



中国通信学会
CHINA INSTITUTE
OF COMMUNICATIONS

车联网技术、标准与产业 发展态势前沿报告

(2018年)

中国通信学会
2018年12月

版权声明

本前沿报告版权属于中国通信学会，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国通信学会”。违反上述声明者，本学会将追究其相关法律责任。

专家组和撰写组名单

顾问(以姓氏笔划为序)：

邬贺铨院士 郑南宁院士

专家组：

组长：

陈山枝 中国信息通信科技集团有限公司副总经理
无线移动通信国家重点实验室主任

成员(以姓氏笔划为序)：

姓名	单位	职务
王云鹏	北京航空航天大学	副校长
王志勤	中国信息通信研究院	副院长
朱西产	同济大学	教授
李国强	清华大学	教授
李震宇	百度公司	副总裁
陈卫强	厦门金龙联合汽车工业有限公司	技术总监
章文嵩	滴滴出行科技有限公司	高级副总裁
谢 飞	中国汽车工程研究院	副院长
蔡速平	北京汽车集团公司	副总经理

撰写组(按单位排名)

中国信息通信科技集团有限公司	陈山枝 胡金玲 任世岩 李文 胡延明 张英
中国信息通信研究院	葛雨明
北京邮电大学	时岩 王莉
北京航空航天大学	田大新
清华大学	李乔
上海交通大学	杨博
北京大学	程翔
北京交通大学	何睿斯
西南交通大学	刘刚
厦门大学	高志斌
东南大学	谭华春
北京汽车集团公司	孔凡忠
东风汽车集团公司	吴怀玉
厦门金龙联合汽车工业有限公司	柯志达
中国汽车工程研究院	陈涛
中国汽车技术研究中心	秦孔建
中国智能网联汽车产业创新联盟	公维洁
华为技术有限公司	高永强
百度公司	陶吉 胡星
腾讯计算机系统有限公司	俞一帆
滴滴出行科技有限公司	武晓宇
联通智网科技有限公司	赵荐雄 程军峰 周光涛 刘琪
中国电信集团公司	陈荆花
中国移动通信有限公司研究院	刘玮 李凤 黄静

前 言

车联网作为 5G 和汽车领域最具潜力的应用，已成为我国战略性新兴产业的重要发展方向，是目前跨领域、综合性的研究热点。

美、欧、亚各国家和地区政府高度重视车联网产业发展，均将车联网产业作为战略制高点，通过制定国家政策或通过立法推动产业发展。

目前我国已将车联网产业上升到国家战略高度，产业政策持续利好。车联网技术标准体系已经从国家标准层面完成顶层设计。我国车联网产业化进程逐步加快，围绕 LTE-V2X 形成包括通信芯片、通信模组、终端设备、整车制造、运营服务、测试认证、高精度定位及地图服务等较为完整的产业链生态。为推动 C-V2X 产业尽快落地，包括工业和信息化部、交通部、公安部等积极与地方政府合作，初步形成了“5+2”的车联网示范区格局，为后续大规模产业化及商业化奠定了基础。

根据中国通信学会组织各专业委员会开展前沿报告的工作安排，通信设备制造技术委员会组织车联网产学研各领域专家，撰写了《车联网技术、标准与产业发展态势》前沿报告。

本报告分析了全球发展态势和我国发展现状，对车联网技术与产业发展态势和技术预见进行了预测，探讨了车联网工程建设中的重大难题，提出了技术和产业政策建议。报告内容涉及面广，可作为高校、研究机构以及汽车、交通、通信、互联网、集成电路等行业的技术产业发展参考，也可作为政府部门制定政策的参考。

中国通信学会通信设备制造技术委员会

主任委员：



2018 年 12 月

目 录

一、车联网研究概述	1
二、全球发展态势	3
(一) 全球发展态势综述.....	3
(二) 各国政府积极推动，政策规划利好.....	3
(三) 技术标准逐渐成熟，频谱规划明确.....	5
(四) 验证示范同步推进，产业进程加速.....	10
(五) 各方企业纷纷加入，产业链渐完善.....	12
(六) 小结.....	14
三、我国发展现状	15
(一) 我国发展现状综述.....	15
(二) 政策及发展规划.....	15
(三) 标准与技术进展.....	16
(四) 产业发展现状.....	22
(五) 小结.....	29
四、技术与产业发展态势及技术预见	29
(一) 技术发展态势.....	29
(二) 产业发展态势.....	32
(三) 技术预见.....	35
五、工程难题	40
(一) 车联网路侧网络建设运行维护工程难题.....	40
(二) 车联网车内网络工程难题.....	42
(三) 车联网安全工程难题.....	43
六、政策建议	44
(一) 技术政策建议.....	44
(二) 产业政策建议.....	46
参考文献	48

一、车联网研究概述

1885 年，德国工程师卡尔·奔驰制造成一辆装有 0.85 马力汽油机的三轮车，世界上第一辆汽车诞生。1908 年，福特汽车公司生产出世界上第一辆属于普通百姓的汽车—T 型车，汽车工业革命就此开始。1913 年，福特汽车公司开发出世界上第一条流水线，“为世界装上了轮子”。汽车的发明和广泛应用，极大的提高了人类的生产力和生活质量。

汽车在给大家带来舒适和方便的同时，随着其数量的快速增长，道路安全、城市拥堵等问题日趋严重。政府管理部门、交通行业、汽车行业一直在探索和实践解决之道。以信息通信技术、人工智能等全新技术为主的第三次、第四次工业革命，为汽车的智能化发展带来了强大推力，车联网技术应运而生。美、欧、亚各国家和地区政府高度重视车联网产业发展，均将车联网产业作为战略制高点，通过制定国家政策或通过立法推动产业发展。车联网行业进入发展快车道。

车联网（V2X）是实现车辆与周围的车、人、交通基础设施和网络等全方位连接和通信的新一代信息通信技术。车联网通信包括车与车之间（V2V）、车与路之间（V2I）、车与人之间（V2P）、车与网络之间（V2N）等，具有低时延、高可靠等特殊严苛的通信要求。通过 V2X 将“人、车、路、云”等交通参与要素有机地联系在一起，一方面能够获取更为丰富的感知信息，促进自动驾驶技术发展；另一方面通过构建智慧交通系统，提升交通效率、提高驾驶安全、降低事故发生率、改善交通管理、减少污染等。

车联网标准体系可分为无线和应用两大部分。目前，国际上主流

的车联网无线通信技术有 802.11p 和 C-V2X 两条技术路线，而应用层标准则由各国家和地区根据区域性的应用定义进行制定。其中 802.11p 技术基于 WiFi 标准改进，在 IEEE 进行标准化工作。C-V2X 是基于蜂窝通信和终端直通通信融合的车联网技术，其标准工作在 3GPP 开展，包括基于 LTE 技术的版本 LTE-V2X 和未来面向新空口的 NR-V2X。无论是 IEEE 主导的 802.11p 技术还是 3GPP 的 C-V2X 技术，目前都已经完成阶段性技术研究和标准化制定，车联网产业化的技术条件已具备，全球车联网产业化阶段已经到来。

目前我国已将车联网产业上升到国家战略高度，产业政策持续利好。车联网技术标准体系已经从国家标准层面完成顶层设计。我国车联网产业化进程逐步加快，围绕 LTE-V2X 形成包括通信芯片、通信模组、终端设备、整车制造、运营服务、测试认证、高精度定位及地图服务等较为完整的产业链生态。为推动 C-V2X 产业尽快落地，包括工业和信息化部、交通部、公安部等积极与地方政府合作，初步形成了“5+2”的车联网测试示范区布署格局，为后续大规模产业化及商业化奠定了基础。

C-V2X 应用可以分近期和中远期两大阶段。近期通过车车协同、车路协同实现辅助驾驶安全，提高交通效率。中长期将结合人工智能、大数据等新技术，融合雷达、视频感知等技术，通过车联网实现从单车智联到网联智能，最终实现自动驾驶。

本报告分析了全球发展态势和我国发展现状，对车联网技术与产业发展态势和技术预见进行了预测，探讨了车联网工程建设中的重大难题，提出了技术和产业政策建议。报告内容涉及面广，可作为高校、研究机构以及汽车、交通、通信、互联网、集成电路等行业的技术产

业发展参考，也可作为政府部门制定政策的参考。

二、全球发展态势

(一) 全球发展态势综述

随着通信技术、信息技术和汽车工业的发展，智能网联汽车已经成为未来汽车的发展趋势。全球范围，汽车网联化催生的车联网产业已经成为包括美、欧、亚等汽车发达国家或地区的重要战略性方向，各国家和地区纷纷加快产业布局、制定发展规划，通过政策法规、技术标准、示范建设等全方位措施，推进车联网的产业化进程。本部分从政策法规、技术标准及示范建设等维度扫描以美、欧、亚为代表的全球车联网发展态势。

(二) 各国政府积极推动，政策规划利好

美国政府高度重视智能交通和智能网联汽车产业发展，目前已经明确将汽车智能化、网联化作为两大核心战略，并出台一系列政策法规推进相关产业体系的建立。欧盟委员会通过建立合作智能交通系统平台（C-ITS platform）推进欧盟国家的车联网部署，促进整个欧盟范围内的投资和监管框架的融合，以推动从 2019 年开始部署 C-ITS 业务的计划。为协调部署和测试活动，欧盟国家和道路运营管理机构建立 C-Roads 平台（C-Road platform），共同制定和分享技术规范，并进行跨站点的互操作测试验证。

亚洲范围，日本政府重视自动驾驶汽车和车联网的发展，于 2016 年发布高速公路自动驾驶的实施路线报告书，明确期望于 2020 年在部分地区实现自动驾驶功能。韩国制定长期车联网发展规划（Long-term ICV development plan up to 2040），其目标是在全国

范围内实现智能道路交通系统，通过连接车、路和人，实现高度自动化和交通资源利用最大化，其目标是到 2040 年实现零交通事故。新加坡制定 2022 “新城”计划(2022 new city plan)，规划在 2022 年在全国范围进行自动驾驶的部署，成为全球第一个实现自动驾驶的国家。

表 2.1 国外智能网联汽车战略规划及政策摘要

国家/地区	时间	政策要点
美国	2015 年	美国交通运输部发布《美国智能交通系统 (ITS) 战略规划 2015-2019 年》，明确美国 ITS 战略升级为网联化与智能化的双重发展战略。
	2016 年	美国交通运输部发布《联邦自动驾驶汽车政策指南》，将自动驾驶安全监管首次纳入联邦法律框架。
	2017 年	美国交通运输部发布《自动驾驶系统 2.0: 安全展望》，鼓励各州重新评估现有交通法律法规，为自动驾驶技术的测试和部署扫除法律障碍。
	2018 年	美国交通运输部发布《自动驾驶汽车 3.0: 准备迎接未来交通》，推动自动驾驶技术与地面交通系统多种运输模式的安全融合。
欧盟	2010 年	欧盟委员会制定《ITS 发展行动计划》，该行动计划是欧盟范围内第一个协调部署 ITS 的法律基础性文件。
	2014 年	欧盟委员会启动《Horizon 2020》项目，推进智能网联汽车研发。
	2015 年	欧盟委员会发布《GEAR 2030 战略》，重点关注高度自动化和网联化驾驶领域的推进及合作。
	2016 年	欧盟委员会通过“合作式智能交通系统战略”，推进 2019 年在欧盟成员国范围内部署协同式智能交通系统服务，实现 V2V、V2I 等信息服务。
	2018 年	欧盟委员会发布《通往自动化出行之路：欧盟未来出行战略》，明确到 2020 年在高速公路上实现自动驾驶，2030 年进入完全自动驾驶社会。
日本	2013 年	日本内阁发布日本《世界领先 IT 国家创造宣言》，其中

		智能网联汽车为核心之一。基于该宣言,日本内阁府制定国家级科技创新项目《SIP 战略性创新创造项目计划》,自动驾驶系统的研发上升为国家战略。发布《ITS 2014-2030 技术发展路线图》,计划 2020 年建成世界最安全道路,2030 年建成世界最安全和最畅通道路。
	2014 年	日本内阁制定《SIP (战略性创新创造项目) 自动驾驶系统研究开发计划》,制定四个方向共计 32 个研究课题,推进基础技术及协同式系统相关领域的开发与应用。
	2017 年	日本内阁发布《2017 官民 ITS 构想及路线图》,计划 2020 年左右在高速公路上实现自动驾驶 3 级,2 级以上卡车编队自动走行,以及特定区域内用于配送服务的自动驾驶 4 级。
	2018 年	日本政府发布《自动驾驶相关制度整備大纲》,明确自动驾驶汽车发生事故时的责任划分。
	2018 年	日本国土交通省发布《自动驾驶汽车安全技术指南》,明确规定 L3、L4 自动驾驶汽车须满足的 10 大安全条件。
韩国		制定《基于 CoRE 的智能交通系统 (2040)》长期车联网发展规划。短期计划到 2020 年重点解决交通事故多发地段,部署智能道路交通试点,交通事故 100%现场处理,交通事故伤亡降低 50%;中期计划到 2030 年重点在高速公路和市区实现智能道路交通,实现 100%动态环境检测,实现零交通事故伤亡;长期计划到 2040 年在高速公路网实现智能道路交通,市区实现 100%智能交通,实现零交通事故。

综上,美、欧、亚各国家和地区政府高度重视车联网产业发展,均将车联网产业作为战略制高点产业,通过制定国家政策或通过立法推动产业发展。车联网行业将进入发展快车道。

(三) 技术标准逐渐成熟, 频谱规划明确

车联网标准体系可分为无线和应用两大部分。目前,国际上主流的车联网无线通信技术有 802.11p 和 C-V2X 两条技术路线,而应用层

标准则由各国家和地区根据区域性的应用定义进行制定。

802.11p 技术在 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 电气和电子工程师协会) 于 2010 年完成标准化工作, 该技术支持车辆在 5.9GHz 专用频段进行 V2V、V2I 的直连通信。应用层部分标准由 SAE (Society of Automotive Engineers, 汽车工程学会) 完成, 包括 SAE J2735、J2945 等标准。基于 802.11p 技术的车联网标准体系架构如图 2.1 所示。

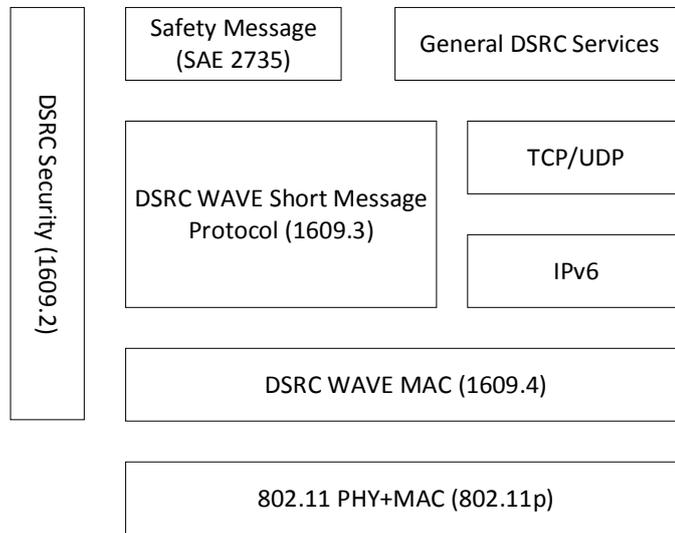


图 2.1 基于 802.11p 的车联网标准架构

C-V2X (Cellular-V2X) 是 3GPP 主导推动的基于 4G/5G 蜂窝网通信技术演进形成的 V2X 技术, 可实现长距离和更大范围的通信, 在技术先进性、性能及后续演进等方面, 相对 802.11p 具有优势。C-V2X 包含 R14 LTE-V2X、R15 LTE-V2X 和向后演进的 NR-V2X, 其中 R14/R15 LTE-V2X 由大唐、华为等中国企业牵头推动, 分别于 2017 年 3 月和 2018 年 6 月正式发布, NR-V2X 标准化工作目前已经启动, 预计 2020 年左右完成。

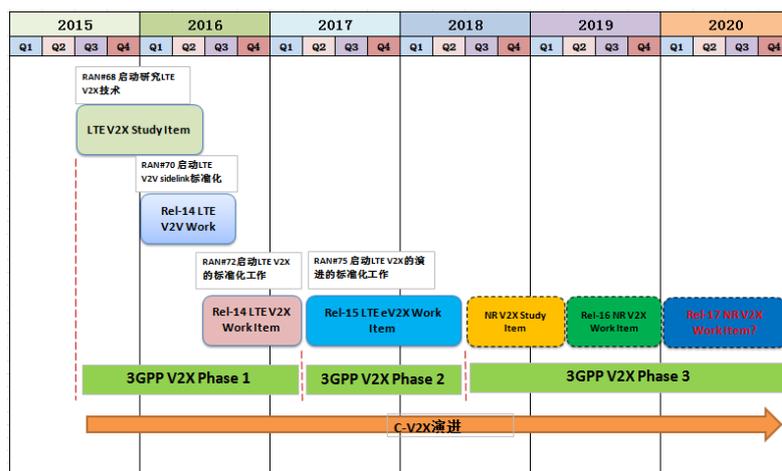


图 2.2 3GPP C-V2X 标准演进时间表

为了推动美国 C-V2X 相关标准和产业化进展，SAE 于 2017 年成立了 C-V2X 技术委员会，计划针对 C-V2X 制定类似 J2945.1 的车载 V2V 安全通信技术要求标准（J3161），预计在 2018 年底完成所有标准化工作。

5GAA 对 802.11p 和 C-V2X 进行了技术对比（表 2.2），从物理层设计、MAC 层调度等角度对比分析，表明 C-V2X 在资源利用率、可靠性和稳定性方面具有理论优势。

2018 年 4 月 5GAA 华盛顿会议，福特发布与大唐、高通的联合测试结果，对比 802.11p 和 C-V2X（LTE-V2X）实际道路测试性能。测试结果显示，在相同的测试环境下，通信距离在 400 米到 1200 米之间时，LTE-V2X 系统的误码率明显低于 DSRC（802.11p）系统，C-V2X 的通信性能在可靠性和稳定性方面均明显优于 802.11p。

表 2.2 C-V2X 和 802.11p 技术对比

来源: 《5GAA: The Case for Cellular V2X for Safety and Cooperative Driving》, 2016.11

C-V2X Technical Advantages Over IEEE 802.11p (ITS-G5 or DSRC)			
	C-V2X: PC5	802.11p	C-V2X: PC5 Advantage
Synchronization	Synchronous	Asynchronous	Spectral Efficiency. Synchronization enables time division multiplexing (TDM) and lowers channel access overhead.
Resource Multiplexing Across Vehicles	FDM and Time Division Multiplexing (TDM) Possible	TDM Only	Frequency Division Multiplexing allows for larger link budget and therefore longer range – or more reliable performance at the same range.
Channel Coding	Turbo	Convolutional	Coding gain from turbo codes leads to longer range – or more reliable performance at the same range.
Retransmission	Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ)	No HARQ	Leads to longer range – or more reliable performance at the same range.
Waveform	SC-FDM	OFDM	Allows for more transmit power with the same power amplifier. Leads to longer range – or more reliable performance at the same range.
Resource Selection	Semi-persistent transmission with relative energy-based selection.	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA-CA)	Optimizes resource selection with selection of close to 'best' resource with no contention overheads. By contrast 802.11p protocol selects the first "good enough" resource and requires contention overhead.

Highway Testing Near Beijing

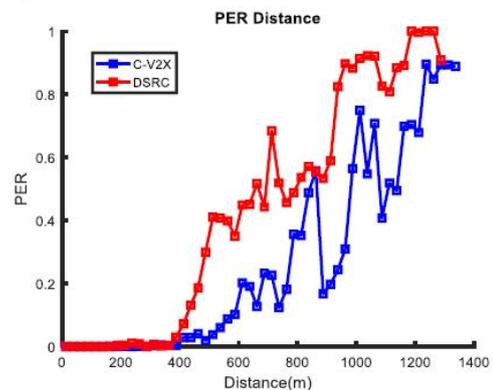


图 2.3 C-V2X (LTE-V2X) 和 802.11p 性能对比

来源: 《The C-V2X Proposition》, 5GAA, 2018.4

在技术路径选择上，由于 802.11p 技术成熟相对较早，产业链相对较成熟，因此车联网起步较早的发达国家如美国、日本等早期均倾向部署 802.11p 技术。C-V2X 作为后起之秀，以技术先进、性能优越以及可长期演进等优势获得产业界支持：中国企业主推 LTE-V2X 技术；美国电信运营商、福特等国际主流车企明确表示倾向于 LTE-V2X 技术；欧洲的奥迪、宝马、标志雪铁龙等国际主流车企也已转向支持 C-V2X 技术；日本 ITS 行业标准和产业组织 ITS-forum 宣布采取技术中立，将 LTE-V2X 作为备选技术。

频率资源分配方面，各国基于其技术路径选择策略进行相应规划（表 2.3）。

表 2.3 各国频率资源分配方案

国家/地区	频率规划
美国	<p>1999 年，美国 FCC 为基于 IEEE 802.11p 的 ITS 业务划分了 5.850-5.925GHz 共计 75MHz 频率、7 个信道（每个信道 10MHz）的频率资源。其中，172 号信道（5855-5865MHz）用于承载安全应用，178 号信道（5885-5895MHz）为控制信道，176 号信道则计划开展提供 V2P 应用及其它业务的试验。由于 802.11 一直未商用，目前美国在讨论 WiFi 共享该频段。</p>
欧洲	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2002 年，欧盟委托欧洲电子通信委员会（Electronic Communications Committee, ECC）将 5795-5805MHz 分配给初始的车对路系统，各国可以将频段扩展至 5815MHz。 ■ 2008 年 ECC 为安全类 ITS 应用分配 30MHz 带宽（5875-5905 MHz 频段），并建议将 5905-5925MHz 频段作为安全类相关的 ITS 应用的扩展频段。ECC 还建议为非安全类 ITS 应用分配 20MHz 带宽（5855-5875 MHz 频段）。除了 5.9GHz 频段外，63-64GHz 频段（1GHz 带宽）也被分配给 ITS 应用以应对高级 ITS 应用对容量的需求，但由于传播特性差，目前还未有技术或系统使

	<p>用该频段。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ITS-G5 标准可采用 5470-5725MHz 免许可频段，与无线接入系统（RLAN）共享频谱。
日本	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本总务省在 20 世纪 90 年代末将 5770-5850MHz 划分为 DSRC 信道，主要用于车辆信息和通讯系统、电子通信系统应用。 ■ 2012 年，日本无线工业及商贸联合会发布的规范 ARBI STD-T109 中将 755.5-764.5MHz 频段划给 ITS 的道路安全应用，带宽为 9MHz，中心频率为 760MHz。 ■ 目前 5800MHz 频段中除去电子收费系统（ETC）占用的频谱，仍存在潜在频谱供更多的 ITS 技术使用。 ■ 作为日本 ITS 行业的标准和产业组织，ITS-forum 于 2015 年启动了下一代 ITS 通信方式的技术研讨和标准推动，在 755.5-764.5MHz 专用频段开展基于 802.11p 的技术性能评估的同时，在 5770-5850MHz 候选频段采取技术中立，将 LTE-V2X 作为备选技术。
韩国	2016 年，韩国分配 5855-5925MHz 共 70M 频率用于支持智能交通中基于 802.11p 技术的车辆安全相关应用的 V2V 和 V2I 通信。
新加坡	2017 年，新加坡分配 5875-5925MHz 共 50M 频率用于 ITS 应用。

综上，无论是 IEEE 主推的 802.11p 技术还是 3GPP 的 LTE-V2X 技术，目前都已经完成技术研究和标准化制定，车联网产业化的技术条件已具备。各方都已经将车联网技术及应用作为未来及其重要的产业方向进行规划部署，通过分配频谱资源予以支持，全球车联网产业化阶段已经到来。

（四）验证示范同步推进，产业进程加速

随着车联网技术标准的成熟，各国纷纷加速产业化进程，通过建设和运营示范区、测试区等方式进行技术验证和商业模式探索，为后续产业化和商业化奠定基础。

美国目前有将近 50 个 DSRC 车联网示范项目，各个示范项目的道路长度从几英里到几百英里不等，主要选取典型的 V2V、V2I、V2P 用例进行示范应用。欧洲车联网产业推进起步较早，在不同国家和城市开展实际道路的部署和验证项目。日本工业界积极推进车联网产业进展，在技术评估、测试等方面已经形成跨行业合作的态势。韩国自 2014 年起，已开始在全国多个地区部署智能交通试点。

表 2.4 各国家/地区的验证示范项目

国家或地区	测试验证项目	验证技术
美国	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wave 1 Cities: 由美国交通部推动部署，在 Tampa、New York City 和 Wyoming 三个城市进行车联网系统部署和应用。 ■ Ann Arbor 车联网测试场: 由密歇根大学和 USDOT 共同建立，测试产生的关键数据提供给 USDOT 用于分析和后续立法。 ■ Michigan DOT 车联网项目: 由 Michigan 交通部门推动，目标是 2020 前建成世界最大的 RSU 部署区域之一。 ■ Columbus, Ohio 智慧城市项目: 计划对城市基础设施进行全方位升级改造，与 USDOT 合作制定其车联网行动计划 (ConOps)，计划 2019 年部署 3000 个 OBU 和 175 个 RSU。 	802.11p
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2017 年 10 月，福特、诺基亚、AT&T 和高通宣布开展美国首个 C-V2X 试验项目，并得到了圣迭戈政府协会、加利福尼亚州运输局、丘拉维斯塔市及智能交通系统供应商 McCain, Inc 的支持。 ■ 2018 年 6 月，福特、松下、高通及加利福尼亚州的科罗纳多交通局宣布商用 C-V2X 技术，得到智能交通系统提供商 Kapsch TrafficCom 和 Tier1 法可赛 (Ficosa) 的支持。 	LTE-V2X
欧洲	<ul style="list-style-type: none"> ■ 瑞典 AstaZero 测试场、德荷奥三国 ITS 	802.11p

	<p>Corridor 项目、瑞典 DriveMe 项目、德国 A9 高速公路测试项目均形成实际道路部署,对车联网系统进行技术验证。</p> <p>■ 英国政府在布里斯托、格林威治、考文垂、米尔顿凯恩斯等城市开展自动驾驶测试项目。</p>	LTE-V2X
日本	<p>■ 车联网技术评估方面,日本汽车工业协会(JAMA)定义了车联网的潜在用例;日本跨部委战略创新促进计划(SIP)也在进行无线接入技术实现车联网用例有效性的评估。</p> <p>■ 日本智能交通系统信息交流论坛组织进行 802.11p 和 LTE-V2X 的技术性能评估。</p> <p>■ 2018 年,汽车企业、电信企业和 ITS 公司发布官方声明称在日本进行 C-V2X 测试,大陆集团、爱立信、日产、NTT DOCOMO、OKI 和高通参与测试。</p>	802.11p LTE-V2X
韩国	<p>■ 已完成第一阶段试点部署。主要集中在高速公路,国家级公路和大田市、世宗市的市内道路(共计 87.8 公里),已完成公共安全应用和安全系统开发、安全性能测试、经济效益分析、技术标准化、设备验证及立法完善等工作。</p> <p>■ 第二阶段试点部署工作已启动,计划 2020 年完成。部署范围包括首尔环城公路,京釜快速路(共 128 公里)、首尔市区(133.4 公里主干道)以及济州岛高速公路和主干线(300 公里),用于提供包括前向碰撞及拥塞预警、慢行和静止车辆预警等安全相关的应用服务。[来源:韩国国土交通部及韩国交通研究院]</p>	802.11p

综上,美国、欧洲、日本、韩国等汽车发达国家及地区纷纷通过开展测试示范区建设,模拟多种道路和场景,验证在实际运行及运营中关键系统的技术能力,进一步加速车联网产业化进程。

(五) 各方企业纷纷加入,产业链渐完善

产业化推进方面,以欧美主流车企、全球主流电信运营商及通信

芯片厂商发起，于 2016 年 9 月成立的 5G 汽车联盟 (5GAA)，致力于推动 C-V2X 技术在全球的产业化落地 (现阶段是 LTE-V2X)，该联盟成员覆盖全球主要车企、电信运营商、芯片供应商、汽车电子企业、电信设备商及信息服务企业等，我国主要的通信设备制造商及电信运营商也是其成员，目前成员已达 100 余家 (图 2.4)。



图 2.4 5GAA 成员 (来源: www.5GAA.org)

随着车联网产业化推进，产业链上下游企业纷纷进入该领域，呈现出北美信息技术引领、初创企业众多，欧洲技术实力突出、企业加速转型，亚洲市场优势明显，发展潜力巨大的全球车联网产业布局态势 (图 2.5)，全球范围已经形成较为完整的车联网产业链。



图 2.5 全球车联网产业布局

(赛迪智库《全球智能网联汽车产业地图》，2018.10)

(六) 小结

本部分以美国、欧洲、亚洲等国家和地区的车联网产业从政策规划、技术标准、测试验证及产业链构建等维度进行扫描，可以看到，虽然各国家和地区在具体的技术路径选择方面有着不同的立场和观点，各地区的技术标准体系、产业推进方式和示范验证的进展也各不相同，但是各方都就车联网能够带来巨大的社会价值（如提升交通效率、减少交通事故、减少环境污染）和经济价值形成共识，并将车联网作为战略性产业方向和技术创新突破点。随着各国利好政策纷纷出台、标准技术日渐成熟以及示范验证持续推进，全球车联网产业将迎来大发展。

三、我国发展现状

(一) 我国发展现状综述

近年来，我国在汽车制造、通信与信息以及道路基础设施建设等方面取得迅速发展。汽车制造领域，我国汽车产业在整体规模保持世界领先，自主品牌市场份额逐步提高，核心技术也不断取得突破。信息通信领域，经过 3G 突破、4G 并跑的发展阶段，我国通信企业已跻身世界领先地位，在国际 C-V2X、5G 等新一代通信标准制定中也发挥越来越重要的作用。基础设施建设方面，我国宽带网络和高速公路网快速发展、规模位居世界首位，北斗卫星导航系统可面向全国提供高精度时空服务。可见，我国具备推动车联网产业发展的基础环境，能够推动自主知识产权的 C-V2X 车联网通信技术的产业化发展和应用推广。

目前，我国在车联网相关的政策规划、标准制定、技术研发、产业落地方面均已进行全方位布局和推进，并取得阶段性成果。

(二) 政策及发展规划

中国政府已将车联网提升到国家战略高度，国务院及相关部委对车联网产业升级和业务创新进行了顶层设计、战略布局和发展规划，并形成系统的组织保障和工作体系。我国成立的国家制造强国建设领导小组车联网产业发展专项委员会，由 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，协调解决车联网发展重大问题，督促检查相关工作落实情况，统筹推进产业发展。

工业和信息化部、交通运输部、科学技术部、发展改革委、公安部等部委出台一系列规划及政策推动我国车联网产业发展。

表 3.1 我国车联网产业政策及规划（部分）

时间	政策及要点
	国务院印发《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》提出“互联网+”便捷交通，积极推广车联网等智能化技术应用，“互联网+”人工智能，加快智能辅助驾驶、复杂环境感知、车载智能设备等的研发与应用。
2016/8	发改委、交通运输部发布《推进“互联网+”便捷交通促进智能交通发展的实施方案》，提出了我国智能交通（ITS）总体框架和实施举措。
2017/2	国务院关于发布《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》，提出构建新一代交通信息基础网络，明确提出加快车联网建设和部署。
2017/4	工信部、发改委、科技部联合发布《汽车产业中长期发展规划》，提出以智能网联汽车为突破口之一，引领整个产业转型升级。
2017/7	国务院发布《新一代人工智能国家发展规划》，确立智能网联汽车自动驾驶应用的重要地位。
2018/1	发改委发布《智能汽车创新发展战略（征求意见稿）》，将智能汽车发展提升至国家战略层面。
2018/5	工业和信息化部、公安部、交通运输部联合发布《智能网联汽车道路测试管理规范》，对测试主体、测试驾驶人和测试车辆等都提出了严格要求，以促进我国智能网联汽车发展。

（三）标准与技术进展

1、标准组织与产业联盟

C-V2X 应用涉及到汽车、交通等多个行业领域，不同的业务应用提出了不同的业务需求和通信需求。汽车行业、交通行业、通信行业、信息服务以及跨行业产业联盟纷纷开展业务应用以及需求的研究。国内以中国汽车工程学会、中国通信标准化协会、车载信息服务联盟、未来移动通信论坛、IMT-2020（5G）推进组 C-V2X 工作组等为主要的

研究平台，各组织之间分工合作，共同推进车联网技术标准体系及测试验证体系的制定和完善。

2018年11月，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以及全国道路交通安全管理标准化技术委员会共同签署了加强汽车、智能交通、通信及交通管理C-V2X标准合作的框架协议，推进C-V2X标准制定和产业落地。

以下对各标准化组织和产业联盟概况进行介绍。

■ 中国通信标准化协会（CCSA）

中国通信标准化协会于2002年12月18日在北京正式成立。该协会是国内企、事业单位自愿联合组织起来，经业务主管部门批准，国家社团登记管理机关登记，开展通信技术领域标准化活动的非营利性法人社会团体。协会的主要任务是为了更好地开展通信标准研究工作，把通信运营企业、制造企业、研究单位、大学等关注标准的企事业单位组织起来，进行通信标准制定、协调、把关，并将高技术、高水平、高质量的标准推荐给政府，把具有我国自主知识产权的标准推向世界，支撑我国的通信产业，为世界通信作出贡献。在车联网标准体系中，CCSA负责与移动通信接入技术相关的车联网标准制定。

■ 全国智能运输系统标准化技术委员会（TC/ITS）

由国家标准化管理委员会直接管理，具体从事全国性智能运输系统标准化工作的技术组织工作，负责智能运输系统领域的标准化技术归口工作。其主要工作范围包括：地面交通和运输领域的先进交通管理系统、先进交通信息服务系统、先进公共运输系统、电子收费与支付系统、货运车辆和车队管理系统、智能公路及先进的车辆控制系统、交通专用短程通信和信息交换，以及交通基础设施管理信息系统中的

技术和设备标准化。

■ 全国道路交通安全管理标准化技术委员会

2018 年成立。全国道路交通安全管理标准化技术委员会主要负责道路交通安全管理领域国家标准制修订工作，由公安部负责日常管理和业务指导。

■ 中国智能交通产业联盟（C-ITS）

由国内智能交通相关的知名企业、科研院所、高等院校等 45 家单位自愿发起成立，以标准制定为抓手，测试检测为基础，开展智能交通相关标准制定、技术测试检测、项目申报、科技成果转化、知识产权交易与保护、国际交流与合作等相关工作。负责制定车联网网络层及应用侧技术标准。

■ 车载信息服务产业应用联盟（TIAA）

TIAA 现有来自汽车、电子、软件、通信、互联网、信息服务六个领域的 600 多家成员。设立了市场、技术、标准、知识产权（法务）等 10 个委员会，承担国际电联智能交通全球频率统一等 40 多项中国政府部门委托任务，发布、立项、在研 54 项标准。负责组织推进车联网频谱测试。

■ 中国智能网联汽车产业创新联盟（CAICV）

为贯彻落实《中国制造 2025》战略部署，跨行业整合资源，促进两化深度融合，推动产业协同创新，加强国际交流合作，中国汽车工程学会、中国汽车工业协会联合汽车、通信、交通、互联网等领域的企业、高校、研究机构，发起成立“中国智能网联汽车产业创新联盟”。工业和信息化部为该联盟的指导单位。

目前，联盟已经成为国内推动智能网联汽车发展的重要平台。受

工信部委托，联盟组织于 2016 年 9 月编制完成并发布“智能网联汽车技术路线图”，为我国智能网联汽车技术和产业的发展发挥重要引导作用。

■ IMT-2020 推进组 C-V2X 工作组

IMT-2020 (5G) 推进组于 2013 年 2 月由我国工业和信息化部、国家发展和改革委员会、科学技术部联合推动成立，组织架构基于原 IMT-Advanced 推进组，是聚合移动通信领域产学研用力量、推动第五代移动通信技术研究、开展国际交流与合作的基础工作平台。C-V2X 工作组成立于 2017 年 5 月，专注于研究 V2X 关键技术，开展试验验证，进行中国自主知识产权的 C-V2X 技术产业与应用推广。C-V2X 工作组目前承担组织 LTE-V2X 技术测试验证工作，已发布一系列测试规范及测试结果。

2、标准化进展

2018 年 6 月，工业和信息化部联合国家标准化管理委员会组织完成制定并印发《国家车联网产业标准体系建设指南》系列文件，明确了国家构建车联网生态环境的顶层设计思路，表明了积极引导和直接推动跨领域、跨行业、跨部门合作的战略意图。该系列文件包括总体要求、智能网联汽车、信息通信和电子产品与服务分册，其中信息通信和智能网联汽车分册分别从通信技术演进和智能网联汽车应用角度明确了 LTE-V2X 和 5G-V2X 的技术标准选择。图 3.1 为车联网产业标准体系建设结构图。

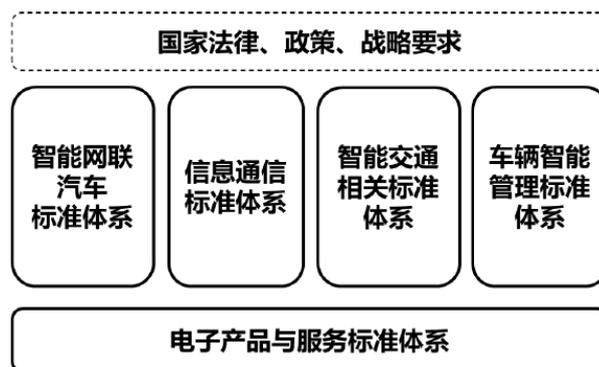


图 3.1 车联网产业标准体系建设结构图

来源：《国家车联网产业标准体系建设指南（总体要求）》2018.6

目前，在信息通信标准体系方面，我国 LTE-V2X 接入层、网络层、消息层和安全等核心技术标准已制定完成，技术标准体系初步形成，如图 3.2。



图 3.2 国内 LTE-V2X 标准体系

表 3.2 国内 LTE-V2X 标准内容及进展

标准分类	标准名称	标准等级	标准组织	状态	对应 V2X 协议栈中的部分
总体技术要求	合作式智能运输系统专用短程通信 第 1 部分：总体技术要求	国家标准	TC/ITS	已发布	总体架构
	基于 LTE 的车联网无线通信技术总体技术	行业标准	CCSA	完成报批稿	接入层需求、架构、总体描

	要求				述
	基于 LTE 的车联网无线通信技术总体技术要求	团体标准	C-ITS	已发布	接入层需求、架构、总体描述
	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	将 LTE-V2X 技术适配入 ISO-ITS 系统框架
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	完成报批稿	接入层
	基于 LTE 的车联网无线通信技术空口技术要求	团体标准	C-ITS	完成报批稿	接入层
网络层	合作式智能运输系统专用短程通信 第 3 部分 网络层及应用层规范	国家标准	TC/ITS	完成报批稿	网络层
应用层	合作式智能运输系统专用短程通信 第 3 部分 网络层及应用层规范	国家标准	TC/ITS	完成报批稿	应用层消息集
	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	团体标准	SAE-C 和 C-ITS	已发布	应用层消息集
信息安全	基于 LTE 的车联网通信安全技术要求	行业标准	CCSA	完成报批稿	通信安全

3、频率资源分配

频率资源分配方面，为促进 LTE-V2X 技术的成熟和产业化加速，2016 年 12 月，中国将 5905 - 5925MHz 作为 LTE-V2X 的研究试验工作频段，产业界基于该频段进行了充分的频谱相关验证。2018 年 6 月，工信部公开征求对《车联网（智能网联汽车）直连通信使用 5905-5925MHz 频段的管理规定（征求意见稿）》的意见。2018 年 11 月，工信部无线电管理局正式发布《车联网（智能网联汽车）直连通信使用 5905-5925MHz 频段的管理规定（暂行）》，规划 5905-5925MHz 频段作为基于 LTE-V2X 技术的车联网（智能网联汽车）直连通信的工作频段，标志着我国 LTE-V2X 正式进入产业化阶段。

（四）产业发展现状

1、产业链概述

C-V2X 产业链从狭义上来说主要包括通信芯片、通信模组、终端与设备、整车制造、测试认证以及运营服务等环节，这其中包括了芯片厂商、设备厂商、主机厂、方案商、电信运营商等众多参与方。此外，若考虑到完整的 C-V2X 应用实现，还需要若干产业支撑环节，主要包括科研院所、标准组织、投资机构以及关联的技术与产业。整个产业链组成如图 3.3。



图 3.3 C-V2X 产业链

2、产业化进展

目前，我国车联网产业化进程逐步加快，产业链上下游企业已经围绕 LTE-V2X 形成包括通信芯片、通信模组、终端设备、整车制造、运营服务、测试认证、高精度定位及地图服务等为主导的完整产业链生态，目前的产业链地图如图 3.4。



图 3.4 C-V2X 产业地图(来源: IMT-2020(5G)推进组《C-V2X 白皮书》2018.6)

表 3.3 国内产业进展

产业链环节	主要进展
通信芯片	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2017 年 11 月，大唐电信发布基于自研芯片的 PC5 Mode 4 LTE-V2X 测试芯片模组 ■ 2018 年 2 月，华为发布支持包括 LTE-V2X 在内的多模 4.5G LTE 调制解调芯片 Balong 765 ■ 2017 年 9 月，高通发布基于 3GPP R14 规范、面向 PC5 直接通信的 C-V2X 商用解决方案——Qualcomm® 9150 C-V2X 芯片组
通信模组	<ul style="list-style-type: none"> ■ 大唐、华为等芯片企业已发布提供基于各自芯片的通信模组 ■ 2018 年 11 月，上海移远通信发布采用高通芯片组解决方案的车规级 C-V2X 通信模组 AG15
终端及设备	<ul style="list-style-type: none"> ■ 国内企业包括大唐、华为、东软、星云互联、千方科技、车网互联、万集科技、三旗通信等均可提供支持 LTE-V2X 的 OBU 和 RSU 通信终端产品 ■ 东软提供包括硬件开发套件、面向量产 V2X-ECU、网络协议栈、SDK、应用示例 ■ 千方科技可提供感知与控制交通设施数据的路侧协同控制机、管理服务平台
整车制造	<ul style="list-style-type: none"> ■ 中国一汽、上汽、江淮汽车、众泰汽车、长城汽车等实现了 LTE-V2V、V2I、V2P 应用，并与东软、大唐、ALPS、大陆等合作进行了示范演示 ■ 众泰新能源汽车正在建设融合了 LTE-V2X 应用和 ADAS 技术的小镇自动驾驶解决方案 ■ 江淮汽车还搭建了车联网大数据分析平台，实时采集 V2X 数据，为智能辅助驾驶提供决策支持
运营服务	<ul style="list-style-type: none"> ■ 中国移动实现了基于 LTE-V2X 的车车联网和车路协同应用，包括紧急刹车、超车告警、路口防碰撞、红绿灯车速引导、路口信息推送到车等，并完成了基于 5G 技术的远程遥控驾驶和车辆自动编队的概念验证 ■ 中国联通展示了多场景融合的蜂窝车联网（C-V2X）应用解决方案，包括面向驾驶安全的 See through，车-人防碰撞、车-车防碰撞预警，面向交通效率的绿波带通行、自适应车队等业务

	<ul style="list-style-type: none"> ■ 中国电信重点开发了公交优先应用及停车导引应用
<p style="text-align: center;">测试认证</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 中国信通院具备完备的 C-V2X 测试验证环境，已支持开展 C-V2X 端到端通信的功能、性能、互操作和协议一致性测试验证 ■ 上海无线通信研究中心研发并提供基于 C-V2X 的 SDR 仿真验证算法 ■ 罗德与施瓦茨公司推出符合 3GPP R14 标准的 LTE-V2X 终端测试综测仪，提供 GNSS 信号和 LTE-V2X 无线链接下的数据收发测试，并计划推出认证级的 LTE-V2X 终端协议一致性和射频一致性测试方案 ■ 中国汽研可提供城市场景测试环境和开放道路场景测试环境设计、C-V2X 应用功能测试规范设计，后续还将推出 C-V2X 开放道路测试规范、C-V2X 平行仿真测试系统，并研究 C-V2X 大规模试验的技术方法和数据规范 ■ 中汽研汽车检验中心（天津）有限公司可提供研发验证及测试评价服务，并支持整车环境下车载终端在蜂窝移动通信频段、全球卫星导航频段和车间通信频段的测试检测
<p style="text-align: center;">高精度定位及地图服务</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高精度定位方面，和芯星通、华大北斗等国内厂商纷纷推出了自主设计的北斗定位芯片，千寻位置网络有限公司推出了基于北斗卫星和国家北斗地基增强系统 ■ 高精度地图服务方面，国内地图商如高德、百度、四维图新等均专注于高精度地图的采集与制作，为行业提供高精度地图服务

除以上产业链环节，在车路协同平台方面，百度 2018 年 9 月推出 Apollo 车路协同开源方案，向业界开放百度 Apollo 在车路协同领域的技术和服 务，让自动驾驶进入“聪明的车”与“智能的路”相互协同的新阶段，构筑“人-车-路”全域数据感知的智能路网，迈出智能交通建设的关键一步。Apollo 在路侧感知传感器方案、路侧感知算法、车端感知融合算法、数据压缩与通信优化、V2X 终端硬件及软件、V2X 安全方面布局车路协同全栈技术，为推动车联网产业进展提供良好技术平台。

在产业进展方面，2018 年 11 月，由中国智能网联汽车创新联盟、IMT-2020（5G）推进组 C-V2X 工作组、上海国际汽车城（集团）有限公司举办 V2X “三跨”互联互通应用展示活动，实现了世界首例跨通信模组、跨终端、跨整车的互联互通。



参与此次活动的单位包括大唐、华为、高通共 3 家通信模组厂家，大唐、华为、星云互联、东软睿驰、金溢、SAVARI、华砺智行、千方科技共 8 家 LTE-V2X 终端提供商，北汽、长安、上汽、通用、福特、宝马、吉利、奥迪、长城、东风、北汽新能源共 11 家中外整车企业，中国信息通信研究院提供了实验室的端到端互操作和协议一致性测试验证。

V2X “三跨”展示底层采用 3GPP R14 LTE-V2X PC5 直连通信技术，选取了 7 个典型的车与车、车与路应用场景：包括车速引导、车辆变道/盲区提醒、紧急制动预警、前向碰撞预警、紧急特殊车辆预警、交叉路口碰撞预警和道路湿滑提醒。

“三跨”作为验证技术和应用成熟度、促进跨行业合作的重要实践，进一步推动我国 LTE-V2X 大规模应用部署和产业生态体系构建，对产业进展具有重大意义。

3、示范区建设

为推动 C-V2X 产业尽快产业落地，包括工业和信息化部、交通部、公安积极与地方政府合作，推进国内示范区建设。目前，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，我国车联网测试示范区建设工作已经初步形成了“5+2”的布署格局。

表 3.4 国内部分示范区建设概况

示范区	城市	进展描述
国家智能网联汽车(上海)试点示范区	上海	由上海国际汽车城承建，以服务智能汽车、V2X 网联通讯两大类关键技术的测试及演示为目标。目前示范区建设到第二阶段，已部署 GPS 差分基站、LTE-V2X 通讯基站、路侧单元、智能红绿灯以及各类摄像头，新建 LTE-V2X 基站 13 座，完整搭建 1 套 C-V2X Server 数据中心平台，能够为整车及零部件企业提供 C-V2X 车路通信应用的研发与测试支撑服务。2018-2019 年将完成 18 条开放道路智能网联化建设。
无锡国家智能交通综合测试基地及车联网应用示范区	无锡	由公安部交通管理科学研究所联合企业及地方政府牵头建设。规划了开放道路测试研究、城市级规模示范应用、打造车联网产业基地三个阶段，覆盖综合测试基地周边多个区域，部署基于 LTE-V2X 的新业务应用。项目二期将建成覆盖 240 个路口和 5 条高架，实现将关键道路交通基础设施、智慧交通管理系统与以 LTE-V2X 技术为代表的下一代车联网的信息交互融合，为车联网规模化应用提供有力支撑。

<p>重庆 (i-VISTA) 智能汽车集成系统试验示范区</p>	<p>重庆</p>	<p>由中国汽车工程研究院股份有限公司牵头建设, 突出独特山水城市道路交通及通信特色。目前, 示范区已完成 9.6 公里开放道路的网联化改造和 V2X 车载设备安装, 实现 V2X 测试相关监控、统计业务, 并具备 V2X 测试能力。二期工程将完成重庆西部汽车试验场综合测试试验区建设和改造, 解决高速及乡村道路环境下 V2X 相关系统和技术测试问题。三期将实现复杂开放交通场景下大规模智能汽车和智慧交通应用示范。</p>
<p>国家智能汽车与智慧交通 (京冀) 示范区</p>	<p>北京</p>	<p>由北京智能车联产业创新中心主导建设。2017 年 9 月, 示范区正式启动智能网联汽车潮汐试验道路服务。该开放道路总长约 12 公里, 已完成多种路侧交通设施改造, 并实现了行人碰撞预警等应用。2018 年 2 月, 示范区自动驾驶车辆封闭测试场地—海淀基地正式启用。该测试场地涵盖京津冀地区城市与乡村复杂道路环境, 支持构建上百种静态与动态典型交通场景, 场地部署有 V2X 设备与系统, 能够支持网联驾驶研发测试工作。</p>
<p>国家智能网联汽车应用 (北方) 示范基地</p>	<p>长春</p>	<p>由启明信息牵头建设, 目前一期工程已经完工, 具备 11 个大场景、233 个小场景测试示范功能, 已通过一汽自主品牌智能网联汽车实现信息提示、安全预警等 V2X 应用, 并被列为中国-俄罗斯 V2X 共同测试应用基地。2019 年末, 该基地将建成国内寒区智能汽车和智慧交通测试体验基地, 提供 72 种主要场景、214 种细分场景的现场测试, 为智能汽车和智慧交通“传感器+V2X+人工智能+执行器”的功能和性能验证提供有效工具与手段。</p>
<p>浙江智能汽车与智慧交通示范区</p>	<p>乌镇</p>	<p>以杭州市云栖小镇和桐乡市乌镇为核心区域建立的集智能汽车、智慧交通、宽带移动互联网于一体的试验验证示范区。云栖小镇中部署有 34 个 LTE-V2X 路面站点, 建设了多种交互场景。桐乡地区构建交通大数据集成及信息服务模型, 实现了车联网综合运营平台, 并完成多项辅助驾驶和自动驾</p>

		驶的研究与测试。
湖北智能汽车与智慧交通示范区	武汉	由武汉经济技术开发区承建，重点建设“自动驾驶”智慧小镇，拟通过五年时间，分三个阶段逐步由封闭测试区、半开放式示范应用区到城市交通开放环境，开展智能汽车测试评价、智能汽车自动驾驶、智慧交通、智慧小镇等多个应用示范。
企业或地方自建/商业运营项目	-	国内相关产业组织，如主机厂、设备厂商、通信运营商等企业及高校依托自身优势，与地方政府合作，推进V2X示范道路建设：奇瑞汽车在安徽省建设完成了V2X示范道路，江淮汽车实现了合肥园区内的网联化改造，长安大学在其综合性能试验场建成了自动驾驶测试基地等。

（五）小结

结合对我国车联网产业政策及规划、标准技术进展、产业发展现状的扫描分析，可以看到：目前我国已将车联网产业上升到国家战略高度，产业政策持续利好；车联网技术标准体系已经从国标层面完成顶层设计，LTE-V2X技术标准已经完成可指导产业开发；我国已经形成较为完整的车联网产业链，在测试验证、应用示范方面形成一定规模，为后续大规模产业化及商业化提供参考和奠定基础。我国将迎来车联网产业的快速发展阶段。

四、技术与产业发展态势及技术预见

（一）技术发展态势

结合对车联网技术发展的分析和判断，车联技术呈现以下发展态势。

态势一：C-V2X 具有清晰的演进路线，NR-V2X 研究工作已经启动
由于应用场景的多样性，带来车联网应用的丰富多元化。而且，

随着车联网业务不断演进，逐渐向高载频、高速率、低时延、高可靠方向发展，对通信技术也提出更高要求。

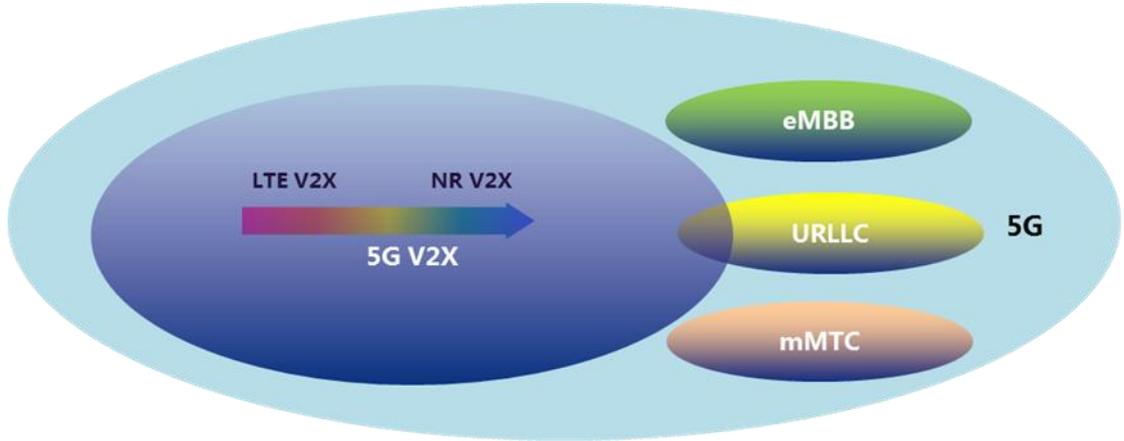


图 4.1 C-V2X 技术演进图

C-V2X 作为基于 LTE 系统而发展的技术，从技术根源上就具有清晰的平滑演进路线。C-V2X 的第一阶段 LTE-V2X 支持基本道路安全业务及更高级的 V2X 业务如半自动驾驶，而基于新空口的 NR-V2X 则通过更先进的技术支持自动驾驶及未来车联网需求。如图 4.1，C-V2X 两个阶段的技术互为补充，长期并存，共同支持丰富的车联网业务应用。

目前，针对高载频、高速率、低时延、高可靠的应用承载需求的 NR-V2X 已经于 2018 年 6 月在 3GPP 启动研究，预计 2020 年完成标准制定。

态势二：移动边缘计算（MEC, Mobile Edge Computing）等新的技术将与车联网应用紧密结合，更好支持未来出行体验

车联网业务中有关驾驶安全类业务的主要特征是低时延、高可靠。在时延需求上，辅助驾驶要求 $20\sim 100\text{ms}$ ，而自动驾驶要求时延

可低至 3ms。MEC 是在现有移动网络中实现低时延业务的使能技术之一，可以提供对 C-V2X 基础通信能力的支持。

MEC 还可以对 C-V2X 的其它前瞻性应用场景提供支持。例如交叉口信号灯控制参数优化、车辆拥堵场景的分析与识别、区域内高精度地图的实时加载、区域内自动驾驶车辆的调度、交通流合流场景、突发恶劣条件预警、优先车辆通行、大范围协调调度、车辆违章预警、危险驾驶提醒、高速服务区、大车“See Through”等场景，由于场景比较复杂，要么需要大量的计算/存储/传输资源、要么需要对交通要素进行组织协调，则通过终端与边缘服务的协同会是更为典型的实现方式。

态势三：5G 网络新技术，如 SDN (Software Defined Network)、NFV (Network Function Virtualization)、网络切片等将在车联网应用中发挥重要作用

未来车辆在进行自动驾驶与车联网通信的过程中，需要进行海量、实时的数据交互。自动驾驶汽车和车联网通信的实现还需要网络实时传输汽车导航信息、位置信息以及汽车各个传感器的数据到云端或其他车辆终端，需要更高的网络带宽和更低的网络延时。

相对于目前的车联网通信技术，5G 系统的关键能力指标都有极大提升。5G 网络传输时延可达毫秒级，满足车联网的严苛要求，保证车辆在高速行驶中的安全；5G 峰值速率可达以 10^{-20} Gbit/s，连接数密度可达 100 万个/km²，可满足未来车联网环境的车辆与人、交通基础设施之间的通信需求。

态势四：智能网联汽车整体技术不断发展，网联既服务智能化，也独立自身发展

网联技术，一方面发挥在 V2N 车云通信，通过云端能力，为车辆提供高清地图、实时路况、OTA 升级、共享车辆管理等各种网联服务，包括在自动驾驶测试阶段，都是必不可少的网联应用场景；另一方面，在车辆驾驶控制领域，D2D/URLLC 等网联技术将不断发挥感知、意图协调的作用，以 V2V/V2I/V2P/V2N 的形式补充并增强车辆的感知能力，为各等级自动驾驶提供支持。

态势五：车联网通信发挥的作用，从提升交通效率和辅助驾驶安全，最终发展到自动驾驶

自动驾驶是未来汽车的终极发展目标。但由于技术的发展规律，会经历从最初的辅助驾驶、部分自动驾驶、有条件自动驾驶、高度自动驾驶到未来的完全自动驾驶的发展阶段。车联网通信在这一发展过程中将发挥重要作用，当前单车自动驾驶主要基于现有传感器技术，如雷达、摄像头等。现有传感器仍然存在距离、成本、LOS 限制、恶劣天气等重要缺陷，且成本奇高，而网联恰好可以在这些方面很好地发挥互补作用，提升驾驶安全。V2X 通信技术的发展，将为自动驾驶提供更加稳定、高速、低时延高可靠的通信服务，使得网联式自动驾驶成为未来重要发展方向。

（二）产业发展态势

态势一：LTE-V2X 将于 2019-2020 年开始商业部署

结合目前 LTE-V2X 技术标准的就绪程度以及包括通信行业、汽车行业以及交通行业的产业发展情况，能够看到，车联网产业链的各环节都在为 C-V2X 商用部署做积极准备并取得了长足的进展，包括芯片厂商、模组厂商、车厂等都针对 LTE-V2X 商用部署提出规划并输入到

5GAA，形成图 4.2 所示 C-V2X (V2V/V2I) 商用部署时间表。可以看到产业界预测的 C-V2X 第一阶段 LTE-V2X 将于 2019-2020 年开始商用部署。

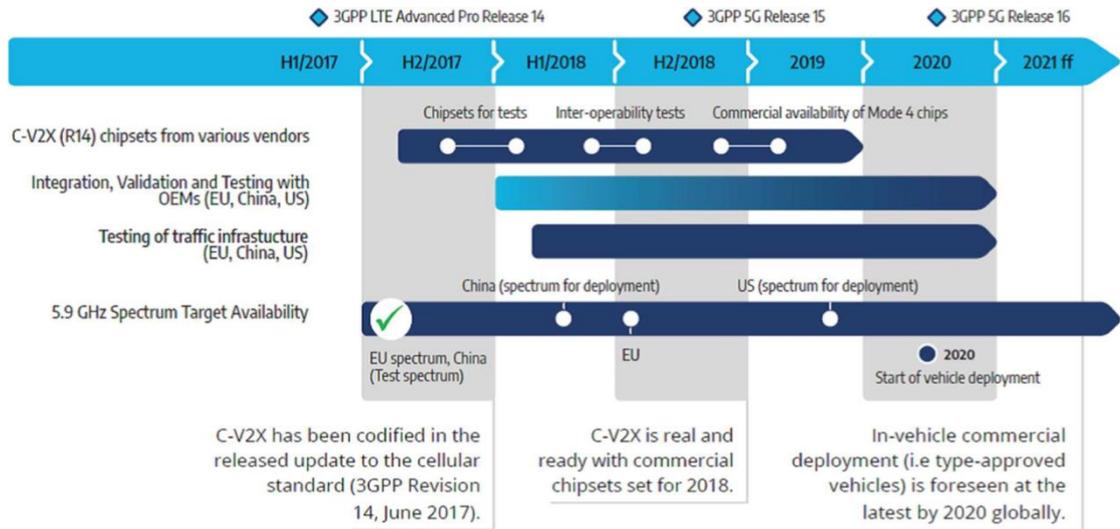


图 4.2 5GAA 对 C-V2X (V2V/V2I) 的商用部署时间

来源：5GAA 白皮书，Timeline for deployment of LTE-V2X

态势二：基于蜂窝网络覆盖基础和通信产业的发展基础，车联网应用可快速普及

目前全球蜂窝网络入口覆盖率已达 90%以上，广泛的移动网络覆盖意味着良好的基础设施建设条件，包括光纤、供电、站址选择等，在车联网部署过程中可以最大程度复用基础设施，可有效减少投资。同时，移动通信产业的发展基础提供了良好的通信产业环境，能够加速车联网产业的发展。因此，随着车联网的部署展开，车联网应用具备快速普及的产业和工程条件。

态势三：车和路协同发展，车联网在实现“聪明的车，智慧的路”美好愿景中将起到关键使能的作用

车联网技术使得车与路之间的信息交互更加便捷、高效。通过车

联网，车能够感知更丰富的道路交通信息，道路设施也能够通过采集更丰富的车辆信息进行更优化的决策配置，车路系统发展，从而实现安全、快捷、高效、节能的出行服务。

从车车协同、车路协同实现路径角度，基于通信发展规律，通信技术的应用和部署都需要额外重视用户渗透率的问题。提升 RSU 覆盖和 OBU 渗透率是保证车联网用户体验的重要方面。产业将从车、路两个角度协同发力，促进 V2V/V2I/V2P 的发展，迅速提升车联网渗透率，尽早发挥车联网在驾驶目标感知方面的作用，实现安全和效率的提升。

态势四：共享出行成为智能驾驶技术落地的重要驱动力

共享出行将全面推动智能汽车产业和交通出行行业变革，改变消费者的汽车拥有模式，重构汽车产业链和价值链，让出行向服务演变。共享出行将为新能源车和智能汽车快速普及提供强大动力，同时，凭借成本上的巨大优势，共享出行也在推动智能汽车真正走进现实，为自动驾驶找到了最佳商业模式。

谷歌宣布将在美国凤凰城试营运真正的自动驾驶出租车服务，Uber 也已开始让匹兹堡和旧金山的客户乘坐自动驾驶沃尔沃专车。美国通用汽车向共享出行公司 Lyft 投入巨资，联合研发自动驾驶技术，以及基于该技术的汽车共享服务。

共享可提升智能驾驶技术的网络效率，也有助于减少因网络安全带来的问题。以互联网为基础，车的流动性被视为一种服务。随着长途货车智能技术的推进，车辆运行时间更长、覆盖距离更远、人力成本更低、送货速度更快。同时，智能驾驶技术需要持续对软件模型进行训练和升级，共享出行提供了这样的场景。像滴滴出行这样每天拥

有 2 亿公里行驶里程数据的共享出行平台，将为开发和迭代自动驾驶算法提供最佳场景。

根据普华永道预测，2030 年数字出行服务的市场估值将达 2.2 万亿美元，全球 4-5 级自动驾驶汽车将达到 8000 万辆左右，中国为 3300 万辆左右，远超今天的智能手机市场。

(三) 技术预见

技术预见一：多天线/多载波/多频段在车联网中的应用

在未来的车联网应用中，高精度地图、车辆传感器信息和驾驶策略、道路环境感知等大量各具特点的数据需要在车与车、车与路、车与人和车与云之间进行交互，从而对车联网通信系统提出了 Gbps 的数据速率、毫秒级的时延、99.999%的可靠性等要求。考虑到多天线技术在容量和频谱效率的增益，低频段、高频段在覆盖、带宽各具优势，以及未来车联网通信会使用运营商频谱、ITS 专用频谱等不同频率资源，多天线、多频段和多载波技术结合是未来车联网通信的必然发展趋势。

多天线技术向着规模化、大容量化的发展态势已经十分明确，大规模天线阵是实现系统容量突破的先决条件。多载波技术是一种常用的用于提升容量和可靠性的手段；结合大规模天线技术，如波束赋形、空分复用等技术，可以提供更大容量、更广覆盖和更高可靠性。毫米波频段与多载波、大规模天线技术结合以提供大容量、高可靠的系统对于车联网通信尤为重要。

大规模天线、多频段和多载波技术结合在技术上也面临诸多挑战。对于车联网而言，考虑到车载天线阵设计面临车辆外形和尺寸、

车辆内部天线线缆损耗、车内电子设备的电磁干扰等限制条件；大规模天线阵的小型化、天线射频前端处理单元的结构和位置、以及射频前端在小型化的基础上实现宽带化和多通路等都是未来需要解决的问题。

技术预见二：基于 5G 增强的高精度定位技术

车辆行驶决策对自身及环境定位要求极高。高精度定位是车辆行驶和决策安全的重要保障，也为低速环境下的公交车靠站停车、港口物流车辆卸装集装箱、车辆编队、自动泊车、远程驾驶等车联网应用提供实时位置信息。

目前普遍采用的高精度定位技术包括基准站差分定位（RTK）、视觉识别、激光雷达/毫米波雷达/微波雷达探测、惯导定位、点云匹配地图、网络定位、标签定位等。由于这些技术分别存在易受遮挡影响、气候影响、环境动态变化影响、响应速度慢、定位精度低及成本高等缺陷，并且存在各种定位技术及模块信息反馈独立、定位信息时间不同步、空间坐标系不一致等问题，未来高精度定位技术需要多定位技术可信融合、基于 5G 网络的高精度定位、网络覆盖不足/传感器受限环境下基于 D2D 的相对定位技术等。

技术预见三：通信/感知/决策一体化车载网关

当前车内各种传感器、网络设备安装分散，数据处理未形成车内网络体系化，而一体化的信息处理与硬件设计，可以大幅提高系统可靠性、降低成本、集成化处理车内大量传感器反馈的信息，提高车辆智能水平，减少冗余性能浪费。

面向车联网中载运工具、基础设施、旅客和货物等多层域感知对象，一体化车载网关面临多感知设备数据融合的挑战。研究如何综合

利用智能传感器、跨媒体感知计算、智能信息处理、物联网、车辆网、通信及控制等理论与技术,建立面向高效融合的数据一致性标准和完备性验证机制,实现全面、实时、精准的信息采集、传输和融合,是车联网系统需要解决的基础问题之一。

同时,针对车载传感器种类繁多、运行特性各异、信息传输时延不一致、置信度不同等问题,一体化车载网关基于多源信息的融合判决与决策,是降低车内系统级复杂度、提高车联网感知系统置信度的关键技术。

技术预见四：雷达和通信融合在车联网中的应用

车联网具有探测与信息传递的双重需求。由于多数汽车雷达和未来的车联网通信系统均使用毫米波频段,雷达与通信的融合研究和一体化设计将成为未来车联网的重要技术之一。通过通信与探测功能共享硬件设备和频谱资源,能够降低成本、节省空间,并提高频率利用率。使用通信手段将不同车辆雷达探测结果进行共享和联合处理,能够提高探测的准确度,实现更全面的感知效果。

雷达与通信的融合在技术研究方面面临诸多挑战。二者对调制、带宽、信道、电路和系统的要求不同,需要通过毫米波频段的信号联合设计与信号分离、借助通信波形的雷达回波定位(测距/测速/测角)、极高精度时间同步等实现融合。多车雷达的探测结果共享与联合处理面临大带宽低时延通信传输、收发双方坐标系转换、通信波束与波束对准方向选择等技术挑战。在器件设计方面,则需考虑兼容雷达与通信的基带设计、车载有限安装空间限制等问题。

技术预见五：车联网无线传播环境信道建模

完备、深入的无线信道知识和精确且实用的信道模型是成功设计

任何无线通信系统的基石和根本。车联网信道建模是车联网终端覆盖预测、天线部署与性能优化、网络连通性分析、传输误码率与服务质量预测、车联网辅助通信节点部署等技术研究的重要基础。

由于车联网中通信双端随机高速移动（车-车通信情况）、存在大量高速移动散射体（周边移动的车辆），使得车联网信道呈现出丰富且多变的多普勒特性（不同时延上都会呈现出不同的多普勒特性）、深衰落特性（频繁出现比瑞利分布更加恶劣的情况）和明显的时-频二维非平稳特性等特点。针对这些特点并结合超大规模 MIMO、毫米波通信等车联网新技术，未来车联网信道建模面临混合统计几何建模方法及标准化、毫米波频段快变信道特性研究、空-时-频三维非平稳特性研究和建模、基于机器学习和场景识别的车联网信道预测方法、高速移动环境下多径跟踪与动态成簇规律分析等挑战。

技术预见六：5G/C-V2X 赋能自动驾驶

为了实现自动驾驶，传统基于单车智能的车载感知/决策/控制将向网联智能的协同感知/决策/控制演进。未来车联网通信技术将融合雷达、视频感知等技术，与人工智能、大数据等新技术结合进一步赋能自动驾驶的实现。

自动驾驶对 V2X 性能提出了更高的要求。5G 具有更高速率、更低时延、超大容量的特性，5G/C-V2X 技术发展将进一步提升车联网的体验。为了支持自动驾驶，需要现有 LTE-V2X 技术进一步演进。当前 NR V2X 已经开始标准研究工作，在新的工作频段、多频段技术、Sidelink 增强等方面展开讨论。在 5G 新空口的框架下，C-V2X 有非常清晰的演进路线，未来的 NR-V2X 与现有的 LTE-V2X 将很好地互补，共同支持未来高效安全舒适的出行，支撑自动驾驶技术的早日实现。

同时 V2X 技术还将面临多模式协同通信与智能组网、基于数据特性的智能数据传输、通信与定位一体化等挑战。

自动驾驶需要通信、感知和计算融合的车联网技术，实现多维资源/多域智能的学习、决策、协同、自组织优化和控制。此时，多级资源的能力分割与部署、群体智能协同、高速移动环境计算迁移成为新的技术挑战。

另外，在自动驾驶时代，零缺陷高可靠车联网芯片设计与制造面临工作温度、冷热冲击、电磁兼容、抗震、抗干扰等挑战。

技术预见七：道路智能基础设施改造是促进车端 V2X 的安装率提升的有效途径之一

V2X 将“人、车、路、云”等交通参与要素有机地联系在一起，不仅可以支撑车辆获得比单车感知更多的信息，促进自动驾驶技术创新和应用，尤其是通过 V2I 实现的车与路之间的交互方式，还有利于构建一个具备车路协同控制的新型智慧交通体系，对提高交通效率、节省资源、减少污染、降低事故发生率、改善交通管理具有重要意义。但是我们也应该看到，虽然 V2X 前景广阔，但要大规模应用还面临一个先天性的障碍。作为一种基于网络通信的应用，其特性是网络中用户越多，应用效果越明显。但是在初期车辆的 V2X 设备安装率不足的情况下，应用效果将很难体现。一个极端的例子是，第一个安装 V2X 设备的车辆面临着路上无车可以“对话”的尴尬境地。根据相关研究显示，只有上路行驶的车辆 V2X 安装率超过 20%后才能显著的体现 V2X 对于交通效率及交通安全提升的作用。而通过大力推动道路基础设施的智能化改造，首先发展基于 V2I 的交通安全与效率应用，是 V2X 应用推广，促进车辆端 V2X 安装率提高的有效途径之一。

五、工程难题

从技术到工程落地，车联网工程实践按照“云、管、端”三类区分，需要运营与运维、异构网络、车辆三者配合，同时在商业模式中，还需要交通法规管理、电信运营商、行业企业的参与。在工程实施中，即要考虑路侧网络，也要考虑车上系统相关的工程应用，必定会遇到很多实际问题。解决这些问题，不但是车联网产业发展的挑战，也是推动产业成熟的机遇。车联网存在的工程难题主要有：车联网路侧网络建设运行维护上工程难题，车联网车内网络工程难题，车联网安全工程难题等。

（一）车联网路侧网络建设运行维护工程难题

在产业落地方面，车联网路侧网络建设有别于传统的交通路侧标识建设，也与传统的通信设备建设不同，呈现出明显的跨界特点。在具体实践过程中，会面临诸多问题：在产业建设方面，面临跨部门跨行业协调问题；在网络工程建设、基础设施改造方面，存在施工以及安装规范性问题；在异构网络融合方面，存在协调与优化难题等。

1、车联网产业链环节多，各环节牵头主体不明确，跨行业建设难度大

车联网技术产业链长、覆盖技术及企业范围广，且关乎到道路及公共安全问题，需要各政府部门、各产业链行业企业的协同合作。在工程实施时，面临多个环节沟通协调的问题，各个产业链环节的责权利是否能够高效有序协同，是车联网产业落地的关键。

我国车联网产业牵头政府部门主体尚未明确，各相关政府部门均已在自身职责下开展车联网政策、行业标准制定以及示范项目落地推

进工作，后期车联网产业项目融和、跨部门协调工作难度大。在基础设施建设方面，车联网 V2X 基站由运营商负责建设维护，V2X 路侧设备建设则需要与交通、市政部门共同协作，对于道路的改造需要与不同管理部门、道路运营企业以及行业企业进行协调合作。除了政府部门外，运营商、行业企业，以及公交、港口、高速公路等企业均可成为车联网相关环节的投资、建设、运营及运维主体。各环节差异及利益关系如何平衡、具体工作如何协调，成为车联网建设的一个工程难题。

2、路侧交通智能感知设备工程建设存在信号覆盖、信号灯控制以及安装规范性难题

路侧单元相对基站覆盖范围较小，路侧单元的典型覆盖范围大概是 200 米左右。如果路侧通信网络设施建设密度不足，高速行驶的车辆与路侧单元之间很难维持高质量的连接，易出现无信号或信号延时等问题，导致跨路侧单元定位以及室内外位置数据无法有效衔接，对 V2X 安全性能产生极大影响。需要考虑路侧控制网关与基站的合并建设，通过基站的覆盖来解决路侧单元频繁切换的问题。同时，如树叶遮挡、路口建筑物遮挡等问题都增加了路侧网络工程建设的复杂性。

另外，对信号灯等基础设施的升级改造、数据同步及其控制需要相关市政、交通、公安等部门的统筹规划及批准后方可进行。不同场景的信号灯种类多样，各设备接口、性能参数不统一，安装要求不同，改造难度增大。如何解决供电也将是一个工程难题。

3、异构网络工程实践中设计、实施与优化难题

车联网路侧网络属于一种异构网络，具备通信、感知和计算一体化的网络特点，不同传送路径的性价比、实时性不同，不同感知数据

类型对传送性价比、实时性等的敏感程度也不相同。提升车联网资源利用的整体效能，除了从 V2X 通信和计算层面对资源进行有效调度，还需要根据不同车联网应用业务、车载通信终端所处场景及其通信需求等方面进行整体考虑，实现全局资源优化。在大规模 V2X 应用场景中，不同车载用户 QoE 和网络业务 QoS 需求随机时空分布且动态演变、V2X 网络对不同业务的分担也呈现动态不均衡性，群体并发、剧增的 V2X 业务量对有限的网络资源形成巨大冲击。未来车联网将是多制式共存的异构网络，泛在、动态、多源异构网络层次规模及其复杂性十分突出，多源异构网络的资源优化问题成为一项极具挑战性且亟需开展的研究工作。

(二) 车联网车内网络工程难题

1、车内硬件工程难题

(1) 车载级天线形态多，不同车辆的安装要求难以标准化

车辆行驶环境复杂，车型众多，且天线形状各异，安装时需要考虑车载天线部署位置，以保障有效可靠的通信。如由于车型差异，造成天线高度不同，会造成通信性能差异；城市道路行驶中遇到树叶遮挡、车辆拥挤等环境，天线通信距离也会大幅缩减。

(2) 车联网硬件配置未形成标准，与车辆原有控制结合的安全性保障难题

车辆在做智能化改装时，需要考虑新增智能网关与原有车辆控制网关的对接安全性。在接口上，要符合车辆原有车规要求和总线标准，同时在车载智能网关设计中，还需考虑对错误控制的纠错机制，防止误操作和错误指令下发，影响车辆安全。

目前产业界尚未出现标准的车联网传感器与车辆控制一体化解决方案。行业规范化的车联网解决方案还有待时日。

2、V2X 车载模块渗透率低，前期 V2X 设施建设及改造难题

V2X 应用带来的安全及交通效率提升收益需要具备一定的规模才能够凸显，“首批 V2X 用户来源”成为一个需要解决的问题。无论是通过推行强制安装或商业补贴等方式，都需要解决 C-V2X 商用初期所面临的终端渗透率低的问题。

一种思路是在汽车保有量大的热点城市中，在其交通基础设施开放条件好的主要道路区域进行 C-V2X 业务部署，实现 V2V、V2I、V2N 典型应用的推广和使用，增强用户对 V2X 技术的感知度及兴趣度。但目前尚未有相关设施改造的标准流程，跨交通、市政、行业企业等部门的沟通协调也增加了其改造的成本。使得改善 V2X 车载通讯模块的渗透率问题成为前期广泛建设 V2X 的难题。

（三）车联网安全工程难题

在 LTE-V2X 直通链路上，存在多种可能的安全威胁，包括拒绝服务、假冒攻击、重放攻击、用户跟踪等。针对上述安全威胁，国内已经形成共识，无法重用蜂窝网络的安全体系，而是要基于 PKI (Public Key Infrastructure) 公钥体系建立车联网直接通信链路的通信安全体系架构，这已经被写入 CCSA 行业标准《基于 LTE 的车联网无线通信技术安全总体技术要求》中。

在实际车联网网络部署中，如何落实上述行标的总体技术要求，还存在若干难题需要克服：

（1）路侧设备、车载设备、手持设备，这三大类设备对应的管

理机制和部门需要进一步明确。特别是车载设备方面，如何与现有车辆的生产、销售、上牌、年检、保养等全生命周期阶段的政府监管结合起来，如何与现有各个行政区划层级下的管理实体结合起来，如有与相关主管部门现存或者规划中的电子密码管理体系结合起来。

(2) 上述设备的证书管理内容设计，包括证书发放/更新/撤销机制、业务/权限设置、设备连接手段等都需要进一步明确。当多个(如区域)管理实体并存时，如何在保障各类车联网设备在全国范围内互相验证的前提下，有效约束空口消息的证书链级数，从而降低不必要的空口开销，这也需要相应的部门间协调对接机制。

(3) 如何实现车载设备、手持设备等移动设备的隐私保护，并同时满足政府信息监管的需求，这需要在 PKI CA 体系建立，以及证书设计管理方面进行深入研究和设计。

(4) 未来车联网终端渗透率提升后，车联网终端设备的验签处理量预计在每秒 2000 次左右，目前市场已有的快速验签芯片仅支持 ECC 算法，尚未有效支持国内 SM2 算法，因此这里的工程实现还存在相当大的挑战。

六、政策建议

综合上述研究与分析结果，下面将分别从技术政策和产业政策两方面提出有关建议。

(一) 技术政策建议

1、确定车联网技术路线，明确各相关行业采用我国主导完成国际标准化的 LTE-V2X 技术标准

明确各相关垂直行业的标准体系中采纳 LTE-V2X 技术。构建互联

互通测试环境，开展跨行业、异厂家、大规模的 LTE-V2X 功能、性能、一致性测试，促进产品和应用成熟。发挥地方政府的积极性，给予用户采购 LTE-V2X 车联网终端政策补贴支持。

2、为自动驾驶结合 V2X 的应用分配足够的频谱资源，促进落地

用于自动驾驶的 V2X 应用，需要通过 V2X 空口通信传输的信息维度更多、粒度更细，对应需要的频谱资源也更多，需要监管部门考虑分配足够的频谱资源。关于已划分的“5905-5925MHz 频段”，尽快落实管理办法和运营主体。

3、加强跨行业的标准化体系建设和测试环境建设

加强顶层设计，按照“共性先立、急用先行”的原则，推动跨行业、跨部门的统筹协调，建立较为完善的车联网产业标准体系，以技术和应用带动产业，在重点标准领域实现突破。联合龙头企业、高等院校和科研院所及行业组织，建设车联网仿真实验室、智能交通模拟实验室、信息安全实验室、车规级集成电路测试评价实验室，不断加强和完善车联网系统测试环境。此外，目前国内可供公开的测试道路太少，也缺乏区域性的联通，不能满足研发需求（在美国加州拿到测试许可的企业可在州内所有区域进行测试）。车路协同测试也需要外场环境支持，比如允许部分路口加装智能路侧设备进行道路信息收集和测试，交管部门开放读取信号灯配时接口信息等。

4、健全产业监测体系

建立车联网产业链供给能力监测平台，形成车联网产业协同视图，及时跟踪国内外技术路径和产业发展动向，为产业发展和决策支撑提供服务。监控路网信息化设施建设以及车联网产业差异化应用示范，并结合本地产业运营现状，编制产业发展白皮书，支持第三方机

构开展车联网技术测评与宣传推广。

5、重点技术领域集中力量突破，推动车联网生态体系建设

通过财政补贴、示范应用和产业化推进等方式，强化官产学研协作，在汽车电子、车载通信、自动驾驶、大数据及云平台、安全与能效应用等方面实现突破，加大相关领域的关键技术开发与产业化。以应用带动产业，支持车载计算芯片、自动驾驶系统、传感器、车载显示、车载操作系统等技术研究。推动 LTE-V2X 标准、通信芯片和模块研发，研究 5G 支持自动驾驶技术。开展安全与能效应用开发和推广，推动车联网综合大数据平台建设及接口开放，促进车联网融合性应用的创新发展。

（二）产业政策建议

1、做好顶层设计，协调不同的行业和政府部门，加快落地相关的车路协调的基础设施部署

加快推动车联网创新发展，加强部门协同。车联网公司多属于互联网或软件开发类企业，对汽车行业的供应链管理不太了解，甚至在开发过程中，整车厂和车联网开发商出现了抢夺开发主导权的现象。目前，市场上具备车联网功能的车辆逐渐增多，但功能基本相同且使用频率很低，在探讨车联网的未来时，人们往往忽略了与之匹配的商业模式。这些问题需要通过加强国家各部门协作来解决。加强部门间协同，形成国家车联网研发及产业化体系的整体效应，解决车联网产业发展遇到的政策瓶颈。发挥现有自动驾驶开放道路测试管理机制作用，积极有序引导企业开展新技术测试验证活动。

2、建立市场导向的车联网产业生态和创新链

建立市场导向的技术创新机制，发挥市场的创新导向作用，鼓励企业根据技术成熟度、市场基础和社会效益不同，在技术攻关、资金筹备、资源管理及成果转化应用等环节自主决策、充分参与，有针对性地开展车联网技术的研究与产业化推广。甄别关键技术攻关领域，选定具体实施的牵头单位，通过示范运营、政府采购、股权投资等方式调动企业积极性，促进研究成果的快速转化。建立政产学研用紧密合作的成果共享机制，推进芯片、模组、汽车电子器件、车载操作系统、测试实验环境建设等共性关键技术的交流合作和共享应用。

3、加强国际交流合作

汽车工业产业生态高度国际化。建议举办年度性世界车联网大会，打造成车联网领域规模最大、规格最高、元素最丰富的国际交流平台，打造成展示全国高精尖产业发展的一张新名片。加强车联网国际技术交流研讨、知识产权合作，研究建立联合保护、风险分担、开放共享的知识产权协同运用机制。

4、重视车联网信息安全保护，制定监管制度

尽快构建主动安全控制与信息安全协同的安全防护体系，加强数据安全和用户个人信息保护管理，规范数据有序开放共享。积极探索适应智能网联汽车出行需要的车辆监管制度和标准规范。加强智能网联汽车交通事故分析判定机制研究，形成智能网联汽车交通事故认定机制。发挥行业组织和第三方机构作用，支持开展智能网联汽车验证检测、信用保险等服务试点。

5、开放自动驾驶应用示范，加快制定保险保障机制

建议选择一些安全性高、有应用场景的高速道路，鼓励有条件地开展部署智能化路侧设备，开展车联网支持自动驾驶技术测试与应

用。出台相关政策允许载人试乘。载客测试有利于企业更好的进行数据累计，了解用户体验，进一步提升自动驾驶技术。加快研究针对自动驾驶运营的保险方案。为自动驾驶顺利落地提供保障。

6、强化车联网人才培养机制建设

认真落实车联网领域人才规划相关部署，培养造就一批世界一流的智能网联交通领域战略谋划与科技领军人才、高水平创新团队。积极实行吸引创新人才的激励政策，建立重大项目与人才引进联动机制，加大国内外领军人才和骨干人才的引进力度。推动电子信息与互联网、交通、汽车等领域人才交流，加快培养一批复合型专家和科技带头人。深化产教融合，鼓励企业、科技机构与高等院校合作开设相关专业，协同培养具有创造性的中青年科技人才、管理人才和高级技工。

参考文献

- [1]. 大唐电信副总裁陈山枝：未来积极推动 LTE-V 标准，
<http://www.c114.com.cn/news/132/a767125.html>，2013 年 5 月 17 日
- [2]. Shanzhi CHEN, Jinling Hu, Yan Shi, and Li Zhao, LTE-V: A TD-LTE based V2X Solution for Future Vehicular Network, IEEE Internet of Things Journal, Vol.3, Issue: 6, p997-1005, December 2016.
- [3]. Shanzhi CHEN, Jinling Hu, Yan Shi, and Li Zhao, Vehicle-to-Everything (v2x) Services Supported by LTE-Based Systems and 5G. IEEE Communications Standards Magazine 1(2): 70-76 (2017)
- [4]. 陈山枝、胡金玲、时岩、赵丽，“LTE-V2X 车联网技术、标准与应用”，电信科学，2018 年 4 月，第 34 卷，第 4 期，pp.1-11。
- [5]. 陈山枝：LTE-V2X 助力智能网联汽车发展

- http://www.datanggroup.cn/templates/t_newcontent/index.aspx?nodeid=51&page=contentpage&contentid=7011
- [6]. 国家制造强国建设领导小组车联网产业发展专委会第二次全体会议, http://www.cac.gov.cn/2018-11/19/c_1123735168.htm
- [7]. IMT-2020(5G)推进组,C-V2X白皮书[R], pp. 28
- [8]. 中国信息通信研究院, 车联网白皮书(2017)[R], pp. 28-29
- [9]. C-V2X白皮书, IMT-2020(5G)推进组, 2018.6
- [10]. 工业和信息化部关于印发《车联网(智能网联汽车)直连通信使用5905-5925MHz频段管理规定(暂行)》的通知, <http://www.srrc.org.cn/article22096.aspx>
- [11]. 北京市智能网联汽车产业白皮书(2018年), 北京市经济和信息化委员会, 2018年10月
- [12]. 全球智能网联汽车产业地图, 中国电子信息产业发展研究院, 工业和信息化部装备工业发展中心, 2018年10月
- [13]. 国家车联网产业标准体系建设指南, 工业和信息化部, 国标委, 2017年6月
- [14]. 基于LTE的车联网无线通信技术总体技术要求, CCSA行标, 已公示, 即将发布
- [15]. 基于LTE的车联网无线通信技术空中接口技术要求, CCSA行标, 已公示, 即将发布
- [16]. TCSAE 53-2017 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, 中国汽车工程学会, 已发布
- [17]. V2X White Paper v 1.0, NGMN, 10th July 2018
- [18]. <http://www.ccsa.org.cn>
- [19]. <http://www.tiaa.org.cn>
- [20]. <http://www.c-its.org.cn>
- [21]. <http://www.caicv.org.cn>
- [22]. <http://www.imt-2020.org.cn>
- [23]. 赵伟滨、武晓宇、熊博菁, “共享出行推动汽车和交通行业变革”, 中国智能网联汽车产业发展报告(2018), 2018年9月。
- [24]. 5GAA: The Case for Cellular V2X for Safety and Cooperative Driving, 2016.11
- [25]. The C-V2X Proposition, 5GAA, 2018.4
- [26]. X. Yin and X. Cheng, Propagation Channel Characterization, Parameter Estimation, and Modeling for Wireless Communications, John Wiley &

- Sons Inc, 2016.
- [27]. D. W. Matloak, "Channel modeling for vehicle-to-vehicle communications," *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, no. 5, pp. 76–83, May 2008.
- [28]. C.-X. Wang, X. Cheng, and D. I. Laurenson, "Vehicle-to-vehicle channel modeling and measurements: Recent advances and future challenges," *IEEE Communications Magazine*, vol. 47, no. 11, pp. 96–103, Nov. 2009.
- [29]. A. Molisch, F. Tufvesson, J. Karedal, and C. Mecklenbräuer, "A survey on vehicle-to-vehicle propagation channels," *IEEE Wireless Communications*, vol. 16, no. 6, pp. 12–22, Dec. 2009.
- [30]. G. Acosta-Marum and M. Ingram, "Six time-and frequency-selective empirical channel models for vehicular wireless LANs," *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 2, no. 4, pp. 4–11, Dec. 2007.
- [31]. I. Sen and D. W. Matolak, "Vehicle-Vehicle Channel Models for the 5-GHz Band," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 9, no. 2, pp. 235–245, Jun. 2008.
- [32]. X. Cheng, C.-X. Wang, D. Laurenson, S. Salous, and A. Vasilakos, "An adaptive geometry-based stochastic model for non-isotropic MIMO mobile-to-mobile channels", *IEEE Trans. Wireless Comm.*, vol. 8, no. 9, pp. 4824–4835, Sept. 2009.
- [33]. X. Cheng, Q. Yao, M. Wen, C.-X. Wang, L. Song, and B. Jiao, "Wideband channel modeling and ICI cancellation for vehicle-to-vehicle communication systems," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 31, no. 9, pp. 434–448, Sept. 2013.
- [34]. X. Cheng, R. Zhang, and L. Yang, *5G-Enabled Vehicular Communications and Networking*, Springer, Cham, Switzerland, 2018.
- [35]. 朱伏生, 车载雷达通信系统综述. 中兴通讯技术, 2018年6月, 第24卷, 第3期, pp. 32–38.
- [36]. 吴玉婕, 雷达通信一体化波形设计与性能研究. 电子科技大学硕士论文. 2018年6月.
- [37]. Yu, F. Richard. "Connected Vehicles for Intelligent Transportation Systems [Guest editorial]." *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 65.6 (2016): 3843–3844.

- [38]. Lu, Ning, et al. "Connected vehicles: Solutions and challenges." IEEE internet of things journal 1.4 (2014): 289-299.
- [39]. 尤肖虎, 潘志文, 高西奇, 等. 5G 移动通信发展趋势与若干关键技术[J]. 中国科学: 信息科学, 2014, 44(5):551-563.
- [40]. Karagiannis G, Altintas O, Ekici E, et al. Vehicular Networking: A Survey and Tutorial on Requirements, Architectures, Challenges, Standards and Solutions[J]. Communications Surveys & Tutorials IEEE, 2011, 13(4):584-616.
- [41]. Orsino A, Ometov A, Fodor G, et al. Effects of Heterogeneous Mobility on D2D-and Drone-Assisted Mission-Critical MTC in 5G[J]. IEEE Communications Magazine, 2017, 55(2): 79-87.
- [42]. Zhang J, Wang F Y, Wang K, et al. Data-Driven Intelligent Transportation Systems: A Survey[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2011, 12(4):1624-1639.
- [43]. F. Giust et al., "Multi-Access Edge Computing: The Driver Behind the Wheel of 5G-Connected Cars," in IEEE Communications Standards Magazine, vol. 2, no. 3, pp. 66-73, SEPTEMBER 2018.
- [44]. A. Aissioui, A. Ksentini, A. M. Gueroui and T. Taleb, "On Enabling 5G Automotive Systems Using Follow Me Edge-Cloud Concept," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 67, no. 6, pp. 5302-5316, June 2018.
- [45]. K. Wang, H. Yin, W. Quan and G. Min, "Enabling Collaborative Edge Computing for Software Defined Vehicular Networks," in IEEE Network, vol. 32, no. 5, pp. 112-117, September/October 2018.
- [46]. Q. Yuan, H. Zhou, J. Li, Z. Liu, F. Yang and X. S. Shen, "Toward Efficient Content Delivery for Automated Driving Services: An Edge Computing Solution," in IEEE Network, vol. 32, no. 1, pp. 80-86, Jan.-Feb. 2018.
- [47]. T. S. J. Darwish and K. Abu Bakar, "Fog Based Intelligent Transportation Big Data Analytics in The Internet of Vehicles Environment: Motivations, Architecture, Challenges, and Critical Issues," in IEEE Access, vol. 6, pp. 15679-15701, 2018.
- [48]. X. Huang, R. Yu, J. Kang, Y. He and Y. Zhang, "Exploring Mobile Edge Computing for 5G-Enabled Software Defined Vehicular Networks," in

- IEEE Wireless Communications, vol. 24, no. 6, pp. 55-63, Dec. 2017.
- [49]. K. Zhang, Y. Mao, S. Leng, Y. He and Y. ZHANG, "Mobile-Edge Computing for Vehicular Networks: A Promising Network Paradigm with Predictive Off-Loading," in IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 12, no. 2, pp. 36-44, June 2017.
- [50]. Y. Xiao and Chao Zhu, "Vehicular fog computing: Vision and challenges," 2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops), Kona, HI, 2017, pp. 6-9.
- [51]. Z. Zhou, H. Yu, C. Xu, Z. Chang, S. Mumtaz and J. Rodriguez, "BEGIN: Big Data Enabled Energy-Efficient Vehicular Edge Computing," in IEEE Communications Magazine.
- [52]. L. Li, Y. Li and R. Hou, "A Novel Mobile Edge Computing-Based Architecture for Future Cellular Vehicular Networks," 2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), San Francisco, CA, 2017, pp. 1-6.
- [53]. 李克强, 戴一凡, 李升波, 边明远, 智能网联汽车 (ICV) 技术的发展现状及趋势。汽车安全与节能学报, 2017, 第 8 卷, 第 1 期, pp. 1-14.

中国通信学会

地址：北京市海淀区万寿路 27 号院 8 号楼

邮政编码：100840

联系电话：010-68209072、68209071

传真：010-68209074

网址：<https://www.china-cic.cn/>

