

专用设备

2021年04月20日

激光雷达：助力智慧出行，探索无人驾驶

——智能硬件深度报告

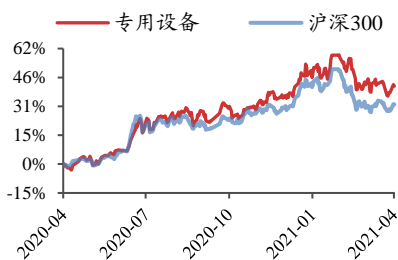
投资评级：看好（维持）

王珂（分析师）

wangkel@kysec.cn

证书编号：S0790520110002

行业走势图



数据来源：贝格数据

相关研究报告

《氢能制造专题研究-我国氢能加速发展，燃料电池气体系统直接受益》
-2021.4.15

《行业深度报告-美国电动化有望加速，国内锂电设备厂商受益》
-2021.4.12

《国机当自强系列研究-采棉纺织机械：助力中国棉纺产业现代化升级》
-2021.3.31

● 智能驾驶：趋势加速到来

近日小鹏 P5 与极狐阿尔法 S 两款智能汽车引起市场广泛关注，智能驾驶时代加速到来。一方面，百度、小米、滴滴等科技&互联网企业纷纷加入造车角逐，智能理念跨界生长。另一方面，传统车企电动化加速，搭载智能驾驶。直观来说，智能驾驶就是要类比人类驾驶，使用技术和设备达到辅助乃至替代驾驶的功能。用传感器如摄像头、雷达等感知驾驶环境，用算法芯片实现驾驶决策，用控制执行系统控制汽车行驶，最终将驾驶者彻底从驾驶中解放出来。根据中商产业研究院数据，2019 年我国智能驾驶行业市场规模达到 1226 亿元，预计市场规模将继续保持每年 30% 以上的增速扩张。

● 感知设备：单车智能基础

智能驾驶最主要的三个技术环节是环境感知、中央决策和底层控制。感知层对车内信息和环境信息进行收集和处理发挥直接作用，这其中主要包括视觉系统（车载摄像头）、雷达系统（超声波雷达、毫米波雷达、激光雷达）、高精度地图等。决策层将感知信息进行融合并判断，控制执行层面负责接受决策后完成驾驶操作。2020 年我国政策定调大力发展新基建，在此背景下车路协同的智能驾驶路线将建立在单车智能基础之上。

● 激光雷达：智能汽车之眼

从自动驾驶分级出发，激光雷达有望成为 L4/L5 级别无人驾驶技术的核心传感器，目前国内外众多无人驾驶科技公司多采用激光雷达输出的点云数据作为主要决策依据。在 ADAS 领域，激光雷达对车规化的批量生产能力、可靠性有较高的要求，对成本也较为敏感。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、服务型机器人及智能交通建设等领域需求的推动，预计激光雷达市场将呈现高速发展态势，根据沙利文预测 2025 年全球市场规模有望达到 135.4 亿美元。国内市场方面沙利文预计 2025 年中国激光雷达市场规模将达到 43.1 亿美元，2019-2025 年复合增速 63.1%，其中车载领域是主要组成部分。

● 技术路线：激光雷达方案具备优越性

当前车辆自动驾驶技术感知层的解决方案可以分为“纯视觉方案”与“激光雷达方案”。“纯视觉方案”是由摄像头主导、配合毫米波雷达等低成本元件组成的解决方案，“激光雷达方案”由激光雷达主导，配合摄像头、毫米波雷达等元件组成的解决方案。激光雷达兼具测距远、角度分辨率优、受环境光照影响小的特点，且无需深度学习算法，可直接获得物体的距离和方位信息等优点。按照技术框架，激光雷达可以分为整体旋转的机械式、收发模块静止的半固态式以及固态式激光雷达。2021 年开始多家车企推出搭载激光雷达的新车型，并公布量产计划，激光雷达行业迎来发展机遇。受益标的：巨星科技、高德红外、禾赛科技。

● **风险提示：**国家法律法规调整风险、下游市场需求变化风险、智能驾驶发展进度不及预期、激光雷达研发及生产进展不及预期、技术路线风险。

目 录

1、 智能驾驶：打开感知设备发展空间	4
1.1、 智能驾驶：加速到来	4
1.1.1、 智能驾驶：持续革新	4
1.1.2、 感知设备：智能基础	6
1.1.3、 市场空间：高速增长	6
1.1.4、 国家政策：鼓励发展	7
1.2、 自动驾驶：机遇与挑战并存	9
1.2.1、 车路协同：构建未来蓝图	9
1.2.2、 自动驾驶：重构出行前景	11
2、 激光雷达：助力智慧出行，探索无人驾驶	13
2.1、 激光雷达：机器之眼	13
2.1.1、 激光雷达近年来高速发展	13
2.1.2、 激光雷达产业链完善	14
2.1.3、 激光雷达市场空间广阔	15
2.2、 技术路线：半固态成为现实之选	19
2.2.1、 激光雷达方案具备优越性	19
2.2.2、 半固态激光雷达是现实之选	20
2.3、 2021 年迎来集中量产上车	24
3、 受益标的	26
3.1、 巨星科技：受益于海外供应链重构	26
3.2、 高德红外：军品民品双轮驱动	28
3.3、 禾赛科技：无人驾驶机械激光雷达新锐	29
4、 风险提示	31

图表目录

图 1： 小鹏汽车推出第三款车型小鹏 P5	4
图 2： 极狐推出新款智能汽车阿尔法 S	4
图 3： ADAS 可以收集车内外环境数据并进行运算分析，辅助驾驶员驾乘	5
图 4： 智能驾驶发展阶段逐渐演变	5
图 5： 智能驾驶依靠感知层与决策层相辅相成	6
图 6： 预计中国智能驾驶行业市场规模逐年扩张	7
图 7： 预计中国自动驾驶服务市场规模将持续增长	7
图 8： 国家政策积极支持智能驾驶产业发展	8
图 9： 多个国家或地区已经提出了智能网联汽车产业发展目标	8
图 10： 路侧激光雷达可应用在车路协同感知单元	9
图 11： 不同厂商选择不同的自动驾驶技术路线	10
图 12： 车路协同将重构中国汽车产业链未来价值分配	11
图 13： 自动驾驶将带来众多经济和客户价值	11
图 14： 预计用于出行服务的自动驾驶 PKMT 占比将大幅提高	12
图 15： Velodyne 激光雷达可输出点云图	13
图 16： 激光雷达可应用于无人驾驶领域	13
图 17： 激光雷达产业链较为完善	15

图 18: 沙利文预计全球激光雷达市场 2019-2025 年复合增速 64.5%	16
图 19: 2019 年车联网是激光雷达主要市场	16
图 20: 预计 2025 年 Robotaxi/Robotruck、ADAS、车联网近乎三分激光雷达市场	16
图 21: 沙利文预计全球激光雷达 Robotaxi/Robotruck 细分市场 2019-2025 年复合增速 80.9%	17
图 22: 沙利文预计全球激光雷达 ADAS 细分市场 2019-2025 年复合增速 83.7%	17
图 23: 沙利文预计中国激光雷达 2019-2025 年复合增速 63.1%	18
图 24: 主流传感器各具特点	20
图 25: 激光雷达可分为机械、半固态、固态式激光雷达	21
图 26: 激光雷达存在降本曲线	22
图 27: Luminar 激光雷达无缝集成于沃尔沃汽车的车顶	24
图 28: Luminar 激光雷达高速公路感知	24
图 29: 小鹏汽车与北汽极狐采用不同激光雷达方案	25
图 30: 巨星科技营收稳步增长	26
图 31: 巨星科技盈利规模持续扩大	26
图 32: 巨星科技手工工具占营收比近七成	26
图 33: 巨星科技产品主要销往欧美	26
图 34: 欧镭激光有五款激光传感器在售	27
图 35: 巨星科技 OBM 收入占比提升	28
图 36: 巨星科技研发费用有所提升	28
图 37: 高德红外营收稳步增长	28
图 38: 高德红外盈利规模持续扩大	28
图 39: 2019 年高德红外红外热成像仪占营收比 75%	29
图 40: 2019 年高德红外红外热成像仪占毛利比 85%	29
图 41: 轩辕智驾主要产品为车载热成像避障系统	29
图 42: 禾赛科技主要产品经历多次更新	30
图 43: 禾赛科技营收较高速增长	30
图 44: 禾赛科技有待实现盈利	30
图 45: 禾赛科技营收主要由激光雷达产品贡献	31
图 46: 2019 年禾赛科技激光雷达产品占毛利比 95%	31
表 1: 我国《汽车驾驶自动化分级》于 2021 年 1 月 1 日起实施	6
表 2: 自动驾驶路线的选择面临技术和成本在车侧和路侧的分配问题	9
表 3: 不同国家在自动驾驶领域有各自的战略优势	10
表 4: 激光雷达行业 2016 年后快速发展	13
表 5: 我们预计 2025 年我国 ADAS、无人驾驶领域激光雷达市场规模达 216 亿元	18
表 6: 车载传感器各有优劣	19
表 7: 激光雷达可以按测距方法划分	20
表 8: 激光雷达可以按技术框架划分	21
表 9: 激光雷达厂商使用的技术路线存在差异	22
表 10: 激光雷达可使用显性参数评价	23
表 11: 多款车型搭载“激光雷达方案”	24
表 12: 巨星科技提前布局激光领域	27
表 13: 巨星科技进行收购, 打造品牌力	27
表 14: 受益标的盈利预测估值评级汇总 (股价截止至 20210420 收盘)	31

1、智能驾驶：打开感知设备发展空间

近日小鹏 P5 与极狐阿尔法 S 两款智能汽车引起各界的广泛关注，车企推出的新款车型智能化加大；此外，百度、小米、滴滴等科技企业纷纷加入造车角逐，智能驾驶时代加速到来。

小鹏 P5 采用 XPILOT 3.5 自动驾驶辅助系统，配备 32 个感知传感器，融合视觉、雷达、高精度定位单元进行环境感知，实现 360° 双重感知融合。ARCFOX 极狐阿尔法 S 华为 HI 版将采用华为智能汽车解决方案，搭载鸿蒙 OS 智能座舱空间，实现智能高阶的自动驾驶系统。两者均选择搭载激光雷达作为感知设备，这也正是两款车型引人瞩目的一个重要原因。

图1：小鹏汽车推出第三款车型小鹏 P5



资料来源：小鹏汽车官网

图2：极狐推出新款智能汽车阿尔法 S



资料来源：ARCFOX 极狐官网

1.1、智能驾驶：加速到来

1.1.1、智能驾驶：持续革新

直观来说，智能驾驶就是要类比人类驾驶，使用技术和设备达到辅助乃至替代驾驶的功能。用传感器如摄像头、雷达等感知驾驶环境；用算法芯片实现驾驶决策，逐步让人工智能替代驾驶员的决策功能；用控制执行系统控制汽车行驶，最终将驾驶者的双眼、双手、双脚、头脑彻底从驾驶中解放出来。

根据《交通建设管理》刊文，智能汽车是一个集环境感知、规划决策、多等级辅助驾驶等功能于一体的综合系统，它集中运用了计算机、现代传感、信息融合、通讯、人工智能及自动控制等技术。初级的智能汽车主要采用高级驾驶辅助系统（ADAS），这是一系列驾驶辅助系统的集合，以提升驾驶的安全性和舒适性为目的。无人驾驶汽车同样属于智能汽车的范畴，可以通过智能传感系统感知路况，依靠计算机系统自主进行自主规划决策，并完成预定行驶目标。

目前我国在官方政策中常采用“智能网联汽车”这一概念，将其定义为搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，并融合现代通信与网络技术，实现车与 X（人、车、路、云端等）智能信息交换、共享，具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能，可实现“安全、高效、舒适、节能”行驶，并最终可实现替代人来操作的新一代汽车。

图3: ADAS 可以收集车内外环境数据并进行运算分析, 辅助驾驶员驾乘

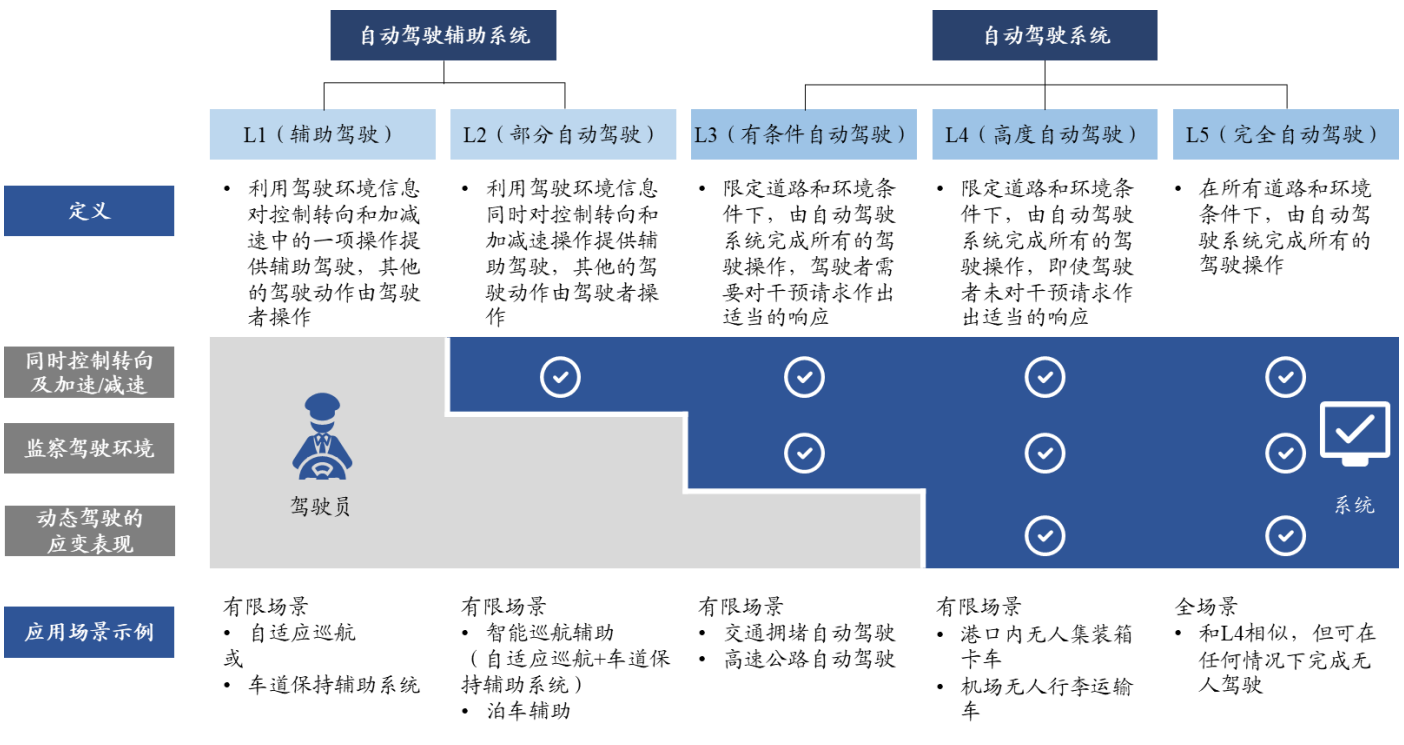


资料来源: 海思官网

由国际自动机工程师学会 (简称 SAE) 划分的智能驾驶分级标准被广泛采用, 该标准将智能驾驶分为 L0-L5 六个级别, 系统智能化程度随着数值增大而增加。L0-L2 属于自动驾驶辅助系统, 对应我们常说的 ADAS, 其中 L0 代表无自动化; L3-L5 对应自动驾驶系统。

目前我们已经很难看到 L0 级别的汽车, 常见的汽车大多属于 L1 级别, 即辅助驾驶级, L2 级和 L1 级之间一个显著的区别在于是否能够同时实现汽车控制转向及加速/减速; L2 级至 L3 级之间的实现难点是传感器感知技术和法规限制; 而更高级别的高度自动驾驶和完全自动驾驶将受到算法及计算平台稳定性、经济成本、高精度地图、乘客心理接纳程度等多方面的考验。

图4: 智能驾驶发展阶段逐渐演变



资料来源: SAE、百度集团全球发售文件、开源证券研究所

2020年3月我国《汽车驾驶自动化分级》由工业和信息化部报批公示, 于2021年1月1日正式实施, 自此符合中国自动驾驶领域的安全等级标准正式建立。中国标准在参考了SAE标准的基础上进行了一定调整: 将0级设定为应急辅助, 与无驾驶自动化进行区分; 中国版0级-2级的目标和事件探测与响应由驾驶员及系统共同

完成，不同于 SAE 标准的由驾驶员完成；此外，3 级标准中增加了对驾驶员接管能力监测和风险减缓策略的要求。

表1: 我国《汽车驾驶自动化分级》于 2021 年 1 月 1 日起实施

分级	名称	车辆横向和纵向运动控制	目标和事件探测与响应	动态驾驶任务接管	设计运行条件
0 级	应急辅助	驾驶员	驾驶员及系统	驾驶员	有限制
1 级	部分驾驶辅助	驾驶员和系统	驾驶员及系统	驾驶员	有限制
2 级	组合驾驶辅助	系统	驾驶员及系统	驾驶员	有限制
3 级	有条件自动驾驶	系统	系统	动态驾驶任务接管用户 (接管后成为驾驶员)	有限制
4 级	高度自动驾驶	系统	系统	系统	有限制
5 级	完全自动驾驶	系统	系统	系统	无限制*

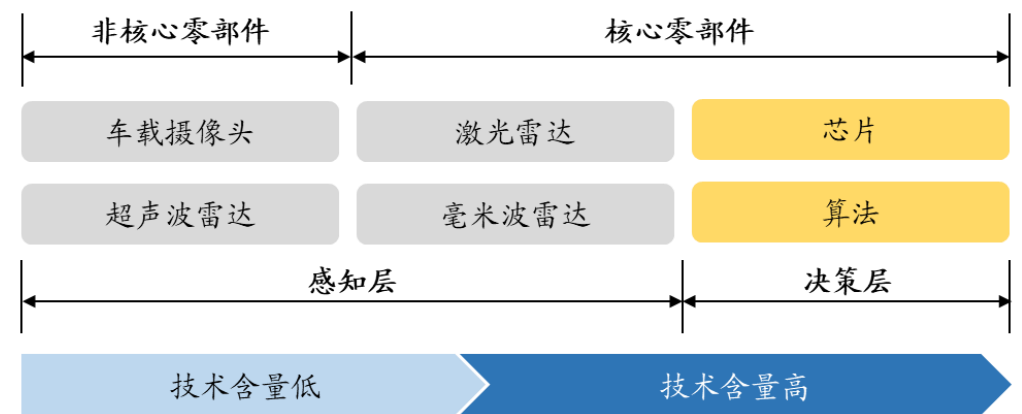
* 排除商业和法规因素等限制

资料来源：工业和信息化部、开源证券研究所

1.1.2、感知设备：智能基础

智能驾驶最主要的三个技术环节是环境感知、中央决策和底层控制。感知层对车内信息和环境信息进行收集和处理，主要包括视觉系统（车载摄像头）、雷达（超声波雷达、毫米波雷达、激光雷达）、高精度地图等；决策层将感知信息进行融合并判断，决策行驶路线，这部分建立在足够智能的算法和能够执行该算法的计算平台之上；而控制执行层面负责接受决策后完成驾驶操作，包括方向盘转角、刹车等操作。

图5: 智能驾驶依靠感知层与决策层相辅相成

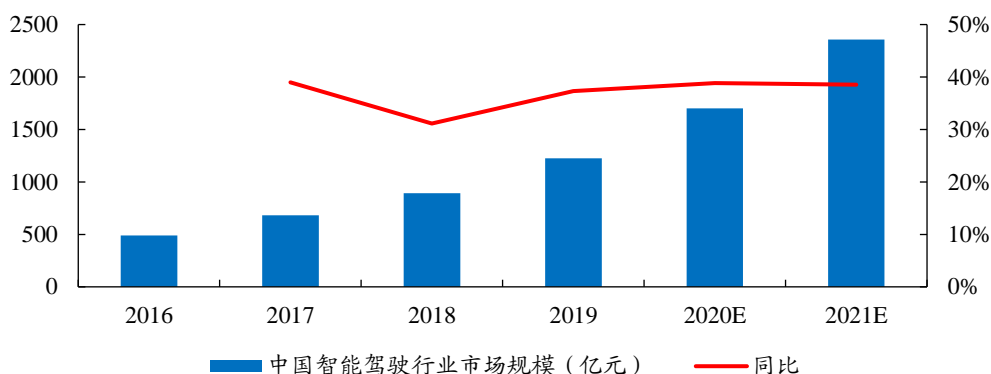


资料来源：德勤、开源证券研究所

感知融合和算法规划是智能驾驶的灵魂，决定了系统的智能化程度。感知融合分为前融合和后融合，前融合指将摄像头、雷达等非同构数据进行融合后传输给决策层，后融合是指将探测感知结果交给决策层后进行综合分析。决策层通过算法进行决策和路径规划。底层控制部分主要指执行器，涉及更多的还是传统的汽车技术。

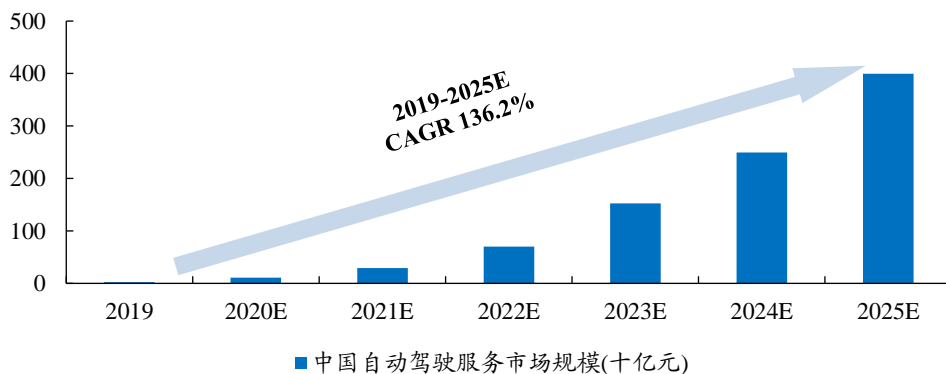
1.1.3、市场空间：高速增长

智能驾驶市场前景广阔。根据中商产业研究院数据，2019 年我国智能驾驶行业市场规模达到 1226 亿元，预计市场规模将继续保持每年 30% 以上的增速扩张。

图6：预计中国智能驾驶行业市场规模逐年扩张


数据来源：中商产业研究院、开源证券研究所

中国智能驾驶服务行业仍具有充足的发展潜力。根据百度集团全球发售文件中的数据，中国自动驾驶服务市场规模逐年增长，预计将从2019年的23亿元持续攀升至2025年的3994亿元，年复合增长率为136.2%。

图7：预计中国自动驾驶服务市场规模将持续增长


数据来源：百度集团全球发售文件、开源证券研究所

1.1.4、国家政策：鼓励发展

根据高工产业研究院，中国对智能驾驶的总体规划始于2014年10月，相比于先行一步的美、日、欧，我国智能驾驶产业正处于追赶期，我国政府积极出台多项政策，积极支持产业健康发展。2015年国务院印发《中国制造2025》，明确指出到2020年要掌握智能辅助驾驶总体技术及各项关键技术，初步建立智能网联汽车自主研发体系及生产配套体系；到2025年要掌握自动驾驶总体技术及各项关键技术，建立较完善的智能网联汽车自主研发体系、生产配套体系及产业群，基本完成汽车产业转型升级。2016年3月，中国汽车工业协会发布《“十三五”汽车工业发展规划意见》，提出“积极发展智能网联汽车”。2016年《中国智能网联汽车技术发展路线图》发布，以引导汽车制造商的研发以及支持未来政策制定。

2017年工业和信息化部、国家标准化管理委员会发布《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）（2017）》，提出到2025年系统形成能够支撑高级别自动驾驶的智能网联汽车标准体系，促进智能网联汽车“智能化+网联化”融合发展，以及技术和产品的全面推广普及。2018年，工信部在《新一代人工智能产业创新重点任务揭榜工作方案》指出，到2020年，突破自动驾驶智能芯片、车辆智能算法、

自动驾驶、车载通信等关键技术，实现智能网联汽车达到有条件自动驾驶等级水平。

图8: 国家政策积极支持智能驾驶产业发展

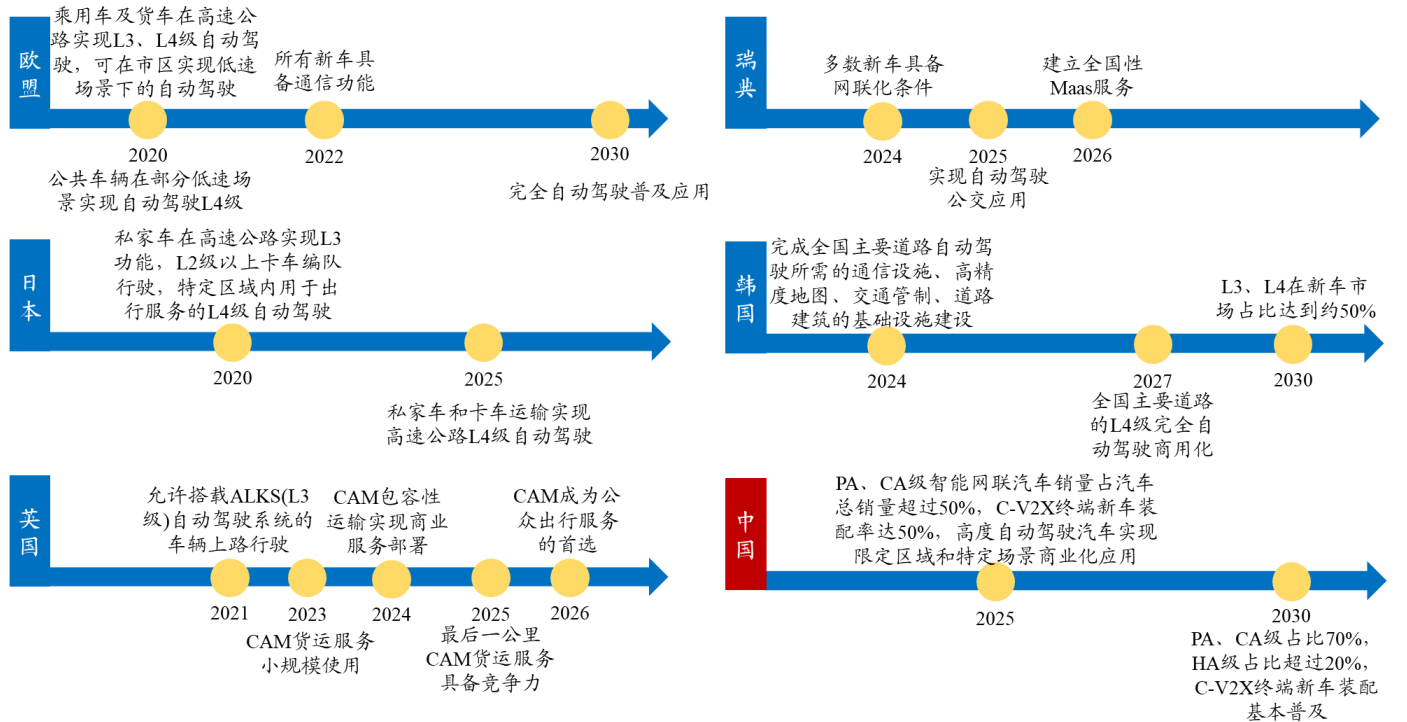


资料来源: 高工产业研究院、工业和信息化部、开源证券研究所

多个发达国家或地区如欧盟、日韩均已提出了智能网联汽车产业的发展目标。欧盟计划 2030 年实现完全自动驾驶的普及应用, 日本计划 2025 年私家车和卡车运输实现高速公路 L4 级自动驾驶, 韩国预计 2030 年 L3、L4 级别车辆在新车市场占比达到约 50%。

随着众多车企、互联网企业加快布局自动驾驶领域, L2 级智能汽车渗透率有望实现快速提升。全国政协经济委员会苗圩副主任在 2021 中国电动汽车百人会云论坛上表示, 2020 年我国 L2 级智能网联乘用车市场渗透率达到了 15%。2020 年《智能网联汽车技术路线图 2.0》对我国智能网联汽车产业发展提出了明确的目标, 预计 2025 年 PA、CA 级智能网联汽车销量占汽车总销量超过 50%, C-V2X 终端新车装配率达 50%, 高度自动驾驶汽车实现限定区域和特定场景商业化应用; 2030 年 PA、CA 级占比 70%, HA 级占比超过 20%, C-V2X 终端新车装配基本普及。

图9: 多个国家或地区已经提出了智能网联汽车产业发展目标



资料来源: 《智能网联汽车技术路线图 2.0》、开源证券研究所

1.2、自动驾驶：机遇与挑战并存

1.2.1、车路协同：构建未来蓝图

目前国际上智能驾驶主要有两种发展方向，分别为单车智能和车路协同。前者将技术核心放在提升车辆本身的智能化上，以实现车辆的自我感知、自主决策、自主控制。这样的路线专注于车辆本身，与其他技术的跨界融合相对较少，但较难以实现超视距的感知。后者车路协同目前多被国内所认可，即把车辆当作系统的一部分，和道路智能化、远程云端、通讯网络结合起来，构成复杂的网络体系，但该路线的技术复杂性仍不可忽视。

根据德勤报告，L4-L5 级别自动驾驶的最理想模式是实现“车端-路端-云端”的高度协同，但是车端智能和路端智能的发展不完全是同步的关系，自动驾驶路线的选择面临感知能力、决策能力等不同能力在车侧和路侧分配的问题。

表2：自动驾驶路线的选择面临技术和成本在车侧和路侧的分配问题

	车侧	路侧
感知与决策	车载传感器 车载计算平台	路侧感知设备 边缘计算
单车成本	单车成本高	单车成本低
边际成本	边际成本高	边际成本低

资料来源：德勤、开源证券研究所

我们以激光雷达为例进行说明，作为新一代的传感器，其在探测障碍物的精度和距离方面有着显著的优势，但是存在着价格昂贵的缺点，对应用推广或有一定的阻碍。随着新基建的定调，车路协同、智慧交通领域逐渐进入发展快车道，将激光雷达引入车路协同系统，在路侧安装激光雷达的构想也层出不穷。根据《浅析路侧激光雷达部署》，在城市道路部署激光雷达，可以实时精准识别行人、非机动车、机动车的行为状态，对物体和环境进行实时 4D 重建，经过特征提取后将有异常移动轨迹的物体纳入 V2X 系统中，为行人及车辆提供实施通行及交通安全信息。

路侧和运营车辆上激光雷达的布设，可以迅速提高 V2X 网络的信息获取能力，增强 V2X 后台数据综合分析测算能力，为基于 V2X 的自动驾驶应用打下良好的基础。

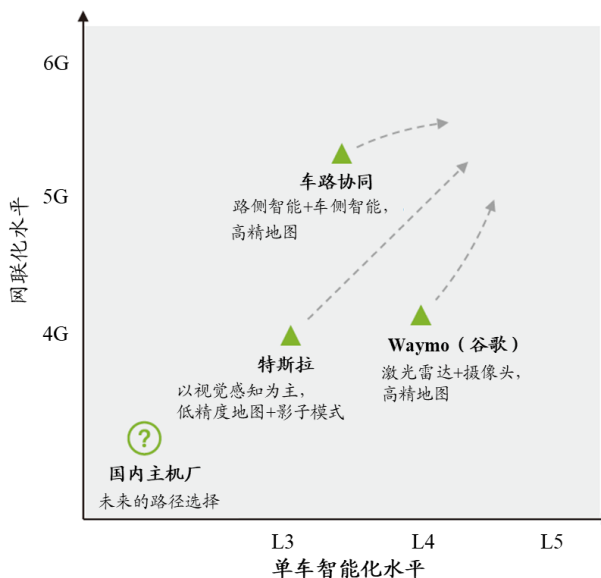
图10：路侧激光雷达可应用在车路协同感知单元



资料来源：镭神智能官网

根据德勤报告，从技术和成本在车侧和路侧的分配角度出发，未来自动驾驶的发展演化出三条技术路线。分别是以激光雷达和高精地图为代表的“谷歌派”单车智能路线，以视觉感知和影子模式为代表的“特斯拉派”单车智能路线，以及在网联化方面率先发力与突破的车路协同路线。

图11: 不同厂商选择不同的自动驾驶技术路线



资料来源：德勤

2020 年我国政策定调大力发展新基建，将推动信息基础设施、融合基础设施、创新基础设施的高速发展。随着 5G 网络、大数据、人工智能等技术的逐渐成熟以及智能交通基础设施、智慧能源基础设施的建设力度加大，在此背景下，车路协同的智能驾驶路线或许更符合我国的发展需要。

表3: 不同国家在自动驾驶领域有各自的战略优势

不同国家的战略优势	
美国	人工智能全球领先，基础科研实力强
	发达的集成电路技术
	国内市场广阔
中国	5G 技术世界领先，基站覆盖广
	“新基建”带来战略机遇期
	国内市场广阔
日本、德国	发达的汽车工业以及成熟的整车制造能力
	高精尖制造业世界领先

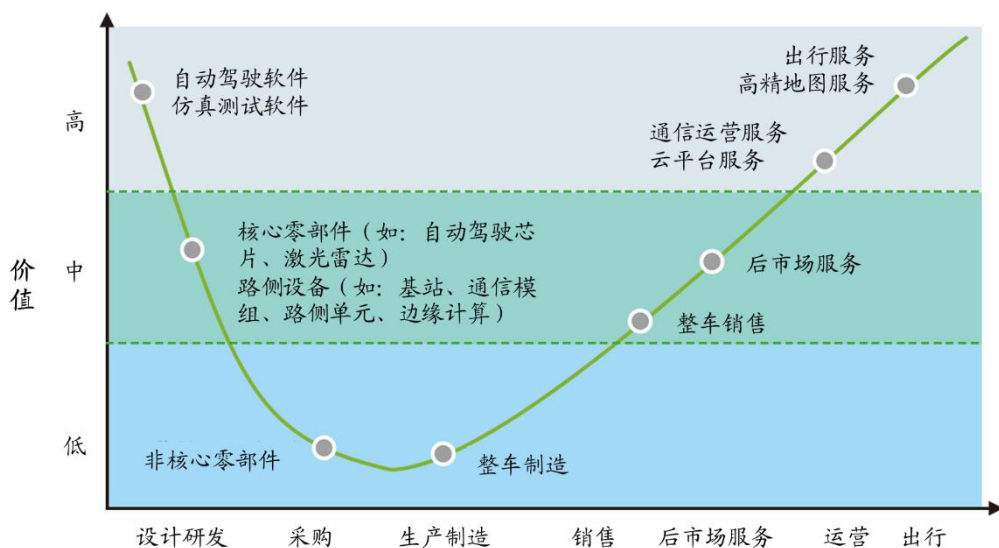
资料来源：德勤、开源证券研究所

《智能汽车创新发展战略》提出到 2025 年，智能交通系统和智慧城市相关设施建设取得积极进展，车用无线网络（LTE-VX2 等）实现区域覆盖，新一代车用无线网络（5G-V2X）在部分城市、高速公路逐步开展应用，高精度时空基准服务网络实现全覆盖，这为我国发展车路协同模式提供了重要的支撑。

根据德勤报告，中国在自动驾驶领域主要采用车路协同的技术路线，路侧智能的发展有望大幅提速，未来的汽车产业价值链或将重新分配。在未来中国的汽车

产业链价值分配格局中，将存在更多的行业参与者，基础设施设备提供商、通信运营商和解决方案提供商也将是不可小觑的力量。

图12: 车路协同将重构中国汽车产业链未来价值分配

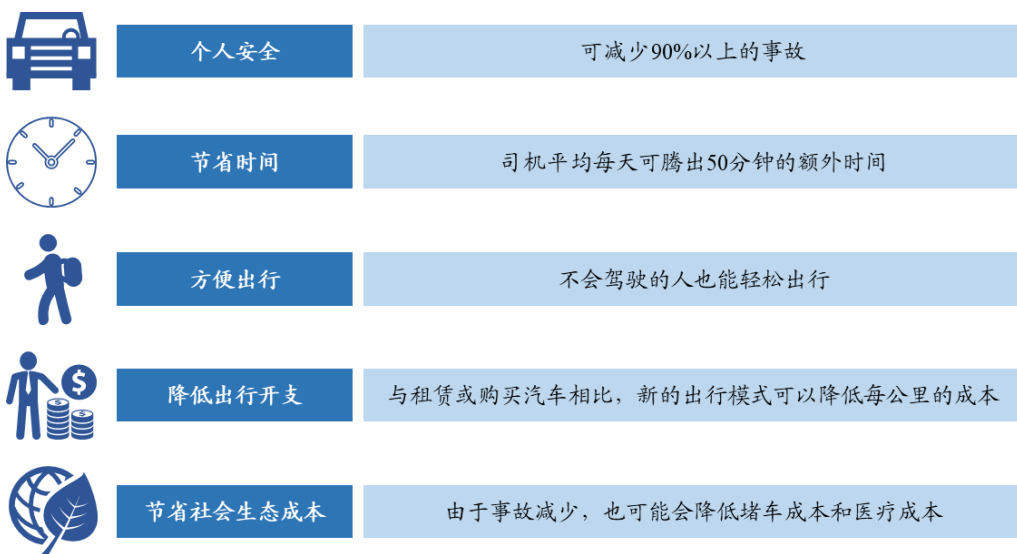


资料来源: 德勤

1.2.2、自动驾驶: 重构出行前景

自动驾驶的实现将带来充足的经济和客户价值。自动驾驶可以通过制作预见性碰撞事故地图、监控驾驶员的操作安全性等方式提高驾驶安全性，降低事故发生率。高级别的智能驾驶可以让司机得以释放，为司机节约大量的时间，也为不会驾驶的人提供了轻松出行的可能。从经济性角度来说，与租赁或购买汽车相比，新的出行模式可以降低每公里的成本，提升交通运输的经济性。

图13: 自动驾驶将带来众多经济和客户价值



资料来源: 麦肯锡、开源证券研究所

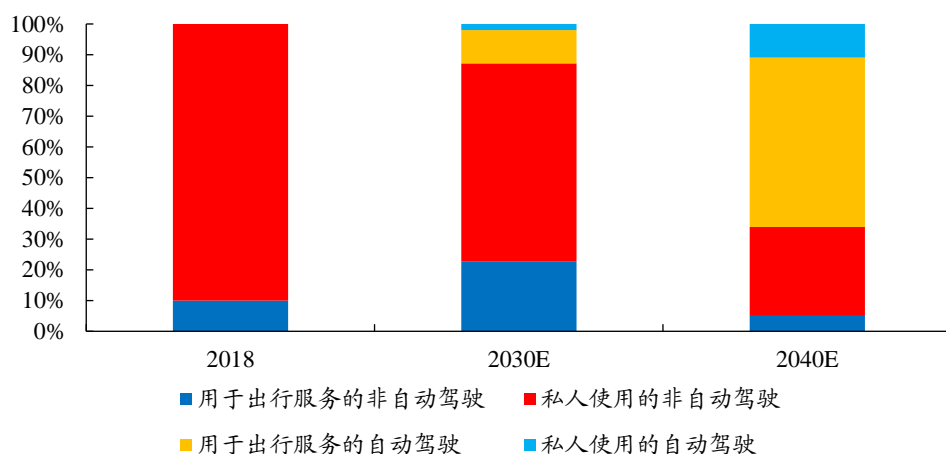
根据《关于智能驾驶的几点判断和认识》，智能驾驶与电动车在技术层面存在着天然的关联性，两者互相促进、互相支持。电动车的根本在电池和电池控制，电控

是算法驱动的行业,车内的电信号可以直接被系统收集,智能驾驶基于“人工智能”,可以帮助解决电动车的充电、节能等核心问题。智能电动车的智能交互系统实际上是将车身机械语言和车联网电子信息语言统一起来,实现车与人、车与云的互联。

此外,相比于传统的汽油车,新型电动汽车零部件的数量较少,从机械工程的角度的来看,这可以降低电动汽车的制造难度。随着电动车技术的成熟以及软件技术的发展,未来软件服务或将成为无人驾驶中竞争的核心要素;机械零件少的另外一个优点是更容易实现定制化生产,可以快速生产满足不同需求的车辆。

无人驾驶与电动汽车、出行服务等技术有机结合,将带来全新的时代变革,对我国交通结构、出行服务等方面产生相当程度的改变,用于出行服务的自动驾驶占比将大幅提高。麦肯锡预计,2030年乘用车市场自动驾驶将占总旅客公里数(PKMT)的13%,其中出行服务提供商部署的自动驾驶车辆将占PKMT的11%,预计2040年这两个数字将大幅增长,分别达到66%、55%。

图14: 预计用于出行服务的自动驾驶 PKMT 占比将大幅提高



数据来源: 麦肯锡、开源证券研究所

2、激光雷达：助力智慧出行，探索无人驾驶

2.1、激光雷达：机器之眼

激光雷达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。

广义机器人包括具有无人驾驶功能的汽车等，激光雷达通过激光器和探测器组成的收发阵列，结合光束扫描，对广义机器人所处环境进行实时感知，获取周围物体的精确距离及轮廓信息，以实现避障功能；同时，结合预先采集的高精地图，广义机器人在环境中通过激光雷达的定位精度可达厘米量级，以实现自主导航。

在无人驾驶领域，激光雷达是 L4/L5 级别无人驾驶技术的核心传感器，国内外众多无人驾驶科技公司均采用激光雷达输出的点云数据作为主要决策依据。在 ADAS 领域，其所应用的激光雷达对车规化的批量生产能力、可靠性有较高的要求，对成本也较为敏感。

图15: Velodyne 激光雷达可输出点云图



资料来源：Velodyne 官网

图16: 激光雷达可应用于无人驾驶领域



资料来源：禾赛科技招股说明书

2.1.1、激光雷达近年来高速发展

激光雷达经历多个发展阶段，2016年后行业进入高速发展。2016-2018年国内激光雷达厂商纷纷入局，激光雷达主要应用于无人驾驶、高级辅助驾驶、机器人等领域。2019年至今激光雷达市场更是发展迅速，Velodyne、Luminar、Aeva、Innoviz等海外激光雷达公司陆续完成上市，2021年蔚来、小鹏、北汽极狐等发布搭载激光雷达方案的智能汽车，激光雷达行业迎来新发展机遇。

表4: 激光雷达行业 2016年后快速发展

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与Hokuyo等激光雷达厂商推出单线扫描式2D激光雷达产品
2000年代	高线数激光雷达开始用于无	无人驾驶测试项目	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，

时期	激光雷达行业特点	主要应用领域	标志性事件
~2010 年代早期	人驾驶的避障和导航,其市场主要是国外厂商	等	此后 Velodyne 深耕高线数激光雷达市场多年。IbeoLUX 系列产品包含基于转镜方案的 4 线、8 线激光雷达。2010 年 Ibeo 与法国 Tier1 公司 Valeo 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,下游开始有商业化项目落地	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	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,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于多线机械旋转式产品。Velodyne、Luminar、Aeva、Innoviz 等海外激光雷达公司陆续完成上市。多家车企发布搭载激光雷达方案的智能汽车

资料来源:禾赛科技招股说明书、开源证券研究所

2.1.2、激光雷达产业链完善

从产业链的角度来看激光雷达,其上游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,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。

产业链上游:

(1) **激光器与探测器**: 其性能、成本、可靠性与激光雷达产品的性能、成本、可靠性密切相关。我国激光器与探测器供应商在产品性能上接近国外供应商水平,同时在产品的定制化上有一定的灵活性,价格也有一定优势。

(2) **FPGA 芯片**: 通常作为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接口性能也能够满足激光雷达的需求。

(3) **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。

(4) **光学部件**: 主要由激光雷达公司自主研发设计,后选择行业内的加工公司完成生产和加工工序。目前国内光学部件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。

产业链下游应用领域较为广泛:

(1) **无人驾驶行业**: 从车队规模、技术水平以及落地速度来看,海外相比国内仍具有一定的领先优势。

(2) **高级辅助驾驶行业**: 通常需要激光雷达公司与车厂或 Tier 1 公司达成长期合作,一般项目的周期较长。

(3) **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。

(4) 车联网行业：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。

图17：激光雷达产业链较为完善

上游		中游		下游	
<p>激光器</p> <p>海外：OSRAM、AMS、Lumentum 国内：瑞波光电子、纵慧芯光半导体</p>	<p>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</p>	<p>激光雷达</p>		<p>无人驾驶公司</p>	
<p>探测器</p> <p>海外：First Sensor、Hamamatsu、ON Semiconductor、Sony 国内：量芯集成、灵明光子、芯视界</p>		<p>Velodyne</p> <p>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</p>	<p>海外：GM Cruise、Ford Argo、Aurora、Zoox（2020年被Amazon收购）、Navya 国内：小马智行、文远知行、Momenta、元戎启行等</p>		
<p>FPGA芯片</p> <p>海外：Xilinx、Intel 国内：紫光国芯、智多晶</p>		<p>Luminar</p> <p>产品使用1550 nm激光器、InGaAs探测器、及扫描转镜；已布局算法感知软件方案</p>	<p>高级辅助驾驶行业</p>		
<p>模拟芯片</p> <p>国内供应商较国外起步晚，存在普遍差距，车规类产品差距更大</p>		<p>Aeva</p> <p>布局芯片化FMCW连续波调频激光雷达</p>	<p>主要包括世界各地的整车厂、Tier 1公司及新势力造车企业</p>		
<p>光学部件</p> <p>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</p>		<p>Innoviz</p> <p>发布产品为半固态方案，用二维微振镜作为扫描器件；已布局感知算法解决方案</p>	<p>服务机器人行业</p>		
<p>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</p>		<p>Ouster</p> <p>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</p>	<p>(1) 机器人公司 国外：Nuro、Deka Research、Canvas Build、Unmanned Solution 国内：高仙、智行者、优必选、新石器、白犀牛 (2) 消费服务业巨头</p>		
	<p>Ibeo</p> <p>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</p>	<p>车联网行业</p>			
	<p>禾赛科技</p> <p>在售产品包括不同架构的机械旋转方案的多线激光雷达，布局激光雷达的芯片化架构</p>	<p>车联网方案提供商，如百度、大唐、金溢科技、星云互联、高新兴等</p>			
	<p>华为</p> <p>96线中长距激光雷达，扫描方式MEMS</p>				
	<p>大疆 Livox</p> <p>转镜式激光雷达</p>				

资料来源：禾赛科技招股说明书、各公司官网、开源证券研究所

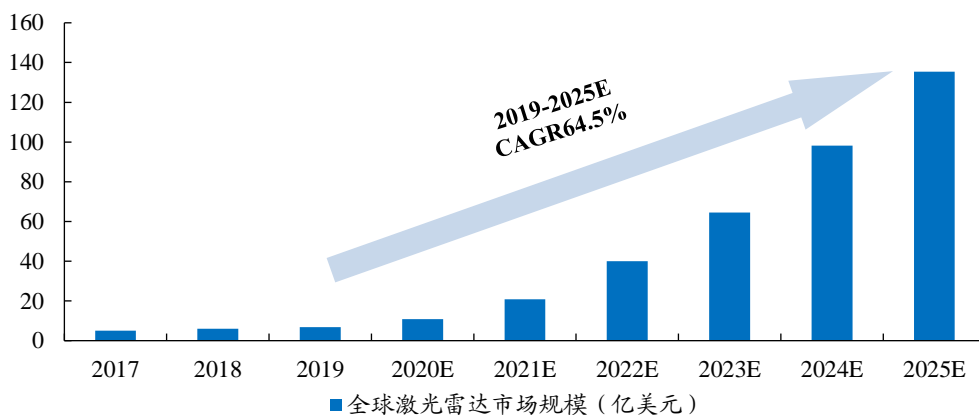
2.1.3、激光雷达市场空间广阔

(1) 全球激光雷达市场高速发展

激光雷达是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、服务型机器人及智能交通

建设等领域需求的推动，预计激光雷达市场将呈现高速发展态势，2025 年全球市场规模 135.4 亿美元，预计 2019~2025 年复合增速 64.5%。

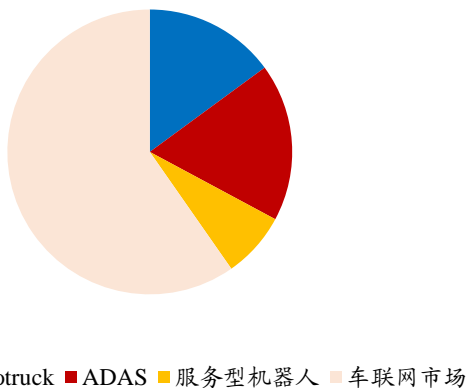
图18: 沙利文预计全球激光雷达市场 2019-2025 年复合增速 64.5%



数据来源: 沙利文研究、开源证券研究所

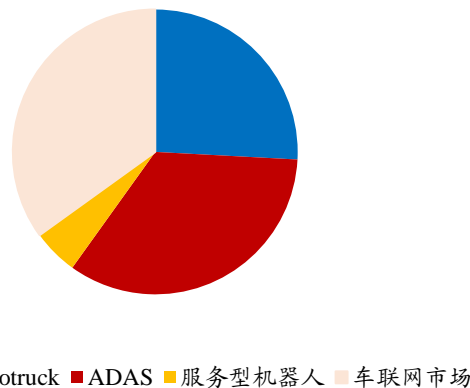
从全球激光雷达市场构成上来看，2019 年车联网是激光雷达的主要应用市场，占比约 60%。沙利文预计到 2025 年，Robotaxi/Robotruck、ADAS、车联网近乎三分激光雷达市场，占比分别为 26%、34%、35%。主要原因在于 Robotaxi/Robotruck 市场不断扩张，激光驾驶不断应用于 ADAS 领域以及智能交通需求攀升。

图19: 2019 年车联网是激光雷达主要市场



数据来源: 沙利文研究、开源证券研究所

图20: 预计 2025 年 Robotaxi/Robotruck、ADAS、车联网近乎三分激光雷达市场

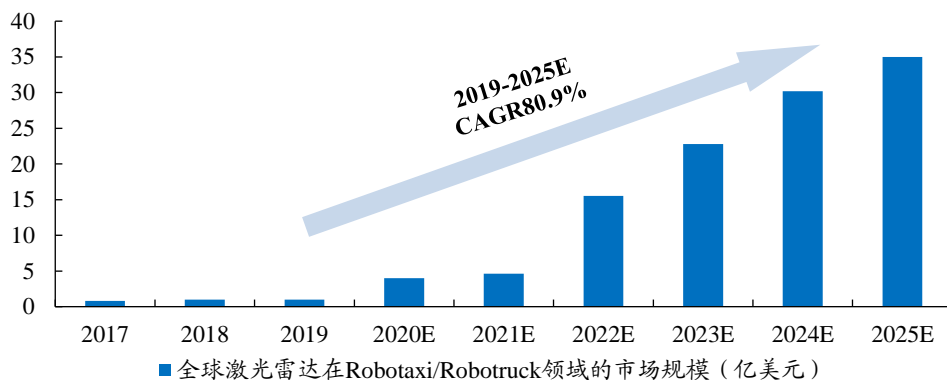


数据来源: 沙利文研究、开源证券研究所

从无人驾驶市场来看:

根据 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，全球激光雷达市场也将高速增长，据沙利文测算，2025 年该领域激光雷达市场规模预计达到 35 亿美元，2019-2025 年的年均复合增长率达 80.9%。

图21: 沙利文预计全球激光雷达 Robotaxi/Robotruck 细分市场 2019-2025 年复合增速 80.9%

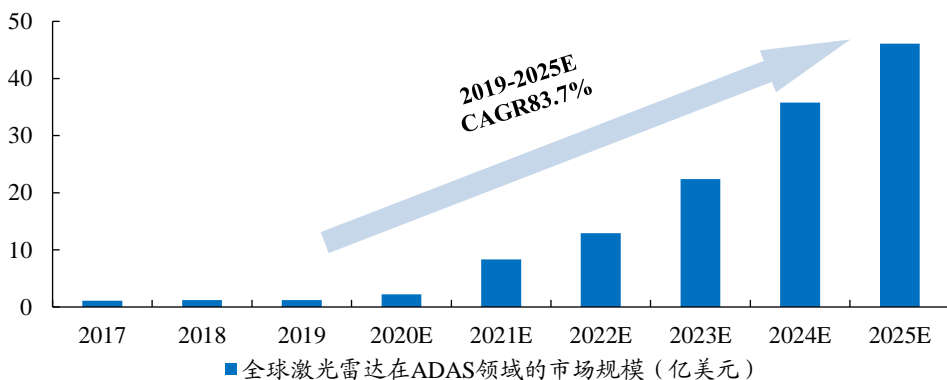


数据来源: 沙利文研究、开源证券研究所

从高级辅助驾驶市场来看:

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, 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%, 每年近 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, 据沙利文预计, 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%。

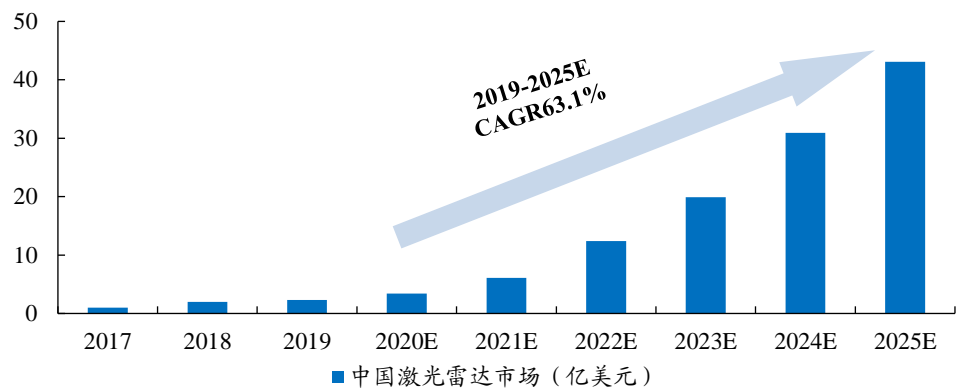
图22: 沙利文预计全球激光雷达 ADAS 细分市场 2019-2025 年复合增速 83.7%



数据来源: 沙利文研究、开源证券研究所

(2) 我国激光雷达市场高速发展

下游发展带动激光雷达市场不断扩张。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, 2019-2025 年复合增速 63.1%, 其中车载领域是主要组成部分。

图23: 沙利文预计中国激光雷达 2019-2025 年复合增速 63.1%


数据来源: 沙利文研究、开源证券研究所

表5: 我们预计 2025 年我国 ADAS、无人驾驶领域激光雷达市场规模达 216 亿元

	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
乘用车数量 (万辆)	2017.8	2078.9	2141.9	2206.7	2273.6	2342.4	2413.4	2486.5	2561.8	2639.4	2719.4
激光雷达价格 (元)	5200	3830	3190	2600	2068	1547	1042	650	605	563	522
L2/L3 渗透率	15%	22%	29%	36%	43%	50%	54%	58%	62%	66%	70%
L2/L3 销量 (万辆)	302.7	457.4	621.1	794.4	977.6	1171.2	1303.2	1442.2	1588.3	1742.0	1903.6
L2/L3 配置激光雷达比例		1%	6%	16%	28%	43%	65%	82%	90%	96%	100%
L2/L3 单车用激光雷达数量 (个)		2.40	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.70	2.70	2.70
L4 渗透率		0.01%	0.02%	0.03%	0.05%	1.00%	4.50%	15.50%	17.50%	18.90%	20.00%
L4 销量 (万辆)		0.1	0.4	0.7	1.1	23.4	108.6	385.4	448.3	498.8	543.9
L4 配置激光雷达比例		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
L4 单车用激光雷达数量 (个)		3	3.2	3.4	3.6	3.8	4.2	4.5	4.5	5	6
L2/L3 激光雷达规模 (亿元)		3.4	29.1	82.6	144.3	202.6	233.8	208.3	233.7	254.1	268.1
L4 激光雷达规模 (亿元)		0.1	0.4	0.6	0.8	13.8	46.9	112.7	122.1	140.4	170.2
市场空间 (亿元)		3.5	29.6	83.2	145.2	216.3	280.7	321.0	355.8	394.5	438.3

数据来源: Livox、沙利文研究、禾赛科技招股说明书、《智能网联汽车技术路线图 2.0》、开源证券研究所; 红色框为假定已知数据

乘用车销量: 为了剔除 2020 年疫情因素影响, 我们根据 2013-2019 年乘用车销量复合增速的预测 2021-2030 年中国乘用车销量。L2/L3 以及 L4 级汽车销量数据采用渗透率与乘用车的乘积计算。

单颗激光雷达价格: 根据 Livox 预测, 2020 年混合固态激光雷达价格 800 美元, 2023 年混合固态激光雷达价格 400 美元, L4 导入阶段, 固态激光雷达价格降至 100 美元。根据《智能网联汽车技术路线图 2.0》与 Livox 数据, 我们预测 2027 年固态激光雷达价格 100 美元, 且上述降本过程非线性。(即图 26 激光雷达存在降本曲线)

渗透率: 2020 年我国 L2 级智能网联乘用车市场渗透率达到了 15%, 此外根据 2020 年《智能网联汽车技术路线图 2.0》对我国智能网联汽车产业发展提出的明确目标, 预计 2025 年 PA、CA 级智能网联汽车销量占汽车总销量超过 50%, C-V2X 终端新车装配率达 50%; 2030 年 PA、CA 级占比 70%, HA 级占比超过 20%。因此我们以上述时间的渗透率为节点, 假设智能驾驶的普及速度较为平滑。(即图 9 多个国家或地区已经提出了智能网联汽车产业发展目标)

配置激光雷达数量：根据我们统计的现有厂商使用的激光雷达比例及数量，我们预计至 2030 年全部 L2/L3 级汽车使用激光雷达，L4 级汽车 100%使用激光雷达。

市场规模：我们预计 2025 年我国 ADAS、无人驾驶领域激光雷达市场规模 216 亿元。

2.2、技术路线：半固态成为现实之选

2.2.1、激光雷达方案具备优越性

当前，对于车辆自动驾驶技术感知层的解决方案主要可以分为“纯视觉方案”与“激光雷达方案”。“纯视觉方案”方案指的是由摄像头主导、配合毫米波雷达等低成本元件组成的解决方案，“激光雷达方案”由激光雷达主导，配合摄像头、毫米波雷达等元件组成的解决方案。

我们对比不同的解决方案：

(1) 车载超声波雷达成本低，但有效探测距离通常小于 5m，无法对中远距离物体进行测量。

(2) 毫米波雷达具有同时测距和测速的功能，有效探测距离可达 200m，然而单颗车载毫米波雷达的角度分辨能力通常较弱，如 Continental（大陆）77GHz 高配版毫米波雷达 ARS408-21 在长距模式最优水平角分辨率为 1.6°，无法辨识物体的细节，且毫米波雷达对金属的探测灵敏度远高于非金属材料，导致其在人、车混杂的场景下对行人的探测效果不佳。

(3) 摄像头具有优异的角度分辨率，然而其受光照影响大，黑夜和强光下的探测效果不佳，此外摄像头对物体及其距离的识别依赖深度学习算法，无法做到完全准确。

(4) 激光雷达兼具测距远、角度分辨率优、受环境光照影响小的特点，且无需深度学习算法，可直接获得物体的距离和方位信息。这些相较于其他传感器的优势，可显著提升自动驾驶系统的可靠性，因而被大多数整车厂、Tier1 认为是 L3 级及以上自动驾驶（功能开启时责任方为汽车系统）必备的传感器。

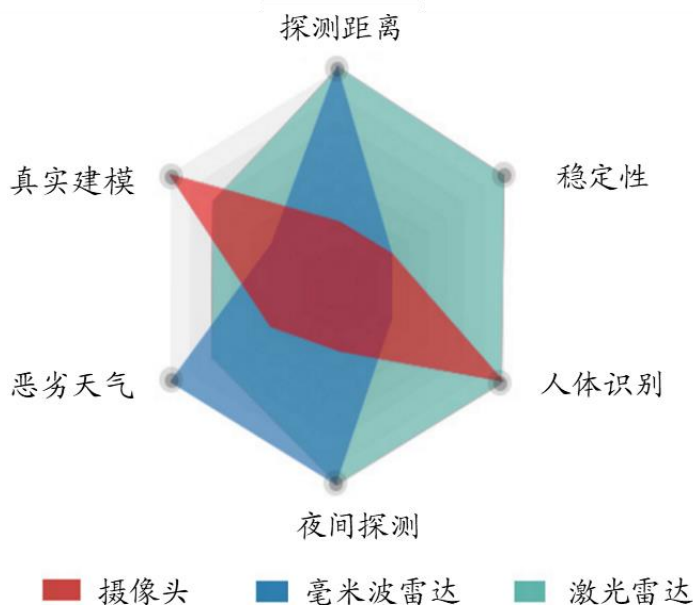
表6：车载传感器各有优劣

车载传感器	优点	缺点
超声波雷达	成本低	无法对中远距离物体进行测量
毫米波雷达	具有同时测距和测速的功能，有效探测距离可达 200m	单颗车载毫米波雷达的角度分辨能力通常较弱，且毫米波雷达对金属的探测灵敏度远高于非金属材料，导致其在人、车混杂的场景下对行人的探测效果不佳
摄像头	具有优异的角度分辨率	其受光照影响大，黑夜和强光下的探测效果不佳，此外摄像头对物体及其距离的识别依赖深度学习算法，无法做到完全准确
激光雷达	兼具测距远、角度分辨率优、受环境光照影响小的特点，且无需深度学习算法，可直接获得物体的距离和方位信息	价格较高

资料来源：Ofweek、禾赛科技招股说明书、开源证券研究所

以特斯拉为例，特斯拉的 Autopilot 系统中内置了一个深度神经网络，通过海量车主的驾驶数据，进行神经网络训练，从而不断覆盖更多工况与场景，达到视觉算法无限接近于人类判断的目的，其核心是依靠纯视觉方案+软件算法。随着技术发展，视觉计算的底层算法将会趋于强大，误识情况有望减少。

图24: 主流传感器各具特点



资料来源: 北科天绘

另一方面蔚来 ET7、小鹏 P5、北汽旗下的极狐 HBT，均宣布搭载激光雷达，此前该种方案主要受限于成本，但随目前车企陆续宣布使用激光雷达量产，成本受限问题或可解决。目前来看，无论是毫米波雷达还是计算机视觉方案，短期内很难替代激光雷达，所以除以特斯拉为代表的少数企业之外，多数自动驾驶研发和测试厂商，都使用激光雷达作为主要传感器，激光雷达与毫米波雷达和摄像头共同建立系统，实现路况判断和车辆定位。

2.2.2、半固态激光雷达是现实之选

激光雷达可按测距方法和技术框架进行分类。按照测距方法，激光雷达可以分为飞行时间 (ToF) 测距法、基于相干探测的 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 (100~250 m)，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。

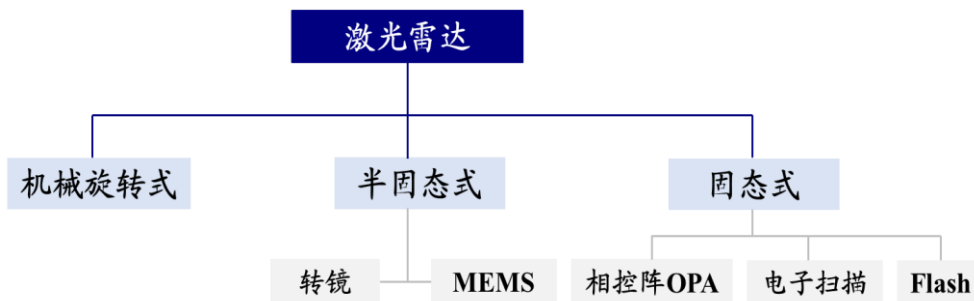
表7: 激光雷达可以按测距方法划分

测距方法	主要特点
ToF法 (飞行时间测距)	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 (调制连续波技术)	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: 禾赛科技招股说明书、开源证券研究所

按照技术框架，激光雷达可以分为整体旋转的机械式、收发模块静止的半固态式以及固态式激光雷达。其中，半固态式激光雷达可分为转镜式和 MEMS 式，固态式激光雷达可分为相控阵 OPA、电子扫描和 Flash 等。

图25: 激光雷达可分为机械、半固态、固态式激光雷达



资料来源：禾赛科技招股说明书、开源证券研究所

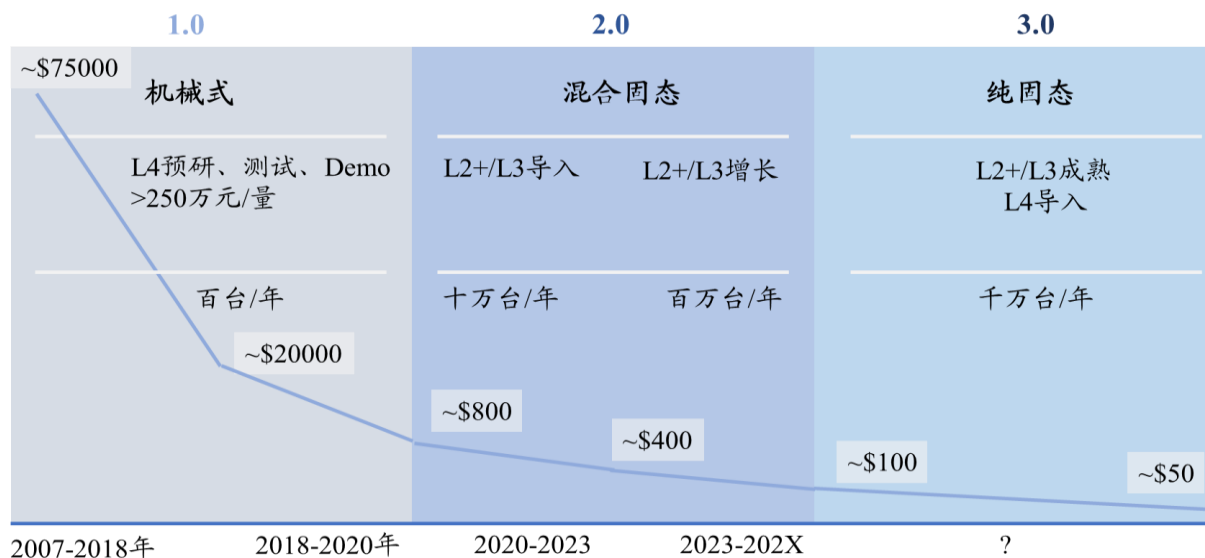
在机械式激光雷达方面，主要代表厂商有 Velodyne、禾赛科技、Ouster、速腾聚创等，根据禾赛科技招股书，Velodyne 在这个领域具有先发优势，在 2006 年到 2017 年一度是机械旋转激光雷达市场的最主要提供方。

在半固态式产品方面有 Luminar、Innoviz、Aeva、Innovusion、华为、法雷奥、大疆等企业布局，在固态产品方面代表厂商有 Ibeo、Ouster、Quanergy。半固态激光雷达是当前主流。

表8: 激光雷达可以按技术框架划分

技术架构	主要特点	代表企业	产品类型
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。	Velodyne	-
		禾赛科技	-
		Ouster	-
		速腾聚创	-
半固态式激光雷达	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，半固态式激光雷达包括微振镜方案、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。	Luminar	MEMS
		Innoviz	MEMS
		Aeva	MEMS
		华为	MEMS
		大疆 Livox	转镜
		速腾聚创	MEMS
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。	Ibeo	转镜
		Ibeo	Flash
		Ouster	Flash
		Quanergy	OPA

资料来源：禾赛科技招股说明书、各公司官网、汽车之家、ICVTank、开源证券研究所（时间统计至 2021 年 4 月）

图26: 激光雷达存在降本曲线


资料来源: 览沃科技

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。

表9: 激光雷达厂商使用的技术路线存在差异

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
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。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	IPO 终止	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
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	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 年一度是多线数旋转激光雷达市场的最主要提供方。产品广泛应用于服务机器人、无人驾驶等领域
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	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
Aeva 美国	布局芯片化 FMCW 连续波调频激光雷达	2021 年第一季度完成 NYSE 上市	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
Innoviz 以色列	发布产品为半固态方案, 选用二维微振镜作为扫描器件; 已布局	2021 年第一季度完成 NASDAQ 上市	市场上无公开批量售卖产品	与宝马达成供应协议, 为 2021 年推出的 L3 量产车提供激光雷达

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
	感知算法解决方案			
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	2021 年完成 NYSE 上市	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
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
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 轮融资	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产品在国内机器人市场的主要供应商之一，同时具有半固态激光雷达产品
Livox 览沃科技中国	Tele-15 采用转镜式方案，此外还有补盲型激光雷达览道 Mid-70、远距离激光雷达傲览 Avia、近距离探测激光雷达 Horizon 等	2019 年 3 月成立，大疆孵化	已形成销售	小鹏 2021 年 4 月推出全新量产车型 P5 将使用 Livox 生产的小鹏定制版车规级激光雷达
华为中国	96 线中长距激光雷达	2021 年华为预计在汽车行业投入 10 亿美元	2020 年底首发	与北汽极狐合作，2021 年 4 月发布的阿尔法 S HI 将搭载 3 颗华为激光雷达

资料来源：禾赛科技招股说明书、相关公司官网、开源证券研究所

从评判尺度上来看，激光雷达可以从显性参数、实测性能表现及隐性指标等方面进行评估和比较。

表10：激光雷达可使用显性参数评价

参数	描述	说明
测远能力	一般指激光雷达对于 10% 低反射率目标物（标准朗伯体反射能量的比例）的最远探测距离。	激光雷达测远能力越强，距离覆盖范围越广，目标物探测能力越强，留给系统进行感知和决策的时间越长。目标物反射率影响探测距离，相同距离下，反射率低越难进行探测。
点频	激光雷达每秒完成探测获得的探测点的数目。	点频越高说明相同时间内的探测点数越多，对目标物探测和识别越有利。
角分辨率	激光雷达相邻两个探测点之间的角度间隔，分为水平角度分辨率与垂直角度分辨率。	相邻探测点之间角度间隔越小，对目标物的细节分辨能力越强，越有利于进行目标识别。
视场角范围	激光雷达探测覆盖的角度范围，分为水平视场角范围与垂直视场角范围。	视场角越大说明激光雷达对空间的角度覆盖范围越广。
测距精度	激光雷达对同一距离下的物体多次测量所得数据之间的一致程度。	精度越高表示测量的随机误差越小，对物体形状和位置的描述越准确，对目标物探测越有利。
测距准度	测距值和真实值之间的一致程度。	准度越高表示测量的系统误差越小，对物体形状和位置的描述越准确，对目标物探测越有利。
功耗	激光雷达系统工作状态下所消耗的电功率。	在探测性能类似的情况下，功耗越低说明系统的能量利用率越高，同时散热负担也更小。
集成度	直观体现为产品的体积和重量。	在探测性能类似的情况下，集成度越高搭载于车辆或服务机器人时灵活性更高。

资料来源：禾赛科技招股说明书、开源证券研究所

请务必参阅正文后面的信息披露和法律声明

2.3、2021 年迎来集中量产上车

在 2020 年底、2021 年初，多家车企推出搭载激光雷达的新车型，并公布量产计划，激光雷达行业迎来发展机遇。BMW 在 2021 年推出具有 L3 级自动驾驶功能的 BMW Visioni NEXT；Mercedes-Benz 首款 L3 级自动驾驶系统于 2021 年在新款 S 级车型上推出；Volvo 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；本田计划于 2021 年在其 Legend 车型上提供 L3 级自动驾驶系统。

表11：多款车企搭载“激光雷达方案”

乘用车企	(预计)上市时间	激光雷达方案
蔚来 ET7	预计 2022 年初上市	Innovusion 与均联智行合作开发的激光雷达，单颗该型号激光雷达具有 120° 水平 FOV，等效 300 线分辨率
小鹏 P5	预计 2021 年 Q4 上市	2 个 Livox 开发的激光雷达，单颗该型号激光雷达具有 120° 水平 FOV，150 米远的探测距离(10%反射率条件下)
极狐阿尔法 S	预计 2021 年 Q4 上市	3 个华为开发的 96 线中距激光雷达，单颗该型号激光雷达具有 120° 水平 FOV，150 米远的探测距离
本田 LEGEND	2021 年 3 月上市	5 个激光雷达
第五代奥迪 A8	未上市	原计划搭载装备了法雷奥 4 线 SCALA 激光雷达的 L3 自动驾驶系统，后放弃
奔驰 S 级	2021 年上市	1 个法雷奥 16 线激光雷达 SCALA2
丰田雷克萨斯 LS	2021 年上市	电装开发的 3D 激光雷达
沃尔沃	预计 2022 年量产	Luminar 开发的激光雷达
长城	预计 2021 年上市	Ibeo 的激光雷达 (纯固态型号 NEXT)

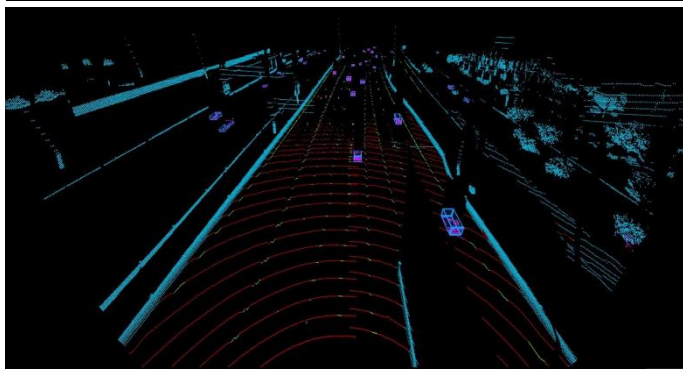
资料来源：Ofweek、盖世汽车、汽车之家、各公司官网、开源证券研究所

图27：Luminar 激光雷达无缝集成于沃尔沃汽车的车顶



资料来源：沃尔沃官网

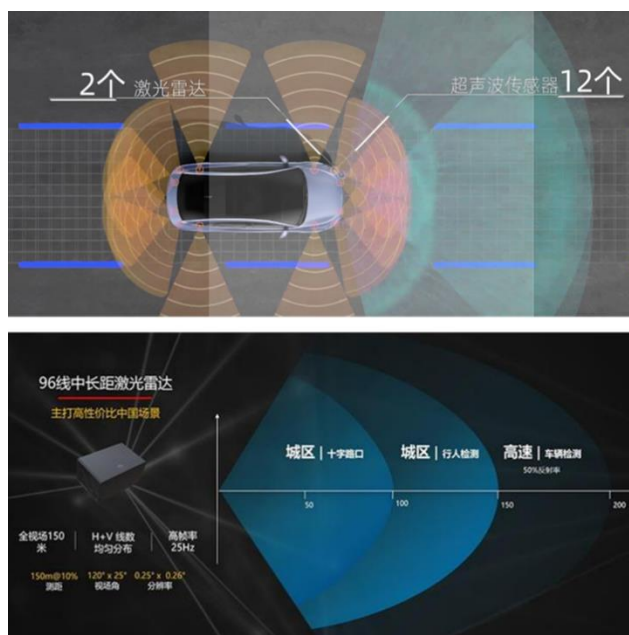
图28：Luminar 激光雷达高速公路感知



资料来源：沃尔沃官网

2021 年 4 月 15 日，小鹏汽车召开新车亮相发布会，小鹏 P5 正式亮相，以“全球首款量产激光雷达智能汽车”为宣传标语，小鹏 P5 采用 XPILOT 3.5 自动驾驶辅助系统，配备了双激光雷达，覆盖前方横向 150° 视野，最远探测距离达 150m，测距精度达到厘米级，角度分辨率达 0.16°，空间分辨率更高。该款车型采用 32 个感知传感器，融合视觉、雷达、高精度定位单元进行环境感知，实现 360° 双重感知融合。

图29: 小鹏汽车与北汽极狐采用不同激光雷达方案



小鹏P5

- 激光雷达 × 2
- 毫米波雷达 × 5
- 超声波传感器 × 12
- 高清摄像头 × 13
- 高精度定位单元 × 1

阿尔法S HI

- 激光雷达 × 3
- 毫米波雷达 × 6
- 超声波雷达 × 12
- ADAS摄像头 × 9
- 环视摄像头 × 4

资料来源: 小鹏汽车官网、ARCFOX 极狐官网

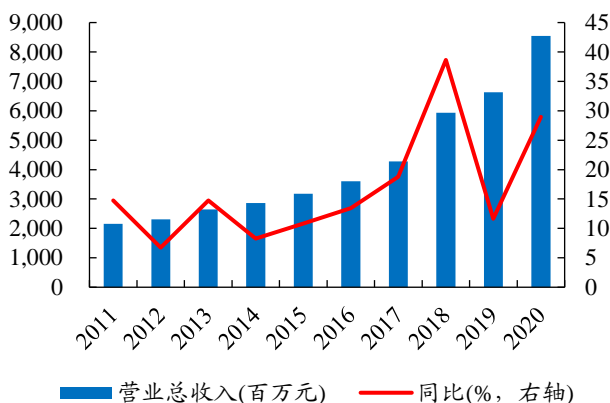
2021年4月17日, 华为与北汽极狐合作的车型阿尔法S HI版发布, 其最大亮点是智能驾驶解决方案。在硬件方案上, 阿尔法S HI搭载了3颗激光雷达、9个ADAS摄像头、6个毫米波雷达、12个超声波雷达、4个环视摄像头, 芯片的算力达到352万亿次每秒。据北汽极狐宣传, 该车能够实现城市导航智能驾驶。

3、受益标的

3.1、巨星科技：受益于海外供应链重构

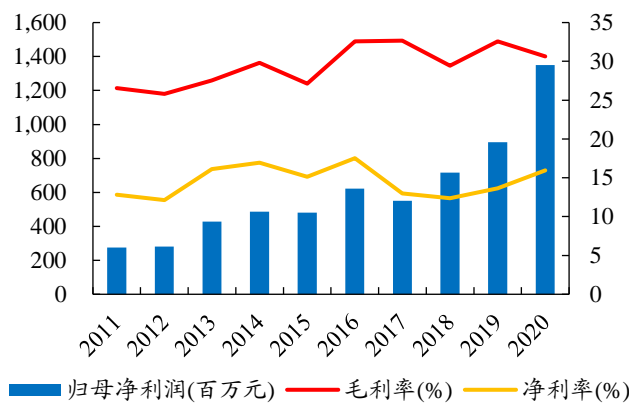
巨星科技主要产品包括手工具及动力工具、激光测量仪器、存储箱柜三大类，主要用于家庭住宅维护、建筑工程、车辆维修养护、机器人及自动化、地图测量测绘、个人防护等领域，是我国手工具 ODM 龙头，公司产品主要销往欧美，2020 年欧美市场占比约 90%。

图30：巨星科技营收稳步增长



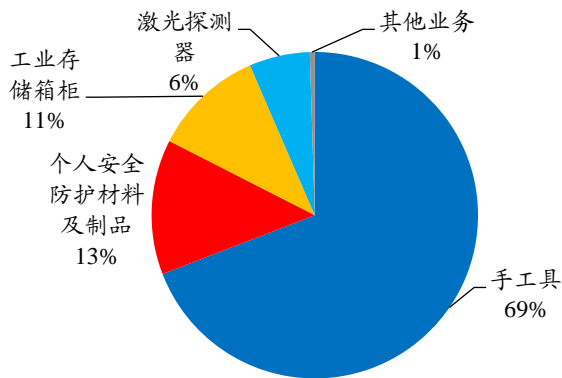
数据来源：Wind、开源证券研究所

图31：巨星科技盈利规模持续扩大



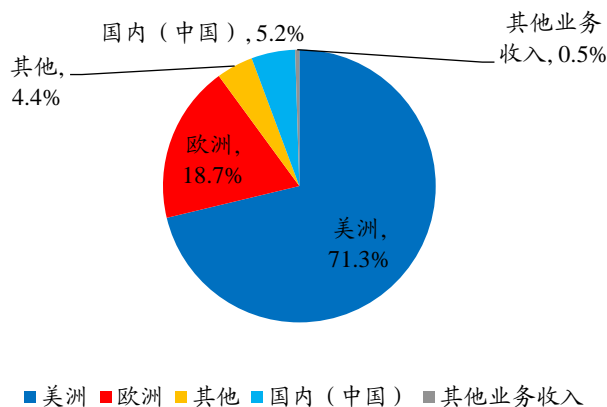
数据来源：Wind、开源证券研究所

图32：巨星科技手工具占营收比近七成



数据来源：Wind、开源证券研究所

图33：巨星科技产品主要销往欧美



数据来源：Wind、开源证券研究所

(1) 激光产品：提前布局

巨星科技于 2016 年布局激光测量仪器领域，公司通过投资华达科捷、PT 公司和欧镭激光等公司，成功整合和发展出了符合自身销售网络需求的激光测量产品和产业生态链，并逐步成为全球最具竞争力的激光测量仪器制造商。

在 ODM 方面，巨星科技积极保证订单交付，全年开发激光测量类新产品数超过一百项，同时不断完成激光产品的大客户战略切换与渠道定位。另一方面，公司于 2016 年布局的激光雷达业务获得进展，控股子公司欧镭激光取得了美国和欧洲市场

的新订单，与欧洲著名品牌 Datalogic 公司开展长期合作并签订产品供应协议，与国内煤矿安全领域龙头企业中煤科工集团重庆研究院有限公司合作开发了矿用本安型激光雷达物位传感器，拓宽了公司激光雷达产品的应用领域。

表12: 巨星科技提前布局激光领域

子公司	巨星科技持股比例	主要业务
华达科捷	65%	光电机一体化激光测量和测控与智能化工程控制系统
欧镭激光	48%	光电机一体化仪器、激光仪器、激光加工设备、激光显示设备、激光投影仪器
Prim's pool	100%	高端激光装备
Prexiso AG	87%	用于品牌输出
普瑞测	49%	激光测距仪、激光投线仪、扫平仪、全站仪、移动测绘系统等

资料来源：巨星科技公告、开源证券研究所

图34: 欧镭激光有五款激光传感器在售


资料来源：欧镭激光官网

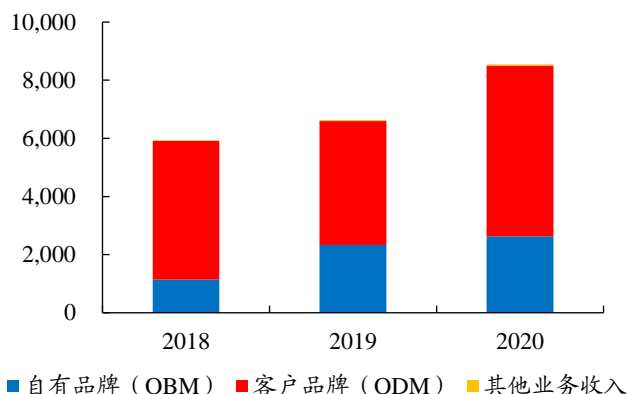
(2) 手工具业务：把握全球价值链重构机遇，并购+电商业务齐头并进

公司营收与盈利规模均维持稳步增长，在疫情冲击下全球贸易的背景下，在手工具方面，公司抓住全球供应链重构机遇，并通过外延并购与跨境电商业务持续推进等手段，2020 营收同比增长 15.7%。

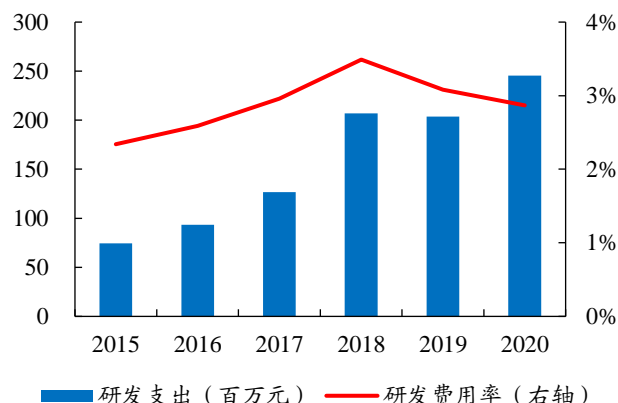
表13: 巨星科技进行收购，打造品牌力

子公司	布局时间	主要业务
Goldblatt	2010 年	泥工工具、石膏板工具、瓷砖工具和油漆工具等建筑工具产品
Pony Jorgensen	2016 年	专业木工夹具
Arrow	2018 年	制造手动、启动、电动射钉枪和耗材
Prime-line	2019 年	门窗五金配件和耗材等
Swiss+Tech	2019 年	微型多功能工具，包括应急系列、驱动系列、车用系列等

资料来源：巨星科技公告、开源证券研究所

图35: 巨星科技 OBM 收入占比提升


数据来源: Wind、开源证券研究所

图36: 巨星科技研发费用有所提升


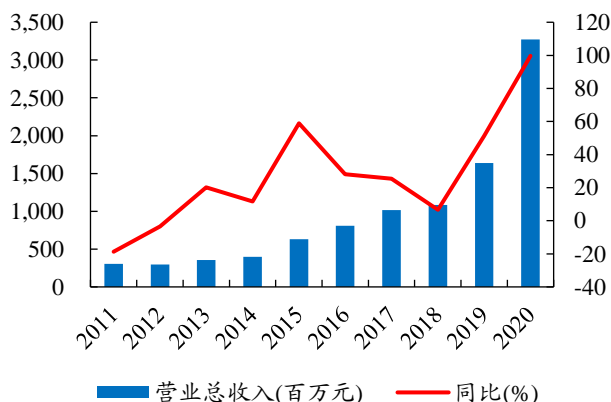
数据来源: Wind、开源证券研究所

3.2、高德红外: 军品民品双轮驱动

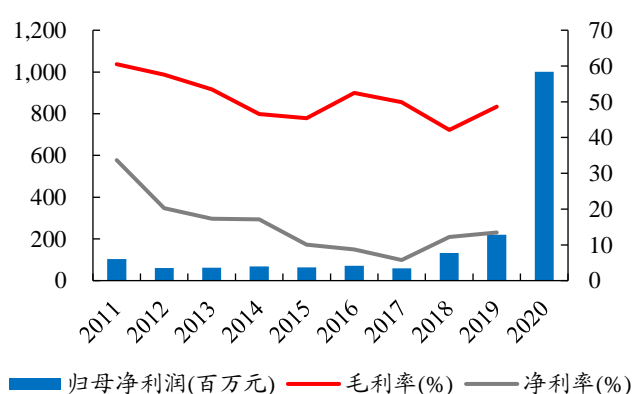
高德红外是全球领先的红外热像仪专业研制厂商,在测温型红外热像仪里排名全球第四,是进入全球排名前五的唯一中国企业。

公司业务领域涵盖红外焦平面探测器芯片、红外热像整机及以红外热成像为核心的综合光电系统、新型完整武器系统和传统非致命性弹药及信息化弹药四大业务板块。

公司军品民品业务双轮驱动,公司凭借多年来在红外行业的技术领先和创新优势,多类型型号项目逐渐进入批量供货年份,各型号产品订单持续快速增长,随着公司核心元器件多品类、性能稳定性、批量供货能力的全方位提升,公司与行业内诸多头部企业形成了稳定持续的业务合作,国内外民品业务增长明显。

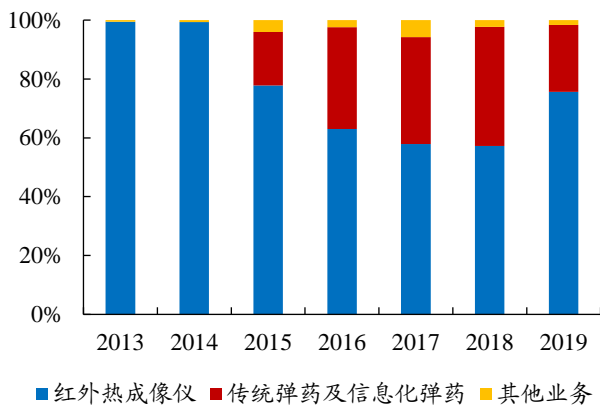
图37: 高德红外营收稳步增长


数据来源: Wind、开源证券研究所

图38: 高德红外盈利规模持续扩大


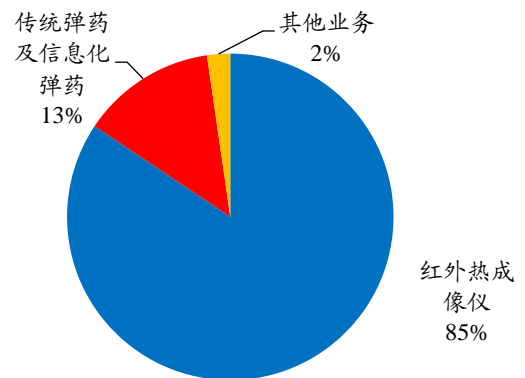
数据来源: Wind、开源证券研究所

图39: 2019年高德红外红外热成像仪占营收比75%



数据来源: Wind、开源证券研究所

图40: 2019年高德红外红外热成像仪占毛利比85%



数据来源: Wind、开源证券研究所

随着红外核心芯片小型化、低成本、高可靠性、大批量生产的实现,激发了红外行业逐步向多样化、普及化、消费化发展,红外技术在电力、工业、安保、智能驾驶等民用领域的应用不断扩大。

在智能驾驶领域,子公司轩辕智驾主要从事智能驾驶 ADAS 系统产品的研发与销售。根据轩辕智驾官网,其产品涉及 ADAS 的全部领域,其车载热成像避障系统技术水平处于领先地位,能够为奥迪、宝马、奔驰、保时捷等主流高端产品提供定制化服务。

随着 2020 年底、2021 年初,多家车企推出使用“激光雷达方案”的新车型,并公布量产上车表,ADAS 迎来了行业发展机会,子公司轩辕智驾或将受益。

图41: 轩辕智驾主要产品为车载热成像避障系统



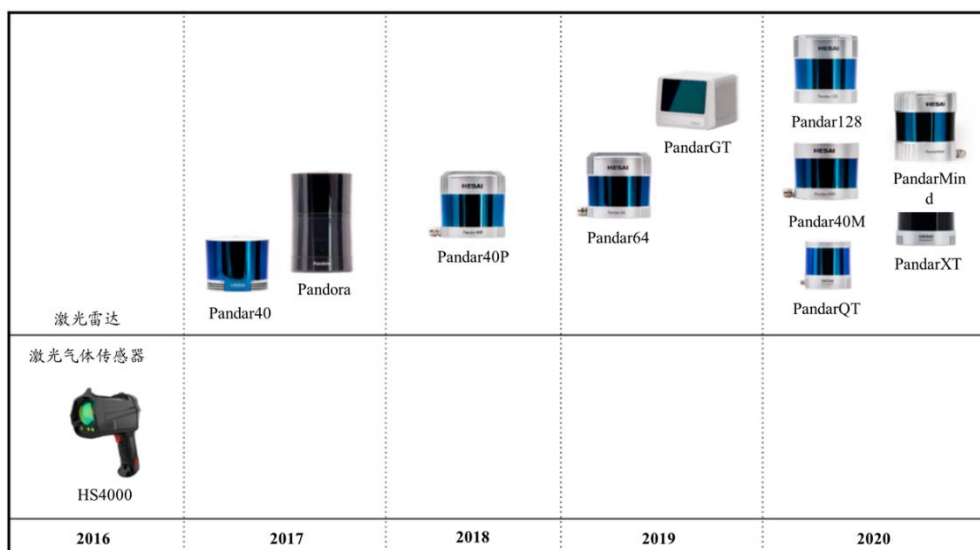
资料来源: 轩辕智驾官网

3.3、禾赛科技: 无人驾驶机械激光雷达新锐

禾赛科技主要从事高性能激光传感器的研发生产与销售。在主要产品和服务方面,禾赛科技持续对激光雷达和激光气体传感器两大类产品线进行开发,禾赛科技已陆续推出了诸多产品系列,如激光甲烷遥测仪 HS4000,机械式激光雷达 Pandar40、

Pandar40P、Pandar64、PandarQT、Pandar40M、Pandar128、PandarXT，多传感器融合感知套件 Pandora，半固态激光雷达 PandarGT，算法内嵌激光雷达 PandarMind 等。

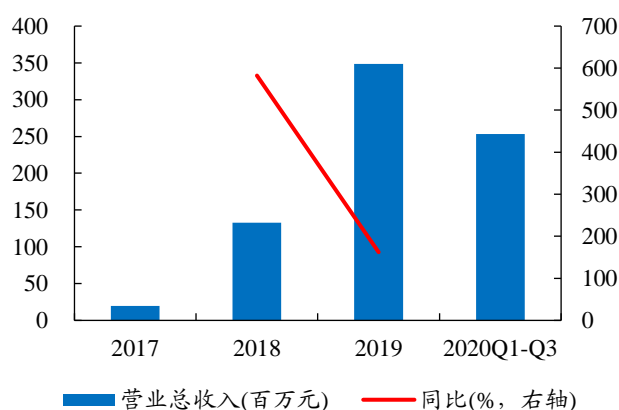
图42: 禾赛科技主要产品经历多次更新



资料来源：禾赛科技招股说明书

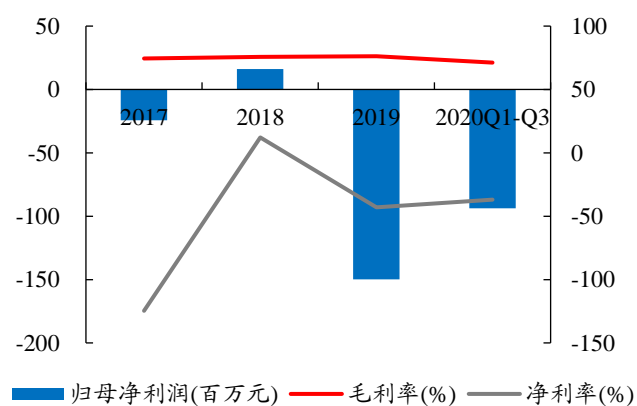
禾赛科技 2017-2019 年营收高速增长,由 2017 年 0.19 亿元增加到 2019 年的 3.48 亿元, 2019 年激光雷达产品贡献禾赛科技 94%营收。随着技术不断进步, 2019 年推出的 Pandra64 产品是其主力产品, 占营收 64%。2020 年公司推出 Pandra128、Pandra40M、Pandra QT、Pandra XT、PandraMind 等产品, 不断丰富产线, 满足客户需求。

图43: 禾赛科技营收较高速增长

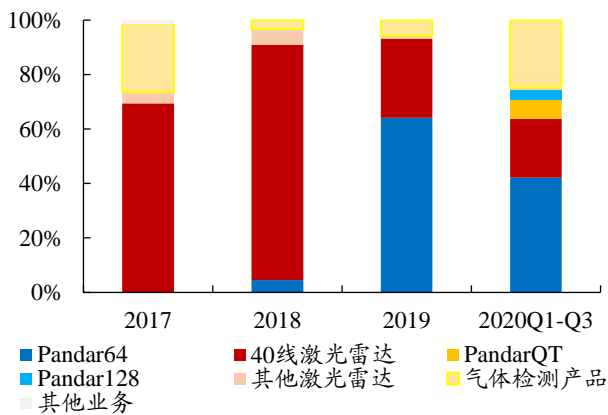


数据来源：Wind、开源证券研究所

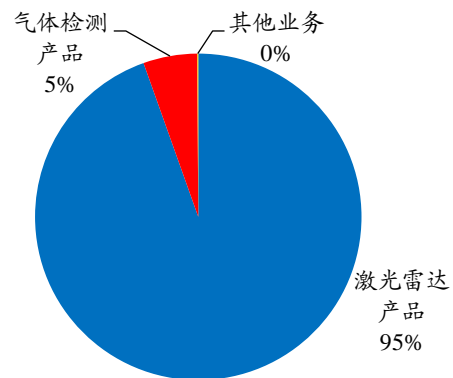
图44: 禾赛科技有待实现盈利



数据来源：Wind、开源证券研究所

图45: 禾赛科技营收主要由激光雷达产品贡献


数据来源: Wind、开源证券研究所

图46: 2019年禾赛科技激光雷达产品占毛利比95%


数据来源: Wind、开源证券研究所

表14: 受益标的盈利预测估值评级汇总 (股价截止至 20210420 收盘)

股票代码	公司简称	收盘价(元)	评级	EPS			PE(倍)		
				2020A/E	2021E	2022E	2020A/E	2021E	2022E
002444.SZ	巨星科技	36.17	未评级	1.26	1.38	1.67	24.8	26.2	21.7
002414.SZ	高德红外	34.66	增持	0.65	0.72	0.82	53.3	47.9	42.5
A21002.SH	禾赛科技	-	未评级	-	-	-	-	-	-

数据来源: Wind、开源证券研究所; 注: 未评级公司盈利预测来自 Wind 一致预测。

4、风险提示

国家法律法规调整风险: 带有自动驾驶功能的汽车上路需要符合国家相关法律法规要求, 若相关法律法规发生重大不利变化, 将对行业发展产生不利影响。

下游市场需求变化风险: 智能汽车销量增长会拉动相关产业需求增长, 若销量不及预期, 将给相关行业及各公司相关业务带来不利影响。

智能驾驶发展进度不及预期: 智能驾驶最主要的三个技术环节是环境感知、中央解决和底层控制。感知融合和算法规划决定了系统的智能化程度, 若某一环节研发不及预期或相互协同不及预期将影响智能驾驶发展。

激光雷达研发及生产进展不及预期: 激光雷达实现量产上车的关键在于降本, 若相关降本研发及生产规模效应不及预期将会影响行业发展进程。

技术路线风险: 激光雷达方案是当前自动驾驶的主流方案, 若未来出现其他更优传感技术, 激光雷达存在可能被替代的风险。

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R3（中风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20%以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5%~20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在 -5%~+5%之间波动；
	减持（underperform）	预计相对弱于市场表现 5%以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡（underperform）	预计行业弱于整体市场表现。

备注：评级标准为以报告日后的6~12个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中A股基准指数为沪深300指数、港股基准指数为恒生指数、新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）、美股基准指数为标普500或纳斯达克综合指数。我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于机密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他金融工具的邀请或向人做出邀请。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。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。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。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

开源证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。开源证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本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。

开源证券研究所

上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼10层
邮编：200120
邮箱：research@kysec.cn

深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层
邮编：518000
邮箱：research@kysec.cn

北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座16层
邮编：100044
邮箱：research@kysec.cn

西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层
邮编：710065
邮箱：research@kysec.cn