



车路云一体化实践应用白皮书



2024年11月

指导专家

李 骏 李 克 强 张进华 冉 斌 陈山枝 刘东波 公维洁 胡延明 姚丹亚
田大新 杜孝平 暨育雄 薛向阳 高博麟 葛雨明 梁昌征 孙 宁 华贤平
朱 磊 刘 斌 赵晓宇 汪建球 王 瑞 韦峻青 夏 芹

编写组成员

中国汽车工程学会	陈桂华、纪蕴家、李晓龙、杨志成、夏宁
中国智能网联汽车产业创新联盟	乌尼日其其格、吕东昕、武潇
国家智能网联汽车创新中心	芮一康，王羽，蓝金辉，李林恒，郑元
车路协同创新联合体	万如、郭杏荣、汪宁、王凯、侯大卫
蘑菇车联信息科技有限公司	杨海军、郁万蓉、金圣锋、李鑫、郭帅、赵淳、程永良
联通智网科技股份有限公司	周唯、高景伯、霍俊江、姜川、陈瀚、王赛、周东奇
北京车网科技发展有限公司	常雪阳
西部车网（重庆）有限公司	赵佳、刘寅莹、刘建檬
西部科学城智能网联汽车创新中心（重庆）有限公司	郑培余、陈秋
无锡市车城智联科技有限公司	胡波、高名栋、张鲁、王永峰、黄肖肖、乔聚壮
淄博市公安局交通警察支队	赵辉、赵玉增、马建如、赵鼎新
沈阳车网科技发展有限公司	张新钰
清华大学	秦洪懋、李洋
湖南大学	张磊、邬小鲁、雷鸣、程港、应策、葛元、李聪
中国移动上海产业研究院	毕海洲、胡金玲、张杰、贾佳、王俊、赵丽、张学艳
中信科智联科技有限公司	尹菲、王国栋
上海蔚来汽车有限公司	邱国华、陈天桢
智能汽车创新发展平台(上海)有限公司	吴杭哲，佟舟，郑欢，刘枫，王恒凯
中国第一汽车集团有限公司	赵洪达
奥迪（中国）企业管理有限公司	蔡刚强
广东省智能网联汽车创新中心有限公司	钦立坚
博世汽车部件（苏州）有限公司	黄伟科
上海友道智途科技有限公司	
卡尔动力（北京）科技有限公司	卫璁

北京星云互联科技有限公司	王易之、郑一辰、杨明、吴宇 涵、张广岐
云控智行科技有限公司	杨轩、刘会计
北京万集科技股份有限公司	王志国、代小燕
腾讯云计算（北京）有限责任公司	雷艺学
江苏天安智联科技股份有限公司	洪涛、万迪
上海智能汽车融合创新中心有限公司	张伟伟、余王鹏飞、徐杰杰
上海临港新片区数字基建投资发展有限 公司	刘金领、李垚

目 录

前言	V
免责声明	VI
一、车路云一体化发展是必然趋势	1
1.1 各国积极探索智能化网联化融合发展路径，车路云一体化概念确立	1
1.2 车路云一体化解决系统问题，是智能网联汽车规模化应用的必然趋势	2
二、车路云一体化产业发展概况	3
2.1 国外智能化网联化融合迈入高速发展期	3
2.2 我国车路云一体化产业发展现状	4
2.2.1 技术创新能力大幅提升	4
2.2.2 基础设施建设全面提速	5
2.2.3 标准体系基本完善	6
2.2.4 安全保障体系初步建立	7
三、车路云一体化技术实践	8
3.1 车路云一体化技术分析	8
3.1.1 网联协同场景逐步产业化，C-ADAS/C-ADS 功能有望成熟落地	8
3.1.2 C-V2X 供应链完善，整车域集中式架构驱动车端通信产品升级	8
3.1.3 网络服务能力持续提升，前沿技术融合程度加深	10
3.1.4 路侧感知与计算产业生态构成丰富，技术研发创新持续加大	10
3.1.5 云控平台逐步形成标准化接口，云控应用产品不断涌现	12
3.1.6 三级云算力资源部署方案逐步明确，服务能力加速构建	13
3.2 车路云一体化企业实践分享	14
四、车路云一体化地方建设运营实践	20
4.1 车路云一体化地方建设运营实践分享	20
4.1.1 探索云控基础平台建设与应用	28
4.1.2 提供规模化信号灯信息服务	35
4.1.3 加速客运车辆的网联功能应用	40
4.1.4 提升社会车辆的网联功能应用	46
4.1.5 高速公路建设运营实践	48
4.1.6 景区、停车场限定区域建设运营实践	53
4.1.7 工业园区货运物流建设运营实践	58
4.2 车路云一体化地方建设运营分析	61
4.2.1 建设运营投资由政府引导，车路云一体化架构促进价值闭环	61
4.2.2 梳理车路云一体化典型功能场景，以统一标准推进规模化应用	63
五、车路云一体化发展建议	65
附录 1：车路云一体化企业实践	67
一、车路云一体化提醒预警案例	67
（一）蔚来汽车 100%标配 5G+C-V2X 能力	67
（二）上汽集团 C-V2X 应用量产上车	68
（三）一汽车路云一体化功能落地	69
（四）蘑菇车联基于 C-V2X 的提醒预警服务	70
（五）奥迪 V2V、V2N 应用投放使用	71
（六）腾讯云移动终端提醒预警服务	72

(七) 广州大规模存量车 C-V2X 功能常态化运营	73
二、车路云一体化辅助驾驶/自动驾驶案例	74
(一) 蘑菇车联车路云一体化自动驾驶案例	74
(二) 友道智途智能重卡列队跟驰案例	76
(三) 卡尔动力混合智能编队案例	77
(四) 中国移动远程遥控案例	79
(五) 清华大学预测性节能巡航(CPCC)应用	80
(六) 博世基于 C-V2X 的驾驶辅助端到端系统解决方案	82
(七) 星云互联基于 C-V2X 的网联协同驾驶案例	84
(八) 中信科智联 C-V2X&ADAS 融合型域控制器解决方案	85
三、智能化基础设施案例	87
(一) 蘑菇车联路侧基础设施产品	87
(二) 中信科智联 C-V2X 端到端系列产品	88
(三) 万集科技路侧基础设施产品	91
(四) 云控智行路侧感知产品	92
(五) 星云互联通信、感知、决策一体智能交通解决方案	93
(六) 中国移动 5G-A 通感一体化产品试商用	96
四、云平台案例	97
(一) 国汽智联云控基础平台	97
(二) 蘑菇车联智慧交通 AI 云平台	101
(三) 云控智行云控基础平台	103
(四) 联通智网 5G 车路协同服务平台	105
参考文献	108

前言

2024年1月，工业和信息化部、公安部、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部五部委联合组织开展的智能网联汽车“车路云一体化”应用试点工作正式启动，并于7月公布了首批20个试点城市（联合体）名单。当前，各试点城市正积极布局车路云一体化系统建设。

在前期车联网规模化部署和推广的背景下，各企业已积累了一定的实践经验，各地方在服务智能网联汽车测试运营总体目标前提下，已形成了不同的建设特点。为进一步推动产业链中车端、路侧、云端的技术发展，推进城市级车路云一体化规模化建设与应用，本报告对当前的企业实践与地方实践中的典型案例进行总结和归纳，汇编成《车路云一体化实践应用白皮书》，以为业界提供参考和启发，共同推动产业发展壮大。

《车路云一体化实践应用白皮书》由中国汽车工程学会、中国智能网联汽车产业创新联盟牵头，联合行业企业共同编制，调研与收录了近5家整车企业、13家设备与系统供应商、解决方案供应商等企业的技术实践，以及20个城市、高速、特定区域的地方实践，形成45项典型实践案例集。

受产业技术条件的限制，此次收集案例仅代表行业当时水平能力，其中部分技术案例尚不能够达到车路云一体化的理想技术状态，不能完全代表未来车路云一体化产业的发展方向。同时，车端、路侧、云端与网络的技术发展应符合《车路云一体化系统建设与应用指南》等建设文件的具体要求，不应以个别企业的技术产品和服务发展视为车路云一体化系统发展的总体目标。报告如有误漏之处，请广大读者批评指正。

免责声明

本报告的编写参考了大量公开发布的相关技术资料，并吸取了企业单位所提交的案例材料。编写组虽尽力对报告内容进行核实与校对，但受时间和水平所限，报告“附录 1 车路云一体化企业实践”部分，所有提交资料的真实性、完整性由各企业负责。

一、车路云一体化发展是必然趋势

1.1 各国积极探索智能化网联化融合发展路径，车路云一体化概念确立

从国内外智能网联汽车发展现状和趋势可以发现，单车智能发展路径面临的安全长尾问题短期内难以得到有效解决，因此各国已经开始探索智能化网联化融合发展路径。在此背景下，我国率先提出依托 C-V2X 发展车路云一体化智能网联汽车创新性发展路径，2023 年 5 月，在多位院士和众多行业专家指导下，中国汽车工程学会、中国智能网联汽车产业创新联盟和国家智能网联汽车创新中心牵头发布了《车路云一体化智能网联汽车发展白皮书》，明确了车路云一体化智能网联汽车定义、内涵与系统组成。

车路云一体化智能网联汽车是基于车路云一体化融合的系统架构，具有分层解耦、跨域共用两大技术特征，且满足我国基础设施、联网运营、新架构汽车产品三类标准的新一代智能汽车。车路云一体化智能网联汽车由智能网联汽车、智能化路侧基础设施、云控平台等三大主体，以及通信网、相关支撑平台、其他交通参与者等共同组成。

车路云一体化智能网联汽车架构，是在统一的架构设计下，利用新一代信息与通信技术，实现车端、路侧和云端各自架构的融合和协同，形成协调一致的基础层、平台层和应用层的三层架构。进而将物理空间下的人、车、路、网、云等系统要素，在信息空间内融为一体，最终建立起完整视角下的智能网联汽车信息物理系统架构。

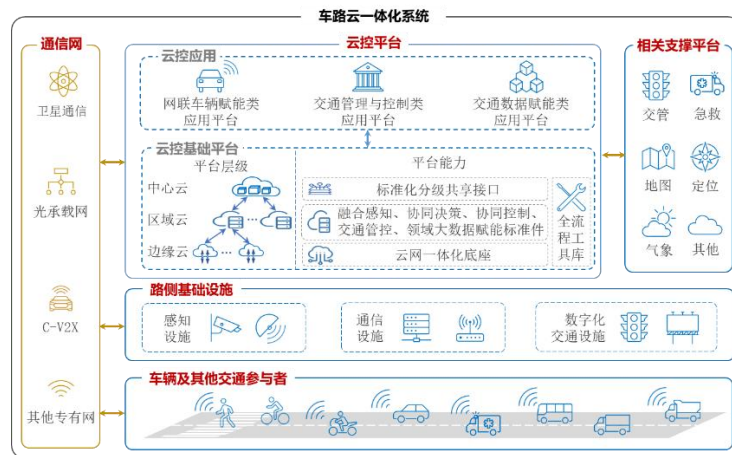


图1 车路云一体化智能网联汽车系统示意图

2024年1月，工业和信息化部（以下简称“工信部”）、公安部、自然资源部、住房和城乡建设部（以下简称“住建部”）、交通运输部（以下简称“交通部”）联合发布《关于开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点的通知》（以下简称“车路云一体化试点”），进一步指出车路云一体化技术是推动我国智能网联汽车规模化产业化应用的关键所在。

1.2 车路云一体化解决系统问题，是智能网联汽车规模化应用的必然趋势

单车智能与车路云一体化不是两条独立的技术路线，单车智能解决单点问题，车路云一体化解决系统问题，两者具有相互促进作用，一方面单车智能是实现车路云一体化的重要基础，另一方面车路云一体化有助于解决单车智能无法克服的挑战，可从增强全局安全、提升全局效率、解决全局博弈以及降低能耗等方面为单车智能提供赋能作用。

（1）车路云一体化解决复杂特殊场景问题

当前自动驾驶发展到了临界点，受限于视角与物理环境，在面对复杂道路环境场景会出现感知长尾、检测与反应延迟、混行交通博弈等问题导致切换人工驾驶，无法实现自动驾驶连续无接管安全运行。车路云一体化技术路线，通过提供全局感知信息、决策控制信息，实现对车辆、交通管控设施和交通环境的优化，既可提高安全行驶的水平，保障车辆安全通过 ODD 限制场景，还可在部分场景或功能下降低单车算力需求与开发成本。因此要突破产业发展的瓶颈，车路云一体化路线已成为必然趋势。

（2）车路云一体化解决信息全面性问题

基于车路云一体化系统获取的实时数据具有整体完备性，且数据规模更大、类型更为丰富。道路基础设施资源与交通动态数据有效补充了传统车端自动驾驶环境感知的不足，能够更好地解决全局安全与全局效率问题。同时，依托车端、路侧、云端的底层基础平台，可实现所有行驶车辆的信息动态实时交互，真正推动数据的共享、开发与运营，为自动驾驶（基础）大模型的构建奠定基础，并加速车路云各要素算力协同、架构演进。

（3）车路云一体化总体收益更高

车路云一体化技术路线在实施过程中虽然面临大规模基础设施建设方面的阻碍，但从更高维度看，已经成为推动城市数字化转型的关键因素。该路线能够实现不同行业间业务数据的打通融合，迫使产业建设从烟囱式发展向平台使能架构加速演进，推动掌握物理世界的全局发展与精细变化，实现个体智能向协同智能的跨越式发展，为自动驾驶与智能交通、智慧城市的协同发展提供有力支撑。

二、车路云一体化产业发展概况

2.1 国外智能化网联化融合迈入高速发展期

近年来，全球智能网联汽车加速发展，面对单车智能存在的产业化挑战，考虑到网联化的赋能作用，许多国家和地区通过政策引导、技术路线图研究、示范项目等方式，开始智能化网联化融合发展路径的探索。

美国加速 C-V2X 车端和路侧部署，制定全域覆盖计划。2023 年 4 月起，美国联邦通信委员会（FCC）分 4 批共批准 50 家成员规模部署 C-V2X 设备，包括部分汽车厂商和州交通部等^[1]。2024 年 8 月，美国交通部（USDOT）发布了 C-V2X 技术国家部署计划，制定短期、中期和长期三个阶段的部署目标，计划在 2036 年实现高速公路车联网应用全覆盖，75 个大城市的十字路口覆盖率达到 85%。美国交通部联邦公路管理局(FHWA)向亚利桑那州、德克萨斯州、犹他州提供 6000 万美元促进 C-V2X 技术部署。

欧盟立法推动 ITS 部署，多国开展 5G/LTE-V2X 应用场景示范验证。2023 年 10 月，2010/40/EU《关于在公路运输领域部署智能运输系统的框架以及与其他运输方式的接口》修正案发布，作为支持统一协调部署智能交通系统（ITS）的首部立法，该指令扩大了实施范围与实施时间，对 ITS 可为车路协同、自动驾驶、多式联运提供的数据服务提出要求^[2]。在“Horizon Europe”等科技政策框架下，德国、法国、奥地利、意大利等多国在境内和跨境地区开展协同自动驾驶示范项目，研究包括协作式交叉口通行、协作式变道/超车、盲区预警、编队行驶、CACC、自动泊车及路径规划等功能^[3]。

日本稳步推动智慧交通建设，提升网联功能搭载率。2022 年，日本内阁政府设立的推动创造战略性革新规划（SIP）中 SIP-adus 项目完成第二阶段建设，

推动动态地图平台与网联信息相结合，共同服务自动驾驶。并初步提出基于 V2X 的协同驾驶自动化路线图，预计 2035-2040 年实现自动驾驶车辆 V2I 功能搭载率 30%，自动驾驶车辆 V2X 搭载率 50%。2023 年 3 月，日本警察厅结合 SIP 网联应用研究发布《面向协同型自动驾驶系统信息提供的研究报告》，逐步探索信号灯信息的提供方法与保障措施。2023 年，日本总务省开展用于协作式自动驾驶的下一代 ITS 通信技术的研究项目。

韩国明确支持 C-V2X 技术发展，网联通信技术纳入新车评价规定。2023 年 12 月，韩国科学技术信息通信部（MSIT）和国土交通部（MOLIT）表示，韩国新一代智能交通系统（C-ITS）将使用 LTE-V2X 技术作为唯一车联网通信标准。2023 年 2 月，韩国国土交通部（MOLIT）发布 KNCAP 测试规程下的 C-V2X 车载通信单元试验验证方法（KNCAP TP-SS-9），文件规定了 C-V2X 技术可支持的 10 种主动安全功能。

2.2 我国车路云一体化产业发展现状

2.2.1 技术创新能力大幅提升

L2 和 L4 级别智能网联汽车产业应用步伐持续加快，随着驾驶辅助技术逐步成熟、成本持续降低，以及消费者接受度不断提升，车企正在加快 L2 级组合驾驶辅助功能的前装导入，2024 年 1-2 月，中国 L2 级乘用车渗透率已达到 51.9%。随着《智能网联汽车准入和上路通行试点》的发布 L3 级有条件自动驾驶、L4 级自动驾驶开始从测试示范迈向商业化运营。

智能网联汽车关键技术加速突破，国产车载大计算芯片性能与工艺快速提升，座舱芯片进入 3nm 时代，智驾芯片进入 5nm 时代；整车/跨域 OS 成为行业热点，中国车用操作系统开源计划公布，国产化 OS 百花齐放；电子电器架构从域集中走向域融合，多域融合+中央计算平台的架构开始落地；智算数据平台成为支撑智能驾驶算法迭代的重要工具，车企逐步构建智算数据平台服务自动驾驶研发^[4]。

C-V2X、5G 商业化应用步伐加快，5G 车载通信模组、C-V2X 直连通信模组成本逐步下降，5G 与 C-V2X 直连通信逐渐以互补方式差异化服务车联网应用^[5]；电信运营商和设备商积极推动行业虚拟专网、网络切片、QoS 监测等 5G

关键技术与解决方案研究；并且，从 2018 年起相关行业组织陆续组织系列车联网先导应用实践活动，示范场景包括提醒预警、协作式变道、协作式自适应巡航、5G 远程遥控驾驶等应用场景。

基础设施与云控基础平台成熟度不断提升，路侧感知系统向集成化、高性能演进，融合算法由单点融合走向跨域融合；由边缘云、区域云和中心云组成的三级云控基础平台架构已成为行业共识，数据与能力的分层解耦和跨域共用成为趋势。

2.2.2 基础设施建设全面提速

随着我国 C-V2X 系列标准的日趋完善，产业逐步从实验室测试发展到外场应用实践，各地区结合智能网联汽车发展状况，依托地区优势、特色资源，积极探索和建设示范区，推动各地方向规模化商用落地发展。工信部已先后批复江苏（无锡）、天津（西青）、湖南（长沙）、重庆（两江新区）、湖北（襄阳）、浙江（德清）、广西（柳州）创建国家级车联网先导区；住建部与工信部确定北京、上海、广州、武汉、长沙、无锡、重庆、深圳、厦门、南京、济南、成都、合肥、沧州、芜湖、淄博等 16 个城市为智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展试点城市，积极推进车联网基础设施建设，强力打造国内车联网先导性应用示范；自然资源部启动北京、上海、广州、深圳、杭州、重庆六个城市作为智能网联汽车高精度地图应用的试点城市，加强自动驾驶相关地图全流程地理信息安全管理；工信部、公安部、自然资源部、住建部、交通部确定北京、上海、重庆、鄂尔多斯、沈阳、长春、南京、苏州、无锡、杭州—桐乡—德清联合体、合肥、福州、济南、武汉、十堰、长沙、广州、深圳、海口—三亚—琼海联合体、成都共计 20 个城市（联合体）为智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市，推动车路云一体化建设。同时各省市分步开展智慧高速试点示范推广工作，据不完全统计我国有超 9000 公里高速公路已经和将要在其部分路段开展智慧高速建设工作^[6]。目前，路侧基础设施建设超过 8700 余套，5G 基站开通超过 399.6 万座，车联网示范区和试点城市经过数年发展，已经覆盖了全部一线、中东部二线等重点城市，辐射效应已经形成。

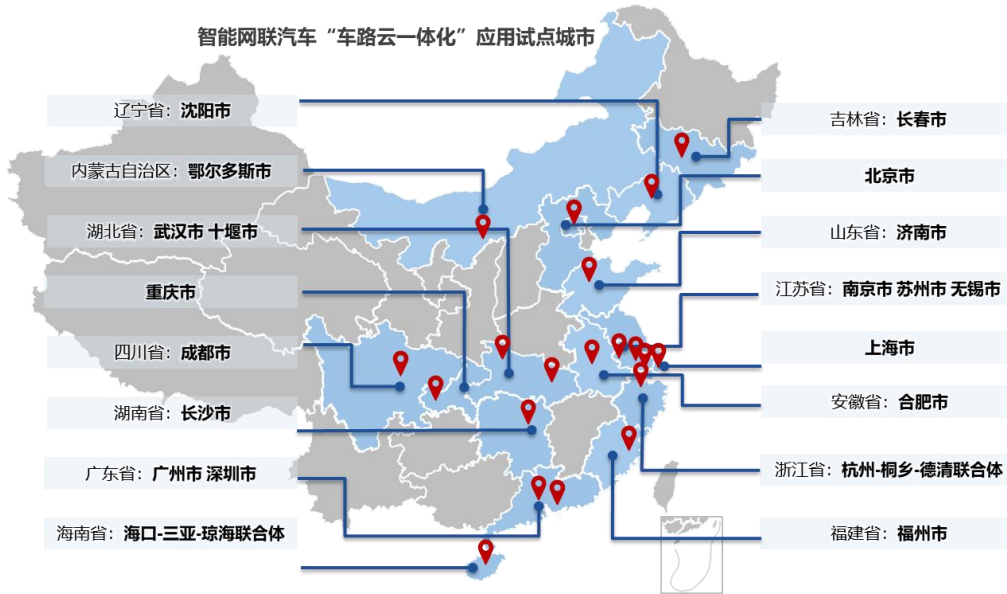


图 2 智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市

2.2.3 标准体系基本完善

我国主推 C-V2X 技术，全国汽车、智能运输、通信及交通管理四方标准化技术委员会高度重视 C-V2X 标准的推进工作，签署了《关于加强汽车、智能交通、通信及交通管理 C-V2X 标准合作的框架协议》，基本完成了 C-V2X 总体架构、空中接口、安全、接入层、网络层、消息层等技术标准和测试规范，以及车载、路侧、基站、核心网等设备技术要求和测试方法的基础标准制定^[7]。联盟、学会等社会组织也在积极推动相关标准研制，如 IMT-2020（5G）推进组 C-V2X 工作组、中国通信标准化协会（CCSA）、中国智能交通产业联盟（C-ITS）、中国汽车工程学会（C-SAE）、中国智能网联汽车产业创新联盟（CAICV）、中关村车载信息服务产业应用联盟（TIAA）等。在各级政府部门和相关标准化组织的共同努力下，我国已经初步形成较为完备的车联网 LTE-V2X 全协议栈标准体系^[1]。

2023 年 9 月，为进一步推动我国车路云一体化跨行业跨区域标准协同，中国汽车工程学会、中国汽车工业协会、中国道路交通安全协会、中国公路学会、中国测绘学会、中国智能交通产业联盟、智能汽车与智慧城市协同发展联盟等 7 家行业组织签署《智能网联汽车车路云一体化融合标准联合研究合作备忘录》，标志着来自汽车、交通、公安、测绘、住建等行业的 7 家行业组织对车路云一体化的发展理念形成共识，共同开启车路云一体化标准协同建设的新阶段。

2024年，中国汽车工程学会、中国智能网联汽车产业创新联盟联合各跨行业标准化组织及相关单位，牵头开展车路云一体化标准体系及应用试点推荐标准的研究工作，以标准引导和规范车路云一体化应用试点。

2.2.4 安全保障体系初步建立

近年来，《网络安全法》、《数据安全法》、《个人信息保护法》等法律法规的相继出台，《汽车数据若干管理规定（试行）》、《关于加强车联网网络安全和数据安全的通知》、《汽车出境安全评估办法》等政策文件的逐步实施，《车联网网络安全和数据安全标准体系建设指南》、《国家车联网产业标准体系建设指南(智能网联汽车)(2023版)》等车联网数据安全标准体系与关键标准的逐步完善，为车路云一体化大系统下的网络安全和数据安全合规管理奠定了重要基础，为数据应用与市场化流通探索提供助力。

为实现C-V2X应用场景的安全通信，2021年，工业和信息化部开展了“车联网身份认证和安全信任试点工作”，从“车与云”“车与车”“车与路”“车与设备”四个方向推动构建车联网身份认证和安全信任体系。汽车、通信、交通、公安等行业研究机构对身份互认体系开展研究。其中，中国信息通信研究院支撑建立工业和信息化部车联网安全信任根管理平台，有效支撑实现C-V2X跨地区、跨企业互信互认。

在功能安全方面，随着汽车电子电气化程度的提高，以及智能网联汽车所处复杂信息物理系统导致的车路云泛在互联、协同运行的特征，功能安全风险从车辆本身系统功能不足、性能局限和人为误操作导致的危害，扩展到与外部车辆或设备的通信、路侧设施、云平台、无线信道等^[8]。随着车企和设备供应商对车路云一体化系统功能安全的认知和需求的提升，我国联盟、学会等社会组织和研究机构逐步开展相关研究。中国智能网联汽车产业创新联盟提出《基于LTE-V2X预警类应用的功能安全分析》、并与IMT2020(5G)C-V2X工作组联合开展《车联网路侧系统功能安全研究》等系列工作，将逐步构建完整的车路云一体化功能安全流程体系，保障网联功能的商业化落地。

三、车路云一体化技术实践

3.1 车路云一体化技术分析

3.1.1 网联协同场景逐步产业化，C-ADAS/C-ADS 功能有望成熟落地

2023 年 1 至 12 月，国内乘用车新车市场车联网前装标配 1653.69 万辆同比增长 23.69%，搭载率 78.31%。其中前装配备 5G 技术的车型 173.73 万辆(含选装)，同比增长 272.42%，搭载率 8.23%；前装配备 C-V2X 技术的车型 31.13 万辆，同比增长 83.12%，搭载率 1.48%。一汽、上汽、广汽、北汽、长城、蔚来、华人运通、奥迪等 10 余家车企已实现了基于 LTE-V2X 的 V2V、V2I 等提醒预警应用的前装与后装量产，并根据路侧、云端真实服务能力持续优化提醒预警功能。2024 年，中国新车评价规程(C-NCAP) 2024 版测试规范发布，提出通过 C-V2X 技术支持解决前方有遮挡静止车辆提醒（CCRH）、有遮挡的十字路口交叉碰撞预警（C2C SCPO）、闯红灯预警（TSR）三项功能测试。中国智能网联汽车技术规程（C-ICAP）2024 版提出在高速度前车切出场景中应用 C-V2X 技术。两项测评规范的修订，推动国内汽车制造商在车辆设计和生产阶段考虑搭载 C-V2X 通信技术以提升车辆安全性能与智能化评级。

车路云一体化辅助驾驶与自动驾驶尚处在技术与产品更新迭代阶段，网络运营商与设备供应商及解决方案供应商以车路云一体化辅助驾驶和自动驾驶量产为目标，研究包括赋能智慧公交、智慧环卫、智慧出行乘用车、城市物流、公路物流等应用，以及支持 C-V2X 信息融合的智能驾驶域控制器等基础软件与硬件，促进网联融合应用的加速成熟落地。

3.1.2 C-V2X 供应链完善，整车域集中式架构驱动车端通信产品升级

依托 C-V2X 技术，我国车联网产业链条日渐完善，多厂家供货环境已经形成，从 C-V2X 车联网芯片到通信模组和终端产品基本成熟。

目前，我国企业研制的车载通信芯片技术能力已达到或接近同期国际水平，如宸芯科技、华为、紫光展锐等企业已实现 C-V2X、4G、5G 等芯片量产商用，

其中吞吐率、时延、功耗、可靠性等关键指标与高通等国际主流产品相当，可满足智能网联汽车的车与车、人、路、云之间海量信息交互需求。中信科智联、星云互联、万集科技、蘑菇车联等企业陆续推出车端通信硬件及软件产品，可基本满足低时延、高可靠的车联网安全类应用需求。

车载模组作为实现智能驾驶、智能座舱应用的核心器件，随着网联功能的逐步推广，车载模组需求加速释放，主要呈现 4G 单模、5G 单模、C-V2X 单模和 5G+C-V2X 双模等产品形态。其中，4G 车载模组主要应用于中低端车型，5G 车载模组自 2020 年起市场份额逐渐提升。

随着技术的不断演进，车载通信模组的集成度逐步提升，在具备 5G 和 C-V2X 通信功能的基础上，进一步集成了全球导航卫星系统（GNSS）、高性能应用处理器以及硬件安全模块（HSM）等功能，为车载通信终端的设计提供了更高的便利性。在技术指标方面，通信模组的 5G 通信速率可达 4Gbps，C-V2X 通信速率达到 31Mbps，端到端通信时延平均低于 20ms。在可靠性方面，模组可满足 AEC-Q104 测试标准的要求，例如其工作温度范围一般可覆盖-40~+85℃。随着电子电器架构向域集中式发展，车载模组的处理能力和计算能力将进一步提升，以满足智能座舱域的软实时性要求和智能驾驶域的高功能安全及性能需求，从而实现智能座舱和智能驾驶功能的集成^[9]。

整车企业	
通信芯片	
通信模组	
终端及设备	
CA与安全	
测试验证	

图 3-1 C-V2X 通信产品产业链^[1]

3.1.3 网络服务能力持续提升，前沿技术融合程度加深

当前 5G 网络城市道路覆盖率达到 95%以上，由智能网联汽车与个人用户共享无线网络资源^[10]。LTE-V2X 直连通信在部分城市重点区域和路段实现部署。5G 与 LTE-V2X 直连通信等无线通信技术与光纤网络已形成多网融合的信息通信网络，提供广覆盖、低时延、高可靠、大带宽的网络通信服务^[11]。

2023 年，中国信息通信研究院联合中国移动、中国联通、中国电信等运营商，华为、中兴等设备商，以及广汽等车企，分别在无锡、上海、重庆、常州等地验证了不同 5G 网络架构下的车联网信息交互类、协作感知类、远程遥控驾驶类业务的通信性能^[11]，同时各企业间也在积极组织测试示范活动¹，为 5G 车联网商用提供数据支撑。LTE-V2X 直连通信已同样经过仿真实验、实际道路测试等多渠道验证，表明可满足辅助驾驶与自动驾驶的严苛数据交互要求。目前，行业中逐步开展 LTE-V2X 直连通信与 5G 网络跨网业务协同的技术研究，以期向更广泛的车联网终端提供服务。

未来，随着 5G Advanced (5G-A) 和 6G 技术的不断推进，C-V2X 通信作为核心连接能力，将通过持续演进在低时延、高可靠性、高系统容量、高精度定位和高频谱利用效率等关键性能指标上显著提升。此外，蜂窝通信与直通通信的深度融合、C-V2X 与卫星通信的融合趋势，将实现更广泛的网络覆盖与无缝连接，为空天地一体化的通信提供技术支撑，进一步提升系统整体效能并扩大其在车联网中的应用范围。

3.1.4 路侧感知与计算产业生态构成丰富，技术研发创新持续加大

路侧感知系统是实现车路云一体化技术路线的重要组成部分，是实现高维视角下交通全局最优化的基础保障。雷视一体机等路侧感知-计算一体化的发展趋势，使得路侧感知系统作为感知输出及初次处理的载体，提升了数据融合能力及易用性。处在验证阶段的通感一体技术作为 5G-A、6G 的典型技术之一，将在通信技术基础上，提供车联网所需定位、测距、测速、成像等多元化能力，增强对目标特征的分辨精度。

¹天翼交通携手苏州电信、中兴通讯在苏州推进 5G 智慧交通服务业务验证，北京移动携手蘑菇车联在北京亦庄测试车云通信端到端通信时延及处理时延等。

目前，根据中国信息通信研究院在广西柳州、浙江德清、江苏无锡等地多个点位、不同供应商、不同位置的测算数据显示，在部署了路侧感知系统的路口路段，约有 70%的面积可达到 1.5 米以内的定位精度，90%的面积可达到 5 米以内的定位精度^[11]，可支撑部分智慧交通、驾驶员提醒类应用。

路侧感知领域的产业生态构成逐渐丰富，涵盖了操作系统供应商、软件供应商、硬件供应商、芯片供应商、系统集成商、建设运营单位等。其中部分企业由传统安防设备供应商演化而来，正逐步探索复用城市物联网感知设备到智能网联汽车项目中。但在工程落地上也仍面临很多问题，例如传统交通传感器统一接入视频专网，对数据共享较为保守，且在传统设备覆盖范围，感知、通信性能等存在难以支持智能驾驶要求的风险。

并且，当前服务于智能驾驶的智能化感知设备种类繁多，产品功能及应用能力良莠不齐，多系统间缺乏有效的融合开放和集成能力。行业中独立系统或平台由一家软硬件供应商和系统集成商开发建设成为普遍现象，造成了软件和硬件紧密耦合、捆绑用户的情况出现^[12]。一旦智能化路侧设施大面铺开，由于企业之间的产品兼容性有别，软硬件解耦不充分，后续迭代会面临巨额成本。

为解决上述问题，各家在路侧感知能力提升上不断发力。例如，中信科智联、云控智行、蘑菇车联、万集科技等通过边缘云计算扩展路侧感知系统的处理能力，实现多传感器一体机集成方案；其中蘑菇车联、万集科技结合激光雷达的路端感知方案，已通过 YD/T 4770 “SL3”级（自动驾驶类应用）感知能力检测要求；中国移动、中兴通讯、华为等依托 5G 低频和毫米波的通感融合提升感知能力。此外，行业内在积极促进路侧操作系统开放共享，通过统一宏观规划和架构设计，实现多设备连接，为上下游生态搭建统一的技术和数据底座。



图 3-2 智能化路侧基础设施产业链

3.1.5 云控平台逐步形成标准化接口，云控应用产品不断涌现

2023 年，中国智能网联汽车产业创新联盟发布《车路云一体化系统白皮书》，提出建设具有“分层解耦、跨域共用”特征的云控基础平台，作为产业解决方案，解决现有信息化平台建设过程中传统的烟囱建设模式，实现基础平台和应用平台的功能分离、分级共享。针对云控基础平台服务对象、服务实时性要求与服务范围不一等特性，设计了边缘-区域-中心三级云分层结构，形成物理分散、逻辑协同的云计算中心，三类服务需求对象与功能各不相同，服务实时性要求逐级降低^[13]。目前云控基础平台在北京、重庆等地部署，负责汇聚车辆、交通等动态基础数据，并基于云控基础平台开发面向各类不同服务对象的云控应用。车企、上下游产业企业、政府职能部门、个人用户将通过云控应用直观感受云控平台的服务。

在云控基础平台基础能力建设方面，国汽智联、云控智行、西部智联、蘑菇车联等技术服务商形成基于边缘云、区域云和中心云领域的特定标准件，以应用服务总线、开发服务总线、信息交换等形式提供标准化服务^[14]。云控智行、联通智网在云网一体化底座方面，以车云、路云、云云网关等形式的软件产品为主，实现车、路、云端交通动态数据的标准化采集、存储与处理。

在云控应用方面，百度地图、腾讯地图、高德地图根据各地数据对接情况，通过应用程序、小程序、后视镜等多种渠道为用户提供信息提醒预警类服务。淄博、武汉、无锡、柳州、成都等多个城市开发专用出行应用程序或将相关功能集成到便民应用程序，向用户提供交通信息服务^[11]。

目前云控基础平台相继建立、云控应用产品不断涌现，但是仍然存在云控系统运行机制不明确，不同层级之间耦合性强等问题，限制车路云一体化系统无法形成服务产业的生态闭环^[15]。因此，行业内应积极建立车路云一体化系统架构设计方法，明确运行机制，构建基础平台和云控应用相辅相成的产品市场体系。

3.1.6 三级云算力资源部署方案逐步明确，服务能力加速构建

云控基础平台的应用深化、效能发挥，离不开算力基础设施支持。作为云控基础平台的信息基础设施，在算力资源物理部署方面，部分城市已自建数据中心，云服务商和网络运营商可提供较为成熟的公有云算力基础资源^[10]。截至2023年，我国数据中心算力总规模达到230 EFLOPS，位居世界第二^[16]，已有超过30座城市布局智算中心。电信运营商为代表的企业在加速构建算力网络，探索边缘云、区域云在运营商网络体系内的服务节点进行部署，提供完整的运维体系保障，也联合行业开展MEC与C-V2X融合试验床验证，评估其计算、存储等能力。

软件技术方面，国内以阿里云、腾讯云、华为云为代表的云服务商取得了较好的进展，总体与国际先进水平相当。在智能网联汽车多模态生成等特定模型、使用模型自动调优和数据智能标注等特定服务方面与国际先进水平相比具备局部领先优势^[15]。然而对于车路云协同大模型，仍然存在云端决策结果实时性、可靠性不足，车端难以采信等问题。行业内正在通过预测性决策技术、统一接口技术提高云端系统的高效集中处理速度和决策效果。

硬件技术方面，国内云系统受制于高性能通用CPU、GPU的国产化进展，仍然主要采用国外厂商如Intel或AMD的X86服务器^[17]。国产人工智能算力芯片在技术完整度和生态丰富度上还存在差距，有望通过建设人工智能芯片并行集群数据中心进行追赶。

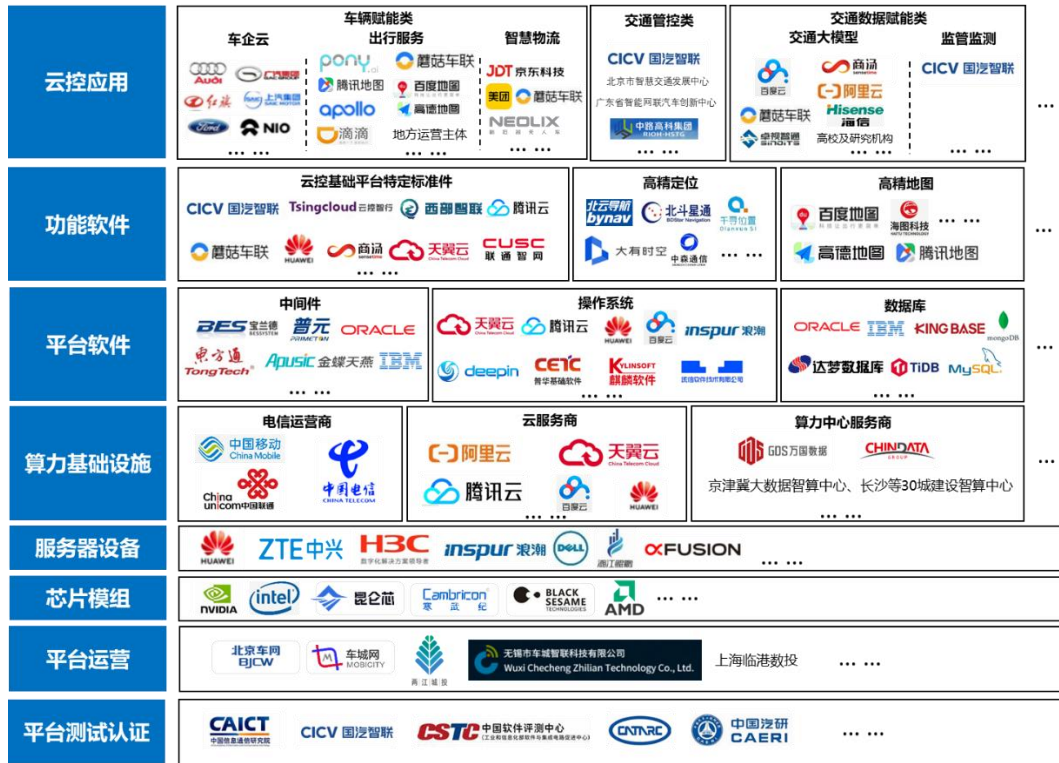


图 3-3 云控平台产业链^[16-18, 19]

3.2 车路云一体化企业实践分享

车路云一体化企业实践案例，展示了来自国内外车企、设备供应商、网络运营商、车路云一体化解决方案供应商、高校与地方政府在国内开展的 25 项技术研发和应用落地，包括车端提醒预警、辅助驾驶/自动驾驶功能案例、智能化基础设施及云平台案例。在车路云一体化试点建设如火如荼开展之际，力求能高效整合各方资源，实现供需双方的良好衔接，为试点城市建设提供指导。本报告 25 项案例见表 1，详情见附件 1。

表 3-1 车路云一体化技术实践汇总表

序号	案例名称	案例描述	公司名称	地区
1	蔚来汽车已实现 100% 标配 5G+C-V2X 能力	2022 年 3 月，蔚来交付第二代整车平台架构（NT2 平台）的首款车型 ET7，从 ET7 开始蔚来实现全系标配 5G+C-V2X 能力。截至目前，NT2 平台 20 余万辆在售车型已实现 100% 标配 5G+C-V2X 能力，主要聚焦信号灯显示、工厂自动下线两个网联化应用场景。	蔚来	多地
2	上汽集团推进智能网联汽车 C-V2X 应用量产上车	2024 年，上汽飞凡汽车 F7 和 R7 车型已实现 V2X 应用场景的大规模量产上车，分别通过直连通信和蜂窝通信链路，实现信号灯展示、绿波引导、限速预警、道路危险状况提示、道路施工、车内标牌、异常停车预警等十余类场景。	智能汽车创新发展平台	多地
3	一汽积极开展车路云一体化功能落地	一汽积极开展车路云一体化功能场景落地工作，已经在一汽红旗、一汽大众等品牌实现了量产应用。2020 年，红旗国内首发前装量产基于 C-V2X 的 E-HS9，实现万辆级规模化部署。2024 年，红旗 EH7、新一代大众迈腾等多款车将搭载 V2X 功能上市，并具备 C-NCAP 新增 3 项通过 C-V2X 技术支持的功能。	一汽	多地
4	蘑菇车联提供基于 C-V2X 的提醒预警服务	蘑菇车联推出蘑菇知途系统，包括 APP 与 SDK/API 多个形态，可基于 C-V2X 事件预警、协同感知的能力，面向用户实现了全局导航、基本安全信息预警、道路交通事件提醒、行车报告等功能，为车主提供安全和信息服务的综合性产品。知途 SDK/API 提供 C-V2X 事件、协同感知的数据服务，支持第三方基于 SDK/API 进行二次开发，实现服务能力的用户快速触达。	蘑菇车联	多地
5	奥迪 V2V、V2N 应用已投放使用	奥迪是国内首个获得 V2X 偏转插件的车企。2021 年，奥迪 A6L 开始投放基于 V2N 和 V2V 技术的交通信号灯信息系统功能、危险信息提示和危险信息警告功能。并推广到奥迪 A4、奥迪 Q5。目前，累计生产的奥迪 A6L 中选装 V2X 功能约为一万台，自 2022 年开始奥迪 A6L 选装 V2X 功能高于 5%，用户规模不断壮大。	奥迪	多地
6	腾讯云打造移动终	腾讯云于 2021 年开始上线提供给移动终端的提醒预警功能，提升信息服务触达 C	腾讯云	天津西青、重庆两

序号	案例名称	案例描述	公司名称	地区
	端提醒预警服务	端的能力。腾讯云提出 5G+LTE-V2X 云端决策的技术路线，通过手机 app、小程序、车载后视镜等获取实时信息，融合基于 5G 公网的云端决策以及基于 LTE-V2X 直连通信的车端决策的 5G“泛 V2X”技术框架，突破 C-V2X 服务必须依赖专用车载硬件的束缚。目前，基于移动终端的提醒预警功能主要包括红绿灯信号同步、绿波通行、路侧事件同步、弱势交通参与者预警等。		江、成都龙泉驿、襄阳、柳州等地区
7	广州实现大规模存量车的 C-V2X 功能常态化运营	2024 年 1 月，广东省推动 10400 辆如祺网约车、公交车进行 C-V2X 车载终端搭载改造，实现试点运营车辆 100%智能化改造，成为全国首个车联网常态化运营车辆破万的城市。后装车辆可实现 16 种分类场景预警、55 种细分预警场景提示。	广东省智能网联汽车创新中心、如祺出行等	广州
8	蘑菇车联车路云一体化自动驾驶案例	蘑菇车联的 L4 级自动驾驶小巴、自动驾驶清扫车、自动驾驶观光车、自动驾驶出租车及自动驾驶功能车在内的全车型，均已全面搭载自主研发的 5G、LTE-V2X 车载终端。该终端通过实时接收路侧单元和云端计算平台提供的环境感知信息与决策规划指令，进而辅助车辆做出更为精准的决策，提高车辆自动驾驶整体解决方案的安全性与可靠性。	蘑菇车联	北京、上海、天津、浙江、辽宁、湖南、云南、青海、内蒙古、四川等地区
9	友道智途智能重卡列队跟驰案例	友道智途的列队跟驰方案可实现在 5 车列队行驶状态下，列队车辆间毫秒级的车辆实时规划和控制指令共享，在时速 70-80 公里实现车车 20-22 米间距，以及自动编组和解组、跟车、车道保持、绕道换行、紧急制动等队列行驶功能。目前已累计投放 109 辆 L4 级智能重卡在上海洋山港，实现集装箱规模化智能转运。	友道智途	上海
10	卡尔动力混合智能编队案例	卡尔动力的混合智能编队方案能够实现有人驾驶 L2 级功能的领航车辆作为头车，引领多辆（2-5 辆）无人驾驶 L4 级卡车行驶，车车间 C-V2X 通信延时达到百毫秒级别。卡尔动力有超过 150 台自营车队规模，在北京、内蒙、华北、西北地区开展测试运营，截至 2024 年 10 月初，累计运输大宗货物超 6500 万吨公里，示范运营总里程超 900 万公里，运营年化收入规模达 3 亿元。	卡尔动力	北京、内蒙、华北、西北地区

序号	案例名称	案例描述	公司名称	地区
11	中国移动远程遥控案例	中国移动研发远程驾驶系统，基于4G/5G/局域网络，按照“一人一舱，一舱多车”的配置，在减少人员投入情况下实现智能化车辆控制。目前，远程驾驶系统已在低速无人车、矿卡、港口、接驳、特种作业等多个场景中落地，性能可达到多路视频流端到端平均时延小于150ms。	中国移动	天津、武汉、青岛、成都、广东、内蒙古等地
12	清华大学预测性节能巡航(CPCC)应用	清华大学研发了基于云控系统的预测性节能巡航(CPCC)应用场景。通过与单车定速巡航模式进行了累计超2000km测试，CPCC模式下最大节能率提升近6%，平均节油率提升3%左右。清华大学已和陕汽、柳汽等重型卡车厂商开展联合实车部署与产品开发，同时与一汽合作向电动乘用车进行应用技术开发与测试。	清华大学	多地
13	博世基于C-V2X的驾驶辅助端到端系统解决方案	2016年起，博世在全球范围内对基于C-V2X的驾驶辅助端到端系统解决方案展开研究，可满足不同功能安全等级的车辆功能对于车路协同系统的安全要求。博世自研车路协同车控软件与上汽、大众、宝马等车企开展技术方案验证，通过C-V2X信息与单车视觉、雷达感知结果融合，实现Day2场景应用。	博世	无锡、苏州、上海
14	星云互联基于C-V2X的网联协同驾驶案例	星云互联实现了车端的V2X量产应用，并开展技术预研，利用C-V2X技术弥补单车存在感知盲区，特殊环境下网络通信受限等不足，逐步实现协同预警、协同辅助驾驶及协同自动驾驶功能。其中协同驾驶案例包括绿灯起步提醒、感知数据共享、红绿灯智能启停、车辆编队、无人矿卡等应用。	星云互联	多地
15	中信科智联C-V2X&ADAS融合型域控制器解决方案	2022年，中信科智联基于自研C-V2X车规级模组，推出将C-V2X与单车视觉、毫米波感知进行融合的C-V2X融合智能驾驶域控制器解决方案。域控制器可实现车车(V2V)、车路(V2I)协同，并集成前向视觉和雷达处理功能，将V2V、V2I感知结果直接引入车辆运动轨迹规划、线性控制算法。目前，中信科智联已与东风集团展开合作，开展基于量产车型的C-V2X智能域控产品应用测试。	中信科智联	/
16	蘑菇车联路侧基础设施	蘑菇车联路侧AI数字道路基站包含路侧感知设备、直连通信路侧单元(RSU)、和边缘计算系统(RCU)。AI数字道路基站上运行的路侧系统(MRS)，可调用、整合路侧设	蘑菇车联	北京、上海、深圳、天津、四川、

序号	案例名称	案例描述	公司名称	地区
	施产品	施，显示路口与连续路段实时数字孪生，可为各类型车辆赋能。路端感知系统(MRS)已通过 YD/T 4770 “SL3”级（自动驾驶类应用）感知能力检测要求，可基本满足车企需求，为数据上车应用打下坚实基础。		辽宁、湖南、云南、山东、湖北等地区
17	中信科智联具备 C-V2X 端到端系列产品	中信科智联拥有完整的 C-V2X 端到端产品系列及车路协同解决方案，包括基于中国信科集团自研芯片的车规级模组、车载终端（C-V2X OBU）、路侧设备（C-V2X RSU）、路侧多传感器融合感知站等硬件产品；基于自研模组的 LTE-V SDK 开发包，ITS 协议栈、C-V2X 车载应用软件（gSentry）、车载终端人机交互 APP、CA 安全验证平台、车路云协同平台等软件产品和全站解决方案。车路云一体化解决方案已在七大国家车联网先导区，全国超 100 个项目完成部署应用。	中信科智联	北京、苏州、天津、湖南、重庆、湖北、广西、浙江、山东、合肥等地区
18	万集科技路侧基础设施产品	万集科技形成了多源融合感知系统、路侧通信终端（RSU）、车载通信终端（OBU）、网联信号机、信号学习机等产品。路侧感知系统以激光雷达为主体、辅助 AI 视频相机、毫米波雷达、边缘计算单元，通过“多感合一、多杆合一”的一体化设计，满足自动驾驶与辅助驾驶等不同精度要求的应用场景。已在苏州、重庆、甘肃、天津等多个省市实现路侧感知系统部署。	万集科技	苏州、重庆、甘肃、天津等地区
19	云控智行路侧感知产品	云控智行研发了两类路侧感知产品，分别是以雷视一体机为核心的一体化路侧感知产品（RCU2224）和以路侧计算单元为核心的分布式路侧感知产品（RCU3229），并以此拓展基于上述产品的两类 V2X 路侧感知解决方案。	云控智行	北京，上海，重庆，长沙，天津，鄂尔多斯等地区
20	星云互联通信、感知、决策一体的智能交通解决方案	星云互联路侧产品覆盖了智能路侧终端 T-Station、通算一体智能路侧终端 RSUM、智能路侧差分基准终端 T-Station RTK+、AI 交通信号感知终端、移动式智能路侧终端、边缘计算融合感知算法库，以及服务于外场测试运营的便携式消息分析仪，已在 50 多个城市落地运营，部署超过 3000 个路口。	星云互联	北京、天津、重庆、上海、湖南、广西、江苏、河北、内蒙、辽宁、海南等地区
21	中国移动 5G-A 通	中国移动的 5G-A 通感一体化产品集成了通讯、感知、算力等多个要素，产品总体	中国移动	上海

序号	案例名称	案例描述	公司名称	地区
	感一体化产品实现试商用	架构包括车载 5G-A 通讯、多传感融合精准感知、边缘计算、路口 5G 回传 4 个模块，可在满足同样的技术指标下拥有更低的实施成本和系统一致性。		
22	国汽智联云控基础平台	国汽智联按照边缘-区域-中心三级云架构，研发了融合感知、自动驾驶协同决策控制、交通管控、大数据分析等标准件，能够为网联汽车、相关部门和企业提供标准共性基础服务。已在北京、南京、重庆、德清、苏州等地承接了云控平台开发工作，形成了“设计-建设-测试”的全流程闭环，总结了成熟的地方服务经验。	国汽智联	北京、南京、重庆、苏州、德清等地区
23	蘑菇车联智慧交通 AI 云平台	蘑菇车联自主研发了智慧交通 AI 云平台，包括交通大数据云控平台、车辆运营管理云平台以及车路云网络应用平台，并形成包括交通融合感知、交通动态管控等基础核心能力。	蘑菇车联	北京、上海、深圳、四川、辽宁、湖南、云南、浙江等地区
24	云控智行云控基础平台	云控智行自主研发云控基础平台，实现车、路、基础平台、应用需求间的分层解耦，交通数据与基础设施的跨域共用，全面赋能 L0-L4 不同级别自动驾驶和智能交通管理。云控智行已参与建设北京、上海、天津、重庆、长沙、沈阳、鄂尔多斯、厦门、雄安等 10 余个国家级车路云一体化示范区，累计接入网联车辆 2000+、路侧设备 10000+，服务百度 Apollo、小马智行、京东物流、美团、滴滴、新石器无人车、主线科技、智行者等 20 余家自动驾驶企业。	云控智行	北京、上海、天津、重庆、长沙、沈阳、鄂尔多斯、厦门、雄安等地区
25	联通智网 5G 车路协同服务平台	联通智网打造了 5G 车路协同服务平台，形成包括统一接入、路侧融合感知、MEC 协同预警、交通数字孪生、高精地图、大数据处理、交通 AI 算法核心技术能力，累计在 20 多个地市为 200 多个客户完成项目的定制交付。	联通智网	海南、四川、三亚、苏州等地区

四、车路云一体化地方建设运营实践

4.1 车路云一体化地方建设运营实践分享

在国家级先导区、车联网示范区、“双智试点”等先行先试带动下，我国智能化基础设施在各区域已形成一定规模，建设部署方案逐渐标准化，满足车联网规模化服务需求。在地方建设时，各区域因为政策导向、市政诉求、投资建设运营主体的不同背景等原因，在服务智能网联汽车测试运营总体目标前提下，形成了不同的建设特点，对差异化进行归类后可包括探索云控基础平台建设与应用、提供规模化信号灯信息服务、加速客运车辆的网联功能应用、提升社会车辆的网联功能应用、高速公路建设运营、景区、停车场限定区域建设运营、工业园区货运物流建设运营等分类。

在探索云控基础平台建设与应用方面，北京高级别自动驾驶示范区、重庆科学城、上海市（临港、嘉定）、沈阳市智能网联商用区等地已建成云控基础平台，作为“车、路、云、网、图”技术体系中的运营服务中枢，起到汇聚动态基础数据，提供网联赋能、交通管理与控制、交通数据赋能类的共性基础服务。针对网联赋能类场景，各地云控基础平台形成包括面向量产车辆的超视距感知与预警服务，面向自动驾驶车辆的协同感知、协同决策和协同控制等服务能力。交通管理与控制类场景主要集中在信控优化，以北京高级别自动驾驶示范区为例，目前示范区 60 平方公里共 257 个路口实现配时方案动态优化，经第三方机构对信控优化效果评价，信控优化后，全区出行车次升高 6.0%；区域车均延误下降 30.1%；区域平均速度提升 22.1%。在扩展云控应用服务方面，重庆(两江新区)的云控基础平台已实现超 90 个分级共享接口为应用提供数据与服务调用，包括自动驾驶接驳车功能增强系统、无人配送/售卖车功能增强系统、网联车服务系统、后视镜应用服务系统、智能公交功能增强系统、渣土车应用服务系统、诱导应用服务系统、自动驾驶监管系统、云控自动驾驶仿真系统等。

在提供规模化信号灯信息服务方面，北京、无锡、杭州、淄博等地均实现实时信号灯信息服务。目前行业内主要应用两种标准化方式实现实时信号灯数据采集，一是通过路侧 RSU 从交通信号机直接采集，可依据的现行标准为 GA/T 1743-2020《道路交通信号控制机信息发布接口规范》，在研国标为 GB/T

《道路交通管控设施信息交互接口规范》；二是通过公安交警的统一信控平台接口，将信号灯、交通流量、交通事件等信息传输给云控基础平台或相关车联网应用服务平台，可依据的现行标准为 GA/T 2151-2024《道路交通车路协同信息服务通用技术要求》，在研国标为 GB/T《道路交通管理车路协同系统信息交互接口规范》。在信号灯信息开放后，社会车辆可通过导航/车机显示红绿灯信息服务，自动驾驶系统可提升通过路口的安全与效率，同时交管部门可通过对信号配时的主动调控，形成精细化的动态交通管控，提升整体道路承载能力。以无锡市为例，无锡市通过与百度地图合作，提供了红绿灯灯色提醒、闯红灯预警和绿波车速引导等出行服务功能，共服务无锡超 10 万的用户，用户起步时间平均缩短 24.1%，节约时间 1.63 秒，降低等红灯概率 15.3%，排队长度减少 11.2 米。杭州市利用大数据分析等智能化手段，通过对 38 条重点拥堵路段进行信号配时、流量调控、可变车道等方式，实现重点拥堵路段提速至 20km/h 以上。

在加速客运车辆的网联功能应用方面，主要包括自动驾驶出租车（Robotaxi）、自动驾驶小巴(Robobus)专线接驳、原有公交线路的公交车网联改造和公交站台改造。其中自动驾驶小巴，主要应用于交通枢纽、城市主干道道路等开放场景，车速一般控制在 40—60km/h，代表产品有蘑菇车联 MOGOBUS、东风悦享 Sharing-BUS、轻舟 ONE 等^[20]。以衡阳市为例，针对市民需求提炼出面向探亲差旅人群的高铁站和机场的专线服务、面向工业园区企业员工值班通勤服务等智慧接驳服务。智能网联公交场景，通过在路端部署路侧感知设备、建设云控平台，实现对智能网联公交车协同感知、协同决策、协同规划以及实时监管，实现乘客、车、路、站台、平台之间的协同。以天津市宝坻区为例，运行的 L4 级公交车可实现行人及车辆检测、自动避让、自动按站停靠、主动式公交优先通行等功能。线路上还实现了约车小程序、公交调度系统等应用，多维度优化用户出行体验。

在提升社会车辆的网联功能应用方面，各城市吸取了前期小范围打造一阶段、二阶段的场景，导致服务不连续、用户体验不足的经验，开始逐渐推广全域范围的数据服务，为车辆提供实时路线规划以及风险事件提示等功能，辅助人类驾驶员及智能驾驶系统实现安全运行。并且部分地区通过提供免费的车载

终端、为网联车辆提供额外的“通行权”等方式促进用户自主选择网联信息服务。例如，苏州、武汉向社会车辆免费加装智能网联后视镜，为驾驶员提供安全类、效率类提醒预警服务。德清实现了公交专用道的适时、动态开放，允许搭载 C-V2X 车载终端的社会车辆通过与公交车 V2V 通信实现有效借用公交专用车道。

在高速公路建设运营方面，针对高速公路运行环境相对简单，已有路侧机电设施相对齐全，主体责任清晰等特点，各地高速集团统筹规划车路云一体化建设。基础设施解决方案商根据高速集团诉求，可在传统高速公路机电系统的基础上融合车联网系统，增强路侧感知能力与动态管控能力，为管理业务和公众出行提供服务。目前，全国多个城市与地区已开展智慧高速路段的示范运营，其中济青高速、成宜高速等多条高速已实现 100 公里以上智慧高速改造，重庆渝湘、云南昭阳西环等高速实现隧道、事故多发区等重点区域的智能化改造。除了服务自动驾驶、路网管理外，成宜高速通过开发 APP 等形式，在社会车辆的车辆中控大屏或驾驶员手机显示天气、路况等动态信息，扩展数据应用范围。同时，根据交通部《关于推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展的意见》等文件逐步搭建部省站三级监测调度平台的政策要求，山东省率先示范，基本实现全国、省级、路段三级标准互通的高速管理平台。

在景区、停车场等限定区域建设运营方面，针对游客出行、特定作业等需求，通过车路云一体化技术规模建设，可实现末端无人配送、无人接驳、无人巡检、无人售卖、无人环卫清扫、自主代客泊车等应用场景，有效提升作业效率、降低人力成本。在疫情时期，很多城市已启用功能型无人车提供配送、巡检、环卫等功能以避免接触风险。在需求和监管宽松的双重作用下，多家自带物流配送业务的互联网大厂、物流公司及自动驾驶企业纷纷将功能型无人车投入示范，逐步提升了功能型无人车在用户心中的认可程度^[20]。现阶段，由于景区、商业区人流量密度大，以及为了体现绿色环保与智能科技相结合，愿意投放多款可实现不同任务的无人型小车、自动驾驶观光车以及建设支持 AVP 功能的停车场。旅游景区项目中，部分地区已产生了有效的商业模式，游客使用率持续提升。以合肥滨湖国家森林公园为例，截止至 2024 年 4 月，公园开展无人观光、无人售卖等商业化运营，高峰时段累计营业额超过 2400 元/天。针对智能泊车需求，以苏州国际博览中心停车场为例，智能化改造后的停车场一方面

可为搭载 AVP 功能的车辆提供一键泊车/召车、协同定位、协同感知、路径规划等服务，另一方面可为驾驶员、辅助驾驶系统提供车位预约、停车位导航、盲区预警等服务，提升停车场的服务水平和停车效率。

在工业园区货运物流方面，主要包括工厂、仓库两端的智能卸货改造，运输路线上智能化基础设施、云控平台建设，通过具备编队行驶功能的自动驾驶货运车辆串联起全流程无人化的物流运输场景。以上海洋山港为例，已累计投放 109 辆 L4 级智能重卡运行在 80km 集装箱疏运线路上，并建设云端运营调度平台负责调度派单、装卸货、运输作业监控等功能。同时，货运车辆可通过网联技术实现编队行驶，降低空气阻力并节省油耗，目前已提升东海大桥 30%-40%的通行效率。

表 4-1 车路云一体化地方建设运营实践汇总表

序号	案例名称	案例描述	公司名称	地区
1	亦庄打造全市统一云控平台，提供共性基础服务	示范区已完成经开区核心区域内 60 平方公里 377 个路口路侧感知、通信、计算设备部署，正在全力推进示范区 3.0 阶段 540 平方公里建设工作。示范区打造全市统一云控平台，对外提供赋能自动驾驶、量产车辆、交通执法、信控优化、车辆监管、动态路权管理等各类服务。同时，云控平台与交管平台、交通 TOCC 平台、国家平台、经开区城市大脑、静态交通、百度、腾讯等打通，对外接入数据超 100 项。	北京车网、中信科智联等	北京
2	重庆加快云控基础平台与多类应用系统建设	截至 2023 年 9 月，示范区一期已建成双向约 50 公里感知连续覆盖的智能道路，新建或改造 380 余个点位的智能路侧系统，初步建成投用一套最符合车路云一体化架构理念的云控基础平台和 9 个生态共建的网联应用系统。云控基础平台由 2 个边缘云、1 个区域云和 1 个中心云组成，成功接入各类网联车辆超千辆，打通渣土车监管平台、公交车运营平台、车企服务平台数据，实现超 90 个分级共享接口为应用提供平台上数据与服务调用。	西部智联等	重庆
3	上海市城市级平台推动数据汇聚与创新	上海市智能网联汽车经过多年发展积累，已在上海临港、嘉定、奉贤、金桥等区域建成较为成熟的智能化基础设施，累计布设近 500 套路侧 C-V2X 通信终端，超千套路侧感知和 MEC 设备，并在嘉定、临港分别建成 2 个区域级云控基础平台，可实现边缘-区域平台间的数据互联互通，并根据实时性需求，分层级提供融合感知、决策控制、数据分析、监控管理、服务发布和运营管理等服务。	云控智行、蘑菇车联等	上海
4	沈阳市推进云控基础平台建设，强化安全监管功能	2023 年，沈阳市推动成立了东北首个智能网联汽车商用区，以大东区全域 101 平方公里作为先行先试区。云控基础平台作为沈阳市智能网联商用区唯一数据接入平台，承载全市智能网联终端感知设备、智能网联车辆以及自动驾驶车辆的统一数据接入与监测管理。已累计接入网联及自动驾驶车辆 75 台，路侧感知及计算设备 337 台套，累计记录运行里程 90 万余公里。	沈阳车网、云控智行	沈阳
5	无锡市实现规模化	无锡市级车联网云控平台已接入全市近 1700 个路口的交通信号数据，其中 200 余	无锡市车城智联科	无锡

序号	案例名称	案例描述	公司名称	地区
	交通信号网联信息服务应用	个路口通过 RSU 直接采集，1500 余个路口通过交警支队的统一信控平台采集。针对信号灯数据的不同来源，无锡市制定了信号上图/信号上车机/信号上 ADAS/信号上 ADS 的不同策略。各路口结合实际部署情况，可实现的应用包括红灯倒计时、绿灯起步提醒、绿灯倒计时、路口红灯提醒、干线绿波等应用场景。	技等	
6	杭州市推出绿波通行、可变车道缓解交通拥堵	杭州市实现 2346 条可变车道等交通标志标识联网，交警利用大数据分析，通过对 50 条重点拥堵路段进行信号配时、流量调控、可变车道等方式，实现重点拥堵路口早晚高峰“降紫”。交警构建了“数智绿波在线”对全市 265 条绿波道路进行管理和优化，形成了 400 多公里城市绿波路网，“自适应绿波方案”配时效率提升 20% 左右。	杭州市交警大队等	杭州
7	淄博公安交警打造基于信号灯的智慧交通系统实践	淄博公安交警在全市 10 个区县 1520 个灯控路口安装物联网信号机、交通信号采样器、绿波可视化灯带等硬件设施，打造“智行淄博”智慧交通诱导系统。经过测试，使用智慧交通系统后，相关路段平均车速提高 28.21%，通行时间减少 27.04%；平均油耗减少 24.02%，平均碳排放降低 23.81%。	淄博公安交警支队等	淄博
8	天津市多区开展智慧接驳服务，提升市民出行体验	天津市已在西青区、宝坻区及都市核心区等多个区域开展了智慧接驳服务，通过沿路部署智能交通基础设施，提升交通系统的运行效率，有效缩短通行时间，为居民提供更加高效、智能、安全、舒适的公共交通服务。运行车辆包括蘑菇车联的 MOGOBUS 和东风无人小巴等自动驾驶车型。	蘑菇车联、云控智行、万集科技	天津
9	武汉市 5G 专网赋能智慧出租车和智慧小巴	武汉市已实现 191.6 公里的 5G 车联网专网覆盖，包括武汉经开区 106 公里、东湖高新区 82 公里、江汉区 3.6 公里，并沿路安装路侧单元 RSU、路侧感知设备、边缘计算单元、通讯网络和供电网络等设备。目前，武汉常态化运行自动驾驶车辆 571 辆，累计完成自动驾驶出行服务订单超 158 万单，累计服务人次超 198 万人次，5G 云代驾作为关键配套设施实现规模化部署，全方位保障自动驾驶安全和乘客出行安全。	百度、东风悦享	武汉
10	衡阳市智慧接驳服务，打造便捷出行	衡阳市主要采用蘑菇车联自主研发的小型自动驾驶巴士，提供高铁站与机场的专线服务、工业园区值班通勤服务、绿波通行服务以及景区游览的循环线服务。自	蘑菇车联	衡阳

序号	案例名称	案例描述	公司名称	地区
		运营以来，累计行驶里程已超过 10 万公里，完成超过 1 万次运营任务，处理了超过 2 万个服务订单。		
11	苏州市社会车辆加装智能网联后视镜实践	2023 年，常熟于 2023 年为超 3800 台社会车辆免费加装支持 LTE-V2X 直连通信的智能网联后视镜。智能网联后视镜在市内重点区域可接收到红绿灯灯态信息推送，在具备路侧智能感知系统的点位可接收行人过街、匝道汇入、右转盲区等预警信息，并通过智能网联后视镜与智能网联公交的 V2V 通信，接收车头行人检测预警等信息。	江苏天安智联	苏州
12	德清智能网联公交专用道共享服务	智能网联公交专用道共享服务已经在德清大道完成了车、路、云的相关部署。装有 C-V2X OBU 的智能网联社会车辆可实现公交道开放共享引导、阻碍公交运行避让提示、公交道关闭共享提示、强行驶入未开放共享公交道驱离告警等功能。	移动通信及车联网国家工程研究中心、莫干山智能网联联合创新实验室	德清
13	山东省智慧高速与三级云管理平台建设	山东高速集团已完成了滨莱高速、京台高速、济青高速（济南至潍坊段）、京沪高速山东段等智能化路侧基础设施建设。建成了全省统一的智慧高速车路云协同区域管理平台，并与全国部级云平台（交通运输部车联网先导应用环境构建及场景测试验证平台）实现了互联互通，形成了路段级、省级的两级治理，覆盖京台段、济莱段、临沂段、济青段等高速路段。	中信科智联	山东
14	四川成宜智慧高速建设与导航 APP 应用	成宜高速公路全长约 157 公里，已实现全线覆盖智能化路侧基础设施，共部署 370 余台 RSU，1000 余台 MEC，2300 余套感知设备。2023 年 3 月，“蜀道·高德行业版”App 正式上线。加装该 App 的车辆在穿行成宜高速时，车辆中控大屏或驾驶员手机可显示天气、路况等动态信息，提供超视距感知服务。	蜀道集团、四川数字交通科技、中信科智联、阿里集团等	成都
15	重庆渝湘智慧高速收费站、隧道重点场景建设	渝湘高速巴南收费站，以及太平隧道、接龙隧道在内的 10km 道路等重点场景，开展车路云一体化建设。在收费站、隧道等关键节点，采用激光雷达+视频的感知方案，其余路段则使用毫米波雷达+视频的感知方案，可实现车辆在隧道内的全域跟踪（全域跟踪成功率≥98%），为 10km 范围内车辆提供精准的信息服务。	万集科技	重庆
16	大理环洱自动驾驶	环洱海生态廊道已建设支持 L4 级自动驾驶的智能化基础设施，并投入 10 台蘑菇	蘑菇车联	大理

序号	案例名称	案例描述	公司名称	地区
	小巴，开启美好旅游体验	车联 L4 级自动驾驶巴士（包括 MOGOBUS M1 和 MOGOBUS M2，其中 8 台常态化运营，2 台为五一期间新增），以及自动驾驶出租车、环卫车、巡逻车和售卖车等多种自动驾驶车辆。通过车路协同，这些车辆能够接收路侧感知信息，包括施工情况、交通事件、静止车辆及弱势交通参与者识别等相关信息，以及信号灯状态和绿波通行建议信息，进而辅助车辆实现无人化自主运行。		
17	合肥国家公园车联网建设，打造科技观光新体验	项目全长 14 公里，实现滨湖国家森林公园道路全域覆盖。公园内投放自动驾驶观光车、自动驾驶清扫车、自动驾驶售卖车、无人机、无人船等多类型自动驾驶车辆，可接收协同感知、决策以及 5G 远程驾驶等服务。截止至 2024 年 4 月，公园累计服务观光接驳乘客超过 2500 人，无人售卖服务人数超过 9000 人，网联化车辆累计行驶里程超过 7 万千米，各类车型累计运营时长达 1.8 万小时，清扫面积超过 900 万平方米。公园开展无人观光、无人售卖等商业化运营，高峰时段累计营业额超过 2400 元/天。	星云互联	合肥
18	苏州打造 5G+AI 智慧泊车系统，可服务多等级智能化车辆	2023 年，苏州国际博览中心的商业停车场建设了“5G+AI 智慧泊车服务系统”，使全域 7219.37m ² 范围内可支持智慧泊车服务。智能化改造后的停车场一方面可为搭载 AVP 功能的车辆提供一键泊车/召车、协同定位、协同感知、路径规划等服务，另一方面可为驾驶员、辅助驾驶系统提供车位预约、停车位导航、盲区预警等服务，提升停车场的服务水平和停车效率。	联通智网	苏州
19	无锡建设智能物流应用，实现全流程自动化运营	无锡高新区综合保税区已实现 21 辆安装 C-V2X 车载终端的自动驾驶货运卡车的商业化试运营。自动驾驶货运卡车能够实时接收园区装卸需求进行智能规划路线和自我调度，并在行驶过程中通过车载的感知设备和路侧、云端系统提供的超视距感知和车车之间的通讯，保持行驶的安全性。	中信科智联、佳利达、捷普电子、无锡市车城智联科技	无锡
20	鄂尔多斯投入 L4 级卡车编队，实现无人化运输	鄂尔多斯市已在康巴什区、伊金霍洛旗、鄂托克旗等运煤线路相继开展了自动驾驶重卡运营示范。2024 年 3 月，卡尔动力已投入了 46 台自动驾驶重卡进行常态化测试和运营。自动驾驶重卡可通过网联技术实现 L4 级编队行驶功能，在市内重要生产物流区域及主干线上实现无人化运输。	卡尔动力	鄂尔多斯

4.1.1 探索云控基础平台建设与应用

4.1.1.1 亦庄打造全市统一云控平台，提供共性基础服务

2020年9月，北京市正式启动全球首个网联云控式高级别自动驾驶示范区建设。通过统筹“车、路、云、网、图”等各类优质要素资源，探索经济合理的车路云一体化解决路径，加快实现L4及以上高级别自动驾驶规模化运行。

示范区统筹推进“聪明的车、智慧的路、实时的云、可靠的网和精确的图”五大专项建设。依托城市道路真实场景，通过V2X多链路面向自动驾驶与量产车辆，开展规模化测试落地，形成研发、测试、应用生态，推进智能网联车端应用。

目前示范区已完成经开区核心区域内60平方公里377个路口路侧感知、通信、计算设备部署，正在全力推进示范区3.0阶段540平方公里建设工作。同时，示范区打造全市统一云控平台，并不断迭代升级。作为示范区“车、路、云、网、图”技术体系中的运营服务中枢，云控平台定位为共性基础平台，对外提供赋能自动驾驶、量产车辆、车辆监管、智慧交通、智慧城市、动态路权管理等各类服务。此外，云控平台与交管平台、交通TOCC平台、国家平台、经开区城市大脑、静态交通、百度、腾讯等打通，对外接入数据超100项。



图 4-1 北京市网联云控式高级别自动驾驶示范区监控大屏



图 4-2 路侧通信、感知、计算设备

北京市作为智能网联汽车高精度地图应用试点城市，示范区建成高精地图平台，在保证安全的同时，探索安全传输、资源更新、在线审图，有效推动高精地图应用与示范。搭建数据安全管理体系和防护体系，为自动驾驶行业安全合规、高效有序发展提供实施依据。

截至目前，示范区内测试企业达 30 家，发放号牌车辆数量 850 余辆，累计自动驾驶里程近 2800 万公里。自动驾驶乘用车服务超 230 万+人次；实现末端配送新模式，无人配送服务超 680 万人次；打造零售服务新体验，累计服务 250 万余次。



图 4-3 示范车辆

在示范区对外服务方面：

一、赋能智能网联汽车：针对自动驾驶“感知长尾”“路径优化”“路口博弈”等痛点问题，联合 13 家自动驾驶企业和 300 余辆车参与开发和落地测试。面向高级别自动驾驶车辆提供辅助信息交互、协同感知、协同决策和协同控制等车路云一体化服务能力，促进车端实现“低成本、高水平”自动驾驶能力，支持高级别自动驾驶功能服务规模化落地。面向量产车辆加速辅助信息交互功能上车，挖掘、体现车路云一体化现阶段的服务模式和价值，助力车端服务质量达到常态化运营的要求。

二、赋能交通执法：部署 3000 余套“多感合一”相机开展电警、卡口执法功能，具备不系安全带、闯红灯、不按车道行驶等 14 种违法监测功能；通过二次研判分析，增强对号牌遮挡、大货车、套牌车、摩托车的违法治理，全面提升非现场执法多场景、精细化水平；2023 年全年录入非现场违法 52 万笔，同比增长 45%，减少地区事故率、提升执法处理效率。

三、赋能信控优化：基于路口流量、排队等 13 类 V2X 指标数据和车速等 5 类互联网交通数据，从路网点、线、面三维度智能调控，目前示范区 60 平方公里共 257 个路口实现配时方案动态优化，含 67 条动态绿波道路，27 个单点自适应路口。经第三方机构对信控优化效果评价，信控优化后，全区出行车次升高 6.0%；区域车均延误下降 30.1%；区域平均速度提升 22.1%。

4.1.1.2 重庆加快云控基础平台与多类应用系统建设

西部（重庆）科学城智能网联汽车示范区位于重庆科学城核心区，以“统一规划、统一建设、统一运营”为建设原则，以规模化应用与商业化发展为目标，基于以云控基础平台为枢纽的车路云一体化系统架构，支撑全产业链应用需求，致力于打造城市级标准化、可复制、具有商业推广价值的车路云一体化建设方案标杆，充分展示建设分层解耦、跨域共用、分级共享，支撑应用的特征，引领智能网联汽车技术创新发展。

示范区建设范围覆盖超 200 公里城市道路、约 200 个重要路口，项目总体投资近 6 亿元，按照“一期打通链路、二期优化迭代、三期拓量发展”的思路进行建设，建设内容包括城市道路智能化升级改造、智能网联汽车应用、云控基

础平台与应用系统建设、示范区运营中心建设等 4 个部分。

截至 2023 年 9 月，示范区一期已建成双向约 50 公里感知连续覆盖的智能道路，新建或改造 380 余个点位的智能路侧系统，初步建成投用一套最符合车路云一体化架构理念的云控基础平台和 9 个生态共建的网联应用系统。云控基础平台由 2 个边缘云、1 个区域云和 1 个中心云组成，成功接入各类网联车辆超千辆，打通渣土车监管平台、公交车运营平台、车企服务平台数据，实现超 90 个分级共享接口为应用提供平台上数据与服务调用，通过云控基础平台对道路基础设施的共享，显著降低应用生态使用智能路侧基础设施的成本，支持跨区互联互通，正在推进与重庆市一体化数字资源系统的双向赋能。已建的应用系统包括自动驾驶接驳车功能增强系统、无人配送/售卖车功能增强系统、网联车服务系统、后视镜应用服务系统、智能公交功能增强系统、渣土车应用服务系统、诱导应用服务系统、自动驾驶监管系统、云控自动驾驶仿真系统等。



图 4-4 云控基础平台支撑的示范区运营中心



图 4-5 各类云控应用平台

下阶段，示范区建设将加速推进，充分实现云控基础平台的基础层与应用层分层解耦与跨域共用的完整服务能力落地，对各等级智能网联汽车与非智能车辆进行全量赋能，开拓广大存量车联网赋能市场，实现智能网联汽车生态产业支撑，为全产业链网联车辆、智慧交通与行业用户等三大类用户需求提供网联云控赋能。



图 4-6 各类型智能网联车辆



图 4-7 智能网联汽车示范区

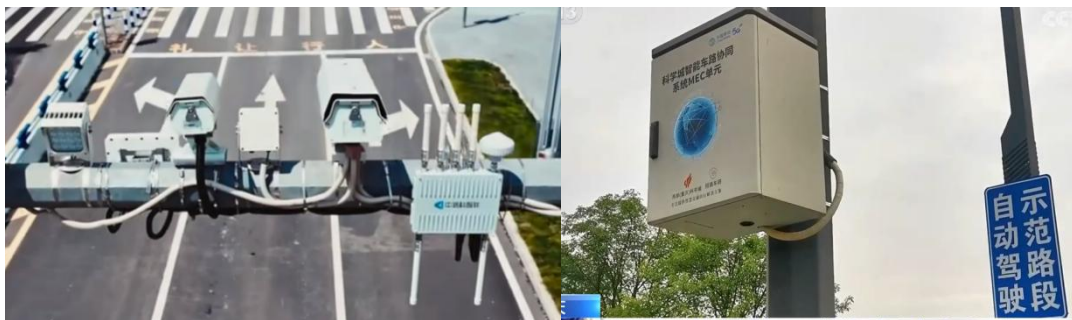


图 4-8 路侧通信、感知、计算设备

4.1.1.3 上海市城市级平台推动数据汇聚与创新发展

上海市智能网联汽车经过多年发展积累，已在上海临港、嘉定、奉贤、金桥等区域建成较为成熟的智能化基础设施，累计布设近 500 套路侧 C-V2X 通信终端，超千套路侧感知和 MEC 设备，并在嘉定、临港分别建成 2 个区域级云控基础平台，可实现边缘-区域平台间的数据互联互通，并根据实时性需求，分层级提供融合感知、决策控制、数据分析、监控管理、服务发布和运营管理等服务。同时，云控基础平台、智能网联汽车安全监测平台等各区建设的服务平台已接入上海市智能网联汽车公共数据中心，实现城市多源多类动态和静态数据汇聚，打通传输链路、破除信息孤岛，推动智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展。

截至目前，上海累计开放测试区域总面积 912 平方公里，示范区内测试企业达 38 家，车辆超 848 辆，测试里程超 2729 万，并涵盖丰富的示范场景和多种车型，其中智慧公交服务超过 2.8 万单，智慧乘用车服务超 20 万单，智能重卡服务超 26 万标准箱，无人配送服务超 5 万用户，无人环卫服务超 5.4 万小时。

在赋能智能网联汽车方面，云控基础平台已实现通过与车企云平台的数据对接的方式为量产车辆提供安全信息服务，以及对智能化改造的存量公交车提供基础信息服务，可包括交通拥堵提醒、信号灯信息下发、道路施工预警、交通事故提醒、附近路面障碍物以及僵尸车监测、他车倒车/逆行预警、行人/非机动车横穿预警以及实时路况导航等。面向高级别自动驾驶示范车辆提供辅助信息交互、协同感知、协同决策和协同控制等服务能力。

未来，上海市将积极发挥辐射带动作用，持续扩大云控基础平台建设及服务范围，并推动长三角区域跨车型和跨区域的互联互通，聚集安全监管、汽车赋能、交通赋能和城市赋能四大领域的数字应用，为智慧城市的数字化转型提供有力支撑。



图 4-9 路侧通信单元 RSU



图 4-10 路侧感知和计算设备



图 4-11 车端 HMI 提醒预警服务



图 4-12 自动驾驶示范车辆

4.1.1.4 沈阳市推进云控基础平台建设，强化安全监管功能

2023 年，沈阳市推动成立了东北首个智能网联汽车商用区，以大东区全域 101 平方公里作为先行先试区，积极践行“车路云一体化”的中国方案在沈阳落地，并以京沈对口合作为契机，合资成立沈阳车网科技发展有限公司，按照沈阳市人民政府办公室印发的《沈阳市智能网联汽车商用区建设方案的通知》（沈政办发〔2023〕23 号），全面负责商用区的建设及运营。

沈阳市车路云一体化建设由沈阳车网和云控智行共同完成，其中智能网联云控基础平台由云控智行与当地建设集团实施建设，已于 2023 年 12 月完成验收并投入运行。云控基础平台作为沈阳市智能网联商用区唯一数据接入平台，部署在欧盟管委会核心数据机房，承载全市智能网联终端感知设备、智能网联车辆以及自动驾驶车辆的统一数据接入与监测管理。已累计接入网联及自动驾驶车辆 75 台，路侧感知及计算设备 337 台套，累计记录运行里程 90 万余公里。

可对接入平台的各类车辆的运行状态、安全状态进行实时监测，可针对交通违法、安全事故等异常事件提供前 90 秒后 30 秒的视频记录及车辆轨迹数据，具备事故调查和原因分析能力。

未来，沈阳车网将推进中心云-区域云-边缘云的三级云控基础平台建设，

推动与各平台的数据互联互通，为城市综合管理提供交通通行能力分析、交通违法记录调查等服务。同时，进一步强化基于云控基础平台的安全监测平台建设工作，使其具备更加完善的车辆业务审批、业务运营监管、异常监管的能力。

4.1.2 提供规模化信号灯信息服务

4.1.2.1 无锡市实现规模化交通信号网联信息服务应用

目前，自动驾驶汽车一般都采用视觉技术识别交通信号灯，但由于存在盲区遮挡或恶劣天气等因素，难以精确识别交通信号灯，从而影响车辆的驾驶安全。因而，通过 C-V2X 车路协同技术为智能网联汽车提供精准的数字信号灯服务，在为广大公众提供出行红绿灯信息服务的同时，对保障自动驾驶车辆的安全运行也具有非常重要的意义。

2017 年，无锡启动城市级 LTE-V2X 应用示范建设，在位于无锡的公安部交通管理科学研究所的指导下，无锡成为第一个开放红绿灯数据的城市，首次打造了包含 280 个路口的红绿灯数据开放服务平台。

在此之后，又先后经历了全国第一个国家级车联网先导区和首批“双智”试点城市等重大工程建设，目前无锡市级车联网云控平台已接入全市近 1700 个路口的交通信号数据，其中 200 余个路口通过 RSU 直接采集，1500 余个路口通过交警支队的统一信控平台采集。

信号灯数据可通过两种方式进行采集，一是由 RSU 在路侧从交通信号机直接采集。2020 年，公安部交通管理科学研究所发布了公安部第一个车路协同行标《GA/T 1743-2020 道路交通信号控制机信息发布接口规范》，无锡是 GA/T 1743-2020 唯一的规模化试点城市。在无锡经开区近 200 个路口实现了红绿灯数据的路侧 RSU 直接采集，RSU 在把灯色数据上传到城市交通信号网联信息服务平台的同时，通过 PC5 接口直接将红绿灯信息传输至车辆，赋能网联协同辅助驾驶（C-ADA）和网联协同自动驾驶（C-ADS）应用场景，服务整体时延小于 100 毫秒。

二是通过公安交警的统一信控平台采集。2021 年，无锡市依据行标《GA/T1049.2-2013：公安交通集成指挥平台通信协议第 2 部分：交通信号控制系统》，通过交警支队的统一信控平台接入了 1500 个路口的红绿灯数据，累计

采集 1700 个路口的红绿灯数据。

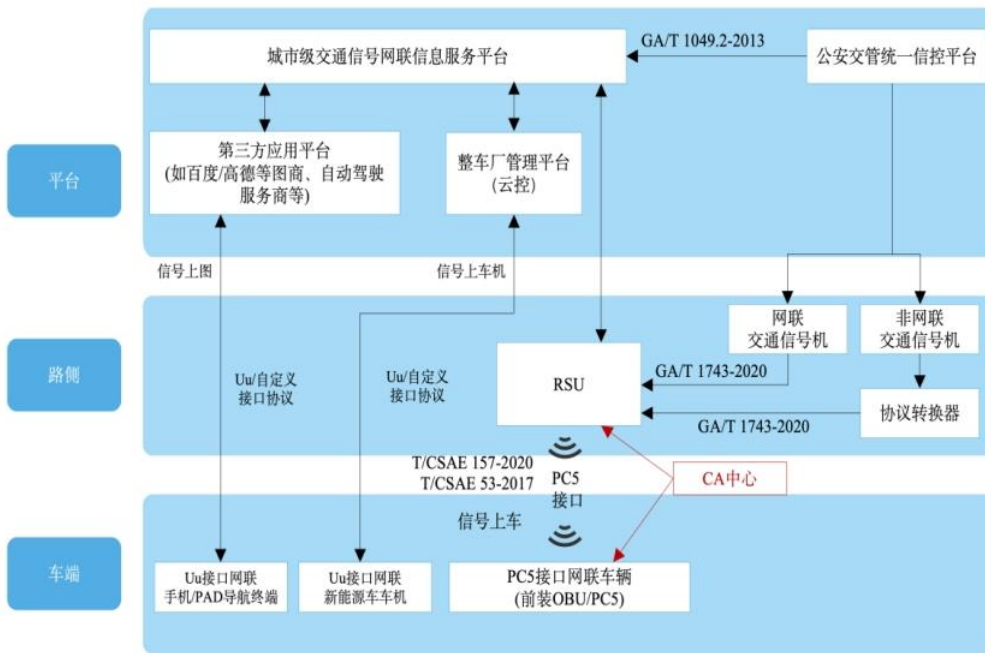


图 4-13 城市级交通信号网联信息服务平台数据流图

针对信号灯数据的不同来源，无锡市制定了信号上图/信号上车机/信号上 ADAS/信号上 ADS 的不同策略。各路口结合实际部署情况，可实现的应用包括红灯倒计时、绿灯起步提醒、绿灯倒计时、路口红灯提醒、干线绿波等。



图 4-14 交通信号应用场景

通过与百度地图合作，无锡市实现了“信号上图”服务，提供了红绿灯灯色提醒、闯红灯预警和绿波车速引导等出行服务功能。据不完全统计，共服务无锡超 10 万的用户，活跃用户数超 8 万，用户起步时间平均缩短 24.1%，节约时间 1.63 秒，降低等红灯概率 15.3%，排队长度减少 11.2 米。同时无锡市通过与福特、奥迪合作，打通主机厂智能座舱平台的数据接口，实现了红绿灯信号的量产上车机。

未来，无锡市将实现包括下辖江阴、宜兴市在内的全市范围内 4200 余个路口的信号灯数据开放，并与更多的整车厂和量产车型合作，提供交通信号网联信息服务，根据服务车辆的不同网联化等级，实现不同的服务功能（信号上图/信号上车机/信号上ADAS/信号上ADS）。

4.1.2.2 杭州市推出绿波通行、可变车道缓解交通拥堵

杭州市治堵工作起步于 2013 年，根据高德地图发布中国主要城市交通分析报告显示，2024 年一季度杭州市已位居全国交通健康指数排名第二（仅次于东莞）。其中，利用大数据分析等智能化手段进行信号配时、流量调控对提升整体道路承载能力功不可没。

杭州市是全国采用可变车道进行流量调控最多的城市之一。目前，全市共计 2346 条可变车道等交通标志标识数据已推送至高德地图等平台公司，为市民提供更为优质的导航出行服务。



图 4-15 高德地图在杭州上线可变车道实时状态提示服务

杭州市交警利用高德地图大数据，对全市范围内 50 个交通堵点路口的延误指数、排队长度、停车次数、流量分配比例进行数据分析，实施“一点一方案”路口降紫行动，通过信号配时、可变车道、绿波协调、现场管理、线路诱导等方式，实现重点拥堵路口早晚高峰“降紫”；对 38 条重点拥堵路段实施“一路一策”路段综合治理措施，通过信号配时、流量调控、潮汐车道、可变车道、绿波协调、路段干扰等方式，实现重点拥堵路段提速至 20km/h 以上。

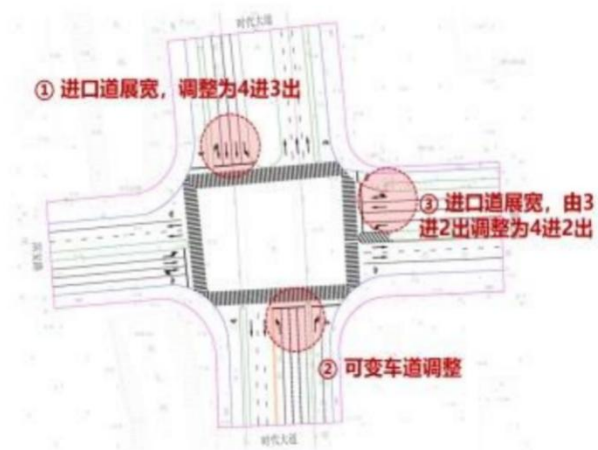


图 4-16 滨安路时代大道大数据治堵示意图

杭州构建“数智绿波在线”对全市 265 条绿波道路进行管理和优化，在没有大规模更换硬件设备的前提下，实现“固定时段方案”向“自适应绿波方案”升级，形成了 400 多公里全国最大的城市绿波路网，配时效率提升 20%左右，主要道路可享受“三绿一红”。亚运、亚残运保障期间，平台启用赛事通勤绿波 174 条，动态调控路口 710 个，最大限度提升道路通行效率，保障赛事通勤车辆 100%准点到达。杭州市“数智绿波在线”已在温州、湖州、江阴等地推广验证。



图 4-17 杭州交警“绿波在线 2.0”系统绿波带运行示意图

4.1.2.3 淄博打造基于信号灯的智慧交通系统实践

淄博市公安局交通警察支队应用物联网、云计算、大数据等技术，在全市

10 个区县 1520 个灯控路口安装物联网信号机、交通信号采样器、绿波可视化灯带等硬件设施，打造“智行淄博”智慧交通诱导系统。该系统主要包括 4G/5G 网络、交警云控平台、智慧交通服务应用（APP/车机）、路侧基础设施等部分，围绕交警业务管理，以数据为驱动，形成“四横二纵”的信息化总体框架。

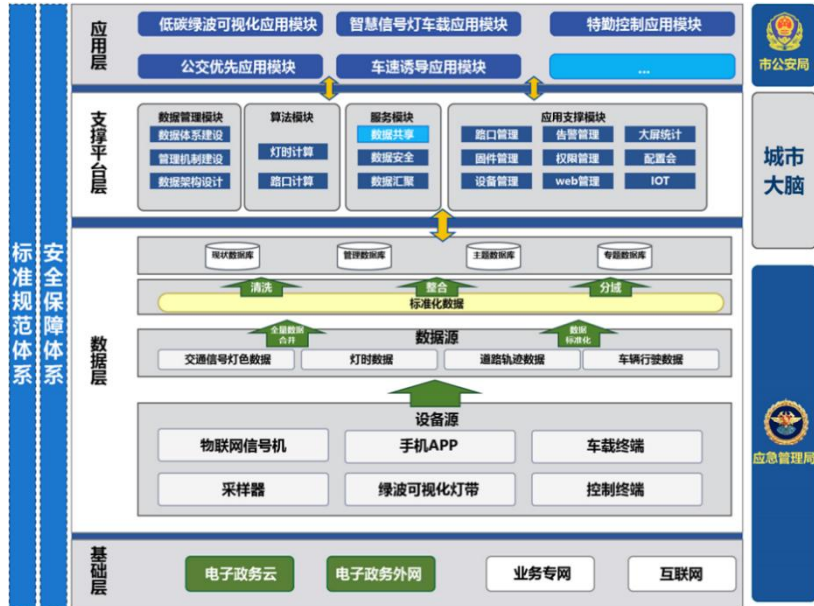


图 4-18 “智行淄博”智慧交通诱导系统信息化总体框架

“智行淄博”手机 APP 以高德地图为基座，结合车辆导航路线，根据车辆位置、前行速度、灯时方案，计算车辆在绿灯时段到达路口的速度区间，通过 APP 语音播报及图像展示，为驾驶人提供道路通行态势预判、车速引导、绿波通行服务，达到有效避免路口急加速、急刹车，减少车辆启停频次，达到提高通行效率、节省燃油、降低排放、提高行驶安全的目的。



图 4-19 行驶车辆使用“智行淄博”APP 示意图

针对交通高峰时段路口车流量饱和问题，执勤民警可通过警用版“智行淄博”手机 APP，远程调整路口信号各相位时长，缓解车辆拥堵。

针对紧急救护、抢险救灾、应急抢修等任务，执勤民警可通过 APP 或交警云控平台创建特勤任务，输入任务执行人员、开始时间、起点终点、途经路口、车辆数量(或信号灯绿灯保障时长)等信息，系统根据特勤车辆速度和到达路口时间，自动完成路口交通放空、应急车辆通行、恢复正常状态等全流程操作，避免应急车辆被堵的同时减少对社会交通的影响。

目前，全市有 205 条道路(路段)，1056 个红绿灯路口已纳入绿波协调，73%的红绿灯路口可实现绿波通行。经过测试，使用智慧交通系统后，相关路段平均车速提高 28.21%，通行时间减少 27.04%；平均油耗减少 24.02%，平均碳排放降低 23.81%。

4.1.3 加速客运车辆的网联功能应用

4.1.3.1 天津市多区开展智慧接驳服务，提升市民出行体验

天津市已在西青区、宝坻区、都市核心区等多区开展智慧接驳服务，通过在沿路进行智能基础设施建设，提高现有交通通行效率，缩短了通行时间，为居民提供便捷、智能、安全、舒适的公共交通服务。

天津（西青）国家级车联网先导区，已完成 408 个重点路口的智能化改造升级与联网工作，覆盖 320 平方公里，实现交通环境的动态感知和多方位信息实时传输。目前已实现 4 辆蘑菇车联 L4 级自动驾驶巴士、68 辆京东无人物流自动配送车辆常态化试运营。其中蘑菇车联自动驾驶巴士已在张家窝镇产业园区、居住社区和南站高铁/地铁站 15 公里之间提供接驳出行服务，线路还实现了约车小程序、公交调度等公交应用场景落地。目前已实现累计无事故试运行超 10 万公里，服务数万人次接驳出行。2024 年 3 月，天津（西青）国家级车联网先导区向天津智道网联科技有限公司（简称“蘑菇车联”）颁发西青区首张自动驾驶巴士测试牌照，允许蘑菇车联的自动驾驶巴士行驶范围扩大至全区 500 多公里开放测试道路。



图 4-20 西青先导区蘑菇车辆运营车辆



图 4-21 西青先导区云平台

在宝坻区，为解决宝坻高铁枢纽站至京津中关村科技城人员通勤问题，兼顾运营效率和技术领先性，在 11.3 公里的公交线路，同时运营后装网联化车辆、L2 高级别辅助驾驶车辆和 L4 级自动驾驶车辆，进行常态化混合运营。云控智行承担对沿路路侧基础设施与云控平台建设，建设包括高清摄像机、鱼眼相机、毫米波雷达、边缘计算单元在内的全息智慧路口。云控平台方面，共建设云控基础平台、信控优化服务、网联公交服务、大屏业务系统等模块，可实现对智能网联公交车协同感知、协同决策、协同规划以及实时监管，能够实时对道路突发状况做出反应，实现自动驾驶下的行人及车辆检测、减速避让、紧急停车、障碍物绕行、变道、自动按站停靠等功能，并实现路口信控自适应优化及主动式公交优先通行，单程通行时间已实现大幅下降。



图 4-22 宝坻区云平台

在天津市都市核心区，智能网联规模化应用示范区项目中，万集科技通过

对路端进行基础设施改造及智能化系统部署，完成了 7.3 公里、24 个路口的全域感知覆盖，实现了城市道路信息的全方位、多维度实时感知获取。通过部署 LTE-V2X 路侧单元，完成交叉口信号机的联网工作。区域内运行的东风无人小巴搭载了万集科技车载终端（OBU），能够接收来自路侧的车道级交通管理和服

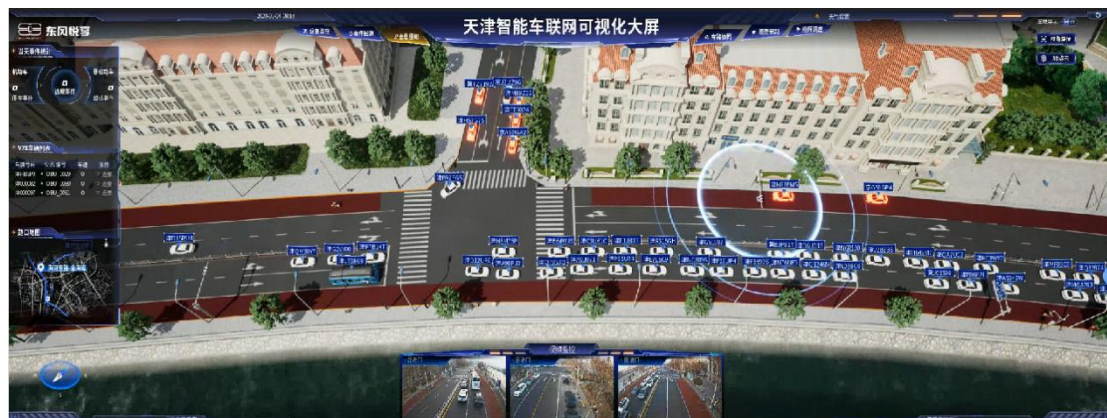


图 4-23 都市核心区云平台

未来，天津市将逐步扩大智慧公交、自动驾驶巴士的服务范围，实现各地区已有平台间的互联互通与云控基础平台的大范围覆盖，为后续扩展更多车型和更多应用场景提供支撑，带来更加便捷高效的出行体验，真正的惠及民众。

4.1.3.2 武汉市 5G 专网赋能智慧出租车和智慧小巴

武汉市已落地自动驾驶出租车、自动驾驶微公交等示范应用。目前，武汉常态化运行自动驾驶车辆 571 辆，累计完成自动驾驶出行服务订单超 158 万单，累计服务人次超 198 万人次，常态化运行的自动驾驶出行服务车辆数量、订单量以及开放道路里程、面积全国领先。

为支撑无人驾驶车辆的安全运行与远程接管，武汉市已实现 191.6 公里的 5G 车联网专网覆盖，包括武汉经开区 106 公里、东湖高新区 82 公里、江汉区 3.6 公里，并沿路安装路侧单元 RSU、路侧感知设备、边缘计算单元、通讯网络和供电网络等设备。可为区域内行驶的自动驾驶车辆提供高带宽、低延时、稳定性强的远程驾驶服务。

2022 年初，百度萝卜快跑自动驾驶业务落地武汉，目前百度萝卜快跑全无人资质测试运营车辆已超 527 辆，订单数已突破 76 万，累计乘坐人次近 100

万。其中 5G 远程遥控技术已成为关键支撑技术实现规模化部署。远程驾驶员可以通过远程控制台实现车辆的远程遥控驾驶，帮助车辆处理复杂特殊场景，结束后使车辆回到自动驾驶状态，实现主驾无人场景下一人控制多车的高效运营服务。目前，武汉萝卜快跑用户体量不断增加，中高频用户快速增长，为广大市民提供了智能便捷的自动驾驶出行服务。

2021 年起，东风悦享的 Sharing Bus（微公交）先后在经开区、汉阳区实现常态化运营。并针对经开区现有公共交通三大形式（地铁、有轨电车、公交）进行接驳路线设计，协助经开区内各示范园区实现无缝化连接。据统计 Sharing Bus（微公交）至今总运营里程已突破 70 万公里，服务近 15 万人次，班次准点率达 99%。

未来，武汉市将持续为自动驾驶企业提供良好的政策支持，持续扩大路侧基础设施的建设范围，通过高级别自动驾驶车辆的规模化、多场景、商业化试点应用，切实满足民众多元化、个性化的出行需求，提升公众出行体验。



图 4-24 武汉市百度萝卜快跑运营车辆



图 4-25 武汉市东风悦享运营车辆

4.1.3.3 衡阳市智慧接驳服务，打造便捷出行

衡阳市政府针对衡阳现有公交现状和市民需求提炼出智慧接驳服务运营的四大场景，面向探亲差旅人群的高铁站和机场的专线服务、面向工业园区企业员工值班通勤服务、绿波通行服务、面向景点游览的循环线服务。自 2021 年 10 月 31 日起，智慧公交服务在陆家新区夜市的体验路线上正式启动试运营，首日即接待了 700 名乘客。



图 4-26 衡阳市自动驾驶巴士试运营体验日

目前，衡阳市智慧公交服务已经成为本地居民出行的重要选择。自服务启动以来，已累计提供超过 10 万公里的行驶里程和超过 1 万趟次的车辆运营总趟次，处理了超过 2 万个服务订单，显著提升了衡阳市的交通安全和出行效率。

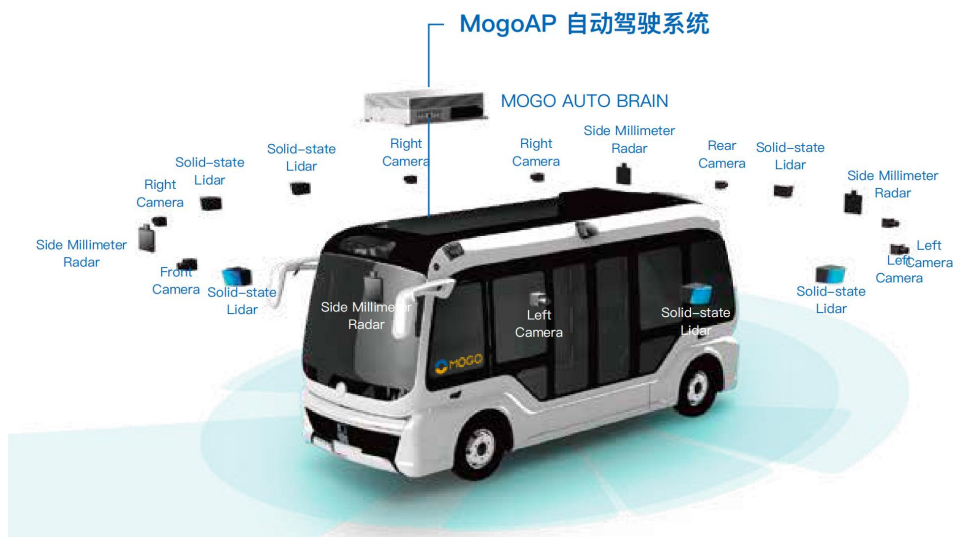


图 4-27 蘑菇车联自动驾驶巴士

衡阳市采用蘑菇车联自主研发的小型自动驾驶巴士，配备视觉检测、激光雷达、高精地图和定位、智能决策、车路云通讯等模块，支持 360 度无盲区检测、车速估算、信号灯识别等功能。车辆可结合路端和云端信息，实现路线规划、路况识别等，适用于城市道路、园区、景区等多场景，满足多样化自动驾驶需求。

200米 单车探测距离	360度 无盲区感知范围	<10厘米 高精定位偏差	15厘米 极小障碍物识别	<100毫秒 毫秒级响应时间	支持 平行驾驶
RoboBus B1			RoboBus B2		
空间尺寸	5995*2020*2580mm	充电时间	快充2h	空间尺寸	5995*2095*2830mm
轴距	3790mm	续航里程	265km	轴距	3790mm
最高车速	69km/h (自动驾驶50km/h)	最大爬坡	20%	最高车速	69km/h (自动驾驶50km/h)
总质量	5440kg	座椅数量	9+1座	总质量	6500kg
整备质量	3700kg			整备质量	4600kg

图 4-28 蘑菇车联公司自动驾驶巴士技术参数一览

衡阳市智慧接驳服务运营的四大场景如下：

1) 对高铁站、机场等大型交通站点接驳力量进行补充。

此场景结合自动驾驶技术与市民出行需求调研，有针对性的设置了直达高铁站和机场的专线接驳服务。车辆可根据乘客数量灵活调度，提供一站式直达服务，节省乘客的出行时间，提升交通枢纽的接驳效率。



图 4-29 高铁站 RoboTaxi 接驳

2) 提高偏远地区企业员工上下班通勤效率。

随着衡阳市经济的迅速发展，如衡山科学城、白沙洲工业园、高新区创新创业中心及松木经开区等多个工业园区相继建立。考虑到这些工业园区主要分布在城郊，与市中心的距离约为 10-15 公里，市政府设置了专门的企业通勤线路，有效缓解了居住在市中心的企业员工的通勤压力。



图 4-30 运营车辆

3) 绿波通行场景，提高市民出行效率。

解放大道属衡阳最繁华路段，衡阳市政府为缓解部分时段的交通压力，针对解放大道开设智慧公交路线，沿路建设 RSU 25 台，可发送信号灯实时状态数据。车辆通过接收到的信号灯信息，结合自身位置，动态计算出最佳车速区间，从而使车辆能以更经济的速度通过前方路口。同时，通过运营平台及小程序，为市民提供预约用车、智慧出行等服务，进一步提升市民出行的便捷性与效率。

4) 增设游览专列，让各商区、景点交通更连贯。

在人流聚集较多的陆家新区夜市周围投放自动驾驶巴士，更好的满足周边市民的出行、购物需求，同时科技属性的加成也能够帮助夜市吸引更多的人群出行购物，进一步带动消费。

4.1.4 提升社会车辆的网联功能应用

4.1.4.1 苏州市社会车辆加装智能网联后视镜实践

为推动社会车辆的车路云一体化技术应用，提升用户体验感，常熟于 2023 年世界交通大会期间，面向社会招募体验官，为超 4500 台社会车辆免费加装支持 LTE-V2X 直连通信的智能网联后视镜。

目前，智能网联后视镜在市内重点区域可接收到红绿灯灯态信息推送，在具备路侧智能感知系统的点位可接收行人过街、匝道汇入、右转盲区等预警信息，并通过智能网联后视镜与智能网联公交的 V2V 通信，接收车头行人检测预警等信息，提高交通出行安全，为未来智能网联车载终端在私人出行领域的应用和普及提供试商用经验支撑。

后续苏州市将同步推动存量车和新车的车载终端装配率，并将智能网联后视镜接入苏州智能网联云平台，为驾驶员提供更多 V2X 提醒预警服务。



图 4-31 安小天 V2X 智能网联后视镜



图 4-32 匝道汇流预警

4.1.4.2 德清智能网联公交专用道共享服务

随着城市化进程的加速和汽车保有量的快速增长，城市交通拥堵问题日益凸显，特别是在早晚高峰时段，道路资源的有限性使得交通压力倍增。在此背景下，如何高效利用现有道路资源，提升城市交通运行效率，成为亟待解决的问题。

移动通信及车联网国家工程研究中心联合莫干山智能网联联合创新实验室共同发布了智能网联公交专用道共享服务方案，通过引入 C-V2X 车联网、北斗高精度定位、摄像头智能识别等先进技术，实现了公交专用道的适时、动态开放共享。



图 4-33 公交专用道共享服务孪生示意图

在智能网联公交专用道共享服务模式下，装有 C-V2X OBU 的智能网联社会车辆，可以在满足一定条件的情况下，通过车载系统实时接收道路交通信息，包括红绿灯倒计时、车速建议等，从而灵活选择行驶路线，提高驾驶的灵活度和通行效率。同时，系统还会根据公交专用道的占用情况和动态管控策略及时

调整共享状态。比如，当网联车辆后方有公交车快速接近时，会提醒其驶离公交专用道，确保公交车的正常运行不受影响。

目前，智能网联公交专用道共享服务已经在德清大道完成了车、路、云的相关部署，实现了公交道开放共享引导、阻碍公交运行避让提示、公交道关闭共享提示、强行驶入未开放共享公交道驱离告警等功能。

公交专用道共享服务充分利用德清的“地理信息+车联网”优势，围绕提升智慧交通管理、提高人民群众获得感开展创新，不仅能够提高道路资源的利用效率，也可以有效缓解城市交通拥堵问题，相应地有效减少因为拥堵、等待导致的碳排放。

4.1.5 高速公路建设运营实践

4.1.5.1 山东省智慧高速与三级云管理平台建设

山东高速集团持续推进车路云一体化建设，已完成了滨莱高速、京台高速、济青高速（济南至潍坊段）、京沪高速山东段等智能化路侧基础设施建设，取得了良好的示范带动效应。

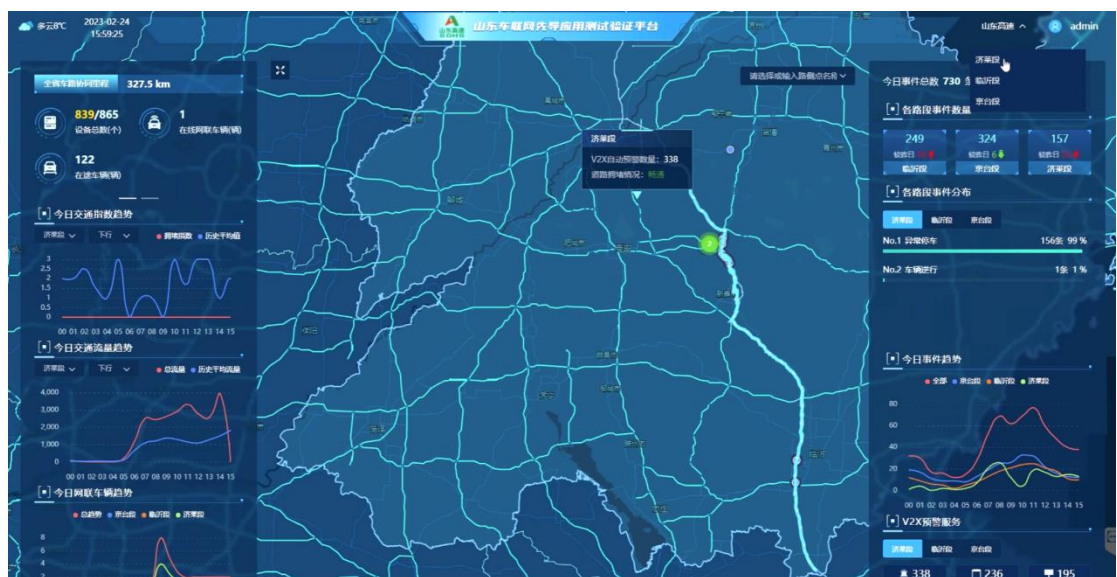


图 4-34 山东车联网先导应用测试验证平台

其中，济青中线智慧高速（济南至潍坊段）公路全长约 161.860 公里，是全国首条零碳高速。按照“全路段感知、全过程管控、全天候通行”的建设定位，构建以“毫米波雷达+视频”为核心的雷视融合路侧感知系统，实现“全时全天候

路云协同平台，为未来智慧高速建设做出示范。

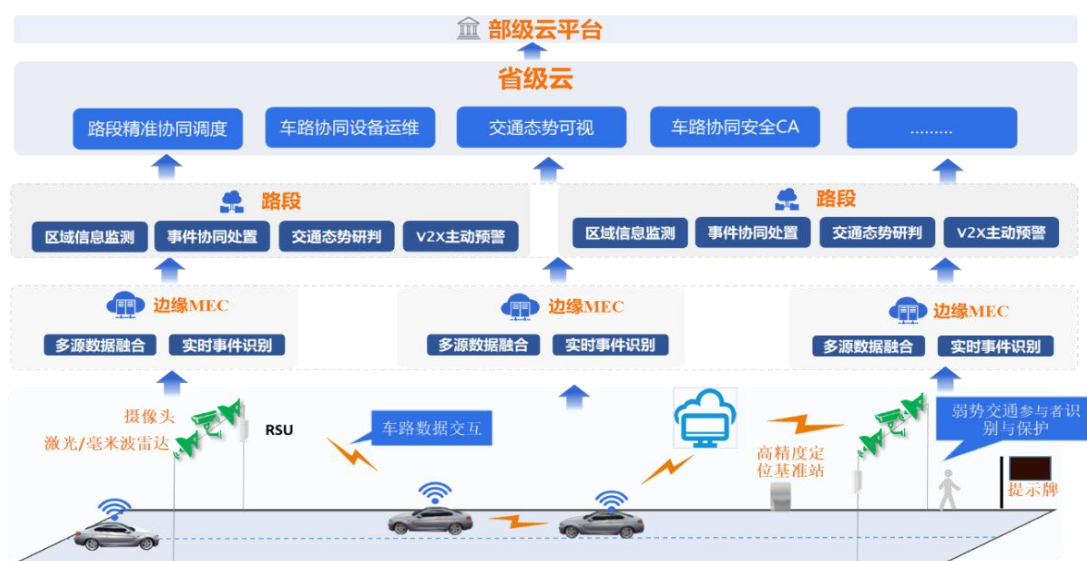


图 4-38 山东省智慧高速车路云协同平台架构

4.1.5.2 四川成宜智慧高速建设与导航 APP 应用

成宜高速公路全长约 157 公里，起于成都天府国际机场，止于宜宾绕城高速公路，全线共设置桥梁 157 座、隧道 4 座、互通式立交 17 处，设计时速 120 公里。目前，成宜高速已实现全线覆盖智能化路侧基础设施，共部署 370 余台 RSU，1000 余台 MEC，2300 余套感知设备。



图 4-39 成宜高速智能路侧设施

鉴于成宜高速多隧道、多云雾的特殊环境，四川数字交通科技股份有限公司推出对高速全路段实现无间隙监测的一体化运行平台“全息瞳”系统。通过对人、车、环境，实现全量、全天候、全程的精准感知；对异常停车、大雾天气等交通异常事件进行识别和智能决策，实现情报板、路侧雾灯、路侧 RSU 广播等方式的路况信息精准发布，对过往车辆提供路况信息、安全警告和优化行驶

路径建议，从而降低事故发生率。截至 2023 年 3 月，成宜高速的交通事故数量已同比下降了 20%，“零事故”天数从每周 0.5 天提升至 1.8 天。



图 4-40 一体化运行监测平台“全息瞳”系统

2023 年 3 月，蜀道集团联合阿里集团正式发布“蜀道·高德行业版”App。作为智慧高速车路云一体化技术与车机导航融合的应用，路侧全息感知信息通过高德的导航能力和 4G/5G 公网触达每一辆车，车辆无需具备高精定位模组即可实现车道级导航能力。加装该 App 的车辆在穿行成宜高速时，车辆中控大屏或驾驶员手机可显示天气、路况等动态信息，在驾车视线受到遮挡、雨雪雾恶劣天气下，用户可通过车路云一体化提供的超视距感知服务，实现全天候通行，并辅助实现恶劣天气下的高速管理精准分级管控。



图 4-41 “蜀道·高德行业版”App

未来，蜀道集团将秉承“道路更安全、导航更精准、雾天不封路、救援更快捷”的科学发展理念，积极推广成宜高速的智慧交通方案，实现公路交通系统能看、能诊、能管，推动我国全息感知与数字孪生技术高水平发展。

4.1.5.3 重庆渝湘智慧高速收费站、隧道重点场景建设

G65 重庆渝湘高速公路重庆至武隆段全长约 135 公里，全线桥隧占比较高，属于典型复杂艰险山区高速公路，具有线形指标低、气象环境复杂多变诸多特点，日均车流量可达 6 万辆次，货车占比约为 30%，存在交通事故多发、运行效率要求高、设施管养任务重等问题。

为了实现高速公路基础设施数字化，提升渝湘高速日常交通安全水平和通行效率，万集科技面向渝湘高速收费站、隧道及路段等重点场景，开展车路云一体化建设，建设范围包括两部分，即巴南收费站，以及包含太平隧道、接龙隧道在内的 10km 道路。其中在收费站、隧道等关键节点，采用激光雷达+视频的感知方案，其余路段则使用毫米波雷达+视频的感知方案，通过异构传感器的全域融合感知技术，实现不同区段感知数据的无缝衔接，在平台上能够平滑展现全域的实时动态感知结果，为 10km 范围内车辆提供精准的信息服务。



图 4-42 重庆渝湘智慧高速云平台

在太平、接龙隧道，通过数字隧道建设，实现隧道“一张图”运行管控，在隧道入口处将激光雷达的精准感知能力与卡口相机的识别能力结合，实现车辆身份绑定（成功率 $\geq 99\%$ ）和两客一危等重点车辆准确识别（准确率 $\geq 99\%$ ），满足对两客一危等重点车辆在隧道内无 GNSS 信息下的监管需求。

在隧道内，基于高精地图的厘米级精度和激光雷达的精准感知，能够准确感知到车辆的行驶轨迹，实现车辆在隧道内的全域跟踪（全域跟踪成功率 $\geq 98\%$ ），系统基于车辆全域的运动轨迹分析，能够有效提高超速、违停、变道等交通事件检测的准确率，提供交通事件秒级响应，实现事件实时取证与道路安全预警。

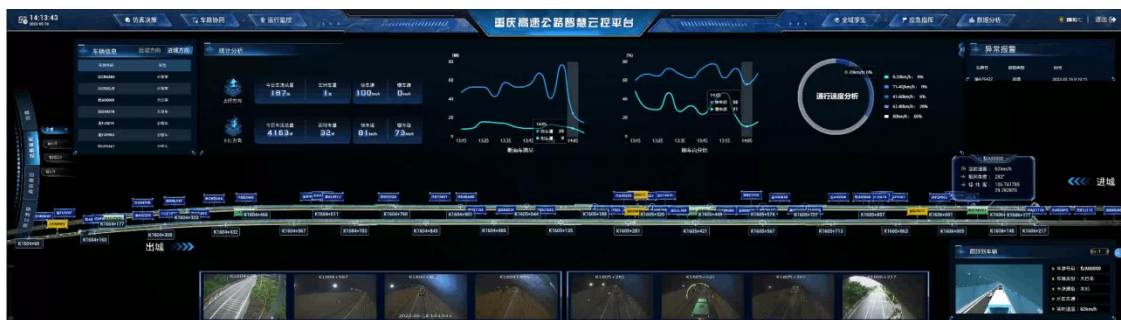


图 4-43 重庆渝湘智慧高速-数字隧道

同时，重庆渝湘路段可向网联车辆提供信息服务，包括路侧感知结果提示、事件提前预警、出行服务推送等，提升出行者驾驶体验。网联车辆收到信息反馈后也能够平台上进行展示，实现车路云一体化信息服务评价。



图 4-44 重庆渝湘智慧高速云平台-信息服务

未来，万集科技计划在接龙隧道内使用纯视觉感知方案进行测试验证，推动感知技术发展，促进低成本商业化落地，探索路侧感知协同车载自动驾驶技术应用，推动自动驾驶技术创新与发展。

4.1.6 景区、停车场限定区域建设运营实践

4.1.6.1 大理洱海自动驾驶小巴，开启美好旅游体验

大理洱海生态廊道作为知名景点，人流密集，日均游客接待量近 10 万人次，面临人多车少的问题，现有的脚踏车、电瓶车不能完全满足游客乘坐需求。自动驾驶巴士的加入，可有效缓解洱海生态廊道的交通压力，解决洱海运力不足的情况。同时，调度平台可实现自动驾驶巴士按需调度，满足乘车需求并降低空车率，大幅提升景区交通效率。

目前，蘑菇车联在环洱海生态廊道已建设支持 L4 级自动驾驶的智能化基础设施，并投入 10 台蘑菇车联 L4 级自动驾驶巴士，以及自动驾驶出租车、环

卫车、巡逻车和售卖车等多种自动驾驶车辆。通过车路协同，这些车辆能够接收路侧感知信息，包括施工情况、交通事件、静止车辆及弱势交通参与者识别等相关信息，以及信号灯状态和绿波通行建议信息，进而辅助车辆实现无人化自主运行。

蘑菇车联的自动驾驶巴士采用了环抱式座舱设计，乘客如同在自家客厅般围坐在一起，呈现出舒适、便于交流的氛围，使车内真正成为一个可交流、易互动的“第三空间”。



图 4-45 大理洱海自动驾驶巴士与功能型无人车

目前，10台自动驾驶巴士已实现收费运营。在2024年“五一”假期期间，每天9:00-19:00往返于磻溪（22.5km）至海舌公园（34.5km）线路上，不但有效提升了洱海生态廊道的交通效率，又给游客提供了“科技、绿色、智能的交通出行方式。

目标：4月15日8台接驳载客收费运营



图 4-46 环洱海生态廊道

未来，洱海将基于车路云一体化技术为自动驾驶赋能，实现在高客流景区低速自动驾驶的全工况示范运行。

4.1.6.2 合肥国家公园车联网建设，打造科技观光新体验

合肥滨湖国家森林公园，是国家4A级旅游景区，面积1072公顷，其中森林面积799公顷。星云互联联手合肥市包河区，在车路云一体化的理论指导下，强调绿色、平安、便捷、科技观光相结合，为百姓打造未来美好生活家园，开展了合肥滨湖国家森林公园5G-V2X智慧公园暨自动驾驶先导应用项目。

此项目全长14公里，区域覆盖游客集散中心、公园出入口、停车场、各内部景点，包含十字路口、丁字路口，关键出入口等，实现滨湖国家森林公园内部“智慧之路”全域覆盖。公园内投放了自动驾驶观光车、自动驾驶清扫车、自动驾驶售卖车、无人机、无人船等多类型自动驾驶车辆，通过搭载智能车载终端，接收行驶路段的全息感知信息，提升车端的感知能力。同时，园区建设的云平台控制中心，构建了基于端边云的网联一体化交通底座，形成了人-车-路-网-云多方协同的智能网联生态。园区可为游客提供集科技观光、便民售卖、互动环卫、全息安防、智慧管理等多种体验，构建独特的科技观光体验园区。



图 4-47 合肥滨湖国家森林公园车联网生态体系

截止至 2024 年 4 月，该智慧公园累计服务观光接驳乘客超过 2500 人，无人售卖服务人数超过 9000 人，网联化车辆累计行驶里程超过 7 万千米，各类车型累计运营时长达 1.8 万小时，清扫面积超过 900 万平方米。公园开展无人观光、无人售卖等商业化运营，高峰时段累计营业额超过 2400 元/天。项目实施后，有效降低了公园路面清扫、水域清扫以及园区巡逻的人力成本投入，产生了超过 150 万/年的间接经济效益。



图 4-48 合肥滨湖国家森林公园路侧设施与运营车辆

4.1.6.3 苏州打造 5G+AI 智慧泊车系统，可服务不同等级智能化车辆

都市中的大型地下车库往往结构复杂、车道狭窄、立柱遍布存在视线盲区，增加了用户的停车焦虑。智慧泊车可解决找停车位，缺乏车位引导等泊车难题，可极大提高驾驶体验和商业效率。

因此 2023 年，联通智网科技携手苏州网联、中汽中心、沃尔沃、中国联通苏州分公司、中国联通智能城市研究院、中国联通研究院等国内外领军企业，共同在苏州国际博览中心的商业停车场建设“5G+AI 智慧泊车服务系统”，使全

域 7219.37m² 范围内可支持智慧泊车服务。



图 4-49 地下停车场泊车场景

“5G+AI 智慧泊车服务系统”主要包括 5G/MEC 网络、云端智慧泊车服务平台、智慧泊车服务应用（泊车 APP/车机）、智慧停车场路侧基础设施、网联车辆等部分。系统以 5G 通信网络为基础，融合边缘计算、AI 融合感知和北斗定位等新技术，实现人、车、场、云的协同感知、协同规划、协同控制以及协同定位。智慧泊车服务包括 LTE-V2X 提醒预警、场端/车端运营监控、车位预约、车辆引导、一键泊车/召车、车辆的多视角实时孪生监控、数据统计和业务分析等服务，可大幅提高停车场运营效率和用户出行效率。



图 4-50 5G+AI 智慧泊车运营服务系统展示

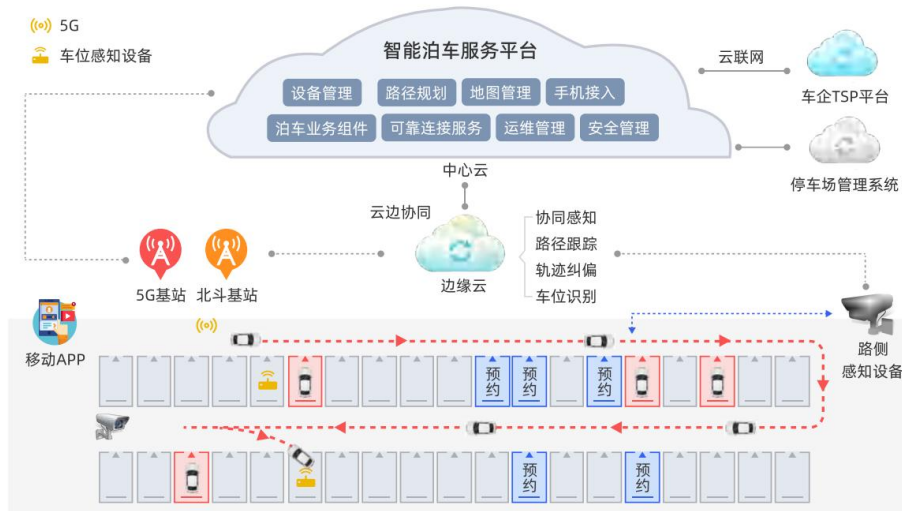


图 4-51 5G+AI 智慧泊车运营服务系统架构

目前，苏州国际博览中心的商业停车场共建设 7 台 RSU、15 台路侧摄像头、33 个车位检测相机、12 个激光雷达、1 个 MEC。智慧泊车服务系统已实现向普通社会车辆和智能网联车辆提供服务，赋能量产的 L2+智能辅助驾驶系统，使其达到 L4 自主泊车服务能力，让停车变得简单、高效和智能，有效解决了用户在停车场“寻车难”和“停车难”的困扰。

4.1.7 工业园区货运物流建设运营实践

4.1.7.1 无锡建设智能物流应用，实现全流程自动化运营

无锡高新区综合保税区由无锡出口加工区转型升级而来，于 2012 年 4 月 28 日正式获国务院批准，是江苏省继苏州工业园区、昆山、苏州高新区后第四家国内最高级别开放区域，园区内高科技制造业和生产性服务业工厂和生产型企业众多，物流需求量大。

2021 年 10 月，无锡向江苏佳利达国际物流股份有限公司颁发无人物流车的道路测试牌照。目前无锡高新区综合保税区已实现 21 辆安装 C-V2X 车载终端的自动驾驶货运卡车的商业化试运营，地点从新吴区综合保税区仓库到无锡捷普电子。

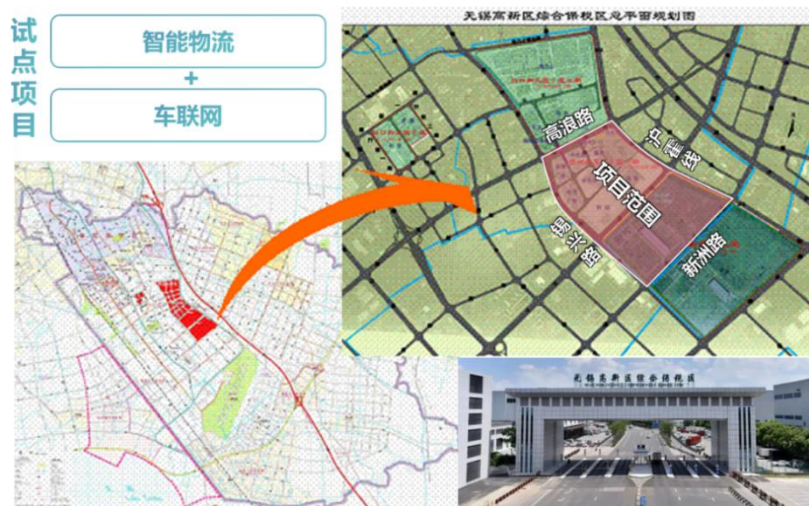


图 4-52 无锡高新区综合保税区示意图

在高新区综合保税区场景中，当地政府利用 5G 网络、自动驾驶、云计算、车路协同、AGV 和自动装卸等技术，对厢式货车、重载卡车和 AGV 小车进行智能化改造；对制造业工厂端和物流业仓库端两端进行智能卸货改造；对开放

道路路口和重点区域部署 RSU、毫米波雷达、交通 AI 摄像机、路侧边缘计算单元（MEC）等智能化路侧基础设施，使自动驾驶运输串联智慧工厂和智慧仓库，打造一套智能网联货运车的自动驾驶、智能装卸的全流程无人化运营场景。

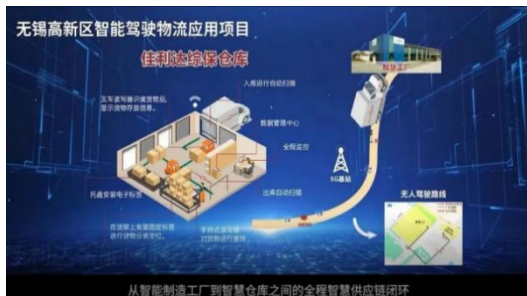


图 4-53 自动驾驶货运卡车智能物流建设示意图

图 4-54 自动驾驶货运卡车

目前，自动驾驶货运卡车能够实时接收园区装卸需求进行智能规划路线和自我调度，并在行驶过程中通过车载的感知设备和路侧、云端系统提供的超视距感知和车车之间的通讯，保持行驶的安全性，避免人为因素影响，解决自动驾驶长尾效应，服务车企算法验证和提升。自动驾驶重卡针对自动驾驶、跟车行驶、协同行驶、自动泊车、自动避障功能可实现的部分功能指标如下。

表 4-2 自动驾驶货运卡车部分功能指标

主要功能	功能场景	功能指标
自动驾驶	接收规划决策调度平台的作业信息，平台自动完成到达指定作业位置的路径规划，运输车辆沿规划道路行驶。行驶过程中车辆根据自身传感器及路面信息反馈，自主完成行驶线路优化进行自主计算，确保车辆在夜晚、降雨等天气情况下的全天候运行能力。	最高行驶速度：15 公里/小时 定位精度：10 厘米 行驶位置控制精度：0.5 米 车速控制精度：1 公里/小时 半挂车转角检测精度：3 度 空载、重载自适应控制
跟车行驶	自动行驶过程中，当行进线路上出现其他车辆占用时，可以根据前方车辆的行驶速度，自动跟随行驶。	跟驰距离：20 米 跟驰目标：行驶线路上的车辆 最小跟驰速度：5 千米/小时 适应夜晚、雨雪等工况条件
协同行驶	车辆经过混行区域、交叉路口等复杂场景时，由于车辆相互遮挡等原因，存在一定的检测盲区，有一定的碰撞事故隐患。云端调度系统与路侧感知系统可将车辆检测盲区内的环境感知信息发送给所有自动车辆，确保行驶安全性，提高通行效率。	路侧感知距离：100 米 感知目标：车辆、非机动车、行人 响应速度：200 毫秒 适应夜晚、雨雪等工况条件
自动泊车	在指定停车位置附近，自动驾驶系统根据车载传感器检测车辆周围可通行	停车行驶速度：5 千米/小时 最大路径规划时间：2 秒

	性，自动规划停车路径完成指定位置停车。	场端定位精度：10 厘米 半挂车转角检测精度：3 度 停车位置精度：20 厘米 空载、重载自适应控制 根据环境变化自动重新规划停车路径
自动避障	检测行驶路线上的其他作业车辆、社会车辆、非机动车、行人等对象，并获得其类型、行驶速度等相关信息，供自动驾驶决策功能模块规划合理的驾驶行为。	检测距离：50 米 检测对象：车辆、非机动车及行人 最小检测对象：30*30*30 厘米 适应夜晚、雨雪等工况条件

未来无锡市高新区综合保税区将扩大示范面积，部署更多类型自动驾驶物流车辆，实现无人驾驶、远程驾驶的示范运行。

4.1.7.2 鄂尔多斯投入 L4 级卡车编队，实现无人化运输

鄂尔多斯作为国家重要的能源基地，各类矿山遍布全市，在采矿设备、技术供应、货物运输等方面有着巨大的智能化、绿色化需求，具有发展自动驾驶货运的天然优势。2024 年，鄂尔多斯市作为交通部第二批智能交通先导应用试点单位，已在康巴什区、伊金霍洛旗、鄂托克旗等运煤线路相继开展了自动驾驶重卡运营示范。

2024 年 3 月，卡尔动力获鄂尔多斯市康巴什区颁发的首张智能网联汽车测试牌照“蒙 K0001 试”，卡尔动力基于鄂尔多斯集团的大量业务需求，已投入了 46 台自动驾驶重卡进行常态化测试和运营，来提升中、长途各种复杂场景下的物流运输效率。



图 4-55 卡尔动力获内蒙古首张 L4 级自动驾驶重卡测试牌照

运营调度平台 KargoCloud 实现了从业务计划输入、调度派单、装卸货到运输作业监控、对账结算等全流程管理。从调度和监控效率上，通过混合派单策略，结合运输场景，将运输需求和运力做合理匹配。除运营调度、充电协调等功能外，KargoCloud 还具备业务监控功能，主要包括：实时定位、轨迹回放、装卸货监控、疲劳预警、超速报警等。实际业务方面，通过实时定位、行驶总里程等功能对驾驶员进行绩效管理，还可通过后方监控设备实时监控货物安全。

未来五年间，鄂尔多斯市将围绕干线物流、点对点中短途货运、园区内货物接驳运输等场景，部署更多路侧通信、感知、计算设备，实现 L4 级编队行驶功能的规模化部署，在市内重要生产物流区域及主干线上实现无人化运输。

4.2 车路云一体化地方建设运营分析

4.2.1 建设运营投资由政府引导，车路云一体化架构促进价值闭环

目前，各地智能化基础设施、云控基础平台的建设投资以政府引导、企业参与为主。可大致分为建设运营一体化模式和建设运营分离模式，见图 4-56、图 4-57。当地参与方的核心诉求与基础能力差异决定其项目开展的不同模式。

在建设运营一体化模式下，专项平台公司作为智能网联项目的建设运营主体，政府通过直接投入、融资投入或补贴等形式对建设与运营费用予以一定支持，例如合肥设立专项运营平台公司，武汉成立多企业联合主体开展建设运营。在此模式下，平台公司具有更多主导权，可有效保证建设范围内基础设施、云控基础平台的标准统一、服务一致。然而平台公司需要实现价值创收，在车路云一体化商业模式未形成闭环的现在，经营压力较大。

在建设运营分离模式下，地方政府为主导方，由科技公司或多企业联合方式负责项目总体规划建设，并成立平台公司承接后续运营，例如广州、南京。在此模式下，普遍是区级建设主体负责各区建设，市级运营主体负责整体运营^[11]，资金由相应主体负责筹措。然而在后期运营中，由于平台公司缺乏早期设计建设背景，运维成本较大，且较难评价项目所能带来的社会、经济价值，以持续获得政府投资。

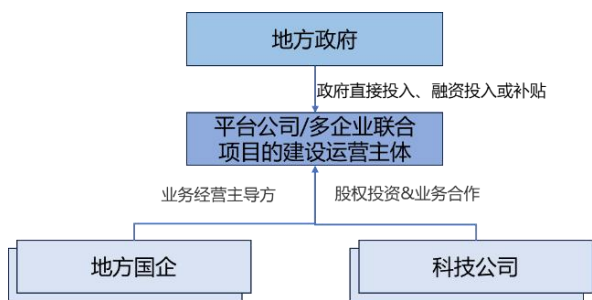


图 4-56 模式一 建设运营一体化模式

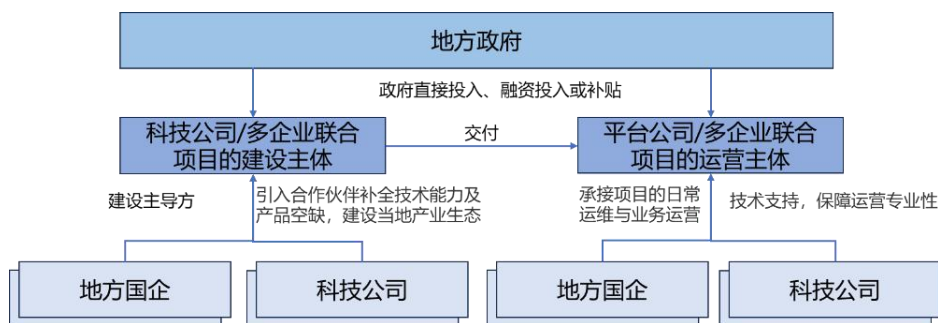


图 4-57 模式二 建设运营分离模式

针对平台公司无法实现“自我造血”的问题，行业内寄希望于车路云一体化体系架构的应用推广，其中云控基础平台是实现商业模式闭环的最重要一环。云控平台由“1”个云控基础平台与“N”个由云控基础平台所支撑的云控应用平台的“1+N”构成。当云控基础平台接入的网联车辆、路侧设施达到一定规模后，各类云控应用平台对其用户提供服务所需的基础数据可通过向云控基础平台购买服务的方式获得。对于赋能自动驾驶等低时延、高可靠类服务，云控应用平台可委托拥有强大算力与网络资源支持的云控基础平台提供服务或由在平台注册的路侧通信单元提供服务；对于大数据类通信性能要求较低的服务，云控应用平台可选择与用户直接交互。由各地的云控基础平台运营方负责统一购买与采集所需的道路基础设施资源与动态交通数据，可大幅降低应用平台的复杂度与实施成本。并且在以云控基础平台为支撑的车路云一体化生态下，用户逐渐具有多重身份，使得产品与服务呈现丰富多样性，例如路侧基础设施、网联车辆既是数据提供方也是服务接收方，部分云平台既是数据提供方也是应用服务提供方。车路云一体化架构商业模式示意图如图 4-58 所示。

在车路云一体化架构商业模式中，多维度释放数据要素价值是实现业务贯通、产业赋能的重要基础。国家、地方政府不断颁布数据要素培育政策与制度。2022 年 12 月，中共中央、国务院印发《关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》后，各地发布多项政策条例构建数据运营交易体系，例如杭

州市发布《杭州市数据流通交易促进条例（草案）》、北京市发布《北京市公共数据专区授权运营管理办法（试行）》等。未来，各地将逐渐通过促进数据采集存储质量、提升数据可用性、明确安全合规基准、维护数据要素市场制度等方式，来积极吸引社会资本进入车路云一体化产业，探索以数据产品、数据服务等标的物进行数据流通交易，实现可持续的投资运营模式创新。

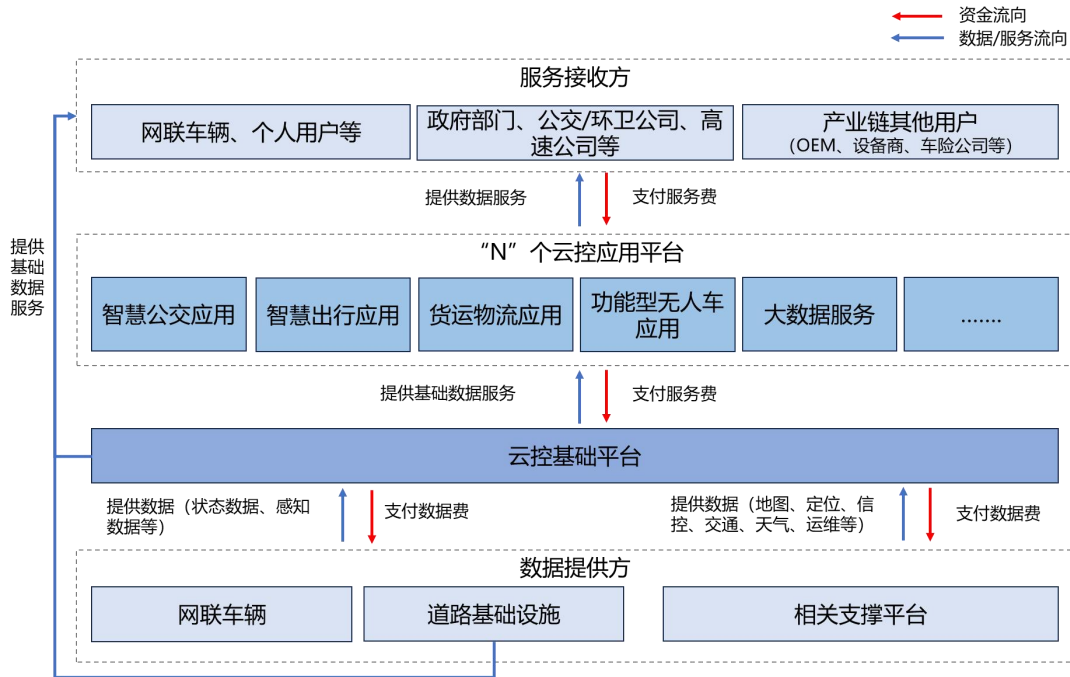


图 4-58 车路云一体化架构商业模式示意图

来源：部分参考“车路云一体化”系统应用与建设指南

4.2.2 梳理车路云一体化典型功能场景，以统一标准推进规模化应用

当前，我国各地基础设施建设项目以及网联功能测试示范活动蓬勃开展，示范场景覆盖提醒预警、辅助驾驶、自动驾驶阶段，场景选择普遍具有相似性。

《“车路云一体化”系统应用与建设指南》基于已有实践经验，从有利于实现规模化、标准化的因素出发，提出了 17 项推荐率先落地的功能场景，包括交通信号灯上车、闯红灯预警、绿波车速引导、前方有遮挡异常车辆、有遮挡的十字路口交叉碰撞预警、超视距弱势交通参与者、道路状况推送、公交车道共享、紧急车辆优先通行、行驶车道建议、高速公路/快速路匝道汇入、车道级交通拥堵信息、感知信息共享、异常车辆远程接管、C-AEB、CACC、C-AVP，指导后续车路云一体化功能场景的建设部署。

功能场景的规模化应用需要以统一的架构和标准体系为支撑。车路云一体

五、车路云一体化发展建议

各地示范项目在逐步突出网联化赋能作用，智慧公交、智慧乘用车、自动泊车、城市物流、自动配送等多场景均已实现不同等级的网联化功能应用，为车路云一体化应用试点打下坚实基础。但车路云一体化技术落地和智能网联汽车规模应用是一个循序渐进、由局部到整体、从量变到质变逐渐发展的过程；需要政策法规和标准方面的充分保障支持，需要智能网联汽车的渗透率和智能化基础设施覆盖率逐步提升，需要高效通信、云控平台研发、端到端自动驾驶系统建设、测试评价方法等关键技术突破，需要投资和商业模式创新探索。

建立健全车路云一体化政策法规标准体系。形成引领我国车路云一体化智能网联汽车发展的宏伟蓝图和行动纲领，明确政策、资金、财税、人才等方面的保障措施。建设中国基础设施标准、网联运营标准、新体系架构汽车产品标准等相关标准。以统一的标准体系指导车路云一体化示范项目的建设及运维评估检测。

分类施策推动车载终端渗透率提升。车端规模化应用是发挥网联化优势的必要步骤，能够降低终端成本并发挥 C-V2X 场景价值，通过实现空间、时间、类型维度数据信息量的提升，进一步扩展多场景价值空间。因此，有必要发挥财政资金引导、专项税收优惠、特定车辆强制安装、优先通行路权、激励政策等方式，推动公共领域（公交车、公务车、出租车）以及社会车辆进行 C-V2X 车载终端前装与搭载改造。缩短 C-V2X 车载终端早期渗透率提升的“爬坡过坎”过程，同时坚定企业信心，加速网联化产品投放。

突破真实道路环境下车路云一体化系统运行技术局限。在真实道路交通环境下车路云一体化系统仍面临交通要素繁多、环境干扰复杂、渗透率波动大、边际场景多等挑战，仍需要大量关键技术创新^[13]。围绕车载中央计算平台、路侧感知计算设备、云控基础平台、低时延高可靠通信系统、高精动态地图基础平台等方向领域，通过专项攻关、设立平台公司以及战略性投资等方式，推动技术研发、产业化与规模应用，打造车路云一体化智能网联汽车的基础支撑。

探索打造全国一张网的车联网新型运营主体。建议以国家部委牵头、三大移动运营商共同参与的方式，打造面向全国范围的车联网新型运营主体。一方面解决当前各地建设规范、通信标准、数据接口等不一致问题，依托技术手段

消除在数据共享过程中，车端、路侧、云端对于网络可靠性的顾虑；另一方面为用户个人信息、车辆运行信息、以及地理位置信息高敏感信息的可信安全提供保障。同时，为数据脱敏处理、数据实时协同共享、二次挖掘利用等提供安全可靠网络环境，激发产业生态活力。

落实标准化建设方案与测试认证平台搭建。以统一的标准体系指导车路云一体化示范项目的道路环境、智能化路侧基础设施、云控基础平台、高精度地图等建设及运维情况评估检测。针对车路云一体化系统各组件分类分级形成产品认证科目，通过产品认证保障车路云一体化应用质量。形成车路云一体化测评机制，形成对通信服务质量、路侧服务质量、云端服务质量的测试评价机制，为车路云一体化大规模应用涌现提供必要的基础条件和安全的运营环境。

鼓励新基建投资模式创新与商业运营模式探索。车路云一体化智能网联汽车涉及的产业链长，利益相关方多，基础设施建设成本较高，难以单纯通过社会资本推动建设。建议发挥政府的资金带动作用，改革传统交通基建的投融资方式，将交通安全、通行效率、能源节约、用户体验感提升等间接经济价值以及社会价值纳入到投资收益测算。鼓励运营模式、商业模式和投资模式的创新，构建网业分离的智能基础设施建设维护和网络经营模式，打造有序的市场竞争环境。

附录 1：车路云一体化企业实践

一、车路云一体化提醒预警案例

(一) 蔚来汽车 100%标配 5G+C-V2X 能力

2022 年 3 月，蔚来交付了第二代整车平台架构（NT2 平台）的首款车型 ET7，从 ET7 开始蔚来实现全系标配 5G+C-V2X 能力。截至目前，NT2 平台 30 余万辆在售车型已 100% 标配 5G+C-V2X，实现标准的互联互通互信能力，量产实现主要聚焦信号灯显示、工厂自动下线两个智能网联融合化的应用场景。

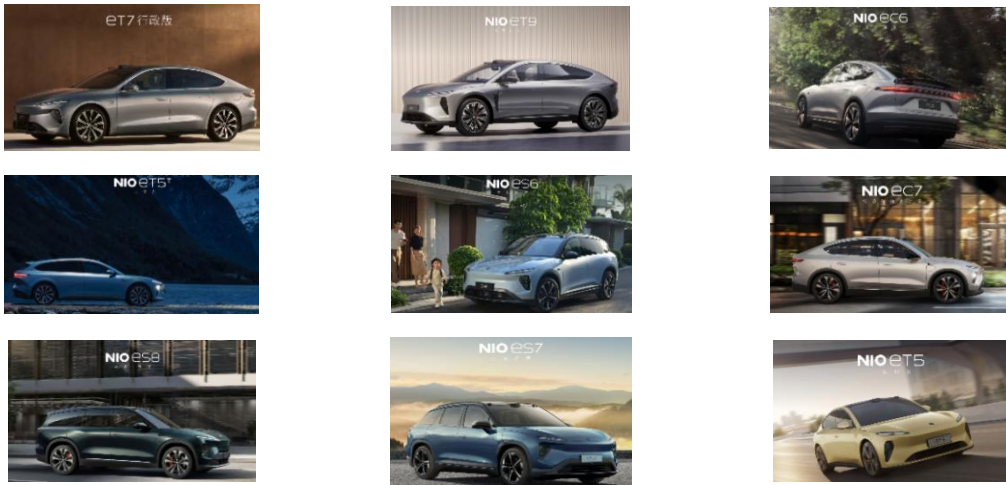


图 1-1 搭载 5G-C-V2X 车型示意图

蔚来 NT2 平台架构已明确了较完整的整车智能化网联化融合技术框架。整车各传感器的感知能力、各控制器的执行能力以及各通信器件的数据交互能力相对独立，且各技术能力之间并不互斥，可以共同存在。

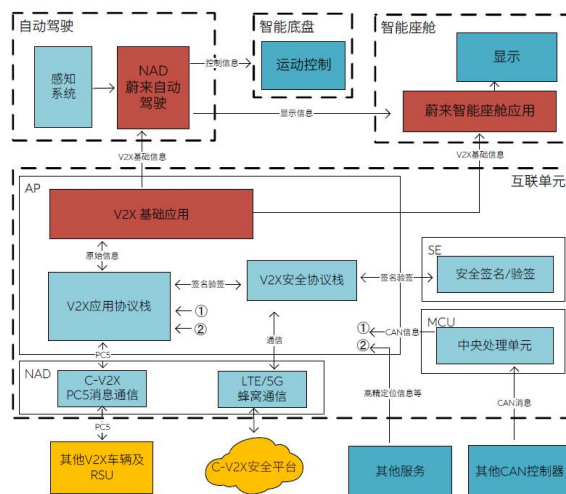


图 1-2 蔚来 NT2 平台架构

在信号灯倒计时显示的应用中，蔚来将通过车载摄像头感知、城市云平台或区域统一服务平台接收、地图厂商获取、路侧 RSU 发送的信号灯信息进行融合处理，通过仪表盘、中控屏展示给用户统一的灯色及倒计时信息，保证用户的体验感受。

针对工厂自动下线场景，蔚来部署一套云端冗余控制系统，通过车端控制、云端人工控制、云端自动控制的协同控制策略，保证了车辆的高稳定性安全运行。在工厂的下线场景中，工厂云平台会下发规划路径信息，引导无人自动驾驶车辆停在指定位置，车端自动驾驶控制器操控车辆行驶。在行驶过程中，工厂场端的感知系统可对路线上全场景进行探测，对目标车辆进行多梯度场景识别，比如是否有压线，是否超速等失控场景，并向运维人员发送实时预警。在车辆失控场景下，运维人员可进行人工远程操控，例如车辆制动等操作。如果预警场景达到紧急接管制动级别，比如非预期的严重超速等场景，工厂云平台可以直接下发制动操作命令，进行车辆操控。

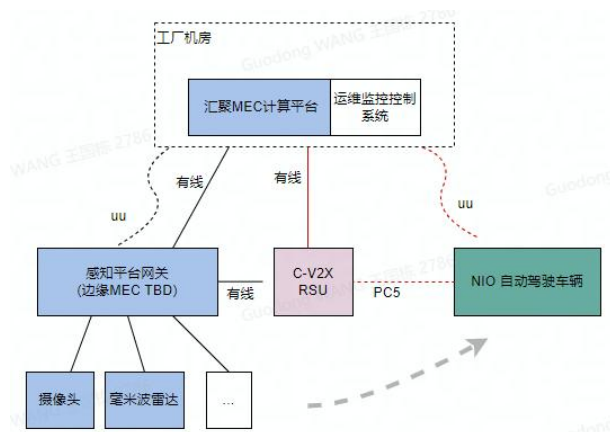


图 1-3 工厂自动下线场景架构图

将来，蔚来将优先聚焦信号灯、车车通信等网联信息与辅助驾驶、自动驾驶的融合应用，提升网联信息在智能驾驶系统中的利用率，加快车路云一体化技术的商业化落地。

（二）上汽集团 C-V2X 应用量产上车

智能汽车创新发展平台(上海)有限公司，协同上汽飞凡品牌，基于上海临港示范区建设成果，在 2024 年飞凡 F7 和 R7 车型上实现 V2X 应用场景的大规模量产上车。其中，装载了 OBU 模块、集成 V2X SDK 软件的飞凡量产车，

分别通过 C-V2X 技术的 PC5 直连通信链路和 Uu 蜂窝通信链路，与路侧的通信单元和云端的云控平台进行实时通信，车端能提前获取前方道路交通状态和信息预警，应用场景包括信号灯展示、绿波引导、限速预警、道路危险状况提示道路施工、车内标牌、异常停车预警等十余类场景，有效增强车辆的行车安全和通行效率，提升驾乘体验。

同时，通过平台公司的车路云数据服务平台，基于上汽集团智能网联车辆的能力与示范区的建设成果，首次规模化实现了前装量产车对路侧和云端多类型数据服务的接入，有力促进了国内各城市“车路云一体化”建设应用。



图 1-4 V2X 提醒预警信息显示



图 1-5 上汽飞凡 C-V2X 量产车

（三）一汽车路云一体化功能落地

一汽积极开展车路云一体化功能场景落地工作，已经在一汽红旗、一汽大众等品牌实现了量产应用。

2020 年，红旗国内首发前装量产基于 C-V2X 的 E-HS9，实现 V2X 信息与单车感知融合后的前向碰撞预警、盲区提醒、变道预警、交叉路口碰撞预警、限速预警、紧急制动预警等 6 项典型应用，实现万辆级规模化部署。2024 年，红旗 EH7、新一代大众迈腾等多款车将搭载 V2X 功能上市，并具备 C-NCAP 新增 3 项可通过 C-V2X 技术支持的功能（在遮挡条件下车辆直行与穿行的车辆冲突场景、高速度差追尾场景、违反交通信号灯场景）。

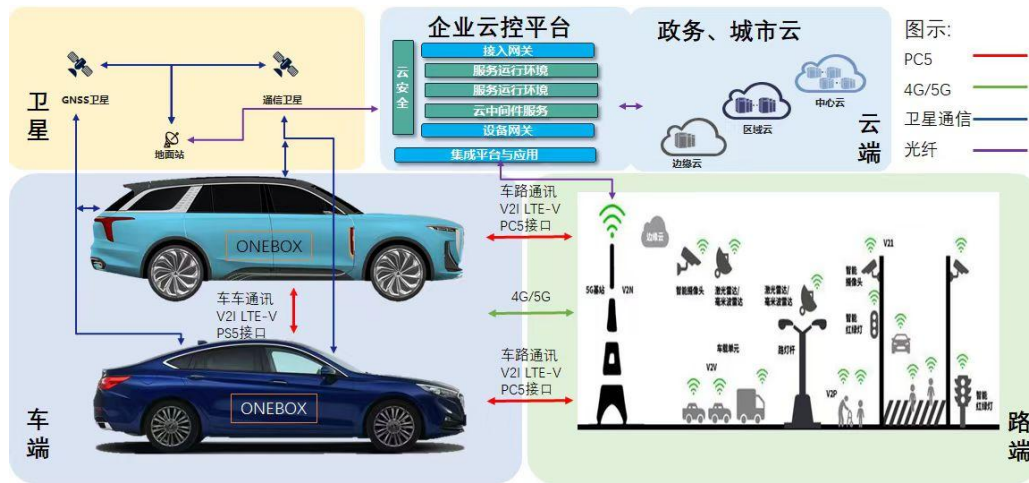


图 1-6 车-路-云-卫星通信示意图

一汽-大众自 2021 年起，自主预研开发了 20 余个 V2X 功能，包含一阶段功能及自定义个性化功能，搭建 V2X 功能正向开发能力，并储备了相关技术能力。

（四）蘑菇车联基于 C-V2X 的提醒预警服务

为推动城市级车路云一体化规模化建设和应用，蘑菇车联推出智能网联数据赋能应用和蘑菇知途系统，包括 APP 与 SDK/API 多个形态。其中蘑菇知途 APP 基于 C-V2X 事件预警、协同感知的能力，面向用户实现了全局导航、基本安全信息预警、道路交通事件提醒、行车报告等功能，为车主提供安全和信息服务的综合性产品；知途 SDK/API 提供 C-V2X 事件、协同感知的数据服务，支持第三方基于 SDK/API 进行二次开发，从而快速将对应能力触达至用户。

在 C-V2X 应用方面，蘑菇知途可实现路口、路段全面出行服务。在路口处，为司机提供路口通行全局视角概览、交通灯变更预知、智能绿波到达显示时间、车辆起步提醒/减速提醒。在路段上，提供有效的交通拥堵预警、道路施工预警、道路事故提醒、附近路面障碍物以及僵尸车监测、公交站信息、他车倒车/逆行预警、行人/非机动车横穿预警以及实时路况导航等，大幅降低了驾驶过程中的不确定性，使得驾驶员可以事先做好速度调整与刹车、绕道准备，从而显著提高行车安全性和通行效率。



图 1-7 全局导航



图 1-8 智慧道路展示

表 1-1 蘑菇知途提醒预警功能

 <p style="text-align: center;">道路施工提醒</p>  <p style="text-align: center;">改道建议</p>	<p>道路施工提醒事件支持当车辆行驶过程中遇到施工区域，且距离施工影响范围 300 米内时，系统将自动触发提醒。提醒内容包括数字孪生渲染、事件信息卡片、语音提示和建议路线（若有）。</p>
 <p style="text-align: center;">僵尸车提醒</p>	<p>支持当车辆即将遇到僵尸车且距离影响范围 150 米内时，系统将触发提醒告知僵尸车位置，司机可以提前做出行驶决策。</p>
 <p style="text-align: center;">行人横穿提醒</p>	<p>当车辆行驶过程中可能遇到行人或非机动车横穿，且距离影响范围 50 米内时，系统将触发预警。</p>
 <p style="text-align: center;">信号灯信息提醒</p>	<p>路侧单元（RSU）将实时灯态信息上报给云端，云端下发给路口周边车辆，帮助车辆提前做出驾驶决策，如减速、停车或安全通过路口。</p>

（五）奥迪 V2V、V2N 应用投放使用

奥迪是国内首个获得 V2X 偏转插件的车企。在 2021 年，奥迪 A6L 开始投放基于 V2N（车云通信）和 V2V（车车通信）技术的交通信号灯信息系统功

能、危险信息提示和危险信息警告功能。并推广到奥迪 A4、奥迪 Q5。目前，累计生产的奥迪 A6L 中选装 V2X 功能约为一万台，自 2022 年开始奥迪 A6L 选装 V2X 功能高于 5%，用户规模在不断壮大。

奥迪交通信号灯信息（TLI）系统，将通过车企云平台提供“绿灯优化速度建议”（Green Light Optimized Speed Advisory, GLOSA）和“绿灯倒计时”（Time-to-Green）两种服务功能。“绿灯优化速度建议”可以为驾驶者计算出实现全程绿灯畅行体验的理想速度，使得车辆能够在全程绿灯的条件下顺利通行。在车辆距离路口一定距离时，“绿灯优化速度建议”还会提醒驾驶者适当调节速度，以便车辆和后方来车顺利通过路途中的信号灯，有效降低因时走时停而产生的不必要的额外能耗。如果遇到无法避免的红灯，“绿灯倒计时”功能就会自动倒计时距离下一次绿灯的时间。同时奥迪质量管理后台会生成评估报告反哺城市交通系统优化，促进数字化城市建设。目前该功能已覆盖在无锡近 600 个路口，实际使用数量超过 3 万次/周。

奥迪危险信息提示（LHI）和危险信息警告（LHW）功能通过车载传感器来监测危险状况，如故障车辆、前车紧急制动及事故等，并通过 V2N 和 V2V 进行实时网联和相关车辆间的预警通讯。车辆的人机交互界面以及虚拟座舱屏幕上会弹出提示信息，提醒驾驶者注意视线外的道路情况，以提前采取措施。

上述量产的 V2X 功能除了为用户带来一路畅行的驾享体验，更重要的是可以减少交通事故发生，提高交通通行效率，减少紧急事件通勤时间，同时为自动驾驶决策提供有利支持。



图 1-9 显示 V2X 提醒预警信息的仪表盘

（六）腾讯云移动终端提醒预警服务

随着手机和车机移动互联网应用的广泛普及，移动终端可以通过承载部分

安全性要求较低的 C-V2X 应用，快速提升用户体验，推动网联功能的规模化拓展。腾讯云于 2021 年开始上线提供给移动终端的提醒预警功能，提升信息服务触达 C 端的能力。在该技术方案中，腾讯云提出 5G+LTE-V2X 云端决策的技术路线，通过手机 app、小程序、车载后视镜等获取实时信息，融合基于 5G 公网的云端决策以及基于 LTE-V2X 直连通信的车端决策的 5G“泛 V2X”技术框架，突破 C-V2X 服务必须依赖专用车载硬件的束缚。目前，基于移动终端的提醒预警功能已应用在天津西青、重庆两江、成都龙泉驿、襄阳、柳州等城市，主要包括红绿灯信号同步、绿波通行、路侧事件同步、弱势交通参与者预警服务等。



图 1-10 腾讯云开发的“智行西青 APP”

(七) 广州大规模存量车 C-V2X 功能常态化运营

广东省智能网联汽车创新中心有限公司（5G+车联网项目管理推进方，后简称“创新中心”）联合如祺出行和公交集团推动 10400 辆如祺网约车、公交车进行 C-V2X 车载终端搭载改造，从而提升存量车智能网联水平。最终，在 2024 年 1 月 20 日，实现试点运营车辆 100%智能化改造，广州成为全国首个车联网常态化运营车辆破万的城市。装载了 OBU 的运营车辆，将与路侧通信单元 RSU 进行实时通信，司机可通过 APP 提前获知前方道路交通状况，收到包括前向碰撞预警、盲区变道预警、逆向超车预警、道路危险状况提醒、拥堵提醒等在内的 16 种分类场景预警、55 种细分预警场景提示，大大提升车辆的风险规避能力，让道路通行更顺畅、车辆行驶更安全。



图 1-11 如祺网约车



图 1-12 V2X 信息显示（手机连接车机 USB 进行信息显示）

二、车路云一体化辅助驾驶/自动驾驶案例

（一）蘑菇车联车路云一体化自动驾驶案例

蘑菇车联的 L4 级自动驾驶小巴、自动驾驶清扫车、自动驾驶观光车、自动驾驶出租车及自动驾驶功能车在内的全系车型，均已搭载自主研发的 5G 和 C-V2X 协同式车载终端。通过 5G、LTE-V2X 通信技术，可以从路侧传感器、边缘计算节点及通信设备处获取环境感知信息，进一步提升车辆的感知范围和精度。同时，结合云控平台信息和高精地图信息，辅助车辆进行实时决策，提高自动驾驶系统的可靠性，使车辆能够在城市开放道路等复杂场景中安全运行，即使在暴雨、夜间等极端天气条件下，也能实现安全的自动驾驶。



图 2-1 蘑菇车联产品示意图

在湖南省衡阳市的测试示范中，蘑菇车联的自动驾驶出租车在完全遮挡住车载感知设备的情况下，成功实现了依靠纯路侧感知与计算能力（蘑菇 AI 数字道路基站）进行长距离、长时间的 L4 级自动驾驶。这一测试论证了可通过降低

车辆软硬件配置，仅依赖路侧与云端提供的高可靠、低时延融合感知数据和协同决策信息，辅助车辆完成自动驾驶的可行性。

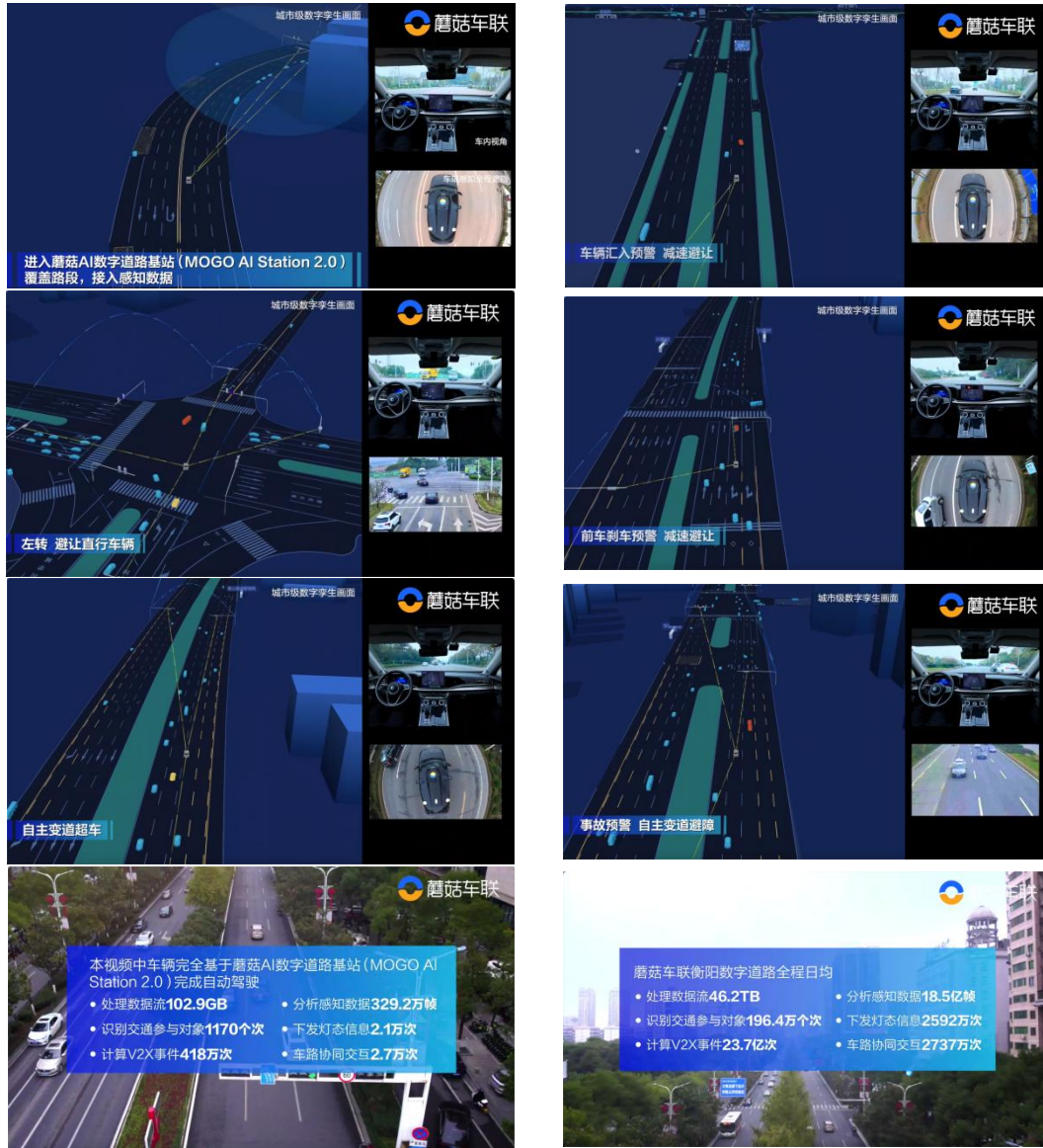


图 2-2 纯路端感知实现 L4 自动驾驶演示图



图 2-3 蘑菇车联多种自动驾驶车辆在地常态化运营

（二）友道智途智能重卡列队跟驰案例

友道智途作为上汽旗下聚焦自动驾驶商业化应用的科创公司，在全栈自研的 L4 级自动驾驶智能重卡上搭载了支持 V2X 的车规级智能网联控制器 IAM，实现了列队跟驰功能。



图 2-4 车规级 5G-V2X 智能网联控制器 IAM

基于稳定 5G 通信环境和 V2V（车车通信）技术，友道智途的列队跟驰方案可实现在 5 车列队行驶状态下，列队车辆间毫秒级的车辆实时规划和控制指令共享，确保所有列队车辆第一时间实现 1 秒时距的队列自动行驶，在时速 70-80 公里实现车车 20-22 米间距，以及自动编组和解组、跟车、车道保持、绕道换行、紧急制动等队列行驶功能。

编队自动驾驶过程中，针对遭遇随机不确定的开放混合交通流，以及车队发生单体任务变更、车辆状态故障等导致车队整体运行稳定性受影响的情况，友道智途研发了云端车队管理系统（FMS），通过车队群智协同控制技术，形成车队自适应协同控制，提升编队行驶鲁棒性。

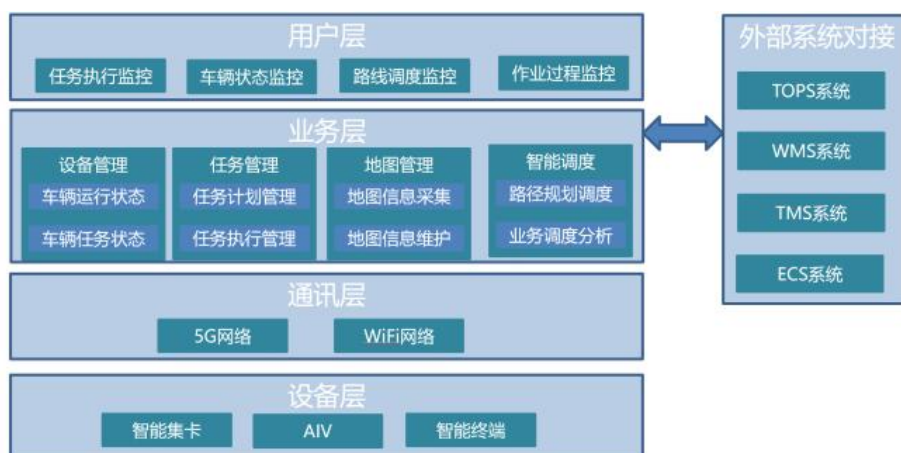


图 2-5 车队管理系统（FMS）功能架构

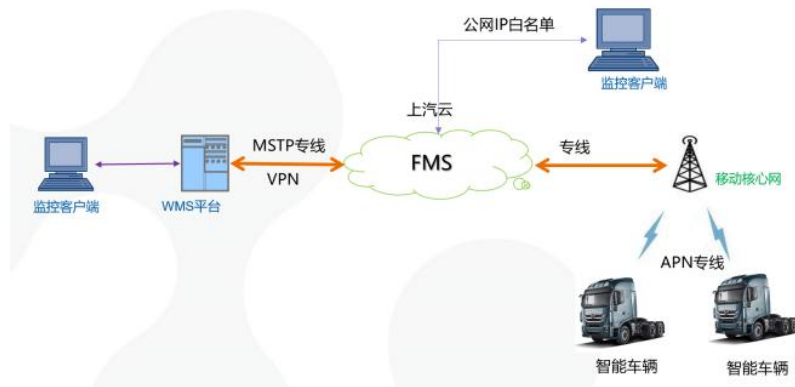


图 2-6 车队管理系统（FMS）网络拓扑图

2024 年，友道智途在上海洋山港集疏运场景中累计投放 109 辆 L4 级智能重卡，在上海洋山港-东海大桥-临港集疏运中心 80km 集装箱疏运线路上实现港口集装箱规模化智能转运，借助列队跟驰等自动驾驶技术提升东海大桥 30%-40%的通行效率。



图 2-7 上海洋山港示范图

未来，友道智途将持续开展智能重卡示范验证，通过网联信息赋能解决边缘场景和长尾问题，解决港口、矿区、园区、干线等特定场景的集疏运瓶颈，提供面向全场景的智慧运力服务。

（三）卡尔动力混合智能编队案例

卡尔动力是由滴滴集团旗下的自动驾驶公司孵化的自动驾驶卡车公司，基于滴滴自动驾驶的全栈 L4 自动驾驶技术平台，开发了适合大宗物流规模化商业应用的混合智能编队方案（前车有人、后车无人）。

混合智能编队技术方案，能够实现一名司机驾驶 L2 级功能的领航车辆作为头车，引领多辆（2-5 辆）L4 级自动驾驶卡车行驶，车车间 C-V2X 通信延时达到百毫秒级别。卡尔动力基于自身实践，牵头编制了 T/CMAX 21005-2023 《自动驾驶车辆编队行驶能力测试内容及方法》，推动了国内自动驾驶编队能力

标准化建设。

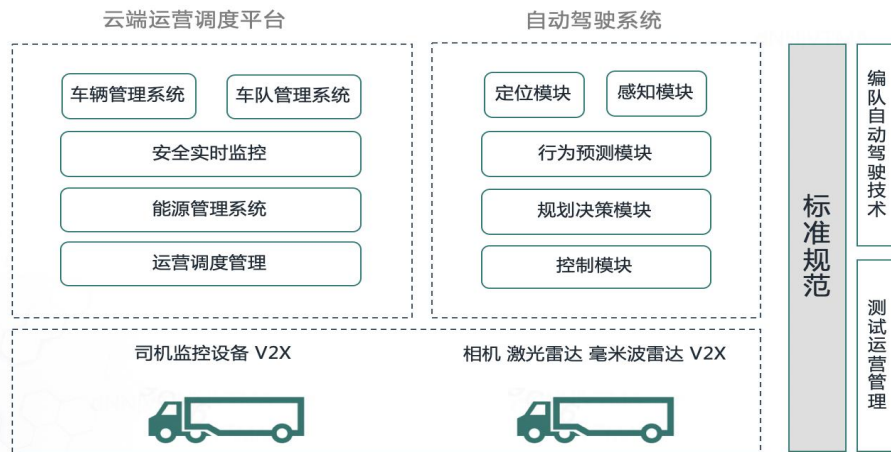


图 2-8 智能编队架构图

目前，混合智能编队方案已具备实现公开道路上的无人化运营的能力，适用业务场景覆盖仓到仓闭环干线物流场景，包括途径收费站、匝道、高速路、国道、匝道、桥梁、隧道和非结构化道路等各类路况，能够节约至少 50% 的人力。卡尔动力有超过 150 台自营车队规模，在北京、内蒙开展智能网联测试，并在华北、西北地区开展常态化测试和运营。截至 2024 年 10 月初，累计运输大宗货物超 6500 万吨公里，示范运营总里程超 900 万公里，运营年化收入规模达 3 亿元，实现了商业闭环。同时，卡尔动力与陕汽合作的 X6000、H6000 和 X5000e 自动驾驶车型已通过工信部外观公告，具备混合智能编队功能。



图 2-9 陕汽自动驾驶卡车

成本节约方面，从中短期来看，编队行驶由于车辆距离较近，在速度超过 50km/h 场景下，前后车均有降低风阻的优势，理论上限可以达到单辆车节约 10% 的油耗，目前已经可实现节约 3-5% 的油耗。中长期实现跟随车无人后，可降低相应比例的司机成本，如 2 辆车的编队方案能够降低 50% 人工需求，3 辆

车方案可降低 66%人工需求。预估最终整体可降低 20%左右的运营成本，带来巨大的经济价值。

(四) 中国移动远程遥控案例

目前，仅依靠单车智能的自动驾驶技术在作业环境特殊、作业精度要求较高和场景标准化程度较低等场景中具有一定局限性。因此为了确保园区无人物流车、矿区无人驾驶矿车、以及港口自动驾驶集卡等场景下的自动驾驶系统出现故障或难以完成高作业精度的任务时的安全可靠运行，远程驾驶作为备份系统仍然是重要的一环。

基于强烈的产业需求与发展前景，中国移动研发远程驾驶系统，通过运用无线传输技术、低时延视频编解码、终端线程控制等技术，模拟作业控制室实现远程操控设备作业的终端到终端的智慧应用。

远程驾驶系统由远程驾驶舱、终端和远控平台三部分组成。基于 4G/5G/局域网络，结合远程驾驶系统，按照“一人一舱，一舱多车“的配置，可实现智能化车辆控制，减少人员投入并提高运营效率。根据不同的应用场景，中国移动可提供基于专网的点对点通讯方法和基于云服务器视频的推拉流方案。

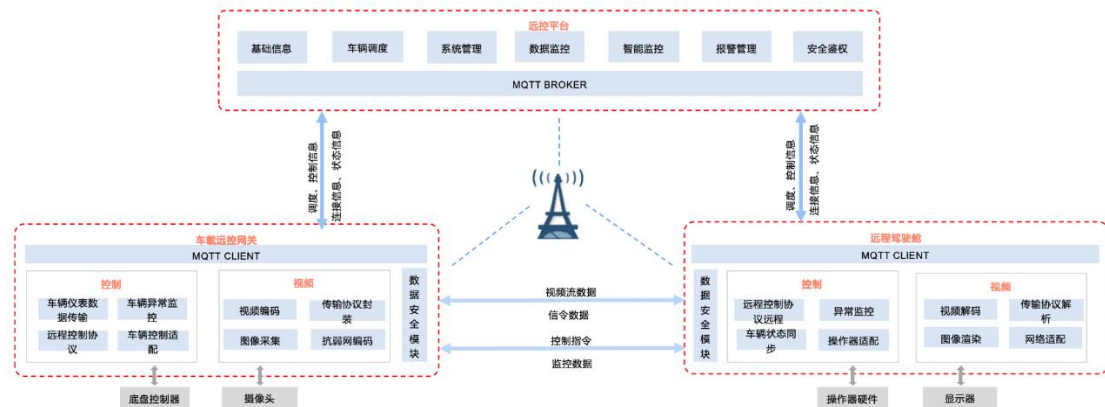


图 2-10 远程驾驶系统

表 2-1 远程驾驶系统组成

远程驾驶系统	功能
车端远控网关	车辆与车端通信采用 CAN 或 TCP 网络，通过摄像头采集车辆环境图像信息，同时与车辆底盘控制器对接，实现车辆仪表状态数据传输、远程控制指令传输、车辆异常监控等功能，完成车辆控制。
远程驾驶舱	远程驾驶舱部署在控制室，通过无线网络与车端远控网关进行通讯，通过高清实时视频编解码回传以及远程控制指令的下发，完成对车辆的远程控制。
远控平台	负责对远控系统车端和舱端所有设备进行管理，进行调度匹配、安全

	鉴权、智能监控等。
--	-----------

远程驾驶系统各部分的信息通信采用 TCP/IP 协议，通过订阅和取消订阅来建立和断开通信通道，视频采用 H.265 或 H.264 编码，使用 RTSP 或 RTMP 或 RTP 来传输。

表 2-2 中国移动远程驾驶系统的核心技术

核心技术	实现能力
低时延视频能力	在局域网环境下，视频端到端时延小于 120ms。5G 专网（往返时延 RTT<20ms）环境下视频端到端时延小于 150ms。通过抗弱网在网络传输丢包率<20%时，视频保持流畅。
远程控制能力	车辆台架多仓控多车无缝切换、按需组网能力、多类型终端接入能力、网络监控能力、安全加密能力等。

中国移动的远程驾驶技术已在低速无人车、矿卡、港口、接驳、特种作业等多个场景中落地。其中，中国移动已向东风近百台 L4 级 Sharing-BUS（12-19 坐无人小巴）提供集 5G 车载远控网关、一体化动态台架、多对多综合调度平台为整体的远程驾驶解决方案，多路视频流端到端平均时延小于 150ms。远程驾驶系统可充当“云安全员”，与自动驾驶系统完全独立运行、无缝切换。目前，搭载远程驾驶系统的车辆已在天津、武汉、青岛、成都、广东、内蒙古等示范区进行运营。

在天津港项目中，中国移动结合港口现状，为港区内的 93 台平板集卡加装中国移动 5G 远控网关并部署远程驾驶系统，实现自动驾驶和 5G 远程驾驶的协同作业，为自动驾驶的车辆建立安全运行监管管理体系，为港口运输安全与效率提供保障。



图 2-11 天津港远控画面



图 2-12 东风远控画面

（五）清华大学预测性节能巡航(CPCC)应用

针对目前城市及高速公路路侧基础设施建设不完善，无法形成全量感知信息的情况，清华大学研发了基于云控系统的预测性节能巡航（CPCC）应用。CPCC 应用场景能显著提高车辆与交通的综合性能，是当前云控应用可以率先

突破并应用推广的研究方向之一。

C-PCC 系统由云控平台与车端平台两部分组成。在云端，云控平台由云控基础平台和云控应用平台组成。云控基础平台为云控应用平台中的 PCC 算法提供基础数据服务，主要是道路与交通的动静态地图信息。在云控应用平台中，PCC 算法作为该平台的核心，车图匹配算法（由图商提供），路点分割算法，滚动优化控制算法等附属算法的设计均围绕其需要进行。车图匹配功能是根据车辆当前的位置信息在地图库中获取车辆前方行驶的道路信息；路点分割功能将获取到的道路信息进行预处理，实现路点的重构；滚动优化控制功能是基于车辆的 GNSS 位置以分割后的路点为标志进行滚动优化，实现算法能够根据车辆的运行反复迭代计算。

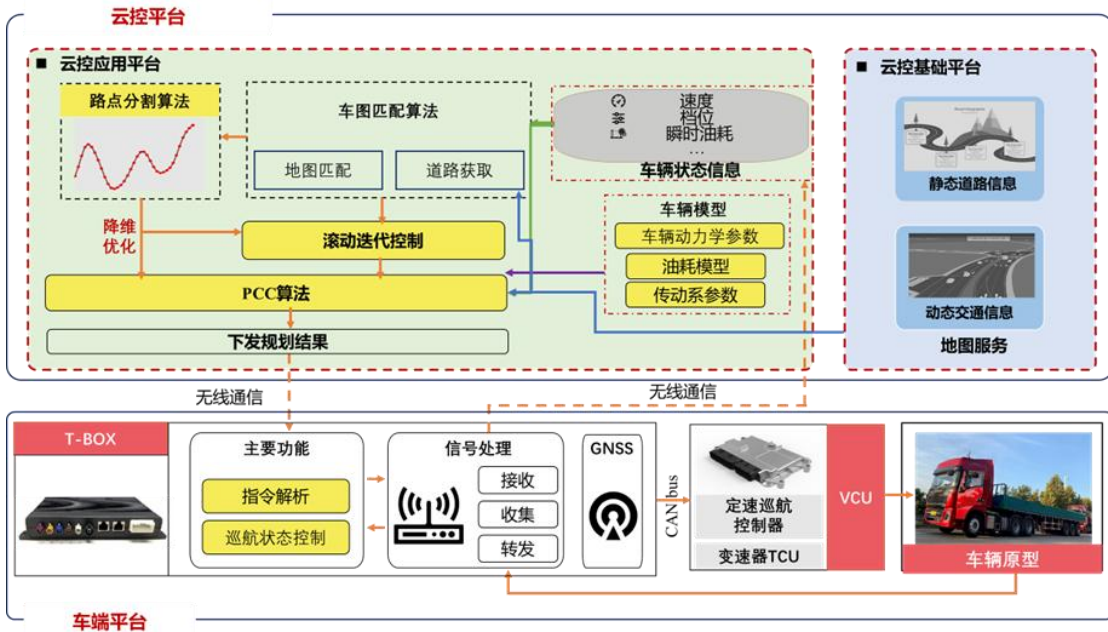


图 2-13 车云分层 C-PCC 系统架构

系统部署逻辑如下图所示。车端 OBU 与车辆的 OBD 口连接，基于 5G 通信实现车端的状态信息（如车速、挡位、油门开度、GNSS、油耗等）实时上报云控平台，云端根据 GNSS 位置调用车辆行驶前方的道路坡度、限速信息，进而对路点数据进行路点预处理后，输入进 PCC 算法中，PCC 算法规划出未来车辆 2km 左右的经济车速序列，并下发至车端 OBU。OBU 经过 GNSS 实时位置解析出当前的推荐车速与挡位信息并发送至原车控制器信息响应，由此滚动向前实现车云闭环控制。车云通信的时延从车端信息上报-云端计算-车端接收信息，整个通信链路的传输时延控制在 200ms 以内，满足了系统控制的时延要求。

通过与单车定速巡航模式进行了累计超 2000km 测试，CPCC 模式下最大节能率提升近 6%，平均节油率提升 3%左右。

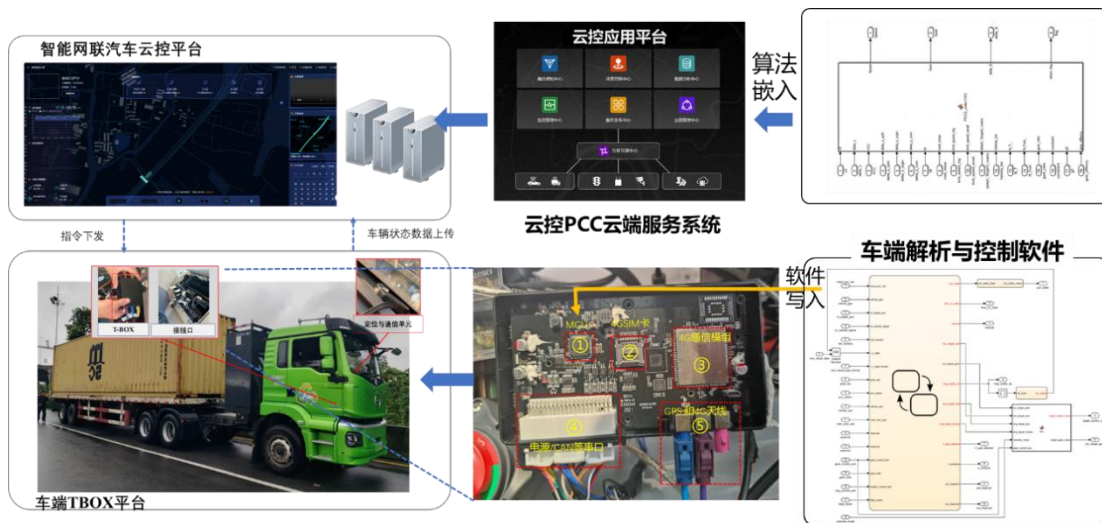


图 2-14 C-PCC 系统的部署方案

目前清华大学已和陕汽、柳汽等重型卡车厂商开展联合实车部署与产品开发，同时与一汽合作向电动乘用车进行应用技术开发与测试。按照节能率 5% 计算，商用车每年行驶 15 万公里，每年每辆车将节省 2 万元左右的费用。按照公路货运卡车 1000 万保有量计算，将带来每年约 2000 亿元的潜在经济效益。



图 2-15 干线物流卡车利润解析图

(六) 博世基于 C-V2X 的驾驶辅助端到端系统解决方案

2016 年起，博世在全球范围内对基于 C-V2X 的驾驶辅助端到端系统解决方案展开研究。解决方案共包括路端感知硬件（路侧摄像头、毫米波雷达及激光雷达）、感知融合软件、边缘计算设备、无线通讯设备（路侧通信单元 RSU、车载通信单元 OBU）以及车路协同车控软件（ADAS+V2X SW）等部分。

2021 年，为验证端到端解决方案，博世在无锡车联网先导区进行了智能化

路侧基础设施部署，共建设可发布 Day 2 消息集的点位 11 个，覆盖典型城市道路场景(十字路口、高架、隧道等)。同时，基于车规级安全需求，博世通过 Free Space, Visibility Pipeline 等方法理念，满足不同功能安全等级的车辆功能对于车路协同系统的安全要求，可有效避免错误感知（FN 以及 FP）和在 ODD（设计运行域）以外运行的情况发生。

博世基于自研车路协同车控软件与上汽、大众、宝马等车企开展技术方案验证，通过 C-V2X 信息与单车视觉、雷达感知结果融合，实现基于 C-V2X 的协作式自适应巡航、协作式匝道汇入、协作式优先车辆通行、感知数据共享等 Day 2 应用。

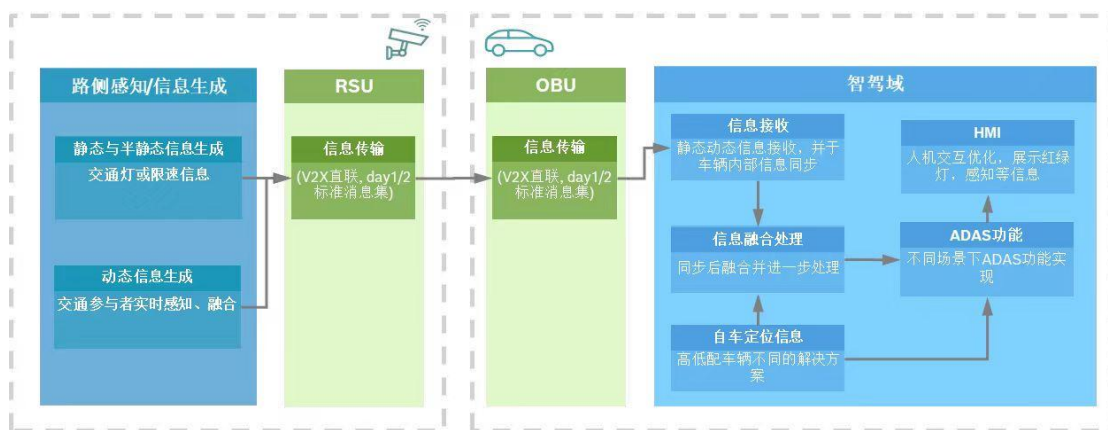


图 2-16 基于 C-V2X 的驾驶辅助端到端系统架构示意图

未来，博世将持续研发以量产为目标的车路云一体化端到端解决方案，提升系统感知能力、功能安全等核心指标，促进车路云一体化辅助驾驶和自动驾驶功能量产。

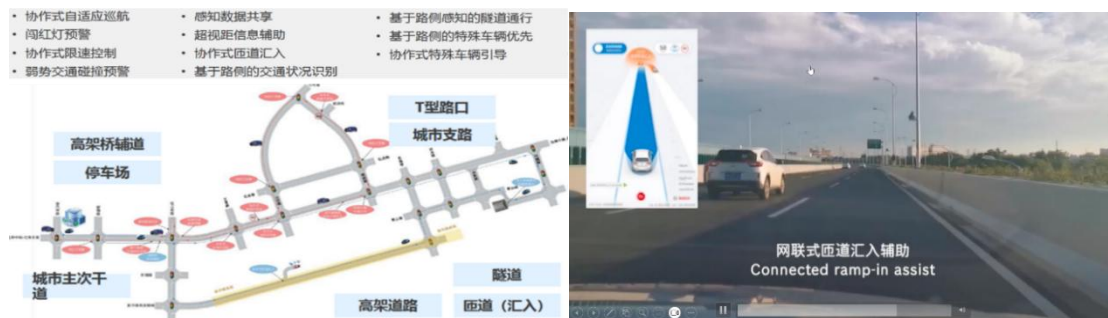


图 2-17 无锡市锡东商务区基于 V2X 的增强型驾驶辅助示范

图 2-18 车端场景

(七) 星云互联基于 C-V2X 的网联协同驾驶案例

星云互联深耕网联协同场景，不仅实现了车端的 V2X 量产应用，并积极与国内外主流车厂及 TIER 1 企业合作，开展技术预研，利用 C-V2X 技术弥补单车存在感知盲区，特殊环境下网络通信受限等不足，逐步实现协同预警、协同辅助驾驶及协同自动驾驶功能，为乘用车、高等级自动驾驶货车、无人矿车赋能，打造城市交通、货车运输及露天矿山等多场景解决方案。V2X 与单车智能的结合，可呈现更多样的信息服务，创造更多类的单车数据用于共享、开发更可靠的智能驾驶功能以及打造更安全高效的道路交通系统。

表 2-3 星云互联网网联协同驾驶案例

类型	功能名称	功能描述
协同提醒预警	绿灯起步提醒	主车停在停止线前，可以接收路侧广播的 SPAT 数据，在信号灯变为绿灯前，通过车端/手机端显示器对驾驶员进行提醒，同时通过力反馈踏板振动，提醒驾驶员起步。
	基于车载传感器的感知数据共享 (V2V)	装载毫米波雷达的车辆，在识别到周围的交通参与者后，可将交通参与者信息通过 PC5 方式广播给其他车辆，具有直连通信能力的主车在接收到该信息后，如判断与交通参与者有碰撞风险，则进行预警。
	基于车载传感器的感知数据共享 (V2I)	装载路面状态检测器的车辆，在识别到路面积水的情况时，可将该信息通过 PC5 方式发送给路侧 RSU，RSU 在接收该信息后再将积水信息组装成 RSI 消息广播出去，以提醒其他具备直连通信能力的车辆避让。
C-ADAS	基于 V2X 和 ACC 融合的红绿灯智能启停	当装载了 OBU 和具备 ACC 功能的车辆行至信号交叉路口时，车辆能够实时接收到路侧 RSU 发送的路网数据及信号灯实时状态数据信息，OBU 接收信息后向 ADAS 控制器传输相关数据，同时，车辆感知模块将感知数据也传给控制器，ADAS 控制器接收相关数据后控制车辆安全舒适地通过信号路口。
C-ADS	基于 V2V 的智能车辆编队	两辆或者两辆以上具备 L4 自动驾驶能力的车辆形成一个具有相似驾驶行为的车队协同行驶。编队行驶过程中，车辆通过车载感知设备、高精地图、定位系统识别目标、车道、周围交通状况，并通过 V2X 设备发送编队管理、行驶、解散等信息，及相应的位置、速度、加速度信息，控制车辆横纵向稳定行驶，实现快速响应、低间距运行。
	V2X 赋能矿区无人驾驶	面对无人矿区通信受限、工况复杂等情况，V2X 的去中心化直连通信可为矿区提供可靠高效的信息共享，将车辆状态、意图、道路环境信息通过 V2X 技术广播出去，以辅助无人矿车实现装载区自动排队待装、排土场协同作业、路径规划等功能，提升作业效率、减少安全事故、实现均衡调度，使车辆批量化复制能力得到提高，实现快速部署大规模落地

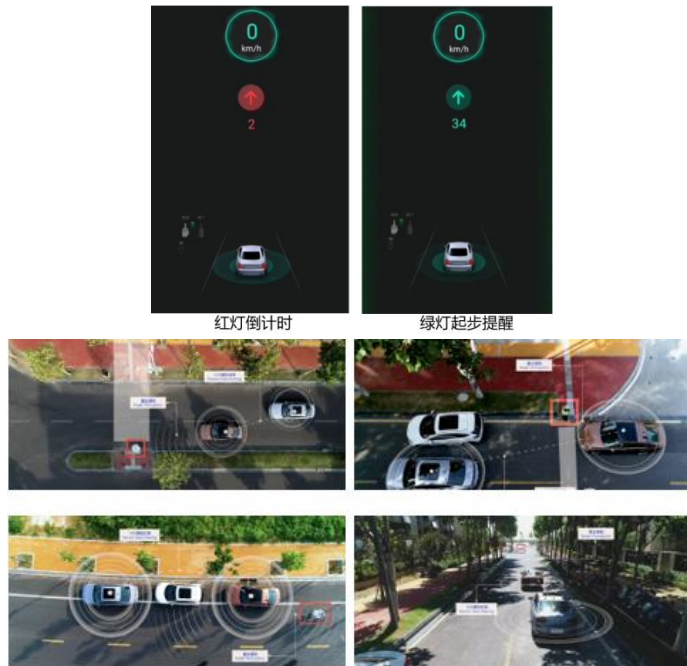


图 2-19 信号灯数据提醒

图 2-20 左上：协作式前向盲区弱势交通参与者碰撞预警；右上：协作式后向盲区弱势交通参与者碰撞预警；左下：协作式驻车开门提醒；右下：协作式逆向超车提醒



图 2-21 基于 V2X 和 ACC 融合的红绿灯智能启停



图 2-22 V2X 赋能矿区无人驾驶

(八) 中信科智联 C-V2X&ADAS 融合型域控制器解决方案

2022 年，中信科智联基于自研 C-V2X 车规级模组，推出将 C-V2X 与单

车视觉、毫米波感知进行融合的 C-V2X 融合智能驾驶域控制器解决方案。域控制器可支持 C-V2X 直连通信，可实现车车(V2V)、车路(V2I)协同，并集成前向视觉和雷达处理功能，将 V2V、V2I 感知结果直接引入车辆运动轨迹规划、线性控制算法。



图 2-23 C-V2X 融合智能驾驶域控制器

C-V2X 融合感知解决了单车智能驾驶的视距受限和协作效率低等问题，提供了 360 度“上帝视角”，提升了智能驾驶适用场景和范围，解决单车智能难以应对的盲区遮挡、超视距、恶劣天气，以及复杂工况下决策规划不合理、通行效率低等问题，实现更加安全、可靠、高效的智能驾驶体验。

C-V2X 融合智能驾驶域控制器可支持网联式自适应巡航 CACC²、网联式自动紧急制动 CAEB³、以及 CNACP-2024（中国新车评价规程）提到的闯红灯预警、前向碰撞预警等场景，通过网联信息对高级驾驶辅助功能的扩展和增强，提升车辆的主动安全性能和驾驶体验。

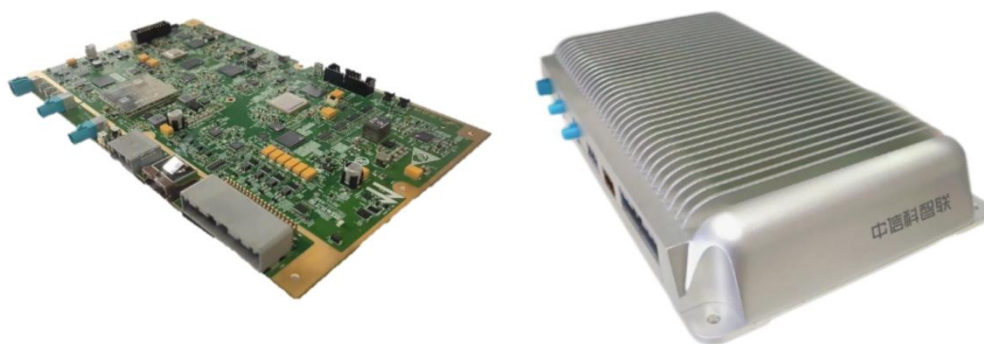


图 2-24 中信科智联 C-V2X 融合智能驾驶域控制器

2022 年起，中信科智联基于 C-V2X 融合智能驾驶域控制器与东风集团展

² 在传统 ACC 基础上，增强以绿波车速通过路口，以及红绿灯自动启停等功能

³ 在传统 AEB 基础上，增强交叉路口、静止物体、鬼探头等场景的自动紧急制动等功能

开合作，开展基于量产车型的 C-V2X 智能域控产品应用测试，包括前车消失测试、无保护左转、遮挡车辆横穿测试等场景对比测试。已完成东风量产车型的传感器、线路等硬件改装，并完成 MIL-SIL-HIL 测试，优化基础软件和融合算法，为 C-V2X 融合域控制器奠定量产基础。



图 2-25 C-V2X 融合智能驾驶域控制器场景测试

三、智能化基础设施案例

(一) 蘑菇车联路侧基础设施产品

蘑菇车联基于车路云一体化技术，自主研发了路侧 AI 数字道路基站，提供从低到高多种路侧配置方案，支持多杆合一、多感合一建设要求，能够在城市开放道路、高速公路、景区园区等多种场景下实现快速大规模部署，为 L0 至 L4 级智能网联车辆提供全面支持服务。

AI 数字道路基站包含路侧感知设备、直连通信路侧单元(RSU)、和边缘计算系统(RCU)。AI 数字道路基站上运行的路侧系统(MRS)，可调用、整合路侧设施，显示路口与连续路段实时数字孪生，可为各类型车辆赋能。



图 3-1 AI 数字道路基站产品图



图 3-2 AI 数字道路基站上杆

AI 数字道路基站共包括四种产品，可根据不同路口的具体情况灵活部署，支持按需部署和广域覆盖。

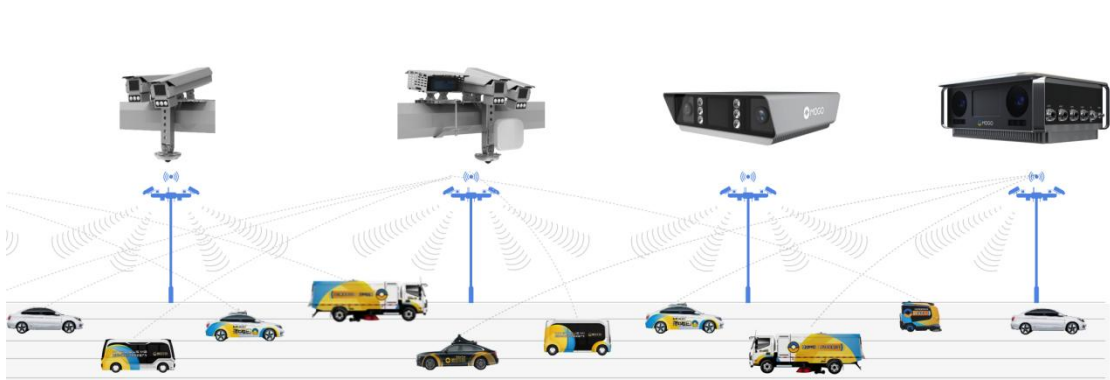


图 3-3 AI 数字道路基站

表 3-1 AI 数字道路基站产品分类

网联微基站版	网联标准版	网联旗舰版	智驾版
≥2 万辆*	≥3 万辆	≥6 万辆	≥7 万辆

*适用于单日单路口车流量

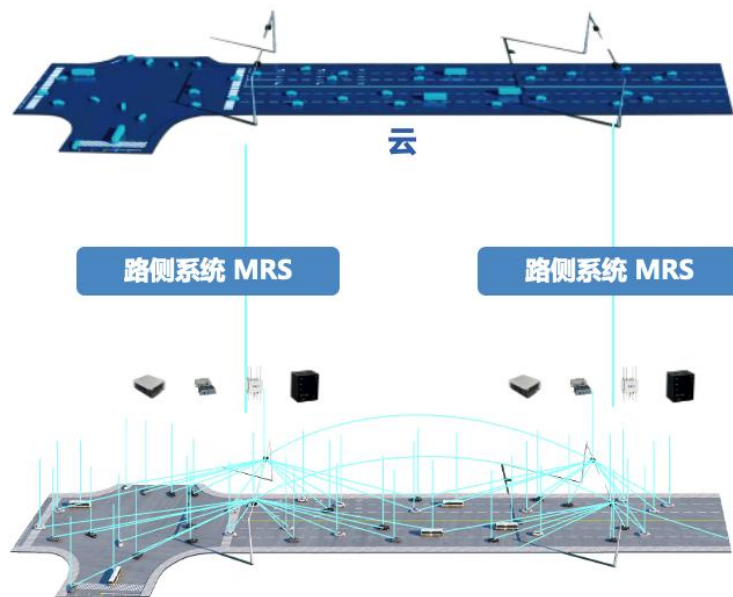


图 3-2 蘑菇车联路侧（MRS）系统效果图

经权威第三方机构测试，蘑菇车联路侧系统（MRS）感知能力已通过 YD/T 4770-2024《车路协同 路侧感知系统技术要求及测试方法》规定的“SL3”级（自动驾驶类应用）感知能力检测要求，可基本满足车企需求。

（二）中信科智联 C-V2X 端到端系列产品

中信科智联科技有限公司是中国信科集团（CICT）旗下专注于 C-V2X 车联网标准研究、技术创新、产品研发、生产服务于一体的高新技术企业，是集

团车联网产业的骨干载体，也是国务院国资委科改示范企业。依托集团在移动通信领域的技术积累,中信科智联从 2012 年即开展我国核心知识产权的 C-V2X (LTE-V2X 和 NR-V2X) 技术标准研究、产品开发和市场推广工作。

中信科智联拥有完整的 C-V2X 端到端产品系列及车路协同解决方案，包括基于中国信科集团自研芯片的车规级模组、车载终端 (C-V2X OBU)、路侧设备 (C-V2X RSU)、路侧多传感器融合感知站等硬件产品；基于自研模组的 LTE-V SDK 开发包，ITS 协议栈、C-V2X 车载应用软件 (gSentry)、车载终端人机交互 APP、CA 安全验证平台、车路云协同平台等软件产品和方案。目前，自研车规级通信模组已量产并实现车载前装市场突破；基于智慧高速、城市道路、智慧园区、智慧出行、智慧港口、智慧矿山、智慧机场、智慧隧道等解决方案已在逾 100 个不同项目完成部署应用。



图 3-3 中国信科智联 C-V2X 产品、方案系列

以下为中信科智联 C-V2X 车联网系列的主要产品：

1. C-V2X 模组系列产品



图 3-4 车规级 C-V2X 通信模组 DMD3A



图 3-5 车规级 C-V2X 通信模组 DMD5x 系列



图 3-6 车规级 C-V2X 射频功率放大模组 DRA 系列模组

2. 智能交通产品

表 3-1 智能交通产品介绍

<p>图 3-7 智能路侧设备系 RSU(4G/5G)</p>	<p>RU3110E/5000E 系列是基于 C-V2X 技术开发的多功能路侧通信终端，该产品支持 LTE-V2X PC5 和 4G/5G Uu 双模通信，作为智能道路系统的核心设备之一，主要用于实现路侧设施与车辆之间的实时信息交互，以及路侧到云平台之间网络连接功能。该系列产品还支持多种扩展接口，以及应用二次开发能力，可广泛适用于城市、高速、隧道等各种应用场景需求。</p>
<p>图 3-8 V2X 通信中继器</p>	<p>RSU 产品作为车路协同和智能网联汽车应用中解决直连通信 V2X 的核心产品，在实际应用中由于受到高架桥梁和城市高楼、树木等环境的挡影响，使得 V2X 覆盖距离受到很大的局限，V2X 通信中继器主要实现 V2X 信号的空口放大，与 RSU 配套使用，来满足城市环境和有遮挡情况下，增强 V2X 信号的覆盖范围。</p>
<p>图 3-9 边缘计算单元(MEC)</p>	<p>边缘计算单元(MEC)利用摄像头、雷达等路侧传感设备采集的视频、点云等原始数据，通过内置高性能 GPU 和 AI 算法，可有效识别道路中的交通参与者、交通事件、交通流量等主要信息。交通参与者包括机动车、非机动车、行人等目标类型的检测，并同时检测目标的速度、航向、位置等关键信息；交通事件包括异常停车、逆行、超速、行人闯入等十余种事件类型，为车路协同系统提供全息感知能力。本 MEC 可广泛应用于车路协同、智慧交通、智慧高速、智慧园区等各类业务场景。</p>

3. 智能车载产品

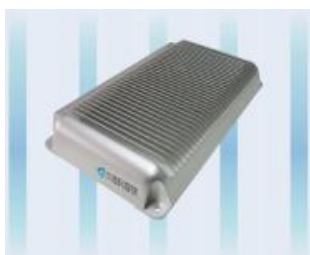


图 3-10 C-V2X 网联式智驾域控解决方案



图 3-11 C-ADU Pro 国产高算力智驾域控解决方案



图 3-12 智能车载终端系列 (OBU)

中信科智联在全球范围内深度参与 3GPP LTE-V2X/NR-V2X 标准制定，车联网专利全球名列前茅，同时在国内广泛参与车路云一体化相关团标、行标、国标，以及《车联网基础设施参考技术指南 1.0》《车路云一体化系统白皮书》《智能网联汽车车路云一体化应用试点建设指南》等建设规范，根据应用需求

对路侧设备的感知性能、通信性能进行针对性提升，支持车辆赋能、交通管控与智能网联大数据应用。

（三）万集科技路侧基础设施产品

基于出行和行业市场需求，以及广阔的未来发展前景，万集科技提供面向智能网联车辆的车路云一体化服务，通过建设智能化路侧基础设施，基于路侧目标精准感知与 LTE-V2X、5G 等通信技术，将“人-车-路-云”交通要素有机地联系在一起，实现网联车辆、智能化基础设施、云平台之间的信息交互和共享，实现车辆、行人、路侧基础设施、互联网之间智能协同与配合，能够满足全息路口、网联公交、自动驾驶、智慧泊车、智慧接驳、车路协同等多场景示范应用的需要，服务公众出行和高等级自动驾驶，推动城市交通车路云一体化发展。



图 3-13 万集科技车路云一体化技术底座

万集科技从 2016 年开始布局智能网联产业，在路侧形成了多源融合感知系统、路侧通信终端（RSU）、车载通信终端(OBU)、网联信号机、信号学习机等产品。路侧感知系统以激光雷达为主体、辅助 AI 视频相机、毫米波雷达、边缘计算单元，通过“多感合一、多杆合一”的一体化设计，满足自动驾驶与辅助驾驶等不同精度要求的应用场景。同时，路侧通信终端（RSU）将路侧融合感知系统的结果数据进行消息标准化，可以为车提供路侧感知服务。另外，通过网联信号机或信号机接入交通信号信息，并经由 RSU 透传至车端，形成信号信息共享。通过智能化路侧基础设施建设，为智能网联汽车提供超视距和多维的

实时交通信息，丰富车路协同应用场景，实现“车-路-云-图”协同交互。



图 3-14 路侧激光雷达 WLR-733（左）、毫米波雷达 WRR-9410（中）、路侧计算单元 WMR-9720（右）



图 3-15 V2X OBU

图 3-16 V2X RSU

表 3-2 万集科技路侧核心能力

核心能力	技术功能
高可靠、低延时的通信技术	C-V2X 通信时延 $\leq 20\text{ms}$
高精度融合感知技术	提供传感器高精度标定、深度学习算法、多传感器融合、交通事件检测、目标轨迹预测等技术，激光雷达测距误差小于 5cm。
高精地图与高精度定位技术	提供高精度地图采集、高精度时空同步，定位精度 $\leq 30\text{cm}$
车路云一体化决策与协同控制技术	包括车辆行驶意图预测、自动驾驶博弈仲裁、引导调度算法
高性能云计算技术	高性能边缘计算
多级纵深安全技术	CA 安全认证

万集科技车路云一体化服务已在全息路口、智能网联公交、车路协同测试等多个场景落地，在自动驾驶领域拥有较丰富的技术积累和实践经验，激光雷达产品和 C-V2X 自动驾驶解决方案得到了市场的广泛认可。目前，万集科技已在苏州、重庆、甘肃、天津等多个省市实现路侧感知系统部署。

（四）云控智行路侧感知产品

基于路侧感知单元部署形态，云控智行路侧感知产品聚焦于两类，分别是以雷视一体机为核心的一体化路侧感知产品（RCU2224）和以路侧计算单元为核心的分布式路侧感知产品（RCU3229），并以此拓展出基于上述产品的两类 V2X 路侧感知解决方案。其中，雷视一体解决方案具备快速部署，快速标定的

特点，适合连续路段和小型路口的路侧快速部署感知，而 RCU3229 解决方案支持更丰富和更多数量的传感器，且支持灵活增减、同时具备丰富的接口和与其他系统融合的能力，适用于大型路口和复杂路段的路侧感知。



图 3-17 RCU2224

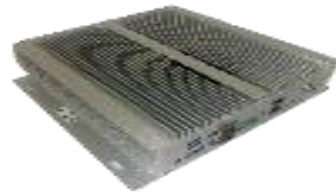


图 3-18 RCU3229

云控智行路侧感知雷视一体机 RCU2224 秉承 ALL-IN-ONE 的设计理念，高度集成可见光摄像头、毫米波雷达、21TOPS 高性能 GPU 于一体，其结构紧凑、外观精致。雷视一体机融合摄像头和毫米波雷达的感知数据，实现双向 4 车道机动车、非机动车、行人等交通参与者全天候、高准确率识别、跟踪、定位感知。同时提供交通流量、交通事件等道路全要素感知信息。雷视一体机具备统一物理接口输出和专属快速标定工具，有利于路侧设备快速部署和调试。

云控智行路侧感知边缘计算单元 RCU3229，利用摄像头，毫米波雷达、激光雷达等路侧传感设备采集的视频、点云数据，通过内置 275TOPS 高性能 GPU 和 AI 算法，识别双向 8 车道道路交通参与者类型、位置、速度、航向角等信息、为车路协同提供厘米级全息感知，能够识别异常停车、逆行、超速、行人闯、拥堵入等十余种交通事件，并具备多维度的交通流量统计等信息的能力。基于 MEC 解决方案实施中可根据路口和路段的不同形态灵活的对传感器进行增减，并配置适合不同应用需求的传感器，支持最多 16 路视频、4 路毫米波雷达以及激光雷达数据输入融合。

雷视一体机和 MEC 具备低功耗属性，有效降低长期运营成本。两种设备都具备跨点位边缘侧感知融合能力，已在多个示范区成功连续运营多年，运行状态稳定可靠性。目前路侧系统可快速接入各类型上层业务平台和云控平台，为网联自动驾驶车辆提供更多的超视距感知、道路事件及路况信息。

（五）星云互联通信、感知、决策一体智能交通解决方案

星云互联以全场景解决方案赋能智慧交通建设，推动数字交通基础设施的规模化部署和运营。目前已在北京、上海、长沙、合肥、柳州等 50 多个城市落

地运营，部署超过 3000 个路口，应用触及城市开放道路、高速公路、园区道路等场景，服务深入公交、出租、货运等车型，以及无人售卖、无人配送、无人巡检、无人清扫等无人化作业车辆，覆盖日常出行和城市公共服务。

星云互联路侧产品覆盖了智能路侧终端 T-Station、通算一体智能路侧终端 RSUM、智能路侧差分基准终端 T-Station RTK+、AI 交通信号感知终端、移动式智能路侧终端、边缘计算融合感知算法库，打造通信、感知、决策多位一体的智能交通解决方案。

以基础智能路侧终端为基础，星云互联还结合实践经验，推出了多款针对特定应用场景的路侧智能设备。

表 3-3 星云互联重点产品介绍

重点产品	介绍
通算一体智能路侧终端 RSUM	兼具 AI 计算能力与智慧决策能力，实现了算力、算法、通信的高效融合，可部署于简易路段、匝道路口、公交站台及丁字路口等轻感知道路环境，在城市级车路云一体化实践中，可降低千万级的设备部署成本。
智能路侧差分基准终端 T-Station RTK+	业内首家结合了 GNSS 地面增强技术和 V2X 车联网路侧技术的智能路侧终端，并突破传统 RTK 交互式的限制，在 V2X 广播网络中应用，可为车端提供高精度差分定位数据。
“观星”V2X 消息分析仪	服务于外场测试及日常运维。具备长时间续航能力，即测即走，可跨模组、跨终端、跨厂家、跨区域进行测试，并提供消息内容的可视化展示，自动验证消息填充规范性，有效提高了数据的可读性和问题分析的及时性，该设备同时支持测试过程中数据的录制及回放，支持一键测评即时输出测试报告，可满足量产开发及实车测试需求。



图 3-19 智能路侧终端 T-Station



图 3-20 移动式智能路侧系统



图 3-21 “观星”V2X 消息分析仪

2021 年 8 月，星云互联落地柳州，并深度参与柳州车联网先导区一期以及应用场景建设运营，共改造 18.3 公里的道路，投入近 500 套车路协同设备，其中包括 RSU 37 台，摄像头、激光雷达等感知设备 144 台，MEC 101 台。此外，

在云端，星云互联完成二期二阶段车联网先导区公共基础服务平台建设，通过获取车辆运行信息和路侧设备状态，支撑测试道路的交通态势分析、调度决策等各项功能，实现区域管控智能化、网联化、精细化；通过构建全方位的感知、互联、分析、预测的云控体系，实现以车路云一体化扩展面向政府、运营机构、社会大众的交通服务新体验；在车端，对上汽通用五菱、Warmcar 共享汽车等参与新四跨车型完成智能网联汽车应用。智能网联道路建成后，可服务于高速物流配送、无人环线物流、城市出行服务等场景。



图 3-22 路侧设备部署



图 3-23 2022 C-V2X“四跨”（柳州）活动现场



图 3-24 柳州云控平台示意图

设备完成部署后，由信通院组织，对柳州示范区某路口路侧设备目标检测精度进行了测试，测试结果满足精度要求（目标感知平均位置横向误差 $\pm 50\text{cm}$ ，纵向 $\pm 100\text{cm}$ ），详细信息如下：

表 3-4 感知检测数据记录表

测试项目		定位精度测试结果	
单目标检测精度 (白天)	横向偏差	平均偏差	0.4m
	纵向偏差	平均偏差	0.6m
多目标检测精度 (白天)	目标 1 横向偏差	平均偏差	0.5m
	目标 1 纵向偏差	平均偏差	0.4m
	目标 2 横向偏差	平均偏差	0.3m
	目标 2 纵向偏差	平均偏差	1m

	目标 3 横向偏差	平均偏差	0.6m
	目标 3 纵向偏差	平均偏差	0.4m

(六) 中国移动 5G-A 通感一体化产品试商用

通信和感知融合是 5G-A 阶段有代表性的新技术，可赋能智慧交通、自动驾驶、无人机管理等领域，具有较为广泛的应用空间。目前，中国移动的 5G-A 通感一体化产品集成了通讯、感知、算力等多个要素，在满足同样的技术指标下拥有更低的实施成本和系统一致性，产品总体架构如下，包括车载 5G-A 4.9G 基站、路侧感知设备、边缘计算、路口 5G 回传 4 个模块。

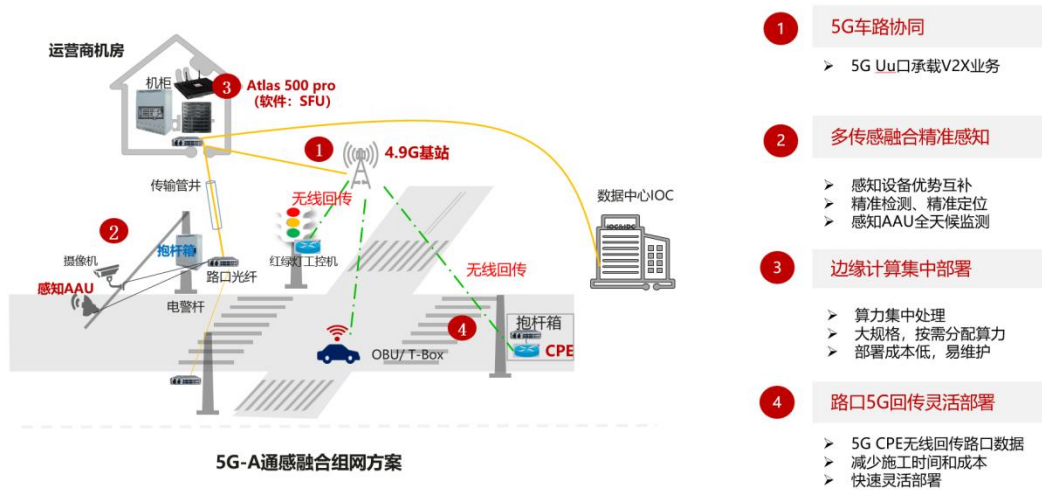


图 3-25 5G-A 通感融合组网部署方案

表 3-5 5G-A 产品模块介绍

子模块	技术能力
5G-A 4.9G 基站	<p>通信设备使用支持 4.9GHz 的 5G-A 基站，提供车端 OBU 和基站之间的通信接口，实现长距离、大范围、短时延、高可靠的数据通信。</p> <p>支持 4.9GHz 频段的 5G-A 通信基站包含 BBU 和 AAU 两部分：</p> <ul style="list-style-type: none"> • BBU 是 5G-A 通信基站的基带处理单元，在进行基带信号处理的同时提供基站与网络侧（5GC）之间的接口适配。 • AAU 是天线和射频单元集成一体化的模块，部署在运营商铁塔上用于道路上的 5G-A 通信覆盖。
路侧感知设备（雷达、摄像头）	感知设备实时采集路面周围环境信息，实时分析路面所有机动车、非机动车、行人等之间的相对位置关系，判断障碍物的危险系数，有效的提前预警。
路侧边缘计算设备（MEC）	路侧边缘计算设备部署融合感知节点，具备毫米波雷达、激光雷达、摄像头等外部传感设备的数据接入能力，具备对摄像头原始视频流数据的分析能力，并且提供与毫米波雷达及激光雷达结构化数据进行融合处理的能力，最终输出道路目标物的位置、速度、类别、航向及其他目标属性信息。

中国移动联合产业界基于 5G-A 通感一体网络架构对路侧感知系统进行验证。以上海浦东金桥智能网联汽车示范区落地项目为例，通过结合路侧摄像头、毫米波雷达等感知设备，综合感知全路网的交通信息，并通过 5G-A 的 Uu 口将信息实时传递给车端，实现对目标的检测、捕捉、跟踪、成像，满足更高速率、更低时延、更可靠的 V2X 信息传递需求。

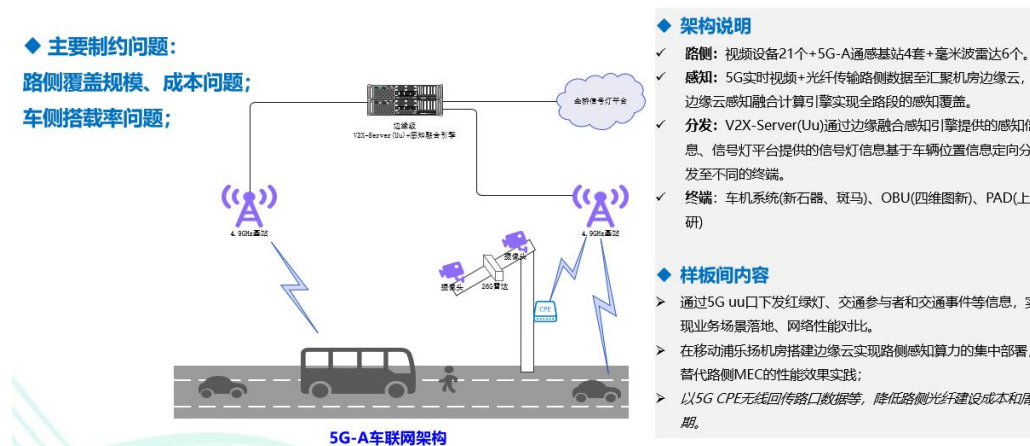


图 3-26 5G-A 金桥样板间组网架构

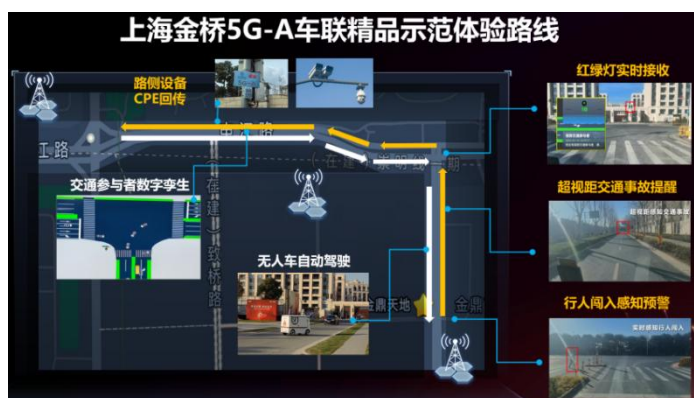


图 3-27 5G-A 车联网示范路线示意图

四、云平台案例

(一) 国汽智联云控基础平台

2017年,国汽智联首席科学家李克强院士首次提出以车载计算基础平台、智能终端基础平台、云控基础平台、高精动态地图基础平台和信息安全基础平台五大平台为载体,实现车路云一体化协同创新发展。其中云控基础平台是车路云一体化的核心,是打通“云管端”各层级、“车路云网图”各环节的中枢,是避免信息孤岛和重复建设,推进商业运营和创新商业模式的关键组成部分。

在建设智能网联汽车大数据云控基础平台项目中,国汽智联按照边缘-区

域-中心三级云架构，研发了融合感知、自动驾驶协同决策控制、交通管控、大数据分析等标准件，能够为网联汽车、相关部门和企业提供标准共性基础服务。

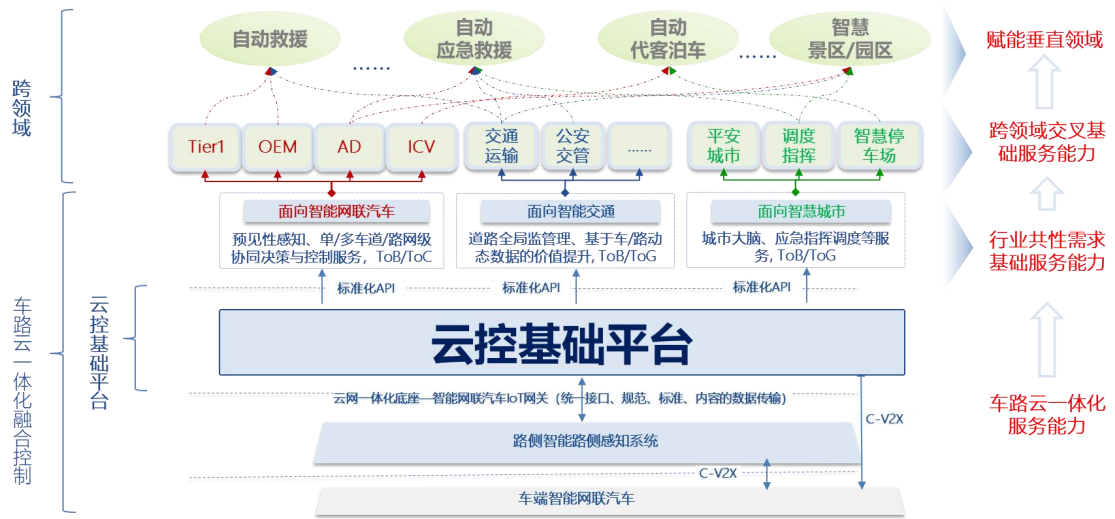


图 4-1 云控平台架构

边缘云主要提供增强行车安全的实时性云控基础服务，包括融合感知及协同决策控制等功能。

- 边缘云一体化底座：**通过边缘车云互联互通、边缘路云互联互通等系统采集路侧、车端高频度、细颗粒度动态交通相关数据，采用边缘实时计算与高速缓存系统，进行边缘多源异构感知数据的融合，依托数据分级共享接口，为网联车辆提供协同决策规划等百毫秒级实时应用服务。
- 融合感知标准件：**通过相机与激光雷达融合感知，实现微观全要素感知，路口 360°全向感知以及对低速/静止目标高精度感知，实现对路口覆盖无盲区，车辆全域低时延厘米级轨迹跟踪，有效支撑交叉路口、高速公路及隧道等场景下的交通参与者及交通事件感知。
- 协同决策控制标准件：**云控基础平台提供云端协同驾驶决策的能力，通过对路面各个交通参与者以及高精地图情况的上帝视角，对行驶车辆进行决策规划建议。可实现云端路径引导与车速优化、全局决策建议、云端远程控制等场景。

区域云主要提供弱实时性的交通监管、执法等云控基础服务，报告交通态势感知及广域信号灯优化等功能。此外，还提供设备管理、监控管理、信息协同发布、数据分析等服务。

- 区域云一体化底座：**实现区域云同所管理的边缘云、第三方支撑平台等交通

相关数据的准实时性采集、标准化交互、存储与处理等功能。面向智能交通大数据等数据服务和应用提供分析加工后的数据支撑。

2. **设备管理服务：**为云控基础平台提供统一的设备管理能力，包括路侧设备管理、车端设备管理、业务字典、设备地图、设备统计、故障报修等，方便业主对所有设备资产的跟踪和管理。
3. **车辆管理服务：**为云控基础平台提供统一的车辆管理能力，包括数字孪生大屏、车辆运行监控管理等功能。
4. **监控管理服务：**为云控基础平台提供统一的监控管理能力，包括控制台、车辆监管、路网数据、设备监控等。
5. **交通态势感知：**区域云交通态势感知标准件提供区域内全场景全时段交通参与目标流量的分时统计、区域统计等服务。基于多源感知数据及智能 AI 算法的实时交通态势信息感知，根据多源实时感知信息，对感知目标进行实时动态分类，对所有交通参与目标的行为进行统计分析，获取不同类别目标在某区域的交通流量数据。
6. **广域信号灯优化：**广域交通信号机自适应优化标准件提供信号机设备管理、方案下发、运维管理，为智能交通业务应用提供标准化交通信号管控服务，实现城市交通信号设备的设备管理、协议转换、自适应信号控制服务、干线绿波控制服务、协作式公交优先通行服务和特勤车辆优先通行服务。
7. **信息协同发布服务：**为云控基础平台提供统一的信息发布能力，基于区域云数据融合分析处理结果，向车路端下发各类预警和公告信息，服务智能网联场景的实施。
8. **区域动态大数据管理服务：**基于 Hadoop 生态圈的大数据技术及流式计算技术，支持多种异构数据源的接入，可以通过预定义与自定义的算子实现实时的数据融合，并输出到各种目标数据源。
9. **数据分析中心：**提供对海量数据的在线和离线分析和统计功能，能够对车端和路侧的原始数据进行统计分析，根据多元化业务管理诉求，形成任意时间维度的面向业务和运营的数据表格和图形化报表。
10. **运营管理：**对在平台注册的用户信息及业务功能访问、接口调用权限进行管理，发布相关服务提供给注册用户。为用户提供车辆证书申请功能，同时支

持其他运营信息查询供相关人员使用。

11. **标准化分级共享接口：**经过云控基础平台处理过的数据进行数据封装，通过服务接口提供多种数据服务，包括数据服务的注册、审核、发布、使用和监控的全流程管理。



图 4-2 云控平台架构

国汽智联已在多地承接了云控平台开发工作，形成了“设计-建设-测试”的全流程闭环，总结了成熟的地方服务经验。

<p>北京市高级别自动驾驶示范区云控基础平台</p> <p>项目简介</p> <ul style="list-style-type: none"> 北京市高级别自动驾驶示范区项目为全球首个网联云控式自动驾驶示范区 创新中心牵头云控基础平台的设计、建设与测试验证，并与第三方应用平台的对接，支撑智能网联汽车与智能交通融合发展 	<p>南京江心洲先导区云控管理平台</p> <p>项目简介</p> <ul style="list-style-type: none"> 南京江心洲云控管理平台支撑实现“新型公交都市”先导区应用场景落地 基于5G+AI技术和“按需出行、自动驾驶”的发展愿景，突出公交优先、车路协同、数据驱动的发展原则，充分展示智能网联汽车、C-V2X、5G、自动驾驶等方面的应用引领性。
<p>德清城市智能网联云控平台</p> <p>项目简介</p> <ul style="list-style-type: none"> 德清全域城市级自动驾驶与智慧出行示范区，包括智能网联汽车封闭测试场、智能化路侧基础设施、智能网联云控平台、智能网联应用示范 从自动驾驶、智能交通、地理信息、智慧城市四个方面开展基于车路协同的应用示范工作。推动自动驾驶技术的示范和推广 	<p>苏州5G车联网云控平台</p> <p>项目简介</p> <ul style="list-style-type: none"> 苏州5G车联网云控平台整合车、路、网、云、图，推进5G在交通行业应用 通过建设5G基站和部署边缘计算设备，实现了全路段5G覆盖和感知融合，支持5G技术下的自动驾驶应用场景的大规模测试验证与标准输出

图 4-3-1 国汽智联云控基础平台服务案例



图 4-3-2 国汽智联云控基础平台服务案例

(二) 蘑菇车联智慧交通 AI 云平台

蘑菇车联自主研发了智慧交通 AI 云平台，包括交通大数据云控平台、车辆运营管理云平台以及车路云网络应用平台，并形成包括交通融合感知、交通动态管控等基础核心能力。

其中，交通大数据云控平台可呈现实时数字化的交通全貌，获取交通参与者的位置、方向、速度等海量数据，为智能网联车辆、自动驾驶车辆、交管部门等提供应用需求支撑，具体能力包括：

- 协同感知和决策的能力：支持多源异构传感器数据输入，通过智能化数据融合，将道路交通环境感知结果以提醒预警方式对外提供；
- 城市治堵：通过路口/路段分车道的态势分析，计算拥堵指数，及时发现拥堵，基于全量交通流数据支持实现灯态控制、动态配时、全局最优等功能；
- 事故预防：具备事故快速发现、系统辅助判责、2D/3D 证据链提取、自动救援等功能；
- 违章查处：具备违章车辆自动识别、事故现场多角度图像数据提取、智慧交通自动处罚等功能,有效预防交通事故。



图 4-4 智慧交通 AI 云平台

蘑菇车联围绕规模化运营需求研发了运营管理系列产品，包括车辆管理平台，运营数据平台，资产管理软件、乘客服务应用等，具体能力包括：

- 车辆监管调度能力：构建车辆使用环节中完整的监管调度体系，具备车辆状态、视频、历史数据回放、异常行为监控及车辆常态化调度管理能力；
- 车辆管理能力：构建车辆管理体系，具备车辆资产维护、自动驾驶软硬件健康度监控预警，做到异常事前预警事后跟踪，确保车辆可用性；
- 日常运营能力：构建运营体系，具备多维度可视化运营数据分析与展示、运营活动配置及订单管理等业务能力，助力运营活动开展。

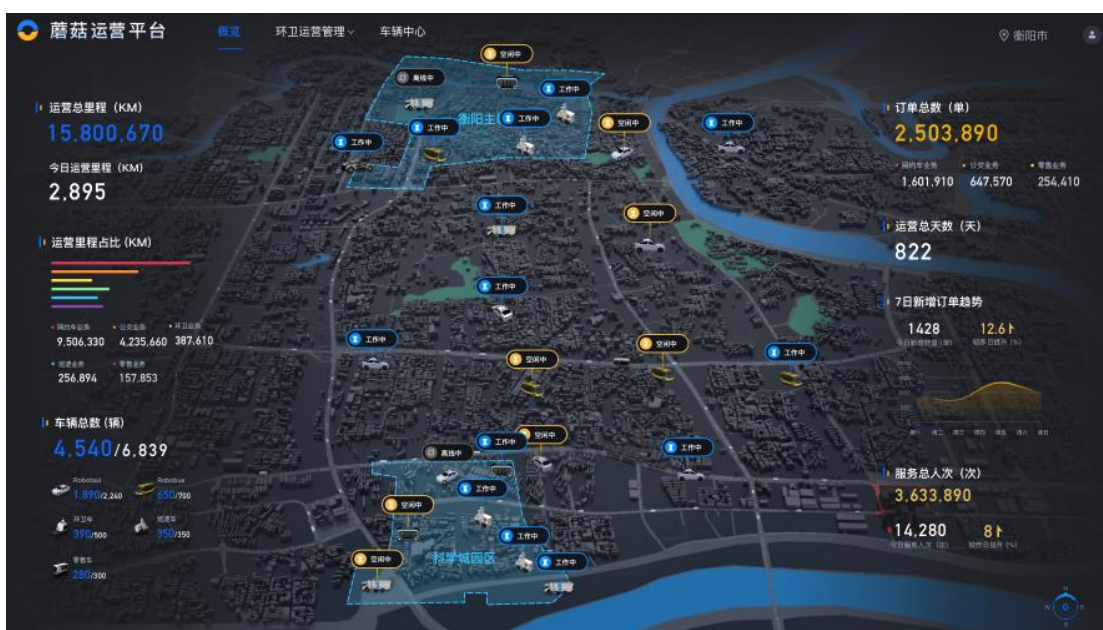


图 4-5 蘑菇车联 车辆运营管理云平台

蘑菇车联车路云网络应用平台通过高拟真的渲染方式，还原道路静态要素与实时交通流，并将车车、车路、车云之间的动态实时信息完整呈现，实现集数据采集、建模及应用于一体，具体能力包括：

- 实时数字孪生：基于实时数据的数字孪生系统
- 事件智能识别及管理：对项目建设范围内发生的道路施工、交通事故、异常车辆以事件列表记录，并支持按照事件类型、时间范围查询
- 事件回放：事件追溯回放，快速查看事件发生过程
- 快速响应：智能匹配处置预案，快速调度人员车辆，及时有效处置。

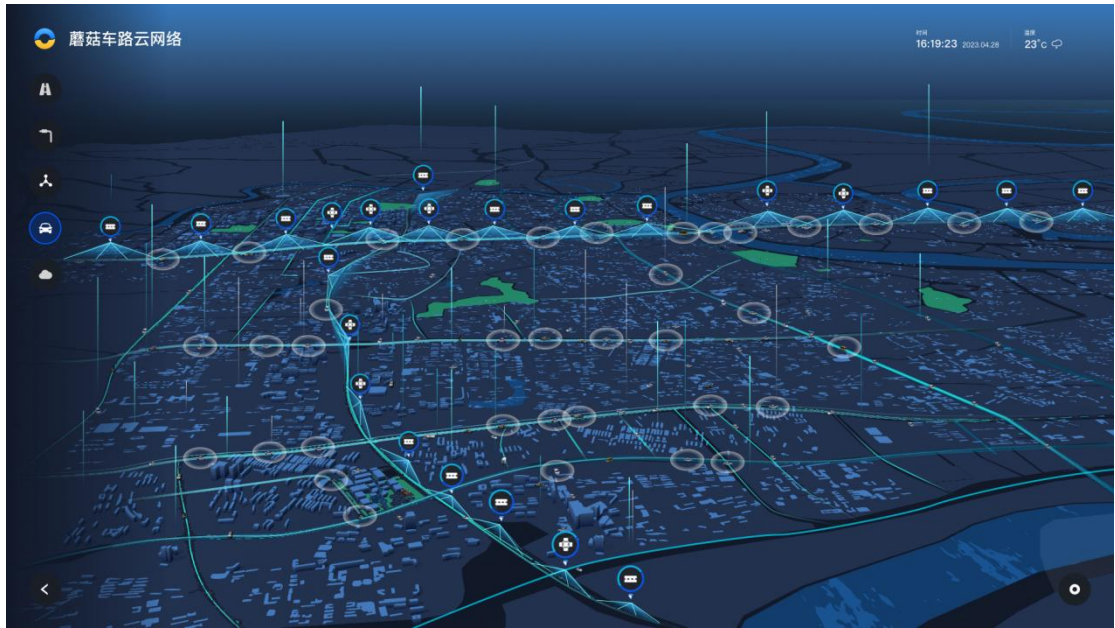


图 4-6 蘑菇车联 车路云网络应用平台

(三) 云控智行云控基础平台

基于车路云一体化系统技术架构，云控智行自主研发云控基础平台，打破信息化平台建设过程中传统的烟囱建设模式，实现车、路、基础平台、应用需求间的分层解耦，交通数据与基础设施的跨域共用，打造数据支撑、共性服务、开放共享等核心能力，提升智能网联车辆行驶的安全、效率、节能等综合性能，全面赋能 L0-L4 不同级别自动驾驶和智能交通管理。

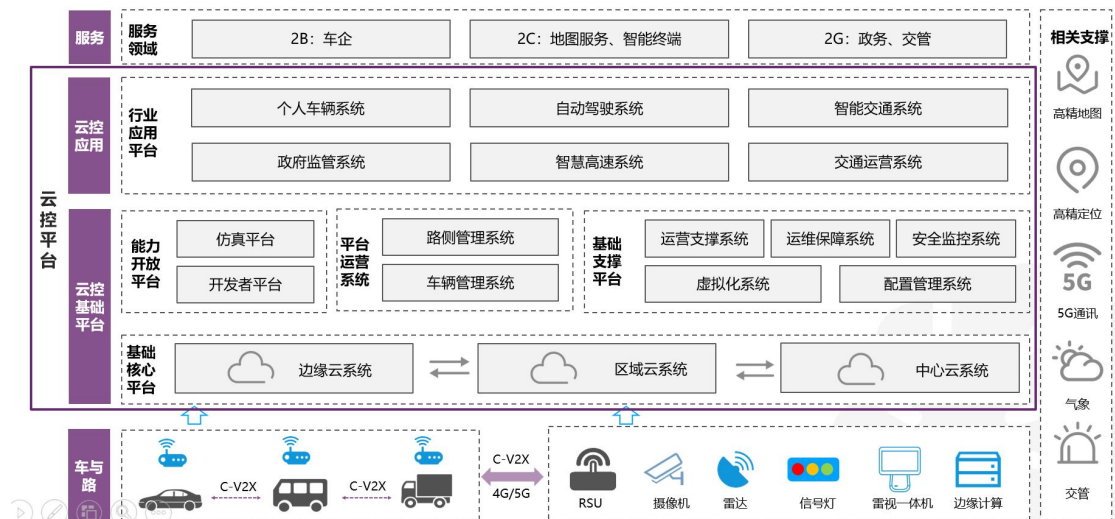


图 4-7 云控智行云控平台架构

云控平台具备如下能力：

一、 能力开放平台

1. 仿真平台：用于进行各种仿真测试，模拟真实交通场景和车辆行为，以验证和优化系统性能。
2. 开发者平台：提供给开发者的工具和接口，以便开发和测试新功能和应用。

二、 平台运营系统

3. 路侧管理系统：监控和管理道路基础设施，包括信号灯、监控摄像头、雷达等设备。
4. 车辆管理系统：监控和管理车辆状态和行为，包括智能网联数据的收集和分析。

三、 基础支撑平台

1. 运营支撑系统：提供系统运行所需的各种支持服务，如实时数据处理、资源调度等。
2. 运维保障系统：保证系统的稳定运行，提供故障检测和自动恢复功能。
3. 安全监控系统：对车辆提供实施运营安全监控。
4. 配置管理系统：管理系统配置和更新，确保不同组件之间的兼容性和协作。
5. 虚拟化系统：通过虚拟化技术，提高资源利用率和系统灵活性。

四、 基础核心平台

1. 边缘云系统：服务于智能网联车辆，提供协同感知、协同决策规划等服务。
2. 区域云系统：负责较大区域范围内的数据处理和协调，提供区域级的服务。
3. 中心云系统：负责城市级大数据分析，进行全局数据管理和大规模计算任务，提供全局优化和调度服务。

目前，云控智行已参与建设北京、上海、天津、重庆、长沙、沈阳、鄂尔多斯、厦门、雄安等 10 余个国家级车路云一体化示范区，覆盖全国 20%一二线城市（包括 4 个直辖市及 5 条重点高速公路），累计接入网联车

辆 2000+、路侧设备 10000+，支持自动驾驶出租车、自动驾驶公交车、无人接驳、无人售卖、无人清扫等 10 余个自动驾驶应用场景，服务百度 Apollo、小马智行、京东物流、美团、滴滴、新石器无人车、主线科技、智行者等 20 余家自动驾驶企业。

（四）联通智网 5G 车路协同服务平台

联通智网历经 2 年自主研发，打造了 5G 车路协同服务平台，形成包括统一接入、路侧融合感知、MEC 协同预警、交通数字孪生、高精地图、大数据处理、交通 AI 算法核心技术能力，形成 53 个解决方案，20 个授权专利、47 个软著，累计在 20 多个地市为 200 多个客户完成项目的定制交付。联通智网还可提供智能网联汽车监管、测试、自动驾驶运营与调度等应用服务，可覆盖智慧公交、无人接驳、无人出租、无人清扫、无人售卖等自动驾驶车辆应用场景；并提供智能道路管理、交通数字孪生、信控优化、网联协同预警等多类车路协同场景。

面向车路云一体化应用试点，平台采用三层业务云架构，具备卓越的集成能力、通用的开放标准、“即插即用”的快速交付能力。提供自动驾驶、协同服务、数字孪生、综合交通、路侧监管、统一运维、测试评价、安全保障、能力开放、信息发布等十大场景服务支撑能力。



图 4-8 联通智网 5G 车路协同平台架构图

1. **自动驾驶中心**：为无人公交/接驳车、无人清扫车、无人售卖车、无人物流车等商业运营提供全流程支持，实现无人车业务的全方位覆盖。

2. **协同服务中心**：遵循行业标准，通过 LTE-V2X 广播+5G 订阅两种方式，为智能网联车辆提供多种覆盖行业标准要求提醒预警服务。

3. **数字孪生中心**：基于交通数字孪生引擎，通过 1:1 还原的方式，提供车辆、路侧相关设施的运营状态、交通事件事故、交通路况、协同预警等信息的可视化服务。

4. **综合交通中心**：基于路侧对象级感知能力，通过大数据分析模型获得精细化、低时延的动态交通指标数据，支持客观精细的交通指标诊断评价，提供精准的交通态势分析。

5. **路侧监管中心**：提供路侧设备资产台账、路侧数据、设备运维管理、远程 OTA 升级等多业务维度监管能力，构建数字化的数据采集体系。

6. **统一运维中心**：提供车辆和设备入网鉴权、V2X 网络监测等功能，确保数据与网络的安全，并对系统运营数据进行实时监测与管理。

7. **测试评价中心**：遵循多个国标以及行标，实现数据采集到测试结果验证的全闭环业务逻辑，提供 V2X 预警应用测试、数据一致性测试、通信性能测试能力以及无人车运营评价服务。


8. **能力开放中心**：整合开放概览、API 管理、数据共享、算法仓库管理和 服务管理等多种功能，提供丰富的 API 文档和教程资源。

9. **安全保障中心**：构建综合 CA 证书管理能力，采用数字证书、签名、加密技术，实现 V2X 设备间安全认证和通信，保护消息完整性，防范伪造、篡改。

10. **信息发布中心**：通过微信、导航 APP、诱导屏、车载设备、广播等多种渠道，面向公众、智能网联车辆，自动驾驶车辆推送闯红灯预警、行人闯入、非机动车闯入等多种信息预警服务。

在建设 5G 车路协同平台项目过程中，联通智网基于地方需求配套建设路侧终端设备、提供基础信息资源租赁等，并在海南博鳌、三亚崖州湾、四川宜宾、苏州吴江等地方落地。

表 4-1 联通智网 5G 车路协同服务平台应用案例

<p>1.海南·博鳌亚洲论坛车联网全场景示范应用</p> <p>实践集无人接驳车、无人出租车、无人清扫车、无人售卖车和智慧社区体验服务等应用为一体的自动驾驶全场景运营模式，荣获世界 5G 大会应用设计二等奖、通信产业金紫竹奖“5G”灯塔应用十大标杆案例等重量级奖项。</p>	
<p>2.四川·宜宾世界动力电池大会车路协同示范线</p> <p>具有西南地区城市特色的新一代智能网联交通系统，打造城市级自动驾驶智慧接驳和智慧物流示范线路。</p>	
<p>3.三亚·崖州科技城 城市级“车城网”基础设施建设示范工程</p> <p>在智能化升级改造后的测试路段投入无人公交车，满足接驳、约车、包车等全场景服务需求。作为海南省车联网先导区首批揭榜挂帅项目，荣获中国通信学会科技进步一等奖、ICT 中国优秀创新应用等重要奖项，获得央视专题报道。</p>	
<p>4.苏州·吴江“长三角一体化”智能网联示范区 鼋荡生态景观廊道示范线</p> <p>在感知全覆盖的智慧化道路上投入无人接驳车、售卖车和清扫车以“鱼群洄游”线型进行常态化运行，并与上海青浦智能网联道路实现无缝连接。</p>	

参考文献

- [1].中国汽车工程学会、中国智能网联汽车产业创新联盟,等.基于 C-V2X 的智能化网联化融合发展路线图(征求意见稿)[R].2023.
- [2].European Commission. Commission Staff Working Document Executive Summary[Z]. [2019].
- [3].CAR 2 CAR Communication Consortium. White Paper Connected and Cooperative Automated Driving (CCAD) [R].2023.
- [4].中国智能网联汽车产业创新联盟、国家智能网联汽车创新中心.团体标准体系建设指南年度发展评估报告(2023)[R].2023.
- [5].CAICT 中国信通院.车联网白皮书(2022年)[R].2023.
- [6].吴东升.智慧高速情况全扫描 2022 版(上)——全国智慧高速建设列表(2022)[EB/OL]. [2022].<https://mp.weixin.qq.com/s/7ecXnX3TILnCIIdsqIGGXVQ>
- [7].中国信息通信研究院、德国汽车工业协会.中德车联网(智能网联汽车)C-V2X 量产应用研究报告[R].2022.
- [8].IMT-2020(5G)推进组 C-V2X 工作组. C-V2X 与单车智能融合功能及应用[R].2023.
- [9].中国移动通信研究院.车载模组技术发展白皮书(2023年)[R].2023.
- [10].中国信息通信研究院.车路云一体化系统网络建设部署参考指南(征求意见稿)[R].
- [11].CAICT 中国信通院.车联网白皮书(2023年)[R].2023.
- [12].中国电子技术标准化研究院、华为技术有限公司.城市感知体系白皮书(2022)[R].2022.
- [13].中国智能网联汽车产业创新联盟.车路云一体化系统白皮书[R].2023.
- [14].中国汽车工程学会、国家智能网联汽车创新中心.智能网联汽车蓝皮书 B.13 云控基础平台支撑智能网联汽车规模化应用 [M].北京:社会科学文献出版社.2024.
- [15].中国汽车工程学会.节能与新能源汽车技术路线图 3.0(初稿)[R].
- [16].CAICT 中国信通院.中国算力中心服务商分析报告(2024年)[R].2024.

- [17]. 陈融雪. 从算力大国迈向云计算强国——专访中国工程院院士郑纬民[J].新华社《瞭望东方周刊》 2023-09-18.
- [18].安全内参.重塑中国数字底座：信创全产业链及发展状况报告[EB/OL].
[2020]. <https://www.secrss.com/articles/17192>
- [19].艾瑞咨询.2023 年中国信创产业研究报告[R].2023.
- [20].全国汽标委智能网联汽车分技术委员会.无人配送、接驳车标准体系及车型特性研究[R].2023.



中汽学会



CAICV 联盟