

车联网白皮书

(2022 年)

中国信息通信研究院

2023年1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

车联网产业是汽车、电子、信息通信、交通运输等行业深度融合的新型产业形态。近五年来，在国家制造强国建设领导小组车联网产业发展专项委员会的统筹协调推进下，我国车联网产业在关键技术攻关、标准体系构建、基础设施部署、应用服务推广、安全保障体系建设等方面取得了一系列显著成果。业界对于车联网产业的发展方向形成了高度共识，共同探索出了一条具有中国特色的新一代信息通信技术与汽车、交通运输等行业融合创新发展的实践之路。

车联网产业经历了以信息通信行业依托 5G、C-V2X 直连通信、人工智能等新技术创新来推动车联网测试验证与应用示范的发展阶段，目前已经进入以汽车、交通运输行业实际应用需求和市场发展趋势为牵引的车联网小规模部署与先导性应用实践的新阶段，但是仍然面临跨行业深度融合、跨区域基础设施协同部署、规模化应用价值挖掘、安全保障体系完善等方面的挑战。我国应坚持以智能化与网联化协同发展为主线，推动跨行业深度融合创新，推进跨区域基础设施协同建设，以多维度、高价值应用的规模化部署为牵引，积极抢筑车联网产业高质量发展下半程新优势。

目 录

一、 车联网产业发展的协同措施.....	1
（一） 建立顶层协同机制，打破跨行业发展壁垒	1
（二） 推动跨行业组织联合开展技术创新与测试验证	2
（三） 鼓励先行先试，打造新基建和新模式	3
二、 车联网产业发展的实践成效.....	4
（一） 技术创新能力大幅提升，产业化进程全面加速	4
（二） 标准体系初步建立，对产业引领效果显著	11
（三） 基础设施建设提速，典型区域规模部署	15
（四） 各类应用探索百花齐放，赋能效应持续增强	17
（五） 安全保障体系初步建设，坚持安全与发展并重	19
三、 车联网产业发展的挑战与建议.....	23
（一） 跨行业深度融合创新	23
（二） 跨区域基础设施协同建设	25
（三） 深度挖掘应用场景的多维度价值空间	27
（四） 构筑全方面安全保障体系	29

图 目 录

图 1 国家车联网产业标准体系建设指南总体框架.....	11
图 2 车联网基础设施参考技术指南.....	14
图 3 车联网 C-V2X 典型应用场景.....	18
图 4 车联网应用场景支撑体系视图.....	27
图 5 车联网安全防护体系功能架构视图.....	30

表 目 录

表 1 我国车联网 LTE-V2X 全协议栈标准.....	12
-------------------------------	----

一、车联网产业发展的协同措施

车联网产业是汽车、电子、信息通信、道路运输等行业深度融合的新型产业形态，更是先进制造业和现代服务业深度融合的重要方向，对于我国落实制造强国、交通强国和网络强国具有重要作用。近年来，我国积极推动车联网产业融合创新发展，加强跨行业主管部门、跨行业组织机构和企业、跨区域在政策、产业、建设与运营等方面的协同，初步形成了融合创新的车联网产业生态体系。

（一）建立顶层协同机制，打破跨行业发展壁垒

为促进车联网产业跨行业融合创新发展，由工业和信息化部推动，在国家制造强国建设领导小组下设立车联网产业发展专项委员会（以下简称“专委会”），专委会由工业和信息化部、国家发展改革委、科技部、财政部、公安部、交通运输部等 20 个部门和单位组成，负责组织制定车联网发展规划、政策和措施，统筹推进车联网产业发展。自 2017 年起，专委会已经召开了四次全体会议，就产业急需跨行业主管部门协调解决的主要事项开展了充分的沟通与讨论。历次会议分别在组织关键技术攻关，推动信息通信网络和智能交通、交通管理信息化协同部署，促进车联网跨行业标准合作与智能网联汽车测试结果互认，“条块结合”推进高速公路车联网升级改造和国家级车联网先导区创建等方面，深入开展协调工作，有效解决了一系列产业发展过程中面临的重大问题。

与此同时，在专委会的统筹协调下，《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》《新能源汽车产业发展规划(2021-2035 年)》《智能汽车创新发展战略》《推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》《交通领域科技创新中长期发展规划纲要(2021-2035 年)》《数字交通“十四五”发展规划》等顶层规划相继发布，积极促进了汽车、交通运输行业加速拥抱新一代信息通信技术。

（二）推动跨行业组织联合开展技术创新与测试验证

跨行业组织联合开展体系架构研究与标准制定。中国汽车工程学会、中国公路学会和中国通信学会联合发布了车路协同自动驾驶一致行动宣言，强调在资源、技术、政策等众多领域进行全方位、多层次、跨区域的合作对接，共同推动中国车路协同自动驾驶体系建设和发展。全国汽车标准化技术委员会、中国通信标准化协会等标准化组织和 IMT-2020（5G）推进组 C-V2X 工作组、中国智能网联汽车产业联盟等产业组织不断加强协同，完善产业需求收集、标准规范编制和参考指南制定等多个环节工作，为产业发展提供指引。智能网联汽车推进组（ICV-2035）旨在有效汇聚各方力量、推动解决重大问题、加快产业发展步伐，其中智能网联汽车测试示范工作组梳理发布了《智能网联汽车测试互认推进路线图》。

行业组织联盟联合开展测试验证与应用实践活动。IMT-2020（5G）推进组 C-V2X 工作组、中国智能网联汽车产业创新联盟、中国智能

交通产业联盟等跨行业组织机构连续多年联合举办了“三跨”“四跨”“新四跨”等车联网 C-V2X 互联互通应用实践活动，将跨芯片模组、终端设备、整车厂商、平台、安全、高精地图及定位进行融合测试，已服务产业链上下游 300 余家企业，极大地推动了车联网产业的研发验证进程。

（三）鼓励先行先试，打造新基建和新模式

通过示范项目构建产业协作平台与生态集聚土壤。在车联网（智能网联汽车）产业发展不同阶段，各级政府合作打造智能网联汽车示范区、车联网先导区、智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展试点城市等先行先试发展环境，为汽车、交通运输、信息通信等跨产业链企业紧密协同提供了基础支撑，也为地方形成新的产业集聚提供了有力的发展条件。各地方探索提出“场景指导建设、建设服务运营”的总体原则，并逐步推动红绿灯状态提醒、城市公交出行等一批车联网典型应用从路口级、线路级向城市级、路网级扩大部署。各地方还根据车路协同、自动驾驶、智能交通等不同应用场景对于基础设施规模范围、技术能力的不同需求，发展形成了“优先广域覆盖、逐步热点增强”的部署思路，指导后续车联网基础设施建设与运营。

强化基础设施的共建共享。在车联网先导区、智能网联汽车示范区建设过程中，各地积极推动车联网设施设备与智慧交通、交管信息化系统的融合，显著提升了基础设施的集约化水平。北京经济技术开

发区依托已有的智慧灯杆，在其上加装 5G 基站模块、路侧感知设施，支持车路协同场景的同时也支持了其他智慧城市应用。广州海珠区琶洲区域采用集成 LTE-V2X 路侧单元和物联网网关的一体化路侧设备。上海结合智能交通基础设施建设进程，同步部署 LTE-V2X 路侧单元、全息道路感知系统等，优化了基础设施建设流程及成本控制。

二、车联网产业发展的实践成效

近年来，在有关部门和各方面的共同推动下，我国车联网产业在关键技术攻关、标准体系构建、基础设施部署、应用服务推广、安全保障体系建设等多个方面全面推进，取得了一系列显著成果。

（一）技术创新能力大幅提升，产业化进程全面加速

产业界在智能网联汽车产品、车联网无线通信技术、路侧系统与应用服务平台等领域取得突破，开展了一系列丰富的技术产业化实践，为车联网商业化应用奠定基础。

1. L2 和 L4 级别智能网联汽车重点发力

依托完备的汽车产业链及丰富的信息通信产业生态，我国智能网联汽车的智能化与网联化水平大幅提升，在智能座舱、自动驾驶等关键技术领域实现创新突破，促进了我国整车品牌的升级迭代。L2 级别自动驾驶技术成熟应用并进入市场普及期。2022 年 1-11 月份，我国具备 L2 级智能驾驶辅助功能的乘用车销量超 800 万辆，渗透率升

至 33.6%¹；我国加速推动自动紧急制动系统（AEB）、车道偏移预警系统（LDW）等辅助驾驶功能在营运客车、营运货车等商用车上的强制安装，年市场规模有望达到百万辆。国产车载计算芯片不断突破，地平线征程芯片累计出货超过 150 万片，与 20 余家车企的超过 70 款车型达成前装量产合作²。国产车载操作系统持续发展，上汽组建零束公司，发布了云管端一体化 SOA 软件平台和 RISING OS，并在飞凡 R7 车型前装；华为鸿蒙 OS 通过多终端协同打造人车互通的应用生态，与赛力斯、问界、极狐等车企合作，助力问界系列车型连续多月销量破万；国汽智控发布面向量产的“智能汽车基础脑” iVBB2.0 及智能汽车操作系统 ICVOS，并与宇通客车定制化合作智能驾驶操作系统。L4 级别自动驾驶技术不断突破并区域性示范。L4 级别自动驾驶示范落地加速推进，全国开放各级测试公路超过 7000 公里，实际道路测试里程超过 4000 万公里。5G、C-V2X 直连通信等车辆联网渗透率和量产车型数量显著增长。2022 年 1-11 月份我国乘用车前装标配车联网功能交付上险量为 1164.33 万辆，前装搭载率为 66.69%，其中前装标配 5G 车联网交付上险量为 32.75 万辆³。此外，C-V2X 直连通信功能前装量产也实现新突破，已有 20 余款量产车型搭载了 C-V2X 直连通信功能，其中还有部分车型实现全系标配，如红旗 E-HS9、高合 HiPhi X、蔚来 ET7 等。

¹ 来源：中国智能网联汽车产业创新联盟统计

² <https://www.horizon.ai/about.html>

³ 来源：高工智能汽车统计

2.LTE-V2X 快速产业化与商业化应用

产业链日渐成熟，形成了覆盖芯片模组、终端、整车、安全、测试验证、高精度定位及地图服务等环节的完整链条。宸芯科技、高通、华为、中信科智联、移远通信、中兴微电子、芯讯通、高新兴等企业提供商用级 LTE-V2X 直连通信芯片模组。中信科智联、华为、中兴通讯、东软、星云互联、万集科技等 60 余家企业陆续发布车载和路侧设备。一汽、上汽、广汽、北汽、长城、蔚来、华人运通、通用、福特、奥迪等 10 余家车企已在量产车型应用。测试验证环境不断完善，IMT-2020（5G）推进组 C-V2X 工作组联合相关行业组织先后举办了 C-V2X “三跨” “四跨” “新四跨” 及 “大规模测试” 等应用实践活动，为产业提供互联互通测试、应用示范和协同研发公共服务平台。中国信息通信研究院、中汽中心、中国汽研等第三方机构建立了通信协议一致性、通信性能、应用功能等专业化测试验证能力，推出检测认证服务。LTE-V2X 直连通信应用场景达成业界共识。前向碰撞预警、红绿灯信息提示等第一阶段应用场景已在车端商业化搭载，并与自适应巡航（ACC）等辅助驾驶应用实现融合，路侧感知数据共享等第二阶段应用加速研发。中国新车评价规程（C-NCAP）计划于 2025 年将 LTE-V2X 直连通信支持的相应功能纳入五星碰撞路线图。

3.基于 5G 的车联网应用全面提速

应用场景差异化布局。5G 与 C-V2X 直连通信协同发展，以互补

方式差异化服务车联网应用，探索“双重保障”方式的车联网应用。IMT-2020（5G）推进组 C-V2X 工作组等已展开基于 5G 的远程遥控驾驶、面向移动终端的车路协同应用等研究工作。5G 相关技术加速突破。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。针对有低时延、连续性等需求的安全驾驶类业务，探索网络侧和应用侧之间的协同机制来加快和优化应用跨域切换处理。针对有低时延、大带宽和高可靠性等需求的远程遥控驾驶业务，探索虚拟专网或者基于 5G 公网的专有网络切片来提升业务安全性，结合 QoS 监测等技术判断驾驶模式的切换。5G 支持的应用实践初具成效。电信运营商、汽车厂商、互联网企业等从不同角度布局 5G 车联网应用。中国移动在重庆、武汉等地和中国联通在京津冀、常州等地验证独立专网、切片、QoS、跨域互通等面向车联网应用的 5G 网络关键技术；中国电信天翼交通联合中智行在苏州推出了“轻车熟路”解决方案，通过 5G 专网支持将高级别全息智能道路信息传输至车端，支持 L4 级别自动驾驶。多车企陆续发布具备 5G 通信能力的智能网联汽车，例如广汽自主研发的 AION V 5G 版车型等，旨在增强车内影音娱乐功能和支持 AR/VR 在线视频等高带宽、低时延业务。腾讯、百度等企业竞相布局 5G 车联网，相继推出面向高级别自动驾驶的 5G 远程遥控驾驶应用以及面向智能出行的 APP 小程序、智能后视镜等软硬件产品。此外 5G 赋能港口等封闭半封闭场景开展网联自动驾驶应用，例如天津港依托 5G 网络大带宽、低时延、

广连接的特性，全方位高清监控港区内的生产业务，实现对岸桥、场桥等港机设备和无人集卡的远程遥控；宁波舟山港也积极打造智慧港口，升级改造的具备 5G 功能的集卡车辆已投入常态化运营。

4. 路侧感知与计算逐步形成产业生态

路侧感知系统是车联网感知-计算-通信能力体系的必要组成部分，其作为感知数据入口及初次处理载体，是车联网与传统移动通信管道属性的重要区别。路侧感知系统能力覆盖车路协同、智慧交通等多类应用场景。路侧感知系统基于其全面感知能力提供了面向辅助驾驶与自动驾驶的数据服务功能；并可依托其高性能及开放的计算能力根据需求实现多种定制化的应用功能，为车联网应用发展带来更多潜力。江苏无锡、天津西青等国家级车联网先导区已部署验证了车联网路侧系统的感知数据不仅可以用于支持典型车路协同应用场景，还可以服务于城市交通监测、交通管理等应用，并积极推进系统间数据交互与融合。路侧感知系统在市场驱动下向高集成度、高性能方向发展。一方面，针对路侧感知系统的大规模部署所带来的施工与运维成本，路侧感知系统在单点位上逐步呈现感知-计算一体化的发展趋势，通过将部分计算能力前移至传感器端，降低系统的部署成本并提升易用性。海康威视、慧尔视、象德等公司纷纷推出面向智慧交通的雷视一体机产品，支持直接输出感知融合后的结构化数据；另一方面，针对更加复杂且定制化的应用场景，路侧感知系统在不断追求更高的数据

融合和全息感知能力，提高对复杂世界中长尾场景的应对能力。重庆车检院通过在场地、隧道内部署高密度的路侧感知系统，依托融合拼接技术实现全域的感知覆盖；天安智联联合博世在无锡开展基于路侧辅助的车辆纵向控制应用探索。路侧感知系统测试评价体系逐渐形成共识。路侧感知系统测试评价体系不断完善，中国通信标准化协会立项研制《车路协同 路侧感知设备技术要求与评价方法》，全国智能运输系统标准化技术委员会立项研制《车路协同系统智能路侧一体化协同控制设备技术要求和测试方法》。与此同时，中国信息通信研究院联合路侧感知设备方案商、电信运营商、汽车厂商在武汉、成都等地进行实际道路的路侧感知系统测试验证活动，提出了针对路侧感知系统的系统化分级指标，建立并验证了系统级的测试方法，为路侧系统性能的量化评估提供依据，以进一步解决路侧消息采信、车端和路端数据融合等问题。

5. 车联网平台不断成熟并加速部署

车联网平台的技术与产品成熟度持续提升，核心业务逐步明晰，各地方加速落地建设。车联网平台架构统一化、基础功能规范化、接口标准化进程加速。“边缘-区域-中心”多级架构成为行业共识。其中边缘 MEC 平台构筑在边缘机房，通过蜂窝通信模式提供微观路口级实时服务；区域 MEC 平台部署在边缘 MEC 平台之上，提供用户管理、数据汇聚和业务调度等大区宏观交通服务；中心平台构筑于

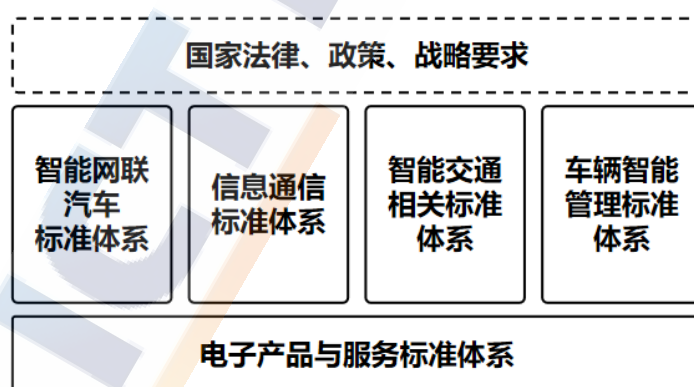
区域 MEC 平台之上,作为业务应用顶层,提供广域级宏观交通服务。平台基础功能要求清晰。多源数据融合与智能计算、基础数据共享、静态与动态事件信息提取分析等能力已成为各地车联网平台落地的先验条件。无锡、长沙、重庆、天津等城市相继落地部署较为完整的“基础技术底座”,为上层应用提供服务支撑。平台接口标准规范初步完整。针对平台接入终端类型多、可选通信协议多、传输数据类型多等特点,中国通信标准化协会、中国智能交通产业联盟等已制定面向平台各个方向互联互通需求的通信协议和数据接口规范,基本满足跨厂家设备接入适配和跨层级、跨行业平台间的信息交互。平台应用及产品多元化发展,业界加速系统级示范验证,各地方积极建设运营。电信运营商和设备商侧重于提供云平台相关的软硬件服务;阿里、百度、腾讯等互联网企业侧重于搭建开放的基础数据底座,并依托广泛的用户群体基础打造基于平台的智慧出行服务;国汽智联、天安智联、云控智行等布局探索建设面向高级别自动驾驶以及城市交通智能化管控的云控基础和应用服务平台。在验证与实践方面,电信运营商、汽车与交通行业企业在各地方积极建设 MEC 与 C-V2X 融合测试床,对多级平台融合系统架构、数据融合分析、标准化接口开放、应用可靠性等关键技术进行研究与验证;无锡、长沙、重庆、北京、武汉、苏州、柳州等城市的投资建设主体落地建设车联网平台,提供常态化的车联网业务运营与管理服务。

（二）标准体系初步建立，对产业引领效果显著

针对车联网跨行业属性，汽车、电子、信息通信、交通运输等跨行业联合出台了车联网标准体系建设指南，并通过签订合作协议等方式加强相互间协同；针对产业急需的 LTE-V2X 全协议栈标准、基础设施建设标准等进行重点布局，并将我国的车联网标准化优势延伸至国际，提升国际话语权。

1. 顶层车联网协同体系初步形成

工业和信息化部、交通运输部、公安部、国家标准化管理委员会等联合出台了《国家车联网产业标准体系建设指南》系列文件，涵盖总体要求与智能网联汽车、信息通信、电子产品和服务、车辆智能管理、智能交通相关部分。截止 2022 年 6 月，在建设指南的总体框架下，共计推进标准制定近 300 项⁴。标准体系框架如图 1 所示。



来源：《国家车联网产业标准体系建设指南（总体要求）》

图 1 国家车联网产业标准体系建设指南总体框架

⁴ 来源：中国信息通信研究院统计

2.LTE-V2X 全协议栈标准引领产业发展

全国汽车标准化技术委员会、全国智能运输系统标准化技术委员会、全国通信标准化技术委员会和全国道路交通管理标准化技术委员会签订《关于加强汽车、智能交通、通信和交通管理 C-V2X 标准合作的框架协议》，各标委协同推进 LTE-V2X 全协议栈标准制修订，保证各部分标准体系之间互补与相互支撑，完成了覆盖总体要求、接入层、网络层、消息层、应用功能等各个环节的技术标准规范制定，有效支撑了跨行业企业的协同研发与产业化，具体标准详见表 1。

表 1 我国车联网 LTE-V2X 全协议栈标准

标准分类	标准名称	标准等级	标准组织	状态
总体要求	基于 LTE 的车联网无线通信技术总体技术要求	行业标准	CCSA	已发布
接入层	基于 LTE 的车联网无线通信技术空中接口技术要求	行业标准	CCSA	已发布
	基于 LTE 的车联网无线通信技术支持直连通信的车载终端设备技术要求	行业标准	CCSA	已完成
	基于 LTE 的车联网无线通信技术支持直连通信的终端设备测试方法	行业标准	CCSA	已发布
	基于 LTE 的车联网无线通信技术支持直连通信的路侧设备技术要求	行业标准	CCSA	已完成
	基于 LTE 的车联网无线通信技术支持直连通信的路侧设备测试方法	行业标准	CCSA	已发布
	网络层	基于 LTE 的车联网无线通信技术网络层技术要求	行业标准	CCSA
基于 LTE 的车联网无线通信技术网络层测试方法		行业标准	CCSA	已发布
基于 ISO 智能交通系统框架的 LTE-V2X 技术规范		团体标准	C-ITS	已发布
消息层	基于 LTE 的车联网无线通信技术消息层技术要求	行业标准	CCSA	已发布

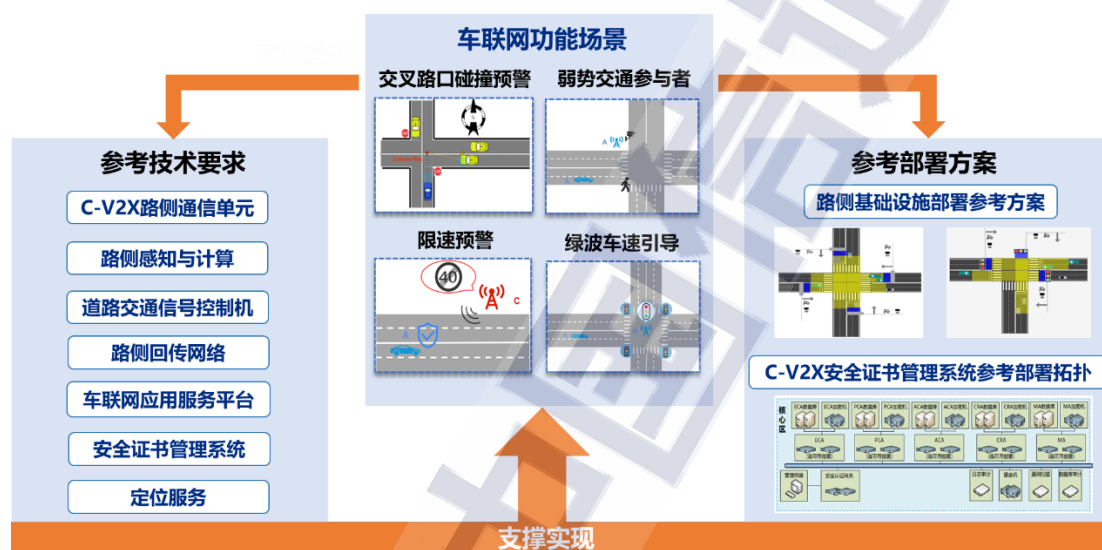
	基于 LTE 的车联网无线通信技术消息层测试方法	行业标准	CCSA	已发布
	合作式智能运输系统 车用通信系统 应用层及应用数据交互标准（第一阶段）	团体标准	C-SAE 和 C-ITS	已发布
	合作式智能运输系统 车用通信系统 应用层及应用数据交互标准（第二阶段）	团体标准	C-SAE 和 C-ITS	已发布
	增强的 V2X 业务应用层交互数据要求	行业标准	CCSA	已发布
	基于车路协同的高等级自动驾驶数据交互内容	团体标准	C-SAE 和 C-ITS	已发布
	C-V2X 规模化测试系统及接口技术要求	行业标准	CCSA	制定中
安全	基于 LTE 的车联网通信 安全技术要求	行业标准	CCSA	已发布
	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	行业标准	CCSA	已发布
	车辆 C-V2X 异常行为管理技术要求	行业标准	CCSA	制定中
	基于 LTE 的车联网无线通信技术安全认证测试方法	行业标准	CCSA	制定中
	C-V2X 车联网系统 认证授权系统技术要求	行业标准	CCSA	制定中
系统要求	基于 LTE-V2X 直连通信的车载信息交互系统技术要求	国家标准	汽标委	制定中
	基于 LTE 的车联网无线通信技术直接通信路侧系统单元技术要求及试验方法	团体标准	C-SAE 和 C-ITS	已发布
标识	基于 LTE 的车联网无线通信技术应用标识分配及映射	行业标准	CCSA	报批稿
功能	智能网联汽车 基于网联技术的信息辅助系统技术要求及试验方法	国家标准	汽标委	预研中

来源：《中德车联网（智能网联汽车）C-V2X 量产应用研究报告》

3. 标准规范在基础设施建设中发挥重要支撑作用

在国内方面，中国信息通信研究院联合 30 余家集成商、供应商、

服务商及运营主体共同编制了《车联网基础设施参考技术指南 1.0》，如图 2 所示。指南对车联网基础设施建设当中所需的信息通信、交通、汽车、交通管理等跨行业核心标准进行了综合索引，并从功能、性能、接口、安全等多方面补充了参考指标以兼顾新需求演进，以标准化规范各地车联网基础设施建设，保障设备互联互通和服务能力互等。



来源：IMT-2020（5G）推进组 C-V2X 工作组

图 2 车联网基础设施参考技术指南

同时，为促进智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展试点城市建设标准统一，中国电动汽车百人会牵头组织智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展标准体系研究，结合北京、上海等第一批和第二批试点城市经验，推动相关技术标准制修订工作，通过标准赋能双智产业健康可持续发展。

在国际方面，以无线通信为抓手，牵引“车-路-云”逐步突破，中国方案逐步影响国际标准制定。通过深度参与 3GPP 国际标准组织，

持续提升我国车联网标准在国际领域的话语权，推动 C-V2X 网络层协议纳入 3GPP 国际规范。同时，在 ITU-T、ISO、ETSI 等组织贡献中国方案，在 ITU-T SG20 中立项路侧融合感知系统相关标准，在 ISO TC22 发布由我国牵头的首个自动驾驶测试场景国际标准，在 ISO TC204 将 C-V2X 纳入智能交通系统的无线接入技术，在 ETSI 中完善 C-V2X 技术路线标准布局并深度参与 MEC 标准研讨，加快推进中国方案车联网的国际化标准布局。

（三）基础设施建设提速，典型区域规模部署

面向智能网联汽车测试、车路协同安全预警、网联自动驾驶等不同应用场景，实现在一定区域范围内多元化基础设施的规模化部署，为车联网产品和应用的成熟提供了基础支撑环境。

1. 车联网新型基础设施建设呈现多元化特征

车联网新型基础设施呈现种类多、规模大的特点。依托现有 4G/5G、光纤固网等公众电信网络，形成了全程全网、公专互补、固移结合的通信网络基础设施，支撑部分信息娱乐、数字连接等车联网服务规模化落地。车联网新型基础设施伴随应用场景需求变化和商用推广节奏不断演进。围绕演进的车路协同、网联自动驾驶等车联网新服务，C-V2X 直连通信网络以及路侧感知、边缘计算等智能化新型基础设施建设规模不断扩大。多元化基础设施部署促进“要素全面连接、信息高效处理、状态全面感知”，形成车联网产业发展的基础底座。

2. “条块结合”车联网先导区建设取得积极进展

“条块结合”先导建设，以 C-V2X 为代表的车联网新型基础设施部署规模显著提升。截至 2022 年 6 月，我国已部署路侧通信基础设施超过 6200 台⁵。其中，在“条”方面，车联网“1 号高速公路”项目在 G2 京沪高速北京段、山东段、江苏段等重点路段开展建设工作，已经部署超 240 台路侧通信基础设施；延崇高速、成宜高速、石渝高速等合计部署超 1400 台。形成了具备我国高速公路交通特征的隧道、匝道口等高速公路典型场景建设方案。在“块”方面，江苏（无锡）、天津（西青）、重庆（两江新区）、湖南（长沙）等 4 个国家级车联网先导区合计部署了超过 1300 台路侧通信基础设施；北京、武汉、德清等十余个城市也积极布局车联网基础设施建设，合计部署了超过 3100 台路侧通信基础设施，共同构建了城市场景基础设施环境，形成了结合我国交通特点的十字路口、丁字路口、环岛路段的建设方案。与此同时，工业和信息化部与住房和城乡建设部还确定了 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，促进智能网联汽车产业的发展与智慧城市发展高度协同，探索汽车产业转型和城市建设转型的新路径。

3. 封闭测试场、示范区的智能网联服务能力日益成熟

高级别自动驾驶、辅助驾驶、车路协同等功能逐步上车，催生了

⁵ 来源：中国信息通信研究院统计

封闭场地中的各类功能测试需求，带动智能网联封闭测试场建设。据不完全统计，全国有超过 50 个封闭测试场（已建成和待建设），其中有 30 多个具备智能网联汽车测试能力，由工业和信息化部、交通运输部、公安部单独或联合支持的智能网联汽车测试示范区（自动驾驶测试场）达到 17 个。测试场的角色也逐步从提供场地转变到综合测试服务，智能网联测试场聚焦于自动驾驶研发和准入、先进辅助驾驶功能、网联通信、虚实结合仿真测试、特殊环境测试等新型测试服务。测试场支持的测试场景不断丰富，雨雾模拟、隧道模拟、城市街景（城市峡谷）模拟、林荫路、室内外停车场景、高速收费站、公交站台等场景逐步成为新建测试场的配置，如上海临港测试场建设了全国最长的雨雾模拟测试道，能在 500 米的范围内模拟各种等级的降雨情况；长沙测试场建设了全尺寸的高速模拟收费站，能测试各类收费场景。测试设备不断完善，C-V2X 路侧通信感知设备、仿真目标物和移动底座、测试云控平台、车载数采终端等逐渐成为标配，中汽中心、中国汽研等企业也推出了相关的测试工具和终端。同时，测试场运营主体逐步多元化，兼顾公开测试道路管理运营、产品开发、标准研发等多种职能，成为地区智能网联汽车重要的创新基地。

（四）各类应用探索百花齐放，赋能效应持续增强

车联网由提供多元化信息服务以及驾驶安全与效率提升等预警类应用，逐步向支持实现自动驾驶的协同控制类应用演进，并衍生出

交通治理等基于车联网大数据的新型应用。

1. 车联网典型应用场景持续丰富

基于 5G、C-V2X 直连通信不同特性，我国先后从标准层面定义了适配通信技术演进的各阶段车联网应用，包括一阶段支持安全、效率、信息服务三大类 17 个典型应用，二阶段面向协同控制的 12 个应用，以及面向车路协同高等级自动驾驶的 8 个应用，产业界也开展了多种模式的应用实践。车联网 C-V2X 典型应用场景如图 3 所示。

序号	类别	通信模式	应用场景名称	
1	安全	V2V	前向碰撞预警	
2		V2V/V2I	交叉路口碰撞预警	
3		V2V/V2I	左转辅助	
4		V2V	盲区预警/变道预警	
5		V2V	逆向超车预警	
6		V2V-Event	紧急制动预警	
7		V2V-Event	异常车辆提醒	
8		V2V-Event	车辆失控预警	
9		V2I	道路危险状况提示	
10		V2I	限速预警	
11		V2I	闯红灯预警	
12		V2P/V2I	弱势交通参与者碰撞预警	
13		效率	V2I	绿波车速引导
14			V2I	车内标牌
15			V2I	前方拥堵提醒
16			V2V	紧急车辆提醒
17		信息服务	V2I	汽车近场支付

序号	类别	通信模式	应用场景名称
1	安全	V2V/V2I	感知数据共享
2	安全	V2V/V2I	协作式变道
3	安全/效率	V2I	协作式车辆汇入
4	安全/效率	V2I	协作式交叉口通行
5	信息服务	V2I	差分数据服务
6	效率/交通管理	V2I	动态车道管理
7	效率	V2I	协作式优先车辆通行
8	信息服务	V2I	场站路径引导服务
9	交通管理	V2I	浮动车数据采集
10	安全	P2X	弱势交通参与者安全通行
11	高级智能驾驶	V2V	协作式车辆编队管理
12	效率/信息服务	V2I	道路收费服务

序号	典型应用	通信模式
1	协同式感知	V2V/V2I
2	基于路侧协同的无信号交叉路口通行	V2I
3	基于路侧协同的自动驾驶车辆“脱困”	V2I
4	高精度地图版本对齐及动态更新	V2I
5	自主泊车	V2I
6	基于路侧感知的“僵尸车”识别	V2I
7	基于路侧感知的交通状况识别	V2I
8	基于协同式感知的异常驾驶行为识别	V2V/V2I

来源：YD/T 3709-2020，T/CSAE 53-2020，T/CSAE 157-2020，T/CSAE 158-2020

图 3 车联网 C-V2X 典型应用场景

2. 各类型应用探索实践不断推进

信息服务和效率类应用快速推广。长沙、无锡、襄阳、广州等地部署面向城市道路的红绿灯状态提醒、绿波通行等应用规模化服务。福特（中国）、奥迪（中国）等发布支持红绿灯信息推送、绿灯起步提醒等应用的量产车型。**辅助驾驶类应用不断渗透。**广汽 AION V 将 C-V2X 直连通信数据与车载摄像头、雷达进行了感知融合，打造交叉路口碰撞预警、逆向超车预警、异常车辆提醒等依托单车智能无法支

持的应用功能。上汽通用别克 GL8 具备基于 V2V 的紧急制动预警、异常车辆提醒、车辆失控预警、交叉路口碰撞预警等功能服务。奥迪（中国）在无锡先导区推动协作型自适应巡航控制、基于信号灯信息的车速控制等融合应用的验证与推广。自动驾驶类应用加速前沿试验。北京、上海、重庆、武汉等地开展 Robotaxi 常态化试运营；苏州 Q1 路无人公交线路已与苏州北站高铁新城智能网联路侧设施常态化协同运营；美团、阿里、京东、新石器在北京、苏州、柳州等地打造基于网联技术的无人物流、无人配送应用，车队规模、配送单数不断增长；慧拓科技、主线科技等企业在矿山、港口等特定区域推广高等级自动驾驶应用。交通治理类应用不断衍生。各地面向城市道路打造交通大数据宏观分析的交通治理、交通运行优化类服务，长沙、厦门、杭州等地实现特殊车辆优先通行、精准公交和数字孪生管理等应用。高速公路公司构建面向运营的动态联动调控类应用，如重庆石渝高速、粤港澳大湾区建设动态感知环境，实现车道级精准管控、区域级网联云控等，提升整体交通流量效率。

（五）安全保障体系初步建设，坚持安全与发展并重

通过完善管理体系和制度、组织先行先试、构建标准体系、推进技术产品研发、开展安全测评等方式，产业各方全方面加强车联网安全保障。

1. 安全管理体系初步形成，安全管理制度逐步完善

当前，我国面向车联网网络安全、数据安全、个人信息保护的管理要求不断明晰和完善，在《网络安全法》《数据安全法》《个人信息保护法》等顶层法律框架下，工业和信息化部、国家互联网信息办公室、公安部等相继发布车联网（智能网联汽车）管理规定，明确提出对汽车、网络、平台、数据等安全保护要求，同时要求各相关企业落实安全主体责任，建立网络安全和数据安全管理制度，明确负责人和管理机构，强化企业内部监督管理。部分管理规定逐步实施，为车联网网络安全和数据安全管理奠定了重要基础。2021 年，《汽车数据若干管理规定（试行）》开始实施，汽车数据处理者开展年度汽车重要数据安全报送工作，包括处理汽车数据的种类、规模、目的和必要性、向境内第三方提供数据情况等。2022 年，工业和信息化部面向车联网网络设施、车联网服务平台开展了车联网网络安全防护定级备案工作；《数据出境安全评估办法》开始实施，数据处理者通过所在地省级网信部门向国家网信部门申报数据出境安全评估，评估内容包括数据出境的目的、范围、方式等，上海、山东、福建等地已开通数据出境申报通道。同时，以试点形式引导车联网安全健康发展，完善和优化相关管理制度流程，提升车联网整体安全水平。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。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，已接入 30 余个安全信任根，覆盖

10 余个车联网先导区和智能网联汽车示范区，有效支撑实现 C-V2X 跨地区、跨企业互信互认。2022 年，工业和信息化部会同公安部发布《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知（征求意见稿）》，将遴选符合条件的汽车生产企业和具备量产条件的搭载自动驾驶功能的智能网联汽车产品开展准入试点，对汽车生产企业和汽车产品的网络安全、数据安全、软件升级、安全平台提出了准入条件。**相关企业积极落实法律法规要求，逐步建立网络安全和数据安全管理制度，完善车联网网络和数据安全的安全监测预警、事件通报、应急响应流程，形成覆盖全生命周期的车联网安全管理保障方案。**

2.安全标准体系初步建立，促进提升车联网产品安全

工业和信息化部发布《车联网网络安全和数据安全标准体系建设指南》，包括总体与基础共性、终端与设施网络安全、网联通信安全、数据安全、应用服务安全、安全保障与支撑等 6 个部分，提出到 2023 年底，初步构建起车联网网络安全和数据安全标准体系；到 2025 年，形成较为完善的车联网网络安全和数据安全标准体系。**全国汽车标准化技术委员会开展制定整车信息安全、数据安全、软件升级、应急响应管理、车载信息系统和关键部件等安全标准，有助于规范智能网联汽车产品信息安全和构建完善的企业信息安全管理体系。全国信息安全标准化技术委员会开展制定汽车数据处理、个人信息规范、去标识化、网络数据分类分级、重要数据识别等标准，为车联网数据处理、**

个人信息保护等提供了具有实践指导意义的参考。中国通信标准化协会开展制定车联网网络安全、数据安全、身份认证、密码应用等标准，为车联网平台防护、安全监测、风险评估、C-V2X 证书管理系统建设等提供了参考依据。

3.安全技术成果初步显现，基本满足现阶段防护需求

华大电子、芯钛、信大捷安、紫光国微等企业生产的安全芯片已广泛应用于车联网领域，提供数据的安全处理、计算、存储等功能，并支持商用密码算法。国汽智联、数字认证、格尔软件、吉大正元、晟安信息、信大捷安、信长城等企业的身份认证系统已广泛应用于车企、车联网先导区和示范区，提供身份认证服务。东软集团、奇虎 360、为辰信安等车端入侵检测与防御系统，能提供汽车网络的异常检测、攻击防护和事件上报功能。奇安信、天融信、为辰信安、中汽数据、国汽智联等提供车辆安全运营中心解决方案，构建网络安全态势感知平台，实现安全态势感知、漏洞管理、风险评估、威胁情报、应急响应等全流程安全管理。此外，汽车数字钥匙、车载总线安全、固件安全管理等产品和解决方案已经得到量产应用。

4.安全测评常态化开展，提升企业产品安全防护水平

中国软件评测中心连续三年开展了“智能网联汽车渗透测试实践活动”，基于相关标准及渗透指标体系开展了智能网联汽车信息安全渗透测试工作。国家智能网联汽车创新中心连续两年主办了“CICV

智能网联汽车漏洞挖掘赛”，对“实车、实件”开展极速漏洞挖掘，破解车联网网络安全难题。国家工业信息安全发展研究中心发起车联网服务平台安全能力测试评价活动，重点围绕车联网服务平台的基础安全和防护能力、数据安全保护能力、安全运维及处置保障能力等开展综合性测试评价。中汽数据有限公司和中国信息通信研究院联合举办了“车联网 C-V2X 安全验证活动”，在天津（西青）国家级车联网先导区开放道路设置随机化安全验证场景，对车联网 C-V2X 身份认证、安全通信机制、异常消息识别能力等进行综合验证评估。

三、车联网产业发展的挑战与建议

在经历了以信息通信行业依托 5G、C-V2X 直连通信、人工智能等新技术创新推动车联网测试验证与应用示范的发展阶段，车联网产业已经步入以汽车、交通运输行业实际应用需求和市场发展趋势为牵引的车联网小规模部署与先导性应用实践的新阶段，但是仍然面临跨行业深度融合、跨区域基础设施部署、规模化应用价值挖掘、安全保障体系完善等方面的挑战。在车联网产业进入发展快车道的关键时期，我国应坚持以智能化与网联化协同发展为主线，推动跨行业深度融合创新，推进跨区域基础设施协同建设，以多维度、高价值应用的规模化部署为牵引，积极抢筑车联网产业高质量发展下半程新优势。

（一）跨行业深度融合创新

在车联网产业发展专委会的统筹协调下，我国车联网产业跨行业

融合不断推进，但仍存在汽车、信息通信、交通运输等行业在技术路线选择、基础设施部署、应用服务推广等方面协调难度大的问题。在技术路线选择方面，由于无线通信技术演进的节奏明显快于垂直行业的部署周期，例如 NR-V2X 与 LTE-V2X 两代技术的时间间隔仅为 5 年，而汽车行业新技术研发周期至少 3-5 年，交通运输、住建等传统行业新技术试验与应用周期甚至更长，汽车、交通运输行业纷纷表达各自行业产品或系统跟不上信息通信行业技术演进迭代周期的担忧。在基础设施部署方面，汽车、交通运输、通信行业推进力度不一，出现“车等路，路等车”的困局。汽车行业寄希望于通过路侧交通基础设施和信息通信网络基础设施的先行建设来适度解决车端渗透率不足的问题；而交通运输行业认为在车辆联网渗透率较低的情况，难以维持基础设施的建设和维护，最终造成了车端和基础设施双方僵持的困局。在应用服务推广方面，汽车行业重点关注红绿灯信息提示、交叉路口防碰撞预警等安全、效率类应用和车路协同高等级自动驾驶应用，而交通行业重点关注城市或高速公路下的交通数字化治理，二者的设计思路和建设方案存在差异，导致各地现有的基础设施建设方案难以形成模版向外复制输出，并且容易顾此失彼，反而导致两个方向的应用效果均不明显。

面对上述挑战，应积极从政府、行业、企业多层次加强跨行业协同，切实践行新一代信息通信技术与汽车、交通运输等行业的深度融合创新发展。加强跨行业主管部门之间协同，进一步发挥国家制造强

国领导小组车联网产业发展专项委员会的统筹协调作用，制定出台跨行业主管部门协同统一的产业发展政策，引导产业明确技术路线选择、阶段性应用推广目标与计划，支持跨行业基础设施协同部署和业务平台开放互通。加强跨行业组织机构之间协同，在《国家车联网产业标准体系建设指南》系列文件指导下，跨行业标准化组织共同研讨推进网联通信、感知计算、安全等共性基础标准制定，并加强在应用服务等交叉融合标准协同；跨行业联盟组织机构持续联合开展互联互通、规模化测试验证与应用实践活动，促进车联网产业链上下游的产业化研发和应用推广。鼓励跨行业企业之间协同研发，在车路云一体化融合体系架构下，深化“车-路-云-网-图-安全”交叉融合技术研发与验证，力争在操作系统与中间件、低时延高可靠无线通信、多层次多平台计算、地理信息保密处理、网络安全与功能安全等协同领域实现新突破。

（二）跨区域基础设施协同建设

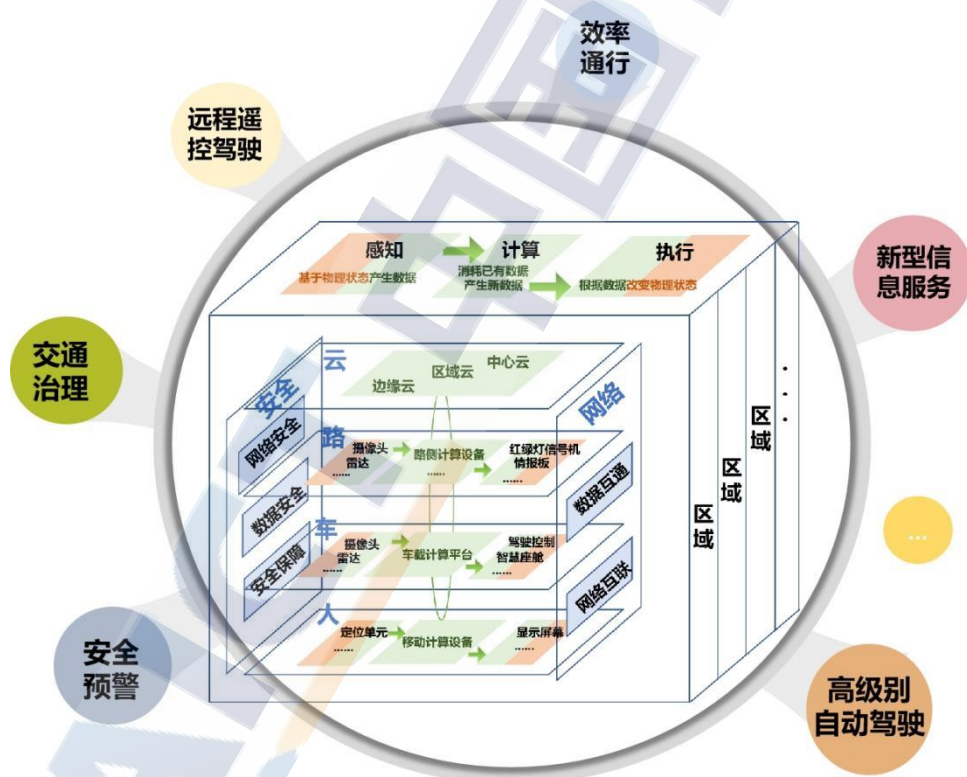
依托各地车联网先导区、智能网联汽车示范区、智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展试点城市、智慧高速等探索，车联网新型基础设施建设已具备一定基础。但是车联网规模应用推广需要构建“车-路-云”协同的车联网基础设施体系架构以及全要素互联的网络连接，以便为用户提供连续稳定的车联网服务，保证用户体验一致性。然而当前各地车联网基础设施多数由各个城市（区县）的车联网投资

主体以及高速公路公司等多元化主体负责建设运营，这种离散化的建设运营模式存在**跨区域业务的连续性难以保障、不同系统业务数据互通难度高等问题**。在各地车联网基础设施建设过程中，不同区域的业务类型、业务流程、服务质量有所不同，导致**业务连续性难以保障**。例如在实现基于红绿灯信息的绿波通行引导、闯红灯预警等应用时，部分地区在路口通过信号灯学习机获取红绿灯信息后直接发送到RSU，部分地区通过交警平台获取红绿灯信息再发送到RSU，这两种方案下红绿灯信息准确性、时延等均有所不同，跨地域的业务一致性难以保障。同时，由于缺乏统一的语义体系，难以面向多源数据提供完备、统一的数据对象表达、描述和操作模型，**不同系统间数据互相“理解”的难度高**。例如不同地区车联网应用服务平台对于交通事件的定义、交通事件存储数据内容及数据类型要求均有不同，平台之间的信息交互与理解较为困难，车辆在不同区域行驶时接收到的信息也有所不同，“车-路-云”协同感知、协同计算、协同决策的信息流在面对区域切换时，将面临大量的协议对接和数据转换工作，以及数据不一致的挑战，增加了信息高效融合与使用的难度。

面对上述挑战，需要在现有各地车联网基础设施先行先试的基础上，进一步提炼总结形成标准化建设部署方案，强化跨区域基础设施互联互通和服务能力互等，形成逻辑“一张网”的统一建设运营。构建“物理分立、逻辑协同”的“人-车-路-云”车联网体系架构，满足车联网数据在不同参与主体、跨区域之间的流转处理，助力各地区构

建标准化、互联互通的基础设施环境。落实标准化建设方案，在业务服务区域内部署完整的、标准化的、功能一致的车联网系统，保障业务服务的完整性；各业务服务区域使用统一的通信协议、数据接口和业务模板，保障跨区域的互联互通、业务协同和安全统一管理，从而提升用户体验，推进产业规模化发展。建设与运营相结合。深化产融合作，充分发挥地方财政资金的引导作用，通过产业布局、引进孵化企业等措施引导各类社会资本参与车联网建设运营与应用。

（三）深度挖掘应用场景的多维度价值空间



来源：中国信息通信研究院

图 4 车联网应用场景支撑体系视图

车联网仍处于新应用新服务培育期，产业普遍认为车联网可支持

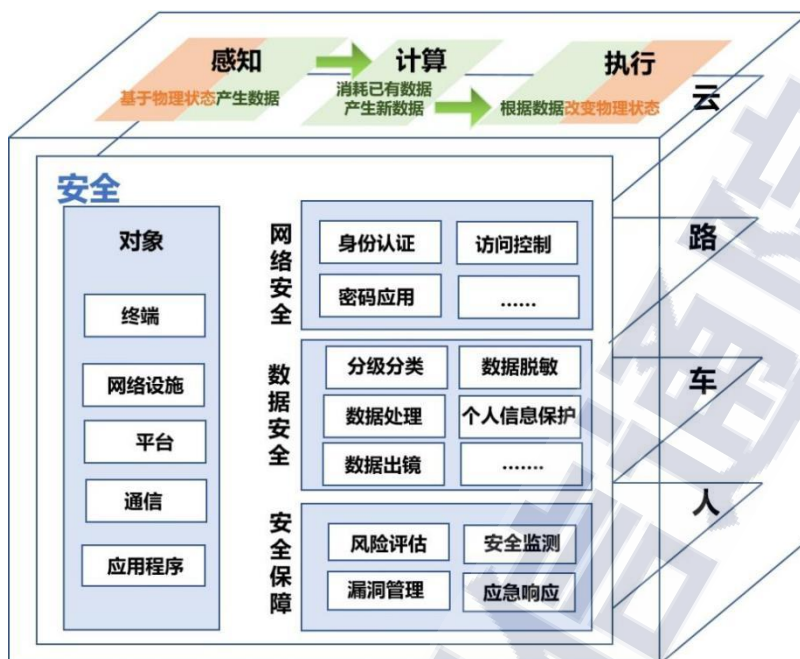
智能网联汽车实现驾驶安全、通行效率类应用，赋能公共交通服务和交通数字化治理（如图 4 所示），但仍面临应用场景规模效应不强、场景价值尚未形成闭环、数据价值有待进一步挖掘等挑战，尚无法满足产业各方对车联网规模化应用效应的期待。当前车联网终端渗透率低，同时各地车联网基础设施建设和应用场景部署多以吸引产业落地的项目制来推动，相关参与主体缺乏业务运营经验和应用推广能力，且各地之间也都面临应用场景分散、平台和数据不互通的问题，难以形成规模化应用效应。再者，当前车联网重点发展的安全与效率类应用场景，自身经济效益属性必然低于传统信息娱乐应用场景，产业各方也仍在讨论红绿灯等信息是否应该面向终端用户进行收费等问题；同时由于尚未形成“杀手级”的应用效果，尚无法满足人民群众对于全新出行服务方式的期待，个人用户付费意愿不强，这就势必会造成此类应用的商业价值链会更长，场景价值尚难以形成闭环。此外，当前场景推动以信息通信技术赋能的外在驱动为主，对汽车、交通等垂直行业数字化、智能化转型升级需求的内生动力和核心痛点挖掘不够充分，出现面对网联自动驾驶、交通通行效率提升等不同场景采用相同的数据采集与处理方式，或平台上已有的数据不知道“给谁用，怎么用”等问题，车联网数据的价值仍需进一步挖掘。

面对上述挑战，在典型应用场景总结提炼基础上，加强车联网渗透率提升，强化基础数据在车联网产业链、融合生态体系当中的重要价值，探索形成车联网产业的可持续发展模式。提升车联网终端渗透

率。一方面积极推动汽车前装车联网终端设备，提升车载渗透率；另一方面积极推广后装设备、移动终端应用程序等多渠道，逐步培养用户使用习惯，为规模应用推广打好基础。**拓展多场景价值空间。**从安全效率出行、提升生产运行效率、提升交通数字化智能化治理能力等不同方面，强化车联网场景面向不同用户群体的服务能力，支持汽车由单一产品向服务载体转变，构建“人-车-路-云”协同的智能交通新治理体系，从商业、产业、社会多视角挖掘车联网价值空间。**构建车联网数据空间基础底座。**建立覆盖“车-路-云-网-图”多环节的全量数据，构建数据流转过程中的信任关系，探索汽车与交通、城市等领域的融合应用，培育数字经济新服务，充分发挥数据作为生产要素的作用和价值。

（四）构筑全方面安全保障体系

随着车联网业务的快速发展，车辆、网络、平台、应用程序以及产生的网络及业务数据数量、体量越来越大，安全问题日益突出，安全防护的需求将越来越高。而现阶段不同企业的安全保障水平参差不齐，亟需构建以安全技术为核心，以安全制度为支撑的、完善的安全防护体系（如图 5 所示），以保证车联网产业安全健康发展。



来源：中国信息通信研究院

图 5 车联网安全防护体系功能架构视图

车联网安全防护要求日益增高。当前，车联网新产品、新业务不断涌现，软件代码规模急剧增加，漏洞也呈现指数级增长。未来针对车联网的渗透分析会越来越深入，攻击工具会越来越多，攻击方式会越来越成熟，将对车联网整体安全防护带来持续挑战。而现阶段车联网产业链整体安全防御能力仍处于提升阶段，关键部件、安全协议、服务平台存在一定安全漏洞，运维缺失一定的安全策略。同时，不同企业的安全保障水平参差不齐，在落实相关管理规定要求过程中，存在企业对管理规定理解不到位、缺乏实施细则和标准指引。企业的车联网网络安全监测预警、风险评估和应急处置等管理水平仍处于早期能力建设阶段，尚未经历安全事件的考验和历练，存在实施不到位的情况。对车联网数据分类分级存在理解不清、规则不一致的情况，数

据采集、传输、存储、使用等全生命周期阶段安全防护水平仍有待进一步提升。

车联网安全是产业健康发展的关键，需要政府、行业企业各方积极构建以安全监管为支撑、以安全技术为核心的全方位安全防护体系，实现跨部门、跨行业、跨地域的整体防控和联防联控。**完善安全监管制度与能力。**从生产准入、网络安全防护、数据安全保护等多个管理视角，研究加强车联网网络安全与数据安全监管。加快网络安全与功能安全融合发展体系建设，细化管理规定的实施细则和标准指引，规范车联网数据分类分级，推动核心产业环节的安全可控。持续完善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，优化安全监管手段。**提升企业安全保障能力。**产业链各相关企业共同加强车联网关键设备、网络系统、服务平台、应用程序等安全防护能力建设，提升企业的车联网安全监测预警、风险评估和应急处置能力。

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

