基础设施管养应用服务,提供智能化的道路交通设施健康状态和运维信息。

(5)交通信息融合:按照城市级数字孪生模型统一标准,将道路交通运营信息导入云平台进行动静态、大数据融合,提供智慧化的交通管控服务和伴随式出行服务。

(6)高层决策服务:开发应急决策应用服务,为主管部门提供道路交通相关应急预案管理模拟,辅助进行道路养护和交通优化决策。

(7)开放服务接口:面向交通管理部门及养护单位开放数据对接接口,面向社会公众和企业开放交通信息及出行服务接口,进行市场化推广应用。

(下转第19页)

