

车载激光雷达技术与应用 研究报告

(2023 年)

中国信息通信研究院技术与标准研究所

2023年9月

版权声明

本报告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报告文字或者观点的，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

按载荷平台的不同，激光雷达可分为星载激光雷达、机载激光雷达、地基激光雷达、弹载激光雷达和车载激光雷达等。其中，伴随汽车进入智能时代，车载激光雷达引起了业界广泛关注，其可弥补摄像头、毫米波雷达等传统车载环境感知传感器的部分关键缺陷，被业界认为是 L3 级以上自动驾驶必备传感器。

本报告基于车载激光雷达的应用背景、技术体系、市场空间和产业体系展开研究，分析了车载激光雷达在辅助驾驶和自动驾驶等应用场景的技术需求及发展现状，梳理总结了车载激光雷达的技术路线、产品形态、市场空间和产业链现状，建议技术产业各方在技术攻关、系统研发、产业应用、生态建设、标准及测评体系建设等方面加强协作，共同推动车载激光雷达技术产业发展演进，助力我国智能驾驶持续高质量发展。

目 录

一、 汽车进入智能时代，激光雷达作用凸显.....	1
(一) 政策推动智能驾驶业务规模逐步扩大.....	1
(二) 感知传感器是智能驾驶重要应用支撑.....	2
(三) 激光雷达助力智能驾驶增强安全保障.....	3
二、 技术路线持续演进，集成能力不断增强.....	5
(一) 器件选取分支较多，模组集成趋势明显.....	5
(二) 应用算法分支繁多，算法路径尚未收敛.....	7
(三) 产品形态持续更迭，固态成为未来方向.....	8
三、 市场空间逐步提升，投资融资较为活跃.....	10
(一) 应用规模不断扩大.....	10
(二) 资本市场关注热点.....	12
(三) 市场空间增速可观.....	13
四、 产业体系相对完备，国内企业积极布局.....	14
(一) 国内企业产业链各环节积极布局追赶.....	14
(二) 市场份额逐步提升核心专利仍然受限.....	16
(三) 国内外标准体系亟需进一步完善构建.....	18
五、 总结和建议.....	19
(一) 加强关键技术攻关，提升性能降低成本.....	20
(二) 逐步收敛技术方案，完善标准规范体系.....	20
(三) 强化产业整合能力，引导生态体系建设.....	21

图目录

图 1 智能驾驶系统架构图.....	3
图 2 不同传感器之间优劣势互补.....	4
图 3 采用激光雷达的车企、智能驾驶解决方案供应商及无人驾驶车辆运营商..	5
图 4 车载激光雷达技术路线.....	6
图 5 激光雷达中游产业链视图.....	15
图 6 激光雷达下游产业链视图.....	16
图 7 全球车载激光雷达厂商市场份额统计图（2021-2022）	17
图 8 车载激光雷达制造商在自动驾驶领域的专利分布图.....	18

表目录

表 1 激光雷达光电系统组成分析.....	7
表 2 车载激光雷达应用算法.....	8
表 3 混合固态式激光雷达技术方案优劣势对比.....	9
表 4 固态式激光雷达技术方案对比.....	10
表 5 2017-2023 年搭载激光雷达的乘用车型统计	11
表 6 2016-2022 年部分汽车激光雷达企业融资历史	13

一、汽车进入智能时代，激光雷达作用凸显

（一）政策推动智能驾驶业务规模逐步扩大

国家政策及标准规范助推智能驾驶快速发展。“十四五”规划纲要提出提升智能（网联）汽车核心竞争力，加快研发智能（网联）汽车基础技术平台及软硬件系统、线控底盘和智能终端等关键部件；并且明确探索建立无人驾驶等领域的监管框架，完善相关法律法规和伦理审查规则。国家发改委等 11 部委联合印发《智能汽车创新发展战略》，在战略愿景中提出，展望 2035 到 2050 年，中国智能汽车体系全面建成、更加完善，安全、高效、绿色、文明的汽车强国愿景逐步实现，智能汽车充分满足人民日益增长的美好生活需要。标准规范方面，2021 年发布的 GB/T 40429-2021《汽车驾驶自动化分级》推荐性国家标准对智能驾驶等级进行了划分，为国内智能驾驶的发展提供了基础标准依据。2022 年 9 月，工业和信息化部及相关各方修订形成了《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）（2022 年版）》，确定了智能网联汽车标准体系建设新的原则、目标和发展愿景，提出了体系框架、整体内容及具体标准项目，明确了各项标准在智能网联汽车产业技术体系中的地位和作用。

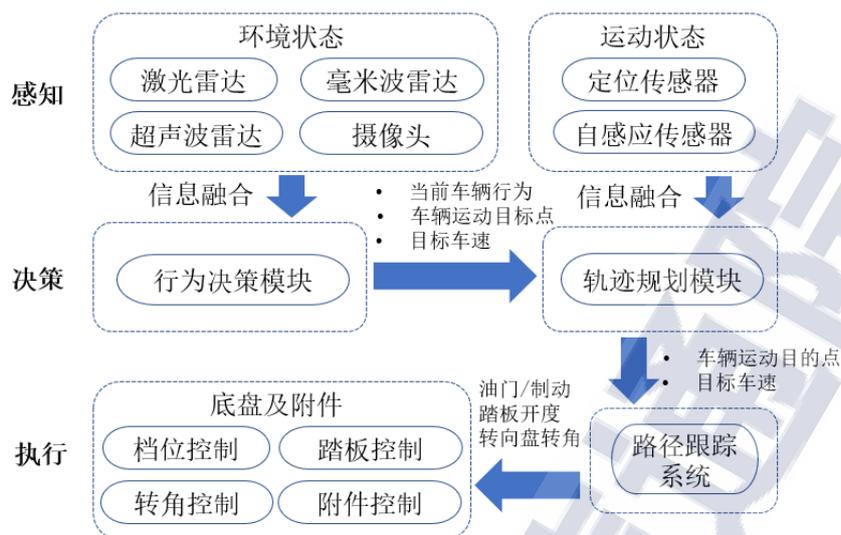
智能驾驶在乘用车的渗透率持续加深。在国家及地方政府利好政策引领下，智能驾驶市场将迎来蓬勃发展。根据《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）（2022 年版）》（征求意见稿），辅助驾驶是指 L0-L2 级驾驶自动化功能，自动驾驶是指 L3-L5 级驾驶自动化功能。我国国家智能网联汽车创新中心（CAICV）发布的《智能

网联汽车技术路线图 2.0》对智能驾驶在乘用车的渗透率进行了规划，目标是 2020-2025 年 L2-L3 级的智能网联汽车销量占汽车总销量的比例超过 50%，在特定场景和限定区域开展 L4 级车辆商业化应用；2026-2030 年，预计 L2-L3 级的智能网联汽车销量占比超过 70%，L4 级车辆在高速公路广泛应用，在部分城市道路规模化应用。

（二）感知传感器是智能驾驶重要应用支撑

智能化、网联化与平台化是智能网联汽车与传统汽车的核心区别。智能化即汽车搭载智能摄像头、激光雷达等感知终端及智能操作系统、人工智能芯片，实现超视距数据采集与自动驾驶；网联化即汽车通过车载单元与人、车、路、云全面互联，实现数据互联互通；平台化即交通管理、信息服务等涉车业务的实现逐步向云平台迁移。

感知是智能驾驶的先决条件，其探测的精度、广度与速度直接影响智能驾驶的行驶安全。智能驾驶实现系统分为感知层、决策层、执行层，见图 1。感知层通过感知传感器对环境信息和车辆信息进行采集与处理，感知信息数据提供到决策层处理分析后，执行层控制车辆完成动力供给、方向控制等动作，最终实现自动驾驶的目标。感知层包括车辆运动感知和环境感知。车辆运动感知提供车辆行驶中速度、角度及高精度定位等信息，环境感知提供车辆行驶中交通路况和车身环境等信息。运动感知的感知传感器包括自感应传感器和定位传感器。环境感知的感知传感器包括摄像头、毫米波雷达、超声波雷达和激光雷达等。感知层获取的数据可直接影响决策层的判断与执行层的操作。

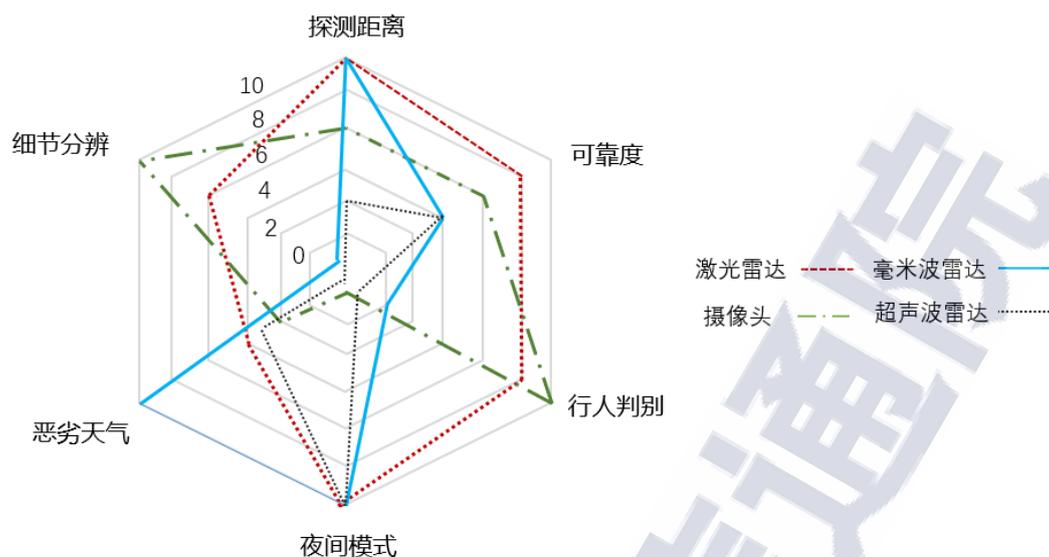


来源：中国信息通信研究院

图 1 智能驾驶系统架构图

（三）激光雷达助力智能驾驶增强安全保障

多传感器融合感知是智能驾驶环境感知的关键方案，激光雷达是摄像头、毫米波雷达与超声波雷达的有效补充。智能驾驶感知主要包含纯视觉感知和多传感器融合感知方案。纯视觉感知方案是以摄像头为主导感知外界信息，多传感器融合感知方案是以摄像头、超声波雷达、毫米波雷达及激光雷达等多种传感器协同配合来感知外界信息，不同传感器的优劣势可进行互补（见图 2）。激光雷达的环境感知精度高，激光雷达发射的光波频率比微波高出 2-3 个数量级，具有极高的距离分辨率、角分辨率和速度分辨率。激光雷达可直接获取目标的距离、角度、反射强度、速度等信息，生成目标的三维图像。激光雷达抗干扰能力较强，可弥补摄像头在强光或黑夜等场景下性能劣化的缺陷以及微波雷达对金属物体敏感在人车混杂的场景中不易识别出行人的缺陷。



来源：中国信息通信研究院

图 2 不同传感器之间优劣势互补

车载激光雷达被认为是 L3 级以上自动驾驶必备传感器。在积极拥抱智能驾驶技术发展的同时，安全冗余是人们考虑的关键要素，含激光雷达的多传感器融合方案是智能驾驶提速的安全保障。随汽车自动化水平的提升，单车激光雷达搭载数量将不断增加，L3、L4 和 L5 级别自动驾驶或分别需要平均搭载 1 颗、2-3 颗和 4-6 颗激光雷达。早期车载激光雷达成本高达几万美元，近期已下探至几百美元水平，为车载激光雷达的规模商用奠定了基础。目前，已有部分车企、智能驾驶解决方案供应商及无人驾驶车辆运营商选择含激光雷达的多传感器融合感知作为智能驾驶的核心方案，其中国内车企及无人驾驶运营商数量占优，见图 3。据 YOLE Group 统计，截止 2023 年第三季度，已有 36 家中国车企宣布使用激光雷达，预计国内将有高达 106 款搭载激光雷达的车型上市，占全球同期预计发布搭载激光雷达新车型总数量近 90%，国内激光雷达车企的数量和规模将在未来一段时间

长期领跑。



来源：公开资料整理，中国信息通信研究院

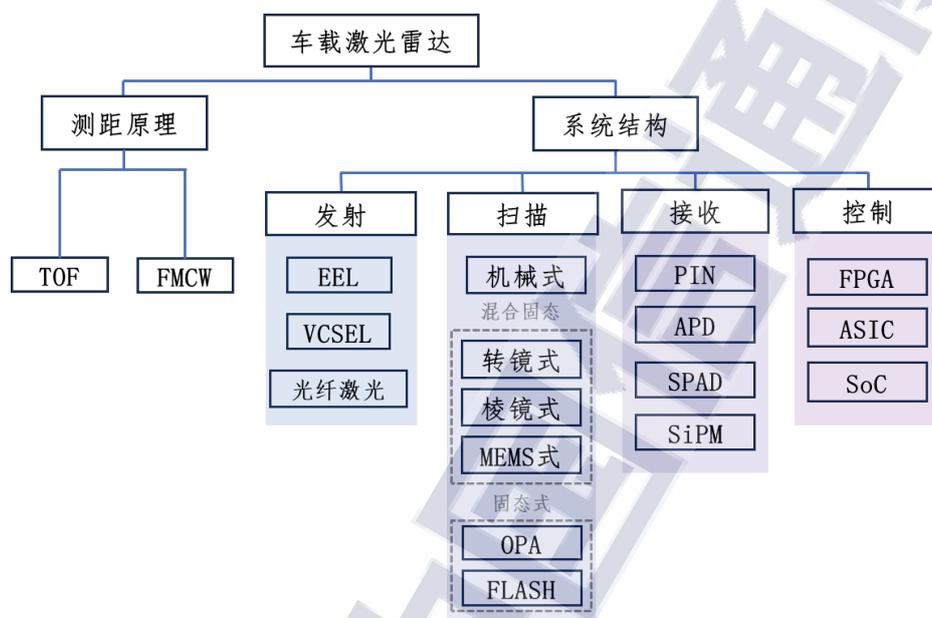
图 3 采用激光雷达的车企、智能驾驶解决方案供应商及无人驾驶车辆运营商

二、技术路线持续演进，集成能力不断增强

(一) 器件选取分支较多，模组集成趋势明显

车载激光雷达可按多种维度进行分类，技术路线众多。从工作原理上看，激光雷达分为时间飞行法 (TOF) 和调频连续波法 (FMCW) 两种测距方式；从结构上看，车载激光雷达由四部分组成，即发射激光的发射模块、对特定区域进行扫描的扫描模块、探测回光的接收模块和对点云数据进行处理并反馈的控制模块，其中各部分结构也细分不同的技术方案：发射模块的激光器按结构可分为边发射激光器 (EEL)、垂直腔面发射激光器 (VCSEL) 及光纤激光器；扫描模块的扫描部件按结构可分为机械式、混合固态式和固态式。当前混合固态式主要有转镜式、棱镜式和 MEMS 式 (振镜式) 三种技术方案，固态式主要有扫描式的光学相控阵 (Optical Phased Arrays, OPA) 和泛光面阵式 (FLASH) 两种技术方案；接收模块按探测器类型可分为 PIN 型光电二极管 (PIN)、雪崩光电二极管 (APD)、单光子雪崩二极管

（SPAD）和硅光电倍增管（SiPM）等；控制模块的信息处理芯片可分为 FPGA、ASIC 和 SoC 等，分类见图 4。不同技术路线各有优缺点，技术路径持续拓宽，各厂家对不同技术路线都有布局，技术方案尚未统一。



来源：中国信息通信研究院

图 4 车载激光雷达技术路线

光学芯片及其配套元器件集成化助推激光雷达降低成本。激光雷达光电系统的成本约占激光雷达整机成本约 70%，由激光发射模组、激光接收模组、测时模组（TDC/ADC）和控制模组四部分构成，从表 1 可知，激光收发模组在成本、体积及重量方面远高于测时模组和控制模组。通过将分立光学芯片及其配套元器件高度集成，可带来产品形态及生产工艺的跃迁、大幅度降低生产成本、快速扩充产能，完成从分立式激光雷达向集成式激光雷达的进化。随着激光雷达线数的增加，光学芯片集成化带来的优势会更加明显。

表 1 激光雷达光电系统组成分析

激光雷达光电系统组成		激光发射模组	激光接收模组	测时模组	控制模组
主芯片类型		光学芯片	光学芯片	电学芯片	电学芯片
对应分立器件模组在整机中的占比	成本	~30%	~30%	~2%	~5%
	体积	~35%	~35%	~2%	~3%
	重量	~35%	~35%	~1%	~1%

来源：公开资料整理，中国信息通信研究院

（二）应用算法分支繁多，算法路径尚未收敛

车载激光雷达算法众多，针对同一功能类别存在多种算法。应用算法按不同功能类别可分为点云分割算法、目标跟踪与识别算法和即时定位与地图构建算法三类，见表 2。点云分割算法依据数据点间距和密度等特性将点云划分为独立子集，理想情况下，每个子集均将用于一个实际存在的目标物体，且包含物体的几何与位姿特征。目标跟踪与识别算法是从点云数据中解算出探测目标的尺寸、速度、方向和类别等信息，是智能驾驶汽车进行自主路径规划与安全避障的关键技术。目标跟踪是检测具有特定特征的目标并对其跟踪；目标识别是将具有相似特征的点云归为一类，并根据此特征识别其具体类别。即时定位与地图构建算法是车辆搭载特定传感器的、在未知环境中运动时，同时完成对环境的建模和对自身运动的估计。

表 2 车载激光雷达应用算法

类别	算法名称	关键技术
点云分割算法	非模型投影法	地面投影法、虚拟像平面投影法
	聚类法	K-means、DBSCAN 和 ISODATA
目标跟踪与识别算法	检测与跟踪	物体级目标检测、栅格单元级目标检测
	分类与识别	基于全局特征提取的算法和基于局部特征提取的算法
即时定位与地图	基于滤波器的 SLAM	扩展卡尔曼滤波器、Fast SLAM 等
	基于图优化的 SLAM	位姿图优化等

来源：公开资料整理，中国信息通信研究院

车载激光雷达应用算法路径尚未收敛，缺乏统一的评判标准。智能驾驶的环境复杂多变，如何从庞杂的点云数据中准确快速地提取有效信息并进行分析判断是激光雷达应用算法开发的目标。为及时准确感知周围环境、跟踪并识别障碍物、完成智能驾驶汽车定位和行驶路径规划、保证其安全高效的行驶，车载激光雷达的数据处理应满足实时、稳定、高精度等要求。目前，应用于智能驾驶的车载激光雷达应用算法的针对性和特殊性较强，算法路径尚未收敛，且缺乏统一的标准规范和评价体系。面对各类复杂多变的智能驾驶场景，提升算法的扩展性、可移植性和自适应性尤为重要。

（三）产品形态持续更迭，固态成为未来方向

机械式激光雷达扫描模块及收发模块在雷达工作时持续运动，车规级应用受限。机械式激光雷达是由电机控制旋转，可长时间内保持稳定线性的转速，安装在车顶时可以对周围环境进行精度较高并且清晰稳定的 360 度环境重构，具有扫描速度快、精度较高、技术成熟等优势。然而，机械式激光雷达内部的激光收发模组线束多，需要复杂

的人工调教，制造周期长；可靠性差，导致难以量产；体积过大，消费者接受度不高；寿命大约在 1000 h 到 3000 h，而车规级规范要求至少 13000 h，因此难以形成车规级产品。

混合固态式激光雷达是目前主流的车规级激光雷达技术方案。混合固态式分为转镜式、棱镜式及 MEMS 式三种技术方案。转镜式是当前已经经过批量上车验证的技术方案，MEMS 式能较好地实现性能与耐久性的平衡，棱镜式激光雷达累积的扫描图案是菊花状，点云数据离散度高，相对速度控制得当，在同一位置长时间扫描几乎可以覆盖整个区域。三种方案总体上看各有优劣，如表 3 所示。目前搭载于乘用车的激光雷达以转镜式和 MEMS 式占多数。

表 3 混合固态式激光雷达技术方案优劣势对比

技术方案	优势	劣势
转镜式	<ul style="list-style-type: none"> • 可靠性高，利于车规级量产 • 成本低 • 功耗低 	<ul style="list-style-type: none"> • 长期运行后稳定性和准确度下降 • 探测角度有限 • 探测距离短
棱镜式	<ul style="list-style-type: none"> • 点云密度高 • 探测距离远 • 可靠性高，利于车规级量产 	<ul style="list-style-type: none"> • 单个雷达的视场角较小 • 对电机轴承等部件的可靠性提出了挑战
MEMS 式	<ul style="list-style-type: none"> • 运动部件少 • 体积小 • 成本低 	<ul style="list-style-type: none"> • 探测距离和视场角有限 • 寿命较短

来源：中国信息通信研究院

短期内仍将以高性能混合固态为乘用车的车载激光雷达主流，固态式是车载激光雷达未来发展的主要方向。固态激光雷达由于没有任何旋转机构，因此体积更小且稳定性更高，更容易通过车规级相关标准。固态式 OPA 和 FLASH 两种方案的对比如表 4 所示。目前对 OPA

激光雷达实现车规级量产造成挑战的技术难题主要在于其易形成旁瓣、影响光束作用距离和角分辨率，并且其采用高精度集成的微阵列芯片式设计，制作工艺难度高。对 FLASH 车载激光雷达大范围应用造成挑战的主要原因在于其探测距离小，当探测目标距离过大时返回的光子数有限，导致探测精度降低，无法准确感知目标方位。而混合固态式激光雷达目前已有较为成熟的技术方案和商用产品，通过不断的技术改进，有望占有稳定市场份额。

表 4 固态式激光雷达技术方案对比

技术方案	优势	劣势
OPA	<ul style="list-style-type: none"> • 精度高 • 扫描速度快 • 可控性好 • 抗震性能好 • 体积小 	<ul style="list-style-type: none"> • 抗环境干扰性差 • 光信号覆盖有限 • 对材料和工艺要求苛刻，加工难度大 • 目前成本较高，处于早研状态，短期较难大规模应用
FLASH	<ul style="list-style-type: none"> • 体积小 • 结构简单 • 信息量大 • 技术相对成熟 	<ul style="list-style-type: none"> • 功率密度低 • 分辨率低 • 探测距离短

来源：中国信息通信研究院

在现阶段多技术路径并行发展的态势下，全国汽车标准化技术委员会（TC114）电子与电磁兼容分技术委员会（SC29）已启动车载激光雷达的细分领域汽车行业标准如 QC/T《MEMS 型车载激光雷达》、《转镜型车载激光雷达》及《机械旋转型车载激光雷达》的研制，目前处于在研状态。

三、市场空间逐步提升，投资融资较为活跃

（一）应用规模不断扩大

激光雷达应用于辅助驾驶的规模呈增长态势，2021 年起已有多

种乘用车搭载，实际应用效果仍需市场的持续验证。随着车规级激光雷达在性能、成本、可靠性等方面优势的提升，从 2021 年开始，激光雷达应用于乘用车的规模快速增长，见表 5，覆盖了“蔚小理”等国内造车新势力车企、长城吉利等国内传统车企及宝马奔驰等国际巨头。从应用需求来看，辅助驾驶对激光雷达的外观集成度要求较高，价格相对敏感，对激光雷达供应商的算法需求高，车规化要求高。目前车载激光雷达成本较高，多搭载于中高端商用车，数量在 1 到 4 颗，但商业应用时间较短，部分车型仍处于概念车状态，并且目前“上车”的激光雷达多数处于预埋状态，未完全启用，激光雷达对汽车智能化起到的实际效用及可靠性等相关问题仍需至少 3 年的验证时间。

表 5 2017-2023 年搭载激光雷达的乘用车型统计

2017 年	2021 年	2022 年	2023 年
奥迪 A8	蔚来 ET5、 蔚来 ET7、 小鹏 P5、 长城 WEY 摩 卡、 北汽极狐 阿尔法 S 华为 HI 版、 奔驰 新款 S 级、 丰田 雷克萨斯新 款 LS、 丰田 新款 Mirai、 宝马 iX、 威马 M7、	小鹏 G9、 高合 HiPhi Z、 长城沙龙机甲龙、 吉利路特斯、 长安 阿维塔 11、 上汽飞凡 R7、 上汽智己 L7、 上汽 R-ES33、 广汽传祺 EMKOO、理想 L9、蔚来 ES7、蔚 来 EC7、哪吒 S、 奥迪 A8 2022 款、 奥迪 e-tron、奥迪	问界 M5、 星纪元 STERRA ES、星纪元 STERRA ET、红 旗 E001、红旗 E202、小鹏 G6、小鹏 P7i、 魏牌蓝山、魏牌 新摩卡、埃安 Hyper GT、领克 08、仰望 U8、吉 利睿蓝 7、合创 V09、腾势 N7、 上汽飞凡 F7

	<p>广汽 Aion LX Plus</p>	<p>A7L、大众 ID BUZZ、本田 雷克萨斯 LS、本田 Mirai、沃尔沃 XC90、沃尔沃 EX90 Lucid Air、极星 3、本田 Legend Hybrid EX</p>	
--	------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	--

来源：中国信息通信研究院

激光雷达在无人驾驶出租车、无人驾驶卡车等 L4、L5 级别自动驾驶场景正逐步深化应用。搭载激光雷达的无人驾驶出租车、无人驾驶卡车已相继在美国、中国、新加坡等多地进行道路测试及小范围运营，开始商用化转变并带来经济效益。从应用需求来看，因尚处于技术试点阶段，相比于辅助驾驶，自动驾驶相关应用对激光雷达的外观集成度要求较低，价格相对不敏感，对激光雷达供应商的算法需求低，车规化要求不高。

（二）资本市场关注热点

车载激光雷达受到资本市场广泛关注。据 IT 桔子投融资数据库统计结果显示：2020 年，全球激光雷达投融资的数量超 16 起，国内超 12 起；2021 年，全球激光雷达投融资的数量超 30 起，国内超 23 起；2022 年截至 8 月，全球激光雷达投融资的数量超 16 起，国内超 12 起。据公开资料显示，2017 至 2021 年间中国激光雷达企业融资总额超 120 亿元人民币，其中 2021 年全年激光雷达领域的投资金额达 56 亿元，同比 2020 年增涨 47.3%。2022 年激光雷达领域的市场关注

度有所下滑，2022 年国内自动驾驶领域发生融资事件 92 起，披露融资额累计达 178 亿元，对比 2021 年同期，融资起数和融资额分别下降约 30%和 60%。部分公司 2016 年~2022 年投融资情况见表 6。

表 6 2016-2022 年部分汽车激光雷达企业融资历史

公司	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Velodyne	\$150m	-	\$25m	-	\$150m*	-	\$200m
Luminar	-	\$36m	\$114m	\$100m	\$170m , \$420m*	\$154m*	\$20m
Ouster	-	\$30m	-	\$60m	\$42m	\$300m*	-
Aeva	-	\$4m	\$45m	未披露	-	\$320m*	\$200m
AEye	\$3m	\$16m	\$40m	未披露	\$30m	\$455m*	-
Innoviz	\$9m	\$73m	-	\$170m	-	\$350m*	-
速腾聚创	未披露	-	\$45m	\$38m	-	-	\$340m
禾赛科技	\$16m	\$40m	-	-	\$135m	\$370m	\$300m
图达通	-	\$30m	-	-	-	\$130m	-
*通过 SPAC 公开募资							

来源：Crunchbase 等

2020 年开始，多家激光雷达公司成功上市。2020 年，Velodyne、Luminar 在美股纳斯达克通过 SPAC 方式完成上市；2021 年，Aeva、Ouster、Innoviz、AEye 在美股纳斯达克通过 SPAC 方式完成上市，Quanergy 在纽交所通过 SPAC 方式完成上市；2022 年，Cepton 在在美股纳斯达克通过 SPAC 方式完成上市；2023 年，禾赛科技在美国纳斯达克上市。

（三）市场空间增速可观

车载激光雷达车市场潜力大。根据 Frost & Sullivan 的统计及预测，在 2025 年，无人驾驶领域全球激光雷达市场规模预计达到 35 亿美元，2019 年至 2025 年年均复合增长率达 80.9%；高级辅助驾驶市

场全球激光雷达市场规模预计达到 46.1 亿美元，2019 年至 2025 年年均复合增长率达 83.7%。根据 Yole Intelligence 预计，到 2028 年全球汽车激光雷达（LiDAR）市场将从 2022 年的 3.17 亿美元增长到 44.77 亿美元，年复增长率为 55%。

中国激光雷达市场处于高速发展阶段。据麦肯锡研究报告显示，中国将是全球最大的智能驾驶市场，到 2030 年中国智能驾驶商用车数量将达到 800 万辆。根据 Frost & Sullivan 的研究报告，2021 年中国激光雷达行业市场规模达 6.3 亿元，较 2020 年增加 2.9 亿元，同比增长 85.29%，2022 年国内激光雷达市场规模达到 26.4 亿元，同比增长超 300%，预计 2025 年我国激光雷达市场规模将达到 43.1 亿元。

四、产业体系相对完备，国内企业积极布局

（一）国内企业产业链各环节积极布局追赶

上游元器件国外企业优势明显，国内厂家积极追赶。车载激光雷达行业的上游产业链主要包括激光发射（EEL、VCSEL、光纤激光器）、激光接收（APD、SPAD、SiPM）、扫描模块（MEMS 微振镜、扫描镜旋转电机、镜头和滤光片等）及信息处理（FPGA 芯片、模拟芯片、数模转换器等），这些光学和电子元器件构成了激光雷达的基础。上游产业链以欧美日大厂商为主，国外领先厂商布局较早，产品成熟度和可靠性更高，而国内厂商起步较晚，产业规模和产品性能仍有较大提升空间，国内厂商要通过加强技术研发来加速追赶国外领先厂商。

中游激光雷达国外企业率先发展，国内厂商积极布局。车载激光雷达行业的中游产业链为集成激光雷达和软件系统提供商。激光雷达

在自动驾驶领域兴起之初，市场基本被美国的 Velodyne 垄断，且价格昂贵，随着技术的不断成熟，越来越多的中国厂商进入这个领域，当前的中游产业链视图见图 5。在软件系统方面，部分车企选择自研开发，另一部分车企选择与自动驾驶解决方案供应商合作。



来源：中国信息通信研究院

图 5 激光雷达中游产业链视图

下游应用领域国内外企业差距不断缩小。车载激光雷达的下游产业链是辅助驾驶、自动驾驶相关企业，包括无人驾驶车辆运营公司、智能驾驶解决方案供应商、出行服务提供商、辅助驾驶服务提供商及车辆网方案提供商等，产业链视图见图 6。无人驾驶车辆运营公司提供无人驾驶技术整套方案或系统，国外无人驾驶技术研究起步较早，从车队规模、技术水平以及落地速度来看，相比国内仍具有一定的领先优势。国内无人驾驶技术研究发展迅速，不断有应用试点和项目落地。据 2023 年 6 月促进新能源汽车产业高质量发展国务院政策例行

吹风会介绍，目前全国已开放智能网联汽车测试道路里程超过 15000 公里，全国范围内共有 17 个测试示范区、16 个“双智”试点城市、7 个国家车联网示范区完成了 7000 多公里道路智能化升级改造，装配路侧网联设备 7000 余套，自动驾驶出租车、无人巴士、无人物流配送等多场景应用项目正有序开展。



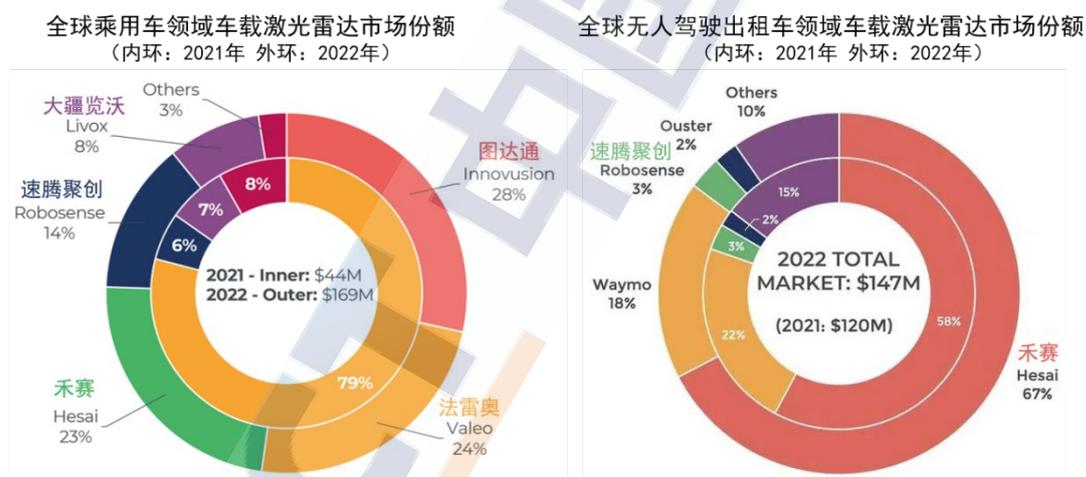
来源：中国信息通信研究院

图 6 激光雷达下游产业链视图

（二）市场份额逐步提升核心专利仍然受限

我国车载雷达厂商市场份额逐步提升。根据 YOLE Group 发布的《2022 年汽车与工业领域激光雷达应用报告》，从 ADAS（Advanced Driver Assistance System，高级驾驶辅助系统）前装量产定点数量来看，自 2018 年以来，在全球范围内官宣的 ADAS 前装定点数量大约有 55 个，其中中国激光雷达供应商占其中的 50%。禾赛科技斩获了截至目前全球 27% 的前装定点数量，排名全球第一。速腾聚创以 16% 的数量排名中国第二、全球第三。YOLE Group 近期发布的《2023 年全球车载激光雷达市场与技术报告》显示，在 2021 年的乘用车激光雷达领域，法国厂商法雷奥占据绝大部分市场份额（79%），中国厂商

大疆览沃和速腾聚创分别排名第二（7%）和第三（6%）。2022 年，乘用车激光雷达市场份额发生巨大变化，中国厂商图达通、禾赛科技和速腾聚创排名分别为第一（28%）、第三（23%）和第四（14%），而法国法雷奥跌至第二名（24%），见图 7 左侧图。该报告还预计了 2023 年全球车载激光雷达装载量方面，国内厂商禾赛科技、速腾聚创和图达通将以 46%、26%、12% 的出货数量占据全球市场的前三名。在自动驾驶出租车领域，国内厂商禾赛科技的市场份额由 2021 年的 58% 增长至 2022 年的 67%，连续两年蝉联全球第一，是第二名 Waymo（美国 Alphabet 旗下自动驾驶公司）份额（分别为 22% 和 18%）的两倍以上，见图 7 右侧图。



来源: Yole Intelligence, LIDAR for Automotive 2023

图 7 全球车载激光雷达厂商市场份额统计图（2021-2022）

我国车载激光雷达厂商专利数量可观，但部分核心专利被国外厂商掌握。根据专利分析机构 Knowmade 数据，禾赛、速腾聚创等我国激光雷达制造商专利数量相对领先，见图 8。然而因国外厂商在激光雷达领域起步较早，率先进行了关键技术专利布局，如核心专利“558

专利”为美国激光雷达公司 Velodyne 所持有，以及“936 专利”为美国自动驾驶公司 Waymo 所持有。



来源： KnowMade, LiDAR for Automotive Patent Landscape 2022

图 8 车载激光雷达制造商在自动驾驶领域的专利分布图

（三）国内外标准体系亟需进一步完善构建

车载激光雷达的国内标准规范制定尚处于初期阶段。在高速增长的市场需求和产业发展态势下，国内正积极开展车载激光雷达的标准规范研制工作，但有待加强各级技术标准的协同规划和统一规范。除前文提及的三项 QC/T 汽车行业标准外，中国汽车工程学会、中国汽车工业协会等机构已发布或在研部分团体标准，如《智能网联汽车激光雷达点云数据标注要求及方法》、《智能网联汽车激光雷达感知评测要求及方法》、《车载激光雷达检测方法》等；2022 年 12 月，中国质量认证中心(CQC)研发并推出了车载激光雷达 CQC 标志认证业务，其依据标准是中国汽车工业协会发布的团标 T-CAAMTB 58-2021《车

载激光雷达检测方法》。在国家标准方面，2023 年 3 月，全国汽车标准化技术委员会提交的 4 项重要智能网联汽车领域国家标准项目正式获批立项，其中《车载激光雷达性能要求及试验方法》将规范激光雷达点云性能、激光安全、车规环境可靠性等要求，目的是建立统一的测试评价方法，保障车载激光雷达系统的安全性与可靠性，为激光雷达装车匹配提供标准依据。

我国需重点加强车载激光雷达的国际标准体系构建。近期，车载激光雷达正步入国内和国际标准化协同推进的快车道，有利于为汽车主机厂和激光雷达厂商在前装量产合作上提供统一参考基准。2023 年 7 月，在国际标准化组织道路车辆委员会电气、电子部件及通用系统分技术委员会 (ISO/TC22/SC32) 的工作会上，我国禾赛科技等企业介绍了联合牵头立项的 ISO/PWI 13228《道路车辆激光雷达试验方法 (Road vehicles—Test method for automotive LiDAR)》等三项国际标准的最新研究进展，这是我国首次牵头汽车雷达领域的 ISO 国际标准，有利于树立我国企业在车载激光雷达领域的国际主导地位。我国主管部门和产业各方需积极规划并协同推动建立国内国际标准体系，全面推进我国激光雷达技术和产业健康持续发展。

五、总结和建议

智能（网联）汽车是全球汽车产业发展的战略方向，是我国实现汽车产业转型升级的战略举措，是实现汽车强国的必由之路。激光雷达是智能驾驶实现环境感知的核心传感器之一，被业界认为是 L3 级以上自动驾驶必备传感器。目前，激光雷达处于高速发展阶段，技术

路线分支多，尚未形成明显收敛，市场空间广阔，在产业链的上下游，出现了一批优秀的国内企业，产业链成熟度逐渐提高，产业生态逐步完善。

立足“十四五”发展时机，把握智能驾驶产业发展的窗口期，加快推进智能汽车感知部件的高速发展，业界各方需在关键技术、标准规范、产业基础和应用生态等多个方面协同推进，持续推动车载激光雷达高质量发展。

（一）加强关键技术攻关，提升性能降低成本

加强车载激光雷达在核心器件、硬件平台、应用算法、系统优化等方面的研发投入，通过对光源、探测器、扫描固件、处理算法等系列关键技术的攻关突破，提升车载激光雷达的探测距离、测量精度、分辨率、扫描速率、响应时间等核心参数，改善激光雷达在适应恶劣天气、复杂路况、信号干扰等环境中的工作性能，并通过工艺优化等方式实现固件寿命提升和制造成本降低，从而推动激光雷达在车载领域的广泛应用。

（二）逐步收敛技术方案，完善标准规范体系

目前，车载激光雷达产品处于多技术路线并进状态，路线分支过多将带来重复开发、资源浪费和市场碎片化等问题，将对形成规模优势和统一技术标准带来挑战，特别是硬件设计方案、数据处理算法等需适度收敛。另一方面，车载激光雷达的标准体系尚不完善，需进一步从整机系统、硬件模块、软件平台的功能性能、测试评价、安全可靠等方面健全车载激光雷达的国家和行业标准，并积极推动国内标准

与国际标准兼容接轨，以促进激光雷达产品的规范化标准化发展，保障车载激光雷达系统的安全性与可靠性。

（三）强化产业整合能力，引导生态体系建设

车载激光雷达中的部分光电芯片器件，与光通信用光电芯片器件存在交叉，可通过与光通信等领域共享我国产业链、协同攻关等方式，充分利用已有产业基础，如上游半导体材料、III-V 族和硅基光电子工艺平台等，在加快研发进度、降低产品成本的同时，补齐产业链短板、降低关键光电芯片器件的对外依存度。此外，应推动业界相关方和产业链上下游聚焦共识、协作创新，在应用算法等多方面打造应用生态体系，构建具有国际竞争力的产业集群，促进产业结构优化升级和协调发展。

中国信息通信研究院 技术与标准研究所

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-62300112

传真：010-62300123

网址：www.caict.ac.cn

