
2019 年中国毫米波雷达行业概览

分析师：陈夏琳

2019 年 11 月

概览标签：毫米波雷达、自动驾驶、传感器、智能汽车、车路协同

概览摘要：毫米波雷达，是一种利用毫米波测算距离、角度和速度的雷达传感器装置，多应用于自动驾驶场景。受益于中国汽车销量不断提升及毫米波雷达装配比率的上升，2015-2018 年，中国毫米波雷达行业市场规模（按产值统计）从 1.2 亿元人民币增长至 18.8 亿元人民币，年复合增长率为 148.4%。中国自动驾驶需求上升，拉动毫米波雷达渗透率从 2015 年的 0.5% 上升至 2018 年的 18%，预计 2023 年将达到 50%，此外，车路协同在政策支持下将迎来发展良机，两因素叠加推动毫米波雷达行业发展，预计到 2023 年，中国毫米波雷达市场规模将达到 171.0 亿元。

- **中国毫米波雷达原材料进口依赖程度高，制约该行业的发展**

中国毫米波雷达原材料进口依赖程度极高，其中，硬件原材料进口依赖程度均在 95% 以上，距离原材料实现完全国产化仍需一段时间。原材料的进口依赖制约了中游产品的国产化进程，中国市场上的毫米波雷达产品超过 80% 为从进口产品或为国外头部企业在华子公司生产产品，进口依赖程度高。

- **中国毫米波雷达行业起步较晚，但已逐渐步入正轨**

中国车载毫米波雷达行业起步较晚，多数企业集中于 2014 年左右成立，行业仍处于初级发展阶段。但在国家利好政策支持下，中国华域汽车、森思泰克、湖南华纳、安智杰等企业已实现 24GHz 毫米波雷达产品大规模量产，77GHz 毫米波雷达也将在未来 1-2 年内实现量产，未来中国毫米波雷达市场将迅速发展。

- **传感器融合与内部集成两技术路线协同发展**

中国毫米波雷达行业呈现两种发展路径，一种是将毫米波雷达前端与摄像头进行融合以提升性能，另一种则是通过内部集成方式提升毫米波雷达自身性能，两种技术路线相辅相成，共同促进国产毫米波雷达性能提升。

企业推荐：

- 安智杰
- 行易道
- 智波科技

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施，追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商标、商号，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

目录

1	方法论.....	5
1.1	研究方法.....	5
1.2	名词解释.....	6
2	中国毫米波雷达行业市场综述.....	11
2.1	毫米波雷达定义与分类.....	11
2.2	中国毫米波雷达行业发展历程.....	15
2.3	中国毫米波雷达行业市场规模.....	16
2.4	中国毫米波雷达行业产业链分析.....	17
2.4.1	上游分析.....	18
2.4.2	下游分析.....	22
3	中国毫米波雷达行业驱动因素分析.....	25
3.1	自动驾驶拉动毫米波雷达需求量上升.....	25
3.2	车路协同应用前景广阔.....	26
4	中国毫米波雷达行业制约因素分析.....	28
4.1	原材料进口依赖程度高.....	28
5	中国毫米波雷达行业政策及监管分析.....	30
6	中国毫米波雷达行业发展趋势分析.....	32
6.1	“毫米波雷达+视觉传感器”融合趋势凸显.....	32
6.2	差异化需求催生内部集成方式分化.....	34
7	中国毫米波雷达行业竞争格局分析.....	35
7.1	中国毫米波雷达行业竞争格局概述.....	35

7.2	中国毫米波雷达行业投资企业推荐	38
7.2.1	深圳市安智杰科技有限公司	38
7.2.2	北京行易道科技有限公司.....	39
7.2.3	杭州智波科技有限公司.....	40

图表目录

图 2- 1 毫米波雷达距离及速度探测功能原理示意图	11
图 2- 2 毫米波雷达角度检测功能原理示意图.....	12
图 2- 3 毫米波雷达分类方法.....	13
图 2- 4 毫米波雷达工作体制对比	14
图 2- 5 24GHz、77GHz 及 79GHz 毫米波雷达对比分析，2019 年 10 月	15
图 2- 6 毫米波雷达行业发展历程，2019 年 10 月	16
图 2- 7 中国毫米波雷达行业市场规模（按产值统计），2015-2023 年预测.....	17
图 2- 8 中国毫米波雷达行业产业链	18
图 2- 9 中国毫米波雷达原材料占总成本情况，截至 2019 年 10 月.....	19
图 2- 10 GaAs、SiGe、CMOS 对比，截至 2019 年 10 月	20
图 2- 11 中国毫米波雷达下游应用情况.....	22
图 2- 12 中国车载毫米波雷达装载情况，2014-2018 年.....	23
图 3- 1 中国自动驾驶路线预测.....	26
图 3- 2 中国车路协同相关政策及项目，2016-2018 年	27
图 4- 1 毫米波雷达原材料进口依赖程度，截至 2019 年 10 月	28
图 5- 1 中国毫米波雷达行业政策，2015-2019 年.....	30
图 6- 1 毫米波雷达与摄像头在空间上的融合.....	33
图 6- 2 毫米波雷达与摄像头在时间上的融合.....	33
图 6- 3 自动驾驶下的毫米波雷达与环视融合.....	34
图 6- 4 多路雷达收发机示意图.....	35
图 7- 1 中国毫米波雷达行业代表企业，截至 2019 年 10 月	37

图 7- 2 安智杰主要产品.....	38
图 7- 3 行易道主要产品.....	40
图 7- 4 智波科技主要产品.....	41

1 方法论

1.1 研究方法

头豹研究院布局中国市场，深入研究 10 大行业，54 个垂直行业的市场变化，已经积累了近 50 万行业研究样本，完成近 10,000 多个独立的研究咨询项目。

- ✓ 研究院依托中国活跃的经济环境，从智能驾驶、ADAS、车用传感器、车路协同等领域着手，研究内容覆盖整个行业的发展周期，伴随着行业中企业的创立，发展，扩张，到企业走向上市及上市后的成熟期，研究院的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。
- ✓ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ✓ 研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。
- ✓ 研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。
- ✓ 头豹研究院本次研究于 2019 年 11 月完成。

1.2 名词解释

- **毫米波**: 波长 1-10mm、频率 30-300GHz 的无线电频谱。
- **多普勒效应**: 当声音、光和无线电波等振动源与观测者以相对速度运动时, 观测者所收到的振动频率与振动源所发出的频率不同, 当观测者靠近雷达天线时, 反射信号频率将高于发射信号频率。
- **ECU**: 电子控制单元 (Electronic Control Unit), 控制汽车工作的微机控制器。
- **MCU**: 微控制单元 (Microcontroller Unit), 是把中央处理器 (Central Process Unit) 的频率与规格做适当缩减, 并将内存 (Memory)、计数器 (Timer)、USB、A/D 转换、UART、PLC、DMA 等周边接口整合在单一芯片上的控制器。
- **窄波束**: 宽度窄的波束, 窄波束的方向性强, 相较于宽波束更易判断目标物体的具体位置, 将波束做窄是提升雷达探测精度的主要途径之一, 可通过使用有向天线和阵列天线实现。
- **FSK**: 移频键控 (Frequency Shift Keying), 信息传输中使用得较早的一种调制方式, 其优点为实现容易、抗噪声与抗衰减的性能较好, 在中低速数据传输得到了广泛的应用。
- **PSK**: 相移键控 (Phase Shift Keying), 用载波相位表示输入信号信息的调制技术, 具有噪声小的优点, 是当今通讯设备的首选方案。
- **CW**: 等幅电报通信 (Continuous Wave), 通过电建控制发信机形成短信号 “.” 与长信号 “-” 的连续声波, 具备设备简单、占用频带窄、发射频率高、发射距离远的优点。
- **FMCW**: 调频连续波 (Frequency Modulated Continuous Wave), 接收的回波频率与发射的频率变化规律相同的连续声波, 可根据首发毫米波之间的频率差来确定目标的位置及相对速度。

-
- **微带：**一种微波集成电路传输线，由介质基片上的金属导带和底面的导体接地板构成，适合制作微波集成电路。
 - **阵列天线：**由多个相同单天线（如对称天线）按一定规律排列组成的天线系统，也称天线阵，根据天线馈电电流，间距，电长度等不同参数来构成阵列，以提升辐射的均匀性。
 - **激光雷达：**通过分析发射及接收激光束的时间差计算障碍物距离的雷达传感器。
 - **超声波雷达：**利用超声波测算距离的雷达传感器装置，通过发射、接收 40kHz、48kHz 或 58kHz 频率的毫米波，根据时间差测算出障碍物距离，当距离过近时触发报警装置发出警报声以提醒司机。
 - **PCB：**印制电路板（Printed Circuit Board），又称印刷线路板，电子元器件的支撑体，是电子元器件电气连接的载体。
 - **高频板：**电磁频率高（>1GHz）的特种线路板，指用于高频率（频率大于 300MHz 或者波长小于 1 米）与微波（频率大于 3GHz 或者波长小于 0.1 米）领域的印制电路板。
 - **HEMT：**高电子迁移率晶体管（High Electron Mobility Transistor），一种具备两种不同能隙（绝缘体价带顶端和低端的能量差）的场效应晶体管，具备良好的高频特性，广泛应用于卫星电视和雷达。
 - **HMIC：**混合微波集成电路（Heterolithic Microwave Integrated Circuit），采用薄膜或厚膜技术，将微波电路制作在适合传输微波信号的基片上，再将各分立有源器件连接组装起来的集成电路。
 - **MMIC：**单片微波集成电路（Monolithic Microwave Integrated Circuit），使用半导体工艺制造无源和有源元器件的集成电路，可应用于微波及毫米波频段，相比 HMIC，MMIC 集成度高、成本低且成品率高，更适合大规模生产。
 - **GaAs：**砷化镓，应用最为广泛的半导体材料之一，其电子特性优于硅，噪音低、崩溃

压（电压出现崩溃状况的临界值）高，可用于 250GHz 等高功率场合，广泛应用与移动电话、卫星通讯和雷达系统。

- **SiGe:** 锗硅，新型半导体材料，锗硅的电子迁移率比硅高，热导性是 GaAs 的 3 倍，对微电子技术发展具有重要意义。
- **SiGe BiCMOS:** 将 SiGe 工艺与 CMOS 工艺相兼容的工艺方法，即把宽带宽、高增益、低噪 SiGe-HBT 与高密度的 CMOS 功能性逻辑阵列进行集成的技术。
- **CMOS:** 互补金属氧化物半导体 (Complementary Metal Oxide Semiconductor)，是一种大规模集成电路芯片的制作材料。
- **DSP 芯片:** 数字信号处理器 (Digital Signal Processor)，能够实现数字信号处理技术的专用集成电路，具备完整的指令系统，可同时处理大量信息。
- **哈佛结构:** 将程序指令存储和数据存储分开的存储器结构，属于并行体系结构，信号处理速度快。
- **FPGA:** 现场可编程门阵列 (Field Programmable Gate Array)，一种半定制集成电路，解决了定制电路灵活性不足问题，克服了原有可编程门阵列电路数有限的缺点。
- **ADAS:** 自动驾驶辅助系统 (Advanced Driver Assistance Systems)，利用各种传感器收集数据，进行数据分析与处理，协助驾驶者进行安全驾驶的辅助系统。
- **FCW:** 前方碰撞预警 (Forward Collision Warning)，通过毫米波雷达和前置摄像头不断监测前方的车辆相对距离、方位及速度，当探测到前方潜在的碰撞危险时，发出警报提醒驾驶员的辅助功能。
- **ACC:** 自适应巡航控制 (Adaptive Cruise Control)，依据设定的车速或者距离跟随前方车辆行驶的辅助功能。ACC 系统可根据前车速度主动控制本车行驶速度，将车辆与前车保持在安全距离。

-
- **AEB:** 自动紧急制动 (Autonomous Emergency Braking) , 汽车主动刹车的安全辅助功能。AEB 系统利用毫米波雷达测出与前车或者障碍物的距离, 利用数据分析模块将测出的距离与安全距离进行比较, 小于警报距离时就进行警报提示并进行自动制动, 从而确保驾驶安全。
 - **LCA:** 变道辅助 (Lane Change Assist) , 通过毫米波雷达、摄像头等传感器, 对车辆两侧及后方进行探测, 获取其他物体的运动信息, 并结合当前车辆的运行状态, 以声、光等方式提醒驾驶员最佳变道时机的系统, 可有效地防止变道、转弯、后方追尾等交通事故的发生。变道辅助系统包括盲点检测 (BSD)、变道预警 (LCA) 及后碰预警 (RCW) 3 个功能。
 - **MIMO:** 多输入多输出系统 (Multiple Input Multiple Output) , 采用多个发射天线的系统, 发射天线同时发射相互正交的信号, 对目标进行照射, 接收天线接收目标回波信号并对其进行综合处理, 提取目标的空间位置和运动状态等信息。
 - **V2X:** 车联网, 通过整合全球定位系统 (GPS) 导航技术、车对车交流技术、无线通信技术及远程感应技术等多种技术实现信息融合共享的系统, 可用于指导车辆规划路线、规避障碍等。
 - **车路协同:** 以路侧系统和车载系统为基础进行构建, 通过无线通讯设备实现车、路信息交互和共享的系统。
 - **自动驾驶等级:** 美国汽车工程协会和美国高速公路安全管理局共同推出的自动驾驶等级标准, L0 指由人全权驾驶的无自动化汽车, 可辅助警告和保护系统, L1 指提供方向盘或加减速辅助功能的驾驶支援汽车, L2 指部分自动化汽车, L3 指有条件自动化汽车, L4 指高度自动化汽车, L5 指完全自动化汽车, 其中, L1-L3 处于 ADAS 阶段, L4 处于 ADAS+V2X 阶段, L5 处于完全自动驾驶阶段。

-
- **OEM:** 原始设备制造商 (Original Equipment Manufacturer) , 又称主机厂, 掌握核心技术但将产品制造和生产任务通过合同订购方式委托其他同类产品厂家生产的品牌生产企业。

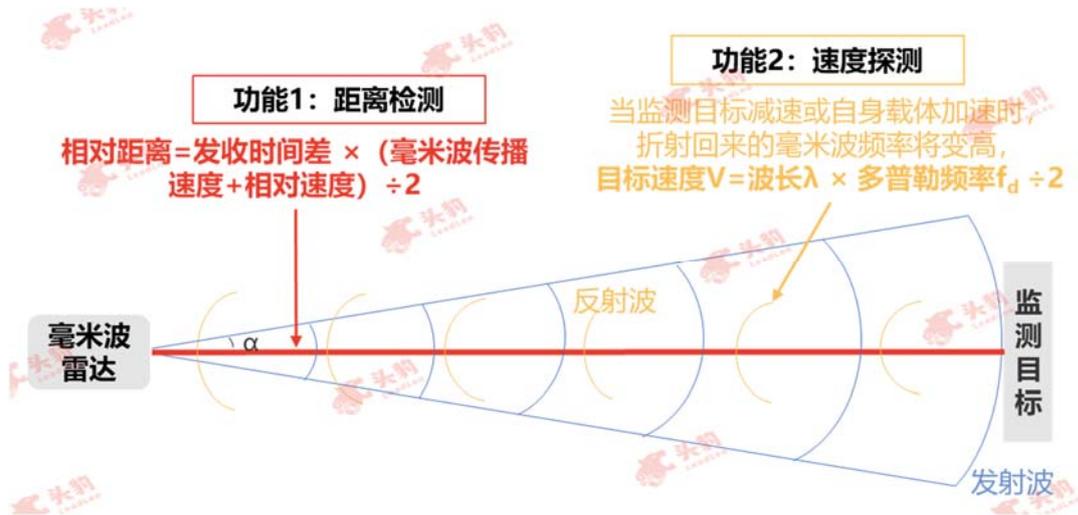
2 中国毫米波雷达行业市场综述

2.1 毫米波雷达定义与分类

毫米波雷达，是一种使用天线发射波长 1-10mm、频率 24-300GHz 的毫米波作为发射波的雷达传感器。毫米波雷达通过处理目标反射信号获取汽车与其他物体相对距离、相对速度、角度及运动方向等物理环境信息。毫米波雷达可根据所探知的物体信息对目标进行追踪和分类，电子控制单元（ECU）结合车身动态信息进行智能决策，通过声音、光线及触觉等多种传感方式告知驾驶者，或直接进行自动变速、制动处理，从而降低驾驶事故发生的概率。

毫米波雷达根据接收和发射毫米波的时间差，结合毫米波传播速度、载体速度及监测目标速度即可推算出毫米波雷达和监测目标之间的相对距离。此外，根据多普勒效应，毫米波的频率变化与其运行速度紧密相关，当传感器发出安全距离警告时，若监测目标出现减速情况，或自身载体出现加速情况时，反射波频率将变高（见图 2-1）。因此，**通过接收时间和频率的变化，毫米波雷达可检测出与目标之间的相对距离及相对速度。**

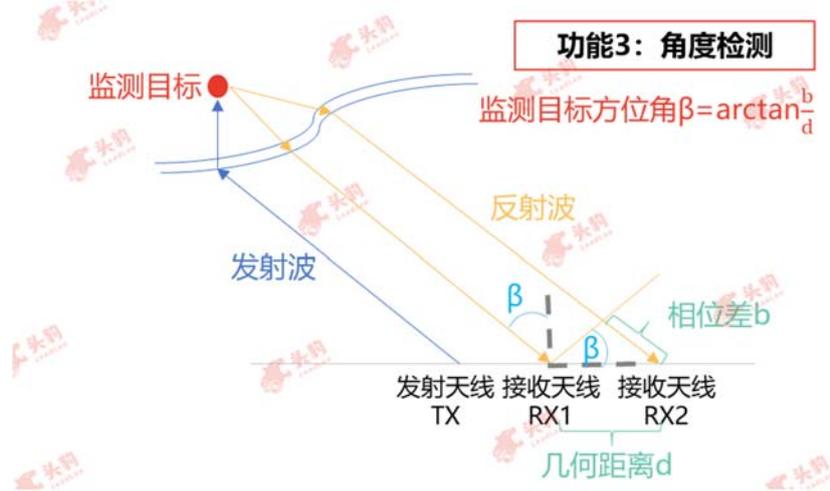
图 2-1 毫米波雷达距离及速度探测功能原理示意图



来源：头豹研究院编辑整理

毫米波雷达还可根据并列接收天线的几何距离 d 、同一检测目标反射波相位差 b 计算出被监测目标的方位角，从而**进行角度检测以确定物体具体方位**（见图 2-2）。

图 2-2 毫米波雷达角度检测功能原理示意图



来源：头豹研究院编辑整理

毫米波雷达通过毫米波检测被监测物体，是最常用的汽车雷达传感器之一，具备以下性能优势：

- (1) **集成度高，受外界环境影响小**：毫米波波长介于厘米波及光波之间，兼具微波制导和光电制导的优点，与微波导引头相比，毫米波导引头**体积小、重量轻、集成度高**，与红外导引头相比，毫米波导引头穿透烟雾能力强，且具备一定反隐身能力，可**全天候全天时**工作；
- (2) **测量精度高**：毫米波频率高，多普勒效应显著，距离和速度**测量精度高（可达厘米级别）**，此外，毫米波雷达可在小天线口径下获得窄波束，**细节分辨能力强、被截获性低、抗干扰能力强**；
- (3) **具备多目标连续跟踪功能**：毫米波雷达采取 FMCW 调频连续波，可同时监测**多个目标**，且受地面杂波影响小，可对目标进行**连续跟踪**；
- (4) **性价比优势显著**：毫米波雷达**探测距离**可达到 200 余米，且其**价格适中**（350 元左右），相较于激光雷达（探测距离：150 米左右，价格：> 10,000 元）更具

性价比优势。

毫米波雷达可根据应用方式、工作体制及频率划分为不同种类（见图 2-3）：

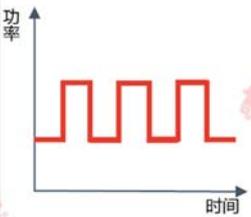
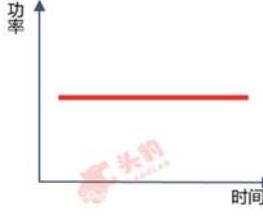
图 2- 3 毫米波雷达分类方法



来源：头豹研究院编辑整理

- (1) 毫米波雷达可根据应用方式细分为汽车毫米波雷达、制导毫米波雷达、火控毫米波雷达、对地观测毫米波雷达、近距离探测毫米波雷达及植保无人机毫米波雷达等，其中，**汽车毫米波雷达是最常见的应用方式**；
- (2) 毫米波雷达可根据工作体制分为脉冲体制毫米波雷达及连续波体制毫米波雷达，连续波体制毫米波雷达又可细分为 CW、FSK、PSK 及 FMCW，其中，**FMCW 是车载毫米波雷达最常使用的工作体制**，具有分辨率高、成本低、技术成熟、可多目标测量等优点（见图 2-4）；

图 2-4 毫米波雷达工作体制对比

工作体制	脉冲类型 (脉冲多普勒雷达)	连续波类型			
		CW恒频连续波	FSK频移键控	PSK相移键控	FMCW调频连续波
优势	测量方法简单 测量精度高 技术成熟 适用远距离目标探测	通过目标的多普勒 频移信息探测速度	可探测目标位置与 速度 探测时间短、探测 精度高	利用二相码或四相 码调制载频测量距 离和速度	可多目标探测 可探测距离与速度 分辨率高 测量距离远 成本低 技术成熟
不足	不适合短距离探测 宽度大 无法多目标同时探测	不能探测距离	难以进行多目标同 时探测	技术不成熟	线性调频度获得难 度大
毫米波 能量辐射 简图					<div style="border: 1px dashed red; padding: 5px;"> <p>车载毫米波雷达最 常用的工作体制</p> <p>应用公司：博世、富 士通天、德尔福、天 合、电装等Tier1供 应商</p> </div>

来源：头豹研究院编辑整理

(3) 汽车毫米波雷达也可根据毫米波频率细分为 24GHz、77GHz 和 79GHz 毫米波雷达 (见图 2-5)。根据美国 FCC 和欧洲 ESTI 规划, 24GHz 的宽频段 (21.65-26.65GHz) 将在 2022 年过期。且 77GHz 频段的集成度和速度测量精度更佳, 以 ACC 自适应巡航为例, 77GHz 毫米波雷达的**体积仅为 24GHz 毫米波雷达的 33.3%, 识别率是其 3 倍, 精准度则达到 24GHz 毫米波雷达的 3-5 倍**, 因此**全球范围内 77GHz 及 79GHz 毫米波雷达是主流产品**。但中国国产 77GHz 毫米波雷达产品还未实现大规模量产, 截至 2019 年 10 月, 中国毫米波雷达生产企业中只有华域汽车及森思泰克具备 77GHz 量产能力, 此外, 中国 79GHz 频率还未开放民用, 因此**中国市场上的多数毫米波雷达产品为 24GHz 毫米波雷达产品, 2018 年其市场份额占比为 51.2%**。

图 2- 5 24GHz、77GHz 及 79GHz 毫米波雷达对比分析，2019 年 10 月

频率	24GHz	77GHz	79GHz
探测距离	SRR/MRR (30-120米)	LRR (可达200米及以上)	SRR/MRR/LRR (30米以上)
探测角度	大	小	大
体积	大	天线是24GHz的33%，体积 小	小
识别精度	0.5m左右	高，可达cm级别	最高，4-8cm
车速上限	150 km/h	250 km/h	260km/h
应用场景	盲区检测BSD 车道偏离预警LDW 车道保持辅助LKA 泊车辅助PA 变道辅助LCA	自适应巡航ACC 自动紧急制动AEB 前向碰撞预警FCW 自动驾驶ADS	泊车辅助PA 开门预警DOW 盲点监测BSD 变道辅助LCA 行人碰撞监测T/RCTA
市场价格	300元左右	前向：350-450元 角雷达：250-300元	中国尚未开放民用
汽车安装位置	汽车前方、后方	汽车前方、两侧	前方、后方、两侧
2018年中国市场份额	51.2%	48.8%	0%
产品图片			

来源：安智杰官网，智波科技官网，头豹研究院编辑整理

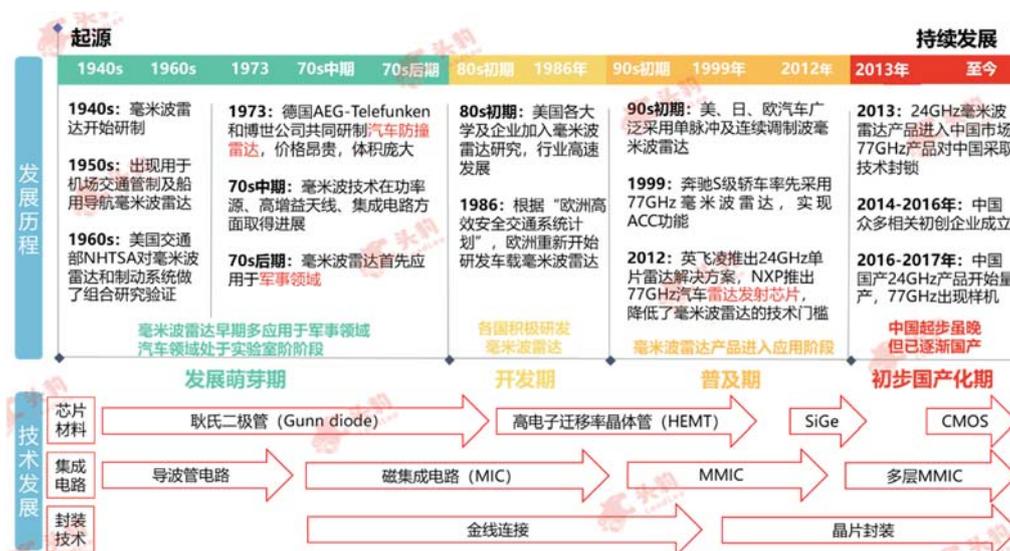
2.2 中国毫米波雷达行业发展历程

国外毫米波雷达发展历史悠久，1973 年德国首次出现汽车防撞雷达，此后汽车防撞雷达陆续在美国、日本、欧洲等国家和地区推广开来，至今为止相关国际大型雷达制造商已具备近 40 年的技术积累经验。早期的毫米波雷达采用高电子迁移晶体管（HEMT）制作集成电路，集成度低且成本高昂，直到 2012 年，英飞凌及飞思卡尔成功推出芯片级别的毫米波射频芯片，降低了毫米波波雷达的技术门槛，同时降低其制造成本，推动毫米波雷达在各领域的应用。

2013 年，24GHz 毫米波雷达产品进入中国（样品阶段），大批初创企业如安智杰、行易道、隼眼科技、承泰等均在此期间成立。2018 年，中国国产 24GHz 毫米波雷达产品

已实现大规模量产，供应链已发展成熟，但就 77GHz 毫米波雷达产品而言，因受国外大型芯片商的技术封锁，国产 77GHz 毫米波雷达产品并未实现国产化，但已有华域汽车、森斯泰克、行易道等企业成功突破技术封锁，进入样机阶段，预计将在未来 1-2 年内实现小规模量产，但距离实现大规模量产仍需完善算法及进行装车匹配实验，国产 77GHz 产品国产化仍有较长的一段路要走（见图 2-6）。

图 2-6 毫米波雷达行业发展历程，2019 年 10 月



来源：头豹研究院编辑整理

2.3 中国毫米波雷达行业市场规模

受益于中国汽车产量不断提升及毫米波雷达装配比率的持续上涨，中国毫米波雷达行业市场规模持续增长。2015年至2018年，中国毫米波雷达行业市场规模（按产值统计）从1.5亿元人民币增长至23.5亿元人民币，年复合增长率为150.2%（见图2-7）。其中，2018年中国汽车产量虽出现小幅下跌（2018年中国汽车产量为2,781.9万台，同比下降4.1%），但受毫米波雷达渗透率由2017年的10%上升至2018年的18.0%影响，行业市场规模不降反增，由2017年的14.5亿元上升至23.5亿元，同比增长62.1%。

图 2-7 中国毫米波雷达行业市场规模（按产值统计），2015-2023 年预测



来源：头豹研究院编辑整理

预计 2018 年至 2023 年中国毫米波雷达年复合增长率将维持在 48.7%，主要增长动力有以下两大原因：（1）自动驾驶需求上升，拉动毫米波雷达渗透率上升，预计 2023 年将达到 50%，此外，随着汽车自动驾驶等级的提升，单车毫米波雷达装载数量也随之提升，促进毫米波雷达市场规模上涨；（2）毫米波雷达应用广泛，车路协同在政策支持下将迎来发展良机，两因素叠加推动中国毫米波雷达行业发展，**预计 2023 年中国毫米波雷达市场规模将达到 171.0 亿元。**

2.4 中国毫米波雷达行业产业链分析

中国毫米波雷达行业产业链分为三部分：产业链上游环节参与者是射频前端(MMIC)、数字信号处理器（DSP/FPGA）、天线（高频 PCB 板）及控制电路等硬件供应商及后端软件算法供应商；产业链中游环节主体是从事毫米波雷达生产企业；产业链下游环节主体是汽车整车厂商、车路协同经营企业、无人机厂商、交管部门等（见图 2-8）。

图 2- 8 中国毫米波雷达行业产业链

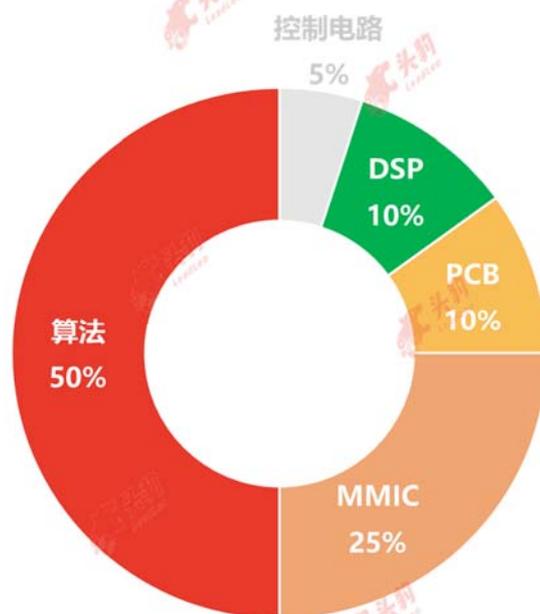


来源: 各公司官网, 头豹研究院编辑整理

2.4.1 上游分析

毫米波雷达的上游环节主体包括各硬件、软件供应商。硬件由射频前端、数字信号处理器、天线及控制电路等部分构成, 软件算法即后端算法 (见图 2-9)。

图 2-9 中国毫米波雷达原材料占总成本情况，截至 2019 年 10 月



来源：头豹研究院编辑整理

(1) 硬件（总成本占比 50%）

① 射频前端（MMIC，硬件成本占比 50%，总成本占比 25%）

前端收发组件是毫米波雷达的核心射频部分，由发射器、接收器、功率放大器、低噪声放大器、混频器、滤波器及压控振荡器 7 部分构成，起到调制、发射、接收及解调毫米波信号的作用。毫米波雷达要求前端收发组件应兼具体积小、稳定性好、成本低等特性，可通过混合微波集成电路（HMIC）和单片微波集成电路（MMIC）两种方法将前端收发组件集成化。

HMIC 存在设计难度大、成本高昂等缺陷，已逐渐被设计门槛低、性价比高的 MMIC 方法取代。早期 HMIC 所使用的材料为砷化镓（GaAs）、磷化铟（InP）等化合物半导体，存在集成度低、价格昂贵等缺点，**于 2009 年被高集成度、低成本的 MMIC 取代**。多数毫米波雷达采用 SiGe BiCMOS 技术，SiGe 高频特性良好、安全性高，但其采用分立式结构，发射器、接收器和处理组件均为独立单元，无法满足雷达传感器日益增长的小型化

需求。因而，在高集成趋势下，体积更小、集成度更高（CMOS 工艺可将 MMIC 与 MCU、DSP 集成）的 CMOS 工艺或将成为未来的主流技术，飞思卡尔、德州仪器、英飞凌等国际巨头陆续推出基于 CMOS 工艺的毫米波雷达，其中，德州仪器宣称其集成前端 MMIC、DSP 和 MCU 单芯片雷达解决方案（AWR1642）已实现大规模量产，相比于传统方案，其外形尺寸缩小 33%、功耗减少 50%、范围精度提高 10 倍以上，且整体方案成本降低 33.3%（见图 2-10）。

图 2- 10 GaAs、SiGe、CMOS 对比，截至 2019 年 10 月



来源：头豹研究院编辑整理

由于技术封锁，中国 77GHz 技术于 2015 年才开放民用，中国毫米波雷达芯片企业核心技术积累少，MMIC 供应商集中为国际企业，如飞思卡尔、英飞凌、德州仪器、安森美、意法半导体、瑞萨电子、得捷电子。但随着近两年中国集成电路产业进程的加快，中国芯片企业已逐渐布局毫米波雷达领域，2018 年厦门意行半导体自主研发的 24GHz SiGe 雷达射频前端 MMIC 套片，率先实现了中国该领域零的突破，现已实现量产和供货。此外，加特兰微电子、南京米勒、清能华波等企业也在积极研发雷达 MMIC，中国毫米波雷达核心芯片将在未来 3-5 年内逐渐实现部分国产化；

② 数字信号处理器（DSP 芯片，硬件成本占比 20%，总成本占比 10%）

数字信号处理器通过嵌入不同的信号处理算法，分析前端收集的信号获取目标信息，是保证毫米波雷达稳定性及可靠性的核心部件。

毫米波雷达的数字信号处理功能是通过 DSP 芯片或 FPGA 芯片实现的，占整个毫米波

雷达成本的 10%左右。 DSP 芯片采取程序和数据分开的哈佛结构，可快速即时处理信号，FPGA 包含大量组合逻辑资源和触发器，可完成大规模的组合逻辑电路设计和实现时序逻辑功能。DSP 芯片在复杂算法处理上具备优势，FPGA 在大数据底层算法上具备优势，因而，**“DSP+FPGA”融合在实时信号处理系统中的应用逐渐广泛。**

高端 DSP 芯片和 FPGA 芯片主要被国外企业垄断，**DSP 芯片供应商有飞思卡尔、英飞凌、亚德诺半导体、意法半导体等公司，FPGA 芯片供应商有赛灵思、阿尔特拉、美高森美、莱迪思等公司；**

③ 天线（高频 PCB 板，硬件成本占比 20%，总成本占比 10%）

天线是毫米波雷达发射和接收信号的重要组件，是其有效工作的关键设计之一。根据实践表明，当天线的长度为波长信号的 25%时，其发射和接收信号的转换效率最高，毫米波波长仅为毫米级别，因而其天线长度短，可在达到最大效率的同时减少其对汽车外观美观的影响程度；

此外，为提高产品精度，毫米波雷达可通过**微带列阵**方式将波束做窄，即将多根天线集成在 PCB 上。由于毫米波频率高，对电路尺寸精度要求高，所需印制电路板为高频板材 PCB，主要供应商为**罗杰斯、Isola、松下电工、雅龙及施瓦茨**等大型国际 PCB 生产企业。受益于 5G 产业的发展，中国**生益科技、沪电股份**等公司已实现毫米波雷达用高频 PCB 产品的技术突破，其产品性能可与国外大型企业的高端产品媲美，其中，生益科技于 2016 年实现了产品出货，年产 150 万平方米高频 PCB 板一期项目已于 2019 年 3 月试产，预计 2020 年可实现满产，届时，中国国产高频 PCB 的供应能力将大幅提升；

④ 控制电路（硬件成本占比 10%，总成本占比 5%）

控制电路根据信号处理目标信息，结合自身速度、位置等动态信息，发出执行指令，是毫米波雷达系统实现主动控制的最后一环。控制电路包含报警显示系统和启动制动系

统，占到毫米波雷达总生产成本的 5%；

(2) 后端算法 (总成本占比 50%)

毫米波雷达的数字处理算法包含列阵天线的波束形成算法、信号检测、测量算法、分类和跟踪算法，后端算法占整个毫米波雷达总成本的比例为 50%，主要包含算法开发过程中的人力及时间成本，后端算法通过中游企业自主研发实现。但毫米波雷达算法的定制属性强，不同距离、不同应用类型的毫米波雷达应用的算法差异大，因而其研发频率大、研发成本高。此外，算法是影响毫米波雷达性能的决定性因素之一，需大量测试数据支撑才可保证算法的精确度，各国企业已积累近 1,000 万公里的测试数据，相较于中国初创公司，其算法精确度和可靠度更高，但因受专利严格保护，价格昂贵。中国部分初创企业如行易道、智波科技等企业已成功开发出具备知识产权的算法，但在可靠度方面仍需大量验证，中国国产毫米波雷达后端算法仍需一段时间才可实现国产替代。

2.4.2 下游分析

毫米波雷达可应用于汽车、车路协同、无人机、智慧交通、安防等多个领域（见图 2-11），其中汽车是毫米波雷达最大的下游应用领域，占比超过 80%。

图 2-11 中国毫米波雷达下游应用情况

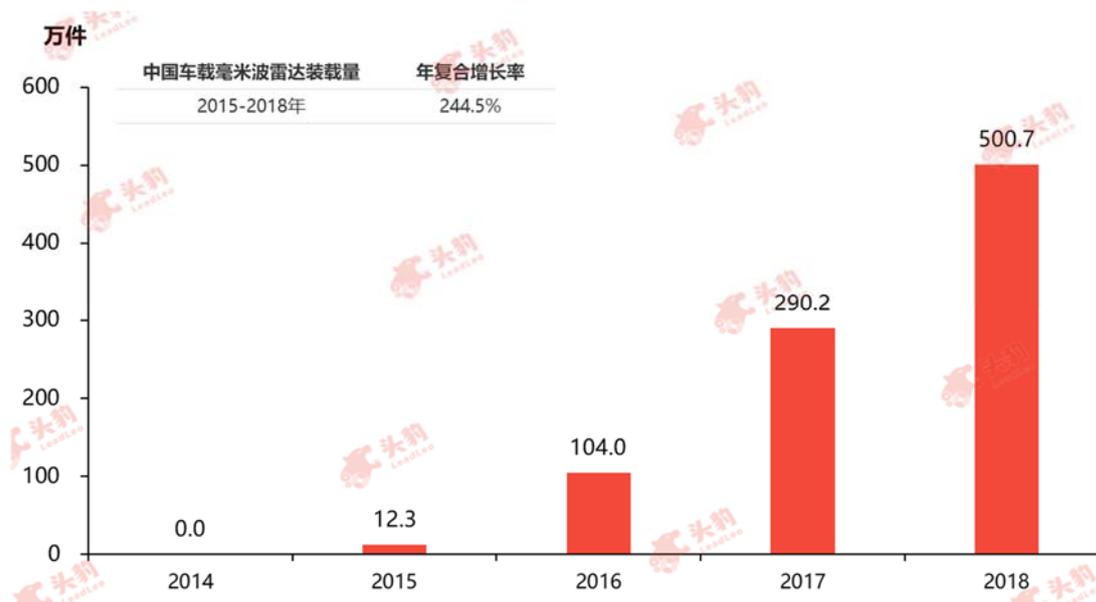


来源：日本电装官网，德国大陆官网，千方科技官网，极飞科技官网，头豹研究院编辑整理

(1) 汽车（应用占比 80%以上，应用占比最大的下游领域）

汽车是毫米波雷达应用占比最大的下游应用领域，占比超过 80.0%，也是毫米波雷达增长最快的下游应用市场。2014-2018 年中国汽车产量由 2,372.5 万辆上升至 2,781.8 万辆，年复合增长率为 4.1%，是全球最大的汽车市场。与此同时，消费者对汽车的功能需求也愈发多样化，安全性要求的提升和智能驾驶需求的提升，使得毫米波雷达装载数量也从 2015 年的 12.3 万件激增至 2018 年的 500.7 万件，同比增长 244.5%（见图 2-12）。2018 年中国汽车产量虽出现下降现象，但考虑到全年毫米波雷达渗透率仅为 18.0%，未来增长空间大，且随着自动驾驶汽车等级的提升，单车搭载毫米波雷达数量也会随之提升，未来中国车载毫米波雷达市场仍将保持快速增长。

图 2-12 中国车载毫米波雷达装载情况，2014-2018 年



来源：头豹研究院编辑整理

(2) 车路协同（附加值最高的下游领域）

车路协同是毫米波雷达附加值最高的应用领域。车路协同所使用的毫米波雷达生产成本与车用雷达持平，但售价却为车用雷达的两倍左右，销售利润空间大。车路协同是交通智能化的核心，具备政策支持，中国交通运输部公路科学研究院等国家机构积极助力中国车路协同发展，华为、阿里、百度等巨头也纷纷布局该领域，未来中国车路协同行业将迎

来新的发展机遇，将促进毫米波雷达需求量上升。

(3) 无人机

无人机应用环境相较于汽车更为复杂，其运行路径为三维立体空间且受气候影响大，因而可全天候全天时工作的毫米波雷达是其传感器的最佳选择。毫米波雷达在无人机领域的应用体现在定高和避障两个方面，其中，定高指无人机在作物上保持固定高度飞行，多应用于仿地飞行、植保无人机、自动起降与定焦摄影。此外，因无人机对毫米波雷达的探测精度、探测距离要求低于汽车，24GHz 毫米波雷达成为无人机行业最常采用的雷达传感器。

(4) 其他应用

毫米波雷达还可应用于智慧交通领域（如测速雷达、电子卡口雷达、电子警察雷达、流量监测雷达等）、军事领域（如雷达探测、导弹制导、卫星遥感、电子对抗等）、安防领域（智能门锁、区域安全警戒等）及工业领域（生产安全监测等）。

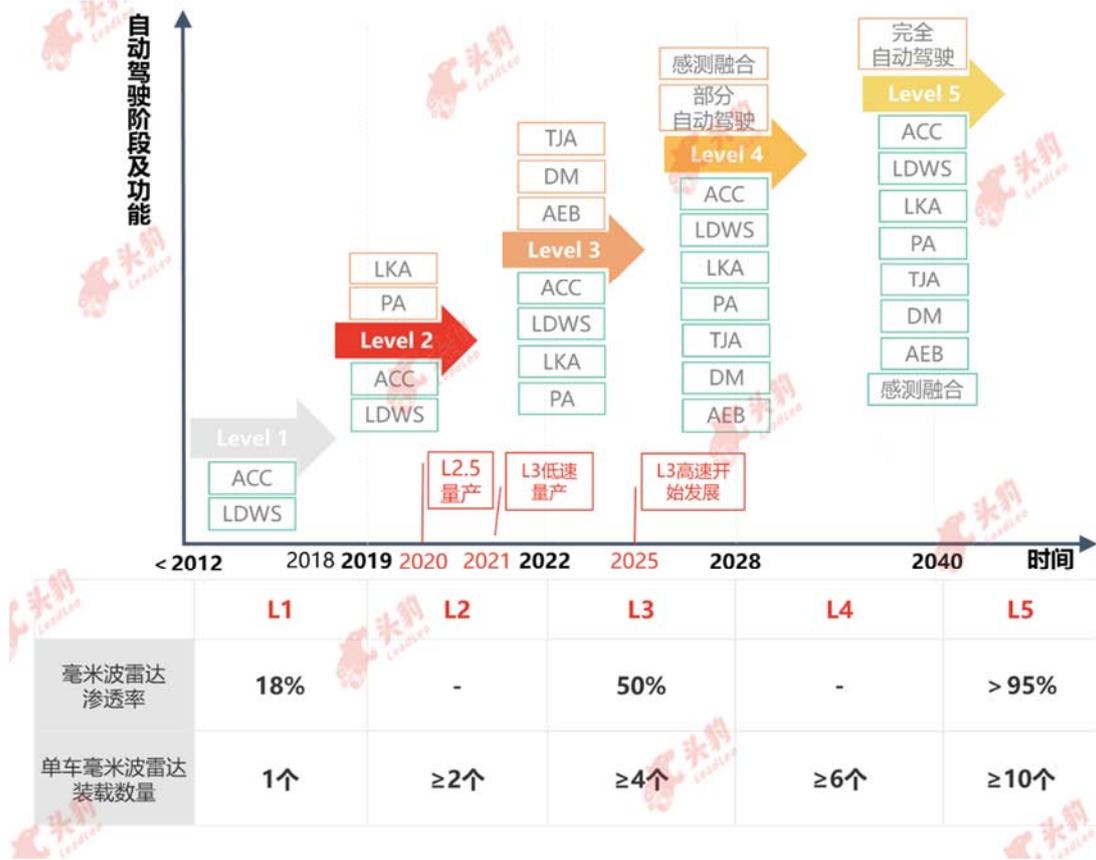
3 中国毫米波雷达行业驱动因素分析

3.1 自动驾驶拉动毫米波雷达需求量上升

C-NCAP ADAS 评价新规将促进中国毫米波雷达需求提升。为加快中国自动驾驶进程，2018 年 7 月，《C-NCAP 管理规则（2018 年版）》正式发布，C-NCAP 按照比中国现有强制性标准更严格和更全面的要求对新车型进行碰撞安全性能测试，并将包括 AEB 在内的 ADAS 功能列入评价体系。在新车评价规程的推动下，为实现 AEB、ACC、LCA 等新功能，原始设备制造商（OEMs）对汽车传感器的配备需求提升。而相较于超声波雷达，毫米波雷达测量精度高、测量维度多，相较于激光雷达，毫米波雷达价格低，综合来看，**毫米波雷达是市场上可实现 AEB、ACC、LCA 功能的性价比最高的雷达传感器。**因而，C-NCAP 将 AEB 纳入 ADAS 评价体系的规定，不仅将加快中国自动驾驶进程由现有的 L2 向 L2.5 推进，同时也将促进中国毫米波雷达推广和应用。

根据中国毫米波雷达某知名企业的某位工作多年的专家预测，**中国将于 2020 年实现 L2.5 量产，于 2021 年初步实现 L3 低速量产，2023 年中国的车载毫米波雷达渗透率将达到 50%，到 2025 年，中国将实现 L3 低速大规模应用，L3 高速也将逐步发展起来。**专家还表示，随着汽车自动驾驶等级的提升，单车毫米波雷达装载数量也将逐渐上升，如 L3 等级汽车所需的毫米波雷达数量是 L2 等级的 2 倍（见图 3-1）。自动驾驶将是毫米波雷达发展的长期驱动力。

图 3-1 中国自动驾驶路线预测



来源：头豹研究院编辑整理

3.2 车路协同应用前景广阔

根据在毫米波雷达行业 top3 企业工作 12 年的专家表示，单车智能化路线只关注人与车、车与车之间的互动，而忽视了道路的影响因素，无法覆盖复杂驾驶场景，完全依靠单车智能实现完全自动驾驶难度大。专家表示车路协同将“人-车-路”看作一个整体，从单车智能向外部环境探索，是性价比最高的自动驾驶实现路径。

车路协同可有效提高国家交通智能管控效率，同时也有利于加快自动驾驶进程的实
现。车路协同可通过更好地检测汽车流量，并通过最优化红绿灯控制，**提高道路通行效率**
(可提高 10%)，从而达到节能减排目的(可降低 10%-15%的油耗)，因而其发展属于
 国家战略层面，具备国家政策支持(见图 3-2)。此外，车路协同在车车之间、车路之间
 建立有效的信息沟通，可对智能汽车进行补助探测，有效提升自动驾驶安全性，从而推动

汽车自动驾驶等级提升。

图 3-2 中国车路协同相关政策及项目，2016-2018 年

主体	政策或项目名称	时间	联合单位	主要内容
工信部	《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》	2018-12	-	在2020年后，智能网联汽车和5G-V2X逐步实现规模化商业应用
	《智能网联汽车道路测试管理规范（试行）》	2018-04	公安部、交通运输部	对测试主体、测试驾驶人、测试车辆提出要求，明确省、市级政府相关主管部门可自主选择测试路段、受理申请和发放测试号牌
	《国家车联网产业标准体系建设指南(智能网联汽车)》	2017-12	国标委	2020年、2025年分别建立低级别和高级别的自动驾驶智能网联汽车标准体系
	LTE-V城市级示范应用	2017-09	公安部、江苏省政府	围绕无锡国家传感网创新示范区建设及智慧城市、智能交通发展需求，应用物联网、通信、智能交通等技术，旨在建成全球首个LTE-V2X城市
	安全认证机制课题	2016-10	IMT-2020 (5G) 推进组 C-V2X工作组	进行LTE - V2X和5G - V2X的技术研究、试验验证和产业与应用推广工作
发改委	《智能汽车创新发展战略》（征求意见稿）	2018-01	-	推动重大战略研究、核心技术研发、产业生态培育、基础设施建设、法规标准制订、车网运行管理、信息安全监管等重要工作
科技部	综合交通运输与智能交通专项	2018	交通部	部署自动驾驶关键技术，开展网联平台、协同式封闭场地和半开放场地示范项目
交通部	《自动驾驶封闭场地测试建设指南》	2018-07	-	自动驾驶封闭测试场地建设技术的规范性文件，认定北京、西安、重庆三家封闭测试基地
	《营运货车安全技术条件 第1部分：载货汽车》	2018-04	-	要求应用自动驾驶辅助系统、TPMS，推动AEB、DMS在重型卡车上的应用
	《全面推进智能交通发展战略合作协议》	2017-05	发改委	推进交通运输数据跨部门、跨地区、跨行业共享融合

来源：头豹研究院编辑整理

中国在 5G+V2X 技术上具备优势。2019 年 6 月 3 日，工信部发布公告称，中国 5G 产业已建立竞争优势且已具备商用基础，将为车路协同的发展提供坚实技术基础。

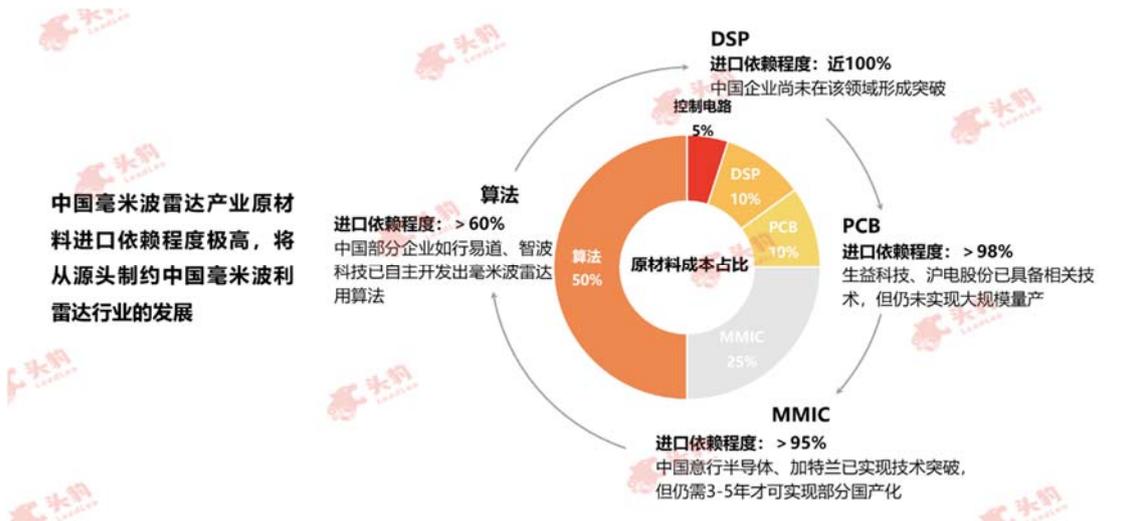
专家表示车路协同适用于 L3 高速级、L4 级及以上等高级自动驾驶等级汽车，预计中国 L3 高速级将于 2025 年左右实现初步量产，届时中国车路协同市场规模将大幅上涨。感知是车路协同系统的基础，毫米波雷达具有全天候全天时的工作效果，且价格合适，是车路协同感知系统的最佳选择，随着 2025 年中国车路协同市场的发展，毫米波雷达的需求量也将随之上涨。

4 中国毫米波雷达行业制约因素分析

4.1 原材料进口依赖程度高

毫米波雷达原材料进口依赖程度极高，其中，DSP、PCB 及 MMIC 等硬件原材料高度依赖于从美国、日本、德国等国家进口，且进口依赖程度均在 95%以上，PCB、MMIC 材料虽已实现技术突破，但尚未大规模量产，仍处于样品阶段，产品距离大规模应用仍需积累大量试验数据，距离原材料实现完全国产化仍需一定时间（见图 4-1）。

图 4-1 毫米波雷达原材料进口依赖程度，截至 2019 年 10 月



原材料高度依赖进口将从以下两方面制约中国毫米波雷达的发展：

- 上游原材料方面：**毫米波雷达核心材料均高度依赖进口，表明中国毫米波雷达行业的发展受国外牵制，一旦国外企业禁止向中国销售相关原材料产品，中国的毫米波雷达行业将有极大可能陷入停产困境；
- 下游产品方面，**出于安全、产权保护等原因，国外企业的某些芯片最新技术并未对中国开放，因而中国国产毫米波雷达产品整体技术低于国际水平，中国市

场上的毫米波雷达产品**超过 80%**为从进口产品或为国外头部企业在华子公司生产产品，进口依赖程度高；

- (3) **价格方面**，中国毫米波雷达国产化程度低，原材料需要进口，进口交易涉及中间第三方贸易商的参与，将原材料价格拉高，相关生产企业利润空间低于国外企业。

中国毫米波雷达原材料高依赖进口，一定程度上拉高了中游毫米波雷达的进口依赖程度，拉低了中国毫米波雷达生产企业的竞争力。

5 中国毫米波雷达行业政策及监管分析

中国政府通过颁布一系列政策支持毫米波雷达行业发展（见图 5-1）。

图 5-1 中国毫米波雷达行业政策，2015-2019 年

分类	政策名称	颁布日期	颁布主体	主要内容及影响
毫米波雷达政策	《产业结构调整指导目录（2019年本，征求意见稿）》	2019-04	发改委	明确提出发展智能汽车传感器等关键零部件及技术，加快发展先进制造业和现代服务业，促进制造业数字化、网络化、智能化升级，推动先进制造业和现代服务业深度融合
	《汽车产业中长期发展规划》	2017-05	工信部 发改委 科技部	突破车用传感器产业链短板，到2020年，形成若干家超过1,000亿规模的汽车零部件企业集团，到2025年，形成若干家进入全球前十的汽车零部件企业集团
	JT/T 1094-2016《营运客车安全技术条件》	2017-03	交通部	要求车长超过9米的营运客车驾驶室前面罩需要安装AEBS毫米波雷达或激光雷达装置，即加装车道偏离预警系统（LDWS）以及前碰撞预警（FCW）功能
智能汽车相关政策	《交通强国建设纲要》	2019-09	中共中央、国务院	到2020年，完成决胜全面建成小康社会社会交通建设任务和“十三五”现代综合交通运输体系发展规划各项任务，为交通强国建设奠定坚实基础
	《战略性新兴产业分类（2018）》	2018-10	国家统计局	将智能汽车系统列为战略性新兴产业，推动中国毫米波雷达行业的发展
	《智能汽车创新发展战略（征求意见稿）》	2018-04	发改委产业协调司	制定国家战略、强化技术优势、完善标准法规、营造市场环境，打造智能汽车经济运行新模式，构建数据驱动、跨界融合、共创共享的数字经济，培育经济新增长点
	《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020年）》	2017-12	工信部	提出支持车辆智能计算平台体系架构、车载智能芯片、自动即使操作系统、车辆智能算法等关键技术、产品研发，到2020年，建立可靠、安全、实时性强的智能网联汽车智能化平台
	《新一代人工智能发展规划》	2017-07	国务院	提出加快人工智能关键技术转化应用，发展自动驾驶汽车和轨道交通系统，形成中国自主的自动驾驶平台技术体系和产品总成能力
	《中国制造2025》	2015-05	国务院	明确提出到2020年要掌握智能辅助驾驶总体技术及各项关键技术，到2025年要掌握自动驾驶总体技术及各项关键技术

来源：头豹研究院编辑整理

毫米波雷达直接相关政策方面，2017年3月，交通部在JT/T 1094-2016《营运客车安全技术条件》中，明确要求车长超过9米的营运客车驾驶室前面罩需要安装AEBS毫米波雷达或激光雷达装置，即加装车道偏离预警系统（LDWS）及前碰撞预警（FCW）功能。该规定于2019年4月正式实施，标志着以运营客车为首的商用车市场正式进入AEBS发展阶段。而客车用和货车用雷达探测距离要求为 ≥ 200 米，这为中国77GHz毫米波雷达产品的发展创造了条件。2017年5月，工信部、国家发改委及科技部联合颁布《汽车产业中长期发展规划》，意图突破中国车用传感器产业链短板，到2020年，形成若干家超过1,000亿规模的汽车零部件企业集团，到2025年，形成若干家进入全球前十的汽车零部件企业集团。2019年4月，国家发改委颁布《产业结构调整指导目录（2019年本，征求意见稿）》，明确提出发展智能汽车传感器等关键零部件及技术，促进包括毫米波雷达在内的车用传感器

智能化升级。

此外，毫米波雷达最广泛的下游应用层面为智能汽车，智能汽车的蓬勃发展必将促进毫米波雷达需求的提升。中国政府通过颁布《中国制造 2025》、《新一代人工智能发展规划》、《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020 年）》、《智能汽车创新发展战略（征求意见稿）》、《战略性新兴产业分类（2018）》及《交通强国建设纲要》等一系列政策，明确提出到 2020 年中国要掌握智能辅助驾驶总体技术及各项关键技术，到 2025 年要掌握自动驾驶总体技术及各项关键技术，发展自动驾驶汽车和轨道交通系统，推动中国形成自主的自动驾驶平台技术体系和产品总成能力，从而侧面推动毫米波雷达行业的发展。

6 中国毫米波雷达行业发展趋势分析

根据在毫米波雷达行业从业 12 年，于行业头部企业担任多年研发工作的专家表示，目前中国毫米波雷达行业呈现两种发展路径，一种是将毫米波雷达前端与摄像头进行融合以提升性能，另一种则是通过内部集成方式提升毫米波雷达自身性能，两种技术路线并非对立分化的，而是相辅相成，共同促进国产毫米波雷达性能提升。

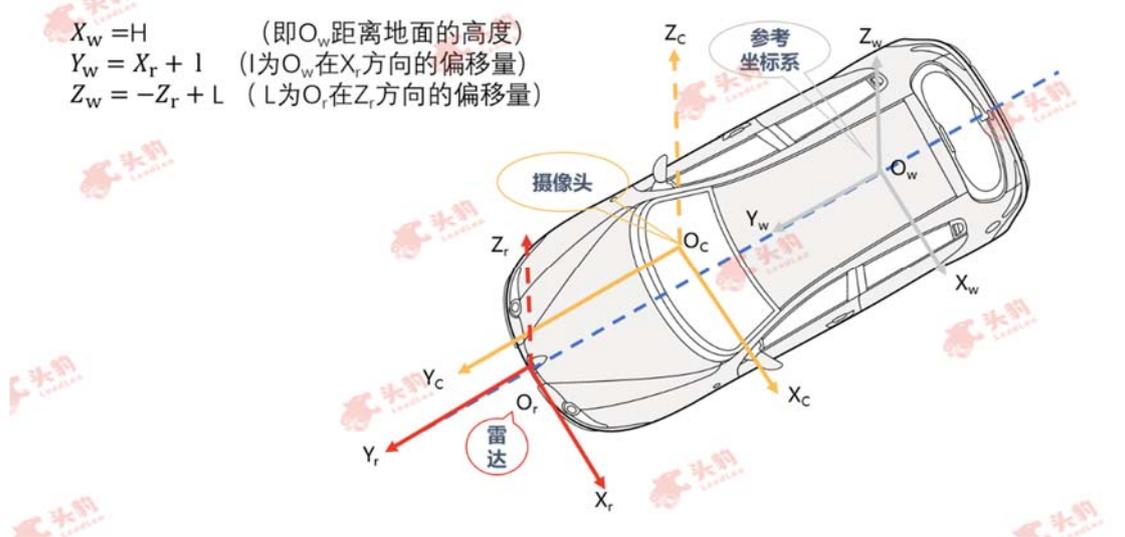
6.1 “毫米波雷达+视觉传感器”融合趋势凸显

毫米波雷达不受天气影响可全天候全天时工作，但存在分辨率低、无法区分人和物体及横向探测精准度低等缺点，而摄像头分辨率高，具备形状和颜色感知能力，且横向探测精准度高，但其不可在强光及无光线情况下工作，毫米波雷达和摄像头各有优劣，难以互相替代，只有相互融合才可保证信息充分获取，为实现自动驾驶提供安全保障。

毫米波雷达与摄像头通过空间和时间的同步实现功能融合，即在空间和时间维度匹配双方观测值并融合数据，从而优化传感器距离及速度的测量精度，提升传感效率：

(1) **空间融合**：将雷达传感器坐标系的测量值通过中间参数参考坐标系转换至摄像头对应的视觉坐标系下即可实现多传感器空间同步（见图 6-1）；

图 6-1 毫米波雷达与摄像头在空间上的融合



来源：物联网学报，头豹研究院编辑整理

(2) **时间融合：**时间融合指毫米波雷达及摄像头在时间上的同步，毫米波雷达采样帧速率为 20 帧/秒（即采样周期为 50ms），而摄像头采样帧速率为 10 帧/秒（即采样周期为 100ms），因此两者采集到的数据属于不同时刻的信息。为保证数据的可靠性，融合方案应采取多线程同步方式，如以摄像头采样速率为基准，在 100ms、200ms 等时间节点，当摄像头采取图像帧的同时选取当前时间的毫米波雷达数据（见图 6-2）。

图 6-2 毫米波雷达与摄像头在时间上的融合



来源：物联网学报，头豹研究院编辑整理

随着自动驾驶从 L2 级朝 L5 级自动驾驶发展，集成在汽车上毫米波雷达和视觉传感器数量不断增加，空间和视觉的同步使得传感器的性能提升，未来在高精地图、V2X 等设施的辅助下，“毫米波雷达+视觉”的联动发展可使其功能拓展至公路辅助、代客泊车、智能驾驶司机等更多应用场景（见图 6-3）。

图 6-3 自动驾驶下的毫米波雷达与环视融合

	L2	L3	L4/L5
应用	AEB紧急制动/FCW前向碰撞预警		
	PA泊车辅助		VA代客泊车
	LKA车道保持辅助	HA公路辅助	智能驾驶司机
毫米波雷达	 ≥1个	 ≥4个	 ≥10个
摄像头	 ≥1个	 ≥4个	 ≥8个

来源：头豹研究院编辑整理

“毫米波雷达+摄像头”融合已成为趋势，中国及海外主要毫米波雷达生产企业均布局融合技术的开发，如安波福研发的 RACam 系统融合了一个 77GHz 毫米波雷达和 1 个单目摄像头，可实现 FCW/AEB/ACC 等功能，森思泰克与海康威视开展毫米波雷达与视觉融合技术的开发，苏州豪米波正在打造像素级雷达摄像头一体机。

分辨率低、横向感知精度差的缺陷使得毫米波雷达无法满足更高等级的自动驾驶需求，通过与摄像头的融合可大幅提升其性能，拓宽其应用场景，“毫米波雷达+摄像头”的融合传感器路线已逐渐成为行业主流技术路线之一。

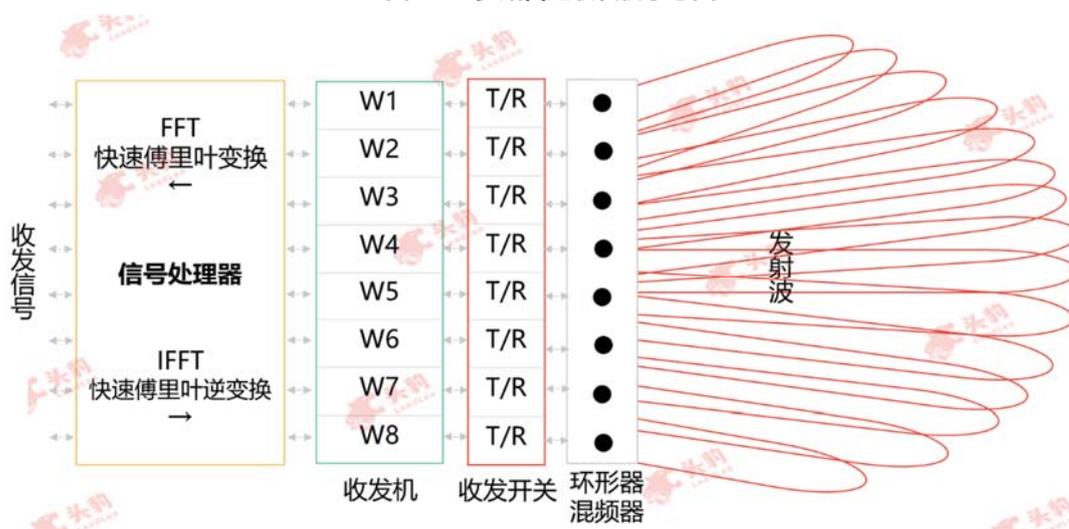
6.2 差异化需求催生内部集成方式分化

与激光雷达相比，毫米波雷达空间分辨率低，即毫米波雷达的目标具体空间位置分析能力相对较差，无法精确区分人和物体。为提高毫米波雷达的竞争能力，部分相关生产企业正在积极探索毫米波雷达内部集成技术。内部集成路线又可根据不同技术侧重点划分为重视数字模组集成度和重视收发机集成度两种路线：

(1) **重视数字模组集成度：传统整车企业**技术路线较保守，专注于 L1-L3 级辅助驾驶，其对毫米波雷达的空间分辨率技术演化预期平稳。此外，传统整车企业对成本更为敏感，因而更重视毫米波雷达数字模组的集成度，多采取集成 MCU、DSP 方式提升分辨率；

(2) **重视收发机集成度**：部分**初创公司**如 Uber、Waymo 的技术路线较激进，专注于 L4-L5 自动驾驶，其对毫米波雷达的空间分辨率技术演化预期高。此外，L4-L5 级自动驾驶汽车可通过高速算力处理器对各传感器数据进行统一处理，因而对毫米波雷达的数字处理能力并不重视，转而关注收发机数量的集成（见图 6-4），例如中国初创企业**加特兰微电子**的 Yosemite 产品集成了 4 个发射机级 8 个接收机。

图 6-4 多路雷达收发机示意图



来源：头豹研究院编辑整理

为提升毫米波雷达的竞争力，内部集成方式成为行业的一大技术发展趋势。其中，在中国自动化驾驶进程缓慢的情况下（现阶段为 L2），更为保守的注重数字模组集成度路线因其符合中国稳步推进自动驾驶的推进节奏，且其目标客户群体（传统整车企业）更为庞大，将成为内部集成的主流技术路线。而更为激进的重视收发机集成技术路线将在未来随着自动驾驶等级的提升而逐步发展成熟。

7 中国毫米波雷达行业竞争格局分析

7.1 中国毫米波雷达行业竞争格局概述

毫米波雷达技术壁垒高，从全球市场看，行业头部企业包括德国博世、德国大陆、德国

海拉、日本富士通天、日本电装等德国、日本国际零部件巨头公司，**2018年，前5大公司共占据全球毫米波雷达近70.0%的市场份额**。此外，采埃孚&天合 TRW、德尔福、奥托立夫、法雷奥、傲酷、日立等公司也是全球主要的毫米波雷达供应商。中国毫米波雷达传感器被国际龙头企业垄断，**2019年1月，维宁尔、大陆、海拉和安波福占据中国24GHz毫米波雷达出货总量的89.8%以上，博世、大陆和电装占据中国77GHz毫米波雷达总出货量的89.7%左右**。

车载毫米波雷达行业发展前景良好，中国众多公司布局该行业，根据企业类型可分为上市企业和初创企业两大类，但因与国际头部企业在知识产权、技术和产品稳定性上仍存在显著差距，**中国企业的市场份额低（不足5%）**。上市公司又可分为**自主研发生产企业**（如德赛西威、华域汽车等）和**投资收购布局企业**（如海康威视、雷科防务等），上市公司财务实力强，融资便捷，研发保障充足，具备资金优势。中国毫米波雷达初创企业多成立于2014-2016年期间，可根据团队背景划分为**海归博士派**（创始人为海归博士背景的企业，如森思泰克、智波科技等）、**科研院所派**（具备科研院背景的企业，如行易道、南京隼眼、苏州毫米波等）及**转型派**（由其他行业转型而来的企业，如深圳安智杰、湖南纳雷等），初创企业在体系建设、市场推广、车载适配、系统设计等各方面缺乏充足资金，需通过股权融资等方式募集资金，如行易道于2017年获得国科嘉禾资本及盘古资本数千万元级别的A轮融资（见图7-1）。

图 7-1 中国毫米波雷达行业代表企业，截至 2019 年 10 月

企业分类	企业名称	企业背景	从事时间	技术路线与进度	融资情况	优势		
国际巨头	博世Bosch	全球最大的汽车Tier1供应商	1973年开始	77GHz为主	-	客户、技术优势显著		
	大陆Continental	世界汽车行业五大供应商之一	未提及	77GHz为主	-	戴姆勒集团 77G 毫米波雷达的主要供应商		
	电装Denso	Tier1供应商	1970年代末	77GHz为主	-	销售股排全球第2，客户优势显著		
	富士通天Fujitsu	领先ICT高新技术企业	2003年开始	77GHz为主	-	具备半导体等原材料优势		
	海拉Hella	德国汽车照明和电子产品传统供应商	2005年已量产	24GHz +77GHz	-	创新能力强		
中国企业	上市企业	自主研发企业	华域汽车	上汽集团控股	2014年开始	24GHz (量产) +77GHz (量产)	-	其77GHz雷达未通过交通部营运客车AEB法规测试的首款国产雷达
		投资收购布局企业	海康威视	投资森思泰克	2016-12	24GHz +77GHz (均量产)	-	资金充足
	初创企业	海归博士派	智波科技	三位创始人均为德国海归	2015-12	24GHz+77GHz+79GHz	2016年，亚太股份投资700万，占比15%	在系统集成上具备优势
			森思泰克	创始人为英国博士	2017-03	24GHz +77GHz (均量产)	2016年海康威视投资3,500万，占股35%；北汽也参与投资	股东实力强，资金充足
		科研院所派	行易道	创始人来自中科院电子所	2014-11	77GHz (量产) +79GHz (样品)	盘古资本、国科嘉禾投资金额未披露	具备军用雷达开发经验
			南京隼眼	东南大学毫米波国家重点实验室	2015-04	76-81GHz	NXP投资	产学研结合
		转型派	湖南纳雷	华纳星空 (从事传媒) 的子公司	2012-01	24GHz (量产)	-	中段距离的已经产品化，产品销往美、韩、英、法等10多个国家
			安智杰	联合国中国创始高管转型	2014-06	24GHz (量产) +77GHz (样品)	2018年，达晨财智投资5,000万元	研发进度快，具备量产能力

备注：国际巨头毫米波雷达产品均已实现量产

来源：各公司官网，头豹研究院编辑整理

相比于国外企业，中国车载毫米波雷达行业起步较晚，多数企业集中于 2014 年左右成立，行业仍处于初级发展阶段。在 24GHz 毫米波雷达方面，中国已初步实现量产，如华域汽车、森思泰克、湖南华纳、安智杰均已实现 24GHz 毫米波雷达产品市场化供货。在 77GHz 毫米波雷达方面，工信部已委托车载信息服务产业应用联盟（TIAA）开展 77-81GHz 毫米波雷达无线电频率技术研究试验工作，中国部分企业已实现技术突破，如华域汽车和森思泰克 77GHz 毫米波雷达产品已实现量产，智波科技、行易道、安智杰等公司也顺利研发出 77GHz 毫米波雷达产品，将在未来 1-2 年内实现量产。此外，具备芯片技术和微波技术优势的华为等企业也计划进军该领域，未来中国毫米波雷达市场将迅速发展，中国企业竞争力将随着国产技术的应用而逐步提升，中国企业在行中的市场份额也将随之上涨，国内外企业的竞争将愈加激烈。

7.2 中国毫米波雷达行业投资企业推荐

7.2.1 深圳市安智杰科技有限公司

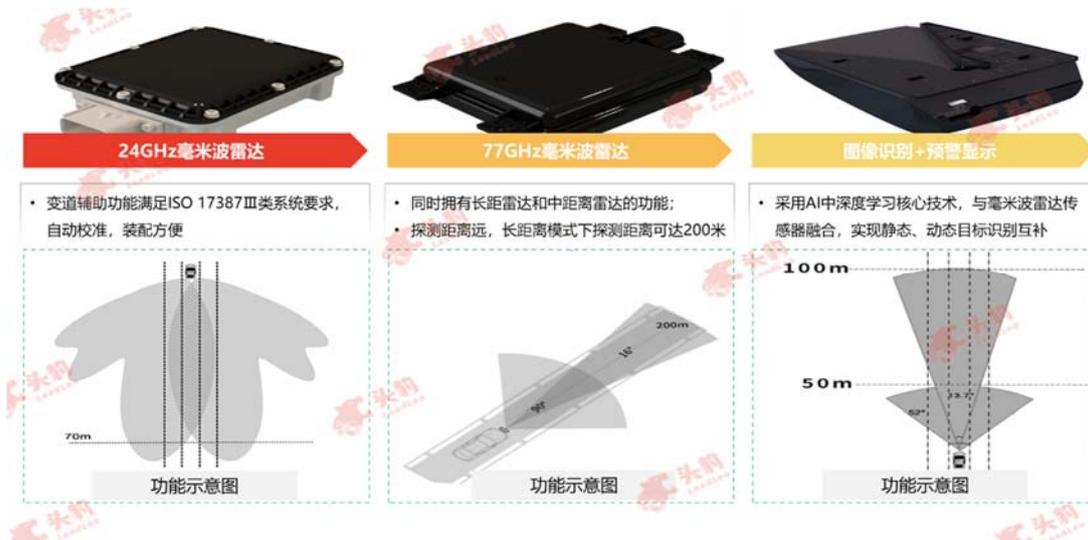
7.2.1.1 公司简介

深圳市安智杰科技有限公司（以下简称“安智杰”），成立于2014年，是一家从事商业、安检防爆及工业生产应用控制系统，提供汽车并线辅助系统、图像识别、向前碰撞预警系统、自动紧急制动及自适应巡航控制解决方案的高新技术企业。安智杰掌握30项左右的毫米波雷达核心技术专利和技术创新，是中国领先的毫米波雷达生产企业之一，并于2018年获得达晨财智的5千万元A轮融资。

7.2.1.2 主要产品

安智杰的产品包含24GHz毫米波雷达、77GHz毫米波雷达及图像识别、预警显示（见图7-2），其智能驾驶安全系统通过后装毫米波雷达传感器，侦测汽车侧方和侧后方道路运动目标的运动情况，降低汽车因变道而引发的碰撞危险。2012年，安智杰通过调研市场确定了车载毫米波雷达的发展方向，并于2016-2018年期间先后推出第一、二代24GHz并线辅助雷达系统LCA-01B、LCA-01E及中国领先的77GHz毫米波雷达系列产品。

图 7-2 安智杰主要产品



来源：公司官网，头豹研究院编辑整理

7.2.1.3 投资亮点

(1) 人才优势显著：安智杰产品研发工程师全部具有科技等领域博士学位以上学位，核心研发团队团队由 15 年经验的专家博士领衔和几十位雷达方面的人才组成，团队能力涵盖射频天线设计与仿真调试、算法设计实现和优化、车型适配和调试、雷达自动化测试生产设计优化等全部关键点。

(2) 产业化进程领先：安智杰毫米波雷达已实现初步量产，已成为中国 8 家主机厂的毫米波雷达指定供应商。此外，安智杰计划打造业内第一条自动化产线，预计于 2020 年上线，届时安智杰产品的量产速度将得到进一步提升，同时也意味着，安智杰将成为中国首家兼具前期研发和后期生产自主知识产权的车载毫米波雷达生产企业。

7.2.2 北京行易道科技有限公司

7.2.2.1 公司简介

北京行易道科技有限公司（以下简称“行易道”），成立于 2014 年，是专注智能驾驶核心传感器系统—毫米波雷达技术的高科技企业。行易道核心团队从事雷达技术研发超过 10 年，且已掌握毫米波雷达系统设计、毫米波雷达天线设计、相控阵技术、雷达信号检测、目标识别及跟踪技术、米波雷达成像等多项关键技术，是中国第一家和主机厂合作的毫米波雷达公司。

7.2.2.2 主要产品

行易道主营产品为车载毫米波雷达系统和车载 SAR 成像（合成孔径）雷达系统（见图 7-3）。2015 年 9 月，行易道成功自主开发了第二代 77GHz 毫米波雷达样品。2016 年，行易道研发出中国首个民用 77GHz 汽车雷达及基于 SAR 的 79GHz 汽车雷达。行易道出品的 77GHz 防撞雷达与博世、大陆等外资产品各项参数相当，已装配在北汽的无人车上，初

步实现量产。

图 7-3 行易道主要产品



来源：公司官网，头豹研究院编辑整理

7.2.2.3 投资亮点

(1) 77GHz 技术领先：2018年，行易道自主研发的77GHz中程毫米波雷达实现量产，其客户包括国际一流、中国一线的主机厂及Tier 1公司，产品可用于ADAS、FCW、ACC和AEB。行易道的77GHz汽车雷达产线是中国第一家具备自主知识产权的77GHz汽车雷达总装线。

(2) 产学研结合推动79GHz SAR技术创新：2017年，行易道与意法半导体、中科院电子所三方成立了一个联合实验室，旨在推动79GHz SAR汽车雷达的产品化、工程化。行易道利用宽带信号和汽车的相对运动，形成方位向高分辨成像结果，为全天时全天候条件下发现并识别目标提供了全新的思路和解决方法，该产品预计将于2020年推出。

7.2.3 杭州智波科技有限公司

7.2.3.1 公司简介

杭州智波科技有限公司（以下简称“智波科技”），成立于2015年，由德国海归博士团队创立，专注于研发高级驾驶辅助系统及无人驾驶系统中的核心器件—毫米波雷达，2016

年 5 月，智波科技获得中国上市公司亚太股份（002284）的投资，2016 年 9 月，智波科技荣誉车云网 LINC 创业大赛第一名（1st/68），并在同年 10 月入选国务院商务部智能驾驶“奇点计划”。

7.2.3.2 主要产品

智波科技所经营的产品包括车载 77GHz 防撞雷达、79GHz 高分辨率雷达、车载 24GHz 盲点雷达、无人机测高雷达和避障雷达（见图 7-4）。其产品可广泛应用于汽车领域、无人机领域及工业领域。智波科技的避障毫米波雷达已实现小批量供应状态，预计于 2020 年实现批量应用。

图 7-4 智波科技主要产品



来源：公司官网，头豹研究院编辑整理

7.2.3.3 投资亮点

(1) 人才质量高：智波科技 80%的团队成员拥有硕士学历，70%以上为 985 高等院校硕士毕业，部分博士学历，在辅助驾驶领域有着累计超过 30 年的设计经验。此外，根据智波科技 2017 年财报，其 71.4%的在职员工为技术人员，为其技术研发提供稳定人才支撑。

(2) 无人机专利技术强：智波科技于 2016 年申请了无人机雷达专利，是中国首个无人机雷达专利申请者。针对无人机领域，智波科技可提供 24GHz 定高雷达和避障雷达两种产品，覆盖定高和避障多个场景，已成为中国多家整机厂及飞控厂的稳定供应商。