

自动驾驶背景下中国车载智能传感器产业发展安全建议

米菽, 薛颖, 房超*

启元实验室, 北京 100089

摘要 车载智能传感器作为自动驾驶感知层的关键硬件, 在军事无人地面车载系统和民用车辆自动驾驶领域都有重要应用, 严重关系到中国国防安全和工业化发展。近几年, 来美国发布了芯片和软件相关的出口管制措施, 严重影响了中国车载智能传感器的产业发展安全。目前自动驾驶正处在L2到L3级的过渡阶段, 抓住这个技术过渡期有可能使中国车载智能传感器产业实现弯道超车, 打破欧美国家在车载智能传感器领域的垄断地位。概述了自动驾驶背景下车载智能传感器的发展态势, 详细分析了影响中国车载智能传感器产业发展安全的重大挑战, 并提出了应对产业发展安全的相关建议。

关键词 自动驾驶; 智能传感器; 产业发展安全

智能传感器的应用主要集中在消费电子、汽车电子、工业电子和医疗电子4大领域, 其中汽车电子是中国市场规模最庞大的应用领域, 也是未来智能传感器发展的主赛道。随着汽车应用需求转向自动化和智能化, 车载智能传感器的发展也被带动进入加速期。

车载智能传感器是自动驾驶和无人驾驶得以实现的前提和基础, 既关系到未来军用无人地面车辆的使用范围, 也关系到民用车辆自动驾驶功能的普及。目前, 中国车载智能传感器国产化率较低,

特别是其集成的高端芯片几乎全部依赖进口。2020年, 美国将“用于自动分析地理空间图像的软件”列入管制范围, 导致车载摄像头产业直接受到影响; 2022年, 美国商务部工业和安全局发布了“限制高性能的运算芯片和储存芯片出口中国”的严格管制措施, 更大范围地影响了各类车载智能传感器的产业发展。美国上述行为会严重影响中国车载智能传感器产业升级, 制约中国自动驾驶技术、无人车技术及智慧交通的发展, 影响中国未来的国防安全和汽车产业安全。

收稿日期: 2022-12-15; 修回日期: 2023-02-21

基金项目: 中国工程院咨询研究项目(2022-HZ-03-04)

作者简介: 米菽, 研究员, 研究方向为战略规划, 电子信箱: mishu@qi Yuanlab.com; 房超(通信作者), 研究员, 研究方向为高新技术战略, 电子信箱: fangchao@qi Yuanlab.com

引用格式: 米菽, 薛颖, 房超. 自动驾驶背景下中国车载智能传感器产业发展安全建议[J]. 科技导报, 2023, 41(6): 62-67; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.06.007

1 自动驾驶背景下车载智能传感器发展态势

智能传感器是将传感器与微处理器相结合,同时具有信号监测和信息处理功能的传感器。相比于传统传感器,具有精度高、分辨率高、可靠性高、自适应性强、性价比高等特点^[1]。普通家用轿车上会安装几十到近百只传感器,传统传感器主要用于汽车各系统控制,而智能传感器则主要应用于自动驾驶系统,在自动驾驶状态下充当其“眼睛”。车载智能传感器主要包括车载摄像头、毫米波雷达、激光雷达和超声波雷达4种^[2-3],其中,前3种主要运用于车辆行驶过程中的态势感知,超声波雷达只

用于辅助倒车系统。因此,本研究主要就前3种智能传感器进行具体分析。

这3种智能传感器各有优缺点,性能相辅相成。车载摄像头是实现众多预警、识别类高级驾驶辅助系统(ADAS)功能的基础,能够识别丰富的环境信息^[4];激光雷达功能强大,探测精度高,可获得周围空间的点云数据,在自动驾驶中有两个核心功能:三维的环境感知和即时定位与地图构建(SLAM)加强定位^[5];毫米波雷达通过发射和接收毫米波,从而得到物体的距离,并能够获得目标的速度信息,提供变道辅助、自主控制车速、碰撞预警等帮助,实现自适应巡航功能^[6]。3种车载智能传感器的具体性能对比如表1^[7]所示。

表1 车载摄像头、激光雷达、毫米波雷达的性能对比

| 类别 | 最远探测距离/m | 精度 | 抗干扰能力 | 功能 | 优势 | 劣势 |
|-------|----------|----|-------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 车载摄像头 | 50 | 一般 | 一般 | 车道偏离预警,前向碰撞预警,交通标识识别 | 成本低,可识别物体 | 必须依靠光线,极端天气可能失效,难以测量精准距离 |
| 毫米波雷达 | 250 | 较高 | 较低 | 自适应巡航,自动紧急制动 | 不受天气影响,探测距离远,精度高,可获得速度信息 | 对金属敏感,难以探测行人,缺少高度信息 |
| 激光雷达 | 300 | 极高 | 较高 | 建立周围环境的实时三维模型 | 精度极高,只有激光雷达可以建立实时三维模型 | 受恶劣天气影响,成本极高 |

根据人车融合的程度,自动驾驶分为手动驾驶(L0级)、辅助驾驶(L1级)、部分模块自动化(L2级)、特定条件下自动化(L3级)、高度自动化(L4级)以及完全自动化(L5级)6个等级^[8]。等级越高,驾驶员介入程度越低,车辆自主性要求越高,车辆对周围环境感知的精准度和响应速度的要求也就越高,相应地对车载智能传感器的需求也就有所不同。L1~L3级使用的主要车载智能传感器由毫米波雷达和摄像头相互搭配;L4、L5级对激光雷达的需求增加,其中L5级一般会以激光雷达为主,搭配多种智能传感器融合。从全球范围看,车载智能传感器产业仍处在初期发展阶段。目前,民用汽车自动驾驶主要处在L2到L3级的过渡阶段,市场主流智能传感器依旧是毫米波雷达和车载摄像头,但从

2022年开始,已有部分整车厂开始装载激光雷达,2022年被称为“激光雷达元年”^[9]。未来市场中激光雷达的需求将逐步增加,毫米波雷达也将由短距离雷达(频率24 GHz)为主逐步转变为长距离雷达(频率为77 GHz)为主。中国可抓住这个技术过渡时期加快车载智能传感器产业发展,实现车载智能传感器产业的弯道超车,打破欧美国家在该领域的垄断地位,在“卡脖子”关键技术方面形成突破。

2 影响车载智能传感器产业发展的重大挑战

中国是车载智能传感器领域的后起之秀,发展水平总体上与欧美国家还有一定的差距,但在产业

结构上形成了完整产业链,并在某些特定环节达到了世界领先水平。与中国车载智能传感器产业发展安全息息相关的重大影响因素主要包括国家规划、市场需求、产业结构3项。在这3个要素中,车载智能传感器的整体发展态势不均衡,既有正向机遇也面临逆向重大挑战。其中,市场需求方面存在正向机遇。中国汽车应用市场庞大,自动驾驶产业处在快速上升期。百度在线网络技术(北京)有限公司、上海汽车集团股份有限公司、中国第一汽车集团有限公司、比亚迪股份有限公司、华为技术有限公司、小米科技有限责任公司等企业相继进入自动驾驶领域,呈现出传统车企、互联网企业竞相角逐的局面。可以乐观地预测,中国自动驾驶的市场潜能巨大、发展空间巨大。随着汽车智能化、电动化趋势推进及发展,车载智能传感器作为自动驾驶关键技术整体规模也将快速扩张。然而,产业结构和国家规划层面还面临诸多挑战需要持续攻克,主要集中在以下3个方面。

1) 3种主流车载智能传感器产业发展不均衡。

目前全球自动驾驶还处在L2到L3等级过渡阶段,市场需求以毫米波雷达和车载摄像头为主,但其供给主要集中于美国、欧洲和日本^[10-13]。中国毫米波雷达和车载摄像头产业规模小,国产化率较低。相比而言,中国激光雷达产业发展较好,国内企业整体技术水平处在世界第一梯队。

毫米波雷达产品在中国市场中的国产化率不足30%,特别是77 GHz毫米波雷达国产化率不足20%^[10]。国内大部分整车厂选择与国外毫米波雷达龙头企业合作。美国、德国、日本在毫米波雷达技术研究方面处于领先地位,罗伯特·博世有限公司、大陆集团、海拉集团、富士通集团、电装株式会社、安波福公司等国外巨头公司几乎垄断了毫米波雷达市场。截至2019年1月,维宁尔公司、大陆集团、海拉集团和安波福公司占据中国24 GHz毫米波雷达市场份额的89.9%以上,罗伯特·博世有限公司、大陆集团和电装株式会社占据中国77 GHz毫米波雷达市场份额的89.7%左右^[11]。这些垄断企业不仅导致毫米波雷达价格昂贵,也对中国进行了技术封锁。目前,中国市场上24 GHz毫米波雷

达产业已相对成熟,供应链相对稳定。未来市场需求主要是77 GHz毫米波雷达,其技术发展还处在起步阶段,尚未形成稳定的供应体系。然而,国内毫米波雷达企业自主研发方向依然集中于24 GHz,只有少量企业研发77 GHz毫米波雷达。这主要由于英飞凌科技公司、飞思卡尔半导体公司、意法半导体公司等芯片商没有对中国放开77 GHz雷达芯片的供应,使得中国企业缺乏稳定的芯片供应渠道,严重影响了77 GHz毫米波雷达的开发。目前,国内企业仅有少量实现了77 GHz毫米波雷达的量产,如北京行易道科技有限公司、德赛西威汽车电子股份有限公司、森斯泰克智能科技有限公司等,市场占有率较低。

车载摄像头产业整体竞争格局较为分散,松下电器产业株式会社、法雷奥集团、富士通集团、大陆集团、麦格纳国际集团排名前5,合计占全球份额的60%左右。其中,松下电器产业株式会社市场份额占20%左右,其余主要供应商的市场份额在8%~11%,未出现具备明显优势的供应商^[12]。由于车载摄像头技术门槛整体相对较低,国内企业具有较大的发展机会。凭借成本优势、服务反应速度优势等,未来市场份额有望逐步提升。

中国激光雷达产业处在世界领先水平,与欧美企业相比具有较强的竞争力。中国速腾聚创科技有限公司和览沃科技有限公司分别占整体产业规模的10%、7%,暂列全球产业规模排名第2、4位。同时,美国和欧洲企业也具有较强的竞争力,法国法雷奥集团市场份额占比最高,为28%左右,是激光雷达产业的头部企业^[9]。目前,激光雷达技术尚不成熟,应用还未普及,整体产业还处在早期高速发展阶段。在这条赛道上参与的企业众多,既有专注激光雷达的高科技初创公司,也有在传感器领域积累大量经验、资金雄厚的科技巨头。因此,激光雷达产业竞争格局还不稳定,谁能成为最后赢家还没有定数,中国企业能否保持第一梯队的产业优势还存在不小的挑战。

2) 车载智能传感器产业链结构不均衡,芯片环节是“卡脖子”环节。

车载智能传感器整体行业特点是技术壁垒较

高。产业链主要包括3个环节:上游主要是芯片企业和某些结构件的供应商,中游主要是智能传感器模块厂商和自动驾驶模块厂商,下游主要是整车厂^[13]。芯片是车载智能传感器的核心组件,对智能传感器的性能起决定性作用。随着中美贸易冲突不断升级,美国对中国高端核心芯片进行禁运和限售。而中国车载智能传感器所依赖的芯片供应商绝大部分都在国外,包括芯片制造、半导体材料、晶圆生产设备、电子设计自动化(EDA)和知识产权(IP)等,严重冲击中国车载智能传感器产业发展的安全。

中国毫米波雷达和激光雷达所用的芯片几乎100%需要进口。以毫米波雷达芯片市场为例,其主要被欧美芯片设计公司占据,如恩智浦半导体公司、英飞凌科技公司、德州仪器公司等。由于芯片环节涉及多种学科、理论、材料、工艺及现场使用条件,技术壁垒极高,国内企业很难打破欧美市场的垄断。其原因主要有3个:一是在中国车载智能传感器芯片领域起步较晚,技术积累和产业布局均落后于欧美国家;二是汽车领域芯片认证周期长、可靠性要求高,汽车级芯片需要2~3年时间完成车规认证才可进入整车厂供应链,使得整个行业集中度高,技术壁垒和现有市场格局都难以被打破;三是汽车芯片使用周期长,整车厂对芯片厂商的稳定供货能力要求高,供货周期可达5~10年,这使得汽车行业形成了一个相对封闭的供应系统。

目前,中国在芯片技术方面也取得了一些进展,清华大学、东南大学等高校在毫米波雷达芯片

领域已形成深厚积累,其中东南大学毫米波国家重点实验室已完成8 mm波段混频器、倍频器、开关、放大器等功能芯片的研制,目前正在开展单片接收/发射前端的设计与研制。企业方面,国内24 GHz/77 GHz单片微波集成电路(MMIC)关键技术也在不断获得突破,其中,由厦门意行半导体科技有限公司自主研发的24 GHz SiGe雷达射频前端MMIC套片,率先实现了国内该领域零的突破,现已实现量产和供货。2019年,加特兰微电子科技有限公司(上海)发布了首款77 GHz互补金属氧化物半导体(CMOS)车载毫米波雷达收发芯片。在国家项目、企业合作和社会资本的通力支持下,部分企业已经完成了毫米波雷达全集成核心芯片的研发,并逐步进入产业化进程。在这种科技创新的发展态势下,未来还需要3~5年才能使毫米波雷达核心芯片逐步实现部分自主可控。

3) 国家政策对产业发展的支持力度没有充分发挥。

近年来,中国大力支持汽车自动驾驶及相关零部件产业发展,为车载智能传感器行业自主创新和可持续发展创造了良好的政策环境。表2中给出了中国已经出台的涉及车载智能传感器的国家政策,可以看出,车载智能传感器目前主要还是作为自动驾驶的关键核心硬件出现在相关行业发展规划中,还没有出台车载智能传感器的专项政策规划,以致于在车载智能传感器产业发展中,政策支持力度有限,对产业引领和带动作用没有充分发挥。

表2 车载智能传感器相关国家政策

| 发布年份/年 | 发布组织 | 名称 | 主要内容 |
|--------|--------------------------|----------------------------|--|
| 2017 | 工业和信息化部、国家发展和改革委员会、科学技术部 | 《汽车产业中长期发展规划》 | 突破车用传感器产业短板 |
| 2017 | 工业和信息化部 | 《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划》 | 着重率先突破智能传感器等核心技术,在自动驾驶智能网联汽车等技术方面通过专项资金以及重大项目等措施给予支持 |
| 2017 | 国家发展和改革委员会 | 《智能汽车关键技术产业化实施方案》 | 重点加强传感器、车载芯片等产品的开发与产业化 |
| 2019 | 国家发展和改革委员会 | 《产业结构调整指导目录(2019年本,征求意见稿)》 | 明确提出智能汽车传感器等关键零部件及技术 |

3 中国车载智能传感器产业发展安全建议

针对中国车载智能传感器发展存在的主要问题,结合车载智能传感器技术发展趋势,建议从以下4个方面推进中国车载智能传感器产业快速发展,保障整体产业安全,争取以车载智能传感器为突破口,打破美欧在整体智能传感器领域中的垄断地位。

1) 利用好庞大的汽车领域应用需求,带动车载智能传感器全产业链发展。

在中国车载智能传感器产业链中,下游整车厂需求旺盛,市场规模庞大。各大整车厂创新能力较强,拥有资源广泛。应充分利用好迅速发展的自动驾驶市场需求,刺激国内上中游企业在原料芯片技术和生产制造环节持续投入研发,实现快速发展。在当前的L2到L3等级过渡阶段,鼓励整车厂采用国产车载智能传感器,提升车载摄像头和毫米波雷达的国产化率;面向未来L4到L5等级需求,提前布局,刺激激光雷达国内生产的加速应用,利用好中国激光雷达领域的领先优势,实现“弯道超车”。中国可以通过设立专项基金和增加税收优惠等方式试点扶持部分车载智能传感器供应商,引导整车厂优先与试点供应商合作。另外,地方政府也可牵头建设车载智能传感器供应商信息认证共享平台,为整车厂选择国产供应商提供便利的信息渠道。

2) 转变车载智能传感器产业的生产模式,补足产业链薄弱环节。

随着中美贸易摩擦升级,产业链断裂问题将逐步凸显并制约中国车载智能传感器的产业发展,影响产业安全。特别是车载智能传感器芯片短缺,将会加剧供应链中断、工厂停工等风险隐患。因此,布局完整产业链是中国车载智能传感器产业发展的核心路径。保证产业链的完整性是目前极为重要的任务。中国产业链上游芯片环节几乎被国外企业垄断,这是车载智能传感器产业的明显短板。针对该问题,中国可以一方面加强芯片技术研发,通过政策鼓励车载智能传感器制造商多用国有芯片,另一方面通过政策激励和资金投入鼓励车载智

能传感器公司向垂直整合制造(IDM)模式发展。从目前车载智能传感器的模块厂商逐步向芯片制造方向拓展业务。但由于中国车载智能传感器产业起步晚,短时间内形成IDM模式公司过于困难,可先通过产业集群园区的方式进行资源整合,在园区内形成类似IDM模式的全产业链集合。

3) 加强车载智能传感器政策支持。

中国作为车载智能传感器技术的后发国,应集中优势资源更好地攻克“卡脖子”技术,创造技术突破点。从国家顶层设计上讲,可以发挥政府引导作用,从行政管理层面引导优势资源聚集。抓住自动驾驶技术升级的机遇期,制定车载智能传感器产业发展专项规划,对技术薄弱环节制定针对性的政策,指导科技研发在芯片设计、多传感器融合技术等关键环节实现突破。

4) 打破军民技术共享壁垒,促进智能传感器技术军民一体化发展。

作为一项军民两用的颠覆性技术,车载智能传感器非常适合军民一体化发展。相比于民用,军事需求的技术指标更高,有利于促使车载智能传感器技术往高精尖方向发展。为此,国家可为民用企业参与军用车载智能传感器制造提供便利,促使民用车载智能传感器产业升级。结合中国国情制度,可利用国防类国家实验室作为中介对接民用企业,连接军用需求与民用技术,实现军民一体化发展。

4 结论

目前自动驾驶正处在L2到L3级的过渡阶段,抓住这个过渡时期可以使中国打破欧美国家在车载智能传感器领域的垄断地位,实现弯道超车。中国车载智能传感器的产业目前存在诸多挑战:一是3种主流智能传感器的产业发展不均衡;二是核心芯片依赖国外进口;三是缺乏针对性政策,这都严重阻碍了车载智能传感器产业健康发展。但中国具有庞大的汽车需求市场,是产业发展的正向机遇,有利于带动车载智能传感器整体技术的发展。因此,应该利用好当前汽车市场向自动驾驶转变的强烈需求,加强政策引导,转变中国车载智能

传感器产业的生产模式,补足产业链薄弱环节,促进智能传感器技术军民一体化发展,保证中国车载智能传感器产业发展安全。

参考文献(References)

- [1] 吴盘龙. 智能传感器技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2015: 6-10.
- [2] 胡凯. 关于智能传感器的汽车电子技术应用研究[J]. 时代汽车, 2020(16): 153-154.
- [3] 李克强. 智能网联汽车发展现状对策建议[R]. 北京: 世界新能源汽车大会, 2020.
- [4] 乔新丽. 汽车电子技术中的智能传感器技术[J]. 汽车实用技术, 2021, 46(18): 213-215.
- [5] Danakis C, Afgani M, Povey G, et al. Using a CMOS camera sensor for visible light communication[C]//2012 IEEE Globecom Workshops. Piscataway: IEEE, 2013: 1244-1248.
- [6] 杨艳, 高玉英. 智能网联产业链分析: 毫米波雷达成关键部件[J]. 汽车与配件, 2019(8): 71-73.
- [7] 甄先通, 黄坚, 王亮. 自动驾驶汽车环境感知[M]. 北京: 清华大学出版社, 2020: 6-21.
- [8] 严新平, 褚端峰, 刘佳仑, 等. 智能交通发展的现状、挑战与展望[J]. 交通运输研究, 2021, 7(6): 2-10.
- [9] 头豹研究院. 2022年中国新能源汽车行业研究——智能驾驶之车载激光雷达行业概览[R]. 南京: 头豹研究院, 2022.
- [10] 陈夏琳. 2019年中国雷达传感器行业概览[R]. 南京: 头豹研究院, 2019.
- [11] OFweek产业研究院. 2022年毫米波雷达行业市场研究及投资前景分析报告[R]. 深圳: OFweek产业研究院, 2022.
- [12] 前瞻产业研究院. 2023—2028年中国车载摄像头行业市场前瞻与投资战略规划分析报告[R]. 北京: 前瞻产业研究院, 2022.
- [13] 前瞻产业研究院. 2022—2027年中国汽车传感器行业市场前瞻与投资战略规划分析报告[R]. 北京: 前瞻产业研究院, 2022.

Development safety and enlightenment of China's automotive smart sensor industry under the background of autonomous driving

MI Shu, XUE Ying, FANG Chao*

Qiyuan Library, Beijing 100089, China

Abstract As the key hardware of the autonomous driving perception layer, the vehicle-mounted intelligent sensor is not only related to the military unmanned ground vehicle system but also related to the automatic driving technology of civilian vehicles, which seriously affects the national defense security and industrialization development of China. In recent years, the United States has issued export control measures related to chips and software, which have seriously affected the development and safety of China's automotive smart sensor industry. At present, autonomous driving is in the transition stage from L2 to L3. Grasping this technological transition period may enable China to achieve corner overtaking and break the monopoly position of European and American countries in the field of on-board smart sensors. This paper summarizes the development trend of vehicle-mounted smart sensors under the background of autonomous driving, analyzes in detail the major challenges that affect the development and safety of China's vehicle-mounted smart sensor industry, and puts forward relevant suggestions to deal with the safety of industrial development.

Keywords autonomous driving; smart sensors; industrial development safety ●



(责任编辑 刘志远)