头豹 LeadLeo

www.leadleo.com

2019年
中国雷达传感器汽车行业应用概览

概览标签 ：雷达传感器、汽车、自动驾驶、乘用车、商用车、专用车

报告作者：陈夏琳

2019/12



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"的商号、商标，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。

头豹研究院简介

- 头豹研究院是中国大陆地区首家**B2B模式人工智能技术的互联网商业咨询平台**，已形成集**行业研究**、**政企咨询**、**产业规划**、**会展会议**行业服务等业务为一体的一站式行业服务体系，整合多方资源，致力于为用户提供最专业、最完整、最省时的行业和企业数据库服务，帮助用户实现知识共建，产权共享
- 公司致力于以优质商业资源共享为基础，利用**大数据**、**区块链**和**人工智能**等技术，围绕**产业焦点**、**热点**问题，基于**丰富案例**和**海量数据**，通过开放合作的研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



四大核心服务：

企业服务

为企业提供**定制化报告**服务、**管理咨询**、**战略**调整等服务

云研究院服务

提供行业分析师**外派驻场**服务，平台数据库、报告库及内部研究团队提供技术支持服务

行业排名、展会宣传

行业峰会策划、**奖项**评选、行业**白皮书**等服务

园区规划、产业规划

地方**产业规划**，**园区**企业孵化服务

©2020LeadLeo

报告阅读渠道

头豹科技创新网 —— www.leadleo.com PC端阅读全行业、千本研报



头豹小程序 —— 微信小程序搜索“头豹”、手机扫上方二维码阅读研报

添加右侧头豹研究院分析师微信，邀您进入行研报告分享交流微信群



图说　表说　专家说　数说

详情请咨询

客服电话

400-072-5588

上海

王先生： 13611634866
李女士： 13061967127

南京

杨先生： 13120628075
唐先生： 18014813521

深圳

郭先生： 15121067239
李先生： 18916233114

©2020LeadLeo

概览摘要

雷达传感器是为汽车提供环境感知、规划决策的智能传感器，其核心原理为通过发射微波、声波或激光并接受回波来进行物体探测，是自动驾驶的核心传感器，起到无人驾驶汽车“眼睛”的作用。受益于中国雷达传感器在汽车行业装配数量的提升，2014-2018年，中国雷达传感器在汽车行业应用规模（按销售额统计）从36.1亿元人民币增长至66.8亿元人民币，年复合增长率为16.6%。在国家政策大力支持和自动驾驶需求上升的拉动下，雷达传感器在汽车中的渗透率继续上升，中国雷达传感器在汽车行业应用规模增速将上升至27.5%，预计2023年应用规模将达到224.9亿元。

- **汽车是雷达传感器的典型应用领域**

用于环境感知的主流雷达传感器包括超声波雷达、毫米波雷达和激光雷达三种，可通过TOF及FMCW技术实现障碍物的相对距离、速度、角度等信息探测，从而实现AEB自动紧急制动、BSW盲区检测、ACC自适应巡航等功能。汽车是雷达传感器应用占比最大的下游应用领域，各雷达传感器在汽车应用占比均超过80.0%。

- **汽车自动驾驶实现路线各有不同，专用车或成商业落地最快的应用场景**

考虑到安全因素和技术水平，非营业乘用自动化路线偏向于稳健发展途径，即L2逐步发展至L5级别，而商用车、专用车及出租车因综合成本因素和应用场景，偏向于跳跃式发展路径，即越过L3直接切入L4全自动驾驶阶段。其中，专用车可在私有道路上行驶，可省去政策发布及落地时间，将是自动驾驶商业化落地最快的应用场景。

- **多种类传感器融合是行业技术趋势**

超声波雷达、毫米波雷达及激光雷达三种雷达传感器各有优缺点，单类型的雷达传感器无法适应商用车、专用车及乘用车自动驾驶等级持续上升对环境感知精度、适用场景、反应时间提出的更高要求，融合成为雷达传感器行业发展的重要趋势。

典型应用案例：

金龙汽车阿波龙、智行者蜗必达、百度Robotaxi、小鹏G3 2020版、奥迪A8、长安L4级逸动EV

©2019.12 LeadLeo

目录(1/2)

- 名词解释 ---------- 07
- 中国雷达传感器在汽车行业应用综述 ---------- 12
  - 定义及分类 ---------- 12
  - 雷达传感器技术特征 ---------- 14
  - 雷达传感器在汽车行业应用规模 ---------- 16
  - 雷达传感器在汽车行业参与者分析 ---------- 17
- 中国雷达传感器在汽车行业典型应用功能分析 ---------- 18
  - AEB功能 ---------- 19
  - BSW功能 ---------- 20
  - ACC功能 ---------- 21
  - PA功能 ---------- 22
  - LKA功能 ---------- 23
  - 其他功能 ---------- 24
  - 功能总结 ---------- 25
- 中国雷达传感器在汽车行业应用相关政策法规 ---------- 26
  - 智能汽车政策框架 ---------- 27
  - ADAS标准制定 ---------- 27
- 中国雷达传感器在汽车行业应用案例分析 ---------- 28
  - 商用车应用案例——金龙阿波龙 ---------- 28

©2019.12 LeadLeo

目录(2/2)

- 专用车应用案例——智行者蜗必达 ---- 29
- 出租车应用案例——百度Robotaxi ---- 30
- 乘用车应用案例——小鹏G3 2020版（L2.5车型） ---- 31

◆ 中国雷达传感器在汽车行业应用发展趋势 ---- 32

- 专用车将会成为首个商业化落地场景 ---- 32
- 多种类型传感器相互融合 ---- 33

◆ 方法论 ---- 34

◆ 法律声明 ---- 35

©2019.12 LeadLeo

名词解释（1/5）

- **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。
- **毫米波雷达：**一种使用天线发射波长1-10mm、频率24-300GHz的毫米波作为放射波的雷达传感器。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。
- **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。
- **TOF：**时间飞行法（Time of Flight），通过给目标连续发送光信号，用传感器接收从物体返回的光，通过分析光的往返飞行时间来测量目标物距离。
- **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。
- **介电常数：**又称诱电率，介质在外加电场时会产生感应电荷而削弱电场，原外加电场（真空中）与最终介质中电场比值即为介电常数。
- **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。
- **MEMS：**微机电系统（Micro-Electro-Mechanical System），指的是将机械机构进行微型化、电子化的设计，将原本体积较大的机械结构通过微电子工艺集成在硅基芯片上的技术。
- **OPA：**光学相控阵技术（Optical Phased Array），OPA雷达采用多个光源组成阵列，通过控制各光源发光时间差，合成具有特定方向的主光束，并加以控制实现多方位扫描。
- **ADAS：**先进驾驶辅助系统（Advanced Driver Assistance System），利用安装在车辆上的传感、通信、决策即执行等装置，检测驾驶员、车辆及其行驶环境并通过影像、灯光、声音、触觉提示/警告或者控制等方式辅助驾驶员执行驾驶任务或主动避免/减轻碰撞危害的各类系统的总称。
- **FCW：**前向碰撞预警（Forward Collision Warning），实时监测车辆前方行驶环境，并在可能发生前向碰撞时发出警示危险的系统。

©2019.12 LeadLeo

名词解释（2/5）

- **AEB：**自动紧急制动（Autonomous Emergency Brake ），可在检测到存在碰撞风险时，自动制动或协助驾驶员制动有效避撞或减轻碰撞伤害的主动安全技术。
- **C-NCAP：**中国新车评价规范（China-New Car Assessment Programme），是中国汽车技术研究中心（CATARC）研究开发的中国新车评价规程。
- **汽车盲区：**指驾驶员位于正常驾驶座位置，其视线被车体遮挡而不能直接观察到的区域。
- **BSW：**盲区监视（Blind Spot Warning），也叫盲区检测（Blind Spot Detection），实时监测驾驶员视野盲区，并在其盲区内出现其它道路使用者时发出提示或警告信息的系统。
- **LCA：**变道辅助系统（Lane Change Assist），通过雷达、摄像头等传感器，对车辆相邻两侧车道及后方进行探测获取车辆侧方及后方物体的运动信息，并结合当前车辆的状态进行判断，最终以声、光等方式提醒驾驶员，让驾驶员掌握最佳变道时机的系统。
- **TTC：**报警时间（Time To Collision），雷达探测到障碍物或碰撞风险后，将碰撞预警信号发送给驾驶员所需的时间。
- **SBSD：**侧面盲区监测（Side Blind Spot Detection），实时监测驾驶员视野的侧/后方盲区，并在其盲区内出现其它道路使用者时发出提示或警告信息。
- **STBSD：**转向盲区监测（Steering Blind Spot Detection），在车辆转向过程中，实时监测驾驶员转向盲区，并在其盲区内出现其它道路使用者时发出警告信息。
- **RTCA：**后方交通穿行提示（Rear Crossing Traffic Alert），在车辆倒车时，实时监测车辆前部横向接近的其他道路使用者，并在可能发生碰撞危险时发出警告信息。
- **RTCB：**后方交通穿行制动（Rear Cross Traffic Assist with Braking），在倒车时，实时监测车辆后部横向接近的障碍物，必要时主动进行制动的系统。
- **DOW：**开门预警（Door Open Warning），利用侧向辅助雷达传感器，当驾乘者试图打开车门时，系统将检查车后是否有汽车或自行车快速的接近。一旦有车辆进入监测区域，系统就会发出警告，提醒驾驶员注意，避免意外。
- **ACC：**自适应巡航控制（Adaptive Cruise Control），实时监测车辆前方行驶环境，在设定的速度范围内自动调整行驶速度，以适应前方车辆和/或道路条件等引起的驾驶环境变化。

©2019.12 LeadLeo

名词解释（3/5）

- **Stop & Go：**即走即停系统，可以任何速度进行巡航，包括在完全停止后随着前车移动而恢复之前的驾驶状态的系统。
- **ODD：**设计适用范围（Operational Design Domain），系统设计的适用范围，ODD越小，表明该系统的应用场景愈少。
- **PA：**泊车辅助系统（Parking Assist），通过安装在车身上的超声波雷达、摄像头以及红外传感器探测停车位置，并实时动态规划泊车路径，将汽车指引或者直接操控方向盘驶入停车位置。
- **APA：**自动泊车辅助系统（Auto Parking Assist），利用车载传感器（一般为超声波雷达或摄像头）识别有效的泊车空间，并通过控制单元控制车辆进行泊车的系统。
- **RPA：**遥控泊车辅助（Remote Parking Assist），在APA自动泊车技术的基础之上发展而来的泊车辅助系统，可通过遥控器进行泊车操作。
- **自学习泊车：**车载电脑可以通过学习记住常用的泊车线路，即便是驾驶员不在车上时也可泊入或驶出到达预定位置的泊车辅助系统。
- **AVP：**自动代客泊车（Automated Valet Parking），在停车位旁实现汽车的自动泊车入位过程的系统。
- **LKA：**车道保持辅助（Lane Keeping Assist），实时监测车辆与车道边线的相对位置，持续或在必要情况下控制车辆横向运动，使车辆保持在原车道内行驶的系统。
- **LDW：**车道偏离预警（Lane Departure Warning），实时监测车辆在本车道的行驶状态，并在出现非驾驶意愿的车道偏离时发出警告信息。
- **LDP：**车道偏离预防（Lane Departure Prevention），实时监测车辆与车道边线的相对位置，在车辆将发生车道偏离时控制车辆横向运动，辅助驾驶员将 车辆保持在原车道内行驶的系统。
- **LCC：**车道居中控制（Lane Centering Control），实时监测车辆与车道边线的相对位置，持续自动控制车辆横向运动，使车辆始终在车道中央区域行驶的系统。
- **EPS：**电动助力转向（Electric Power Steering），依靠电机提供辅助扭矩的动力转向系统。
- **ROA：**后座乘员报警系统，通过多重警示和提醒，有效避免儿童及宠物被遗忘在车内的事故发生的系统。

©2019.12 LeadLeo

名词解释（4/5）

- **HUD：**抬头显示系统（Head Up Display ），以驾驶员为中心、盲操作、多功能仪表盘，将时速、导航等重要的行车信息投影至驾驶员前面的风挡玻璃上，使驾驶员不低头、不转头就能看到时速、导航等重要的驾驶信息。
- **RCW：**后向碰撞预警（Rear Collision Warning），实时监测车辆后方环境，并在可能发生后方碰撞时发出警示危险的系统。
- **PD：**行人识别系统（Pedestrian Detection），使用雷达、摄像头、红外线传感器进行行人探测的系统，因行人探测难度大，需多传感器进行融合。
- **SLA：**限速辅助系统（Speed Limit Assist），自动获取车辆当前条件下所应遵守的限速信息并实时监测车辆行驶速度，当车辆行驶速度不符合或即将超出限速范围的情况下适时发出警告信息的系统。
- **TJA：**交通拥堵辅助系统（Traffic Jam Assist），在车辆低俗通过交通拥堵路段时，实时监测车辆前方及相邻车道行驶环境，经驾驶员确认后自动对车辆进行横向和纵向控制的系统。
- **ICA：**巡航辅助系统（Integrated Cruise Assist），整合了自适应巡航ACC和车道居中保持功能的智能巡航辅助系统，可控制车辆保持在当前车道中间跟随前车或保持定速行驶。
- **智能驾驶司机：**无需驾驶员干预，汽车可自行驾驶的系统，处于L4、L5高级无人驾驶阶段。
- **乘用车：**用于运载人员或少量行李的汽车，最多不超过9座，包括经营性出租车和其他非经营性乘用车。
- **商用车：**用于运送大量人员或货物的汽车，可分为货车、客车两大类。
- **专用车：**根据国家标准GB/T 17350《专用汽车和专用半挂车术语、代号和编制方法》，专用汽车（special purpose motor vehicle ）定义为“装置有专用设备，具备专用功能，用于承担专门运输任务或专项作业以及其他专项用途的汽车”。
- **鲁棒性：**在异常和危险情况下系统生存的能力，指控制系统在一定（结构，大小）的参数摄动下，维持其它某些性能的特性。
- **力矩：**又称转矩或扭矩，指作用力使物体绕着转动轴或支点转动的趋向，单位是牛顿-米。
- **高精地图：**高精度、精细化定义的地图，应用于自动驾驶领域，其数据包含静态数据和动态数据两个层级，可实时了解路况、交通事件及交通设施的更新。

©2019.12 LeadLeo

名词解释（5/5）

- **SAE：**国际自动机工程师学会（Society of Automotive Engineers），是一个汽车学会和航空学会，在全球范围内拥有超过 145,000 名会员，是全球最大的汽车工程学术组织。
- **自动驾驶分级L1-L5：**美国汽车工程协会好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。
- **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。
- **结构化道路：**指高速公路、城市干道等结构化较好的公路，这类道路具有清晰的道路标志线，道路的背景环境比较单一，道路的几何特征也比较明显，因此，针对它的道路检测问题可以简化为车道线或道路边界的检测。
- **角雷达：**安装在汽车四个角落的毫米波雷达。

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——定义与分类

在自动驾驶汽车的技术发展过程中，汽车对周边环境的感知与理解，是实现自动驾驶的基本前提。传感器是实现自动驾驶的基础，只有准确及时地感知车辆周围的道路、其它驾驶主体、行人等信息，自动驾驶汽车的驾驶行为才会有可靠的决策依据。

根据国家标准GB7665-87，**传感器**是能感受规定的被测量并按照一定规律（数学函数法则）转换成可用信号的器件或装置。**雷达传感器**是为汽车提供环境感知、规划决策的智能传感器，其核心原理为通过发射微波、声波或激光并接受回波来进行物体探测，是自动驾驶的核心传感器，起到无人驾驶汽车“眼睛”的作用，为无人驾驶提供安全保障。其中，用于环境感知的主流雷达传感器包括超声波雷达、毫米波雷达和激光雷达三种。

汽车智能传感器的频率变化图谱



雷达传感器分类（根据频段分类）



毫米波雷达

毫米波雷达利用发射出的毫米波回波来探测障碍物的距离、速度和角度，毫米波的波束呈现锥状，探测角度大，是L2阶段应用最为广泛的雷达传感器。



超声波雷达

超声波雷达是通过接收超声波回波的时间计算障碍物距离的雷达，超声波在高速运行情况下具备局限性，因而只适用于低速测距场景，如倒车预警。



激光雷达

激光雷达是利用激光器发出的激光来探测目标的位置、速度、高度、距离和形状的装置，以光粒子发射为主要方法，采用多个激光发射器和接收器建立三维点云图，从而达到实时进行环境感知的目的。

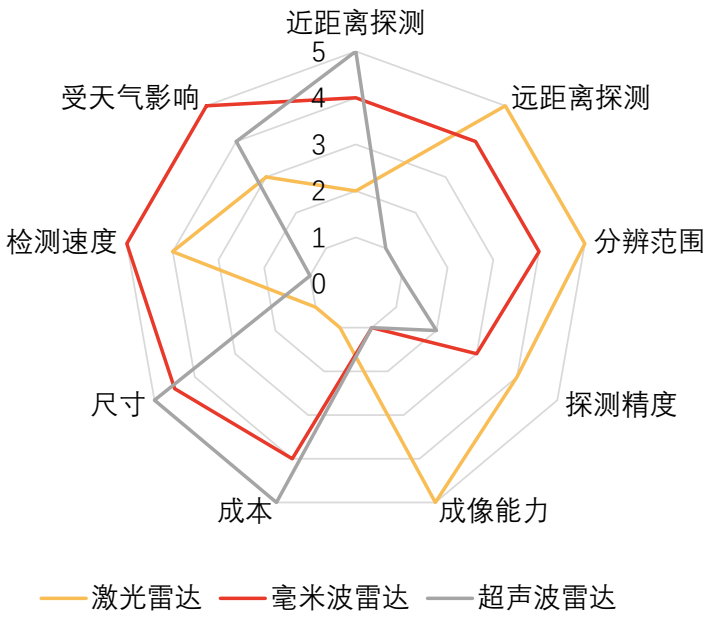
来源：汽车之家，电装官网，北科天绘官网，头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——具体分类对比分析

超声波雷达在近距离探测、成本和尺寸方面具备优势，但远距离探测、分辨范围、探测精度、成像能力及检测速度等性能方面表现较差，适用于泊车场景。
毫米波雷达在各指标的表现均衡，具备全天时全天候工作能力，且价格适中，性比价最高，被广泛应用于盲区检测、自适应巡航等ADAS场景。
激光雷达采用激光测距技术，可实现三维环境建模，在成像能力方面远超出其他两种雷达传感器，但其近距离探测能力和全天候工作能力较差，且存在尺寸巨大、成本高昂的缺陷，多应用于高等级自动驾驶如L4级汽车上。

雷达传感器性能对比



雷达传感器应用场景和发展现状对比

雷达传感器	成本	探测距离	优势	应用场景	竞争格局	中国市场化进程
超声波雷达	15-20美金	0.1-3m	成本低	倒车预警、自动泊车	壁垒不高，中国参与者众多，但在技术水平、产品质量上尚无与国际Tier1企业竞争之力	2018年渗透率达到80%；基本已实现国产
毫米波雷达	150-300美金	≤200m	全天时全天候	ACC、AEB、FCW、BSW、LCA等	博世、海拉、德尔福等国际企业占据中国近90%的市场份额，华域汽车、森思泰克初步实现77GHz雷达量产	2018年渗透率仅为18%；国产化率不足12%
激光雷达	8,000-80,000美金	905-1,150m	高精度	高级别自动驾驶汽车	Velodyne、Ibeo、Quanergy、北辰天绘等	尚无车规级成熟量产方案

来源：头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——雷达传感器技术特征（1/2）

距离探测技术分析

雷达传感器通过发射器发射超声波、毫米波、激光脉冲，当发射波到达探测目标时，由于介电常数（气相、液体或固体表面）的变化而导致阻抗发生变化，发射波被反射。雷达传感器可根据发射波和反射波的发送接收时间差或频率差计算出探测物体的相对位置和距离。



TOF技术

适用于超声波雷达/激光雷达

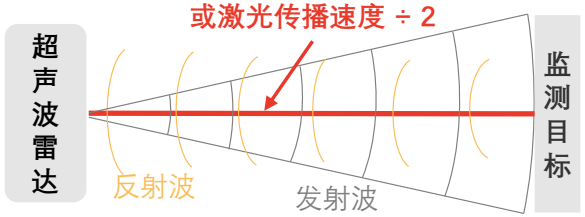
雷达传感器的距离探测技术主要有TOF技术和FMCW技术两种：

超声波雷达和激光雷达多运用**TOF技术**进行障碍物体距离探测。

探测原理：雷达传感器检测超声波或激光脉冲到达探测物体表面并返回所需要的时间。所得的时间乘上超声波或激光在空气中的传播速度再除以2即可获得探测物体的相对距离。

TOF技术距离探测原理示意图

相对距离 = 发收时间差 × 超声波或激光传播速度 ÷ 2



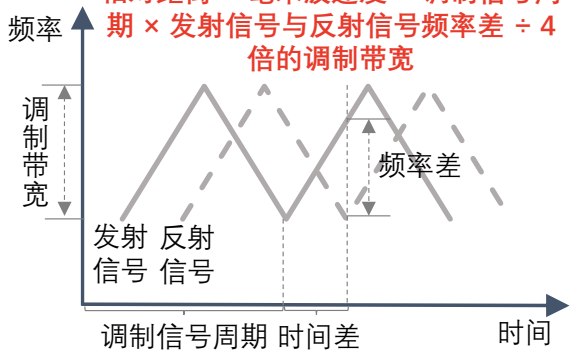
备注：此处仅为超声波雷达示意图，激光雷达波形为直线，但两者原理相同

毫米波雷达多运用**FMCW技术**进行障碍物体距离探测，**部分固态激光雷达**也采用该方法。

探测原理：利用发射和回波信号之间的频率差来确定目标的距离。将发射波与反射波的频率进行比较，通过频率之差即可得到毫米波或激光到达探测物体表面的相对距离。

FMCW技术距离探测原理示意图

相对距离 = 毫米波速度 × 调制信号周期 × 发射信号与反射信号频率差 ÷ 4 倍的调制带宽





FMCW技术

适用于毫米波雷达/激光雷达

总体而言，FMCW技术抗干扰能力极强，且工作距离超过车载指标，距离探测效果好于TOF技术。

来源：头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——雷达传感器技术特征（2/2）

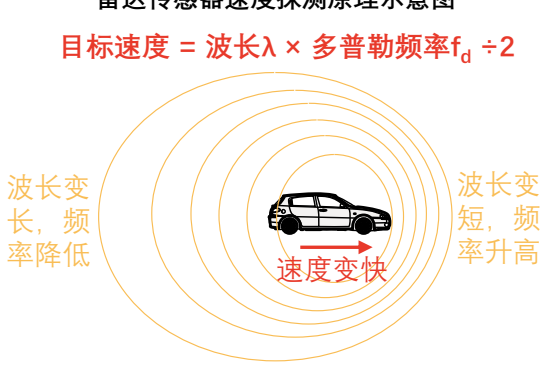
速度、角度探测技术分析

除探测相对距离外，毫米波雷达和激光雷达还可探测物体的相对速度、相对角度。基于探测物体的相对位置、相对速度、相对角度，雷达传感器可在算法和决策平台的辅助下实现如盲点检测、紧急制动等功能。

速度探测

根据多普勒效应，微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。因此，通过接收时间和频率的变化，毫米波雷达/部分固态激光雷达可检测出与目标之间的相对距离及相对速度。

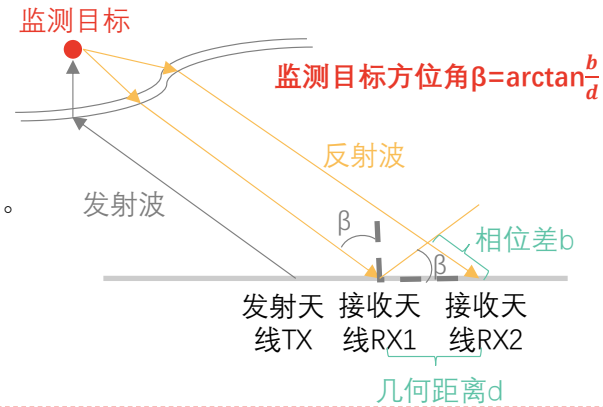
雷达传感器速度探测原理示意图



角度检测

利用天线的方向性，雷达天线将电磁能量汇集在窄波束内，当天线波束对准目标时，回波信号最强，根据接收回波最强时的天线波束指向，就可确定目标的方向。毫米波雷达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。

雷达传感器角度检测技术原理



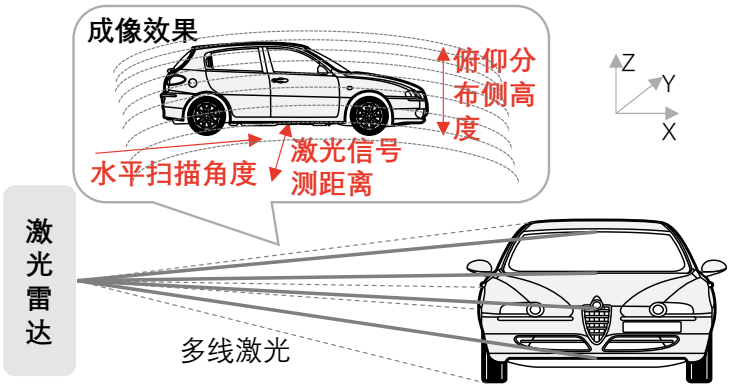
三维成像技术分析

激光雷达可形成被探测物体的三维点图，实时感知环境。

激光雷达的扫描装置通过发射多线激光，并控制雷达光轴指向不同方向，依次测量目标上各点的距离，同时记录光束指向的方位-俯仰角，得到目标的距离-角度-角度图像（rang-angle-angle），又称为三维图像。

目前，可用于激光雷达系统的扫描方式中较为成熟的是机械式扫描，主要有摆镜扫描、万向节扫描、转镜扫描、双光楔扫描等类型，通过电机驱动镜面转动，并利用几何光学的原理实现光束的偏转，具有大扫描视场和高扫描效率，是近些年最常见、应用最广泛也是最成熟的成像激光雷达扫描方式。此外，MEMS、OPA等固态扫描方式逐渐兴起，可克服现有激光雷达体积大的缺点，实现系统小型化。

激光雷达三维成像技术原理示意图



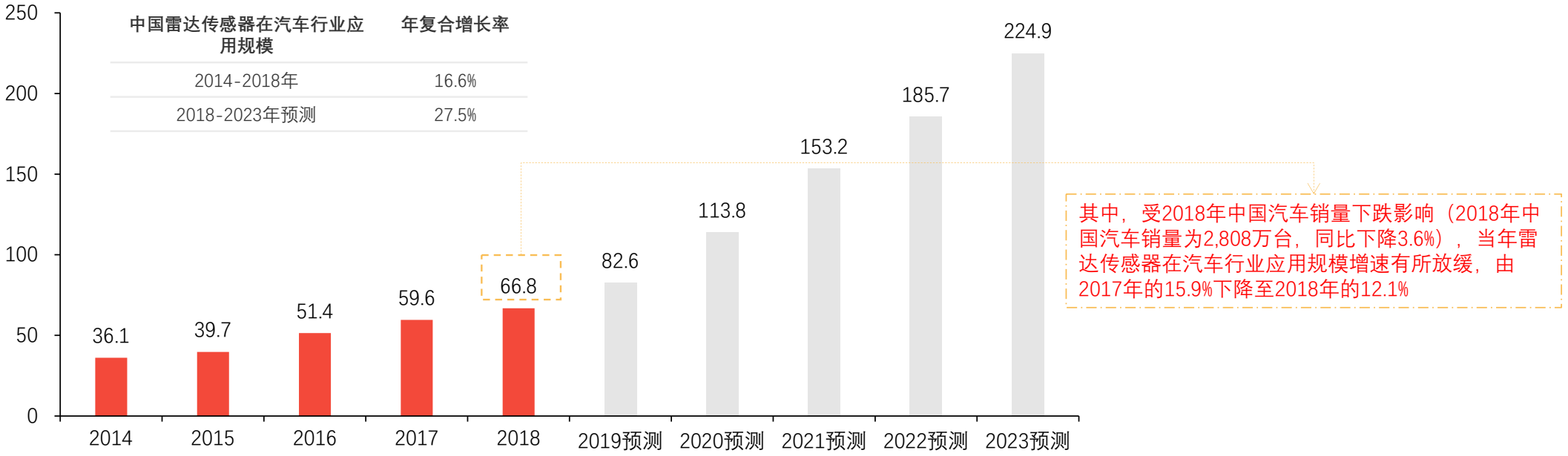
来源：头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——应用规模

汽车是雷达传感器应用占比最大的下游应用领域，各雷达传感器在汽车应用占比均超过80.0%。根据中汽协数据，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，消费者对汽车安全性要求和智能驾驶需求的提升，推动雷达传感器需求量上涨。其中，超声波雷达装载量平均增长幅度达到17.7%，毫米波雷达装载量也从2015年的12.3万件激增至2018年的500.7万件，年复合增长率达到244.0%。受益于中国雷达传感器在汽车行业装配数量的提升，**2014-2018年，中国雷达传感器在汽车行业应用规模（按销售额统计）从36.1亿元人民币增长至66.8亿元人民币，年复合增长率为16.6%**。

中国雷达传感器在汽车行业的应用规模（按销售额统计），2014-2023年预测



预计2018年至2023年中国雷达传感器在汽车行业的应用规模年复合增长率将达到27.5%，超过2014-2018年年复合增长率，主要原因有下：（1）在国家政策大力支持下，雷达传感器行业迎来发展良机；（2）自动驾驶需求上升，拉动雷达传感器在汽车中的渗透率继续上升，其中，毫米波雷达将成为增长主力。两因素叠加推动中国雷达传感器在汽车行业应用规模增长，**预计2023年应用规模将达到224.9亿元**。

来源：头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——参与者分析

中国雷达传感器在汽车领域的应用市场参与者主要包括雷达模块厂、无人驾驶模块厂、整车厂和互联网企业。其中，整车厂的自动驾驶路线更为稳健，逐步由L2向L3、L4级迈进，更专注于L1-L3级的辅助驾驶，对雷达传感器的技术演化预期平稳，因而整车厂更多使用以毫米波雷达为主的传感器设计方案。互联网公司如华为、阿里、百度对自动驾驶的技术路线较激进，专注于L4-L5自动驾驶，即走跳跃式发展路线，因而将价格昂贵的激光雷达列入其传感器方案。
此外，雷达传感器模块厂的主要市场参与者包括国际Tier1企业、中国Tier1企业和其他小型及初创企业，其中，国际Tier1企业在行业占据绝对优势。以毫米波雷达为例，截至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%。

雷达传感器在汽车行业应用过程参与者

雷达模块厂

超声波雷达：WHETRON、HSAE航盛集团、同致電子企業股份有限公司 TungThih Electronic Co., Ltd.

毫米波雷达：WHST森思泰克、隼眼科技、豪米波 ADASTECH、ANNGIC安智杰

激光雷达：北醒 Benewake、镭神智能 LeiShen Intelligent System、禾赛科技

→ 无人驾驶模块厂 →

整车厂（稳健路线）：TOYOTA、VOLVO、SAIC 上汽集团 SAIC MOTOR、JAC

互联网企业（跳跃式路线）：HUAWEI、Alibaba Group 阿里巴巴集团、Baidu 百度

雷达传感器主要参与者分析

- **国际Tier1：如博世、大陆等**
  具备多年发展经验，技术路线成熟（标准化，延续性强，具备长期规划，全自动化生产线），可直接获得OEM一手的用户反馈信息和市场需求，产品设计保持领先水平
- **中国Tier1：如航盛电子等**
  采取跟随式开发模式，在产品的形态和技术上存在局限性，但相比于国际Tier1，服务流程短，能够快速响应客户的需求，存在服务优势
- **小型企业及初创企业：如行易道等**
  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竞争力较弱

总体而言，中国从事雷达传感器尤其是超声波雷达生产的企业数量众多，但在技术水平、产品质量上仍无法与国际Tier1企业进行竞争，中国尚未形成具备领先创新开发能力的本土头部企业。

来源：头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——功能概述

现阶段，中国量产的自动驾驶车型多位于L2阶段，L2阶段通过传感器确定周围驾驶环境，进行车路、行人及道路感知，在感知信息的基础上进行警示或制动等动作，辅助驾驶员安全驾驶，因而，雷达传感器为该自动驾驶阶段最核心的组成部分。雷达传感器通过TOF或FMCW技术探测物体的相对位置、相对速度、相对角度，并在算法和决策平台的辅助下实现如AEB紧急自动制动、FCW前向碰撞预警、BSW盲区监视等十多项功能。

雷达传感器在汽车行业的应用功能示意图



雷达传感器感知周围车辆、行人及道路

AEB 紧急自动制动	FCW 前向碰撞预警	BSW 盲区监视
LCA 变道辅助	ACC 自适应巡航	PA 泊车辅助
APA 自动泊车辅助	RPA 遥控泊车辅助	AVP 代客泊车
LDW 车道偏离预警	LKA 车道保持辅助	LCC 车道居中控制

雷达传感器在汽车行业应用功能

来源：麦格纳官网，头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——AEB（自动紧急制动）功能

定义



AEB是ADAS系统的重要功能，共分为三个档次：
（1）**FCW**，当存在潜在的碰撞危险时，AEB系统将会及时通过视觉、听觉和/或触觉报警（例如座椅震动）通知驾驶员；
（2）**二级警报**，若驾驶员无法应，则出现限速自动提示；
（3）**自动介入刹车**，必要的情况下由AEB自动控制刹车系统，完成制动操作，从而减轻或避免碰撞伤害，该功能在7-180km范围内均可启动。

根据美国公路安全保险协会数据，AEB系统可将追尾事故发生的概率降低56%

分类

难度由低↓高

根据事故类型，E-NCAP将AEB系统**分为三类**：

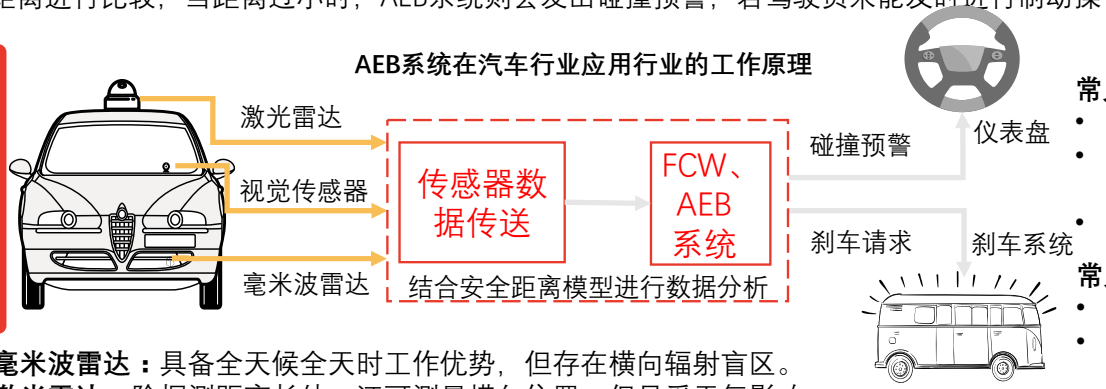
1. **城市专用AEB系统**——多发生在交通拥堵的路口，速度慢（＜20km/h），碰撞程度低；
2. **高速公路专用AEB系统**——多发生于驾驶员疲劳的高速（50-80km/h）驾驶场景；
3. **行人保护专用AEB系统**——检测行人与自行车，需预测其运算路径，算法复杂。

前两者更适合使用毫米波雷达，而第3种需在前两者的基础上进行图像捕捉，因而需补充摄像头

工作原理：AEB可通过**视觉传感器、毫米波雷达和激光雷达**等技术实现，雷达传感器或摄像头传感器测出前车或障碍物距离，数据分析模块将测出距离与安全距离、警报距离进行比较，当距离过小时，AEB系统则会发出碰撞预警，若驾驶员未能及时进行制动操作，AEB系统将对刹车系统发出刹车请求，实现自动制动。

工作原理分析

AEB系统在汽车行业应用行业的工作原理



常见的预警方式：
- 视觉
- 听觉（如发出报警声）
- 触觉（如座椅震动）

常见的制动措施：
- 节气门开度控制
- 制动力控制

- **毫米波雷达**：具备全天候全天时工作优势，但存在横向辐射盲区。
- **激光雷达**：除探测距离长外，还可测量横向位置，但易受天气影响。
- **视觉传感器**：具备明显成本优势，但识别准确度仍需提升，且受天气影响大。
- **成本**：单摄像头版AEB成本约600元，毫米波雷达版成本约1,500元，激光雷达版本成本则过万。

综合性能和成本情况考虑，AEB系统最佳传感器配置为“毫米波雷达+视觉传感器”组合

发展现状分析

截至2019年上半年，中国AEB配置的装车渗透率约为9%，主要搭载在20万元及以上的外资品牌车型上，如奔驰Pre-safe、沃尔沃City safety、大众Front Assist、丰田PCS。

随着2018版C-NCAP逐渐实施，未来3年AEB系统在中国市场的需求将迎来爆发式增长。

来源：恩智浦公司官网，E-NCAP官网，C-NCAP官网，头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——BSW（盲区监视）功能



BSW系统通过在车辆后部安装**两颗毫米波雷达**以探测后视镜盲区范围，当探测到盲区内存在障碍物则向驾驶员发出警报，辅助进行变道或减速。BSW系统基本功能包括两项：

（1）**BSW**盲区监测，使用毫米波雷达进行盲区障碍物监测，并提供视觉、听觉警报服务；

（2）**LCA**变道辅助，在车辆变道过程中，探测相邻车道是否有车辆快速接近的系统，并发出警告。

工作条件：行驶速度>15km/h，或转弯半径>100m

盲区是汽车设计最大的缺陷之一，根据美国国家公路交通安全管理局数据，每年有80多万起与盲点有关的安全事故发生，其中约300件导致死亡车祸。这也是BSW系统存在的重要原因。

1 分类

2 功能拓展

分类（按应用场景划分）

SBSD 侧面盲区监测 ＋ STBSD 转向盲区监测

开发难度由低↓高

RCTA	在倒车时，实时监测车辆后部横向接近的障碍物，并发出警告
DOW	在即将开启车门时，实时检测车辆侧后方障碍物，并发出警告
RCTB	在倒车时，实时监测车辆后部横向接近的障碍物，必要时主动进行制动

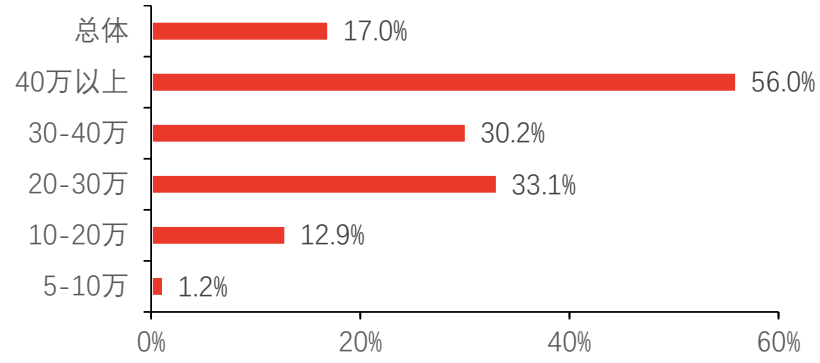
发展现状分析

此外，根据2019年9月发布的《美国消费者报告》显示，**BSW系统在ADAS辅助安全系统中避险百分比最高，可避免60%的车祸**。因而，BSW是ADAS系统中配置率较高的一项功能，**截至2019年上半年，其在中国市场的渗透率为17%，其中，价格在40万元以上的汽车车型的渗透率最高，达到56%，BSW选配价格在5,000-7,000元之间。**

中国装、配BSW系统的车型一览（不完全统计）

品牌	车型
吉利	博瑞、博越
长城	H6 coupe
本田	雅阁、奥德赛、思铂睿、凌派、CRV、艾力绅
大众	迈腾、帕萨特、CC
标志	308、508
奔驰	C、E、GLA、GLC、GLE

中国不同价位车型BSW渗透率，截至2019年上半年



来源：恩智浦公司官网，国盛证券，斯巴鲁官网，头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——ACC（自适应巡航）功能

定义

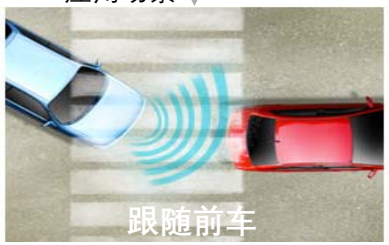


ACC系统是一种智能化的自动控制系统，借助外部传感器（**毫米波雷达、摄像头、激光雷达等**）检测自车与前方车辆的距离和相对速度，并控制自身车速和前车保持固定的距离。假设前车变道离开，在未识别到新的目标物之前，ACC系统会控制车辆按照设定的车速行驶。

ACC既可适用于低速场景（**TJA交通拥堵辅助**），也可适用于高速场景（**ICA智能巡航辅助**）。

应用场景


使车辆达到设定速度


跟随前车


弯道时限制加速

分类（根据功能等级划分）

典型ACC系统
自动加减速，让车辆与前车保持一定距离或按预设速度行驶。速度低于**30 Km/h**时，ACC状态自动退出

全速ACC系统
可以**任何速度**进行巡航，包括在完全停止后随着前车移动而恢复之前的驾驶状态，即Stop & Go

传感器方案

毫米波雷达为主
原因：毫米波雷达具有较远的探测距离和较强的环境适应能力

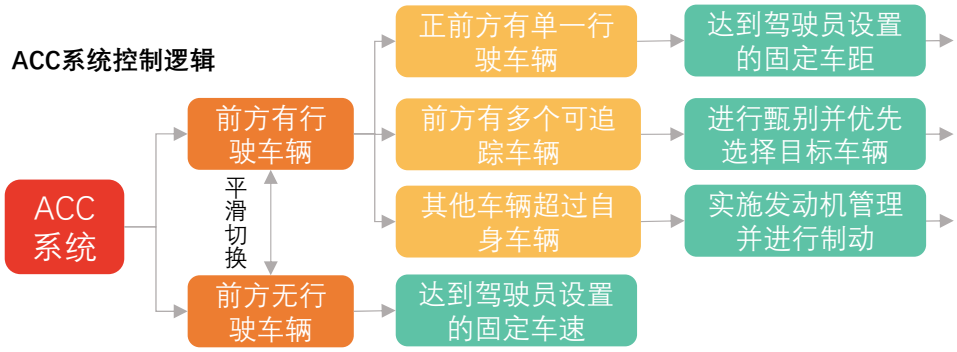
毫米波雷达+摄像头
原因：配合摄像头实现在低速复杂路况下的跟停跟走功能

工作流程分析

ACC系统利用传感器得到行车所需信息，当发现前车减速或出现新目标时，电控单元将发送执行信号给发动机或制动系统，做出保持车距或自动制动等相关动作。若前方没有车辆，则恢复设定车速。

因涉及到汽车的自动制动，ACC系统还需协调发动机管理系统、自动变速箱控制器、电子稳定程序等部件进行工作。

ACC系统控制逻辑



最常用的安全距离模型为车间安全时距模型，即跟车距离以时间为单位设置，通常为**1-2.5s**

需辅助车道识别单元、转向角传感器、横摆率传感器、车轮转速传感器等多部件进行判断

ACC系统的自动制动力为**车辆最大制动力的30%-40%，位于0.3-0.4g之间**。若系统判定需要急刹（＞最大制动力的40%）时，仪表上将会出现视觉信号并发出蜂鸣警报

备注：此处的"前方"指毫米波雷达的探测距离，一般为200米

来源：恩智浦公司官网，行易道官网，奥迪ACC技术手册，头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——PA（停车辅助）功能

定义与原理



PA系统通过安装在车身上的**超声波雷达及摄像头**探测停车位置，绘制停车地图，并实时动态规划泊车路径，将汽车指引或直接自动控制方向盘将汽车驶入停车位置。

工作原理：PA系统通过搜索泊车位、生产泊车路径和运动控制三大功能，实现自动泊车辅助。当汽车行驶速度低于30 km/h时，其搜索功能将自动打开，在搜索到合适车位后，ECU将从速度和运动两方面进行泊车轨迹模拟。最后，控制器将对汽车进行横向和纵向控制，从而完成泊车动作。

工作流程分析

PA系统工作流程

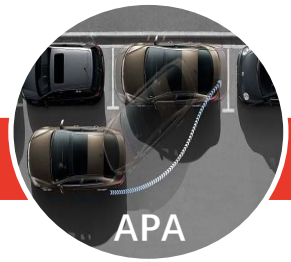
泊车位搜索 → 泊车路径生成 → 运动控制

- 泊车位搜索：车速＜30 km/h时自动搜索车位
- 泊车路径生成：ECU进行泊车轨迹模拟
- 运动控制：按照预定轨迹控制方向盘转角进行自动泊车

分类（按功能）

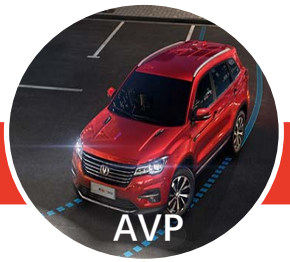
PA系统目前已发展至第三代，从最开始的驾驶员必须在车内配合挂挡完成泊车（APA系统），发展到驾驶员可以站在车外5米外使用手机遥控泊车（RPA远程遥控泊车），最后到汽车自主学习泊车路线完成固定车位泊车（自学习泊车），未来将出现第四代PA系统，即AVP代客泊车。

PA系统分类及其传感器方案









APA	RPA	自学习泊车	AVP
传感器方案：4-8个UPA+4个APA	传感器方案：8个UPA+4个APA+车载蓝牙	传感器方案：8个UPA+4个APA+车载蓝牙+4个鱼眼摄像头	8个UPA+4个APA+车载蓝牙+4个鱼眼摄像头+1个前视摄像头
应用场景：垂直库位、平行库位	应用场景：狭窄车位、停车房	应用场景：固定车位	应用场景：地上/地下公共停车场
驾驶员位于车内	驾驶员位于车外5m内，使用遥控器	驾驶员位于车外50m内，用遥控器	驾驶员位于车外500m内
SAE等级：L2	SAE等级：L2+	SAE等级：L3	SAE等级：L4

来源：辅易航官网，名爵官网，荣威官网，长安官网，头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——LKA（车道保持）功能

定义



LKA系统通过**角雷达、多功能摄像头**识别本车相对于车道中央的位置，如车辆靠近标识线或偏离车道，则通过方向盘震动或声音来进行警告，必要时通过自动转向干预使车辆回到车道内。**LKA系统包含三项子功能：**（1）**LDW**，在车道偏离时，通过声音、视觉和震动等方式发出预警；（2）**LDP**，在汽车快要驶离车道时，通过施加适当转向干预实现位置修正的系统；（3）**LCC**，通过监控汽车与车道中线的相对位置，主动辅助驾驶员保持在车道中线位置，减少驾驶员负担。

产生的必要性

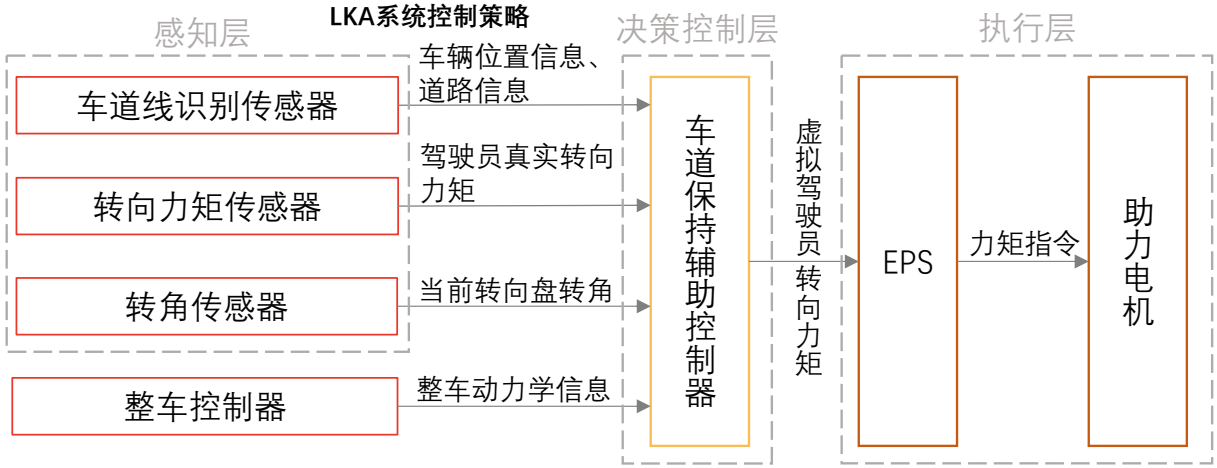
在欧洲，39%的意外交通事故是因偏离车道而产生的，在美国这一比例为44%，而中国这一比例更是高达50%。高交通事故发送概率是催生LKA系统出现的重要原因。

根据2019年9月发布的《美国消费者报告》显示，LKA和LDW的避险指数为31%。截至2019年上半年，中国市场的LKA渗透率为26.4%，LDW的渗透率为44.6%。

工作流程分析

LKA系统可分为感知层、决策层和执行层三部分。其中，感知层用于采集车道信息和车辆信息，决策层用于判断是否需要转道并计算输出力矩，执行层为EPS系统，EPS系统使用虚拟驾驶员转向力矩代替扭矩传感器监测到的驾驶员转向力矩，完成车道保持辅助。

LKA系统控制策略



来源：荣威官网，汽车之家，《汽车技术》，头豹研究院编辑整理

适用条件分析

LKA系统的缺陷：

1. LKA系统是基于视觉传感器辨认车道线的，如果摄像头被遮挡、车道线不清晰、大雨雾霾等恶劣天气、黑夜等情况都会导降低系统判断精度；
2. LKA系统的转向能力有限，如果车辆的横向偏移速度超过ESP设定，车辆就会跑出车道。

使用限定条件：

1. 目前量产的LKA主要适用于高速场景的辅助功能，只有当车辆行驶速度**＞60 km/h**才LKA系统才介入工作，并限制该系统在恶劣天气情况下的使用；
2. 根据2019年1月颁布的《道路车辆先进驾驶辅助系统（ADAS）术语及定义》的征求意见稿规定，**LKA系统激活时引发的车辆横向加速度不大于3m/s²，车辆横向加速度变化率不大于5m/s³**。

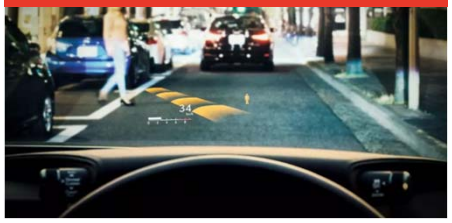
©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——其他功能

除AEB、FCW、BSW、LCA、SBDS、STBSD、ACC、RCTA、DOW、RCTB、APA、RPA、自学习泊车、AVP、LKA、LDW、LDP及LCC功能外，雷达传感器还可应用在HUD、ROA、RCW、PD、SLA、TJA、ICA及智能驾驶司机上。

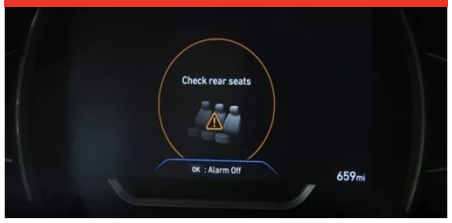
雷达传感器在汽车行业应用的其他功能示意图

HUD抬头显示系统



将雷达传感器收集信息、GPS数据、地图素材和车辆动态展示在汽车挡风玻璃上的系统

ROA后座乘员报警系统



利用毫米波雷达、超声波雷达进行后门开闭情况和后座生命监测的系统

RCW后向碰撞警示系统



利用毫米波雷达，对车辆后方盲区进行监测的系统

PD行人识别系统



使用雷达、摄像头、红外线传感器进行行人探测的系统，因行人探测难度大，需多传感器进行融合

SLA限速辅助系统



由地图或摄像头数据确定的速度限制，超出该限制时，限速图标将轻微闪烁以提示驾驶员保持正确车速

TJA交通拥堵辅助系统



ACC状态下的低速跟随，可缓解因交通拥堵频繁踩踏制动踏板造成的腿酸情况

ICA巡航辅助系统



ACC状态下的高速跟随，可缓解高速公路上长时间高度精神集中带来的驾驶疲劳

智能驾驶司机



无需驾驶员干预，汽车可自行驾驶的系统，处于L4、L5高级无人驾驶阶段

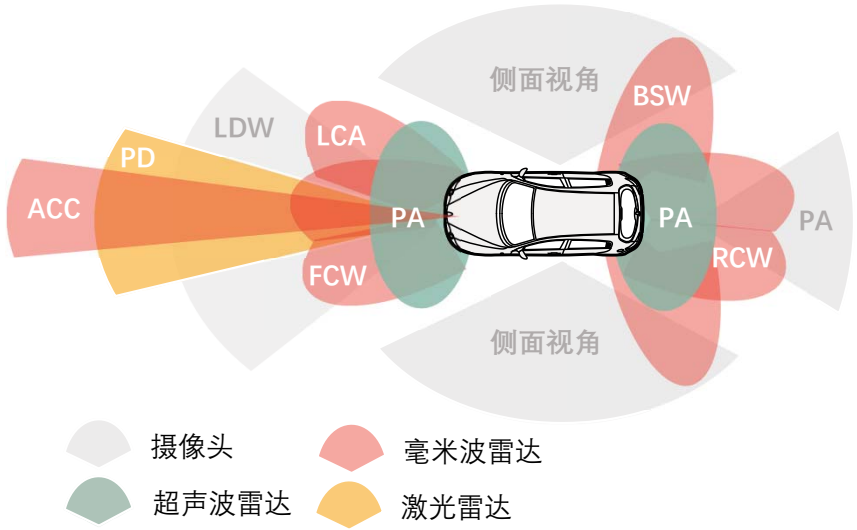
来源：电装官网，现代汽车官网，荣威官网，别克官网，小鹏官网，威马汽车官网，长安官网，头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——功能总结

ADAS功能通过传感层、决策层和执行层三个模块实现，其中传感层通过雷达传感器及视觉传感器对环境进行数据采集，是各种辅助驾驶功能实现的基础。三种雷达传感器性能有所区别，适用的场景也有所不同。其中，超声波雷达能量消耗慢，超声波的穿透性强，但其探测距离短且不适合高速运行，因而只适合自动泊车等低速场景。毫米波雷达具备全天时全天候的优势，适用于AEB、FCW、BSW、LCA、ACC、LKA等多个应用场景，而激光雷达可360度无死角扫描，从而形成环境三维模型，但其价格昂贵，性价比不高，因而其虽可应用于多个场景，但均未作为最佳选择。

雷达传感器在汽车上的功能及位置示意图



来源：头豹研究院编辑整理

各功能适用的雷达传感器总结归纳

	摄像头	超声波雷达	毫米波雷达	激光雷达
AEB自动制动	√√		√√	√
FCW前向碰撞预警	√√		√√	√
BSW盲区监视	√	√	√√	√
LCA变道辅助	√	√	√√	√
RCTA后方交通穿行提示	√	√	√√	√
DOW开门预警	√	√	√√	√
RCTB后方交通穿行制动	√	√	√√	√
ACC自适应巡航	√		√√	√
TJA交通拥堵辅助	√		√√	√
ICA智能巡航辅助	√		√√	√
APA自动泊车辅助	√	√√	√	√
RPA遥控泊车	√	√√	√	√
自学习泊车	√√	√√	√	√
AVP代客泊车	√√	√√	√	√
LKA车道保持辅助	√		√√	
LDW车道偏离预警	√		√√	
LCC车道居中控制	√		√√	

备注：√ √表明为最佳搭配方案，√表示适用于该场景

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——智能汽车政策框架

中国政府通过总体规划、道路测试、传感器一系列相关政策，构建了完整的智能汽车政策框架，推动雷达传感器在汽车行业的应用。

顶层设计："智能汽车强国"

2018年1月发改委发布《智能汽车创新发展战略（征求意见稿）》

第一步 2020年	汽车产业规模达3,000万辆，智能汽车（L2）新车占比达到50%	**第二步 2025年**	汽车规模达3,500万辆，新车基本实现智能化，高级别智能汽车实现规模化应用（占15%）	**第三步 2035年**	汽车规模达3,800万辆，并建成智能汽车强国

分类	政策名称	颁布日期	颁布主体	主要内容及影响
总体规划	《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》	2018-12	工信部	至2020年，新车驾驶辅助系统（L2）搭载率达到30%以上，构建能够支撑有条件L3及以上的智能网联汽车技术，加快激光/毫米波雷达、惯性导航等感知器件的联合开发和成果转化
	《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》	2017-12	工信部 国家标准委	制定了一系列智能网联汽车标准，到2020年，初步建立能够支撑驾驶辅助及低级别自动驾驶的智能网联汽车标志体系，到2025年，系统形成支撑高级别自动驾驶的智能网联汽车标准体系
	《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
道路测试	《智能网联汽车道路测试管理规范（试行）的通知》	2018-04	工信部、公安部、交通运输部	实行规范提出省、市政府相关主管部门可根据当地实际情况，制定实施细则，具体组织开展智能网联汽车道路测试工作
	《加快推进自动驾驶是车辆道路测试有关工作的指导意见（北京）》	2017-12	北京交通委	确认责任主体为申请测试境内法人，对测试车辆、驾驶员、测试主体制定要求标准，制定了自动驾驶测试的管理流程，事故责任认定原则
传感器相关政策	《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
	《智能汽车关键技术产业化实施方案》	2017-12	发改委	重点研发智能汽车技术，建立智能汽车基础技术体系与数据库，重点加强传感器、车载芯片、中央处理器、车载操作系统、无线通信设备、以及北斗高精度定位装置等产品开发与产业化
	《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	在自动驾驶智能网联汽车、智能服务机器人、智能语音交互系统、智能传感器、神经网络芯片等技术方面，通过专项资金以及重大项目等措施给予支持
	《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

来源：头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用概览——标准制定

ADAS作为雷达传感器在汽车领域应用的首个落地点，其相关标准的制定是标准体系建设的工作重点。

顶层设计

《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》

发布主体：工信部与国家标准委

发布时间：2017年12月

内容：针对智能网联汽车通用规范、核心技术与关键产品应用，有目的、有计划、有重点地指导车联网产业智能网联汽车标准化工作

标准建立

《道路车辆先进驾驶辅助系统（ADAS）术语及定义》征求意见稿

发布主体：汽标委

发布时间：2019年1月

内容：规定了道路车辆ADAS系统相关的术语及定义

《2019年智能网联汽车标准化工作要点》

发布主体：工信部

发布时间：2019年5月

内容：在年内制定乘用车和商用车AEB、驾驶自动化分级、汽车信息安全通用技术等一系列标准，稳步推动先进ADAS系统标准制定

落地措施

JT/T 1094-2016《营运客车安全技术条件》

发布主体：交通部

发布时间：2017年3月

内容：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LDWS及FCW功能

《营运货车安全技术条件 第1部分：载货汽车》

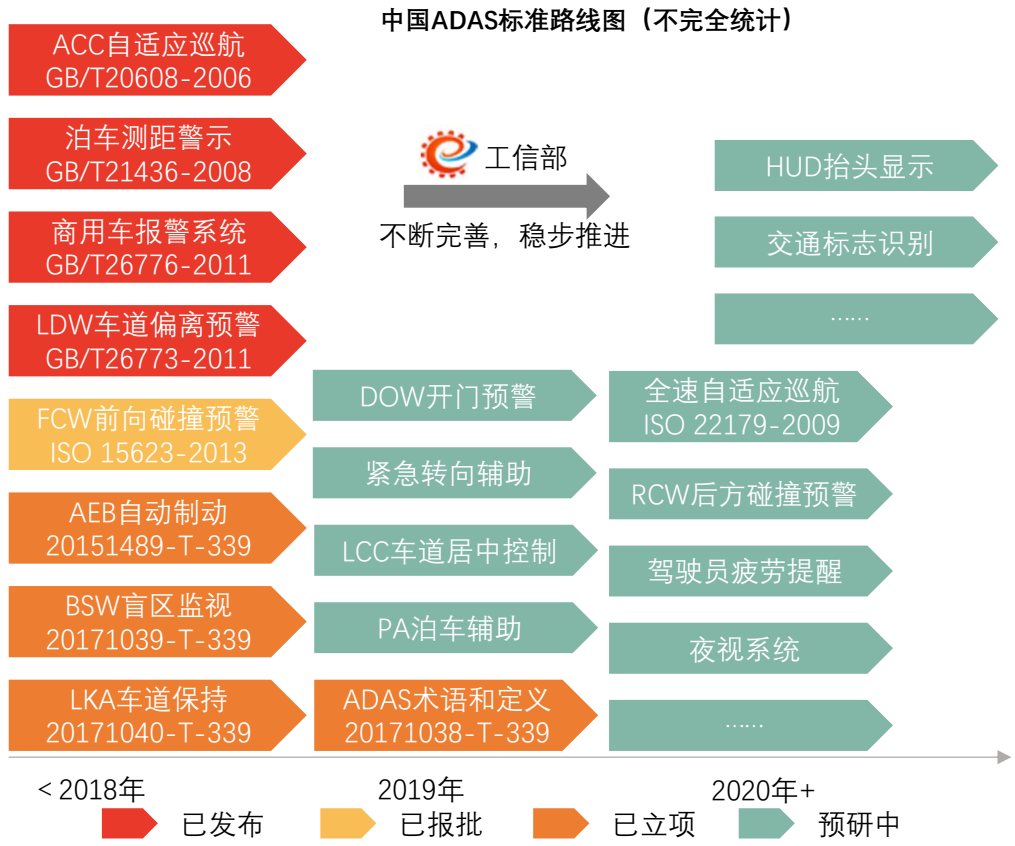
发布主体：交通运输部

发布时间：2018年4月

内容：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

来源：《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》，头豹研究院编辑整理

中国ADAS标准建设工作已在逐步完善，将在2020年左右形成完整的标准体系。



©2019.12 LeadLeo

商用车应用案例——金龙阿波龙

公司名称：厦门金龙联合汽车工业有限公司　　成立时间：1988年　　公司总部：中国厦门

金龙客车 KING LONG

- **公司简介：**

厦门金龙联合汽车工业有限公司（以下简称“金龙客车”），创立于1988年，隶属于厦门金龙汽车集团股份有限公司（股票代码：600686）。金龙客车专注大、中、轻型客车整车的研发、生产、销售和服务，下辖厦门大中型、厦门轻型、绍兴公交/前置客车三个生产基地，总占地面积80万平方米，大中型客车年产能超过2万辆，轻型客车年产能超过3万辆。厦门大中型客车生产基地集研发、试验、制造、营销服务为一体，是自动化程度高、工艺先进的世界级客车制造工厂。

- **智能汽车车型介绍：**

金龙客车L4级无人驾驶商用车“阿波龙”巴士已实现量产。2018年7月，在金龙正式加入百度Apollo平台后一年后，金龙客车和百度联合宣布，全球首款L4级量产自动驾驶巴士阿波龙第100辆量产下线。2019年7月3日，百度AI开发者大会上，百度联合金龙客车正式公布将“阿波龙”园区小巴正式升级为阿波龙公交车，自动驾驶场景从封闭园区进入开放道路。**截止2019年10月，金龙阿波龙已在中国25个城市及地区、30个场景实现商业化落地运营，累计自动驾驶里程57,000+公里、累计乘客63,000+名，并保持安全0事故记录。**

金龙阿波龙传感器方案



来源：金龙客车官网，头豹研究院编辑整理

金龙阿波龙使用**“激光雷达为主，毫米波雷达、超声波雷达及摄像头为辅”**的多传感器融合方案，**在公交车前方两侧使用两个40线激光雷达，在车辆后方安装一个40线激光雷达，在车辆正前方使用1个毫米波雷达和4个超声波雷达，并辅以1个双目摄像机、2个单目摄像机、1个定位射数接收设备**，实现360°全方位探测角度。多种传感器协同工作，赋予金龙阿波龙更灵敏的障碍识别及路况感知能力，保障其在晴、雨、雾霾等天气及不同路况状态下安全行驶。此外，金龙阿波龙将GPS定位和激光雷达组合，可实现点云定位，在GPS信号缺失时也能准确定位。当遭遇AI无法处理的意外时，随车安全员将及时介入，为车辆实行安全增添保障。

目前，金龙阿波龙适用于低速简单的道路场景，其最高时速可达60km/h，平均时速保持30-40 km/h。阿波龙具备适用于低速道路场景的核心自动驾驶能力，**包括AEB、BSW、LDK、变道辅助、ACC、LCC等多种功能**。

金龙阿波龙自动驾驶功能



©2019.12 LeadLeo

专用车应用案例——智行者“蜗必达”

公司名称：北京智行者科技有限公司　　成立时间：2015年　　公司总部：中国北京

- **公司简介：**

北京智行者科技有限公司（以下简称“智行者”），创立于2015年，是专注于无人驾驶汽车“大脑”——传感器和操作系统领域的企业，可提供多元无人驾驶解决方案。智行者开发的无人驾驶车辆累计测试里程超过40万公里，处于中国无人车厂商前列，是中国首批将无人驾驶技术及产品实现商业化落地的企业。智行者已成功为北汽、上汽、东风、知名互联网公司等企业提供智能驾驶技术解决方案，成为中国目前获得整车厂订单数量最多的技术服务商之一。在产品化方面，智行者率先推出蜗小白和蜗必达两款商用化产品，在中国保持领先地位。

- **智能汽车车型介绍：**

智行者低速无人驾驶L4级别专用车“蜗必达”和“蜗小白”已实现量产。2017年6月，智行者发布无人驾驶物流车蜗必达，2017年9月，无人驾驶清扫车蜗小白落地运营，并于2018年10月实现蜗系列两款产品的量产下线，成为中国首个真正将低速无人驾驶车推上量产日程的企业。以无人驾驶物流车蜗必达为例，蜗必达旨在从最后1公里的无人化切入，提升整个物流链条的综合效益，是智慧物流时代的科技实践者，能够全方位为企业提供智能配送解决方案，以完全智能化辅助传统物流行业完成最后一公里配送的难题。

智行者蜗必达传感器方案



来源：智行者官网，头豹研究院编辑整理

蜗必达使用**“激光雷达为主，超声波雷达及摄像头为辅”**的多传感器融合方案，**集1个16线激光雷达、3个单线激光雷达、多个超声波雷达及摄像头等传感器于一体**，可确保对周围环境360°的精准感知，实现了特定场景下的无人驾驶配送，让物资转运和配送不再只依赖人力，可自主完成任意目的地之间的运输工作。

智行者自主研发的AVOS系统为蜗必达提供了多传感器自适应融合算法、环境认知算法、设计合理的路径规划算法、高可靠性的控制算法、智能配送的解决方案，可实现人性化且智能化的自动物流配送。而用户方面只需要下载“蜗必达”APP进行验证后，就可根据提示完成送货或收货的快捷存取。

目前，蜗必达适用于低速简单的道路场景，其单次载重为100kg，日均派单超过100单。蜗必达在开放校园及住宅区可实现**定点起停、智能循迹、自动避障、物流配送、后台监控等功能**。

智行者蜗必达自动驾驶功能



©2019.12 LeadLeo

出租车应用案例——百度Robotaxi

公司名称：北京百度网讯科技有限公司　　成立时间：2001年　　公司总部：中国北京

- **公司及项目简介：**

北京百度网讯科技有限公司（以下简称“百度”），成立于2001年，是中国领先的人工智能公司。截至2019年12月，百度已获得超过50张智能网联汽车道路测试牌照，在中国处于领先地位。百度Apollo是面向汽车行业及自动驾驶领域的合作伙伴提供的软件平台，于2017年9月发布。apollo包含Robotaxi、小度车载OS、车路协调、自主泊车（Valet Parking）、小巴自动驾驶、地图数据服务平台共6大解决方案。

智能汽车车型介绍：

百度apollo与中国一汽红旗合作打造的L4级无人驾驶出租车Robotaxi已于2019年7月正式投产下线。2019年9月26日，Robotaxi试运营于中国长沙正式开启，其运营则由湖南阿波罗智行有限公司（由百度、长沙先到产业投资有限公司、湖南湘江智能科技创新中心联合成立）负责，预计至2019年年底，百度Robotaxi在长沙的试运营道路将覆盖50公里，2020上半年将覆盖135公里，其开放道路包含社区、景区、园区和公园的城市路段。

百度 Robotaxi传感器方案



来源：百度Apollo官网，头豹研究院编辑整理

百度Robotaxi使用**“激光雷达为主，毫米波雷达、超声波雷达及摄像头为辅”**的多传感器融合方案，**共配置一个40线激光雷达、2个四线激光雷达、9个摄像头、9个超声波雷达和2个毫米波雷达。**基于多传感器融合，Robotaxi可实现360°全方位无盲角探测，其探测距离可达240m，实时控制速度＜100ms。

百度Robotaxi可在城市复杂道路实现**无保护左转、车流中择机变道、通过复杂路口、站点停靠、窄路通行、雨水/烟雾/绿植过滤等自动驾驶功能**。例如对于自动驾驶最棘手的“无保护左转”，即在没有交通信号灯、或是停车标识来引导的左转行为，这对于人类司机来说都是相当困难的。这种行为一般需要车辆规划路线、定位车道、预测其他车辆，同时通过车载传感器扫描车辆之间的间隙，从而做出决定，Robotaxi现已经可做到。

百度Robotaxi自动驾驶功能



©2019.12 LeadLeo

乘用车应用案例——小鹏G3 2020版（L2.5车型）

公司名称：广州小鹏汽车科技有限公司　　成立时间：2014年　　公司总部：中国广州

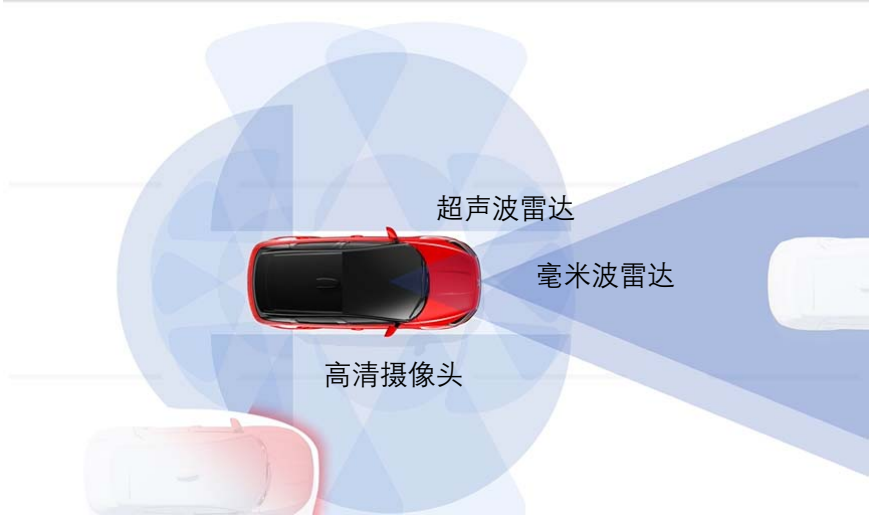
- **公司简介：**

广州小鹏汽车科技有限公司（以下简称“小鹏汽车”），成立于2014年，是中国第一梯队智能汽车设计及制造商，也是融合互联网和人工智能前沿创新的科技公司。小鹏汇聚来自不同国家 4,000 多名优秀人才，其中 60% 为研发人员，核心团队融合了互联网与汽车等行业的优秀专家，具备明显的人才优势。成立一年后，小鹏汽车实现了量产车1.0车型下线，并于2018年12月发布并交付第一款面向市场的量产车型G3，在发布会一天内实现1,573台订单销量，是中国领先的智能电动汽车制造商。

- **智能汽车车型介绍：**

小鹏L2.5级无人驾驶汽车G3 2020版已实现量产，是中国首批L2.5级自动驾驶乘用车车型。小鹏G3搭载XPILOT2.5系统，在L2级的自适应巡航（辅助性纵向控制）、车道居中（辅助性纵向控制）功能之上，还引入了自动变道辅助（多车道辅助驾驶）、学习与进化能力（从数据到迭代形成闭环）、运营与智能（拓展性与融合能力）等关键技术，所以被定义为L2.5级的自动驾驶。小鹏G3 2020款于2019年8月交付，成为中国同等价格区间内少有的能够实现L2.5级智能辅助驾驶的电动车。

小鹏G3传感器方案



小鹏G3使用**“毫米波雷达为主，超声波雷达及摄像头为辅”**的多传感器融合方案，**共配置12个超声波雷达、5个高清摄像头、3个毫米波雷达**，对道路、车辆、行人、障碍物等进行精准识别，并反馈给智慧芯片，得到更适合中国路况的自动辅助驾驶和多场景全自动泊车方案，从而实现XPILOT 2.5级智能驾驶。

小鹏G3通过使用多达20个传感器（包括毫米波雷达、超声波雷达和摄像头）监控周围环境，可实现**ASL自动限速调节、ALC自动变道辅助、ACC、ATC自适应弯道巡航、辅助驾驶模拟显示系统及LCC等功能**。小鹏G3搭载的XPILOT 2.5 自动驾驶辅助系统是驾驶辅助功能，无法应对所有交通、天气与路况，驾驶员必须始终注意观察当前交通状况，如果自动辅助驾驶系统未能提供适当的转向辅助或者保持适当的车距与车速，则需要驾驶员主动干预。在交通状况复杂多变、冰雪雨路面湿滑天气、道路积水或烂泥路面、 能见度较差、崎岖山路或高速路入口出口等情况下，XPILOT2.5系统使用受限。

小鹏G3自动驾驶功能



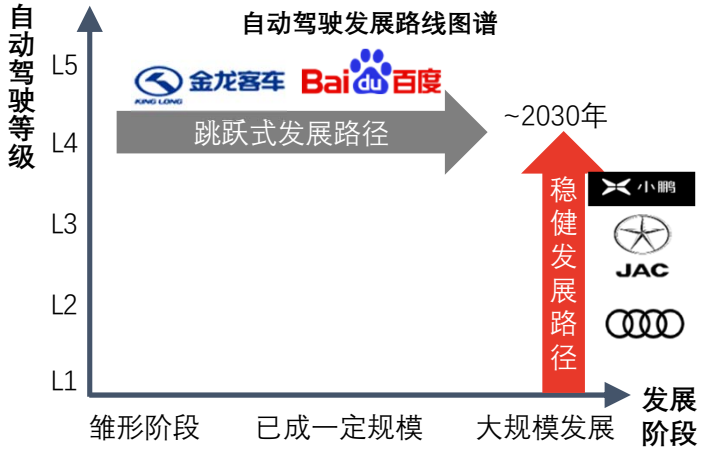
来源：小鹏官网，头豹研究院编辑整理

©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用发展趋势——专用车将会成为首个商业化落地场景

中国及全球的无人驾驶发展路径主要有两种：

1. **稳健发展途径：**从L1到L2，再逐步发展至L5级别，适用于非营业乘用车领域，现阶段中国量产的无人驾驶乘用车均处于L2阶段，实质上是辅助驾驶车辆，利用辅助驾驶设备给驾驶员提供建议，或在简单环境下实现明确的操作；
2. **跳跃式发展路径：**直接切入L4全自动驾驶阶段，适用于商用车、专用车和出租车领域。



根据自动驾驶路线的不同，商用车、专用车、出租车及其他非营业乘用车的雷达传感器方案也各有不同：

- 其他非营业乘用车：毫米波雷达为主，其他传感器为辅
- 商用车、专用车、出租车：激光雷达为主，其他传感器为辅

这两类不同的发展路径都呈现了足够的可行性（行驶里程数和同时投放车辆数是判断可行性的指标）。**在稳健发展路线中**，以特斯拉为例，其行驶里程数已超过10亿公里，积累的路测数据丰富，同时其投放的车辆数早已突破1万辆的门槛，达到了50万辆。
在跳跃式发展路径中，以谷歌Waymo为例，其行驶里程数已超过1千万公里，计划汽车投放超过2万辆。

在考虑自动驾驶技术的落地时间时，市场需求和可预期的安全风险是关键的考量指标。

1. **市场需求：**商用车、专用车及出租车的客户受益程度高于乘用车，如物流行业中最后一公里场景中，无人驾驶可显著降低其人力成本，并有效提升物流车使用效率，而乘用车自动驾驶带来的收益有限，客户需求量较少，因而跳跃式发展路径将更先落地；
2. **可预期的安全风险：**自动驾驶在极端失效情况下会造成严重的安全事故，当前的技术手段在低速载物领域最具备优势，其风险承受能力高于乘用车，因而跳跃式发展路径是自动驾驶技术落地场景最合适的一个方向。

此外，跳跃式发展路线中，专用车可在私有道路上行驶，可省去政策发布及落地时间，将是自动驾驶首个商业化落地场景。

来源：头豹研究院编辑整理



©2019.12 LeadLeo

中国雷达传感器汽车行业应用发展趋势——多种类型传感器相互融合

从需求、智能化应用、技术发展路线、整车配置、成本等多方面考虑，

多类型雷达传感器融合

将成为行业未来发展的主流技术路线

01. 需求角度

各雷达传感器均存在不可避免的缺点，如超声波雷达只适合低速驾驶场景，超声波雷达横向测量精度不足，激光雷达无法在极端天气下工作且价格昂贵，因而需要进行功能互补；

02. 智能化应用角度

随着自动驾驶等级的提升，汽车对环境感知能力的精确度、实时性也有所提升，单种类传感器无法适应其要求，多传感器融合成为必然趋势；

03. 技术发展路线角度

未来技术发展路线将往高集成度方向发展，多传感器的融合除在功能方面融合外，在设计和装配方面也将高度集成，从而降低传感器尺寸和整车控制难度；

04. 整车配置角度

各雷达传感器和视觉传感器在系统功能上具有耦合性，联动发展可扩展更多应用场景，同时可降低系统冗余度，提高系统集成度；

05. 成本角度

融合可降低生产成本，以超声波雷达和摄像头融合为例，融合产品的综合成本可降低约**10%**，价格相较分离状态的产品更具竞争力。

来源：电装官网，辉创电子，头豹研究院编辑整理

三种雷达传感器各有优缺点，单类型的雷达传感器无法适应商用车、专用车及乘用车自动驾驶等级持续上升对环境感知精度、适用场景、反应时间提出的更高要求，融合成为雷达传感器行业发展的重要趋势。商用车、专用车和乘用车的自动驾驶发展路径虽有不同，其主要使用的雷达传感器也略有区别，但均对传感器融合提出了一致要求。



超声波雷达

功能：距离探测、车位检测、车辆泊车路径规划控制

优点：系统成熟，已具备大量应用测试验证、价格优势明显

缺点：只适合低速驾驶场景



毫米波雷达

功能：距离、速度、位置探测，实现AEB、FCW、ACC等功能

优点：具备全天时全天候工作的优点；性价比高

缺点：横向测量精度低，且无法成像



激光雷达

功能：三维成像、高精度测量

优点：测量精度高，三维成像

缺点：价格高昂，受极端天气影响大



360°环视摄像头

功能：提供视频以辅助驾驶员实时观测周围环境

优点：实时视觉探测

缺点：受天气、光线影响大

各种类雷达传感器融合，将赋予汽车更多功能将有更广泛的适应性，在高精地图、V2X等设施的辅助下，L2级汽车将升级为更高级别的无人驾驶

[19RI0934]

©2019.12 LeadLeo

方法论

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，从交通运输、铁路运输等领域着手，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12月完成。

©2019.12 LeadLeo

法律声明

- 本报告著作权归头豹所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复刻、发表或引用。若征得头豹同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“头豹研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节或修改。
- 本报告分析师具有专业研究能力，保证报告数据均来自合法合规渠道，观点产出及数据分析基于分析师对行业的客观理解，本报告不受任何第三方授意或影响。
- 本报告所涉及的观点或信息仅供参考，不构成任何投资建议。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在法律许可的情况下，头豹可能会为报告中提及的企业提供或争取提供投融资或咨询等相关服务。本报告所指的公司或投资标的的价值、价格及投资收入可升可跌。
- 本报告的部分信息来源于公开资料，头豹对该等信息的准确性、完整性或可靠性不做任何保证。本文所载的资料、意见及推测仅反映头豹于发布本报告当日的判断，过往报告中的描述不应作为日后的表现依据。在不同时期，头豹可发出与本文所载资料、意见及推测不一致的报告和文章。头豹不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，头豹对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者应当自行关注相应的更新或修改。任何机构或个人应对其利用本报告的数据、分析、研究、部分或者全部内容所进行的一切活动负责并承担该等活动所导致的任何损失或伤害。