

面向双智城市基础设施建设的标准化设计探讨

曹祎楠

(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082)

摘要:随着智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展的加速推进,智慧交通、城市治理、5G 通信、无人驾驶等领域的迅猛发展,使交通路口处出现杆体林立错综复杂、箱体分散杂乱无章的现象。通过创新首个多杆合一、多感合一、多箱合一的“双智标准路口”设计方法,实现智慧城市基础设施和智能网联设备的系统化布局。该设计理念已在北京市高级别无人驾驶示范区落地实施完成,于 60 km² 内城市道路实现车路云一体化功能覆盖。

关键词:双智标准路口;基础设施;多杆合一;无人驾驶;EHUT-5G 专网

中图分类号:TU998;U491.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)22-0239-07

基础设施是指为社会生产和居民生活提供公共服务的物质工程设施,是用于保证国家或地区社会经济活动正常进行的公共服务系统^[1]。2021 年 5 月 6 日,住房和城乡建设部、工业和信息化部发布通知,确定北京、上海、广州、武汉、长沙、无锡等 6 个城市为智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展第一批试点城市。

当前,汽车产业逐渐向电动化、智能化、网联化、绿色化转型,是国家新型城镇化进程中不可忽视的重要组成部分,城市正推进基于数字化、网络化、智能化的基础设施建设,以更好地服务于人民出行和城市治理。两者在智能化大趋势下形成协同交点,智慧城市为智能网联汽车发展提供智能基础设施和应用场景,智能网联汽车也可作为智慧城市建设的牵引力和数字化终端^[2]。妥善处理智能网联汽车与智慧城市的关系,有利于探索汽车产业转型、城市转型、社会转型新路径。

1 存在问题及整体思路

1.1 现阶段存在问题

现如今城市治理、智慧交通、5G、无人驾驶等领域的迅速发展,使路口处出现杆体林立错综复杂、箱体布置分散且杂乱无章的现象,设施产权单位众多,箱体、杆体缺乏统一管理,重复立杆、设箱、设井、反复开挖破路等^[3],影响城市公共景观的同时,造成资源严重浪费,且现况单一箱体、杆体等也无法满足新基建相关设施的功能需求(图 1)。

欲推动双智城市建设,需对区域乃至城市进行路口改造,对路口范围内的基础设施进行标准化设计,使智慧城市基础设施和智能网联设备在标准路口的系统化布局将成为双智城市建设发展的重要基石。

1.2 整体设计思路

以满足实际业务需求和场景需求为目标,从多杆合一、多感合一和多箱合一方面进行标准化设计探究,为实现智慧城市基础设施和智能网联设备在标准路口的系统化布局,路口改造的整体设计思路及原则如图 2 所示。

多杆合一集约化建设:按照“多杆合一、一杆多



图 1 杆体林立错综复杂、箱体布置杂乱无章

收稿日期:2023-08-23

作者简介:曹祎楠(1993—),男,河北唐山人,北京市市政工程设计研究总院有限公司,工程师,硕士,研究方向为市政电气设计、新基建、BIM。

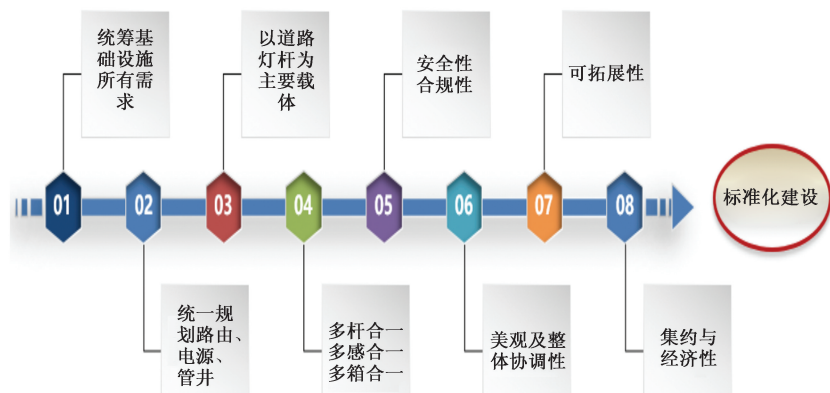


图2 总体建设思路及原则

用”原则,综合考虑安全性、合规性和整体美观协调,实现多功能综合杆的功能服务标准化^[4]。

多感合一智能化升级:按照“多感合一、设备复用”原则,统筹智慧交通、自动驾驶和城市治理设备需求,要求和可复用性,参数兼容,进行全面升级。

多箱合一小型化设计:按照“小型设备入仓,大型设备入箱”原则,统筹考虑各产权单位路侧设备的挂载及安装需求,使综合杆仓室、综合箱室设计得更加合理,实现路口智慧综合箱的功能服务标准化。

通信网络多手段保障:采用多种先进组网方式,进行有线通信、无线通信环境部署,确保网络传输低延时、高效率。

专项供电标准化接入:充分考虑标准路口设备用电需求,同时预留未来城市发展空间,保障设备7 d×24 h供电。

2 多杆合一设计

针对路灯、交通标志、交通指示牌、信号灯、电子警察、行人闯红灯、监控摄像机、5G等杆体,秉持能合则合的原则进行多杆合一,结合实际工程案例,可将综合杆大致分为A~F共6类杆体,如表1所示。

A~F类综合杆杆体示意图如图3所示。

2.1 标准十字路口多杆合一方案

每个十字路口布置综合杆20根,具体点位布设方案如表2和图4所示。

2.2 标准丁字路口多杆合一方案

每个丁字路口布置综合杆15根,具体点位布设方案如表3和图5所示,路口杆综合杆实例如图6所示。

3 多感合一设计

从智慧交通、自动驾驶和城市治理等设备实际

表1 综合杆类型与集成内容

杆体类型	主要集成与搭载内容
A类杆	主要搭载机动车信号灯,小型标志牌
B类杆	主要搭载电警及反向卡口、视频监控
C类杆	主要搭载大中型指路标志牌、分车道指示牌
D类杆	主要搭载路段小型道路指示牌
E类杆	主要搭载人行信号灯及路口视频监控
F类杆	主要搭载监控、小型指示牌

杆体和挑臂预留接口,其他设施可根据需要搭载

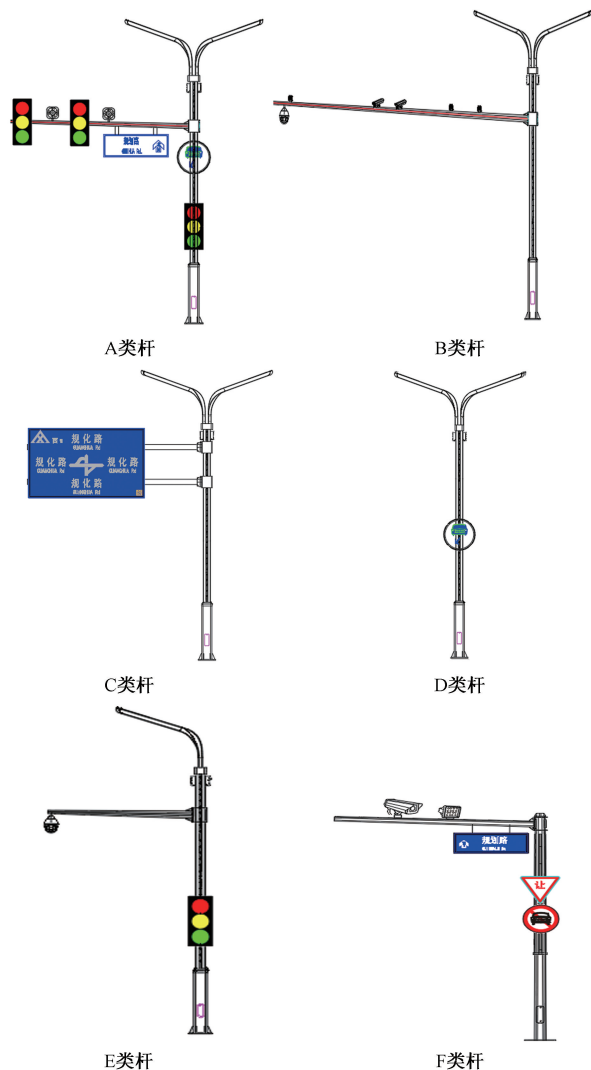


图3 A~F综合杆杆体示意图

表 2 十字路口多功能综合杆杆体标准化设计

类型	数量/根	挂载设备	布设位置
A 类综合杆	4	机动车信号灯、交通标志牌	主要布设于路口圆弧切线位置
B 类综合杆	4	卡口摄像机、定向摄像机、全景鱼眼摄像机、毫米波雷达、激光雷达	主要布设于路口停车截止线后 25 m 位置处
D 类综合杆	8	小型标志牌, 远期挂载功能预留	主要根据照明需求点位布设
E/F 类综合杆	4	人行信号灯、高点监控	主要布设于路口圆弧内

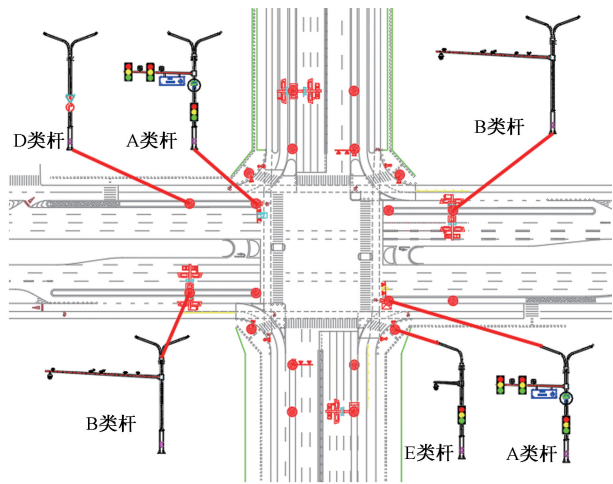


图 4 十字路口多功能综合杆布置点位

表 3 丁字路口多功能综合杆体标准化设计

类型	数量/根	挂载设备	布设位置
A 类综合杆	3	机动车信号灯、交通标志牌	主要布设于路口圆弧切线位置
B 类综合杆	3	卡口摄像机、定向摄像机、全景鱼眼摄像机、毫米波雷达、激光雷达	主要布设于路口停车截止线后 25 m 位置处
D 类综合杆	7	小型标志牌, 远期挂载功能预留	主要根据照明需求点位布设
E/F 类综合杆	2	人行信号灯、高点监控	主要布设于路口圆弧内

业务需求出发,整理所有设备参数及功能,并分析设备的兼容性、可复用性,达到支持新增需求,兼顾原有功能的目的,从而实现多种感知设备功能整合统一。

1)智慧交通的前端监控设备在路口主要以卡口摄像机、球形摄像机和配套设施为主。

2)自动驾驶的前端监控设备在路口主要以智能低延时枪机摄像机、全景鱼眼摄像机、激光雷达、毫米波雷达、路侧边缘计算及配套设施为主。

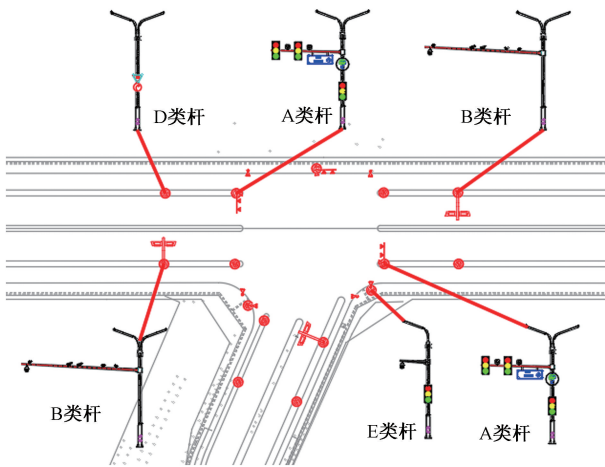


图 5 丁字路口多功能综合杆布置点位

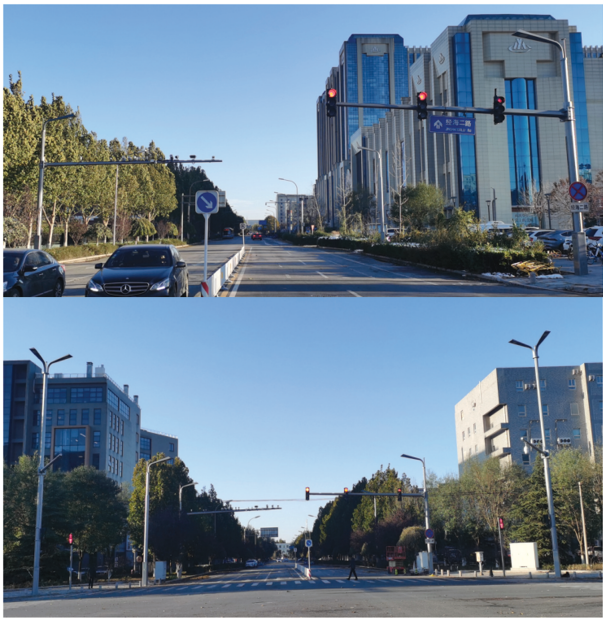


图 6 路口综合杆实例

3)城市治理(以雪亮工程为例)的前端监控设备在路口主要以微型卡口摄像机、球形摄像机和配套设施为主。

4)4 处杆体点位的多种摄像机可进行融合复用,将智能综合摄像机分别挂载在进路口方向路段延伸的第二根综合杆上,可兼容雪亮工程、智慧交通和无人驾驶设备功能需求(图 7);1 处杆体点位的两类球形摄像机可进行融合复用,将综合球形摄像机布置于路口弧线位置处的多功能综合杆上,可兼容雪亮工程和智慧交通设备功能需求。

设备复用通过共用视频信息,减少摄像头设置数量,通过前端或后台,将信息流分别传至不同用户,实现多感合一。

4 多箱合一设计

从智慧交通、自动驾驶和城市治理等设备实际需求出发,整理所有设备参数及功能,并分析设备的兼容性、可复用性,达到支持新增需求,兼顾原有功能的目的,从而实现多种感知设备功能整合统一(图 8)。

传统路口一般需放置配电箱、光缆交接箱、公安交警类机箱、智能综合控制箱、信号机箱,箱体众多,影响路口美观。

按照“景观化、小型化、隐形化”原则,对路口箱体进行精简整合,“小型设备整合入杆,大型设备整合入箱”,满足路口设备接入交换机、网络汇聚交换、通信接入和供电输出需求。

1)箱杆合一:将原挂在杆体立柱的公安、交管抱杆箱统一整合至杆体底部舱室,可按产权单位、强弱电对舱室内部空间进行划分,舱室内部为路灯、交管、公安预留穿线孔及安装空间。

2)路口落地箱合一:将原在路口布置的配电箱、光缆交接箱、信号机箱、公安交警类机箱、智能设备控制箱等统一整合为智慧综合箱,集成供电、光缆交接、数据汇聚、传输、存储、交换、边缘计算等多项功能于一体,满足路口供电接入输出、自动驾驶网络交换需求(图 9)。

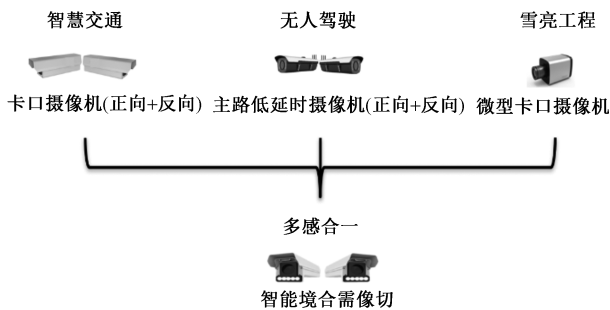


图 7 多感合一完成设备复用

5 供电及组网方案

5.1 供电方案

根据标准化路口建设方案,用电负荷按道路照明、交通信号与监控、无人驾驶、雪亮工程、EUHT-5G(enhanced ultra high throughput-5G)通信设备、智慧设备、预留负荷统计,结合用电负荷与供电线路综合考虑,规划设置户外型箱式变电站。

低压配电系统采用三相五线制,配电系统采用树干式与放射式相结合的接线方式,其中道路照明、智慧设备、交通公安分别从箱变引出低压主缆沿道路两侧树干式敷设,每达一处路口交通公安主缆进行一次 T 接引至综合箱,综合箱至终端用电设备采用放射式接线(图 10),用电设备包括本路口范围内的交通信号灯与监控、无人驾驶、雪亮工程、EUHT-5G 通信设备;每达一处综合杆照明主缆、智慧设备主缆进行一次 T 接上杆。

5.2 组网方案

为建设好车联网、政务网、公安网等管理网络,满足车路协同、高级别自动驾驶、警用执法、城市治理等业务需求,本工程运用 EUHT-5G 无线通信技术搭建区域内无线专网,EUHT 是具有高可靠、低时延、低丢包、多用户、高吞吐、高速移动适应性等特点的无线通信系统^[5-6]。

工程遵循网络建设原则,在区域内建设接入层、汇聚层、核心层三层网络架构。整体网络结构拓扑图如图 11 所示。

接入层:路口多功能综合杆上的业务及该路口相关联的路段间业务以路口为中心,组建业务接入层,作为传输网络的基本业务节点。每个路口建设一台智慧综合箱,用以安装该路口各类智慧城市所需设备,并汇聚综合杆上设备所采集的实时信息。

汇聚层:各多功能综合杆的业务在路口智慧机箱内汇聚后,将适当数量的路口交换机组网成环,

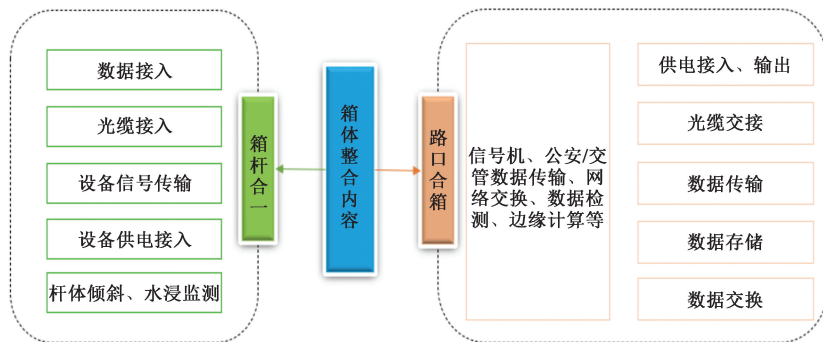


图 8 箱体整合内容

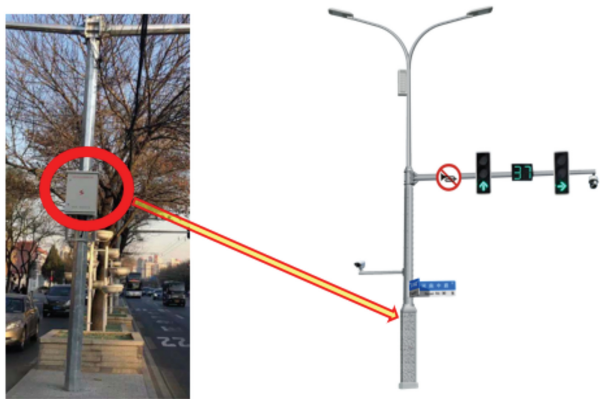


图9 综合杆底部舱室划分示意图

以实现业务上传的目的,从而形成通信网络的汇聚层。

核心层:在区域范围内建设中心机房,配置核心交换机,将汇聚交换机组网成环组建区域核心层。

6 BIM 应用

通过建筑信息模型(building information modeling,BIM)技术对综合杆进行整体建模,对道路照明、交通信号监控、无人驾驶、雪亮工程、通信基站等设备进行三维定位,对各产权单位设备的规划占位进行明确;以三维场景进行呈现,最大限度降低实际安装效果与设计意图的偏差(图12)。

此外,综合杆管线碰撞、综合杆异形基础设计等方面同样凸显了BIM技术的优越性。通过提供数据的互操作性,BIM可以使各参与方之间进行协作,并为基础设施生命周期中的决策提供可靠基础^[7]。

市政基础设施的BIM应用较晚于建筑行业,其具有区域广、跨度长、环境复杂等特点,在应用BIM技术的同时,还应结合地理信息系统(geographic information system,GIS)技术^[8]。GIS将为基础设施提供真实的地理环境,BIM为工程项目提供更立体、精细的基础设施,从而实现工程项目从宏观至微观的规划设计。BIM与GIS集成将使二者优势互补,为智慧城市的建设奠定基础^[9-10]。

7 创新点与结论

7.1 创新点

通过创新首个多杆合一、多感合一、多箱合一的“双智标准路口”设计方法,实现如下创新性成果:

1)集路灯照明、监控、交通标牌指示、集供电、网络和控制于一体的多功能综合杆,既减少基础设施杆体重复建设,提升了资源集成度,缓解了城市空间压力,又降低了全生命周期投资成本,更是构建智慧城市感知网络体系的重要基础设施。

2)按照“多感合一、设备复用”原则,在满足自动驾驶需求基础上,兼顾智慧交通和城市治理设备需求,将原有分散的、功能单一的前端设备进行整合,实现一感多用,减少设备、杆件及其配套传输供电工程量,在降低成本的同时有效保持城市环境的整洁。

3)按照“小型设备整合入杆,大型设备整合入箱”原则,设备安装空间分为综合杆仓室和路口综合箱两种方式。整合公安、交管、自动驾驶路侧数字化设备,实现统一管理的智慧综合箱,净化城市

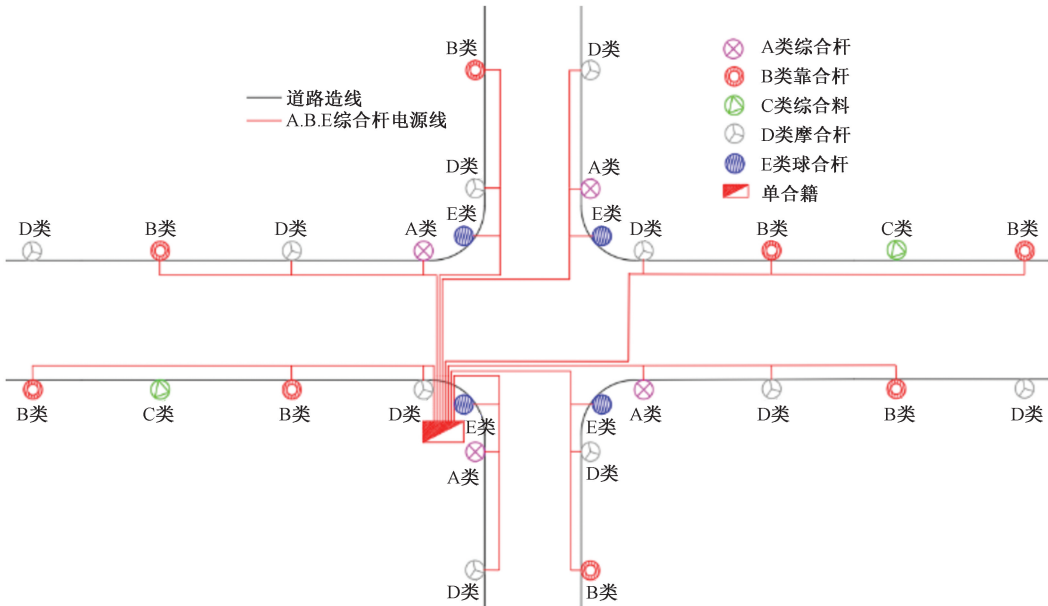


图10 路口综合箱放射式出线敷设示意图

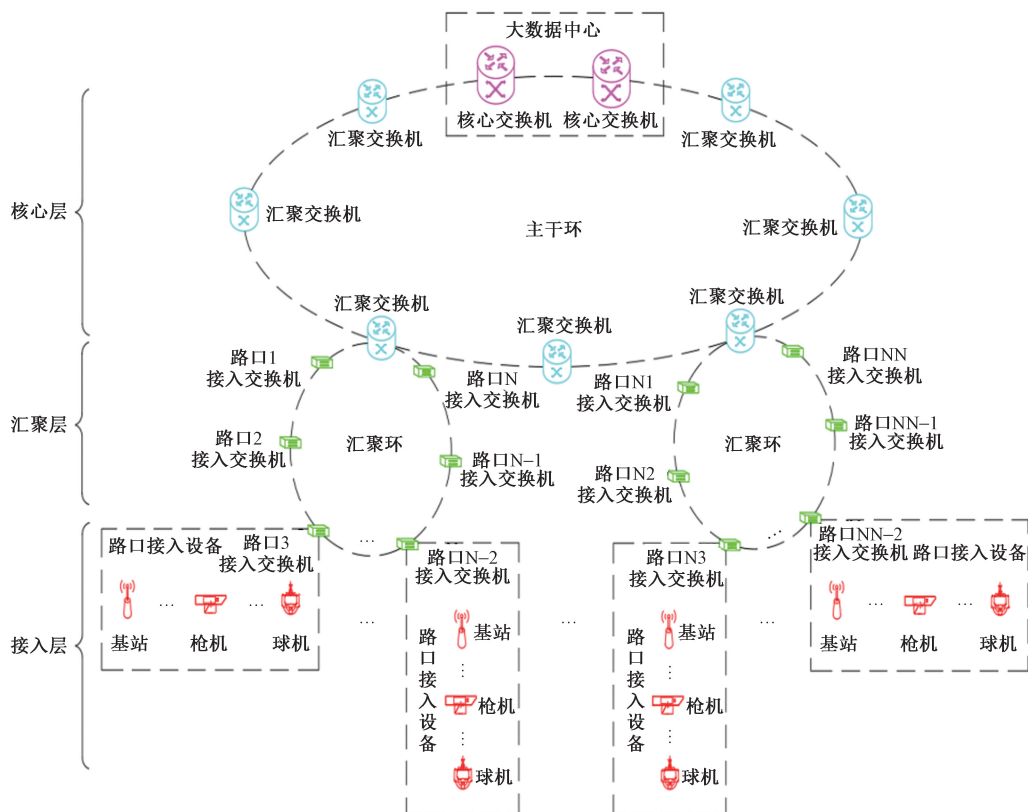


图 11 整体网络结构拓扑图

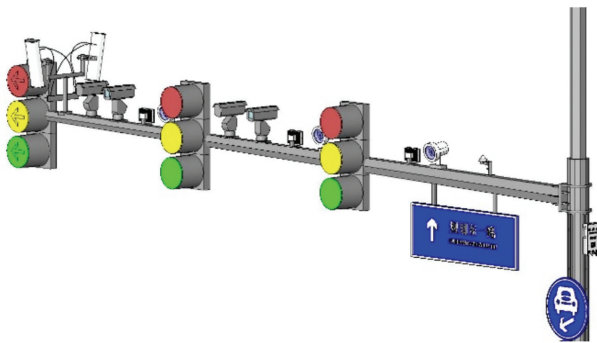


图 12 A 类杆 BIM 模型展示

公共空间,全面提升城市景观。

4)通过运用高吞吐、高可靠、高速移动性、低延时等特征的 EUHT 技术组建 5G 无线专网,使无线信号沿道路覆盖,使无线通信网络系统具备了承载车路协同、远程驾驶、城市综合治理、城市智慧等业务的能力。

7.2 结论

通过对服务于双智城市的路口标准化设计进行概述,从多杆合一、多感合一、多箱合一、供电及组网等方面出发进行标准化设计分析与探究,并在北京高级别自动驾驶示范区 60 km² 范围内落地实施。双智路口标准化设计方法的可行性在实际工

程中得到验证,进而得出以下结论。

多功能综合杆是新型数字基础设施,因其有电、有网并可提供智慧设施挂载条件等先天优势,成为 5G 融合创新及自动驾驶的重要基础支撑,实现感知数据汇聚,构建城市感知体系,是推动自动驾驶产业、智慧城市发展的关键一环。

市政基础设施建设应更多地去结合 BIM、GIS、物联网等新兴技术,不仅能弥补传统工程领域的技术壁垒,同样能优化传统基础设施的作用及功能,使市政新型基础设施真正成为双智城市的智慧底座。

参考文献

- [1] 刘艳红,黄雪涛,石博涵.中国“新基建”:概念、现状与问题[J].北京工业大学学报(社会科学版),2020,20(6):1-12.
- [2] 张永伟.智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展年度研究报告:2021[R].北京:中国电动汽车百人会,2022.
- [3] 刘博,崔世华,赵倩.集约化、规范化整合与创新应用:上海多杆合一设计与建设研究[J].装饰,2019(7):32-34.
- [4] 全国城市公共设施服务标准化技术委员会.《智慧城市 智慧多功能杆 服务功能与运行管理规范》:GB/T 40994—2021[S].北京:国家市场监督管理总局;国家标准化管理委员会,2021.
- [5] 沈石.高铁 EUHT 网络管理系统的开发[D].长春:吉林

- 大学. 2017.
- [6] WANG X X, JIANG H L, TANG T, et al. The QoS indicators analysis of integrated EUHT wireless communication system based on urban rail transit in high-speed scenario[J/OL]. *Wireless Communications & Mobile Computing*, 2018, doi:10.1155/2018/2359810.
- [7] EADIE R, BROWNE M, ODEYINKAH, et al. BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: an analysis[J]. *Automation in Construction*, 2013, 36: 145-151.
- [8] 曹伟楠, 王佳, 顾大鹏. 面向多源数据集成的高速公路数字化方法[J]. *科学技术与工程*, 2019, 19(19): 214-221.
- [9] 曹伟楠. 融合 BIM 与 GIS 的三维空间数据可视化研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2020.
- [10] AMIREBRAHIMI S, RAJABIFARD A, MENDIS P, et al. A data model for integrating GIS and BIM for assessment and 3D visualization of flood damage to building[J]. *Locate*, 2015, 15: 78-89.

Discussion on Standardization Design for Shuangzhi City Infrastructure Construction

CAO Yinan

(Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100082, China)

Abstract: With the acceleration of the coordinated development of smart city infrastructure and intelligent connected vehicles, the rapid development of smart transportation, urban governance, 5G communication, driverless and other fields has made the phenomenon of complex poles and scattered boxes at traffic crossings. The systematic layout of smart city infrastructure and intelligent network equipment were accomplished by innovating the first “double intelligent standard intersection” design method of multi-pole integration, multi-sense integration and multi-box integration. The design concept has been implemented in the high-level unmanned driving demonstration zone in Beijing, and the integrated function of vehicle-road-cloud coverage has been achieved on urban roads within 60 square kilometers.

Keywords: Shuangzhi standard intersection; infrastructure; multi-pole combination; driverless; EHUT-5G private network