

车联网白皮书



中国信息通信研究院
2021年12月

版权声明

本白皮书版权属于中国信息通信研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。



前 言

我国车联网产业在政策规划、标准体系建设、关键技术研发、应用示范和基础设施建设等多个方面取得了积极进展,在促进汽车、交通等传统产业转型升级,以及促进形成数字经济发展的新产业集聚方面也起到积极作用。车联网的内涵与外延也在不断发展演进,依托快速落地的新型基础设施建设,不仅广泛服务于智能网联汽车辅助驾驶、自动驾驶等不同等级应用,还拓展服务于智慧矿山、智慧港口等企业生产环节以及智慧交通、智慧城市等社会治理领域。

迈入“十四五”,车联网将进入大规模部署应用的新时期。本白皮书从技术、产业、应用和模式四个方面,总结当前发展现状,分析提炼发展趋势,并对下一阶段重点工作予以展望。在技术与产业方面,对“车-路-云-网-图”产业链的各个环节进行关键技术剖析和产业发展趋势研判。在应用与模式方面,从服务于城市道路、高速公路、特定区域三类环境,服务于个人、企业和政府三类用户,凝练典型应用场景,分析功能实现视图和商业价值链条。在此基础上,从技术创新、基础设施建设、应用推广、安全体系构建多个方面进行展望,提出跨行业在顶层规划、标准体系、应用实践和部署建设等方面的协同合作,坚持智能与网联协同发展战略,推动车联网产业高质量发展。

目 录

一、 车联网发展总体态势.....	1
(一) 全球车联网产业生态不断丰富完善	1
(二) 车联网成为全球新型基础设施建设焦点	2
(三) 车联网安全工作力度显著加大	4
二、 车联网技术与产业发展趋势.....	6
(一) 汽车网联化与智能化协同发展	7
(二) 路侧感知与计算融合推进	9
(三) 边缘-区域-中心多级平台协同部署	12
(四) 无线与有线组网技术融合共存	15
(五) 高精度地图与定位基础作用凸显	18
(六) 网络安全与数据安全关注度提升	20
三、 车联网应用场景与模式.....	23
(一) 跨行业融合带动应用部署模式向纵深发展	23
(二) 城市道路环境下车联网应用创新活跃	24
(三) 高速公路环境下车联网应用推广路径逐步清晰	29
(四) 特定区域工况环境下规模商用加快	32
四、 车联网发展展望.....	35
(一) 持续推进核心技术攻关，加强标准和实施路径协同	35
(二) 加快标准化基础设施建设，加强跨行业跨区域协同	36
(三) 加快典型应用规模化推广，注重价值空间挖掘	37
(四) 完善网络与数据安全发展体系构建，注重功能安全	38

图 目 录

图 1 车联网应用服务体系.....	24
图 2 城市道路环境下的车联网应用功能视图.....	27
图 3 城市道路环境下的车联网应用价值链条.....	28
图 4 高速公路环境下的车联网应用功能视图.....	30
图 5 高速公路环境下的车联网应用价值链条.....	31
图 6 特定区域工况环境下的车联网应用价值链条.....	34

一、车联网发展总体态势

(一) 全球车联网产业生态不断丰富完善

当前，全球数字经济快速发展，新一代信息通信技术与各行各业融合渗透，车联网、工业互联网、物联网等新型产业生态不断壮大，有力推动了汽车、交通等传统产业的数字化、网络化、智能化发展，也逐步衍生出智慧出行、交通数字化治理等数字经济发展的新产业集聚，越来越受到全球主要国家和地区政府的高度重视。

先进驾驶辅助系统（ADAS）成为大量新车标配，汽车智能化水平逐步提高。ADAS 在过去的十多年发展中取得了巨大突破，以自动紧急制动（AEB）、车道偏离警告（LDW）、车道保持辅助（LKA）等为代表的辅助驾驶功能已非常成熟，大众、丰田、福特、吉利、广汽等诸多车企实现了全系标配；随着智能化能力的不断提升，自主泊车（AVP）等更高级自动驾驶功能正逐步商用，特斯拉、蔚来、威马、奔驰等车企纷纷发布量产车型。同时，ADAS 与网联化融合成为发展趋势，LTE-V2X 功能正受到汽车厂商的高度关注。广汽、上汽、一汽红旗、蔚来等国内汽车厂商陆续发布搭载 LTE-V2X 的量产车型，并基于车联网实现前方碰撞预警、盲区/变道预警、逆向超车预警、左转辅助等功能。奥迪在 2021 年世界物联网博览会期间展示了融合 LTE-V2X 的 13 个高等级自动驾驶应用，实现了盲区行人及非机动车感知及自动减速、紧急车辆自动变道让行等功能。全球研究咨询机构埃信华迈（HIS Markit）发布《中国智能网联市场

发展趋势报告》，2020 年全球市场搭载智能网联功能的新车渗透率约为 45%，预计至 2025 年可达到接近 60% 的市场规模。

车联网应用场景和服务能力不断演进提升。网联自动驾驶出租车、远程遥控驾驶等应用场景不断涌现。车联网有助于提升自动驾驶的感知能力，解决单车感知能力容易受到遮挡、恶劣天气等环境条件影响，协助解决自动驾驶算力和功耗之间的矛盾，并提升自动驾驶的决策“博弈”效率与执行能力。谷歌 Waymo、百度 Apollo 等自动驾驶出租车已逐步实现商业化运营，部分支持通过车联网与红绿灯等路侧基础设施实现信息交互，并支持通过远程遥控驾驶实现“无人化”。与此同时，**车联网赋能智能网联汽车与智慧城市协同发展，促进新模式变革。**车联网通过向车辆实时推送道路状态信息，助力车辆选择更安全高效的出行路径；车联网通过对实时交通流量的监测来进行智能规划，增强道路交通管控能力；车联网通过增强路侧基础设施的感知计算能力，并与车辆感知信息进行融合，提升交通治理的数字化水平。车联网将进一步促进汽车、道路建设、交通管理、物流等多行业领域的融合应用，推动共享、合作等新模式不断演进。

(二) 车联网成为全球新型基础设施建设焦点

我国车联网新型基础设施快速落地并初见成效。中共中央、国务院印发《国家综合立体交通网规划纲要》，明确加强交通基础设施与信息基础设施统筹布局、协同建设，推动车联网部署和应用。国

务院印发《新能源汽车产业发展规划（2021-2035）》，要求促进新能源汽车与能源、交通、信息通信深度融合，协调推动智能路网设施建设，推进交通标志标识等道路基础设施数字化改造和互联。工信部印发《关于推动 5G 加快发展的通知》，提出促进“5G+车联网”协同发展，推动将车联网纳入国家新型信息基础设施建设工程，促进 LTE-V2X 规模部署，建设国家级车联网先导区。交通运输部出台《关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》提出协同建设车联网等要求。2019 年至今，工信部先后批复江苏（无锡）、天津（西青）、湖南（长沙）、重庆（两江新区）四个国家级车联网先导区，积极推进车联网基础设施建设、互联互通验证、规模化应用推广等，形成了广泛布局、重点突破、具有地方特色的发展格局。同时，推动京沪“1 号”高速公路车联网升级，打造车联网先导性应用示范高速公路，赋能干线物流。2021 年，住建部和工信部确定北京、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 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，不断提升智慧城市基础设施智能化水平、实现不同等级智能网联汽车在特定场景下的示范应用。车联网基础设施部署有序推进，已有 3500 多公里的道路实现智能化升级，20 余个城市和多条高速公路完成了 4000 余台路侧通信单元的部署。

欧美各有侧重，均布局推进车联网新型基础设施建设。美国以

引领自动驾驶发展为驱动力。2020 年 4 月，美国发布《智能交通系统（ITS）战略规划 2020-2025》，提出关注 5G 等创新技术的快速发展和应用。2021 年 3 月，美国联邦公路局发布了《自动驾驶对公路基础设施的影响》报告，详细分析了自动驾驶对公路物理基础设施、交通控制设备、运输管理和运营系统、多式联运基础设施的影响。美国已经在加利福尼亚州圣迭戈和密西根州底特律进行 C-V2X 试验，并且也在积极推动 C-V2X 基础设施建设。密歇根州成立了未来出行办公室，负责所有出行相关举措（包括基础设施）的战略协调，同时跨行业合作伙伴一起制定关于实体和数字基础设施的标准，以将网联自动驾驶车辆从试点项目拓展到美国的高速公路和城市道路上。欧洲以智能交通系统为核心。欧盟大力发展出行即服务（MaaS），极大地促进了车联网应用推广，推动发展交互式智能交通。欧盟道路交通研究咨询委员会发布《网联自动驾驶路线图》，突出智能化与网联化的协同，强调自动驾驶车辆与道路交通设施的协同互联。

（三）车联网安全工作力度显著加大

车联网支持实现了“人-车-路-云”各参与要素的连接，同样会使得汽车、路侧设施等在网络中留下“行踪”，面临网络攻击等安全风险。国内外高度关注汽车智能化、网联化发展的潜在安全隐患，多个国家和地区加快推进网络安全、数据安全等相关工作。

联合国世界车辆法规协调论坛（UN/ECE/WP29）于 2020 年 6 月通过《汽车网络安全和网络安全管理》法规，明确车辆制造商需要

满足汽车网络安全强制认证要求，认证内容包括制造商网络安全管理体系（CSMS）认证和车辆形式认证（VTA）中的网络安全检测认证，该法规将在德国、法国、日本等 WP 29《1958 年协定书》缔约国生效。2022 年 6 月后，在欧盟申请准入的新车型必须完成网络安全强制认证。同时，欧盟依据《一般数据保护条例》（GDPR）法规，对汽车企业使用个人信息和数据跨境传输进行监管。美国采用“自我认证”制度，要求企业制定信息安全方案，向监管部门提交车辆安全评估证明，政府实施事后监督。美国还先后出台了《联邦自动驾驶汽车政策》《自动驾驶系统：安全愿景 2.0》《自动驾驶汽车综合计划》《确保美国自动驾驶汽车技术的领导地位：自动驾驶汽车 4.0》，提出采取防护措施应对自动驾驶汽车的网络威胁和漏洞、隐私和数据保护风险等具体要求。在标准研制方面，国际标准化组织道路车辆技术委员会（ISO/TC22）信息安全工作组组织开展道路车辆-网络安全工程标准（ISO/SAE 21434）等汽车信息安全国际标准制定工作，相关标准作为 UN/ECE/WP29 法规要求的执行依据；美国汽车工程师学会（SAE）发布车辆网络安全标准 SAE J3061，提出了覆盖整个汽车开发生命周期的网络安全管理框架和流程设计指南。

我国管理规定加速出台，配套标准积极推进。国家《网络安全法》《数据安全法》《个人信息保护法》等顶层法律相继出台，为汽车、交通、通信等车联网相关主体的网络安全工作提供根本遵循。

工信部、网信办、公安部等部门先后出台了《关于加强车联网网络安全和数据安全工作的通知》《关于加强智能网联汽车生产企业及产品准入管理的意见》《汽车数据安全若干规定（试行）》《网络产品安全漏洞管理规定》等管理规定，旨在加强车联网和智能网联汽车网络安全、数据安全管理工作，统筹发展和安全。支撑相关管理规定执行，国内多个相关标准化机构积极推进汽车网络、信息安全标准制定。全国汽车标准化委员会针对整车及零部件信息安全开展标准制定工作，包括《汽车信息安全通用技术要求》《汽车软件升级通用技术要求信息》《汽车整车信息安全技术要求》等。中国通信标准化协会重点针对车联网网络安全开展标准制定工作，包括《基于LTE的车联网无线通信技术 安全证书管理系统技术要求》《车联网信息服务数据安全技术要求》等。全国信息安全标准化技术委员会、全国智能运输系统标准化技术委员会也在积极推进汽车及道路运输相关的网络和信息安全标准制定。

二、车联网技术与产业发展趋势

在2020年的《车联网白皮书（网联自动驾驶分册）》中，按照“终端”“连接”“计算与服务”三个维度对车联网技术架构进行了解构，其中“终端”又进一步包含了智能网联汽车和路侧系统。可以看出，虽然车联网技术与产业在过去几年内出现了跨越式发展，但车、路、云、网一直都是业界关注的重点。此外，由于车联网应用对定位精度的高要求，高精度地图和定位也作为一个相对独立的

领域受到更多关注。本章节就沿着“车-路-云-网-图”的分解方式，对车联网系统中涉及到的各项关键技术以及产业发展情况进行阐述。

（一）汽车网联化与智能化协同发展

新型电子电气信息架构是使能汽车智能化、网联化的关键环节。汽车数字化、网联化与智能化发展趋势要求智能网联汽车具有在长生命周期内功能可升级、服务可增值、网络和硬件可拓展、车路云一体化并以用户体验为中心可进行生态运营的新特性，这将直接导致汽车电子电气架构从面向信号的架构快速向面向服务的架构（SOA）转换。作为当前具有代表性的 SOA 中间件，由 OMG 联盟标准化的数据分发服务（DDS），以数据驱动为中心，采用发布-订阅的体系架构，可提供丰富的 QoS 策略，能够保障车内各类数据以实时、高效、灵活的方式分发，得到了国内多家主机厂的关注和量产应用。而汽车以太网、TCP/IP 等分层网络协议是实现 SOA 的重要网络基础。随着车载网络带宽需求快速提升，作为车载骨干网络重要承载技术的千兆或多 G（2.5G/5G/10Gbps）汽车以太网，作为边缘接入手段的 CAN/CAN FD/CAN XL/LIN/FlexRay/10BASE-T1S 及上下行非对称速率的车载有线万兆媒体传输技术，成为当前研究的重点方向。虽然汽车以太网可为车内传输提供大带宽，但其尽力而为的传输特点尚无法为自动驾驶等应用提供更高的 QoS 保证，基于以太网的车用时间敏感网络（TSN）协议族将有助于解决这一问题，可为自动驾驶、关键控制应用及关键流量提供高可靠、冗余性、

低时延和高 QoS 保证。

“软件定义汽车”逐步形成共识，操作系统及中间件是智能网联演进的核心关键基础。类比移动智能终端的发展轨迹，汽车软件逐步成为体现设计差异性、满足用户新体验需求的主要手段。辅助驾驶和自动驾驶功能、智能座舱及远程在线更新等应用，不断拉升整车代码量，也促进大众、丰田、上汽等传统汽车企业纷纷组建软件部门。例如，上汽零束的整车全域及全生命周期 OTA 解决方案（XOTA），包含底盘域、动力域、车身域、智驾域、娱乐域等多达 40 多个控制器的升级刷写，提供整车软件版本管理以及全生命周期覆盖，有利于形成研发、制造、售后的全生命周期闭环。同时，作为系统软件的核心，操作系统及中间件获得多方关注。智能网联汽车推进组（ICV-2035）成立操作系统工作组，旨在突破操作系统核心关键技术，培育应用生态体系。全国汽车标准化技术委员会等行业组织，将操作系统纳入标准化工作重点。搭载华为操作系统的北汽极狐、赛力斯等车型在 2021 年内陆续发布，基于英伟达自动驾驶平台的首款车型将于 2022 年下半年正式量产。当前，我国操作系统还未形成较为成熟完善的主流标准架构，不同中间件软件接口仍存在差异性。面向汽车智能化、网联化发展变革，在车路云一体化架构体系下，研究突破操作系统核心关键技术、把握中间件标准制定，将有助于提升我国在操作系统领域的国际话语权。

智能座舱成为汽车“第三空间”数字化革命的重要载体。随着

车载屏幕的大屏/异形化，传统消费电子应用逐渐向车端迁移，智能座舱可通过各种数字化、网联化、智能化的手段，更加人性地洞察并满足驾驶员在车内的各类不同需求。触屏、语音交互、手势识别、增强现实型抬头显示（AR HUD）等多模式交互不断发展演进。其中语音交互是最自然、最便捷的人机互动方式，车载语音系统发展前期关注于“自然语言处理+自然语言理解”，后期则更加关注“数据计算能力+汽车资源整合能力”；手势识别是车内交互方式的新趋势，技术仍未成熟，手势识别对内可实现电话接听、音量调节、切歌、导航控制、座椅调节、天窗调节等，对外可实现交警、行人的手势识别或结合驾驶员手势对建筑和环境的识别应用；驾驶员检测系统（DMS）早期以安全监测为主，并逐渐向着探索 ADAS、人车互动等个性化服务与应用方向发展；随着成本和硬件尺寸等因素的提升，以 AR 技术为基础的抬头显示将结合传感器信息在 ADAS、导航、信息娱乐内容等方面发挥越来越多的作用。

（二）路侧感知与计算融合推进

以感知、计算为核心的路侧融合系统，向硬件功能集成化、建设部署敏捷化的方向演进。一方面，路侧传感器不断向感知与计算功能一体化的形态升级。已有摄像头、毫米波雷达、激光雷达等企业，通过自研或与人工智能公司合作的方式，推出了具备结构化感知能力的传感器，如智能球机融合了传统摄像机与边缘侧感知识别算法、雷视融合系统实现毫米波雷达与摄像头的集成与融合，均已

在道路感知、环境监控等领域推广部署。另一方面，路侧融合系统向软硬件解耦发展的趋势初现。近两年来，车联网路侧项目的建设需求主要来自行业用户和政府用户，定制化程度相对较高，导致路侧融合系统的算法设计与前端传感器耦合紧密。但不同项目中，路侧融合系统的场景部署工况、传感器选型配置均不尽相同，逐个案例的定制化开发不利于企业摊薄研发成本。因此，今年以来，速腾、万集、亮道智能、华录易云等路侧系统供应商、算法提供商、整体解决方案商等陆续自发的开展了相关探索工作，IMT-2020（5G）推进组 C-V2X 工作组在“MEC 与 C-V2X 融合”体系下开展路侧智能化设备及路侧系统相关研究，推动将设备、算法、平台间接口标准化，打造开放的、软硬件解耦的“试验田”，逐步形成跨区域、跨层级的敏捷化部署新环境。

路侧融合系统的功能需求呈现分级趋势，行业内已构建系统级测试验证的公共服务能力。当前各类车联网应用场景对路侧融合系统的需求可提炼为开放网联、基础感知、增强感知、协同决策控制四级基本能力要求，分级体系逐步建立。在开放网联级别中，红绿灯状态提醒、近场支付等信息类应用，只依赖路侧设施提供数据“透传”和外部信源接入的能力。在基础感知级别中，违章抓拍、车流量统计、以及部分基础预警类应用，可通过规模化部署成本低廉的传统交通检测器，实现部分交通事件及交通流统计的基础感知功能。在增强感知级别中，交叉口碰撞预警、弱势交通参与者碰撞预警

(VRU)、车辆驾驶行为识别等精细化感知场景，需依赖路侧引入高性能的感知设备，对感知范围、系统时延、目标识别、定位精度等性能指标进行量化约束。在协同决策控制级别中，协作式汇入、基于路侧协同的远程接管等复杂车路协同场景，要求路侧融合感知系统具备全天候、无盲区、全量数据的感知能力，且满足苛刻的性能指标要求，以匹配车辆功能安全、预期功能安全等标准要求，目前仍处于探索验证阶段。在此基础上，路侧融合感知系统相关的测试验证标准与能力初步构建。中国通信标准化协会立项《车路协同路侧感知系统技术要求及测试方法》行业标准，初步形成了包含系统基础性能、交通参与者感知、交通事件及交通流检测的多维度指标体系。中国信通院基于路侧真值系统和车载真值系统“双真值”的方法，构建面向真实环境的路侧融合感知系统测试验证环境，为提升产品及技术成熟度、支撑系统与设备选型提供了方法和依据。

当前路侧融合系统产业链处于“百花争鸣”的快速发展阶段，但现有技术与产品成熟度有待提升，核心关键技术亟需攻关。车联网先导区、智慧高速、测试示范区等建设项目，从需求侧逐步放大牵引作用，各地逐步形成地方产业特征强、基建与应用结合度高、参与主体多样化的建设格局。G2 京沪高速、重庆 G5021 石渝高速等高速公路车联网先导应用示范项目，通过规模化、连续性的部署路侧基础设施，支撑高速公路车路协同场景验证。交通部自动驾驶封闭场地测试基地（重庆），基于路侧融合感知与数据拼接技术提高

全息感知能力,构筑可支撑复杂场景验证的测试环境。在此过程中,以算法为核心的整体解决方案商有机会赢得市场先机。从各地投资方、业主的需求导向看,从需求分析到规划设计,从建设交付到后期运营的端到端服务提供商更受“青睐”。随着产业不断成熟,算法及系统级集成能力将成为供给侧参与主体的核心竞争壁垒。另一方面,当前路侧融合系统尚不能满足全部车路协同场景的需求,产品及技术成熟度有待提升。从中国信通院前期组织的车联网路侧融合系统评测结果看,受到硬件性能瓶颈、标定调试、融合算法设计等多方面因素的影响,当前主流产品在真实工况下的系统性能、稳定性以及与场景需求的匹配度仍有提升空间。同时,路侧融合系统上游供应链仍面临较高技术壁垒,例如毫米波雷达 MMIC 芯片和天线 PCB 板受国外厂商垄断、固态激光雷达产品尚未成熟、融合感知算法的泛化能力(面向新场景的适应能力)不足等,芯片、传感器、算法等共性支撑领域亟需重点布局。

(三) 边缘-区域-中心多级平台协同部署

车联网多层级平台体系架构基本形成共识,核心业务逐步明晰,部分关键技术有待进一步测试验证。车联网多层级平台在横向维度上可按照“边缘”“区域”“中心”三个维度进行解构。其中,边缘 MEC 平台构筑在边缘机房,通过蜂窝通信模式,提供小区级微观交通服务。区域 MEC 平台部署在边缘 MEC 平台之上,可与一个或多个边缘 MEC 平台联动,提供大区级宏观交通服务,实现更上层、

更全局的用户管理、数据汇聚和业务调度。中心平台构筑于区域 MEC 平台之上，作为业务应用顶层，提供广域级宏观交通服务。在纵向维度上可按照“业务面”与“管理面”进行分解，在业务面上，各层级平台联合承载车联网综合数据底座、车路协同事件与消息服务等业务类功能，支撑车路协同辅助/自动驾驶应用、公共交通出行、交通管理管制等服务。在管理面上，各层级平台协同负责路侧基础设施运维管理、车联网用户管理、平台安全管理等管理类功能，为产业可持续化运营提供基础支撑。平台的业务面与管理面联动配合，支撑实现车路协同场景。前期，中国通信标准化协会立项了《面向 C-V2X 业务的 MEC》系列标准，从需求与架构、服务能力与开放接口、功能与性能评测、跨域协同等方面开展标准化工作。下一阶段，多厂家路侧设备的统一接入能力、多层级平台的功能协同、跨平台数据互联互通与应用服务一致性等关键技术将成为行业内测试与验证的重点。

多方角色协同推进，产业成熟度持续提升。车联网平台供应商主要包括基础云服务供应商、平台集成商、应用服务商等。其中，基础云服务供应商包括华为、联想等提供云平台软硬件的 ICT 企业，腾讯、阿里、百度以及电信运营商等，主要提供 IaaS、PaaS 等基础云平台底座服务；平台集成商既有海信、易华录等传统交通集成商，也有天安智联、云控智行等新兴企业，百度、阿里、腾讯、京东等互联网巨头也从提供车联网应用服务切入并向集成商角色延伸。此

外，由于车联网跨行业应用特点凸显，车联网平台建设时呈现多主体协作承担的趋势。例如，天安智联、腾讯、华为与天津极客网联合作，在天津（西青）车联网先导区打造车路协同运营支撑平台，包括车路协同基础平台、应用平台、运营平台、引擎平台的“四平台”，以及车路协同运维管理体系和安全保障体系的“两体系”，支持与现有交通管理平台进行数据交互，支撑车路协同丰富的应用场景。此外，无锡、长沙、重庆、北京、武汉等地在车联网平台建设与运营方面也取得了显著成果。在多方角色助推下，平台产业成熟度目前呈现以下特点：**一是互联网企业、智能交通集成商等依托其在城市大脑、传统智能交通平台等方面的积累，快速开发出车联网与智慧交通融合的平台产品并不断迭代。**此类平台的成熟度、可用性、展示度较强，通常可部署在区域平台或中心平台，服务于提升区域交通的调度管理能力及整体通行效率；**二是面向车联网行驶安全、大数据流量等业务的边缘平台仍处于验证阶段，**电信运营商、设备商等积极联合汽车与交通行业企业在各地方建设 MEC 与 C-V2X 融合测试床，对网络架构、端到端时延、应用场景可靠性等关键技术指标进行研究与验证。

各地方围绕平台积极探索建设与运营模式，但分散化、碎片化建设的问题逐渐凸显。各地方陆续明确本地承担智慧城市平台建设的国有平台公司作为车联网平台投资建设主体，以促进车联网与智慧交通、智慧城市的数据互通业务融合。不再单一追求短期收入，

也考虑推动绿波通行、超视距感知、特殊车辆优先通行等重点场景以提升平台的社会价值。同时积极拥抱电信运营商、交通与汽车行业企业、互联网公司为主体参与平台的联合运营。例如，天安智联在无锡、天津积极参与业务运营，百度在广州、重庆等落地运营公司开展自动驾驶示范业务。但另一方面，由于各地平台建设时缺乏统一的顶层规划，不同省、市、区的车联网平台隶属于不同主体，数据服务于不同政府部门或行业企业，在推进车联网规模化商用进程中形成了信息孤岛，导致跨平台、跨区域的业务不一致、不连续。下一阶段，亟需推动产业形成统一的车联网平台基础业务底座，建立逻辑统一的管理与运营的顶层机制，完善平台标准体系，探索形成基础设施运营、数据运营、应用服务运营相互耦合的模式闭环。

(四) 无线与有线组网技术融合共存

无线通信网络包含了服务于车与车、车与路的 C-V2X 直连通信，以及服务于车与云、人与云、以及部分路与云的 5G 蜂窝通信。有线通信网络主要指路侧系统内部以及部分路与云的回传网络，实现路侧系统与多级平台之间的信息交互。

C-V2X 直连通信方面，LTE-V2X 已形成较为完善的技术标准体系和产业链；NR-V2X 技术标准有待验证，未分配频谱资源，相关产品尚未成熟。在技术与标准方面，国内 LTE-V2X 技术主要聚焦于进一步深化和优化 LTE-V2X 应用，3GPP NR-V2X 标准仍在不断演进过程中。中国联通牵头进行了车联网无线场景评估相关研究工

作，进一步研究了基于 LTE-V2X 通信的信道特征，为相关通信系统设计和网络部署验证提供参考；中国信通院、大唐高鸿、星云互联、华为等多家 C-V2X 通信龙头企业主导进行了 C-V2X 应用消息的兼容性设计研究，旨在车联网应用消息不断丰富完善的过程中，明确商用规模化部署的 C-V2X 应用消息基线版本，支持多版本 C-V2X 应用消息互联互通，保证应用连续稳定迭代。国际标准组织 3GPP 于 2020 年 7 月完成了 Rel-16 版本的 NR-V2X 标准，并在 Rel-17 版本中进一步优化功率控制、资源调度等相关技术，但 Rel-17 版本的完成计划有所放缓，推迟至 2022 年 6 月。产业发展方面，我国 LTE-V2X 产业蓬勃发展，国际影响力不断加大，与 DSRC 的技术路线之争取得重大进展。国内方面，我国已建成基于 LTE-V2X 技术的完备产业链，芯片、模组、OBU、RSU 等都已成熟且经过“三跨”“四跨”“新四跨”以及大规模测试，满足了商用部署条件。国际上，大陆、博世、哈曼、德尔福、LG 等传统零部件厂商纷纷加大 LTE-V2X 车载终端的研发投入。2020 年 11 月 18 日，美国 FCC 正式投票决定将 5.9GHz 频段划拨给 Wi-Fi 和 C-V2X 使用，其中 30MHz 带宽 (5.895-5.925GHz) 分配给 C-V2X；2021 年 8 月，美国 SAE 正式关闭了 DSRC 技术委员会，并成立 C-V2X 技术委员会，这一系列举措标志着美国正式转向 C-V2X，也是 C-V2X 阵营在全球化道路上取得的重要进展。

蜂窝通信方面，随着 5G 关键性能指标的显著提升，5G 网络从

支持车载 AR/VR 等多元化信息服务，逐步向支撑车路协同应用、远程遥控驾驶等方向演进。技术研究方面，国际 5G 汽车联盟(5GAA)和欧洲 5G CroCo 项目，均开展了远程遥控驾驶相关应用场景研究，并对通信系统能力提出相应需求；国内 IMT-2020 (5G) 推进组 C-V2X 工作组展开了《基于 5G 的远程遥控驾驶 业务分析和系统需求》《面向移动智能终端的车路协同应用研究》《基于 5G 的车联网通信技术需求研究》等课题研究，探索基于 5G 网络的车联网应用相关技术架构和性能指标。中国通信标准化协会同期开展《基于 5G 的远程遥控驾驶 信息交互要求》《基于移动互联网的车路协同应用场景及技术要求》等标准研制工作。产业发展方面，手机 APP、小程序、智能后视镜等具备 5G 通信能力的后装设备及应用不断涌现，正积极进行城市和高速公路环境下的车联网服务探索。港口、矿山等特殊区域，开展了大量 5G 远程遥控驾驶部署实践，取得了显著成效。总的来说，LTE-V2X 与 5G 融合，成为车联网应用提高用户触达率和业务服务范围的新方式，采用不同通信方式提供不同的应用服务，是车联网应用探索的新方向。

路侧回传网络从以有线网络为主的承载架构，不断向有线/无线网络并存的回传架构演进。目前车联网路侧系统具有接入设备种类多、数据异构性强、融合传输量大的回传需求，光纤网络的链路稳定性高、传输速率大、抗干扰能力强，是作为数据回传的关键支撑网络。但光纤网络回传也伴随着配套建设成本高、部署不灵活、IP

段隔离导致的设备无法溯源等问题。例如，为避免大量路侧设备引起的广播风暴，采用两个私有 IP 段隔离云端和路侧设备，会引入设备无法互访，设备无法溯源等问题；高速公路的大型桥隧、高架枢纽等特定场景，铺设光纤网络的施工难度大、部署成本高昂。因此，在满足业务场景需求的前提下，部分城市探索叠加 5G 网络回传方案。例如武汉、重庆等地建设或正在建设面向车联网的 5G 行业专网，研究并验证通过 5G 网络将路侧感知数据传输至车联网服务平台，并探索基于 5G 网络实现限速预警、匝道汇入提醒、闯红灯预警等安全效率类辅助驾驶应用。

(五) 高精度地图与定位基础作用凸显

高精度地图及定位技术呈现多元化发展趋势，在车联网领域应用广泛。高精度地图作为车联网、自动驾驶、智慧交通应用中的数字底座，在传统导航电子地图的基础上，新增高精度、高鲜度、多要素等特点。由于其不受天气、障碍物等因素的影响，高精度地图将起到环境感知增强的效用，为车辆提供车道级定位、规划、决策等功能，但同时也面临着覆盖率不足、生产成本高以及法律法规等多方面挑战。高精度定位方面，为保障定位结果的连续性、可靠性和稳定性，考虑到目前单一的定位技术方案尚存在局限性，面向车联网应用的高精度定位方案通常采用相对定位与绝对定位相结合的多种技术方案。其中，以北斗导航定位系统为代表的 GNSS 作为目前车联网定位的基本方式，具备覆盖范围广、成本低等优势，但因

为卫星信号遮挡或者多径的影响，在城市楼宇、高架桥下、地下停车场、隧道等场景会存在定位质量“降级”的现象。考虑到惯性测量单元（IMU）更新频率高以及不受环境影响的优点，通常将 GNSS 与 IMU 结合构成主流的融合定位方案；同时亦可进一步融合摄像头、激光雷达、毫米波雷达等传感器以及高精度地图等技术实现高精度定位。多种技术融合的定位方案将有效弥补单一定位方案的缺点，以实现全天候环境下高精度定位结果的稳定输出，以满足车联网及自动驾驶的应用需求。

高精度地图及定位产业链条丰富，覆盖终端芯片、运营服务等多个方面。终端芯片方面，汇聚北斗星通、司南导航、华大北斗等龙头骨干企业积极开展芯片自主设计、终端产品研发工作并为主机厂提供面向智能座舱、智能驾驶等产品解决方案；运营服务方面，千寻位置、中国移动、六分科技、腾讯等企业在全国建设高精度定位网络，为未来车联网的全域普及提供良好的应用环境；高精度地图方面，除百度、高德、四维图新等传统图商以外，中海庭、华为、宽凳科技等企业也积极布局，为行业提供高精度地图服务。在示范应用方面，不少车联网先导区或示范区已把高精度定位网络及高精度地图作为规划建设基础设施的重要组成，为车辆提供城市级的高精度地图和高精度时空服务，助力智慧出行、城市治理等应用更好地落地实现。

车联网及自动驾驶应用的不断演进，也给高精度地图及定位提

出更高的性能要求。在全域范围保证服务质量的一致性和连续性成为需要解决的核心问题。目前技术方案上存在多种方案，企业将结合城市道路、矿山、港口等工况环境以及安全类、效率类、高级别自动驾驶等应用场景需求进行融合方案选择。同时，面向下一阶段的车辆商用量产，成本与定位性能之间的平衡是企业亟需解决的另一个问题，路侧辅助的定位方式也成为产业关注的重点。

（六）网络安全与数据安全关注度提升

伴随联网车辆的加速渗透和连接能力的持续升级、以及全国各地路侧网络和设施平台的加速扩展，车联网网络安全和数据安全风险亟需关注。从落实车联网网络和数据安全保障工作的责任主体看，主要包括汽车生产企业、路侧设施建设运营企业和第三方应用服务商。在车企视角下，风险主要来自三个方面，一是汽车自身网络安全，车载联网终端（T-BOX）、车载信息娱乐系统（IVI）、软件在线升级系统（OTA）等设备和系统是网络攻击的重点对象，攻击者往往利用联网设备的系统漏洞进行跳板式攻击，进而干扰车内部件功能。二是汽车通信安全，车内通过 CAN 总线、车载以太网等技术实现车内部系统和设备间通信，车外通过车载诊断接口（OBD）、无线通信技术（WiFi、蓝牙、4G/5G、C-V2X 等）与外部实体和平台进行信息交互，攻击者通常利用身份认证或数据加密缺陷发起攻击，产生伪造、篡改、窃取等安全风险。三是车联网服务平台安全，汽车与相关车联网平台连接获取服务，面临传统信息服务平台安全

威胁，攻击者可以远程发起拒绝服务、暴力破解、恶意脚本注入等攻击。在路侧视角下，风险主要来自两个方面，一是路侧设施安全，包含摄像机、雷达、信号机、通信设备等，攻击者可以利用设备漏洞入侵并篡改信息，扰乱交通秩序。二是业务服务系统平台安全，包括相关车联网云控平台、边缘计算平台等，攻击者可以通过其他终端设备的漏洞入侵平台，获取相关敏感信息。在第三方应用服务视角下，风险主要存在于车端应用（APP）与第三方应用服务系统后台连接过程中，面临网络攻击、通信协议破解、代码反编译、用户数据窃取等安全威胁，如果第三方应用还涉及到车辆控制功能，甚至可能存在车辆远程恶意控制风险。

近年来，产学研用各方主体高度关注车联网安全技术研发和应用，部分风险已经能够有效应对，针对车联网特有安全问题，身份认证、安全防护等技术逐渐得到创新应用。身份认证技术是解决车联网通信安全的核心手段，车与云、车与车、车与路、车与设备四类通信场景均需要以可信数字身份为基础保障业务安全开展。基于公钥基础设施（PKI）和商用密码的数字身份认证技术得到产业共识，通过为车辆、路侧设备等赋予可信的“数字身份”，确保各类主体的身份鉴别，抵御非法主体的伪造、篡改等安全攻击。工信部高度重视，于2021年组织开展车联网身份认证和安全信任试点项目工作，61个试点项目入选，鼓励汽车、地方建设完善身份认证基础设施，并通过接入相关车联网安全信任根和工业和信息化部车联网安

全信任根管理平台，实现跨企业、跨行业、跨地区互信互任和互联互通。卫士通、信大捷安、吉大正元、格尔软件、数字认证、晟安信息等企业陆续推出商用化解决方案，拉动安全芯片、软件算法等企业推进身份认证产业链加速成熟。车内网络安全防护是保障车辆自身安全的核心，当前系统级防护能力仍处于不断摸索阶段，核心技术产品仍需加强攻关。车端入侵检测与防御系统（IDPS）技术产品不断成熟，东软集团、奇虎 360 等众多企业产品已经能够实现对车辆内部 CAN 网络、车载以太网以及关键 ECU 的监视和保护，可以在车企安全运维人员协助下，建立对车辆网络安全状态的监视和响应处理能力。为满足车内海量数据安全通信的认证和加密处理，车规级安全芯片需求显著爆发，上海芯钛、信大捷安、紫光国微、华大电子等企业陆续完成车规级高性能安全芯片研发，但处理性能和稳定性仍需不断验证，产品价格和车企需求尚未有效平衡，仍需相关政策资源加大支持。此外，车载 APP、软件在线升级 OTA 等新业态，对车企产品的持续性安全运维带来挑战。

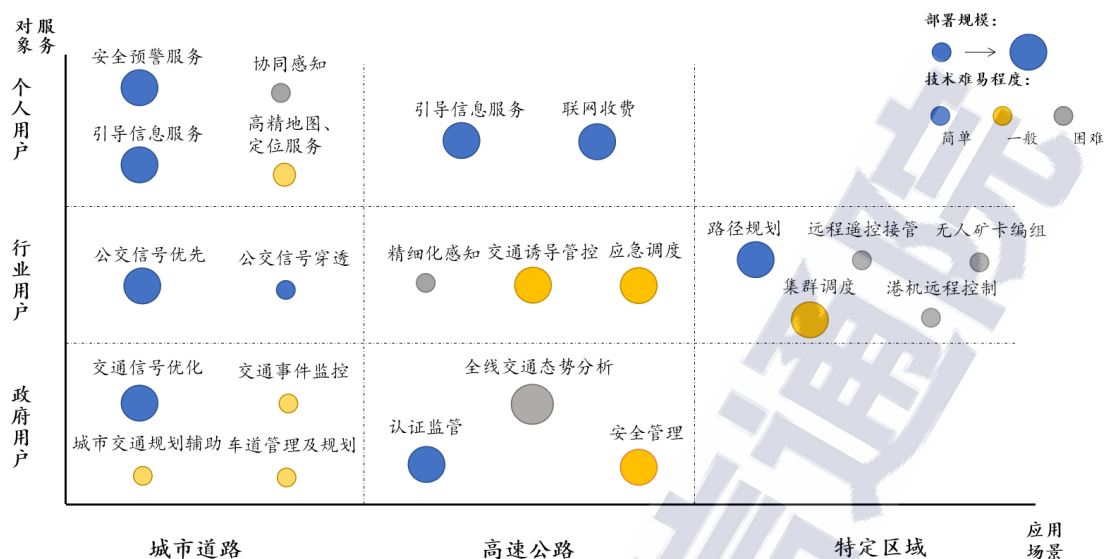
车联网数据是实现各类应用业务的基础资源，尽管法规体系日趋完善，但针对性数据保护技术和产品仍处于探索起步阶段。各类车联网设备、应用数据采集规模持续扩张（车内外视频/音频数据、车辆行驶数据、用户个人数据、地理信息数据等），现阶段主要采用数据加密、访问控制、安全审计等技术，实现对车联网数据的安全存储、安全传输、分级访问控制，但针对数据脱敏和数据共享尚未

建立有效防护机制。近年来，相关企业陆续提出利用区块链、隐私计算等技术，实现车联网数据隐私保护与安全共享，安恒信息、启明星辰、天融信、奇安信等传统安全企业已经能够提供数据脱敏、数据泄露防护等产品，积极研究隐私计算和零信任安全，布局车联网数据安全防护领域。百度、奇虎 360、天融信、国汽智联等企业积极构建智能汽车和云平台等数据安全态势监控平台，但仍需进一步在验证实效基础上推广应用。

三、车联网应用场景与模式

(一) 跨行业融合带动应用部署模式向纵深发展

当前，车联网应用服务体系日益丰富，并且与汽车、交通等行业加速融合。从应用场景角度出发，车联网应用服务体系可以分为城市道路、高速公路、特定区域（矿区、港口等）道路三大类，不同类别场景下车联网应用在部署规模、技术难易程度等方面体现出了较为明显的差别，如图 1 所示。



来源：中国信息通信研究院

图 1 车联网应用服务体系

车联网正处于基础设施建设与应用推广齐头并进的重要窗口期，应用服务体系逐渐成为带动产业技术体系、产品功能、服务模式发展的重要牵引。在此过程中，产业各方在前期基本已经验证了技术与标准的可行性基础之上，逐步推动车联网与汽车、交通等行业的深度融合，验证各种实际场景下车联网功能的可用性、易用性。更进一步地，各方在平台、数据、公共服务等维度重点挖掘，旨在实现产业价值和社会价值的双驱动。

(二) 城市道路环境下车联网应用创新活跃

1. 场景概述

城市路网复杂、交通对象多元、出行需求庞大，交通效率提升、交通安全保障、新型交通服务是车联网在城市场景应用中的主要价值目标，而针对交通运行数据的挖掘运用亦成为当下热门方向之一。

当前，信息服务类应用基本普及，且在网联技术赋能下实现创新发展。定位导航、车载娱乐等应用已较为成熟，红绿灯状态提醒、绿波通行等应用逐步验证，车载软件 OTA 升级、AR 导航等应用不断涌现。智能驾驶类应用加速渗透，且与网联系统逐步耦合。我国 ADAS 新车前装率日益提升，2021 年 1-8 月份国内新车累计渗透率接近 10%。¹同时，我国自动驾驶测试里程数也不断攀升，以北京市为例，自动驾驶车辆道路测试安全行驶总里程突破 300 万公里²（截至 2021 年 5 月）。部分企业开展了融合 LTE-V2X 的智能驾驶应用验证。例如，奥迪在无锡先导区开展协作自适应巡航控制、基于信号灯的车速控制等融合应用的验证与推广；轻舟智航在苏州部署网联式自动驾驶公交示范运行。智慧交通类应用不断深化。面向管理部门的交通治理、行业企业的运输效率优化等应用不断深化，且在新型技术支撑下催生出新型场景。例如，长沙车联网先导区开展的基于 LTE-V2X 的公交车辆优先通行应用，有效缩短了高峰期公交运行周期；襄阳开展的基于路侧感知数据的信号灯配时策略优化应用，提升了路口通行效率。

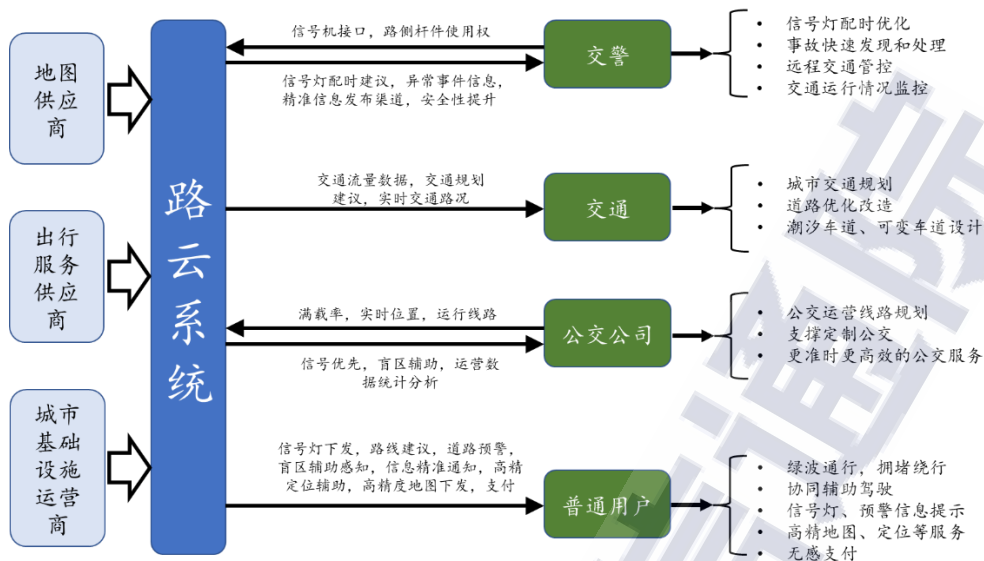
2. 功能视图

面向交通主管部门，车联网通过信号灯配时优化、绿波通行等应用场景，有效提高城市交通效率；通过超速预警、闯红灯预警、

¹ <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1712050371313535046&wfr=spider&for=pc>

² <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1701083979953880433&wfr=spider&for=pc>

盲区预警等应用场景，提升交通安全；通过事故识别、异常行为上报、特殊车辆优先通行等应用场景，提升交通管理精度。**面向交通规划部门**，车联网汇聚的道路运行数据、车辆轨迹数据等数据资源，能为城市交通规划决策提供大数据支撑，进而科学地开展道路改扩建、车道管理、新建道路规划。**面向城市公交运输企业**，车联网通过信号灯配时策略建议，实现公交优先，提升公交车的运行效率；通过共享感知、盲区预警等提升公交车运行安全性；通过平台优化，精准调度公交车辆，动态优化调整发车频率甚至运行路线，实现交通运输资源的灵活配置，打造精准公交、定制公交。**面向个人用户**，车联网通过信号灯信息下发、路径建议等应用场景，支撑绿波通行、自适应巡航控制等功能；通过感知信息共享、盲区预警等应用场景，支撑碰撞预警、自动紧急制动等功能；通过高精度定位、高精地图下发等应用场景，支撑自动驾驶等功能；通过近场支付等场景应用，支撑停车无感支付等功能。城市道路场景下的车联网应用功能视图如图 2。

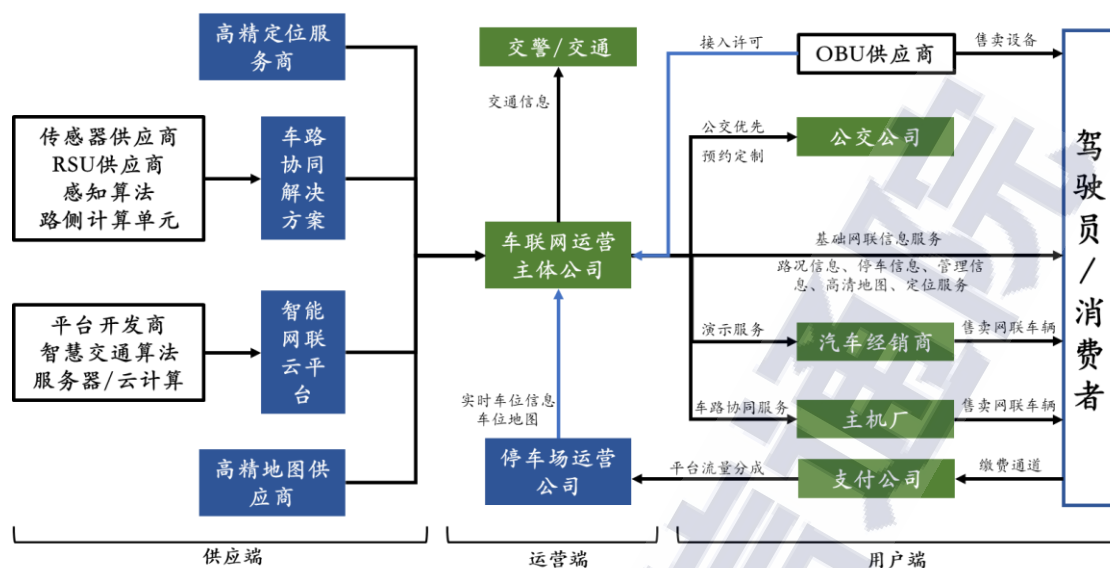


来源：中国信息通信研究院

图 2 城市道路场景下的车联网应用功能视图

3. 价值链条

在商业模式方面，城市道路环境下的车联网生态包括供应端、运营端和用户端，价值链条顺次展开。其中，供应端方面，企业围绕城市车联网建设，提供路侧设施、云控平台、高精定位、高清地图、车载终端等设备和服务，获取商业回报。运营端方面，城市车联网基础设施运营主体，为各类用户提供多形态服务，获取服务回报；停车场等关联主体通过平台引流，获取收益。用户端方面，主机厂通过车联网功能获取车辆溢价；公交企业通过提升运行效率，提升服务水平。



来源：中国信息通信研究院

图 3 城市道路环境下的车联网应用价值链条

4. 典型案例

各车联网先导区、示范区在面向行业企业、政府部门、个人用户等多种需求的应用验证与推广方面均取得了显著进展。长沙车联网先导区打造了基于 LTE-V2X 的智慧公交应用，在智慧公交 315 号、3 号、9 号线上实现了商用运营，日均服务乘客约 3 万人，实现了公交信号优先、交通灯穿透等多项功能。在优先通行功能中，公交车主动向路侧设备发送包含车辆位置、速度、乘客数、准点状态等数据，路侧计算设备据此生成公交信号优先策略，通过红灯缩短、绿灯延长等方式实现公交优先通行；在交通灯透传功能中，公交可将与路侧设备通信得到的交通灯信息通过车尾标识牌显示出来，以避免对后车的遮挡。经统计，315 号线平均行程时间优化 12.6%，平均行程车速提升 14%。无锡车联网先导区大力推广智慧出行服务，

在 600 余个点位上建设了车联网路侧基础设施，打造车联网大数据应用服务平台，实现车联网用户位置、交通信号灯状态、交通事件等信息在平台汇聚，并开发了面向个人用户的“智行无锡”App。既可通过终端 App 为用户提供车内标牌、绿波车速引导等服务，同时也与图商等第三方合作为用户提供智慧出行服务。

(三) 高速公路环境下车联网应用推广路径逐步清晰

1. 场景概述

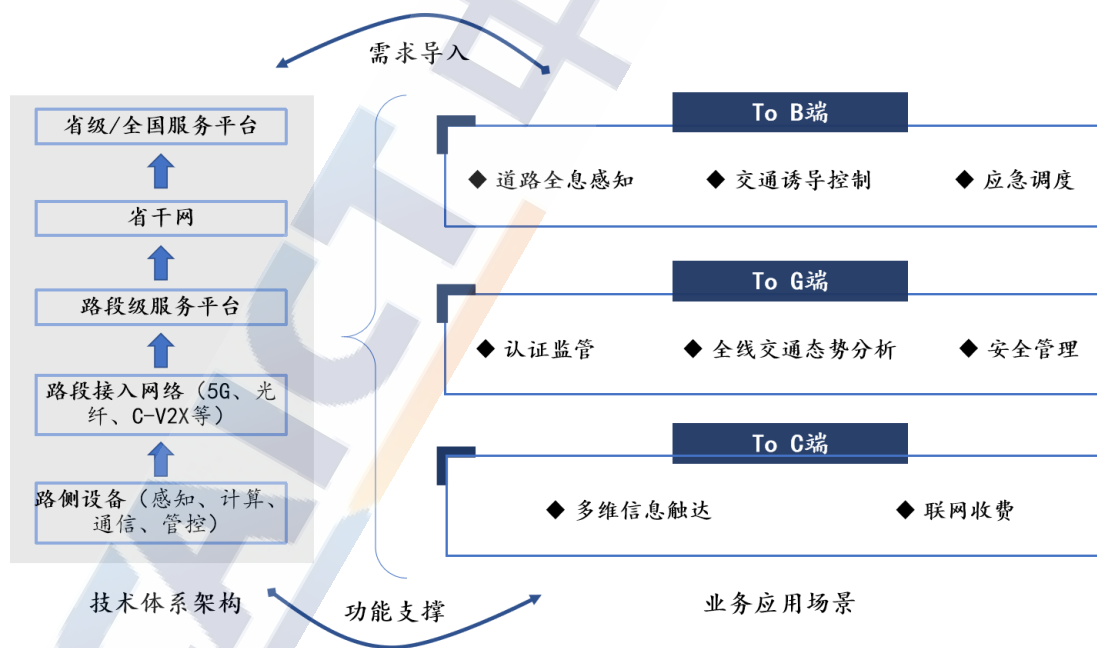
以提升通行效率、降低事故发生率为价值导向，安全预警及交通管控成为当前车联网在高速公路环境下的主要应用目标，而数据价值互通将助力构建信息服务应用新业态。在高速公路环境下，**新型信息服务类应用或比城市道路更快推广**。由于高速公路有更为明确的建设运营主体，且匝道口、隧道等场景下应用需求强烈，新型信息服务推广速度或快于城市。例如，京沪高速智能化改造等工程重点部署了匝道分合流安全预警及诱导、准全天候辅助通行等应用。**智能驾驶类应用需求或比城市道路更为明确**。高速公路场景下行驶速度快，安全风险更高，AEB、LKA 等 ADAS 功能效益更为明显。同时高速场景下，网联技术也可以提升车辆在匝道口实现异常车辆提醒、自适应汇入汇出等应用效果。**智慧交通类应用比城市道路更容易形成全网协同**。高速公路运营单位可以基于全路网的动态感知信息，通过部署车道级精准管控、区域级网联云控等业务，实现整体交通流量的动态联动调控，提升整体通行效率。

2. 功能视图

面向政府部门，一方面通过全线感知信息整合，支撑交通态势分析预测以及跨区域事件精准调度，提升调度效率；另一方面通过服务平台，实现用户侧终端统一发行认证和监管，保障安全运行。

面向高速公路运营企业，一方面，通过车道级精准管控、准全天候辅助通行、区域级网联云控等应用，并通过与图商平台等交换交通数据，扩大触及范围，实现整体交通流量的动态联动调控，提升运营收益；另一方面通过安全信息提示、道路实时养护、应急救援等应用，服务安全运营。

面向个人用户，除享受安全与效率服务外，还可通过不同通行时段动态费率等应用，降低出行成本。高速公路环境下的车联网应用功能视图详见图 4。

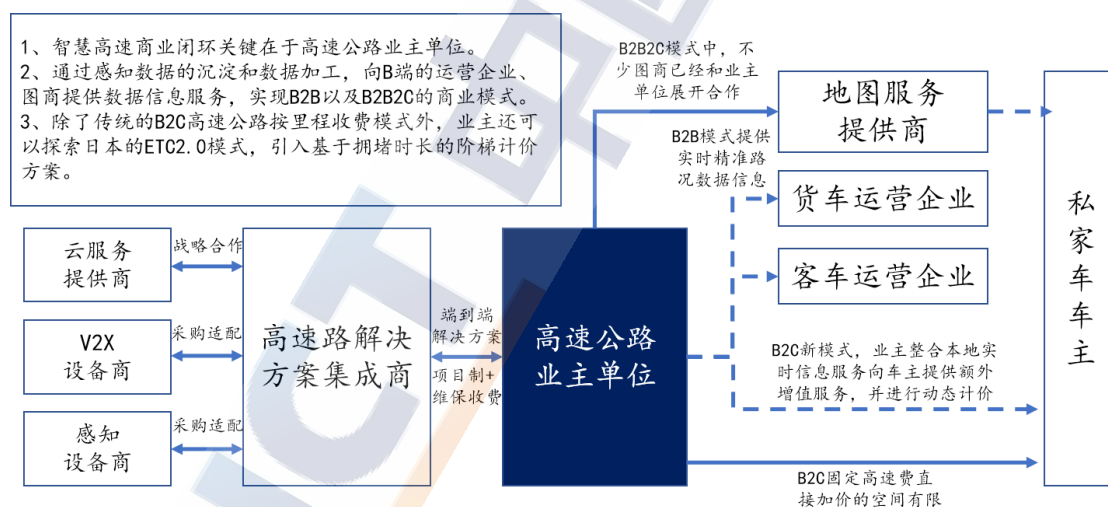


来源：中国信息通信研究院

图 4 高速公路环境下的车联网应用功能视图

3. 价值链条

在高速公路环境下，面向个人用户，业主单位一方面通过减少交通事故、优化通行效率，提升面向乘用车的整体运营效益；另一方面探索通过与其他商业模式、主体的结合，扩展增值服务，包括与图商平台合作将实时交通信息推送给终端用户，提供更精准的导航服务，以及将高速周边旅游服务生态与通行服务结合，向车主提供综合信息服务以及动态计价的商业模式。面向运输企业用户，业主单位通过将车、路、云融合的大数据信息服务提供给道路运输企业，服务于车队智能化管理以及未来的编队自动驾驶，获得商业回报。高速公路环境下的车联网应用价值链条详见图 5。



来源：中国信息通信研究院

图 5 高速公路环境下的车联网应用价值链条

4. 典型案例

智慧高速车联网应用推广加速，逐步呈现出规模化应用态势。

重庆 G5021 石渝高速涪丰段所处区域地质、气象条件复杂，包含隧道群、特大桥、急弯、急下坡、多雾等多种影响交通安全的不利因素，其中桥隧比高达 47% 以上，交通场景复杂。该路段通过智慧高速建设，基于路侧融合感知和计算实现道路动态风险的快速发现；基于 LTE-V2X 车路通信实现了公路异常感知；基于空口同步和定位实现了隧道定位不丢失，进而实现了重点车辆全程监控。**粤港澳大湾区智慧高速云控项目**通过开展区域级高速公路网联云控，实现区域高速公路网的信息融合共享、智能决策、协同管控，协同跨珠江通道和湾区两岸区域高速网，实时监测跨珠江通道等运行状况，通过上游信息牌等方式，动态诱导车辆跨珠江路径选择，保障各跨江通道流量合理分布；协同多条平行深圳机场通道路网，基于平行大通道运行状态实时在线监测仿真，动态诱导车辆通道选择，保障平行通道高效运行，保障各跨江通道流量合理分布。

(四) 特定区域工况环境下规模商用加快

1. 场景概述

在特定区域道路环境下，车联网主要服务于智能驾驶，或将比城市、高速更早成熟。矿区、港口等工况环境相对封闭，且存在明确的机器换人需求，商业模式清晰。自动驾驶在此类环境下落地发展较快。例如，天津港的自动驾驶车辆已经接近 80 辆规模³。其中，

³ <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1712022196516236601&wfr=spider&for=pc>

基于网联的车辆集群智能调度、远程监控等应用较为成熟，遥控驾驶等应用也不断得到验证。

2. 功能视角

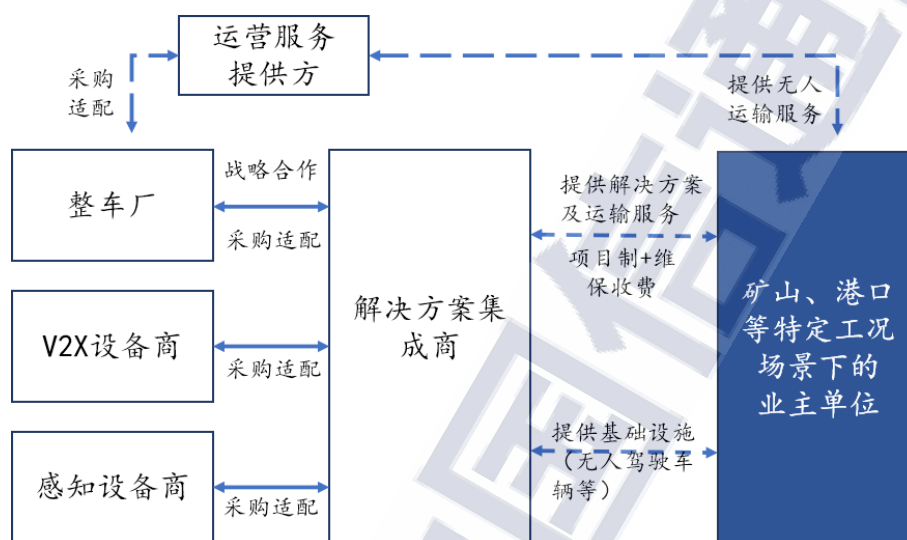
在矿山工况环境下，单车智能与调度平台的路径规划、监控应用深度融合。通过在矿卡车辆上搭载 5G/V2X 终端、传感器、高精度定位等设备，结合平台端的统一规划及管理，完成无人矿卡的装载、运输、卸载的协同作业等功能，在保障矿卡车辆最优工作状态的同时，降低人员成本并降低安全事故的发生。

在港口环境下，车联网应用主要包括自动驾驶集卡的协作式运输以及港机设备的远程控制。就自动驾驶集卡而言，车端完成数据的采集、传输及决策等功能，通过与港区设备、平台之间的信息交互，实现自动化运输，并在调度系统的路径规划之下，实现在狭窄、直弯的港区道路中的运输路径最优化，进一步实现作业效率的提升和能源消耗的降低。就港机设备的远程控制而言，5G 网络成为控制中心平台与港机终端之间信息回传与指令下发的重要支撑手段之一。

3. 价值链条

特定区域工况环境涉及主体包括矿区/港口运营主体、解决方案集成商以及其他设备商、零部件厂商等。目前主要存在两种商业模式，一是由矿区/港口业主单位负责项目的整体规划，并获得“车-路-云”资产的归属权，解决方案集成商需要根据业主单位需求完成

基础设施建设和车辆改装工作；二是矿区/港口业主单位“轻资产”管理，解决方案商与运输服务商合作，提供自动驾驶车端改造、网络环境建设、平台搭建等整体方案，以运输服务的形式提供给业主单位。特定区域工况环境下的车联网应用价值链条详见图 6。



来源：中国信息通信研究院

图 6 特定区域工况环境下的车联网应用价值链条

4. 典型案例

无论是矿区还是港口，车联网应用普及速度不断加快，并逐步实现商用。国家能源集团宝日希勒露天煤矿自动驾驶矿卡应用，基于与中心平台的调度交互，实现了矿区内自动驾驶循环作业应用。矿卡、挖掘设备、云平台通过 5G 网络沟通明确整个装载协作流程，矿卡根据云平台路径规划和对周围环境的感知，自动行驶至装载区，同时将自车的实时状态信息和任务信息实时发送至装载设备，装载设备也将自身的位置、朝向等信息同步发送至矿卡，实现多车协同

作业。目前，该矿区自动驾驶系统可动率大于 96.7%，截至 2021 年 8 月已累计编组运行 5 万余千米，土方运输量达 60 余万立方米，运输综合效率不低于有人驾驶。天津港自动驾驶集卡应用打通了集卡与生产作业系统（TOS）、岸桥、轨道桥、智能解锁站间的“信息通道”，集卡与中控端进行 TOS 作业任务或者场端其他系统进行交互，完成作业任务及其他命令需求。同时，集卡结合港内作业实际情况，基于车队调度管理系统，采用智能化的任务调度和路径规划方法，提高作业效率，减小能源消耗。目前天津港已投入使用近 80 台自动驾驶车辆，实现了规模化运营。

四、车联网发展展望

“十四五”规划明确提出积极稳妥发展车联网。我国将坚持智能与网联协同发展的战略规划，加强汽车、信息通信、交通等跨行业各方合作，深化“车-路-云-网-图”技术攻关、加大基础设施新建与升级、加快应用推广与价值空间挖掘、筑牢安全发展体系，推进车联网产业迈入规模应用部署的新时代。

（一）持续推进核心技术攻关，加强标准和实施路径协同

一是核心技术攻关。加大操作系统以及中间件的研发与应用，力争在车载计算芯片、微控制器芯片等方面实现突破，在车路协同核心传感器、融合算法、多级计算等方面强化产学研用联动，并强化数据加密、安全身份认证、车载安全设备等技术和产品的研发能

力。**二是测试验证与应用实践。**依托推进组、产业联盟等行业组织，持续组织开展互联互通、大规模测试等应用实践活动，促进技术逐步演进和突破，促进产业链上下游协同研发和产业化。**三是标准协同。**落实《国家车联网标准体系建设指南》各分册文件要求，做好跨行业标准之间的协调沟通，并做好“国家-行业-团体-地方”不同类型标准之间的协调沟通，不断完善车联网产业标准体系，及时制定各环节发展的亟需标准。**四是实施路径协同。**制定跨行业协同的产业发展规划和技术路线图，增强跨行业各方的理解与共识，促进交叉融合技术的协同创新，加快 C-V2X 等具有中国优势的技术领域应用与落地。编制发布车联网基础设施建设指南和参考性技术手册等指导性文件，解决跨区域互联互通、服务能力互认等问题。

(二) 加快标准化基础设施建设, 加强跨行业跨区域协同

一是逐步扩大规模。在城市道路加快开展红绿灯等交通控制系统的规模化网联升级改造，在高速公路出入匝道口、隧道口和团雾等危险路段优先推进车联网感知与通信基础设施的部署建设，支持车联网应用从路口级、线路级向城市级、路网级迈进。**二是坚持采用标准化的建设方案。**确保采购部署的设备、系统通过相应标准的测试认证，避免出现“已有技术标准却不使用”或者“宣称使用标准却不检测”等现象。明确建设全生命周期的方案审查、流程管理、成果评估等机制，避免出现烟囱式建设，效果良莠不齐，影响用户体验和产业规模化发展。**三是协同建设。**促进车联网平台与交通管

理等平台的数据和业务打通，建立跨行业协同的身份认证和安全信任体系，在车联网、5G网络、高精度北斗定位系统、智慧城市基础设施协同建设等方面形成统一共识，促进平台互通、数据共享和基础设施共建。**四是建设与运营相结合。**避免“重建设、轻运营”，地方车联网建设运营主体和高速公路业主等尽快建立技术把控、网络运行维护和安全体系建设等能力。**五是充分发挥示范区、先导区的先试先行重要作用。**行业主管部门应加强车联网、智能网联汽车等示范区、先导区的合作交流，对建设中遇到的共性问题要梳理形成问题清单，加强日常督导和定期评估，快速迭代，总结可复制推广的经验案例。地方政府应把车联网基础设施建设作为“一把手”工程来推动，切实解决地方跨部门之间的协同问题，并加强与车联网基础设施监测平台等的对接工作。

(三) 加快典型应用规模化推广，注重价值空间挖掘

一是提炼典型应用场景。充分结合各地方发展需求，因地制宜、因时制宜，加快推动红绿灯提醒、绿波通行、超视距感知、高速公路安全辅助等典型应用场景的成熟落地，并利用“揭榜挂帅”等机制打造应用推广标杆。**二是提升车联网终端渗透率。**以应用场景为牵引，打破“网等车、车等路、路等网”的局面，建立汽车、交通与车联网领域的政策衔接，支持汽车前装车联网终端设备，并通过电信运营商、互联网企业等推广后装市场，逐步培养用户使用习惯。**三是拓展应用价值空间。**面向个人、企业、行业、政府等不同用户

主体，从降低成本、提升效率、保障安全、促进管理等多个维度，深度挖掘车联网的价值空间。充分认识到车联网应用不仅服务于辅助驾驶、高等级自动驾驶，还能够有效解决交通效率、城市管理等系统性工程痛点问题。**四是探索可持续发展模式。**鼓励电信运营商、行业企业、互联网公司深度参与各示范区、先导区的业务运营，探索形成基础设施运营、数据运营、应用服务运营相互耦合的建设运营模式闭环，逐步形成可复制、可推广的可持续发展模式，并有机会打造一批新的产业主导力量。

(四) 完善网络与数据安全发展体系构建, 注重功能安全

一是研究加强车联网网络安全与数据安全监管。针对车联网信息收集使用等行为建立监管机制，完善检测评估等监管能力建设。加快构建车联网网络数据安全综合保障体系。面向产业发展和行业管理需求，协同推进车联网身份认证和安全信任、车联网数据安全检测等公共服务平台建设，提供安全保障技术能力。**二是加强功能安全与预期功能安全研究。**在车联网应用、自动驾驶功能逐步走向成熟的过程中，重点关注单车智能与 C-V2X 网联通信功能、路侧感知计算功能以及高精度定位功能融合条件下的功能安全与预期功能安全，研究基于网联通信的可靠性与可信性、基于多技术融合的高精度定位、感知计算等质量问题。

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-62300016

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn

