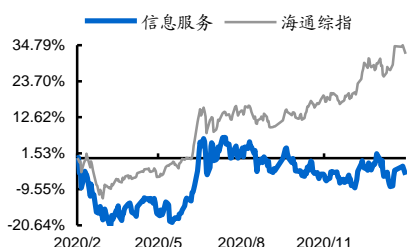


投资评级 优于大市 维持

市场表现



资料来源: 海通证券研究所

相关研究

《从恒生电子投资赢时胜,看金融科技行业的平台化趋势》2021.02.22

《区块链和人工智能已成为领先金融科技企业技术布局重点》2021.02.21

《云+AI春节假日资讯,持续推荐云和AI》2021.02.19

分析师: 郑宏达

Tel: (021)23219392

Email: zhd10834@htsec.com

证书: S0850516050002

分析师: 杨林

Tel: (021)23154174

Email: yl11036@htsec.com

证书: S0850517080008

分析师: 洪琳

Tel: (021)23154137

Email: hl11570@htsec.com

证书: S0850519050002

联系人: 杨蒙

Tel: (0755)23617756

Email: ym13254@htsec.com

海通 AI 产业链深度研究 (8) 激光雷达产业全呈现

投资要点:

- 自动驾驶给激光雷达带来新机遇。** 中国汽车工程学会、国汽智联汽车研究院编写的《中国智能网联汽车产业发展报告(2019)》称,当前在人工智能的重要应用场景智能网联汽车的自动驾驶和辅助驾驶领域中,激光雷达是实现环境感知的核心传感器之一。无人驾驶汽车领域庞大的车用需求以及无人驾驶技术给人类社会运行带来的潜在变革,为激光雷达带来了广阔的应用前景以及巨大的市场。
- 政策密集出台,助力激光雷达行业发展。** 近年来密集出台包括《新能源汽车产业发展规划(2021-2035年)》、《智能汽车创新发展战略》以及《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》等一系列政策,不断推进智能传感器及集成电路行业的高速和高效发展。
- 技术推进及场景扩展带来广阔市场空间。** 随着人工智能、5G技术的逐渐普及,无人驾驶、高级辅助驾驶、服务型机器人和车联网等行业发展前景广阔。全球来看,根据沙利文的统计及预测,激光雷达整体市场预计将呈现高速发展态势,至2025年全球市场规模为135.4亿美元,较2019年可实现64.5%的年均复合增长率。国内来看,据麦肯锡研究报告显示,中国将是全球最大的自动驾驶市场,而激光雷达是高级别无人驾驶技术实现的关键,根据沙利文的研究报告,至2025年,中国激光雷达市场规模将达到43.1亿美元,较2019年实现63.1%的年均复合增长率,其中车载领域即无人驾驶和高级辅助驾驶是主要组成部分。
- 国内企业在激光雷达市场勇立潮头。** 目前,激光雷达行业内主要的公司包括美国的Velodyne、Luminar、Aeva、Ouster,以色列的Innoviz,德国的Ibeo,以及国内的禾赛科技和速腾聚创。2020年下半年国外激光雷达公司迎来上市的热潮,2021年禾赛科技预计将作为国内第一家激光雷达领域上市公司。禾赛科技进入激光雷达领域后,凭借优秀的产品性能建立了良好的口碑,销售数量及营业收入均实现较快增长,使得国外厂商的市场占有率不断降低。与此同时,华为于2020年底首次面向行业正式发布车规级高性能激光雷达产品和解决方案,正式进军激光雷达市场。
- 投资建议。** 建议关注:禾赛科技等。
- 风险提示。** 激光雷达主流技术路线变化;无人驾驶推进节奏不及预期。

目 录

1. 自动驾驶给激光雷达带来新机遇	5
1.1 激光雷达原理	5
1.2 车载传感器的比较	6
1.3 激光雷达的分类	8
1.4 激光雷达的迭代历史	9
1.5 激光雷达核心应用场景	10
1.6 激光雷达产业链	11
1.7 政策密集出台	14
2. 技术推进及场景扩展带来广阔市场空间	15
2.1 无人驾驶市场	16
2.2 高级辅助驾驶市场	16
2.3 服务型机器人市场	17
2.4 V2X 市场	18
2.5 中国市场潜力巨大	19
3. 激光雷达企业对比	19
3.1 禾赛科技：全球领先的激光雷达制造商	21
3.2 华为：“爬北坡”进入激光雷达战场	25
4. 投资建议	27
5. 风险提示	27

图目录

图 1	激光雷达的构成	5
图 2	各自动驾驶传感器示例图	6
图 3	激光雷达在自动驾驶中的应用场景	7
图 4	激光雷达产业链图谱	12
图 5	2017-2025E 全球激光雷达市场规模	15
图 6	2017-2025E 全球激光雷达在 Robotaxi/Robotruck 领域的市场规模	16
图 7	2017-2025E 全球激光雷达在 ADAS 领域的市场规模	17
图 8	2017-2025E 全球激光雷达在移动机器人领域的市场规模	18
图 9	2017-2025E 全球激光雷达在智慧城市和测绘领域的市场规模	18
图 10	2017-2025E 中国激光雷达市场规模	19
图 11	禾赛科技产品发布时间图	22
图 12	禾赛科技近年来各产品营收（万元）	23
图 13	禾赛科技 2020 年 1-9 月各产品收入占比	24
图 14	禾赛科技 2020 年 1-9 月各地域收入占比	24
图 15	禾赛科技战略发展图	25
图 16	华为激光雷达团队“爬北坡”战略图	26
图 17	华为 96 线中长距激光雷达产品概况图	27

表目录

表 1	激光雷达主要技术指标	6
表 2	各自动驾驶传感器性能对比	7
表 3	激光雷达按测距方法分类	8
表 4	激光雷达按技术架构分类	8
表 5	激光雷达技术分类及特点	9
表 6	激光雷达行业发展历程	9
表 7	不同应用场景对激光雷达的需求	10
表 8	自动驾驶技术分类	10
表 9	激光雷达产业链发展情况	13
表 10	近年来国家出台相关智能传感器及集成电路行业政策	14
表 11	国外激光雷达上市公司市值及 2020 年预期营收	20
表 12	各激光雷达公司发展对比	20
表 13	禾赛科技发展历程	21
表 14	禾赛科技、Velodyne、Luminar 近三年主要财务数据对比（万元）	22
表 15	禾赛科技 2017-2020Q3 三费趋势	23
表 16	禾赛科技募集资金将投向	25

1. 自动驾驶给激光雷达带来新机遇

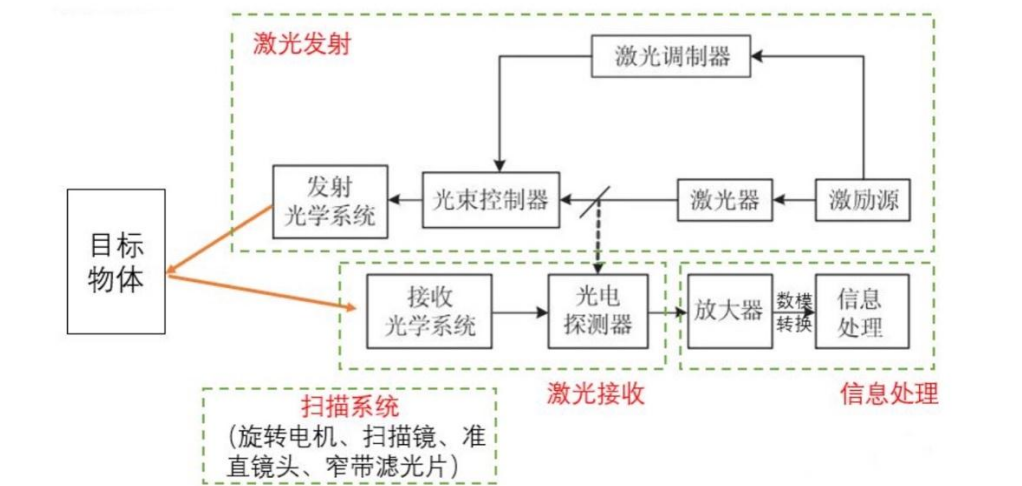
激光雷达 LiDAR (Light Laser Detection and Ranging) 被广泛用于无人驾驶汽车和机器人领域, 被誉为广义机器人的“眼睛”, 是一种通过发射激光来测量物体与传感器之间精确距离的主动测量装置。其中广义机器人包括具有无人驾驶功能的汽车, 也可称之为轮式机器人, 另外还包括实现无人清扫、无人运送等功能的新服务机器人。除了无人驾驶领域, 激光雷达的应用领域也在不断拓展, 包括以汽车整车厂、Tier 1 为代表的前装高级辅助驾驶, 以智能服务机器人为代表的避障导航系统, 还有随着 5G 技术逐渐普及而产生的智能交通车路协同应用, 都为激光雷达带来了更广阔的市场。

1.1 激光雷达原理

激光雷达的工作原理是将电脉冲变成光脉冲发射出去, 光接收机再把从目标反射回来的光脉冲还原成电脉冲, 通过测量发射脉冲与一个或数个回波脉冲之间的时间差而获得距离以及物体材质和颜色等参数。

具体来看, 激光雷达由四个系统组成, 分别为激光发射、激光接收、信息处理和扫描系统。激光发射系统中激励源周期性地驱动激光器, 发射激光脉冲, 激光调制器通过光束控制器控制发射激光的方向和线数, 最后通过发射光学系统, 将激光发射至目标物体; 激光接收系统的工作原理是经接收光学系统, 光电探测器接受目标物体反射回来的激光, 产生接收信号; 信息处理系统是接收信号经过放大处理和数模转换, 经由信息处理模块计算, 获取目标表面形态、物理属性等特性, 最终建立物体模型; 扫描系统是以稳定的转速旋转实现对所在平面的扫描, 并产生实时的平面图信息。

图1 激光雷达的构成



资料来源：汽车人参考微信公众号，海通证券研究所

激光雷达主要技术指标包括视场角、线数、分辨率、探测距离、测量精度、反射率和扫描帧频等。

表 1 激光雷达主要技术指标

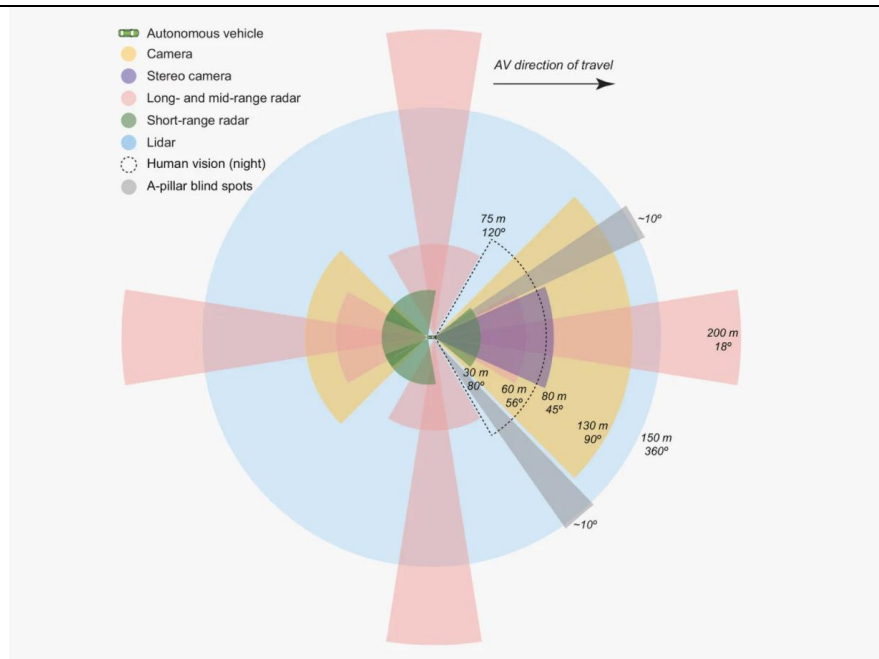
技术指标	具体含义
视场角	视场角决定了激光雷达能够看到的视野范围，分为水平视场角和垂直视场角，视场角越大，代表视野范围越大，反之则代表视野范围越小
线数	线数越高，代表单位时间内采样的点就越多，分辨率也就越高，目前无人驾驶车一般采用 32 线或 64 线的激光雷达
分辨率	分辨率和激光光束之间的夹角有关，夹角越小，分辨率越高。固态激光雷达的垂直分辨率和水平分辨率大概相当，约为 0.1°，旋转式激光雷达的水平分辨率为 0.08°，垂直角分辨率约为 0.4°
探测距离	激光雷达的最大测量距离。在自动驾驶领域应用的激光雷达的测距范围普遍在 100~200m 左右
测量精度	激光雷达的数据手册中的测量精度(Accuracy)常表示为，例如 ±2cm 的形式。精度表示设备测量位置与实际位置偏差的范围
反射率	反射率是指物体反射的辐射能量占总辐射能量的百分比，比如说某物体的反射率是 20%，表示物体接收的激光辐射中有 20% 被反射出去了。不同物体的反射率不同，这主要取决于物体本身的性质（表面状况），如果反射率太低，那么激光雷达收不到反射回来的激光，导致检测不到障碍物。激光雷达一般要求物体表面的反射率在 10% 以上，用激光雷达采集高精度地图的时候，如果车道线的反射率太低，生成的高精度地图的车道线会不太清晰
扫描帧频	激光雷达点云数据更新的频率。对于混合固态激光雷达来说，也就是旋转镜每秒钟旋转的圈数，单位 Hz。例如，10Hz 即旋转镜每秒转 10 圈，同一方位的数据点更新 10 次

资料来源：机器之心、智车科技、新浪科技、计算机视觉联盟、海通证券研究所

激光雷达是车辆安全和智能化的核心高端传感器，激光雷达也是我国智能汽车战略大力发展的关键基础技术之一。国家发改委、科技部、工信部等 11 部门联合印发的《智能汽车创新发展战略》中首次定义了什么是智能汽车：是指通过搭载先进传感器等装置，运用人工智能等新技术，具有自动驾驶功能，逐步成为智能移动空间和应用终端的新一代汽车。在这个定义中，“搭载先进传感器”是智能汽车的重要标签。

1.2 车载传感器的比较

根据新华网，对比《智能汽车创新发展战略》意见征集稿和正式印发版，在有关核心供应链环节的表述中，意见稿中的“重点推动传感器”被修改为“车载高精度传感器”。这一修改目标更为明确，即培育发展“高精度传感器”。产业方面，发展战略要求推进车载高精度传感器等产品研发与产业化，促进激光/毫米波雷达等自主知识产权军用技术的转化应用。可见，下一步投资建设的落地点，在传感层的机会就在于高精度、高准确度的传感器。

图2 各自动驾驶传感器示例图


资料来源：密西根大学交通研究所《Sensor Fusion: A Comparison of Sensing Capabilities of Human Drivers and Highly Automated Vehicles (Brandon Schoettle)》，海通证券研究所

根据新华网，激光雷达、毫米波雷达和摄像头是公认的自动驾驶的三大关键传感器技术。从技术上看，激光雷达与其他两者相比具备强大的空间三维分辨能力。中国汽车工程学会、国汽智联汽车研究院编写的《中国智能网联汽车产业发展报告（2019）》称，当前在人工智能的重要应用场景智能网联汽车的自动驾驶和辅助驾驶领域中，激光雷达是实现环境感知的核心传感器之一。报告认为，在用于道路信息检测的传感器中，激光雷达在探测距离、精准性等方面，相比毫米波雷达具有一定的优势。

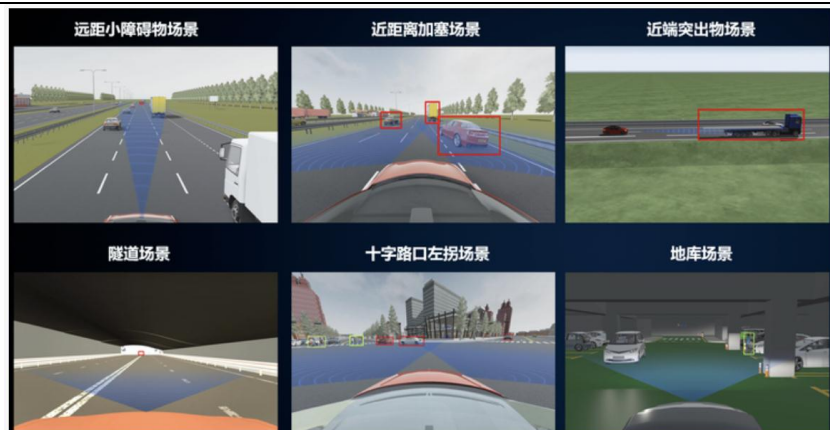
表 2 各自动驾驶传感器性能对比

性能方面	人类	摄像机	毫米波雷达	激光雷达
物体检测	优	良	优	优
对象分类	优	优	差	良
距离估算	良	良	优	优
边缘检测	优	优	差	优
车道追踪	优	优	差	差
能见度范围	优	良	优	良
恶劣的天气表现	良	差	优	良
暗或低照明性能	差	良	优	优

资料来源：密西根大学交通研究所《Sensor Fusion: A Comparison of Sensing Capabilities of Human Drivers and Highly Automated Vehicles (Brandon Schoettle)》，海通证券研究所

无人驾驶汽车的“眼睛”已成为激光雷达的代名词。在复杂场景下，激光雷达有着不可比拟的优势。针对远距小障碍物，毫米波雷达的角分辨率不够，摄像头对远端的通用障碍物识别不够，而这种场景下激光雷达就可能及时识别。对于近距离加塞，这种场景在中国道路上尤其常见，毫米波雷达的角分辨率不够，摄像头通常来说需累计多帧，需要几百毫秒才可以确认加塞，而激光雷达由于精确的角度测量能力和轮廓测量能力，可以 2-3 帧确认加塞，百毫秒内做出判断。同样的原因，对于近端突出物，毫米波雷达和摄像头相对不足，而激光雷达可以做出快速判断。

在隧道场景下，摄像头在光线亮度发生突然变换的场景有致盲情况发生，而毫米波雷达一般不识别静止物体，如果隧道口刚好有一个静止车辆，这时就需要激光雷达的准确识别能力。此外，十字路口无保护左拐场景对激光雷达的大角度全视场测量能力有很大考验，需要同时满足大视场和远距测量能力。在地库场景，毫米波雷达由于多径反射性能不佳，而光线强弱变化又会影响摄像头的性能，这时激光雷达独特的优势就可以得到发挥。

图 3 激光雷达在自动驾驶中的应用场景


资料来源：华为智能汽车解决方案微信公众号，海通证券研究所

1.3 激光雷达的分类

激光雷达行业具有较高的技术水准与技术壁垒，并同时具有技术创新能力强与产品迭代速度快的特征。其技术发展方向与半导体行业契合度高，激光雷达系统中核心的激光器、探测器、控制及处理单元均能从半导体行业的发展中受益，收发单元阵列化以及核心模块芯片化是未来的发展趋势。

激光雷达可分成一维（1D）激光雷达、二维（2D）扫描激光雷达和三维（3D）扫描激光雷达。1D 激光雷达只能用于线性的测距；2D 扫描激光雷达只能在平面上扫描，可用于平面面积与平面形状的测绘，如家庭用的扫地机器人；3D 扫描激光雷达可进行 3D 空间扫描，用户户外建筑测绘，它是驾驶辅助和自动驾驶应用的重要车载传感设备。3D 激光雷达可进一步分成 3D 扇形扫描激光雷达和 3D 旋转式扫描激光雷达。

激光雷达按照测距方法可以分为飞行时间（Time of Flight, ToF）测距法、基于相干探测 FMCW 测距法、以及三角测距法等，其中 ToF 与 FMCW 能够实现室外阳光下较远的测程（100~250m），是车载激光雷达的优选方案。ToF 是目前市场车载中长距激光雷达的主流方案，未来随着 FMCW 激光雷达整机和上游产业链的成熟，ToF 和 FMCW 激光雷达将在市场上并存。

表 3 激光雷达按测距方法分类

测距方法	主要特点
ToF 法	通过直接测量发射激光与回波信号的时间差，基于光在空气中的传播速度得到目标物的距离信息，具有响应速度快、探测精度高的优势。
FMCW 法	将发射激光的光频进行线性调制，通过回波信号与参考光进行相干拍频得到频率差，从而间接获得飞行时间反推目标物距离。FMCW 激光雷达具有可直接测量速度信息以及抗干扰（包括环境光和其他激光雷达）的优势。

资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

按照技术架构可以分为整体旋转的机械式激光雷达、收发模块静止的半固态激光雷达以及固态式激光雷达。相比于半固态式和固态式激光雷达，机械旋转式激光雷达的优势在于可以对周围环境进行 360° 的水平视场扫描，而半固态式和固态式激光雷达往往最高只能做到 120° 的水平视场扫描，且在视场范围内测距能力的均匀性差于机械旋转式激光雷达。由于无人驾驶汽车运行环境复杂，需要对周围 360° 的环境具有同等的感知能力，而机械旋转式激光雷达兼具 360° 水平视场角和测距能力远的优势，目前主流无人驾驶项目纷纷采用了机械旋转式激光雷达作为主要的感知传感器。

表 4 激光雷达按技术架构分类

技术架构	主要特点
机械旋转式激光雷达	通过电机带动收发阵列进行整体旋转，实现对空间水平 360° 视场范围的扫描。测距能力在水平 360° 视场范围内保持一致。
半固态式激光雷达	半固态方案的特点是收发单元与扫描部件解耦，收发单元（如激光器、探测器）不再进行机械运动，具体包括微振镜方案、转镜方案等。适用于实现部分视场角（如前向）的探测，体积相较于机械旋转式雷达更紧凑。
固态式激光雷达	固态式方案的特点是不再包含任何机械运动部件，具体包括相控阵（Optical Phased Array, OPA）方案、Flash 方案、电子扫描方案等。适用于实现部分视场角（如前向）的探测，因为不含机械扫描器件，其体积相较于其他架构最为紧凑。

资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

激光雷达产业自诞生以来，紧跟底层器件的前沿发展，呈现出了技术水平高的突出特点。**激光雷达厂商不断引入新的技术架构，提升探测性能并拓展应用领域：**从激光器发明之初的单点激光雷达到后来的单线扫描激光雷达，以及在无人驾驶技术中获得广泛认可的多线扫描激光雷达，再到技术方案不断创新的固态式激光雷达、FMCW 激光雷

达，以及如今芯片化的发展趋势，激光雷达一直以来都是新兴技术发展及应用的代表。

表 5 激光雷达技术分类及特点

分类	名称	技术特点
机械式激光雷达*	高线数机械式方案	通过电机带动光机结构整体旋转的机械式激光雷达是激光雷达经典的技术架构，其技术发展的创新点体现在系统通道数目的增加、测距范围的拓展、空间角度分辨率的提高、系统集成度与可靠性的提升等。
半固态式激光雷达*	转镜方案	转镜方案中收发模块保持不动，电机在带动转镜运动的过程中将光束反射至空间的一定范围，从而实现扫描探测。转镜也是较为成熟的激光雷达技术方案，其技术创新体现之处与高线数机械式方案类似。
	微振镜方案	微振镜方案采用高速振动的二维振镜实现对空间一定范围的扫描测量。微振镜方案的技术创新体现在开发口径更大、频率更高、可靠性更好振镜，以适用于激光雷达的技术方案。
固态式激光雷达*	OPA 方案	OPA 即光学相控阵技术，通过施加电压调节每个相控单元的相位关系，利用相干原理，实现发射光束的偏转，从而完成系统对空间一定范围的扫描测量，OPA 技术取消了机械运动部件，是纯固态式激光雷达的一种发展方向。
	电子扫描方案	电子扫描方案中按照时间顺序通过依次驱动不同视场的收发单元实现扫描，系统内没有机械运动部件，是纯固态激光雷达的一种发展方向。其架构比整体曝光所有收发单元的 Flash 固态式激光雷达更先进。
FMCW 激光雷达	激光连续波调频方案	FMCW 激光雷达发射调频连续激光，通过回波信号与参考光进行相干拍频得到频率差，从而间接获得飞行时间反推目标物距离，同时也能够根据多普勒频移信息直接测量目标物的速度，其技术发展方向为利用硅基光电子技术实现激光雷达系统的芯片化。

*机械式指整体 360°旋转，半固态式指收发模块静止、仅扫描器发生机械运动，固态式指无任何机械运动部件。

资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

1.4 激光雷达的迭代历史

激光雷达经历了 60 年左右的发展历程，其技术不断进步并呈现多样化发展趋势，同时随着应用领域的不断拓展丰富，激光雷达逐步迈向商业化，其市场也于近几年迅速扩大，并迎来上市热潮。在汽车产业“电气化、共享化、网联化、智能化”的“新四化”驱动下，2016 年后无人驾驶行业高速发展，激光雷达行业也随之进入迅速发展期。2019 年后激光雷达行业进入新的发展阶段，从技术方案来看，收发器件面阵化及核心模块芯片化为高性能、低成本、高集成度、高可靠性的激光雷达提供了可靠的发展方向，FMCW 原理的激光雷达技术方案受到了市场的关注。

从应用领域来看，激光雷达应用范围进一步得到拓展，“新基建”中的车联网为激光雷达带来了新的应用场景，同时，依据应用领域的不同，激光雷达呈现性能及价格分层的发展趋势。此外，2020 年境外激光雷达公司迎来通过特殊目的并购公司（Special Purpose Acquisition Company, SPAC）完成上市的热潮，Velodyne、Luminar 已完成 NASDAQ 上市，Aeva、Innoviz 预计 2021 年第一季度完成，Ouster 预计 2021 年上半年完成。

表 6 激光雷达行业发展历程

时期	激光雷达行业特点	主要应用领域	标志性事件
1960 年代~1970 年代	随着激光器的发明，基于激光的探测技术开始得到发展。	科研及测绘项目	1971 年阿波罗 15 号载人登月任务使用激光雷达对月球表面进行测绘。
1980 年代~1990 年代	激光雷达商业化技术起步，单线扫描式激光雷达出现。	工业探测及早期无人驾驶项目	Sick（西克）与 Hokuyo（北洋）等激光雷达厂商推出单线扫描式 2D 激光雷达产品。
2000 年代~2010 年代早期	高线数激光雷达开始用于无人驾驶的避障和导航，其市场主要是国外厂商。	无人驾驶测试项等	DARPA 无人驾驶挑战赛推动了高线数激光雷达在无人驾驶中的应用，此后 Velodyne 深耕高线数激光雷达市场多年。Ibeo LUX 系列产品包含基于转镜方案的 4 线及 8 线激光雷达。基于 4 线版本，2010 年 Ibeo 与法国 Tier 1 公司 Valeo（法雷奥）开始合作开发面向量产车的激光雷达产品 SCALA。
2016 年~2018 年	国内激光雷达厂商入局，技术水平赶超国外厂商。激光雷达技术方案呈现多样化发展趋势。	无人驾驶、高级辅助驾驶、服务机器人等，且下游开始有商用化项目落地	2017 年 4 月禾赛科技发布 40 线激光雷达 Pandar40。采用新型技术方案的激光雷达公司同样发展迅速，如基于 MEMS 方案的 Innoviz，基于 1550nm 波长方案的 Luminar 等。
2019 年至今	市场发展迅速，产品性能持续优化，应用领域持续拓展。激光雷达技术朝向芯片化、阵列化发展。境外激光雷达公司迎来上市热潮，同时有巨头公司加入激光雷达市场竞争。	无人驾驶、高级辅助驾驶、服务机器人、车联网等	Ouster 推出基于 VCSEL 和 SPAD 阵列芯片技术的数字化激光雷达。禾赛科技应用自主设计的芯片组（发射芯片和接收芯片）于多线机械转式产品。2020 年 9 月 Velodyne 完成 NASDAQ 上市，2020 年 12 月 Luminar 完成 NASDAQ 上市。

资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

1.5 激光雷达核心应用场景

除了无人驾驶，面向乘用车的前装高级辅助驾驶（ADAS）、服务型机器人、车联网（V2X）等领域也是激光雷达当前或者近期的重要市场。因使用场景和搭载激光雷达的载体（无人驾驶汽车、乘用车、机器人等）具有明显差异，这些市场对激光雷达的性能、价格、体积等维度提出了不同的需求。车联网应用起步最新，使用场景具有多样性，对无人驾驶、高级辅助驾驶、机器人领域的激光雷达都会有相应需求。

表 7 不同应用场景对激光雷达的需求

比较维度	无人驾驶	高级辅助驾驶	机器人
应用场景	高（L4/L5）	中（L2/L3，功能开启场景有限）	低/中（封闭园区，应用较多） 高（城市道路，应用较少）
承载装置行驶速度	中（城市道路） 高（高速场景）	中（城市道路） 高（高速场景）	低（封闭园区） 中（城市道路）
最远测距要求	远	中/远（取决于 ADAS 功能）	中/远（取决于应用场景）
对激光雷达的要求			
与承载装置的外观集成度	低	高	中
价格敏感度	低	高	中/高
对激光雷达供应商的算法需求度	低	高	低
车规化要求	中（当前）/高（预期）	高	低

资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

无人驾驶与高级辅助驾驶领域通常将自动驾驶技术按照国际汽车工程师协会（SAE International）发布的工程建议 J3016 进行分类。从 L0 级（纯由驾驶员控制）至 L5 级（完全自动驾驶），级别越高，车辆的自动化程度越高，动态行驶过程中对驾驶员的参与度需求越低，对车载传感器组成的环境感知系统的依赖性也越强。其中，L3 级是自动驾驶等级中的分水岭，其驾驶责任的界定最为复杂：在自动驾驶功能开启的场景中，环境监控主体从驾驶员变成了传感器系统，驾驶决策责任方由驾驶员过渡到了汽车系统。

表 8 自动驾驶技术分类

等级	名称	定义	环境监控主体	决策责任方	是否限定场景
L0	无自动化 No Driving Automation	需要驾驶者全权操作	驾驶员	驾驶员	是
L1	驾驶辅助 Driver Assistance	针对方向盘和加减速其中一项提供驾驶支持，其他由驾驶者操作	驾驶员	驾驶员	是
L2	部分自动化 Partial Driving Automation	针对方向盘和加减速中多项提供驾驶支持，其他由驾驶者操作	驾驶员	驾驶员	是
L3	有条件自动化 Conditional Driving Automation	由系统完成所有驾驶操作，根据系统请求，驾驶者提供适当操作	系统/驾驶员	系统/驾驶员	是
L4	高度自动化 High Driving Automation	在限定道路和环境中由系统完成所有驾驶操作	系统	系统	是
L5	完全自动化 Full Driving Automation	在所有道路和环境中由系统完成所有驾驶操作	系统	系统	否

资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

L4/L5 级无人驾驶应用的实现，有赖于激光雷达提供的感知信息。该级别应用需要

面对复杂多变的行驶环境，对激光雷达性能水平要求最高，在要求 360° 水平扫描范围的同时，对于低反射率物体的最远测距能力需要达到 200m，且需要更高的线数以及更密的点云分辨率；同时为了减少噪点还需要激光雷达具有抵抗同环境中其他激光雷达干扰的能力。

对于 L2/L3 级高级辅助驾驶，覆盖前向视场（水平视场角覆盖 60° 到 120°）的激光雷达通常为优选方案，实现自动跟车或者高速自适应巡航等功能，但在测远和角度分辨率等性能上的要求和无人驾驶是一致的；此外，整车厂及 Tier 1 公司更看重激光雷达的形态与尺寸是否容易嵌入车身，保险杠、前挡风玻璃后视镜等易于隐藏的地方是放置激光雷达的优先选择，这些位置往往空间狭小因而限制了激光雷达的体积；该领域客户也要求激光雷达通过电磁兼容、可靠性（包括振动及冲击、防水防尘）等一系列严格的车规测试；因为面向消费者的乘用车采购数量大，该领域客户对激光雷达的价格敏感度相较于无人驾驶领域也更高。

机器人应用范围包括无人送货小车、自动清扫车辆、园区内的接驳车、港口或矿区的无人作业车、执行监控或巡线任务的无人机等，这些场景的主要特点是路线相对固定、环境相对简单、行驶速度相对较低（通常不超过 30km/h）。因而相比无人驾驶应用，机器人应用对激光雷达测远及分辨率等探测性能的要求相对较低，但对价格更敏感。

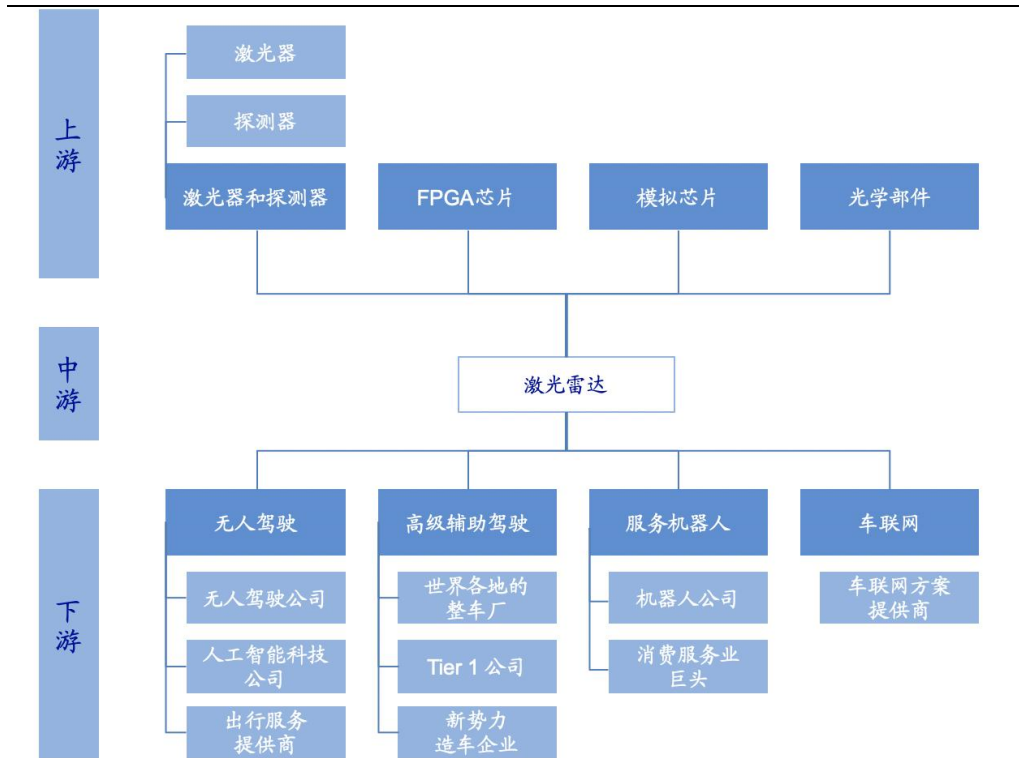
车路协同采用先进的无线通信和新一代互联网技术，全方位实施车车、车路动态实时信息交互，并在动态交通信息采集与融合的基础上开展车辆主动安全控制和道路协同管理，其主要应用场景包括：盲区预警、多车协同换道、交叉口冲突避免、行人非机动车避撞、紧急车辆优先通行、车速引导、车队控制、车队协同通过信号交叉口等。人、车、路的有效协同需要准确识别和追踪交通参与者，并对其路线进行有效预测，采用基于激光雷达点云数据的目标聚类及追踪算法能够满足这一要求。

1.6 激光雷达产业链

激光雷达行业的上游产业链主要包括激光器和探测器、FPGA 芯片、模拟芯片供应商，以及光学部件生产和加工商。激光雷达下游产业链按照应用领域主要分为无人驾驶、高级辅助驾驶、服务机器人和车联网行业。

整体而言，激光雷达整个产业链表现出发展速度快、科技水平高、创新能力强、市场前景广的突出特点。从国外产业链与国内产业链比较的角度而言，国外激光雷达上游公司由于起步更早，积累更为深厚，尤其在底层光电器件以及芯片领域。国外激光雷达下游企业在商业化进度方面也更成熟。然而，国内激光雷达行业的上游供应商、下游客户近几年均发展迅速，有望实现逐步赶超。

图4 激光雷达产业链图谱



资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

激光雷达技术的发展催生了新的产业链条。自美国 DARPA 无人驾驶挑战赛以来，全球范围内的无人驾驶行业进入了高速发展期，无人驾驶技术的实现以及无人驾驶出租车/无人驾驶卡车服务的落地有赖于激光雷达提供的高精度感知信息。此外，激光雷达的环境感知能力能够拓展已有的辅助驾驶功能，提升车辆安全性，为面向整车厂以及 Tier 1 公司的高级辅助驾驶产业提供了重要的支撑。同时，激光雷达技术也促进了服务型机器人产业以及车联网产业的兴起，服务型机器人通过赋予机器人智能感知的能力实现无人配送、无人清扫等功能，车联网通过车与车、车与路、车与云平台等的互联实现更为安全、舒适、智能的交通服务。激光雷达技术促进了新产业的发展，新产业的兴起为社会带来了新的发展点。

表 9 激光雷达产业链发展情况

产业链	产业链情况	企业类别	国外企业	国内企业
激光器和探测器	激光器和探测器是激光雷达的重要部件，激光器和探测器的性能、成本、可靠性与激光雷达产品的性能、成本、可靠性密切相关。而且激光雷达的系统设计会对激光器和探测器的规格提出定制化的需求，与上游供应商深度合作定制激光器和探测器，有助于提升产品的竞争力。	激光器	OSRAM（欧司朗）、AMS（艾迈斯半导体）、Lumentum（鲁门特姆）等	深圳瑞波光电电子有限公司、常州纵慧芯光半导体科技有限公司等
	国外供应商在激光器和探测器行业耕耘较久，产品的成熟度和可靠性上有更多的实践经验和优势，客户群体也更为广泛。国内供应商近些年发展迅速，产品性能已经基本接近国外供应链水平，并已经有通过车规认证（AEC-Q102）的国产激光器和探测器出现，元器件的车规化是车规级激光雷达实现的基础，国内供应商能够满足这一需求。相比国外供应商，国内供应商在产品的定制化上有较大的灵活性，价格也有一定优势。	探测器	First Sensor、Hamamatsu（滨松）、ON Semiconductor（安森美半导体）、Sony（索尼）等	成都量芯集成科技有限公司、深圳市灵明光子科技有限公司、南京芯视界微电子科技有限公司等
上游	FPGA 芯片通常被用作激光雷达的主控芯片，国外供应商的产品性能相比国内供应商大幅领先，但国内产品的逻辑资源规模和高速度接口性能，也能够满足激光雷达的需求。不过 FPGA 不是激光雷达主控芯片的唯一选择，也可以选用高性能单片机（Microcontroller Unit, MCU）、数字信号处理单元（Digital Signal Processor, DSP）代替。MCU 的国际主流供应商有 Renesas（瑞萨）、Infineon（英飞凌）等，DSP 的主流供应商有 TI（德州仪器）、ADI（亚德诺半导体）等。		Xilinx（赛灵思）、Intel（英特尔）等	紫光国芯股份有限公司、西安智多晶微电子有限公司等
模拟芯片	模拟芯片用于搭建激光雷达系统中发光控制、光电信号转换，以及电信号实时处理等关键子系统。国外供应商在该领域积累已久，技术先进、产能充足、成熟度高，是行业的领导者。国内供应商相比国外起步较晚，从产品丰富程度到技术水平还普遍存在着一定差距，尤其车规类产品差距会更大。		TI（德州仪器）、ADI（亚德诺半导体）等	矽力杰半导体技术有限公司、圣邦微电子（北京）股份有限公司等
光学部件	光学部件国内供应链的技术水平已经完全达到或超越国外供应链的水准，且有明显的成本优势，已经可以完全替代国外供应链和满足产品加工的需求。		激光雷达公司一般为自主研发设计，然后选择行业内的加工公司完成生产和加工工序	
无人驾驶行业	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，与国外公司的差距在不断缩小。	无人驾驶公司	GM Cruise、Ford Argo、Aurora、Zoox（2020 年被 Amazon 收购）、Navya	小马智行、文远知行、Momenta、元戎启行等
		人工智能科技公司		百度、商汤科技等
		出行服务提供商	Uber（优步）、Lyft	滴滴等
下游	高级辅助驾驶行业	世界各地的整车厂、Tier 1 公司及新势力造车企业		
服务机器人行业	国内快递和即时配送行业相比国外市场容量大，服务机器人国内技术发展水平与国外相当，从机器人种类的丰富度和落地场景的多样性而言，国内企业更具优势。	机器人公司	Nuro、Deka Research、Canvas Build、Unmanned Solution	高仙、智行者、优必选、新石器、白犀牛等
车联网行业	通过车联网方案提供商将包括激光雷达在内的车辆网服务整合销售给各地政府和科技园区，也存在激光雷达公司政府和科技园区直接对接的情况。得益于“新基建”等国家政策的大力推动，国内车联网领域发展较国外更加迅速。	消费服务业巨头		阿里巴巴、美团、京东等
		车联网方案提供商		百度、大唐、金溢科技、星云互联、高新兴等

资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究

激光雷达在广义上可以认为是带有 3D 深度信息的摄像头，被誉为机器人的眼睛，未来 20 年里随着智能驾驶和服务型机器人的逐渐普及，激光雷达也会像摄像头一样成为生活中的必需品。在摄像头产业链处于头部位置的公司正逐渐开始围绕着激光雷达进行布局，如图像传感器领域的头部公司日本 Sony（索尼）和美国 ON Semiconductor（安森美半导体）；在摄像头视觉应用领域的人工智能公司也在基于激光雷达的测量数据开发相应的深度学习算法，如商汤科技、Waymo、百度。随着激光雷达每年出货量和市场份额的扩大，未来会有更多摄像头视觉产业链上的公司（如芯片、器件、镜头、模组、算法）融入激光雷达产业链。

请务必阅读正文之后的信息披露和法律声明

1.7 政策密集出台

智能传感器是智能装备感知外部环境信息的关键，对智能装备的应用起着技术牵引和场景升级的作用。近年来，随着互联网与物联网的高速发展，传感器在新兴的智能家居、智慧城市、智能移动终端（汽车、机器人等）等领域的应用突飞猛进，大幅扩展了应用空间。同时集成电路是智能传感器的重要组成部分，专用芯片的发展为智能传感器的性能提升、可靠性提升和成本控制提供了重要支撑。国家对于计算机、通信和其他电子设备制造业大力支持，出台一系列政策不断推进智能传感器及集成电路行业的高速和高效发展。

表 10 近年来国家出台相关智能传感器及集成电路行业政策

时间	发布机构	政策	内容
2020 年	国务院	《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》	实施智能网联技术创新工程。以新能源汽车为智能网联技术率先应用的载体，支持企业跨界协同，研发复杂环境融合感知、智能网联决策与控制、信息物理系统架构设计等关键技术，突破车载智能计算平台、高精度地图与定位、车辆与车外其他设备的无线通信（V2X）、线控执行系统等核心技术和产品。
2020 年	商务部等 8 部门	《商务部等 8 部门关于推动服务外包加快转型升级的指导意见》	将企业开展云计算、基础软件、集成电路设计、区块链等信息技术研发和应用纳入国家科技计划（专项、基金等）支持范围。
2020 年	发改委等 11 部委	《智能汽车创新发展战略》	明确提出推进车载高精度传感器、车规级芯片、智能操作系统、车载智能终端、智能计算平台等产品研发与产业化，建设智能汽车关键零部件产业集群。
2020 年	国务院	《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》	1) 在现有的“五免五减半”政策基础上，首次推出十年免征所得税政策，支持 28nm（含）及以下先进工艺生产企业发展； 2) 把“两免三减半”政策适用范围从过去的芯片设计扩大到封装、设备、材料全产业链，同时对重点设计及软件企业税收优惠加大； 3) 与生产相关的原材料等产品进口关税免除政策继续施行，明确设备免税条件。此外，人才政策方面，第一次明确把集成电路列入“一级学科”，并对产教融合企业提出明确税收优惠。
2020 年	北京市人民政府	《北京市政府工作报告》	报告指出，2020 年北京将重点发展集成电路产业，以设计为龙头，以装备为依托，以通用芯片、特色芯片制造为基础，打造集成电路产业链创新生态系统。
2020 年	广东省人民政府办公厅	《广东省关于加快半导体及集成电路产业发展的若干意见》	重点发展特色工艺制造，补齐产业短板，积极发展封测、设备及材料，完善集成电路产业链条等。
2020 年	广州市工业和信息化局	《广州市加快发展集成电路产业的若干措施》	指出面向 5G、物联网、高端装备、汽车电子、智能终端、轨道交通、金融、电力等产业，重点在智能传感器、功率半导体、逻辑、光电器件、混合信号、射频电路等领域，尽快形成产能规模。
2019 年	财政部、税务总局	《关于集成电路设计和软件产业企业所得税政策的公告》	对符合条件的集成电路设计企业和软件企业，在 2018 年 12 月 31 日前自获利年度起计算优惠期，第一年至第二年免征企业所得税，第三年至第五年按照 25% 的法定税率减半征收企业所得税，并享受至期满为止。
2019 年	发改委	《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，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。
2019 年	上海市嘉定区经济委员会等 8 部门	《嘉定区进一步鼓励智能传感器产业发展的有关意见》	明确到 2025 年，嘉定以智能传感器芯片为核心的智能硬件相关产业产值突破千亿元，实现产业规模迅速扩大、创新能力显著增强、生态体系基本完善。
2019 年	浙江省嘉善县人民政府	《嘉善县人民政府关于加快智能传感器产业发展的若干政策意见》	意见从加大产业发展资金扶持、有效保障产业发展空间、加快引育产业发展主体、大力支持产业研发创新、逐步完善产业发展配套、优化产业发展环境六大方面提出了具体措施。包括设立百亿元传感器基金，统筹安排 5 亿元专项资金支持，房租减免等。
2018 年	工信部	《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》	明确指出加快车载视觉系统、激光/毫米波雷达、多域控制器、惯性导航等感知器件的联合开发和成果转化。加快推动智能车载终端、车规级芯片等关键零部件的研发，促进新一代人工智能、高精度定位及动态地图等技术在智能网联汽车上的产业化应用。
2018 年	湖南长沙市委经济和信息化委员会	《长沙市加快新型高端汽车智能传感器产业发展的若干政策》	政策着力引导智能传感器产业集聚，加强智能传感器关键核心技术研发，提升智能传感器产业集成创新能力，扩大智能传感器产业规模。重点支持应用于自动驾驶领域的新型高端汽车智能传感器、汽车压力传感器、惯性传感器等产品，支持方向为 24/77/79GHz 毫米波雷达、视觉传感器、红外传感器、激光雷达传感器、高精度/低成本导航传感器模块组件及其嵌入式软件等。
2017 年	工信部、发改委、科技部	《汽车产业中长期发展规划》	规划指出重点突破动力电池、车用传感器、车载芯片、电控系统、轻量化材料等工程化、产业化瓶颈。到 2020 年，形成若干家超过 1000 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。重点攻克环境感知、智能决策、协同控制等核心关键技术，促进传感器、

请务必阅读正文之后的信息披露和法律声明

			车载终端、操作系统等研发与产业化应用。
2017年	工信部	《智能传感器产业三年行动指南(2017-2019年)》	明确指出主要任务之二为:(一)补齐设计、制造关键环节短板,推进智能传感器向中高端升级;(二)面向消费电子、汽车电子、工业控制、健康医疗等重点行业领域,开展智能传感器应用示范。
2017年	发改委	《智能汽车关键技术产业化实施方案》	明确指出主要任务之一为提升智能汽车关键软硬件水平,“重点研发智能汽车技术,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”。
2016年	国务院	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	明确指出提升关键芯片设计水平,发展面向新应用的芯片。推动智能传感器、电力电子、印刷电子、半导体照明、惯性导航等领域关键技术研发和产业化。
2014年	国务院	《国家集成电路产业发展推进纲要》	着力发展集成电路设计,围绕重点领域产业链,强化集成电路设计、软件开发、系统集成、内容与服务协同创新。近期聚焦移动智能终端芯片、数字电视芯片、网络通信芯片,提升信息技术产业整体竞争力。
2013年	工信部、科技部、财政部、国家标准管理委员会	《加快推进传感器及智能化仪器仪表产业发展行动计划》	计划指出 2013-2025 年总体目标:传感器及智能化仪器仪表产业整体水平跨入世界先进行列,产业形态实现由“生产型制造”向“服务型制造”的转变,涉及国防和重点产业安全、重大工程所需的传感器及智能化仪器仪表实现自主制造和自主可控,高端产品和服务市场占有率提高到 50%以上。
2005年	国务院	《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006年-2020年)》	规划中将“核心电子器件、高端通用芯片及基础软件产品”(简称“核高基重大专项”)列为 16 个科技重大专项首位,也被称为“01 专项”。

资料来源:禾赛科技招股书,海通证券研究所

2. 技术推进及场景扩展带来广阔市场空间

随着人工智能、5G 技术的逐渐普及,无人驾驶、高级辅助驾驶、服务型机器人和车联网等行业发展前景广阔。这些技术的实现能够大幅减少人为失误带来的交通风险、提高交通运输效率、提升道路通行能力、改变汽车生产消费模式,实现交通运输安全、高效、绿色的发展愿景。同时能够缓解社会老龄化带来的劳动力短缺的问题,提高生产力水平、提升生活品质。

根据禾赛科技招股说明书援引,Allied Market Research 估计 2026 年全球无人驾驶技术市场规模将达到 5566.7 亿美元,较 2019 年可实现 39.47%的年均复合增长率。激光雷达是高级别无人驾驶技术实现的关键,根据沙利文的统计及预测,受无人驾驶车队规模扩张、激光雷达在高级辅助驾驶中渗透率增加、以及服务型机器人及智能交通建设等领域需求的推动,激光雷达整体市场预计将呈现高速发展态势,至 2025 年全球市场规模为 135.4 亿美元,较 2019 年可实现 64.5%的年均复合增长率。

图5 2017-2025E 全球激光雷达市场规模



资料来源:根据禾赛科技招股说明书援引沙利文研究,海通证券研究所

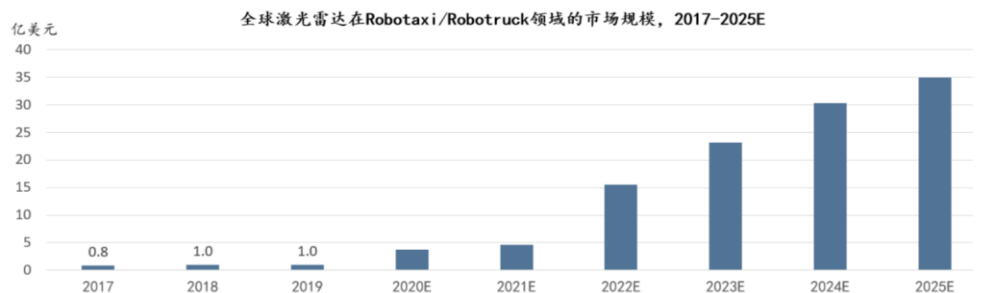
2.1 无人驾驶市场

无人驾驶系统具备高性能的传感系统、强大的数据分析能力和具有逻辑的决策管理程序，以反应速度快且不会疲倦的人工智能取代驾驶者，能够有效的减少交通事故数量和伤亡人数。此外，无人驾驶系统能够通过车上的传感器和通信网络，接收附近交通参与者的信息以及信号灯、限速、警示标志等信息，从而对巡航的速度进行实时调整，有效提升道路的容量及通行效率，减少交通拥堵的情况，提高社会运转效率。

激光雷达能够对三维空间进行实时高精度重建，是无人驾驶技术实现的关键。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。无人驾驶技术在互联网货运、互联网专车领域的快速推进，将极大地减少这些行业的人力支出和运营成本。麦肯锡研究报告显示，到 2030 年中国自动驾驶乘用车数量将达到 800 万辆，自动驾驶将占到乘客总里程的约 13%，基于自动驾驶的出行服务订单金额将达 2600 亿美元。领域庞大的用车需求以及无人驾驶技术给人类社会运行带来的潜在变革，为激光雷达带来了广阔的应用前景以及巨大的市场。

根据禾赛科技招股说明书援引，Report Linker 研究估计 2025 年全球包括运送乘客和货物在内的 L4/L5 级无人驾驶车辆数目将达到 53.5 万辆。随着无人驾驶商业模式的逐步确立，该领域的全球激光雷达市场也将随之实现高速增长，据沙利文测算，至 2025 年该领域激光雷达市场规模预计达到 35 亿美元，2019 年至 2025 年的年均复合增长率达 80.9%。

图6 2017-2025E 全球激光雷达在 Robotaxi/Robotruck 领域的市场规模



资料来源：根据禾赛科技招股说明书援引沙利文研究，海通证券研究所

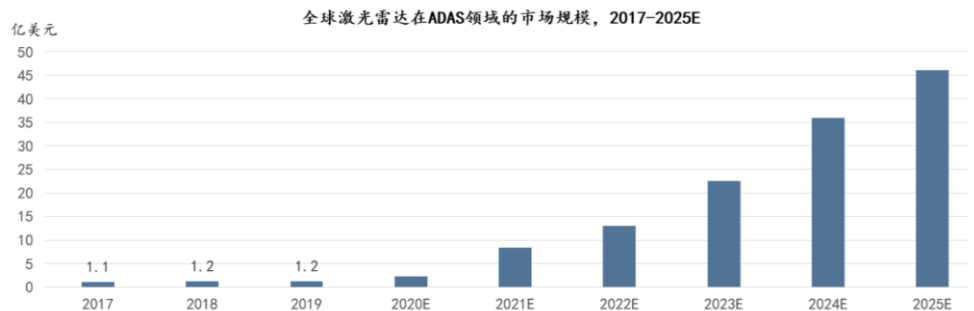
2.2 高级辅助驾驶市场

高级辅助驾驶市场主要服务于整车厂及 Tier 1 公司，激光雷达在性能满足要求的基础上，成本及车规要求是量产车项目关注的重点。Valeo（法雷奥）的 SCALA 是当前唯一一款受到市场认可通过车规并实现量产的激光雷达产品，搭载在了 Audi（奥迪）旗舰车型 AudiA8。2020 年 Valeo（法雷奥）对 SCALA 进行升级，实现更优的传感器解决方案。

世界各地交通法规的修订为 L3 级自动驾驶技术商业化落地带来机会。2019 年，日本《道路交通法案》修正案获得通过，允许 L3 级自动驾驶车辆在公共道路上使用。2020 年 1 月，韩国国土交通部发布《自动驾驶汽车安全标准》（修订版），制定 L3 级自动驾驶安全标准和商用化标准。2020 年 6 月联合国的欧洲经济委员会通过《ALKS 车道自动保持系统条例》，这是全球范围内第一个针对 L3 级自动驾驶具有约束力的国际法规。

全球范围内 L3 级辅助驾驶量产车项目当前处于快速开发之中：BMW（宝马）预计

在 2021 年推出具有 L3 级自动驾驶功能的 BMW Vision iNEXT; Mercedes-Benz (梅赛德斯-奔驰) 首款 L3 级自动驾驶系统将于 2021 年在新款 S 级车型上推出; Volvo (沃尔沃) 预计在 2022 年推出配备激光雷达的自动驾驶量产车型, 实现没有人工干预情况下的高速行驶; Honda (本田) 计划于 2021 年在其 Legend 车型上提供 L3 级自动驾驶系统。考虑全球高级辅助驾驶项目的发展进度, 2020 年及 2021 年 ADAS 领域激光雷达的销售主要仍由 SCALA 贡献。随着激光雷达成本下探至数百美元区间且达到车规级要求, 未来越来越多高级辅助驾驶量产项目将实现 SOP; 根据 Yole 的研究报告, 至 2025 年全球乘用车新车市场 L3 级自动驾驶的渗透率将达约 6%, 即每年将近 600 万辆新车将搭载激光雷达。激光雷达在高级辅助驾驶领域的市场规模将在未来 5 年里保持高速增长, 按照沙利文预计, 2025 年激光雷达市场规模预计将达到 46.1 亿美元, 2019 年至 2025 年复合增长率达 83.7%。

图7 2017-2025E 全球激光雷达在 ADAS 领域的市场规模


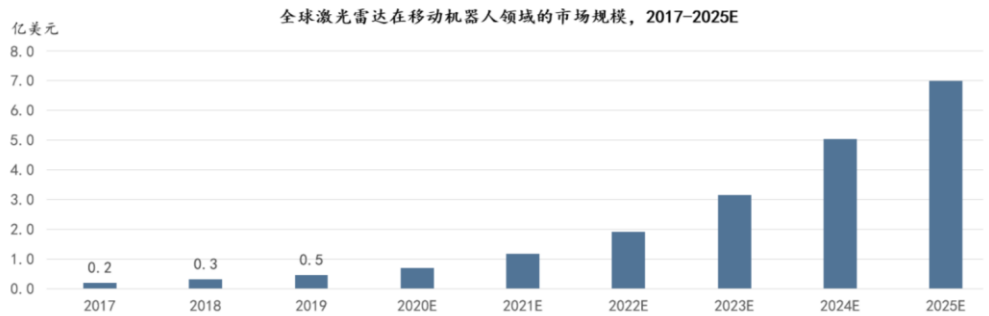
资料来源: 根据禾赛科技招股说明书援引沙利文研究, 海通证券研究所

2.3 服务型机器人市场

服务型机器人主要应用范围包括无人配送、无人清扫、无人仓储、无人巡检等。借助强大的内置感知系统及控制系统, 服务机器人能够完成多种无人作业, 从而减轻对人力的依赖, 提高生产效率。服务型机器人不仅仅可以实现将货物从物流中心运送到消费者家中, 还可以提供大量新型的“最后一公里”服务, 为整个服务社区提供便利性、安全性和健康性。2020 年面对新冠疫情, 无人配送能够避免人与人的不必要接触, 减少交叉感染概率, 为方便社区生活以及阻隔疫情扩散筑起了健康防线。

当前越来越多的电商、消费服务业巨头以及初创公司投入服务型机器人的开发, 相对封闭的校园、社区和工业园区是此类应用落地的优选场所, 这些应用也为未来拓展智能机器人的服务半径积累了宝贵的经验。2019 年 12 月, 美国自动驾驶送货科技公司 Nuro 宣布与零售巨头 Kroger (酷乐客) 合作, 在休斯顿为顾客提供无人送货服务。2020 年 7 月, 京东物流无人配送研究院项目落户常熟高新区, 其无人配送车也正式上线。2020 年 10 月, 美团正式发布位于北京首钢园区的智慧门店 MAI Shop, 门店集成了无人微仓与无人配送服务, 补充配送运力。

随着智能服务机器人技术的成熟, 其业务范围和辐射半径将不断增强, 无人运送、无人清扫、无人巡检机器人在运营成本降低及服务效率提升等方面的优势将得以显现, 对此类设备的需求也将不断提升。伴随全球服务型机器人出货量的增长以及激光雷达在服务型机器人领域渗透率的提升, 至 2025 年激光雷达在该细分市场预计达到 7 亿美元市场规模, 2019 年至 2025 年的复合增长率为 57.9%。

图8 2017-2025E 全球激光雷达在移动机器人领域的市场规模


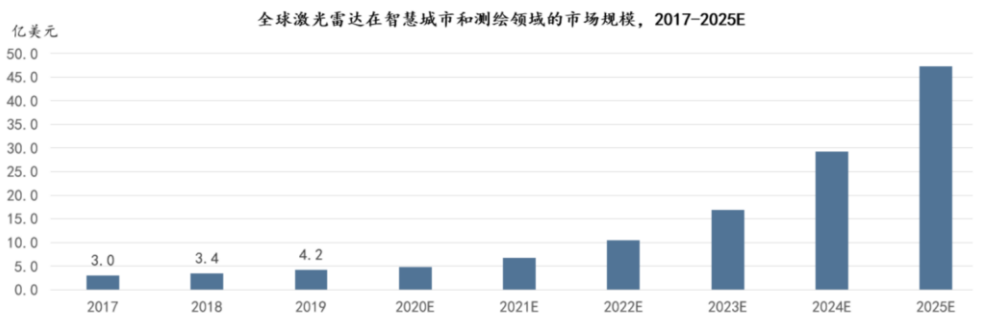
资料来源：根据禾赛科技招股说明书援引沙利文研究，海通证券研究所

2.4 V2X 市场

世界范围来看，中国车联网发展速度最快，战略化程度最高。2020年3月，中共中央政治局常务委员会召开会议提出，加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设（即“新基建”）进度。随后4月，国家发改委首次划定“新基建”范围，主要包括信息基础设施、融合基础设施和创新基础设施，其中融合基础设施中包含智能交通基础设施。车路协同（V2X）技术是智能城市、智能交通中的基础与重点，同时也与5G通讯、大数据中心和人工智能等领域的建设相互支撑、互相促进。在“新基建”政策的推动下，已有13个省市发布了2020年重点项目投资计划，其中8个省份公布了计划投资额，共计34万亿元。

以政府为主导作用、多元主体协作参与的车路协同产业格局正加速形成。据人民网2020年7月报道不完全统计，全国的车路协同示范区已经超过40个，13个区域入选交通强国建设试点，测试场景也在逐步从封闭走向开放、从单一走向多元。车路协同变普通道路为智能道路，赋予其与智能汽车、管理云平台交互的能力。激光雷达结合智能算法能够提供车辆、行人、非机动车等交通要素的高精度位置、运动状态、识别追踪等信息，能够对交通状况进行全局性精确把控，对车路协同功能的实现至关重要。车路协同的市场潜力也为激光雷达的规模化应用带来了广阔的机遇。

激光雷达结合智能算法，能够提供高精度的位置、形状、姿态等信息，实现对交通状况进行全局性的精确把控，对车路协同功能的实现至关重要。随着智能城市、智能交通项目的落地，未来该市场对激光雷达的需求将呈现稳定增长态势。至2025年，全球激光雷达在该领域的市场规模将超过45亿美元，2019年至2025年复合增长率为48.48%。

图9 2017-2025E 全球激光雷达在智慧城市和测绘领域的市场规模


资料来源：根据禾赛科技招股说明书援引沙利文研究，海通证券研究所

2.5 中国市场潜力巨大

下游行业的发展，将带动国内激光雷达市场的发展。从无人驾驶领域来看，据麦肯锡研究报告显示，中国将是全球最大的自动驾驶市场，到 2030 年中国自动驾驶乘用车数量将达到 800 万辆，自动驾驶将占到乘客总里程（Passenger KiloMeters Travelled, PKMT）的约 13%，基于自动驾驶的出行服务订单金额将达 2600 亿美元。国内企业如百度、滴滴、小马智行、文远知行等已在多个城市开展无人驾驶出租车业务的试运营，预计商业化应用后对激光雷达的需求将进一步增长；从高级辅助驾驶领域来看，中国是全球最大的新车销售市场，2020 年 11 月发布的《智能网联汽车技术路线图（2.0 版）》明确指出到 2030 年我国 L2 和 L3 级渗透率要超过 70%，这将对激光雷达产生巨大的需求；从服务型机器人领域来看，受无人物流、无人清洁、无人作业等需求的推动，中国市场对于服务型机器人及其搭载的激光雷达同样拥有巨大的潜力；从车联网领域来看，当前“新基建”计划总投资额高达 34 万亿元，其中“5G+车联网”协同发展受到国家政策大力推动，多地出台重点项目投资计划并开展智能网联示范道路的建设，例如浙江投资约 707 亿元建设首条无人驾驶智慧高速——杭绍甬高速公路，此外中国智慧城市项目数量约占据全球总数一半，“新基建”车联网的发展对激光雷达的需求将保持稳定增长。根据沙利文的研究报告，至 2025 年，中国激光雷达市场规模将达到 43.1 亿美元，较 2019 年实现 63.1% 的年均复合增长率，其中车载领域即无人驾驶和高级辅助驾驶是主要组成部分。

图10 2017-2025E 中国激光雷达市场规模



资料来源：根据禾赛科技招股说明书援引沙利文研究，海通证券研究所

3. 激光雷达企业对比

2020 年下半年境外激光雷达公司迎来通过特殊目的并购公司（Special Purpose Acquisition Company, SPAC）完成上市的热潮，美国已上市公司有 Velodyne、Luminar，此外 Aeva、Innoviz 预计 2021 年第一季度完成上市，Ouster 预计 2021 年上半年完成，境内尚无上市公司，禾赛科技预计将作为国内第一家激光雷达领域上市公司。

表 11 国外激光雷达上市公司市值及 2020 年预期营收

公司名称	Velodyne (代码: VLDR)	Luminar (代码: LAZR)	Aeva (代码: AEVA)	Innoviz (代码: INVZ)	Ouster (代码:)
2020 年预期营收	10100 万美元	1500 万美元	500 万美元	500 万美元	1900 万美元
当前市值(基于 2021 年 1 月 29 日美股收盘价)/ 预期市值	37 亿美元	106 亿美元	21 亿美元	14 亿美元	19 亿美元

资料来源: 禾赛科技招股书, 雅虎金融, Velodyne 官网, Luminar 官网, 海通证券研究所

行业内主要的激光雷达公司包括美国的 Velodyne、Luminar、Aeva、Ouster, 以色列的 Innoviz, 德国的 Ibeo, 以及国内的禾赛科技和速腾聚创, 以下表格对上述公司从技术、发展和市场等方面进行简要比较。

表 12 各激光雷达公司发展对比

公司	技术路线	发展阶段	产品成熟度	市场地位及应用场景落地	生产规划
禾赛科技 中国	在售产品包括不同架构的机械旋转方案的多线激光雷达, 其中 Pandar40P 和 Pandar64 发射端采用光纤排布的架构, QT 采用 VCSEL+单光子探测器的平面化架构, XT 采用禾赛 V1.0 的芯片化架构。深度布局激光雷达的芯片化架构, 以应用于(半)固态和纯固态激光雷达产品	成立于 2014 年 10 月, 已申请科创板上市	多线机械旋转雷达的多个产品已形成规模销售	产品广泛用于全球头部无人驾驶项目, 同时也服务于机器人及车联网领域	拥有自主产线, 同时制定了自动化生产线及智能化工厂的发展路线
Velodyne 美国	在售产品主要为机械旋转方案的多线激光雷达; 已发布(半)固态产品, 技术方案未对外公布; 已布局 ADAS 软件解决方案	2020 年 9 月完成 NASDAQ 上市, 股票代码: VLDR	多线机械旋转雷达的多个产品已形成规模销售	从 2006 年到 2017 年一度是最主要提供方。产品广泛应用于服务机器人、无人驾驶等领域	拥有自主产线, 但逐渐转向第三方代工的模式, 已与 Fabrinet、Nikon (尼康)、Veoneer (维宁尔) 签署多年代工协议
Luminar 美国	产品使用 1550nm 激光器、InGaAs 探测器、以及扫描转镜; 已布局算法感知软件方案	2020 年 12 月完成 NASDAQ 上市, 股票代码: LAZR	市场上无公开批量售卖产品	当前产品面向无人驾驶和乘用车的测试及研发项目。与沃尔沃达成供应协议, 用于 2022 年上市的自动驾驶系统	无公开资料
Aeva 美国	布局芯片化 FMCW 连续波调频激光雷达	计划 2021 年第一季度完成 NYSE 上市, 股票代码: AEVA	市场上无公开批量售卖产品	当前尚无信息显示规模化应用。与奥迪自动驾驶子公司合作为乘用车提供传感器	2020 年宣布与 ZF (采埃孚) 达成生产合作
Innoviz 以色列	发布产品为半固态方案, 选用二维微透镜作为扫描器件; 已布局感知算法解决方案	计划 2021 年第一季度完成 NASDAQ 上市, 股票代码: INVZ	市场上无公开批量售卖产品	当前尚无信息显示规模化应用。与宝马达成供应协议, 宣布为 2021 年推出的 L3 量产车提供激光雷达	2017 年宣布与全球第三大代工厂 Jabil (捷普) 合作, 2018 年为 2021 年推出的 L3 量产车宣布与 Magna (麦格纳) 合作宝马项目
Ouster 美国	在售产品为机械旋转式, 采用 VCSEL 和 SPAD 阵列芯片技术; 已布局纯固态方案	计划 2021 年上半年完成 NYSE 上市, 股票代码: OUST	多线机械旋转雷达的多个产品已形成规模销售	中、近距离激光雷达的主要供应商之一。产品主要应用于服务机器人、无人驾驶等领域	无公开资料
Ibeo 德国	在售产品采用转镜方案; 已发布基于 VCSEL 和 SPAD 阵列的纯固态产品	自 2016 年, 德国 ZF (采埃孚) 持有其 40% 股份	转镜方案的多线半固态激光雷达已形成规模销售; 纯固态方案无公开批量售卖产品	与 Valeo (法雷奥) 合作量产了世界首款车规级激光雷达 SCALA, 由 Valeo 负责生产和销售, Ibeo 从中收取授权费用。SCALA 是目前在 ADAS 领域唯一在量产车上使用的多线激光雷达	无公开资料
速腾聚创 中国	在售产品主要为机械旋转方案和微振镜方案, 同时销售激光雷达的环境感知算法解决方案	2018 年 10 月公布 3 亿元人民币战略融资, 此前已完成至 C	多线机械旋转雷达的多个产品已形成规模销售	主攻机器人市场, 是多线机械旋转雷达在国内机器人市场的主要供应商之一,	无公开资料

轮融资

同时具有半固态激光雷达产品

资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

从产业应用及市场占有率来看，Velodyne 当前仍是市场营收总额最高的激光雷达公司；Luminar2019 年的销售台数在百台量级；Aeva 和 Innoviz 在 2020 年预期营业收入均为 500 万美元，市场占有率较低。2017 年之前 Velodyne 几乎是市场上唯一的高线数激光雷达厂商，在禾赛科技进入激光雷达领域后，国外厂商的市场占有率不断降低。无人驾驶市场占 Velodyne 2017 年营收的 50%以上，近期下降到约 25%。禾赛科技凭借优秀的产品性能建立了良好的口碑，销售数量及营业收入均实现较快增长。

从技术选择路径和目标市场来看，Luminar、Aeva、Innoviz、Ibeo 主要面向无人驾驶和量产乘用车 ADAS 市场，开发相应的（半）固态激光雷达，其技术特点各有不同，Luminar 选用 1550nm 光源和探测器而非市场主流的 905nm 光源和探测器，Aeva 选择 FMCW 而非市场主流的飞行时间法，Innoviz 通过采用 MEMS 二维微振镜来实现激光扫描和接收，通过减少激光器和探测器数量来降低成本，Ibeo 则选用 VCSEL 和 SPAD 面阵的纯固态激光雷达方案。

从生产模式来看，部分国外激光雷达公司倾向采用代工或与制造厂合作的生产模式。Velodyne 已与 Fabrinet、Nikon（尼康）、Veoneer（维宁尔）等签署多年代工协议，从自主生产模式逐渐转向增加欧洲及亚洲第三方工厂代工的生产模式。Innoviz 与 Jabi（捷普）合作进行产品代工，同时针对 BMW（宝马）项目与 Magna（麦格纳）开展合作。与大型代工厂或者 Tier 1 合作能够降低激光雷达厂商对生产资源的投入，但也会削弱激光雷达厂商对生产环节和生产成本的把控，激光雷达作为新兴的精密传感器，迭代速度快，而且尚无确定的行业标准和成熟稳定的工艺，生产环节包括多步针对产品特性的精准装调和测试工序，需要激光雷达厂商对生产环节具有较强的把控能力，规模化生产能力会逐渐成为激光雷达企业的核心壁垒之一。

3.1 禾赛科技：全球领先的激光雷达制造商

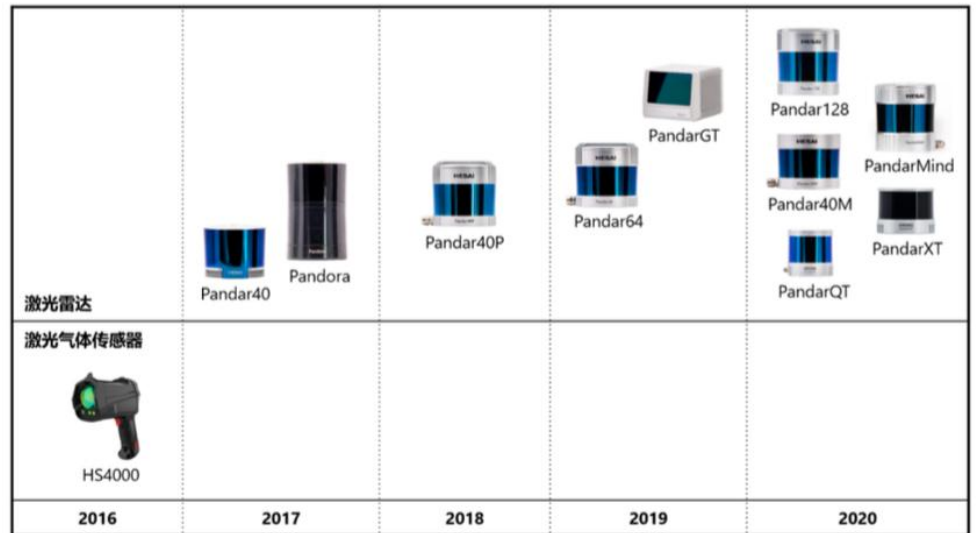
禾赛科技创立至今，专注于激光雷达、激光气体传感器领域。禾赛科技激光雷达主要市场集中于无人驾驶领域，并逐渐向服务机器人领域拓展。公司研发针对无人驾驶领域客户的高性能激光雷达产品，并通过高效的生产工艺保障供应，取得了该领域知名客户的大量订单。针对机器人、车联网领域，公司研发多样化激光雷达产品，并逐步实现销售。此外，公司持续研发适用于高级辅助驾驶领域的激光雷达产品，通过与整车厂及其一级供应商的合作，有望实现规模化销售。

表 13 禾赛科技发展历程

年份	发展历程
2014 年底	公司成立于中国上海，自设立以来，专注于研发、制造和销售高性能激光传感器，逐光而行，立志于让中国高端制造走向世界，让科技造福人类社会。
2015-2016 年	公司主要的产品为激光气体传感器，包括手持式激光甲烷遥测仪及无人机载式激光甲烷遥测仪，产品灵敏度高、误报率低，一面世就受到燃气行业的关注，产品入围了 2017 年的 Prism Award 最终名单。同时，除天然气行业外，公司不断寻找更大的对激光遥感有需求的应用领域，以成为一家更大规模的高科技公司。
2016 年	在经历了反复探索后，公司在原有激光气体遥感技术的积累之上拓展了新的发展方向——无人驾驶激光雷达。激光雷达的主要光机电系统与激光气体遥测仪具有较强的相似性，因而公司得以充分利用在光路设计、电子信号处理等方面的技术积累完成了产品的快速开发。
2016 年 10 月	公司在国内首次发布了 32 线激光雷达的路测扫描点云视频，该产品入选了 2016 年国内十大亮点光学产业技术。
2017 年 4 月	公司发布 40 线激光雷达 Pandar40，此后深耕于高端激光雷达产品的开发，推出了一系列广受国内外关注的产品，积累了大量的优质客户，获得了业内的广泛认可。
2017 年底	公司部署芯片技术发展方向，成立芯片部门，根据产品上积累的系统需求定义芯片参数，自主设计芯片。
未来	公司将致力于不断探索前沿技术并推出更高水平的激光雷达产品，同时发展算法技术，提供感知解决方案。

资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

2017年,公司推出 Pandar40 高线数激光雷达,当年即实现销售收入 1352.01 万元。2018年,公司推出 Pandar40P, 具备较强的抗干扰功能,且性能稳定、可靠性高、具备稳定供货能力。在该产品的推动下,2018年公司 40 线激光雷达实现收入 11480.49 万元,同比大幅增长 749.14%。此外,2018年 Pandar64 开始销售,实现 595.58 万元收入。

图11 禾赛科技产品发布时间图


资料来源:禾赛科技招股书,海通证券研究所

2019年, Pandar64 在远距离物体检测性能、分辨能力、多传感器同步精度等方面的优势获得市场认可,当年产生收入 22361.77 万元,占激光雷达销售收入的 68.09%。受到一定的替代效应影响,2019年 40 线激光雷达的销售收入同比下降 11.97%,为 10106.19 万元。此外,2019年 PandarQT 开始销售,实现 42.30 万元收入。2020年 1-9 月,受到国外疫情的影响,上半年 Pandar64、Pandar40 激光雷达销售增长有所放缓,但已在第三季度出现明显反弹。

表 14 禾赛科技、Velodyne、Luminar 近三年主要财务数据对比 (万元)

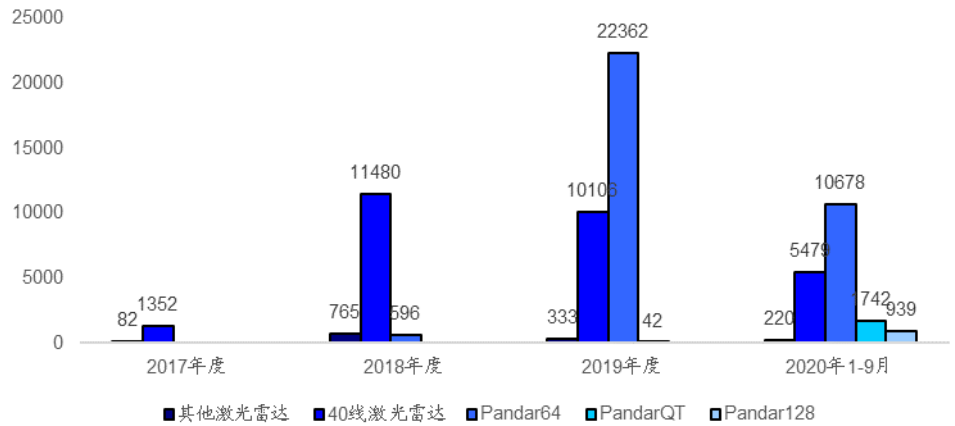
公司名称		禾赛科技	Velodyne (代码: VLDR)	Luminar (代码: LAZR)
2019 年	营业收入	34847.41	70088.33	8710.75
	毛利率	76.21%	29.36%	-32.16%
	净利润	-14973.35	-46467.96	-65470.98
2018 年	营业收入	13287.01	95567.26	7816.75
	毛利率	75.61%	21.60%	6.44%
	净利润	1611.23	-41650.98	-53183.55
2017 年	营业收入	1947.40	122765.08	/
	毛利率	74.52%	44.14%	/
	净利润	-2427.23	10626.07	/

资料来源:禾赛科技招股书,海通证券研究所

2017年、2018年、2019年和2020年 1-9 月公司核心技术产品占营业收入的比例分别为 98.32%、99.95%、99.86%和 99.85%。2019年禾赛科技在无人驾驶市场形成的销售金额超过 3700 万美元,是全球无人驾驶领域销售金额最高的激光雷达供应商之

一，也是极少数在全球无人驾驶产业链上批量供应核心零部件并具有影响力的中国科技公司。在美国加征 25%关税的情况下，禾赛科技凭借产品上的优势，依然成为美国多家无人驾驶头部公司的激光雷达供应商，同时毛利率高于应用于该领域的其他公司的竞品。

图12 禾赛科技近年来各产品营收（万元）



资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

在研发方面，首先，禾赛科技通过持续跟踪关注市场情况，及激光雷达技术演进的趋势、并结合自身特点制定基础技术开发规划，进行预研；其次，公司基于市场需求及相关基础技术储备的情况，制定具体的产品开发计划；进而，根据产品开发计划，进行产品的概念设计、架构设计、子系统设计与测试、研发样机制作与测试等工作，完成产品开发；最后，研发与生产部门密切配合，持续提高产品的可生产性与质量，降低产品成本。

禾赛科技处于快速发展阶段，研发投入较大，人员职工薪酬、委外开发设计测试费快速增长，导致研发费用和占比较高。激光雷达行业处于高速发展阶段，同时公司重视技术研发，因而研发投入较大。其中，2017年由于公司收入体量较小，研发费用率超过150%，2019年公司研发费用率达48.32%，2020年前三季度研发费用率上升至64.43%。未来公司将继续加大研发投入，以保持产品的市场竞争力。

表 15 禾赛科技 2017-2020Q3 三费趋势

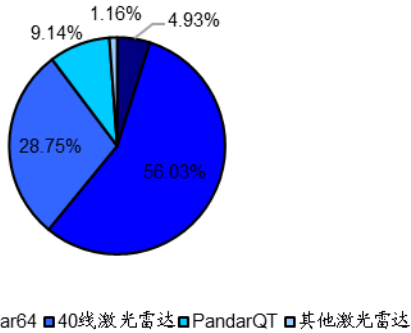
三费	2017	2018	2019	2020年1-9月
销售费用率	24.30%	17.59%	18.11%	25.58%
管理费用率	36.41%	9.51%	16.68%	20.42%
研发费用率	151.02%	46.54%	48.32%	64.43%

资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

在营销方面，禾赛科技的销售模式为直接销售，并通过展会和潜在客户拜访的模式进行产品推销。销售市场以国内与北美区域为主，此外还覆盖了欧洲、亚太等地区。除针对不同地区进行客户开拓外，同时，公司还根据无人驾驶、高级辅助驾驶、机器人、车联网等不同市场应用领域中客户关注的产品需求，有针对性地开拓客户。禾赛科技产

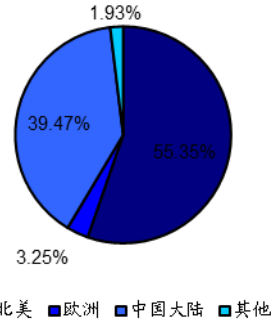
品已服务的客户包括：北美三大汽车制造商中的两家、德国四大汽车制造商之一、美国加州 2019 年 DMV 路测里程前 15 名中过半的自动驾驶公司，和大多数中国领先的自动驾驶公司。这其中包括了全球最大的三家移动出行服务公司中的两家、全球最大的汽车零部件供应商博世集团、全球最大的自动驾驶卡车公司之一和全球最大的自动驾驶配送公司之一等知名公司。

图13 禾赛科技 2020 年 1-9 月各产品收入占比



资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

图14 禾赛科技 2020 年 1-9 月各地域收入占比

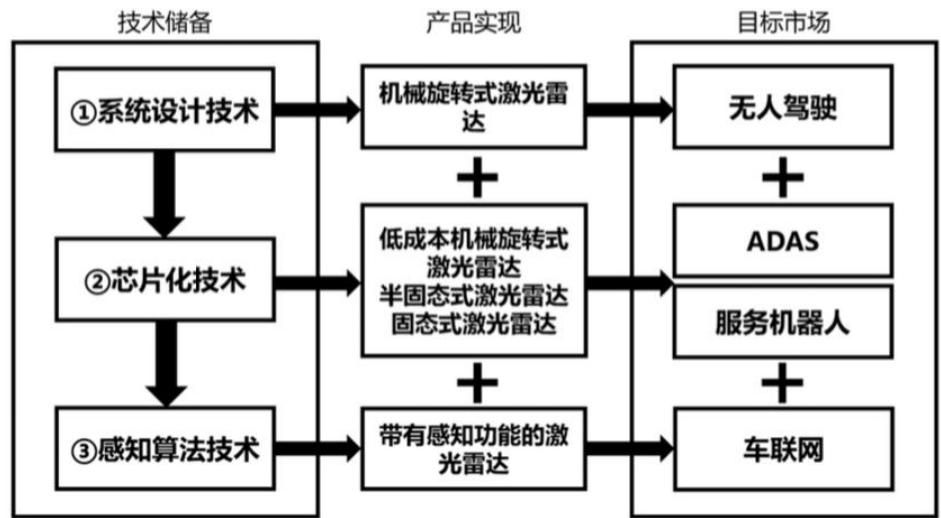


资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

在战略方面，禾赛科技在进入激光雷达市场的早期选择从无人驾驶市场入手，集中资源打磨高线数机械旋转激光雷达产品，积累系统设计和核心模块开发经验，凭借突出的产品性能实现较高毛利率的销售收入、占领市场份额、积累品牌口碑。通过开发无人驾驶高线数激光雷达积累了高性能激光雷达的核心技术后，预判行业终局中激光雷达的高性能、低成本化和高可靠性会是机器人和量产车 ADAS 市场最重要的核心能力，而实现高性能、低成本、高可靠性的关键途径是芯片化。于是公司在 2017 年底部署芯片技术发展方向，成立芯片部门，根据产品上积累的系统需求定义芯片参数，自主设计芯片。

自研芯片的使用为产品在性能、集成度和成本上带来了竞争优势。多样化的产品将服务无人驾驶、ADAS、服务机器人等海量市场。在实现激光雷达硬件系统领先的基础上，公司投入研发基于激光雷达的感知算法、即时定位与高精地图构建、感知数据管理平台等技术，作为技术储备，为市场提供更深入的解决方案（如车联网）。未来公司打算进一步加大在芯片和算法领域的研发投入，强化规模化生产能力，为激光雷达的市场需求爆发打好基础。

图15 禾赛科技战略发展图



资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

本次禾赛科技 IPO 公开发行股票募集资金主要用于投资“智能制造中心项目”、“激光雷达专属芯片项目”以及“激光雷达算法研发项目”，项目总投资额 213671.34 万元，拟使用募集资金投入金额 200000 万元。“智能制造中心项目”将帮助公司在激光雷达各产品线的生产工艺优化以及测试环境等方面，实现业内领先的生产能力，为大规模量产做好准备。“激光雷达专属芯片项目”将进一步加强公司在激光雷达芯片化技术及器件等方面的研发和产品化建设。“激光雷达算法研发项目”将提升公司激光雷达相关的算法能力，以为乘用车、车联网等领域的客户提供产品及算法的解决方案。

表 16 禾赛科技募集资金将投向

序号	募集资金投资项目	项目投资总额	拟使用募集资金金额	项目概况
1	智能制造中心项目	133147.34	120000.00	本项目拟建设符合无人驾驶、高级辅助驾驶、机器人、车联网领域需求的产品线并生产相应市场所需的激光雷达，项目实施达产后公司将新增 265.25 万件产能。
2	激光雷达专属芯片项目	65524.00	65000.00	本项目拟投资研发激光雷达的核心芯片，后续公司激光雷达产品将使用自研的芯片器件，可以有效提升公司产品性能并降低公司产品成本。
3	激光雷达算法研发项目	15000.00	15000.00	本项目用于研发激光雷达输出点云后的处理算法，ADAS、车联网等领域的客户需要激光雷达硬件及算法，通过本项目公司可向 ADAS、车联网等领域的客户提供激光雷达产品及算法一体的解决方案。
合计		213671.34	200000.00	

资料来源：禾赛科技招股书，海通证券研究所

3.2 华为：“爬北坡”进入激光雷达战场

华为激光雷达产品的研发始于 2016 年，该团队访问了大量的 TOP 车企，倾听对激光雷达产品的需求，同时遍寻产业链厂家，经过半年的调研明确了方向：要做一款高性能、车规级、能够大规模量产的激光雷达，基于此定位，激光雷达团队启动“爬北坡战略”。当前，车载激光雷达市场上存在两条“登山路”：一条是先从相对较为简单的后装测试市场切入（如 Robotaxi 改装），再逐步过渡到前装量产市场；另外一条则是从陡峭得多的前装量产市场切入。激光雷达初创公司基本都在走第一条路。其中，绝大部分公

司都还停留在测试订单的阶段，拿到量产订单的凤毛麟角；而华为，则从一开始就选择了后者：依托 30 年积累，加速构建车规级前装商用的能力，从而实现规模量产。

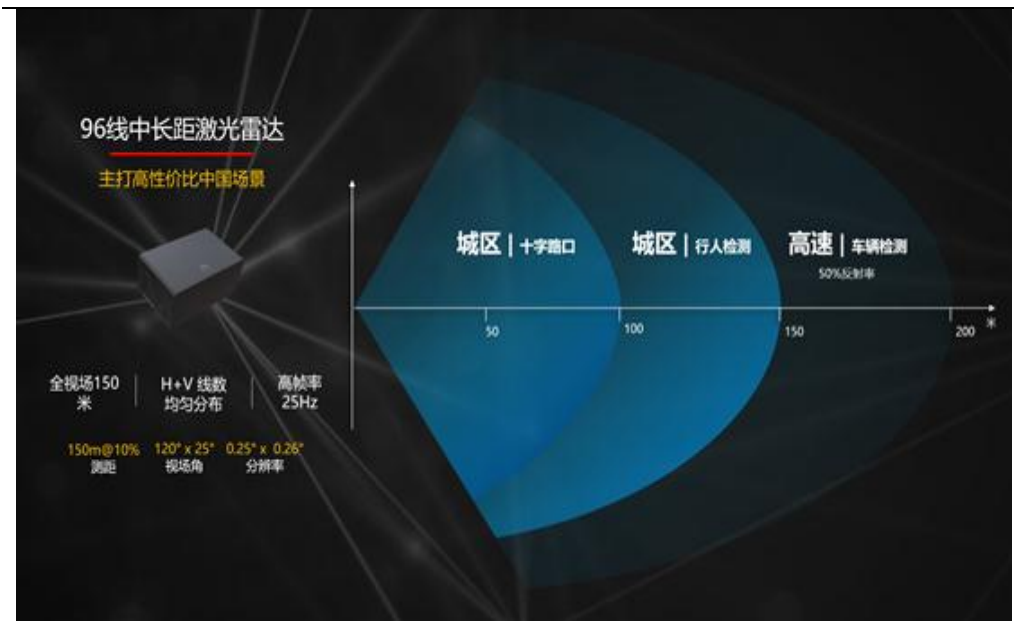
图16 华为激光雷达团队“爬北坡”战略图



资料来源：华为智能汽车解决方案微信公众号，海通证券研究所

2020年12月21日，中国汽车工业协会主办的T10 ICV CTO峰会在上海召开，华为首次面向行业正式发布车规级高性能激光雷达产品和解决方案。华为融合感知产品部总经理段忠毅围绕高性能、车规级、规模量产，对激光雷达产品和解决方案进行了全面的阐述。华为基于场景分析，华为设计、开发了96线中长距激光雷达产品，可以实现城区行人车辆检测覆盖，并兼具高速车辆检测能力，更符合中国复杂路况下的场景。其特点有：大视野 $120^{\circ} \times 25^{\circ}$ ，应对城区、高速等场景的人、车测距诉求；全视野中，水平、垂直线束均匀分布，不存在拼接、抖动等情况，形成稳定的点云对后端感知算法非常友好；小体积，适合前装量产车型需求。激光雷达是一款光机电一体化产品，需要光机电多领域深度整合。得益于ICT领域光学设计、信号处理、整机工程等长期积累，华为重构了激光雷达的核心部件，包括发送模块，接收模块和扫描器。

图17 华为 96 线中长距激光雷达产品概况图



资料来源：华为智能汽车解决方案微信公众号，海通证券研究所

华为激光雷达产品的定位是前装量产，必然要考虑激光雷达实际安装适配问题，如安装数量、安装位置，以及在运行中碰到的环境适应性问题。目前，华为已有多个车型的配套经验，对于造型匹配、安装位置以及环境工程领域都积累了丰富的经验。

过去两年时间，华为激光雷达完成了产品的场景需求定义、开发设计，在测试验证、生产制造也有了充分的积累。依托在光通讯领域积累的精密制造能力以及先进工艺装备实验室，华为快速建立了第一条车规级激光雷达的 Pilot 产线。面向百万级量产需求，华为已按照年产 10 万套/线在推进，以适应未来大规模量产需求。

4. 投资建议

我们认为激光雷达作为实现自动驾驶的核心传感器之一，发展的重要性和优先性地位凸显，正如近年来，国家有关推动智能传感器及集成电路行业政策频出。同时，在政策的推动下，国内自动驾驶领域高速发展，也进一步为激光雷达行业创造机遇。随着科技的进步，产业链上下游互相激励、共同发展，有利于激光雷达行业的高速发展。建议关注：禾赛科技等。

5. 风险提示

激光雷达主流技术路线变化；无人驾驶推进节奏不及预期。

信息披露

分析师声明

郑宏达 计算机行业
 杨林 计算机行业
 洪琳 计算机行业

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人不保证该等信息的准确性或完整性。分析逻辑基于作者的职业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

分析师负责的股票研究范围

重点研究上市公司： 易华录,四维图新,佳都科技,创业慧康,京北方,广联达,用友网络,金溢科技,锐明技术,中控技术,拉卡拉,捷顺科技,恒华科技,拓尔思,鼎捷软件,中电兴发,航天信息,优刻得-W,金山办公,中望软件,中孚信息,万兴科技,云从科技,海康威视,启明星辰,长亮科技,金蝶国际,久远银海,京东数科,美亚柏科

投资评级说明

	类别	评级	说明
1. 投资评级的比较和评级标准: 以报告发布后的 6 个月内的市场表现为比较标准, 报告发布日后 6 个月内的公司股价 (或行业指数) 的涨跌幅相对同期市场基准指数的涨跌幅; 2. 市场基准指数的比较标准: A 股市场以海通综指为基准; 香港市场以恒生指数为基准; 美国市场以标普 500 或纳斯达克综合指数为基准。	股票投资评级	优于大市	预期个股相对基准指数涨幅在 10% 以上;
		中性	预期个股相对基准指数涨幅介于 -10% 与 10% 之间;
		弱于大市	预期个股相对基准指数涨幅低于 -10% 及以下;
		无评级	对于个股未来 6 个月市场表现与基准指数相比无明确观点。
	行业投资评级	优于大市	预期行业整体回报高于基准指数整体水平 10% 以上;
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平 -10% 与 10% 之间;
		弱于大市	预期行业整体回报低于基准指数整体水平 -10% 以下。

法律声明

本报告仅供海通证券股份有限公司 (以下简称“本公司”) 的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下, 本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下, 本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断, 本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期, 本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

市场有风险, 投资需谨慎。本报告所载的信息、材料及结论只提供特定客户作参考, 不构成投资建议, 也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。在法律许可的情况下, 海通证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易, 还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送, 未经海通证券研究所书面授权, 本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品, 或再次分发给任何其他人, 或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。如欲引用或转载本文内容, 务必联络海通证券研究所并获得许可, 并需注明出处为海通证券研究所, 且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。

根据中国证监会核发的经营证券业务许可, 海通证券股份有限公司的经营经营范围包括证券投资咨询业务。

海通证券股份有限公司研究所

路颖 所长
(021)23219403 luying@htsec.com

高道德 副所长
(021)63411586 gaodd@htsec.com

邓勇 副所长
(021)23219404 dengyong@htsec.com

荀玉根 副所长
(021)23219658 xyg6052@htsec.com

涂力磊 所长助理
(021)23219747 tll5535@htsec.com

余文心 所长助理
(0755)82780398 ywx9461@htsec.com

宏观经济研究团队

宋潇(021)23154483 sx11788@htsec.com
梁中华(021)23219820 lzh13508@htsec.com
联系人
应稼娴(021)23219394 yjx12725@htsec.com
侯欢(021)23154658 hh13288@htsec.com

金融工程研究团队

高道德(021)63411586 gaodd@htsec.com
冯佳睿(021)23219732 fengjr@htsec.com
郑雅斌(021)23219395 zhengyb@htsec.com
罗蕾(021)23219984 ll9773@htsec.com
余浩淼(021)23219883 yhm9591@htsec.com
袁林青(021)23212230 ylq9619@htsec.com
姚石(021)23219443 ys10481@htsec.com
张振岗(021)23154386 zzg11641@htsec.com
颜伟(021)23219914 yw10384@htsec.com
联系人
孙丁茜(021)23212067 sdq13207@htsec.com
张耿宇(021)23212231 zgy13303@htsec.com

金融产品研究团队

高道德(021)63411586 gaodd@htsec.com
倪韵婷(021)23219419 niyt@htsec.com
唐洋运(021)23219004 tangyy@htsec.com
皮灵(021)23154168 pl10382@htsec.com
徐燕红(021)23219326 xyh10763@htsec.com
谈鑫(021)23219686 tx10771@htsec.com
庄梓恺(021)23219370 zzk11560@htsec.com
周一洋(021)23219774 zyy10866@htsec.com
联系人
谭实宏(021)23219445 tsh12355@htsec.com
吴其右(021)23154167 wqy12576@htsec.com
黄雨薇(021)23219645 hyw13116@htsec.com
张弛(021)23219773 zc13338@htsec.com
邵飞(021)23219819 sf13370@htsec.com

固定收益研究团队

周霞(021)23219807 zx6701@htsec.com
姜珮珊(021)23154121 jps10296@htsec.com
联系人
王巧喆(021)23154142 wqz12709@htsec.com
张紫睿(021)23154484 zzz13186@htsec.com
孙丽萍(021)23154124 slp13219@htsec.com

策略研究团队

荀玉根(021)23219658 xyg6052@htsec.com
高上(021)23154132 gs10373@htsec.com
李影(021)23154117 ly11082@htsec.com
张向伟(021)23154141 zxw10402@htsec.com
李姝醒 lsx11330@htsec.com
曾知(021)23219810 zz9612@htsec.com
郑子勋(021)23219733 zzx12149@htsec.com
刘溢(021)23219748 ly12337@htsec.com
周旭辉 zxh12382@htsec.com
唐一杰(021)23219406 tj11545@htsec.com
联系人
吴信坤 021-23154147 wxk12750@htsec.com

中小市值团队

钮宇鸣(021)23219420 ymniu@htsec.com
孔维娜(021)23219223 kongwn@htsec.com
潘莹练(021)23154122 pyl10297@htsec.com
相姜(021)23219945 xj11211@htsec.com
联系人
王园沁 02123154123 wyq12745@htsec.com

政策研究团队

李明亮(021)23219434 lml@htsec.com
吴一萍(021)23219387 wuyiping@htsec.com
朱蕾(021)23219946 zl8316@htsec.com
周洪荣(021)23219953 zhr8381@htsec.com
王旭(021)23219396 wx5937@htsec.com

石油化工行业

邓勇(021)23219404 dengyong@htsec.com
朱军军(021)23154143 zjj10419@htsec.com
胡歆(021)23154505 hx11853@htsec.com
张璇(021)23219411 zx12361@htsec.com

医药行业

余文心(0755)82780398 ywx9461@htsec.com
郑琴(021)23219808 zq6670@htsec.com
贺文斌(010)68067998 hwb10850@htsec.com
范国钦 02123154384 fgq12116@htsec.com
联系人
梁广楷(010)56760096 lgg12371@htsec.com
孟陆 86 10 56760096 ml13172@htsec.com
周航(021)23219671 zh13348@htsec.com
朱赵明(021)23154120 zzm12569@htsec.com
彭婷(010)68067998 ppt13606@htsec.com

汽车行业

王猛(021)23154017 wm10860@htsec.com
杜威(0755)82900463 dw11213@htsec.com
曹雅倩(021)23154145 cyq12265@htsec.com
联系人
房乔华 021-23219807 fqh12888@htsec.com
郑蕾 23963569 zl12742@htsec.com

公用事业

吴杰(021)23154113 wj10521@htsec.com
戴元灿(021)23154146 dyc10422@htsec.com
傅逸帆(021)23154398 fyf11758@htsec.com
张磊(021)23212001 zl10996@htsec.com
于鸿光(021)23219646 yhg13617@htsec.com

批发和零售贸易行业

李宏科(021)23154125 lhk11523@htsec.com
高瑜(021)23219415 gy12362@htsec.com
汪立亭(021)23219399 wangljt@htsec.com

互联网及传媒

郝艳辉(010)58067906 hyh11052@htsec.com
毛云聪(010)58067907 myc11153@htsec.com
陈星光(021)23219104 cxg11774@htsec.com
孙小雯(021)23154120 sxw10268@htsec.com

有色金属行业

施毅(021)23219480 sy8486@htsec.com
陈晓航(021)23154392 cxh11840@htsec.com
甘嘉尧(021)23154394 gjy11909@htsec.com
联系人
郑景毅 zjy12711@htsec.com

房地产行业

涂力磊(021)23219747 tll5535@htsec.com
谢盐(021)23219436 xiey@htsec.com
金晶(021)23154128 jj10777@htsec.com
杨凡(010)58067828 yf11127@htsec.com

电子行业 周旭辉 zhx12382@htsec.com 联系人 肖隽翀 021-23154139 xjc12802@htsec.com	煤炭行业 李 焱(010)58067998 lm10779@htsec.com 戴元灿(021)23154146 dyc10422@htsec.com 吴 杰(021)23154113 wj10521@htsec.com 王 涛(021)23219760 wt12363@htsec.com	电力设备及新能源行业 张一弛(021)23219402 zyc9637@htsec.com 房 青(021)23219692 fangq@htsec.com 曾 彪(021)23154148 zb10242@htsec.com 徐祐乔(021)23219171 x bq6583@htsec.com
基础化工行业 刘 威(0755)82764281 lw10053@htsec.com 刘海荣(021)23154130 lhr10342@htsec.com 张翠翠(021)23214397 zcc11726@htsec.com 孙维容(021)23219431 swr12178@htsec.com 李 智(021)23219392 lz11785@htsec.com	计算机行业 郑宏达(021)23219392 zhd10834@htsec.com 杨 林(021)23154174 yl11036@htsec.com 于成龙(021)23154174 ycl12224@htsec.com 黄竞晶(021)23154131 hjj10361@htsec.com 洪 琳(021)23154137 hl11570@htsec.com 联系人 杨 蒙(0755)23617756 ym13254@htsec.com	通信行业 朱劲松(010)50949926 zjs10213@htsec.com 余伟民(010)50949926 ywm11574@htsec.com 张峰青(021)23219383 zqz11650@htsec.com 联系人 杨彤昕 010-56760095 ytx12741@htsec.com
非银行金融行业 孙 婷(010)50949926 st9998@htsec.com 何 婷(021)23219634 ht10515@htsec.com 李芳洲(021)23154127 l fz11585@htsec.com 联系人 任广博(010)56760090 rgb12695@htsec.com	交通运输行业 虞 楠(021)23219382 yun@htsec.com 罗月江(010)56760091 lyj12399@htsec.com 李 轩(021)23154652 lx12671@htsec.com 陈 宇(021)23219442 cy13115@htsec.com	纺织服装行业 梁 希(021)23219407 lx11040@htsec.com 盛 开(021)23154510 sk11787@htsec.com
建筑建材行业 冯晨阳(021)23212081 fcy10886@htsec.com 潘莹练(021)23154122 pyl10297@htsec.com 申 浩(021)23154114 sh12219@htsec.com 颜慧菁 yhj12866@htsec.com	机械行业 余炜超(021)23219816 swc11480@htsec.com 周 丹 zd12213@htsec.com 吉 晟(021)23154653 js12801@htsec.com 赵玥炜(021)23219814 zyw13208@htsec.com 联系人 赵靖博 zjb13572@htsec.com	钢铁行业 刘彦奇(021)23219391 liuyq@htsec.com 周慧琳(021)23154399 zhl11756@htsec.com
建筑工程行业 张欣劼 zxj12156@htsec.com 李富华(021)23154134 lf12225@htsec.com	农林牧渔行业 丁 频(021)23219405 dingpin@htsec.com 陈 阳(021)23212041 cy10867@htsec.com 联系人 孟亚琦(021)23154396 myq12354@htsec.com	食品饮料行业 闻宏伟(010)58067941 whw9587@htsec.com 颜慧菁 yhj12866@htsec.com 张宇轩(021)23154172 zyx11631@htsec.com 程碧升(021)23154171 cbs10969@htsec.com
军工行业 张恒昶 zhx10170@htsec.com 张高艳 0755-82900489 zgy13106@htsec.com 联系人 刘砚菲 021-2321-4129 lyf13079@htsec.com	银行行业 孙 婷(010)50949926 st9998@htsec.com 解巍巍 xww12276@htsec.com 林加力(021)23154395 lj12245@htsec.com 联系人 董栋梁(021)23219356 ddl13026@htsec.com	社会服务行业 汪立亭(021)23219399 wanglt@htsec.com 许樱之(755)82900465 xyz11630@htsec.com 联系人 毛弘毅(021)23219583 mhy13205@htsec.com
家电行业 陈子仪(021)23219244 chenzy@htsec.com 李 阳(021)23154382 ly11194@htsec.com 朱默辰(021)23154383 zmc11316@htsec.com 刘 璐(021)23214390 ll11838@htsec.com	造纸轻工行业 汪立亭(021)23219399 wanglt@htsec.com 赵 洋(021)23154126 zy10340@htsec.com 联系人 柳文韬(021)23219389 lwt13065@htsec.com	

研究所销售团队

深广地区销售团队

蔡铁清(0755)82775962 ctq5979@htsec.com
 伏财勇(0755)23607963 fcy7498@htsec.com
 辜丽娟(0755)83253022 gulj@htsec.com
 刘晶晶(0755)83255933 liujj4900@htsec.com
 饶 伟(0755)82775282 rw10588@htsec.com
 欧阳梦楚(0755)23617160 oymc11039@htsec.com
 巩柏含 gbh11537@htsec.com
 滕雪竹 txz13189@htsec.com

上海地区销售团队

胡雪梅(021)23219385 huxm@htsec.com
 朱 健(021)23219592 zhuj@htsec.com
 李唯佳(021)23219384 lijw@htsec.com
 黄 毓(021)23219410 huangyu@htsec.com
 漆冠男(021)23219281 qgn10768@htsec.com
 胡宇欣(021)23154192 hyx10493@htsec.com
 黄 诚(021)23219397 hc10482@htsec.com
 毛文英(021)23219373 mwy10474@htsec.com
 马晓男 mxn11376@htsec.com
 杨祎昕(021)23212268 yyx10310@htsec.com
 张思宇 zsy11797@htsec.com
 王朝领 wcl11854@htsec.com
 邵亚杰 23214650 syj12493@htsec.com
 李 寅 021-23219691 ly12488@htsec.com
 董晓梅 dxm10457@htsec.com

北京地区销售团队

殷怡琦(010)58067988 yyq9989@htsec.com
 郭 楠 010-5806 7936 gn12384@htsec.com
 张丽莹(010)58067931 zlx11191@htsec.com
 杨羽莎(010)58067977 yys10962@htsec.com
 郭金珏(010)58067851 gjj12727@htsec.com
 张钧博 zjb13446@htsec.com
 高 瑞 gr13547@htsec.com

海通证券股份有限公司研究所
地址：上海市黄浦区广东路 689 号海通证券大厦 9 楼
电话：(021) 23219000
传真：(021) 23219392
网址：www.htsec.com