

智能网联公交系统工程设计与应用

章华金

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 230001]

摘要: 随着城市化进程的加速,城市交通面临拥堵、污染和能耗等挑战。为提升公共交通服务质量,满足现代城市需求,聚焦智能网联公交系统的工程设计。首先明确了智能网联公交系统的概念和体系架构,随后详细分析了系统各组成部分的功能设计要点,最后介绍了郑州郑东新区龙湖无人驾驶公交项目的工程设计实践案例。研究实践表明,智能网联公交车、线路设计、智能中途站、智慧停车场、路侧设施和智能调度平台等核心模块是智能网联公交系统工程的设计要点,而车联网、车路协同和自动驾驶技术等则是实现公交车智能化管理和控制的关键技术支撑。可为智能网联公交系统工程设计提供一定的理论支持和实践指导,对于促进我国智能网联公交系统的技术进步和产业应用具有一定参考价值。

关键词: 智能网联公交;工程设计;自动驾驶;智能车路协同系统

中图分类号: U491

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)05-0001-08

Engineering Design and Application of Intelligent Connected Bus System

ZHANG Huajin

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 230001, China]

Abstract: With the acceleration of urbanization, urban transportation faces challenges of congestion, pollution and energy consumption. To improve the quality of public transportation services and meet the demands of modern cities, the focus is on the engineering design of intelligent connected bus systems. Firstly, the concept and system architecture of intelligent connected bus systems are clarified. And then the design essentials on the functions of each system component are analyzed in detail. Finally, the engineering design practice case of the Driverless Bus Project in Longhu Area, Zhengdong New District, Zhengzhou is introduced. The research and practice show that core modules such as intelligent connected buses, route design, smart stops, intelligent parking lots, roadside facilities, and intelligent scheduling platforms are the design essentials of intelligent connected bus system project. Meanwhile, the technologies like vehicle networking, vehicle-road collaboration and autonomous driving are the crucial technical supports for the intelligent management and control of buses, which provides some theoretical support and practical guidance for the design of intelligent connected bus system project, and has the significant reference value for promoting the technological advancement and industrial application of intelligent connected bus systems in China.

Keywords: intelligent connected bus; engineering design; autonomous driving; intelligent vehicle-road collaboration system

0 引言

随着城市化的快速发展,城市交通拥堵、环境污染和能源消耗等问题日益突出。公共交通作为城市交通的重要组成部分,其效率和服务质量直接影响着城市居民的出行体验和城市的可持续发展^[1]。传

统的地面公交系统由于准点率低、受交通拥堵影响大、运营速度慢和服务能力弱等问题,已难以满足现代城市发展的需求^[2]。随着大数据、自动驾驶、智能网联与电动汽车等技术在城市交通领域的应用,为智能网联公交的发展和服务创新提供了新思路与新机遇^[3-4]。2019年,中共中央国务院印发的《交通强国建设纲要》提出:要优先发展城市公共交通,鼓励引导绿色公交出行,合理引导个体机动化出行。智能网联公交系统通过车联网、车路协同、自动驾驶等技术,实现公交车与乘客、车辆、道路基础设施以及交通管理中心之间的智能信息交换和共享,具有高效、安全、舒适、节能环保、便捷等特性^[5]。发展智能

收稿日期: 2024-09-30

基金项目: 上海市2022年度“科技创新行动计划”社会发展科技攻关项目(22dz1203403),融合基础设施驱动的空港智慧货运通道

作者简介: 章华金(1985—),男,硕士,高级工程师,从事地下交通、智慧空间的设计研究工作。

网联公交系统,通过集成车路协同、自动驾驶和智慧调度管控平台等先进技术,提升公交系统的智能化水平,已成为解决城市交通问题的重要途径^[6-7]。

在欧美等发达国家,智能网联公交系统的研究成果已较为丰富。欧盟的CityMobil项目在多个欧洲城市进行了自动驾驶公交系统的测试和示范,研究了自动驾驶公交在城市环境中的运行,包括车辆的设计、路线规划、乘客体验以及与城市交通系统的集成^[8]。荷兰的EBSFleet项目通过部署电动自动驾驶公交车,探索了公交系统的新运营模式,并在多个城市进行了测试^[9]。美国的Proterra公司通过在电动公交车上配备先进的车载信息系统,实现了远程监控和故障诊断,提高了公交车辆的运行效率和可靠性^[10]。德国开展的AVENUE项目,旨在开发和测试自动驾驶电动公交车以提高城市和郊区之间的公交连接性以及公交系统的安全性和效率^[11]。新加坡在一些地区部署了自动驾驶公交车试运营,通过车路协同技术,实现自动驾驶公交车与交通信号灯、其他车辆的信息交换,以提高安全性和效率^[12]。

我国在智能网联公交系统的研究和应用方面也取得了显著进展。北京中关村的智能网联公交示范项目、大兴国际机场的智慧公交系统以及北京公交集团的传统车辆智慧化改造^[13];上海在临港地区建立智能网联汽车综合测试示范区,在张江高科技园区实施智慧公交项目,并在嘉定区设立智能网联汽车试点示范区^[14];深圳在福田保税区试运行了阿尔法巴智能公交系统,首次在开放道路上进行无人驾驶公交试运行^[15];湖南在长沙市湘江新区试运行了智慧公交示范线,实现了5G信号全覆盖和基础设施的智能化改造,能够保障4辆智能化公交车的网联功能应用^[15];厦门基于BRT专属线路的独立性和相对封闭性,建立了BRT 5G公交站系统,在5G车路协同技术的支持下,车辆实现了超视距防碰撞、自控车速、实时车路协同等多项功能^[15];杭州在萧山区开展试运行了5G智能网联车路协同系统,完成了对原有道路的路口路侧设施部署、站台智能升级以及便民设施增加等设计与实践^[15]。

尽管国内外在智能网联公交系统的研究与实践方面取得了一定的进展,但仍存在一些不足。例如,智能网联公交系统的大规模商业化应用仍然面临技术成熟度、成本效益、法规标准、数据安全和乘客接受度等方面的挑战。此外,智能网联公交系统的体系架构、功能构成和设计要点、运营管理和效益评估

等方面也需要进一步研究和完善^[16]。本文针对智能网联公交系统的工程设计,聚焦系统的体系架构、功能构成及规划设计等关键问题,并以郑州郑东新区龙湖区无人驾驶公交项目的工程设计实践经验为支撑,探究我国智能网联公交系统的工程设计基本思路和设计要点,为智能网联公交系统的规划、建设和运营提供理论指导和实践参考。

1 智能网联公交概念

智能网联汽车是车联网技术与智能驾驶技术的结合体,它们通过先进的车载传感器、控制器、执行器等设备,以及现代通信与网络技术,实现了车辆与驾驶员、道路、交通管理系统等要素之间的智能信息交换与共享,具有安全、舒适、节能、高效的特点^[17]。

智能网联公交车是智能网联汽车在公共交通领域的应用,主要通过智慧管控平台和V2X(Vehicle-to-Everything)通信技术,实现对公交车的智能调度和实时监控。智能网联公交车能够感知复杂的交通环境,包括行人、非机动车辆和路边停车,从而确保安全行驶。此外,智能网联公交车还能够通过智能决策系统与交通信号灯等基础设施的协同控制,实现公交优先通行和提高运营效率。因此,智能网联公交车是指搭载了车载计算单元、感知设备、监控设备、网联通讯、定位设备等装置,并融合现代通信与网络技术,实现车与路智能信息交换、共享,具备复杂环境感知、信息数据交互、车云协同调度等功能,可实现“安全、高效、舒适、节能”行驶的新一代公交车。如图1所示,智能网联公交车融合了网联公交车与自动驾驶智能公交车的特点,具有自主和网联的综合特性,能够自主识别周边车辆和行人等,并与周边车辆和路侧交通设施进行互联互通。

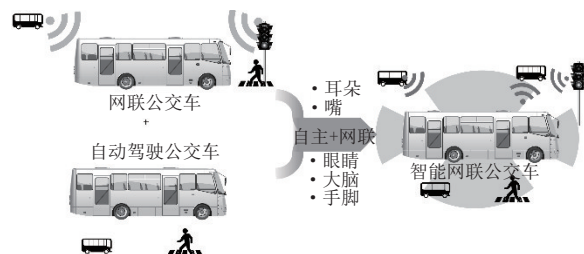


图1 智能网联公交车功能特点示意图

2 智能网联公交系统工程设计

2.1 体系架构

智能网联公交系统主要包括智能网联公交车、智能中途站、智慧停车场(含调度中心)、公交线路沿

线路侧设施以及综合调度运管平台 5 个部分,各部分之间存在着紧密的关联性,它们相互协作,共同构成了一个协调一致的智能交通生态系统。图 2 所示为智能网联公交系统示意图,其较为直观地显示了各部分的功能作用及各部分之间的关联性。通过这些关联性,智能网联公交系统能够实现数据的实时共享和智能决策,提高公交服务的效率和质量,同时为乘客提供更加便捷、安全和舒适的出行体验。

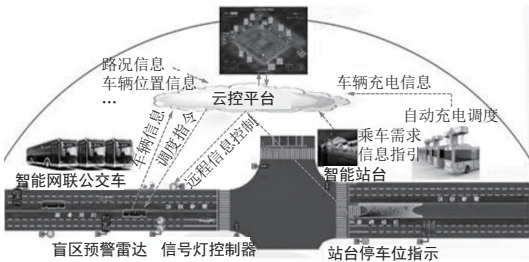


图 2 智能网联公交系统示意图

2.2 各组成部分功能设计要点

2.2.1 线路设计

在规划智能网联公交系统的线路布局时,应首先确保满足沿线居民和商业区的公交出行需求。同时,考虑到智能网联公交系统对城市的品质和发展具有展示和引领的作用,线路设计应串联重要的商务区、旅游景点和高科技产业区等,使线路不仅能够为这些区域提供实际的交通服务,还能使其成为城市宣传和示范的窗口。

线路设计应优先考虑利用现有的城市道路,尤其是那些道路容量有富余的路段。在进行道路平面设计时,应以满足公交专用道功能且不降低原有的通行能力为前提,应尽量减少对现有道路的改造。改造方案可以包括对现有车道的调整或对道路分隔带的改造。

根据智能网联公交系统的功能定位和实际需求,如果采用的是快速公交系统(BRT),则可以在道路中央设置公交专用道,并利用道路中央分隔带设置公交站台(见图 3)。公交专用道与普通机动车道之间应通过物理隔离如护栏来区分。如果采用的是常规的中短距离接驳公交系统,则可以在道路最外侧设置智能网联公交专用道,可以是全天候或分时段专用,并在外侧设置公交站台。在这种情况下,由于可能会有更多的交通干扰,因此需要提供清晰的标识指引(见图 4),并确保公交车的自动驾驶技术以及路侧、站台的安全防护措施能够满足较高的安全要求。

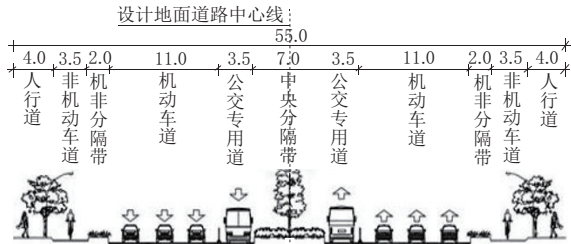


图 3 路中设置智能网联公交专用车道断面示意图(单位:m)

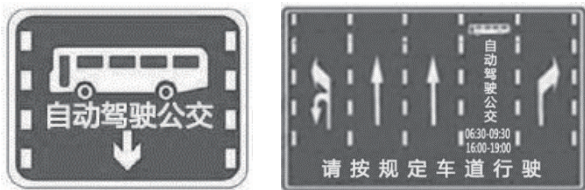


图 4 路侧设置智能网联公交专用车道标志指引图

2.2.2 智能中途站

智能中途站是指配备了智能信息显示系统、乘客信息系统、安全监控设备和可能的自助服务设施的公交站点,可为乘客提供实时的公交到达信息、车辆拥挤度信息、安全监控和紧急响应等服务。在智能网联公交系统中,中途站的智能化是提升乘客服务体验的关键环节。智能化的中途站主要包含以下 3 个方面的功能:

(1)安全监控功能

利用智能路侧设施,如配备异常行为识别功能的高精度摄像头和 V2X 通信设备,对公交车进出站区域及乘客候车区进行实时监控和安全预警。能够及时发现并预警异常行为,对于可能干扰车辆正常运行的情况,能够迅速向车辆发送反馈,以便采取相应措施,确保乘客和车辆的安全。

(2)换乘、票务及导航服务

站内配备乘客流量统计系统,帮助实现车辆的动态调度,同时提供各公交线路公交车的实时位置信息和基于路况的预计到站时间,为乘客提供准确的换乘和行程时间预估。配备自动售票机、电子信息显示屏等智能终端设备,提供站点周边的生活服务信息,并与移动设备应用相连接,满足乘客多渠道获取信息的需求。

(3)信息服务及其他体验增强功能

通过技术创新,整合无人零售、休息区、广告展示、太阳能充电站等多种服务和设施,以满足乘客在候车期间的多样化需求,从而提升整体的乘客体验。图 5 为智能中途站系统组成示意图。

2.2.3 智慧停车场(含调度中心)

智慧停车场是智能网联公交系统的关键组成部

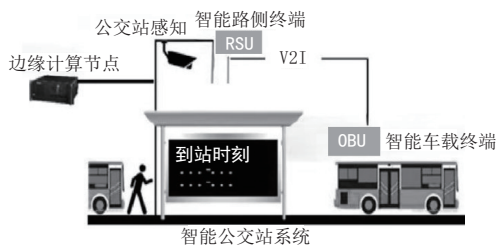


图5 智能中途站系统组成示意图

分,它不仅提供停车服务,还承担着车辆维护、能源补给和运营调度等多重功能,是确保整个公交系统高效运转的基础。智能化停车场通过集成先进的技术和设备,如一体化道闸系统、智能安防监控、自动泊车、自动充电系统、监控指挥中心和中心机房等,实现了停车场的自动化和智能化管理,旨在达到减少人力、提升安全性和提高运营效率的目标。

智慧停车场的构成如下。

(1)指挥调度中心:负责整个停车场的运营管理和车辆调度,确保车辆有序进出和高效充电。

(2)中心机房:作为技术核心,支持数据处理、存储和网络通信,为智慧停车场的智能化提供基础设施。

(3)场站监控系统:通过安装在停车场各处的摄像头和传感器,实时监控停车场的运行状态,确保安全。

(4)场站一体化道闸:这是自动化的出入口管理系统,通过车牌识别、RFID 等技术实现车辆快速通行。

(5)自动泊车系统:利用高精度传感器和智能算法,实现车辆的自动定位和停车,提高停车效率和安全性。

(6)自动充电系统:为电动公交车提供自动化的充电服务,根据车辆电量智能判断充电需求。

其中,自动泊车系统和自动充电系统的结合使用,极大提升了停车和充电的效率。当公交车以自动驾驶模式进入停车场并到达指定的接管区域后,自动泊车系统将被激活,车辆将自主控制转向、刹车和制动系统,安全地驶入预定的停车位。同时,系统会根据车辆的电量状态智能判断是否需要充电。通常,停车场会配备大功率的非接触式自动充电设备,并通过充电接口的感知识别技术,由充电智能调度系统根据每辆车的充电需求自动调整充电设备的输出功率,实现精准充电。当车辆达到所需的充电状态后,系统会自动引导车辆离开充电位,为其他车辆腾出空间,从而实现充电资源的高效利用和充电过

程的无缝衔接。全无人化的操作系统不仅提高了运营效率,还增强了整个停车场的安全性。

2.2.4 路侧设施

公交沿线的路侧设施在智能网联公交系统中扮演着至关重要的角色,它们是实现车路协同功能的基础。这些设施根据公交运营的特点,主要满足以下几个方面的车路协同需求:确保复杂交叉口及路段的安全运营、实现交叉口的公交信号优先,为精确管控运营状态提供必要的精准定位和车辆识别系统。上述需求需要以下系统协作实现。

(1)交叉口及路段布置安全预警网联系统

在公交运营中,安全预警主要关注两个方面:一是路段上的公交专用道监管,二是交叉口监管。路段监管主要涉及车道车辆监控和公交车车速引导,通常通过视频识别和雷达测速装置来实现。交叉口监管则更为复杂,需要考虑信号灯监控、横向来车监控、行人和非机动车对公交车的影响、车道识别以及信号灯与车辆之间的车路协同等因素。特别是对于公交路线转弯的交叉口,这些地点是路侧系统中的重点监管区域。在系统设计中,通常在交叉口布置基于 V2X 通信技术的信号灯提示和监管设备、车速引导和闯红灯预警系统、行人/非机动车预警系统、横向碰撞预警系统、交通标识提示、前向碰撞预警系统以及道路异常状态预警系统等。同时,辅以边缘计算设施,以实现快速响应。

(2)精准定位及车辆识别系统

为了实现公交车辆的智能运营调度、车路协同、到站时间发布、行程预测以及自动驾驶功能,必须对公交车辆进行精确识别和定位。通常采用无线地磁感应器或 GPS/北斗差分定位基站来实现车辆的精确定位。在路段中间隔布置 RFID 射频通信技术设备,用于识别车辆,确保车辆信息的准确获取。图 6 为用于定位和车辆识别的路侧设施系统示意图。

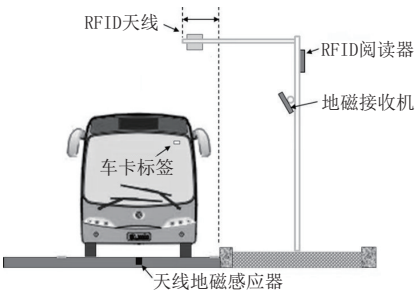


图6 路侧设施系统示意图

(3)车路协同信号优先子系统

为确保智能网联公交车的通行效率,需要在沿

线主要交叉口布置车路协同的公交信号优先系统。该系统通过实时获取公交车的位置、车速以及交叉口信号灯状态,自动计算沿线交叉口的信号相位,并根据需要将信号相位信息反馈给公交车辆,实现车速诱导。该系统可用于满足智能网联公交车的绿波通行需求,即通过协调信号灯,使得公交车在通过多个交叉口时能够连续遇到绿灯,减少停车等待时间,提高通行效率。同时,系统还能够实时平衡主要交叉口的社会车辆通行能力,确保公交优先的同时,也考虑到其他车辆的通行需求,实现交通流的优化。

通过这些路侧设施系统的部署和应用,智能网联公交系统能够显著提高公交车辆的运营效率和安全性,同时为乘客提供更加准确和便捷的出行信息,提升整体的公交服务水平。

2.2.5 智能网联公交综合调度运管平台

智能网联公交综合调度运管平台是整个智能网联公交系统的中枢神经,负责协调和管理所有运营活动。该平台的顶层设计不仅要满足传统公交系统的调度和维护需求,还要充分考虑智能网联公交系统特有的自动驾驶和车路协同功能。它为实现自动驾驶、车路协同、智慧调度、信息发布、设施维护和应急响应等多种功能提供了坚实的基础。

在传统的公交调度和场站管理系统的基础上,为了适应智能网联和自动驾驶技术的发展,综合调度运营平台还应包含以下九大核心功能模块。

(1)三维高精度地图子系统:提供精确的地理信息,支持自动驾驶公交车辆的路径规划和导航。

(2)自动驾驶全域全要素实时监控子系统:实时监控自动驾驶公交车辆的状态和周围环境,确保运营安全。

(3)自动驾驶公交车辆远程控制子系统:在必要时,允许远程操作人员接管自动驾驶公交车辆,处理紧急情况。

(4)车路协同设备管理子系统:管理和维护车路协同设备,确保车辆与道路基础设施之间的有效通信。

(5)路侧智能设备运营管理子系统:监控和管理路侧的智能设备,如交通信号灯、摄像头和传感器等。

(6)自动充电调度子系统:优化电动公交车的充电计划,提高充电效率和电池使用效率。

(7)车路协同信号优先子系统:协调交通信号,为公交车提供优先通行权,减少等待时间,提高运行效率。

(8)信息发布子系统:向乘客提供实时的公交信息,包括车辆位置、预计到达时间和其他相关通知。

(9)设施管养及应急指挥子系统:负责公交系统的设施维护和在紧急情况下的快速响应、资源调配。

图 7 为智能网联公交综合调度平台系统架构图。

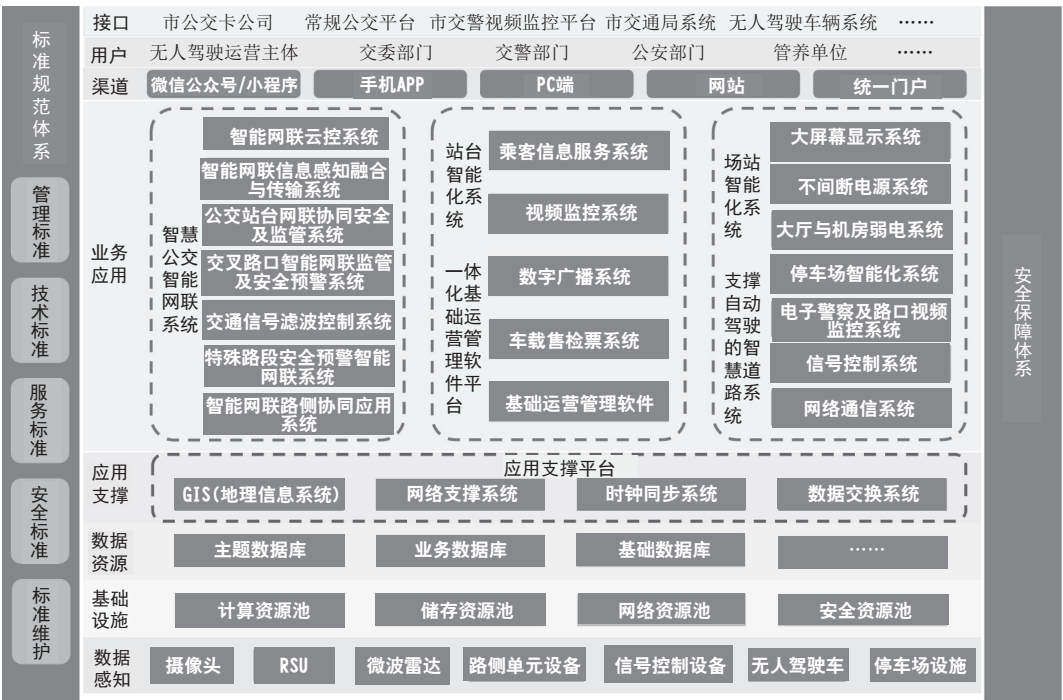


图 7 智能网联公交综合调度平台系统架构图

3 应用案例:郑州郑东新区龙湖区无人驾驶公交项目

3.1 项目概况

2020年,郑州郑东新区龙湖区启动了一项创新的智能网联公交项目。该项目整合了智能网联公交车和先进的车路协同技术。项目覆盖了大约17.4 km的线路,并配备了34个智慧中途站以及1个高度智能化的综合停车场。该项目部署了12辆达到L4级自动驾驶能力的智能网联公交车。这些公交车通过智能网联系统和智慧管控平台,实现了对车辆的智能监控和安全预警。此外,智慧管控平台还提供了智慧公交的控制管理功能,包括智慧公交站点的图像监控、实时信息发布、广告推送以及便民服务等。在停车场方面,该平台能够实现车辆的自动停放、运行调度和维护管理,从而提高了整个公交系统的效率和乘客的出行体验。该项目在2020年底进入了测试运营阶段,标志着郑州在智能网联公交系统领域取得了实质性进展,为未来城市公共交通的智能化、自动化发展提供了宝贵的实践经验和示范效应。

3.2 线路设计

该智能网联公交线路形成了一个闭合环线,依次经过龙湖内环路、龙源十三街、龙湖中环路以及北三环。在北三环路段,线路通过如意西路延伸至金融岛中环路,并在绕行金融岛后再次回到北三环,完成环路。整个线路的总长度约为17.4 km,其中金融岛内部的线路长度大约为3 km。线路所经过的道路均为已经建成并投入使用的城市主干道,当前的路面状况保持良好。所选择的道路都具备设置公交专用道的条件,这将有助于提高公交车辆的运行效率和乘客的出行体验。在整条线路上,共设有34座公交站台,其中31座是现有的公交站台,另外3座公交站台需要新建以满足智能网联公交系统的运营需求。图8为项目工程线路图。

3.3 智能中途站设计

无人驾驶公交站点由北侧龙湖中环路、龙源十三街、龙湖内环路、北三环、龙翼七街串联而成。在外观设计方面,以“太空舱”为单元进行衔接,可以实现由小到大、由简到繁的生长,从而实现由有人车站(需求简单)到无人车站(需求多样)的生长过渡与转换。在功能设计方面,采用模块化的设计理念,把舱体拆分成5块板式模块+2块结构模块的基本单元,包括休息模块、广告模块、清洁模块、无障碍模块、电

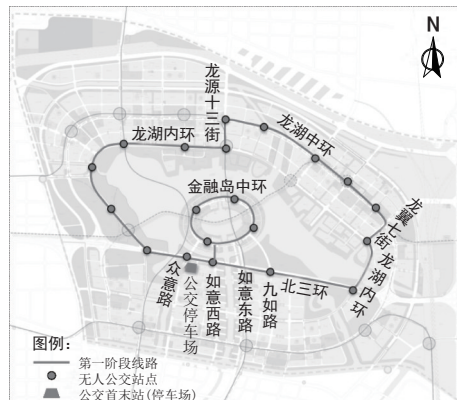


图8 工程线路图

子信息模块、智能模块等。这些模块可以根据不同场地及需求灵活组合,快速生产、快速安装,可以实现简单功能到复杂功能的过渡,实现有人车站到无人车站的升级,满足当下,预见未来。图9所示为项目中智能中途站设计实景图。图10所示为路侧设施现场实景图。



图9 龙湖智能网联公交中途站点实景图



图10 路侧设施现场实景图

3.4 智慧停车场设计

停车场设计采用了科技羽翼的设计理念,羽翼般的建筑形态融合轻盈的钢结构体系,创造具有轻

盈、现代、科技感的站房和停车棚。场地分为无人驾驶公交停放区、社会车辆停放区和站房区域。社会车辆停放区靠近外侧,独立流线;站房区域靠近金融岛展示中心,同时靠近场地内部,易于管理;无人驾驶公交停放区位于场地中部,满足无人公交停车尺寸及通行流线。无人驾驶公交停车区域共配置 16 个无人驾驶公交停车位,其中供车身高 12 m 的公交车停放的车位有 12 个,均预留人工充电桩,同时预留 4 个弓形大巴自动充电桩车位。

智能化停车场建设有一体化道闸、智能安防监控、自动泊车、自动充电系统、监控指挥中心、中心机房。监控指挥中心主要用作运营业务,兼具展示功能;中心机房用于支持场站监控、站台监控、墨水屏及广告屏信息系统的服务器并存储资源;智能安防监控系统预设 13 处 200 万像素网络高清枪机和 2 处 200 万像素网络高清球机,可对场站进行实时安防监控;自动充电系统建设大功率自动充电设备 3 个,融合了运营、充电智能调度等功能,可实现车辆多样化的运营、充电需求。车辆回场或在沿途补电站点自动泊车至充电车位,可实现夜间 1 h 充满电,或短时 5 min 补电以增加续驶里程 30 km。图 11 为监控智慧中心实景图。



图 11 监控智慧中心实景图

3.5 路侧设施

路侧设施用于支撑车路协同功能的实现,主要包括路侧信号优先设备、路侧盲区监测设备、路口信号机等。项目线路涉及的 29 个信号路口,全部实现信号优先。具体功能为:实现自动驾驶车辆与信号灯状态的协同通信,同时在车辆到达红绿灯路口前,结合实际运营及道路通行情况,按需请求信号优先通行;根据信号优先的请求结果,动态计算车辆所需通行车速,自动驾驶车辆或司机按照诱导车速行驶,以最少等待时间和最快速度通过路口。路侧盲区监测点位共设置 3 处,采用 16 线激光雷达的监测方案,路侧单独立杆,实现向道路盲区交通参与者信息预警。

3.6 综合调度运管平台

该项目的智能公交管控平台基于车联网、物联网大数据技术,涵盖车载 V2X 智能终端、路侧 V2X 设备、信号机、盲区雷达等多种终端设备,遵循行业标准规范以及安全防控技术要求,采用分层服务设计,实现智能网联云控平台的各项功能架构。运管平台覆盖了“人—车—路—站—场—云”等公交运营链条的各个管控环节,车辆运营场景丰富,是能够实现集车辆运营管理、调度管理、运营监控、远程控制、智能设备管理、机务管理、场站管理为一体的自动驾驶车辆管理平台,可保证乘客出行安全、便捷、高效。图 12 为监控中心综合调度运管平台大屏幕数据显示。



图 12 龙湖智能网联公交综合调度运管平台大屏幕展示图

4 结 语

该研究系统地阐述了智能网联公交的概念、体系架构,并深入探讨了各组成部分的功能设计要点。通过综合分析和实际案例的展示,形成如下结论。

(1)智能网联公交系统通过车联网与智能车的有机联合,实现车辆的智能化管理和控制。系统旨在通过集成先进的车载传感器、控制器、执行器,以及现代通信和网络技术,实现车与人、路、后台等智能体的信息交换共享,从而提升公交系统的安全性、舒适性、节能性和高效性。

(2)智能网联公交系统总体上涵盖智能网联公交车、智能中途站、智慧停车场、路线及路侧设施、智能调度平台等核心模块。各模块之间存在着紧密的关联性,它们相互协作,共同构成了一个协调一致的智能交通生态系统。在设计应用时,应综合考虑这些关联性,以提高智能网联公交系统的数据实时共享和智能决策水平。

本研究不仅为智能网联公交系统的设计和 implementation 提供了理论基础和实践指导,而且通过郑州龙湖区智能网联公交项目的应用示范,将智能网联公交系统的设计理念转化为实际应用,展示了智能网联公

交系统工程设计的总体思路和应用要点,为智能网联公交系统的实际部署提供了宝贵的经验,对于推动城市公共交通的智能化和现代化具有重要的指导意义。但是,智能网联公交系统在实际部署和运营过程中仍可能面临技术、法规、资金等方面的挑战。未来的研究需要进一步探讨如何克服这些挑战,以实现智能网联公交系统的广泛应用和持续优化。

参考文献:

- [1] 王逢宝. 城市机动化背景下综合交通发展策略研究[J]. 城市, 2012(12): 62-66.
- [2] 孔令斌, 李紫颜. 存量发展阶段的交通拥堵治理与公共交通优先[J]. 城市交通, 2019, 17(1): 1-6.
- [3] 徐猛, 刘涛, 钟绍鹏, 等. 城市智慧公交研究综述与展望[J]. 交通运输系统工程与信息, 2022, 22(2): 91-108.
- [4] 王利鹏. 信息与通信技术赋能公共交通运营管理的发展方向[J]. 城市公共交通, 2022(2): 31-38.
- [5] 沈峰. 车路云一体智能网联公交系统研究[J]. 科学与信息化, 2020(23): 4-7.
- [6] 张晓超. 我国智能网联公交发展路径探索[J]. 经济与社会发展研究, 2022(12): 185-187.
- [7] 洪金龙, 高炳钊, 董世营, 等. 智能网联汽车节能优化关键问题与研究进展[J]. 中国公路学报, 2021, 34(11): 306-334.
- [8] VAN DIJKE J P, VAN SCHIJNDEL M. Citymobil, advanced transport for the urban environment: Update[J]. Transportation Research Record, 2012, 2324(1): 29-36.
- [9] Grütter J M. Real world performance of hybrid and electric buses[R]. Switzerland, Andwil: Grütter Consulting, 2014: 5-38.
- [10] GILLERAN M, KOTZ A, EUDY L, *et al.* National Park Service bus electrification study: 2020 report[R]. Golden, CO (United States): National Renewable Energy Laboratory, NREL, 2021.
- [11] MITTERGGER M, BRUCK E M, SOTEROPOULOS A, *et al.* AVENUE21. Connected and Automated Driving: Prospects for Urban Europe[M]. Berlin(Germany): Springer Nature, 2021.
- [12] CHNG S, CHEAH L. Understanding autonomous road public transport acceptance: A study of Singapore[J]. Sustainability, 2020, 12(12): 1-12.
- [13] 王永生. 京津中关村科技城的智能网联加速度[J]. 中关村, 2021(9): 46-50.
- [14] 张懿木, 于琛. 智能网联汽车公交服务场景示范运营探索——以上海临港新片区环滴水湖未来交通生态圈智能网联项目为例[J]. 交通与港航, 2022, 9(6): 35-41.
- [15] 张亦弛, 赵鹏超, 谢卉瑜. 中国智慧公交示范现状分析及展望[J]. 时代汽车, 2021(6): 35-38.
- [16] 戚湧, 郝冠亚. 可信智能网联公交系统主动安全关键技术研究[J]. 科技成果管理与研究, 2024(7): 90-91.
- [17] 张栋, 钟仙玉, 王小可, 等. 基于WOS的智能网联交通技术发展现状及趋势分析[J]. 交通科学与工程, 2024, 40(3): 144-152.

《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

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: roadbridgeflood@163.com

