

智能网联汽车（车联网）蓝皮书 (2025 年)

中国信息通信研究院

中国通信学会

2026年3月

版权声明

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



前 言

在新一轮科技革命与产业变革的浪潮下，智能网联汽车深度融合汽车制造、信息通信、交通运输等多个产业领域，构建起跨行业、跨领域的复杂生态系统，正积极重塑全球汽车产业格局，进入法规持续完善、场景加速落地、技术快速迭代的关键发展期。全球方面，政策法规的框架化构建与精细化完善、技术标准的多维拓展与场景适配、产业主体的全球化竞合与跨界融合，为其规模化发展筑牢制度与产业基础。场景落地方面，不同场景分布于技术验证到规模变现的不同阶段，场景呈现梯次化成熟特征，持续释放数字化价值。技术与产业发展方面，以 AI 大模型为核心的驾驶自动化革新、路侧感知的分级部署与技术升级、车联网双网协同与服务转型、云平台的提质降本与多元适配，实现“车-路-网-云”四大要素的单点突破与系统协同，为产业进阶提供底层支撑。整体来看，当前已从单点技术突破阶段进入要素协同赋能、场景规模落地的新阶段，全球制度标准与国内产业实践形成互补，技术底层创新与场景应用价值实现双向驱动。与此同时，产业发展也面临核心技术攻坚、商业模式闭环、国际标准话语权竞争等多重挑战，如何在技术创新、跨界融合与全球协作中把握发展方向，成为产业迈向成熟的关键命题。

本蓝皮书由中国信息通信研究院和中国通信学会共同编制，立足全球视野与中国实践，系统梳理智能网联汽车产业的发展态势。从全球法规建设、标准供给、产业竞合的宏观层面切入，展现国际

产业生态的动态变化；围绕智能座舱、信息提醒服务、组合驾驶辅助、自动驾驶、交通管理等核心场景，剖析应用效应与价值释放路径；深入探讨驾驶自动化、路侧感知、网络通信、云平台服务等关键技术的发展趋势；最后总结产业发展面临的挑战，并从技术创新、跨界融合、标准法规与国际合作等维度提出展望，以期为产业的高质量发展提供参考与思路。

目 录

一、 全球态势洞察.....	1
(一) 政策体系加速供给, 支撑产业高质量发展.....	1
(二) 标准布局精准加强, 加速技术演进应用.....	4
(三) 产业深化竞合协作, 跨界主体协同推进.....	7
二、 场景探索与应用效应.....	10
(一) 智能座舱交互升级, 生态外延持续拓展.....	11
(二) 信息服务多元落地, 交通数据上车逐步成型.....	12
(三) 辅助驾驶加速普及, 价值锚点向功能质量转移.....	13
(四) 自动驾驶多赛道并行, 规模运营竞争提速.....	16
(五) 交通管理提质升级, 效率提升加速显现.....	18
三、 技术与产业发展趋势.....	19
(一) 驾驶自动化进入爆发阶段, 人工智能范式革新深化.....	20
(二) 路侧感知成熟度稳步提升, 分级分类路径逐渐清晰.....	25
(三) 车联网网络能力纵深发展, 全场景智能化演进加速.....	28
(四) 云平台服务能力持续提质, 加速适配多样化业务.....	31
四、 总结和展望.....	34
(一) 坚持创新引领, 夯实交叉融合技术与数据流通.....	35
(二) 强化跨界协同, 推进渗透落地与场景规模发展.....	36
(三) 完善规则体系, 深化智能网联规范与国际合作.....	37

一、全球态势洞察

智能网联汽车是指搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，并融合现代通信与网络技术，实现车与X（车、路、人、云等）智能信息交换、共享，具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能，可实现“安全、高效、舒适、节能”行驶，并最终可实现替代人来操作的新一代汽车。智能网联汽车涉及汽车、电子、信息通信、交通运输等多个领域，以网络为纽带、数据为资源、算力为基础、安全为保障，实现各类要素的全面连接和高效协同，是包含“车-路-网-云”多要素的生态系统。本章从全球视角切入，围绕政策管理体系、标准联盟建设、产业竞合协作三大维度，系统梳理产业制度边界、技术支撑与生态格局。当前全球正通过政策法规划定安全发展边界、技术标准夯实规模化商用基础、产业竞合重构生态发展格局，形成“制度供给-技术规范-产业协同”的三层支撑体系。其中，政策治理体系从辅助驾驶的精细化监管向自动驾驶的框架化法规加速延伸，解决产业发展的制度适配问题；标准侧从顶层规划向场景化落地深化，打通技术互联互通的关键链路；产业侧从车企本地化布局向全产业链全球化协同演进，ICT企业的跨界入局更推动汽车产业从侧重制造向“智造+生态”转型，最终为全球产业的协同发展构建起完整的支撑体系。

（一）政策体系加速供给，支撑产业高质量发展

全球汽车产业政策监管体系正处于关键转型期，辅助驾驶的精

细化管控与自动驾驶的框架化立法同步推进，形成了国际组织定规则、各国因地制宜落实践的格局。联合国等国际机构主导顶层法规的制定与修订，为全球产业划定安全底线；各国基于自身产业发展基础，通过优化审批流程、放宽测试限制、开展区域试点等方式，在保障安全的前提下加速技术商用，政策导向从单纯的风险管控，转向为产业创新提供制度保障与发展赋能。

辅助驾驶监管法规不断优化和完善，政府监管力度不断加大。

一是组合驾驶辅助功能法规加快制定和完善。组合驾驶辅助功能正在快速普及，为应对监管在驾驶责任划分、消费者知情权保障、系统安全可靠部署等方面面临的新挑战，联合国世界车辆法规协调论坛（UN/WP.29）2024年发布《关于批准车辆驾驶员控制辅助系统（DCAS）的统一规定（UN R171 法规）》，2025年启动法规修订，新增自主变道、接管请求告警等内容要求，满足规模商用对国际监管法规协调的需求。**二是加强对辅助驾驶功能安全可靠性的监管。**通过加强产品研发、准入、使用等过程监管，政府引导行业从“营销狂欢”回归“安全竞速”。**欧盟**完善驾驶自动化整车型式认证，加速L2级组合驾驶辅助汽车产品规模商用。2025年8月，欧盟通过了整车型式认证中的通用安全法规的修订案（EU 2025/1122），增加联合国适用于L2级驾驶自动化系统的驾驶员控制辅助系统法规（UN R171 法规），加强对驾驶员持续监控和接管的组合性辅助系统综合性能和安全标准监管。**中国**进一步明确汽车生产企业在产

品全生命周期中的安全主体责任，规范 OTA 升级和保障消费者知情权。2025 年 2 月和 8 月，工业和信息化部、市场监管总局联合发布《关于进一步加强组合驾驶辅助系统的智能网联汽车准入、召回及软件在线升级管理的通知》《关于加强智能网联新能源汽车产品召回、生产一致性监督管理与规范宣传的通知（征求意见稿）》，进一步完善准入、召回、OTA、生产一致性与规范宣传监管。

自动驾驶加速监管法规框架制定，政府积极探索构建适应自动驾驶创新发展的监管体系。一是自动驾驶监管法规框架全面加速推进。驾驶主体由“人类为主”转变为“系统为主”是自动驾驶汽车应用的主要核心变化，为应对新变化带来的产品市场准入、事故责任认定等方面的法规新需求，UN/WP.29 2024 年在已有法规基础上，启动制定自动驾驶系统（ADS）全球技术法规（UNR）和联合国技术法规（GTR），覆盖更广泛的自动驾驶场景和 L4 级自动驾驶，涵盖 ADS 功能要求、制造商要求、合规评估等草案内容，计划 2026 年 1 月完成法规编制，指导全球自动驾驶产业发展。二是全球主要国家和地区积极探索构建自动驾驶监管体系。通过消除或减少监管障碍、开展试点等措施，政府在保障安全的前提下，加速推进自动驾驶技术的成熟，为构建适应新技术发展的法律法规体系提供实践依据。2025 年，美国简化配备自动驾驶系统车辆的事故报告要求、修订《自动驾驶汽车豁免计划》等政策，加快实现自动驾驶汽车的商业部署。美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）发布自动驾驶

新框架，简化配备辅助驾驶和自动驾驶系统车辆的事故报告要求、修订《自动驾驶汽车豁免计划》的适用范围首次扩大至美国本土生产的车辆（此前仅适用于进口车辆），使美国国内制造商能更灵活地测试和部署不符合传统标准的创新设计；2025年8月批准亚马逊旗下 Zoox 公司的无方向盘及传统驾驶控制装置的 L4 级自动驾驶车辆豁免申请，以期消除不必要的监管障碍，释放创新能效。欧盟首次增加 L4 级 AVP（Automated Valet Parking）场景自动驾驶法规，正式开始实行自动驾驶系统（ADS）的型式认证和市场管理。日韩优化自动驾驶监管政策，推进自动驾驶落地应用。日本将申请自动驾驶系统的汽车上路审查时间从 11 个月缩短至 2 个月，为落实所有都道府县在 2026 年之前正式推出全年运营的自动驾驶巴士奠定基础；韩国国土交通部将建立自动驾驶汽车事故快速应对跨部门框架，以应对高速公路上可能发生的自动驾驶汽车事故。中国对搭载自动驾驶功能的智能网联汽车产品开展准入和上路通行试点，结合地方政府先行先试推进国家层面自动驾驶立法。2025 年 1-6 月，北京、广州、武汉、合肥等地方政府纷纷发布智能网联汽车自动驾驶法规，规范自动驾驶汽车上路流程与管理，通过先行先试探索事故责任划分，为后续国家层面自动驾驶相关法规的立法积累实践经验，推动行业从区域测试迈向全域规模化应用。

（二）标准布局精准加强，加速技术演进应用

全球标准化工作进入技术规范细化与应用落地适配的深度支撑

阶段。国际权威组织加速拓展标准覆盖维度，车辆网联通信从传统通信架构向卫星互联、AI 大模型协同等前沿领域延伸，自动驾驶标准与产业法规的衔接适配同步加强；中国以全产业链协同为核心，在顶层规划指引下推动多行业标准融合互补，既紧跟国际规则体系，又聚焦本土车路云一体化、自动驾驶落地等具体场景完善标准供给，为技术应用筑牢适配根基。

国际电信联盟（ITU）车联网标准化领域不断扩大，赋能能力不断增强。2024 年国际电信联盟世界无线电通信大会（WTSA-24）上，中国主导推动的国际电信联盟首个关于车联网新兴领域的独立决议——“促进和加强车辆网联通信的标准化活动”获得通过，强化了国际车联网标准顶层规划和互联互通。2025 年 ITU 先后通过车载卫星互联网、多模态信息融合、大模型的车云协同交互、智能网联汽车驾驶域控制器传感器数据传输与接口等标准立项，涵盖了车联网应用、架构、接口、安全、数据等多个领域，加速车联网标准多维度技术协同拓展；同时，ITU 同步成立自动驾驶通信技术专家组，为网联通信技术支持自动驾驶法规提供顶层设计，并开展适用于网联辅助驾驶和自动驾驶应用的无线通信技术研究，支撑全球智能网联汽车法规制定，确保新生产车辆推出安全可靠的自动驾驶系统产品。

国际标准化组织（ISO）加速自动驾驶标准制定，推进自动驾驶产品量产应用。ISO 持续完善自动驾驶系统测试场景系列标准，开展自动驾驶场景自然语言描述方法、自动驾驶功能传感器数据接口、

激光雷达和毫米波雷达汽车感知部件、远程支持车载人机界面智控系统

系统等标准制定，发布自动驾驶系统安全、自动驾驶系统与用户之间的信息接口框架等标准，为自动驾驶产品研发、测试及应用提供重要技术支撑。

中国智能网联汽车标准体系进一步成熟，各领域聚焦核心需求强化标准供给。在《国家车联网产业标准体系建设指南》的统筹下，信息通信、汽车、公安、交通等各领域聚焦核心技术与应用场景，完善标准供给。**一是信息通信领域持续夯实车辆网联通信基础标准**，开展车联网通信协议、网络安全防护、开放服务接口等相关标准制定，为车、路、云各要素间安全可信的互联互通提供技术支撑；进行5G与V2X协同下的车联网系统等技术适配标准研究，推动网络技术与应用深度融合，加速多技术协同的综合网络体系构建。**二是汽车行业智能化网联化标准体系逐步成型**，开展汽车安全防护、网络连接与应用、自动驾驶核心功能等相关强制性国家标准研制，支撑车辆智能化、网联化技术演进与产品准入。安全防护方面，依托强制性国家标准构建包含信息安全、软件升级和数据记录的全生命周期安全防护体系。网络连接与应用方面，发布直连通信车载信息交互系统相关标准制定，明确跨厂商设备直连通信的互操作要求，保障网联功能安全可靠落地；发布车载紧急呼叫标准要求，规范事故自动报警、定位上报等紧急呼叫核心功能。自动驾驶方面，依据驾驶自动化分级启动驾驶辅助、自动驾驶、泊车多项强标制修订，

并发布首个自动驾驶国家标准，明确自动驾驶系统的基本功能、性能要求和测试方法，支撑车辆智能化、网联化技术演进与产品准入。**三是公安、交通、地理信息等领域持续完善车路协同与行业管理标准**，开展车路协同适配、交通管控互通、地理信息安全等标准建设，涵盖基础设施、行业管理、数据安全等应用场景，支撑车路云一体化部署与跨部门协同，为交通治理智能化提供重要保障。

（三）产业深化竞合协作，跨界主体协同推进

全球汽车产业的竞合关系从以市场份额为主的传统竞争，转向本地化布局与全球化协同并存的深度融合阶段。车企针对不同区域的市场特点定制产品与服务，供应链企业同步优化技术方案以适配区域需求，而 ICT 企业的跨界入局重塑产业链的价值分配格局。全球企业在技术研发、供应链整合、生态建设等层面的互相赋能，正成为推动产业发展的主流趋势。

构建区域差异化布局与本地化适配体系成为全球化战略的关键。一是车企主导逐渐形成本地化制造、属地化研发和区域化服务模式，积极构建全球市场版图。比亚迪实现全球布局与本地化研发双轮驱动，业务已进入欧洲、拉美、东南亚等多个地区，并在匈牙利设立海外研发中心，针对不同区域市场特点开发产品，如中东市场车型内饰采用防沙材质，空调系统加入 PM2.5 与沙尘过滤模块；巴西市场车型设计防腐蚀底盘和高过滤空调滤芯，应对多雨潮湿环境。上汽集团在海外同步布局零部件生产基地、销售服务中心等，其海外

出行 i-Smart 智能网联系统全球激活量已突破百万，支持近 50 种语言，同时为不同市场用户提供定制化服务，如在泰国和印尼针对热带气候开发“电池医生”功能，在欧洲则提供低温预加热功能，形成全球竞产品争力。大众集团持续强化中国市场布局，宣布到计划至 2027 在中国推出约 30 款新能源车，到 2030 年增加至约 50 款，并持续推动电动化、智能化产品规划落地。二是供应链上下游企业针对各地市场进行针对性调整，以期进一步激发市场活力。地平线与大陆集团合资开启欧洲多地全场景道路测试以适配当地驾驶环境与法规；宁德时代针对性提升动力电池在续航、低温充电方面的能力，以适应欧洲冬季部分地区气候寒冷的环境条件。博世等国际 Tier1 巨头加速中国本土化研发，如针对中国消费者需求开发“博世 i-Hybrid 舒适系统”等本地化产品，以匹配中国市场需求。

企业全球化合作从车型与技术延伸至供应链及生产、销售、服务全环节，形成多元合作格局。一是在智能化转型方面，高额研发投入与快速迭代需求推动车企通过技术共享分摊风险。国际市场中，本田与日产 2024 年启动下一代软件定义汽车平台联合研发，聚焦半导体架构等核心领域；大众与福特升级战略联盟，在自动驾驶（大众 CARIAD 与福特 Argo AI 融合）、电动汽车（共享 MEB 平台）等领域合作，首款联合研发纯电车型已进入测试阶段。中国市场，国际车企与中国车企持续开展深度合作。大众与小鹏基于小鹏 SEPA 2.0 架构联合开发中端纯电车型；奥迪与上汽联合研发适配中国市场

的智能数字平台，实现本土技术与国际品牌的双向赋能。二是在供应链领域，国际车企积极整合中国智能技术企业的解决方案，实现成本优化与技术升级。奥迪、丰田、大众等车企采用中国魔门塔（Momenta）自动驾驶方案，借助其飞轮大模型与数据闭环能力，高效落地适配中国路况的智驾功能。宝马 2025 年宣布在国产车型集成华为鸿蒙生态，实现车载系统与华为手机、智能家居的无缝互联。奥迪在 A6L、Q5L 等国产车型中搭载科大讯飞定制化语音交互系统，支持 16 种方言识别与场景化指令响应。三是生态拓展方面，中外企业依托各自优势能力共建生态，突破单一市场边界。零跑与斯特兰蒂斯成立合资公司，以零跑技术平台为核心，结合斯特兰蒂斯全球渠道资源，推进产品国际化落地；百度先后与全球出行巨头优步（Uber）和来福车（Lyft）达成战略合作，输出自动驾驶调度与地图服务技术，借助其全球运营网络实现服务规模化扩张，同时积累多区域运营数据反哺技术迭代。

科技与信息通信企业入局汽车产业引发“鲶鱼效应”，通过技术赋能与生态融合驱动产业发展模式突破。一是科技企业凭借在 AI 大模型、操作系统及内容生态的长期积累，与车企开展精准合作，共建差异化智能交互体验。谷歌凭借 AI 技术与车载系统优势深化与沃尔沃合作，在 Android 车载系统基础上导入 Gemini AI 取代原有 Google Assistant，其更强的自然语言处理能力支持多场景语音交互，大幅降低驾驶认知负荷。奔驰依托自研 MB.OS 操作系统软硬件解耦

架构，与字节跳动开展全链条战略合作，接入字节“大模型+内容+云服务”全栈生态，首批搭载豆包大模型的奔驰全新纯电 CLA 车型可精准响应模糊指令与场景化表达，提升座舱交互自然度。二是以华为等为代表的 ICT 企业基于其核心能力形成差异化合作路径，重塑产业链主导权格局。华为凭借深厚的 ICT 技术积累和研发实力，选择全栈技术输出路径，通过深度绑定车企掌握产业链主导权，改变传统车企-供应商关系，并利用其强大的消费电子渠道创新“渠道共用”模式，颠覆传统 4S 店销售渠道与形式。由此可见，科技与信息通信企业与汽车产业的深度融合，将消费电子迭代逻辑注入汽车产业，大幅缩短产品更新周期，推动汽车从交通工具重新定义为融入个人数字生活的移动智能终端，逐渐形成“车企+ICT 企业+内容服务商”的跨行业融合新生态，为产业发展注入强劲活力。

二、场景探索与应用效应

智能网联汽车作为融合汽车、交通、通信等多领域的新型产业形态，催生出多元应用场景。当前我国已进入规模化价值释放阶段，五大领域形成差异化发展路径——智能座舱从硬件标配向生态互联升级，信息服务从单一主体功能闭环向车城数据互通突破，组合驾驶辅助从渗透率提升向功能质量优化转型，自动驾驶从封闭测试向多场景规模运营竞速，交通管理从人工管控向智能协同提质，最终实现汽车驾乘体验、交通运行效率、产业商业模式的全方位升级。五大场景应用从单一功能向系统集成演进，标志着应用场景从功能叠加向生

态融合转变。

（一）智能座舱交互升级，生态外延持续拓展

消费市场对汽车智能化需求提升，推动智能座舱从高端车型向中低端市场快速普及。当前，智能座舱已成为消费者购买高端汽车的关键考量因素，联网大屏、多屏娱乐、智能语音交互等智能座舱功能已逐渐从汽车高端配置下沉为汽车主流标配，搭载率不断提升。在智能网联汽车硬件趋同的背景下，用户体验已成为核心竞争焦点。手机 APP 控车、数字车钥匙等网联功能深度融入用车场景，通过远程解锁、调节空调、无钥匙进入/启动等操作，显著提升用车便利性与安全性，受到市场广泛认可。多模态感知交互与人工智能大模型的融合，进一步强化了智能座舱综合能力。汽车智能座舱与大语言（LLM）、多模态等人工智能大模型技术融合，提升了整车人机交互能力，使得智能座舱可以实现与车内人员在语音、视觉、触控等方面的交互，拓展全新驾乘体验。小鹏 XOS 天玑系统搭载自研 XGPT 灵犀大模型，支持自然语言理解与上下文关联，将座舱内语音交互从指令识别转向需求预判。理想汽车通过自研 Mind GPT 大模型支持复杂指令执行，如一次性执行多个关联操作，以及理解时间条件指令，打造先进的座舱 AI 交互体验。

跨域融合成为智能座舱未来发展重要趋势，人-车-家场景互联构建产业协同新生态。随着汽车智能化与电子电气架构的逐渐演进，以硬件共享、数据共通、软件协同为特点的舱驾跨域融合方案逐渐

成熟，有望实现座舱和驾驶功能的深度联动与灵活组合，为消费者提供更智能、自然、无缝衔接的人机共驾体验，如领航辅助驾驶与音乐播放功能主动联动触发等，最终推动汽车向“移动智能空间”的转变。智能座舱与外部生态（如车家互联、智慧城市）的连接更紧密，服务从单点功能变为贯穿出行场景的连续体验。人-车-家场景互联正在构建跨产业协同生态，推动智能座舱从单一形态向第三生活空间演进。以驾舱为交互底座，手机、智能家居及外部服务平台扩展场景服务边界，实现跨生态联动。华为 HiCar 支持用户将移动设备和汽车连接起来，利用汽车和移动设备各自的强属性以及多设备互联能力，提升出行体验。小米汽车实现手机、汽车、家居设备的无缝连接与协同，在车内远程控制家中的空调、灯光等设备，实现出行与家居场景的自然衔接。

（二）信息服务多元落地，交通数据上车逐步成型

图商、电信运营商、车企等多类主体在城市道路、高速公路不同场景持续验证多种技术路线，网联协同信息提醒应用发展竞相争鸣。百度地图、高德地图实现车道级实时动态安全提醒功能，包含对向大车、双向路弯道会车、超速车辆靠近、前方急刹等，高德地图在全国推送上线红绿灯 AI 领航功能，基于红绿灯预测技术为用户提供起步提醒、速度调整、车道选择等行中引导播报。中移上研等电信运营商为车端提供标准化 SDK 完成信号灯数据的对接，通过 APP 支持车端实现可变车道提醒、待行区驶入提醒等功能，增强车

端驾驶辅助体验。上海隧道股份汇聚全市高快速路交通事件数据、道路管养作业等数据，通过“路端-云端-车端”技术链路，与上汽通用汽车联合推出“高快速路 V2X 应用服务”，支持上海市高快速路事件预警上车。

城市与汽车开展深度对接，“信息服务上车”规模化应用实践。中国信通院牵头发起交通信息上车数据开放服务计划，以城市信号灯数据、高速公路重大灾害、施工管控等事件数据为“切口”，打通路与车的数据链路。该项计划通过构建具备用户鉴权管理、数据资源管理、链路分发控制等功能的服务平台，敏捷、安全建立起多城对多车的数据开放服务通道，探索构建信号灯及事件数据规模化、高质量触达车端的应用模式。截至目前，已凝聚了无锡、杭州、成都等 12 地数据运营主体，贵州高速、浙江高速、吉林高速等高速公路运营主体，上汽、奥迪、东风等 7 家车企，CARIAD 中国、博世、华为等 3 家车企供应商，高德、华为（花瓣地图）等 2 家图商和中移上研、联通智网等 2 家电信运营商，斑马、博研、云通数达等 5 家数据治理企业等产业多方力量，预计年底可实现“双万量级”¹信息触达。

（三）辅助驾驶加速普及，价值锚点向功能质量转移

我国乘用车组合驾驶辅助功能渗透率和体验持续提升。L2 级以上组合驾驶辅助功能渗透率不断提升，搭载价格区间下探明显。据

¹“双万量级”是指超万个路口灯态信息触达到万辆级乘用车辆。

统计²，2025 年 1-7 月，我国乘用车新车具备组合驾驶辅助功能（L2）乘用车新车渗透率达到 62.58%，同比增长 6.5%；具备 NOA 功能的乘用车新车渗透率达 21.52%，同比增长 10.1%。同时，20 万元以下乘用车新车组合驾驶辅助功能装配量达 424 万辆，同比增长 39.3%，其中 10 万元以下乘用车新车组合驾驶辅助功能装配量同比增长 985.0%。

造车新势力、头部供应商、传统车企自研“三分”组合驾驶辅助市场。当前，组合驾驶辅助（L2）的落地主要有三种路径，一是以小鹏、小米、蔚来、理想等企业为代表的造车新势力，依托其在自动驾驶方面的先发优势和高投入，已形成了包括软硬件配置、供应链和数据闭环等在内的稳定研发体系。大多造车新势力均将组合驾驶辅助功能作为其车型重要卖点之一，随着车型销量的攀升，其产品影响力也不断提升。二是以 Momenta、华为、博世、地平线等企业为代表的头部自动驾驶供应商，依靠其优越的产品性能和多元的方案，国内外定点车型数量不断增加；三是以长安、吉利、长城、奇瑞为代表的传统车企，正加大在辅助驾驶领域的研发投入，并在部分车型上搭载了自研方案，追赶趋势明显。

辅助驾驶功能价值锚点由“开城数量”向“功能质量”转移。随着自动驾驶方案朝着“重感知”、“轻地图”方向转变，逐渐打破高精地图依赖，不断提升复杂路况适配能力，为辅助驾驶能力升

² 数据来源：国家智能网联创新中心，中国信通院整理

级奠定基础。当前，各主流车企组合驾驶辅助功能在已基本实现“全国都能开”后，将突破重点转向“全国都好开”，推动行业将功能可靠性、场景适配度、操作便捷性纳入核心评估维度。驾驶辅助系统有效助力车辆主动安全场景不断丰富，用户体验不断提升。搭载华为乾崮辅助驾驶系统的车型辅助驾驶里程与碰撞规避次数稳步增长，理想、小鹏、小米、蔚来等车企及 Momenta、地平线等供应商，也在持续积累真实路况数据与运营经验，为功能质量迭代提供支撑。

网联辅助驾驶技术验证进一步深化。中国新车评价规程于2024年7月实施新规《C-NCAP 管理规则（2024年版）》，在主动安全测试项中突破性引入车辆高速直行与前方静止目标车辆测试（CCRH）、车辆直行与前方被遮挡的横穿目标车辆测试（C2C SCPO）和交通信号识别测试（TSR）三项基于C-V2X技术的测评场景，积极引导网联自动驾驶应用落地发展。在此基础上，IMT-2020(5G)推进组C-V2X工作组联合一汽红旗、哈曼、金溢科技等企业，在2025 C-V2X“四跨”（上海）先导应用实践活动中进行了网联自动紧急制动和交叉口碰撞预警等两项典型CCRH、C2C SCPO场景验证，有效实现测评标准、技术验证到产品优化的闭环。清华大学、国家智能网联汽车创新中心联合15家国内外车企，在北京、重庆两地深度验证“车路云一体化”协同辅助驾驶功能。活动通过绿波车速引导、基础设施感知下安全辅助、高速公路/快速路匝道汇入、有遮挡的弱势交通参与者碰撞预警、网联式NOA等5个场景，聚焦解决智驾行驶安全

提升和车云接口标准化两大核心问题。截至目前，绿波车速引导、基础设施感知下安全辅助、高速公路/快速路匝道汇入等功能场景已在北京、重庆两地及京津冀高速（部分路段）完成技术验证，为后续在全国范围内实现规模化应用奠定坚实基础。

（四）自动驾驶多赛道并行，规模运营竞争提速

自动驾驶出租车成为 L4 自动驾驶竞争焦点，正在全球展开激烈的规模化运营竞赛。我国萝卜快跑、小马智行、文远知行等科技型自动驾驶企业形成三足鼎立态势，在车辆投放规模、运营覆盖范围方面展现出领先优势，逐渐由自营车辆逐渐向“轻资产运营+当地车队合作”模式转变，不断提升国内覆盖率，并加速向全球布局。此外，上汽、广汽等传统车企和新势力企业纷纷布局，依托自有出行平台（如上汽享道出行、广汽如祺出行）开展运营，持续积累 Robotaxi 自动驾驶里程。美国以谷歌 Waymo 为典型代表，呈现“标杆企业引领、新兴力量追赶”的多元化竞争态势。Waymo 在旧金山、凤凰城、奥斯汀等重点城市深耕规模化商用运营，城市扩张节奏加快，特斯拉在奥斯汀启动小规模运营，逐步推进运营优化与技术验证，亚马逊 Zoox 在拉斯维加斯推出免费载客服服务，三者和技术路线、安全-成本平衡策略方面存在显著差异，行业竞争格局持续演进。欧洲尚未发展出本土龙头企业，主要以国际头部玩家与本地出行巨头合作，或与城市地方合作落地开展技术验证的方式切入，当前仍处于限定区域测试阶段，且由于其监管法规环境的碎片化，整体推进更加审慎。

物流配送在干线和末端双线开花，“降本增效”的商业价值已得到充分验证。卡尔动力、小马智行、主线科技等在鄂尔多斯、京津塘高速等开展测试，分别与陕汽重卡、三一重卡等合作量产车型，与中通、申通、圆通等物流公司合作，已形成“自动驾驶公司+车企+物流公司”为核心的三方协同格局。2025年年初，小马智行获全国首家跨省卡车编队无人化测试许可，开启京津塘高速自动驾驶跨省货运服务。末端配送应用在即时零售、社区电商和生鲜冷链需求增加，实现城市范围内较大规模商用。九识、新石器探索出“低价硬件+月付服务费”、“自动驾驶公司+快递公司”多种商业模式，与顺丰、京东等头部企业达成规模化合作，切入物流配送、园区零售等领域，商用闭环价值显现。

港口、矿区等特殊场景凭借其清晰的商业闭环，率先实现小规模商用。宁波港、青岛港、天津港、上海洋山港、日照港等已先后开启无人集卡商业化部署，主线科技、西井科技、智加科技等国内多家自动驾驶技术解决方案提供商逐步实现商业化试运营。2025年7月，友道智途获批上海市智能网联汽车示范运营牌照（商用车首例），在上海洋山港实现商业运营。2024年露天煤矿无人驾驶矿卡数量已达2500辆³，易控智驾、踏歌智行、希迪智驾三家企业占据市场绝大部分份额，形成TaaS（持车）和ATaaS（不持车）两种商业模式，呈现齐头并进的发展态势，在资产配置与服务深度上具备一定灵活性。

³中国煤炭工业协会，《露天煤矿无人驾驶技术应用发展报告》

（五）交通管理提质升级，效率提升加速显现

城市交通信控优化场景已在多地规模化落地，交通事故和违法行为探查、公交车道动态共享、特殊车辆监控管理等特色场景成为各地应用重点。北京、广州等城市实现交通信控优化场景的规模化落地，依托路侧感知系统及云平台动态优化算法，赋能城市路口信控优化、事故定责与处置等交通业务管理，提升城市交通通行效率、应急处置效率。德清等试点城市落地公交车道动态共享等场景，车辆可实时判断是否有权驶入公交车道，提升早晚高峰期主干道通行效率和安全性。广州在危货运输车辆上加装北斗终端实现车辆高精度位置监控，并在平台部署大模型智能分析车辆状态，有效降低运输安全事故。合肥、深圳、苏州等多地平台均部署有智能网联汽车安全监管应用，能对区域内的自动驾驶测试和运营车辆进行有效的监管。

基础设施和城市公共交通系统深度协同，通过公交优先、交叉口预警、信号灯穿透等场景，赋能城市公交系统效率提升。长沙基于车路协同主动式公交优先技术，改造公交车并加装车载终端，打造5条智慧通勤公交线路，实现公交车准确接收红绿灯信号信息，保障公交车优先通过红绿灯路口，降低通勤线路时间。长沙县通过在国道平交口设置预警系统，利用路侧传感器和车辆间通信技术，对公交车驾驶员视线盲区存在的障碍物或其他车辆进行监测，实现交叉口来车提醒，降低交通运行事故率。

车路云多维数据汇聚利用，跨界赋能高速公路数字化转型升级。

沧州 AI 智能公路护巡系统打破传统人工巡检模式，依托社会车辆行车记录仪实时采集数据，通过 AI 识别自动捕捉路面坑槽、裂缝、设施损坏及积水积雪等静态与动态问题，结合定位系统锁定病害位置并自动分派至管养单位。湖南高速“车路云创新应用平台”整合车载位置、速度、路况等实时数据，经汇总脱敏与 AI 大模型分析，在交通事故、恶劣天气等突发情况下快速响应，精准预测风险区域并生成“减速慢行”、“绕行建议”等指南，通过云听车联网和交通广播矩阵化等方式及时触达车主，显著提升交通应急处理能力，保障道路安全畅通。

三、技术与产业发展趋势

“车-路-网-云”四大要素以多源数据价值释放为驱动，协同构建安全、高效、舒适、可持续的智能出行生态体系，实现交通运行效能提升、城市治理智能化升级与出行服务品质跃迁，当前已进入要素协同、数据闭环的规模化落地攻坚期，“感知-传输-计算-决策-反馈”协同机制基本成型，对驾驶安全、座舱交互体验、交通运行效率与城市治理水平的支持能力持续凸显。在此过程中，四大要素形成清晰的功能定位和演进路径：车端向智能移动空间升级，通过软硬件迭代构建感知、执行与交互能力，既支撑驾驶安全智能化，也满足座舱舒适便捷体验，同时作为数据采集终端提供基础支撑；路侧打造智慧基建底座，以分级部署实现全域感知覆盖，补充车端

盲区并汇聚交通数据，服务驾驶优化与交通治理；网络构建低时延高可靠传输枢纽，5G、C-V2X 直连通信、卫星通信多网协同打通信息壁垒，保障数据高效流转；云端升级为算力与服务中枢，整合多源数据完成算法训练、场景仿真与服务调度，反向赋能车路两端迭代。“车-路-网-云”通过数据链路深度耦合，形成技术迭代与场景落地相互促进的良性循环，为场景价值释放提供核心支撑。

（一）驾驶自动化进入爆发阶段，人工智能范式革新深化

自动驾驶算法以数据驱动为核心，围绕“多传感器输入到车辆动作输出”的核心目标持续迭代，端到端架构的实现路径持续演进。传统端到端模型依托 BEV（鸟瞰视角）或 OCC（占用网络）等 3D 场景表征进行推理，其存在的“黑箱”决策可解释性短板和长尾场景难应对问题，推动自动驾驶技术向两大方向突破：一是通过跨模态融合增强决策可解释性与场景理解能力，二是借助世界模型的物理规则建模与未来推演能力生成合成数据，加快长尾数据的积累，丰富算法架构的发展路径。以大语言模型为核心的 VLM（视觉-语言模型）和 VLA（视觉-语言-动作模型）成为当前自动驾驶技术演进的重要方向，已实现车端批量部署。VLM 通过接收车载摄像头的视觉数据及导航文本等语言信息，经视觉与语言编码器提取特征后，使用大语言模型完成场景语义解读。由于 VLM 本身不具备输出车辆控制指令的能力，因此在实际应用时多与传统端到端模型并行工作，双方同步接收信息后，VLM 接收传统端到端模型输出的未来驾驶轨

迹，结合场景语义形成驾驶意图分析，最终向传统端到端模型反馈决策规划建议，在分时限行公交车道、施工改道等典型长尾场景下优化其驾驶行为；这一过程中生成的文本信息，也可辅助研发人员和驾驶员理解端到端模型的决策逻辑。2024 年，VLM 结合端到端的组合驾驶辅助方案在产业侧逐步落地，理想汽车实现了端到端+VLM “快慢双系统” 车端部署，通过 VLM 提供了可视化推理与决策建议，小米融合 VLM 与端到端，提升复杂道路环境下的通行能力。但这一架构仍面临实时性不足、模型参数全栈优化难、推理与执行脱节等问题。在此基础上，VLA 通过架构创新将 VLM 和传统端到端能力整合成一个模型，使模型形成从多模态输入-场景语义理解-车辆控制指令输出的闭环。VLA 在视觉文本特征提取和语义理解等前序环节与 VLM 原理类似，后续通过扩散模型等技术将语义理解结果映射生成为驾驶动作，进一步统一了技术架构并提升算法性能。在产业侧，理想已于 2025 年 9 月批量推送 MindVLA 大模型，可支持语音输入微调驾驶行为等功能；元戎启行于 2025 年 8 月发布 DeepRoute IO 2.0 模型，加快解决非标准障碍物、临时路牌等场景难点，提升算法安全性；英伟达于 2025 年 12 月开源 Alpamayo-R1 VLA 大模型，降低长尾场景下的碰撞率。世界模型技术引入了物理规则理解和未来推演能力，现阶段以云端数据补充为主，未来有望实现端侧部署。不同于 VLA 等模型仅能支持决策轨迹和控制指令的输出，世界模型通过构建环境动态演化的预测模型，可根据每一时刻车辆

的运动状态推演未来场景可能发生的多种变化（如车辆轨迹、行人意图），并支持输出场景内的任意视角和传感器的多模态数据。由于该技术所需的算力较高，目前主要应用于云端训练数据生成，以辅助车侧模型进行强化学习，特斯拉世界模拟器、英伟达 Cosmos、英国 Wayve GAIA-2、商汤开悟等为代表的企业均已开展实践。未来随着算法的进一步突破和车端算力的提升，在端侧部署用于推理的世界模型具备一定发展前景。

车载算力芯片自研企业增多，车云算力持续提升。车载芯片算力上升趋势明显。车载算力芯片为了更好地满足端到端大模型在车端推理时的大算力、低时延需求，正从百 TOPS 向千 TOPS 发展。英伟达于 2025 年开始大规模商用的 Thor 系列芯片单片可提供至高 2000TOPS 的算力，较之前 Orin-X 的 254TOPS 提升明显，理想、小米、极氪等均在其新车型上搭载 Thor 芯片，进一步释放自动驾驶能力。车载智驾芯片市场占比处于“一超多强”态势，国内主流玩家纷纷加大自研投入奋起直追。截至 2025 年上半年，英伟达 Orin-X 成为小鹏、蔚来、理想、小米、智己、极氪等绝大多数车企的选择，特斯拉 FSD 芯片、华为昇腾 610、地平线征程 5 等紧随其后。2025 年，部分头部企业正以高性价比、高有效算力、高算法契合度为导向，自研了一批车载算力芯片，部分已成功流片和上车，如小鹏自研算力约为 750TOPS 图灵芯片、蔚来自研算力约为 1000TOPS 神玃芯片均已上车，Momenta 自研芯片已成功流片。同时，伴随华为昇

腾、高通骁龙、地平线征程等系列芯片的持续演进，车载智驾芯片市场竞争愈发激烈。在云端算力中心方面，车企普遍采用自建、合作共建、租用云服务三种智算中心建设模式，集群算力持续提升。对于自建模式，优势在于企业可以完全掌握核心算法和数据，形成的“芯片-算法-数据”全链路生态闭环可提高算法训练及部署效率，并保障数据不外流，如吉利自建星睿智算中心。对于合作共建模式，其优势在于依托云厂商现有资源实现服务快速部署，并降低基础设施建设与运维成本，如小鹏与阿里云合作、理想与火山引擎和百度云合作算力开展智算中心建设。对于租用云服务模式，优势在于可按需付费，并具备较强的弹性，但基础设施需要匹配车企在 GPU、内存、设备间通信效率等方面的高配置需求，如腾讯云为蔚来自动驾驶业务提供定制化算力服务。

数据集构建模式多途径并行，持续积累优质数据。数据作为支撑自动驾驶技术持续迭代的“养料”，当前训练测试数据的构成，以路采车队或量产车影子模式的传统采集方式为主。随着生成式人工智能技术的发展，基于仿真和生成式人工智能生成的合成数据的比例逐渐增加，成为新型数据来源。在路采数据方面，以大规模应用的路采车队和量产车数据回传相结合，为算法训练筑牢数据基础。传统数据采集车是车企和自动驾驶算法服务商采用自建或委托的形式，通过高度定制化的数据采集车队，进行多模态的原始数据采集，绝大多数的算法研发和车型适配阶段都对该方式采集的数据提出了

较高需求，其优点是可满足车企和自动驾驶算法服务商的定制化需求，但存在采集成本高、采集周期长、高价值场景难覆盖等问题。量产车数据回传则是依靠触发器，将日常行驶场景中的事故、用户接管等高价值场景回传到平台侧供后续的价值挖掘和算法训练，小鹏、理想、特斯拉等车企均已积累超千万 Clips 的数据用于训练，其优点是数据采集成本低，但需要制定适合的数据回传策略以保证在低传输、存储成本下尽可能回传高价值数据。在合成数据应用方面，**基于原始数据的仿真泛化已逐渐成熟，让原始数据成效倍增。**自动驾驶算法训练需要涵盖城市道路、高速公路、隧道、雨雪天气等多样化场景的数据，还需如罕见交通事故、极端天气、复杂交通参与者行为等极端工况下的数据。当前，在车端和云端对数据进行安全合规预处理后，大多车企和自动驾驶算法服务商会基于世界模型等生成式人工智能的手段生成合成数据，或委托仿真公司在仿真环境中重建场景，来解决数据的泛化和场景分布问题，英国 Wayve GAIA-2、华为世界引擎、商汤开悟等世界模型均属于该路线的先行者，开悟世界模型⁴已支持生成 11V 多视角时空一致的视频，单段视频生成时间最长为 150 秒，分辨率可达 1080P，已能较好满足自动驾驶训练和测试对数据的需求。从产业实践来看，基于生成式人工智能生产合成数据的技术路径工程化难度较高，仍存在资源消耗大、多视角时空一致性不足、人工复核场景成本高等挑战。

⁴<https://www.sensetime.com/cn/news-detail/51169426?categoryId=72>

（二）路侧感知成熟度稳步提升，分级分类路径逐渐清晰

路侧感知服务对象向多元化演进，产业发展尚未进入量产阶段。当前，路侧感知赋能智能网联汽车尚未进入量产应用阶段，行业组织和地方主体遵循经济性原则，兼顾不同服务对象和应用场景需求，积极探索分级分类建设路径。2025 年 5 月，北京车百会新能源汽车科技发展研究院牵头开展推荐性国标《城市道路智能网联基础设施技术标准》研制工作，围绕服务智能网联汽车、智慧交通、城市治理等不同对象及场景，明确道路基础设施分级分类标准。无锡市依据交管赋能、驾驶辅助、自动驾驶等不同场景需求对道路进行分级，因地制宜探索路侧感知经济性部署方案。从产业演进趋势看，当前产业生态仍处于从早期“试点示范”走向“规模化落地”的前夜，高昂的建设成本和应用端商业模式不清晰仍是掣肘产业化进程的关键因素，北京高级别自动驾驶示范区 4.0 及浙江、江苏等高速业主正逐步探索“软硬件解耦”的技术路径，旨在实现路侧感知的低成本、规模化部署路径。

路侧感知技术成熟度稳步提升，车端与路端的需求认知逐步拉齐。2024 年 12 月，无锡组织开展面向路侧感知系统的大规模系统级性能评测，近 40 家企业、70 个系统级产品套型参评，为评估当前路侧感知技术及产品成熟度提供了有力参考。从评测结果看，当前主流的技术路线包括纯视觉、雷视融合（含雷视一体机）和“纯视觉+激光雷达”三种，建设成本由低到高排列。纯视觉方案性能可达到

SL1⁵，部分甚至可达到 SL2，能够支撑传统交管业务及部分弱实时的协同提示及协同驾驶辅助类应用。雷视融合和“纯视觉+激光雷达”方案在性能上的差距已逐步缩小（可达 SL2，部分可达 SL3），能够支撑协同预警和协同驾驶辅助功能，部分具备较高性能和安全要求的感知信息有望支持自动驾驶功能。

路侧感知产业图谱加速重构，算力及大模型产品持续创新。路侧感知产业链是由政策驱动、技术集聚的新型产业链，上游主要由感知、计算硬件和算法提供商组成，摄像头供应链由海康威视和大华股份占据，速腾聚创、禾赛科技、图达通等为激光雷达的头部企业，川速微波、慧尔视、数智元、苏州雷森等毫米波雷达厂家“竞相追逐”。**计算硬件层面，可承载 AI 大模型的路侧 MEC 边缘服务器产品相继问世**，浪潮信息、蘑菇车联等典型产品算力可达 200TOPS 以上。**算法层面**，主流算法供应商、解决方案商仍主要基于英伟达计算芯片及工具链开发，同时与华为、天数、登临、灵汐等国产化算力芯片加速适配。为降低路侧部署人力成本、提高对不同场景感知泛化能力，**基于 AI 大模型的路侧融合感知算法研发加速创新**，深度提升路侧精细化感知水平。海康智联通过将鸟瞰图 BEV+Transformer、VLM 等大模型量化、蒸馏应用部署于路侧边缘计算 MEC 提升目标感知精度，蘑菇车联自研星汉大模型，提升事件端到端检测能力。中游头部企业主要由海康、万集等传统交通巨头，

⁵SL1 到 SL3 感知等级划分标准可参考 YD/T 4770-2024《车路协同 路侧感知系统技术要求及测试方法》。

华为、百度等互联网企业，中信科智联、星云互联等专业车路协同公司，以及中移上研、联通智网等典型运营商组成，负责将上游硬件和软件整合成可交付的完整解决方案。从产业角色上看，中游代表企业正逐步向产业链下游价值端迁移，深度参与项目投建、运营及商业化。十堰积极探索新型运营模式，中信科智联、东风、中国移动共同成立合资主体，探索从“车端需求—场景建设—运营模式”的闭环生态。

未来路侧感知将向构建城市基础底座、服务场景多元化和建立高质量运维机制方向演进。随着产业实践的深入推进，城市侧建投主体对路侧感知基础设施的定位逐步清晰，即在处理好成本投入和效益产出关系的前提下，充分兼顾汽车、交通、城市治理等各方需求，将路侧感知作为城市智能化基建的共性底座，优化道路建设的系统效能。围绕智能网联汽车、智慧交通、城市治理等不同服务对象需求，路侧感知的能力边界也逐步从事件检测向目标级检测追踪、精细化交通管控、城市信息模型（CIM）构建等方面拓展延伸，路侧感知的场景建设思路也逐步从早期的“低质量广撒网”向“高质量小切口”的价值探索转变。服务质量层面，车端要实现量产应用，需要路侧感知具备数据来源可靠、质量稳定、跨域一致等基本条件，但实际运行中感知系统易受极端天气、电网波动、道路施工等因素影响，性能劣化及数据服务质量波动频繁。基于路侧感知数据构建自动驾驶训练数据集的路径初步开展探索。全流程工具链建设持续

推进，高价值场景支撑能力不断增强，路侧基础设施运营商联合数据服务提供商，聚焦车企核心需求开展协同创新。一方面，基于原始数据提取高价值场景，服务于自动驾驶算法测试，我国 51Sim、智行众维（IAE）等企业已形成成熟工具链，可实现路侧数据高价值场景提取及传感器级仿真数据生成。另一方面，运用视角转换、3D 高斯等技术，将路侧视角数据转换为车端视角数据，补充原始感知数据，苏州、上海等地路侧运营商联合苏州汤元科技等技术服务方开展相关探索，通过路侧感知数据构建世界模型，进而生成车端训练感知数据。这模式具有路侧可实现不间断数据采集，有效覆盖交叉口常见长尾场景，且交通参与者信息丰富的优势，同时也面临路侧感知视野受限、跨主体/跨视角数据处理难度高等挑战，业界仍在进行技术攻关。各地建设运营主体已逐步认识到高质量、可持续的常态化运维机制，对服务量产、支撑规模商用的关键作用。无锡、北京等地已通过研发或采购专业化的运维巡检工具、建立基础设施在线监测平台及应急响应机制等，积极探索构建面向路侧感知的常态化运维体系。

（三）车联网网络能力纵深发展，全场景智能化演进加速

车联网网络服务形成双网协同、规模覆盖、分级服务、稳定可靠的行业共识，进一步向高质量发展阶段迈进。5G 网络以“城市级覆盖、分级服务、稳定可靠”为目标，实现路口等重点交通区域的全覆盖，提供 50ms@99%可靠性、100ms@99%可靠性等不同水平服

务，强化网络切换、开放网络状态等新型能力。C-V2X 直连通信网络旨在形成“规模化、标准化”的服务能力，明确网络覆盖，互联互通标准，以及典型拥堵环境下的通信能力要求。通过双网协同，形成城市级覆盖范围、性能一致、可预期、有保障的网络服务能力。中国信通院联合运营商、通信设备厂商、地方业主、车企等发布《智能网联汽车网联通信技术路线图（2025-2030）》、《车路云一体化网络建设部署指南》等，进一步凝聚跨行业共识，促进协同发展。

车联网网络技术向全场景覆盖、智能化服务方向持续演进，构建全域智能底座。智能网联汽车引入的大带宽、低时延、高可靠、业务连续性与稳定性等传输性能、场景分级差异化需求等，成为5G-A/6G、C-V2X 直连通信等新一代信息通信技术演进的重要驱动力。**直连通信能力与场景持续拓展。**国际标准化组织第三代合作伙伴计划3GPP持续推进直连通信技术标准制定，针对NR-V2X在R18阶段开展毫米波频段、非授权频段的直连通信技术、LTE-V2X和NR-V2X同信道共存的机制以及基于NR-V2X的直通链路定位技术等方面的标准化工作，以满足对于无蜂窝网络覆盖区域的通信和定位需求，以及更高传输速率和更丰富频谱资源的要求。**确定性网络成为行业重要探索方向**，通过超可靠低时延通信特性（uRLLC）、资源预留、下沉边缘计算、网络切片、站间双激活协议栈（DAPS）切换、多连接、底层协议优化等技术，实现数据稳定可靠传输，支撑远程遥控驾驶、网联辅助驾驶、网联自动驾驶等场景。**人工智能**

技术与网络融合加深，通过对网络流量数据、网络运行日志等进行建模，可精准预测车联网流量峰值，同时通过负载均衡机制，实现高优先级车联网业务通信质量的优先保障，降低因网络拥堵导致的业务中断风险。**网络开放能力进一步深化**，基于全球移动通信系统协会 GSMA OpenGateway 全球框架，可扩展车联网增强型 API 接口集，向汽车行业开放网络切片管理、毫秒级低时延保障、动态带宽分配等网络能力，提供深度个性化、定制化、灵活可变的网络服务。

电信运营商从传统通信管道提供商，向“网络即服务（NaaS）”模式转型。运营商业模式从单纯出售 SIM 卡、流量套餐，发展为按需提供定制化网络切片、边缘计算能力、连接管理平台、数据服务等，深度绑定行业业务流程。**网络能力服务化与定制化成为核心特征。**面向汽车行业数据安全存储、访问控制和合规的需求，运营商为车企提供 5G 定制网深度服务，通过网络切片实现人、车数据安全隔离和隐私保护，确保大量用户个性化数据、行为数据以及车辆驾驶、车辆状态等数据传递的独立性和安全性。**平台化服务模式发展趋势凸显**，运营商构建车联网连接管理平台，实现对海量物联网卡的全生命周期管理，并汇聚网络数据、车辆数据等，通过 API 接口开放给车企或第三方应用开发者，用于开发智能导航、预测性维护等增值服务，从而构建合作共赢的生态系统。此外，运营商为车企提供实名认证、流量内容权益运营等综合服务，拓展“流量+内容”的组合套餐，帮助车企提升用户粘性和附加值。**数据与增值服务形**

成全新业务方向。基于平台汇聚的网络数据、车辆数据等，运营商开始向车企提供大数据分析服务，帮助车企分析用户驾驶行为、车辆健康状况、流量使用模式等，为产品优化、精准营销和售后服务提供决策支持。

（四）云平台服务能力持续提质，加速适配多样化业务

云平台重点围绕车企服务平台、云控平台两类形态纵深发展。

车企服务平台聚焦服务质量提升、运营成本优化。车企服务平台以车企为建设主导者，聚焦车辆远程控制、状态监控、维护诊断、远程救援、信息娱乐等服务。应用方面，车企服务平台通过 AI 大模型与汽车场景深度融合，推动服务质量实现跃迁式升级。广汽、上汽、奇瑞等通过大模型部署至云平台，实现了语音交互、场景理解能力等场景服务能力显著提升；基础设施方面，随着车企价格战持续加剧、利润空间收窄，车企开始寻求云端“降本不降质”之策。小鹏、奇瑞等多家车企通过与华为、阿里等云厂商合作，通过云资源架构优化、智能调度算法、混合云协同等实践，节省云上资源，实现降本增效。云控平台以“分层解耦、跨域共用”原则为牵引，推进以政府为主导的系统性、标准化建设。云控平台包含云控基础平台和云控应用。云控基础平台作为标准统一、开放共享的交通基础数据中心，由边缘云、区域云、中心云三级云组成，每级云皆由一体化底座、领域标准件、标准化接口及全流程工具库组成，云控应用则是基于云控基础平台的上层应用。目前北京、重庆、无锡、苏州等

城市已依据《车路云一体化系统建设与应用指南》云控基础平台功能性能、数据交互接口、安全防护等建设要求，初步建成城市云控基础平台，智慧公交、智慧乘用车、自动泊车、城市物流、自动配送等网联辅助驾驶或自动驾驶应用已逐步落地。

云平台围绕性能提升、成本优化、安全保障等关键技术重点突破。无服务架构成为资源优化、降本增效助推器。智能网联汽车业务流量具有显著的波动特征，如高峰期数据传输、OTA 升级集中推送等，传统架构在数据采集频率、采集数量、场景支持等方面受限，且波峰波谷期间无法弹性应对数据洪峰、资源闲置等问题。无服务器架构（Serverless）通过事件驱动模式实现资源动态调配、按需计费 and 免运维等，助力车企实现成本控制。华为、火山引擎、阿里等云厂商已助力我国多家头部车企将资源利用率提升约 50%，并实现分钟级甚至毫秒级的容量扩展以应对流量高峰。多云容灾保障车云业务安全稳定性。远程控车、汽车数字钥匙等车云服务需要稳定的云环境保障业务稳定性、连续性，面对传统单云架构存在安全风险集中、全局故障等问题，长城、吉利等车企已着手推进云端同城双活、异地多活等多云容灾建设工作，降低业务长时间故障风险，保障核心业务稳定性，避免灾难级故障。

云服务商打造与车联网多样化业务需求适配的专属云服务解决方案。互联网云厂商针对智能化场景推出功能深度集成的解决方案。AI 大模型、NOA 等应用对平台在通算、智算算力资源提出数量、性

能提升的同时，对海量车、路、云数据存储处理、模型训练优化等方面提出更高的云服务保障需求。阿里云为 Momenta 提供定制化云原生计算资源，支持视觉感知 AI 能力大规模部署。腾讯车云一体化数据闭环方案提供车端数据解决方案、云基础设施、云端数据处理平台、云端智算训练平台等能力，支撑车企自动驾驶、智能座舱的功能快速迭代。电信运营商针对云控基础平台“边缘-区域-中心”多级架构，提出明确的多层算网融合方案。电信运营商通过基站侧机房，汇聚机房和数据中心机房支撑云控业务实现。基站侧机房指在 5G 基站增加算力单板，支持单向端到端网络通信时延小于 20ms 的云控边缘云业务；汇聚机房指覆盖市辖区、县级市、县等的边缘机房，支持单向端到端网络通信时延小于 50ms 的云控边缘云业务；数据中心机房指覆盖直辖市、副省级市、地级市等的边缘机房，支持单向端到端网络通信时延在 50-100ms 的云控区域云业务，并有条件支持时延小于 50ms 的云控边缘云业务；此外，针对云厂商、地方自建私有云，运营商通过提供区县级或地市级 UPF 能力，亦支持云控边缘云、区域云服务。

产业通过标准规范与技术验证双轮驱动，推动平台服务向规模化、高质量能力进阶。针对近年来由于不同车企服务平台可靠性和服务质量问题导致的故障或运维失误引发的车辆功能失效事件频发，中国信通院联合百度、火山引擎、阿里、华为等云厂商和长安、蔚来等车企及电信运营商于中国通信标准化协会(CCSA)联合开展《车

云服务平台《服务质量通用要求》标准编制，为车企、云平台等产业链各方提供清晰的技术和服务要求，引导企业从源头重视车云服务平台的架构设计与质量管控。为验证城市云控基础平台面向车端规模化、高质量数据触达成效，中国信通院联合 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、国家智能网联汽车创新中心、清华大学组织开展智能网联汽车数据规模上车技术验证活动，以红绿灯数据应用为“切口”，验证各类技术路径。同时，CCSA 也同步开展《面向交管信息服务的车联网平台数据开放服务接口及数据质量技术规范》标准编制工作，对平台开放交管信息服务的交互信息、交互接口实现及数据质量要求进行规范。异构算网能力开放与协同机制尚不成熟，关键技术仍待攻关与验证。当前智能网联汽车规模化服务面临不同车辆使用不同运营商的通信网络时，网络与 MEC 交织下的跨运营商互联互通的问题，以及车辆高速移动过程中的跨不同算力服务主体节点服务连续性切换问题，目前行业无成熟案例。为探究跨异构算网场景的可行性方案和服务质量保障情况，中国信通院联合中国移动、无锡车联网产业发展集团正在开展平台互通及协同性能测试，围绕单运营商跨地域场景、跨运营商边缘云场景、运营商和非运营商平台互通场景等开展实验验证。

四、总结和展望

以人工智能为代表的科技革命推动产业创新呈现涌现式跃迁，汽车智能化网联化协同并进的格局已然形成，而产业发展在迈向成

熟的过程中仍面临多维度挑战，在技术创新方面，车端自动驾驶算法的长尾场景适配能力仍需提升，“车-路-网-云”协同的基础技术支撑能力有待增强；在跨行业协同方面，汽车、交通管理、通信、城市建设等领域的标准统一与发展步调仍需深度磨合，支撑网联辅助驾驶和自动驾驶的路侧感知、边缘计算等基础设施建设投入巨大，而用户付费意愿与商业价值挖掘尚未形成稳定闭环，可持续盈利模式仍在探索；在规则体系与国际发展层面，国内适配自动驾驶技术发展的法规体系仍需完善，我国在全球市场推广中面临激烈的标准话语权竞争，同时日趋复杂的国际经贸环境和严格的数据跨境流动要求，也为产业出海带来挑战。

在“十五五”即将开启的关键窗口，我们需要在纷繁复杂的发展态势中坚持定力稳步推进，充分发挥我国先期全球并跑部分领跑的优势，坚持智能网联协同发展主线，以科技创新为根本动力，围绕汽车跨行业融合属性强的关键特征与痛点问题，在技术攻坚、场景落地、规则构建和全球布局上持续突破，方能行稳致远，在全球竞争中占据引领地位。

（一）坚持创新引领，夯实交叉融合技术与数据流通

一是促进交叉融合技术创新。以车用大模型轻量化部署为核心优化自动驾驶模型架构，构建适配车端算力的高效推理模型；突破“车路云一体化”技术体系中异构算力协同、动态资源调度等核心难题。前瞻布局车联网领域 5G-A/6G 预研，强化蜂窝与直连通信多网

业务协同。深化多模态感知跨域融合算法研发，实现车端视觉、激光雷达与路端毫米波雷达、摄像头的感知数据轻量化融合。同步推进车用人工智能的可信性技术研究，建立自动驾驶系统全链路安全验证框架，开展网联辅助驾驶/自动驾驶功能安全与预期功能安全等关键技术研发，针对车路云协同场景探索新型仿真测试技术，为自动驾驶技术量产储备核心理论与技术基础。

二是构建自动驾驶数据要素流通体系。突破自动驾驶高质量数据集建设关键技术，探索通过生成式人工智能技术，将车端、路端采集的高价值原始感知数据，面向不同车型配置和算法需求进行修改和泛化，生成高保真多模态自动驾驶算法训练数据集，为自动驾驶算法训练提供充足“原料”。研究可满足端到端自动驾驶算法训练、世界模型构建数据标注需求的自动化标注技术，加快自动驾驶数据闭环。加快汽车行业可信数据空间关键技术攻关和产业化落地，突破使用控制、隐私计算等关键技术在高并发交通信息数据流通中的时延控制能力，以及多模态数据高效处理能力，推动交通信息、自动驾驶等数据的跨主体高效可信可控流通。

（二）强化跨界协同，推进渗透落地与场景规模发展

一是强化跨行业协同，凝聚发展合力。加强汽车与信息通信、交通等跨行业统筹规划与协调，共同推动拟订产业发展的重大规划、政策和措施，通过技术演进路线图、应用部署指南等方式强化发展目标一致性。构建智能网联新型基础设施的共建共用机制，推动路

侧感知、边缘计算等设施的统一规划、集约部署，打破跨主体壁垒。鼓励产业链上下游企业组建创新联合体，开展芯片、算法、终端设备等核心环节的联合研发，加速技术成果产业化转化。

二是持续深化“两率”渗透，夯实基础服务底座。鼓励新增个人乘用车、公共领域车辆、营运车辆搭载 5G+C-V2X 直连通信能力，研究“两客一危”安装 C-V2X 直连通信设备可行性，制定设备安装与运维规范，提升交通安全和效率。推动道路基础设施智能化分级标准落地，开展高速公路、城市主干道的智能网联基础设施跨域连片部署，探索统一纳管运维模式，并研究基于使用量、服务类型的服务收费新模式，实现基础设施可持续运营。

三是分阶段推动应用成熟，小步快跑实现价值闭环。面向协同辅助驾驶/自动驾驶应用，积极开展算法与应用效果验证，明确路侧、网络 and 平台基础设施的技术方案与能力需求边界。面向规模化应用部署，建议以交通信号灯、交通事件信息服务、协同式自动紧急避撞场景为切口，推进交通数据与车辆数据的开放共享，打通车路云跨行业、跨主体数据流通。持续拓展智慧港口、封闭园区、矿山等特定场景的自动驾驶商业化落地，形成可复制的商业模式，逐步向开放道路延伸。

（三）完善规则体系，深化智能网联规范与国际合作

一是持续完善政策法规，深化全生命周期服务保障。标准牵引方面，用好跨行业标委协同机制，推进体系架构、接口协议、数据

格式等互联互通标准的协同制定；细化“车路云一体化”标准体系，推动算力协同、感知融合等亟需标准立项；加快驾驶自动化系统仿真、软件升级、远程操控等标准制定，适配自动驾驶技术发展需求。政策法规方面，推动修订《道路交通安全法》《机动车交通事故责任强制保险条例》等法律法规，明确自动驾驶模式下的事故责任划分、处理流程及保险细则；完善测试示范、产品准入、驾驶员资格审查等规章制度，构建自动驾驶准入和上路通行监管体系。此外，建立基于云平台的车辆网联服务测试认证体系，完善覆盖服务全生命周期的用户权益保障机制，促进应用生态开放创新。

二是强化全球化布局与合作。深度参与联合国世界车辆法规协调论坛（UN/WP.29）、国际标准化组织（ISO）、国际电信联盟（ITU）等核心机构的交流合作，积极主导或参与国际标准法规制修订，推动技术标准全球统一与互联互通。依托中欧、中德等双边合作机制及“一带一路”多边交流平台，推进技术标准、检验检测、认证等方面的国际互认，降低企业海外拓展壁垒。针对汽车数据出境需求，细化数据出境规则并发布操作指南，支持自由贸易试验区在满足底线安全的情况下制定“一般数据清单”或“负面清单”，依托可信数据空间开展数据跨境实践，便利企业海外业务发展。

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：010-62304872

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn

