

电子

行业研究/深度报告

多传感器时代，融合之路正开启

—汽车电子行业系列报告之感知篇

深度研究报告/电子

2021年05月19日

报告摘要：

● 智能电动汽车优质“赛道”，不确定中寻找确定性，寻找上游产业链投资机会

智能电动汽车是未来 5-10 年投资的优质“赛道”，在 2020 年风口启动之初，市场最关注的是汽车的电动化属性。新能源车是最确定性的方向，资本市场提前以科技股的投资理念给予特斯拉、蔚来、小鹏等造车新势力高市值。随着苹果、小米等手机厂商进入智能汽车“赛道”，以及华为、Mobileye、百度等新兴 Tier1 赋能传统车企后来居上，智能电动汽车格局充满不确定性。而巨头大规模入局，意味着行业逐渐走向成熟。智能电动汽车终局不定，但在不确定中寻找确定性，我们认为当前阶段上游零部件产业链的投资机会是相对确定的。围绕智能化这条主线，建议首先关注感知层投资机会。

● 软硬件解耦趋势下，智能驾驶零部件地位提升，建议关注感知层投资机会

当前阶段在汽车这个庞大应用场景下，集结云计算、AI、物联网等前沿技术，正经历电动化、智能化、网联化、共享化变革。在特斯拉、蔚来、小鹏等造车新势力推动下，智能汽车商业化落地渐行渐近，也将带动上游产业链投资机会。围绕汽车智能化这条主线，技术架构可以分成感知-决策-执行层，感知层是汽车的“眼睛”将率先受益。感知层发展路径：1) 车企硬件军备竞赛已开启，率先提高自动驾驶安全性和冗余性，单车传感器配置在 30+ 个。2) 硬件配置先冗余再融合，在传感器搭载数量和性能升级的基础上，逐渐实现多传感器融合。3) 软硬件解耦是最终趋势，智能驾驶解决方案厂商将打破过去依赖于一级供应商的模式，未来将更多采取直接向车企提供硬件、软件支持的方式，从而带动相关零部件产业链地位提升。

● 感知层细分“赛道”中，摄像头确定性最强，激光雷达弹性最大

我们预计到 2030 年智能驾驶所带动的感知层硬件市场规模可达 3892 亿元，10 年 CAGR 为 23%。其中摄像头 1232 亿元，10 年 CARG 为 21%；超声波雷达 332 亿元，10 年 CARG 为 12%；毫米波雷达 960 亿元，10 年 CARG 16%；激光雷达 1367 亿元，2025-2030 年 CARG 41%。

感知层四个“赛道”中：1) 摄像头增长确定性最强，在镜头和 CMOS 产业链环节格局向好，我国已有具备全球竞争力的企业韦尔股份、舜宇光学、联创电子。2) 激光雷达“赛道”弹性最大，目前还处于技术驱动阶段，风险与机遇并存，建议关注速腾聚创、禾赛科技等初创激光雷达公司；福晶科技、腾景科技、永新光学等光学元件公司；炬光科技等元器件公司。3) 毫米波雷达犹存国产替代空间，虽然主要市场被 Tier1 占据，国产初创公司进行技术集成化创新，仍有打破垄断的机会。4) 超声波雷达市场技术较为成熟，已有奥迪威等国内厂商布局。

● 投资建议

建议关注汽车电子产业链，推荐韦尔股份、联创电子，关注舜宇光学、永新光学、福晶科技、腾景科技（次新股）、炬光科技（未上市）。

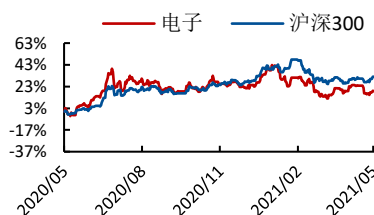
● 风险提示

智能汽车发展不达预期，消费者接受程度不达预期，产业链量产进程缓慢。

推荐

维持评级

行业与沪深 300 走势比较



资料来源：Wind，民生证券研究院

分析师：王芳

执业证号：S0100519090004

电话：021-60876730

邮箱：wangfang@mszq.com

分析师：陈海进

执业证号：S0100521030001

电话：021-60876730

邮箱：chenhaijin@mszq.com

研究助理：陈蓉芳

执业证号：S0100121030005

电话：021-60876730

邮箱：chenrongfang@mszq.com

相关研究

1.【民生电子】电子行业 2020 年报和 2021 一季报总结：业绩增长强劲，电子行业景气延续 20210512

2.【民生电子】行业深度：解密上海车展，纵看产业链投资机会

盈利预测与财务指标

代码	重点公司	现价 5月18日	EPS			PE			评级
			2021E	2022E	2023E	2021E	2022E	2023E	
603501.SH	韦尔股份	271	5.22	7.40	9.16	52	37	30	推荐
2382.HK	舜宇光学	145	5.32	6.49	7.84	27	22	18	NA
002036.SZ	联创电子	11	0.41	0.55	0.73	26	19	14	推荐
603297.SH	永新光学	59	1.53	1.86		39	32		NA
002222.SZ	福晶科技	15	0.41	0.47		37	32		NA

资料来源：wind，民生证券研究院

注：（1）韦尔股份、联创电子采用民生证券预测值，舜宇光学、永新光学、福晶科技采用 wind 一致预期；
 （2）舜宇光学现价和 EPS 单位均为人民币元。

目录

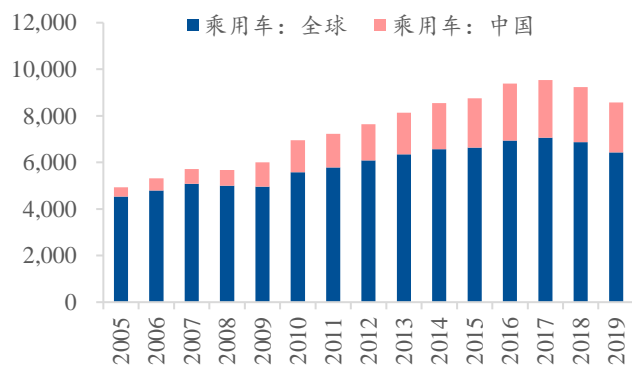
1 软硬件解耦趋势下，智能驾驶零部件地位提升	4
1.1 智能化落地长周期下，感知层最先受益	4
1.2 传感知配置先冗余再融合，前向融合是最终趋势	5
1.3 软硬件解耦趋势下，智能驾驶零部件地位提升	8
1.4 感知层细分“赛道”中，摄像头确定性最强，激光雷达弹性最大	11
2 雷达：三种雷达逐步上车，强化感知功能	13
2.1 超声波雷达：ADAS 应用成熟，竞争壁垒较低	13
2.2 毫米波雷达：国内厂商向高频化、集成化国产替代	14
2.3 激光雷达：技术驱动初期，前装上车在即	18
3 摄像头：确定性最强“赛道”，镜头和 CMOS 国产替代格局向好	26
3.1 远景看车载摄像头千亿市场，近景自动驾驶军备竞赛开启	26
3.2 产业链价值分布，模组、镜头、CIS 投资价值高	29
3.3 建议关注产业链重点细分领域具备竞争优势企业	35
4 投资建议	37
5 风险提示	38
插图目录	39
表格目录	39

1 软硬件解耦趋势下，智能驾驶零部件地位提升

华为轮值董事长徐直军曾称：“每一个行业都有可能受到人工智能的影响，未来最能颠覆的一个产业就是汽车产业。自动驾驶电动汽车可能将中国 16 万亿产值的汽车业，包括周边产业，彻底颠覆掉。”

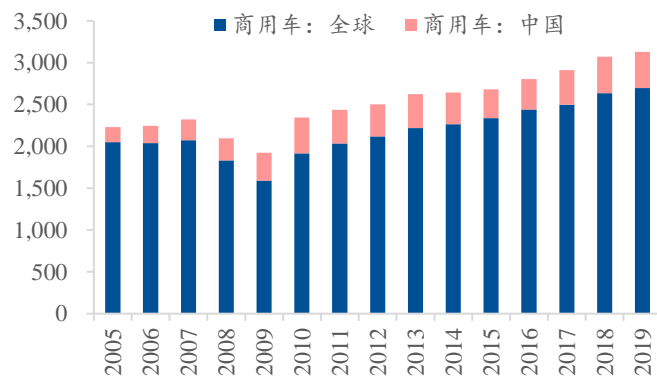
根据国际汽车制造商组织统计，2019 年全球乘用车出货量 6434 万辆，中国出货量 2144 万辆，中国销量约占全球的三分之一。全球乘用车出货总量接近 1 亿辆，以 2 万美金的 ASP 来衡量，全球汽车是一个 2 万亿美元量级的市场。另 2019 年全球商用车出货量 2696 万辆，中国 432 万辆。当前阶段在车这个庞大应用场景下，集结云计算、AI、物联网等前沿技术，正经历电动化、智能化、网联化、共享化变革。在特斯拉、蔚来、小鹏等造车新势力推动下，智能汽车商业化落地渐行渐近，也将带动上游产业链投资机会。

图1: 2019 年全球和中国乘用车出货量 (万辆)



资料来源：国际汽车制造商组织，民生证券研究所

图2: 2019 年全球和中国商用车出货量 (万辆)



资料来源：国际汽车制造商组织，民生证券研究所

1.1 智能化落地长周期下，感知层最先受益

围绕汽车智能化这条主线，技术架构可以分成感知-决策-执行层。**感知层是汽车的“眼睛”，环境感知是实现智能驾驶的第一步**，通过组合多传感器来感知环境，在 V2X 通信技术下实现车内车外通信。决策层是汽车的“大脑”，是实现智能驾驶的关键一环，融合多传感器收集的数据，并做出最佳决策。执行层相当于汽车的“四肢”，是智能驾驶的最后落脚点，根据决策实现纵向横向的自动控制。

多传感器配置保证系统冗余：根据工信部《汽车驾驶自动化分级》，可将自动驾驶分为 L0-L5 六个等级。**在等级要求上**：L0-L1 驾驶员参与对车辆横向和纵向控制，L0-L2 驾驶员完成目标和事件探测与响应。到了 L3 阶段，在特定驾驶模式下由自动驾驶系统完成所有的动态驾驶任务，但期望人类驾驶员能正确响应请求并接管操控。**在功能实现上**：L1 主要实现自适应巡航、自动紧急刹车、车道保持、泊车辅助等功能，L2 能完成车道内自动驾驶、换道辅助和自动泊车；而 L3 可以进行有条件的自动驾驶如高速自动驾驶，城郊公路驾驶等；L4-L5 最终实现车路协同，达到城市内自动驾驶。**在硬件配置要求上**：自动驾驶程度的递进，需要多传感器的融合，对摄像头、超声波雷达、毫米波雷达、激光雷达等感知层硬件的性能和数量提

出更高的要求。

表1: 自动驾驶感知层硬件配置

等级	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	功能实现	硬件配置要求
L0	应急辅助	驾驶员	驾驶员和系统	驾驶员	有限制	交通信号灯识别 夜视系统 盲点监测 车道偏离预警 360° 全景影像	摄像头 超声波雷达 毫米波雷达
L1	部分自动辅助	驾驶员和系统	驾驶员和系统	驾驶员	有限制	自适应巡航 自动紧急刹车 车道保持 泊车辅助	
L2	组合驾驶辅助	系统	驾驶员和系统	驾驶员	有限制	车道内自动驾驶 换道辅助 自动泊车	摄像头 超声波雷达 毫米波雷达 部分 V2X
L3	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	高速自动驾驶 城郊公路驾驶 编队行驶 交叉路口通过	摄像头 超声波雷达 毫米波雷达 激光雷达 完整 V2X
L4	高度自动驾驶	系统	系统	系统	无限制		摄像头 超声波雷达 毫米波雷达
L5	完全自动驾驶	系统	系统	系统	无限制	车路协同 城市自动驾驶	毫米波雷达 激光雷达 完整 V2X

资料来源：工信部《汽车驾驶自动化分级》，盖世汽车研究院，民生证券研究所

1.2 传感器配置先冗余再融合，前向融合是最终趋势

多传感器融合的感知系统可以形成互补，有效应对现实世界中的光照，天气，路况各种复杂条件，以及再安全方面形成冗余设计。激光雷达对于距离的探测很强，也具备一定的全天候工作能力，在 3D 成像和高精度地图定位方面具备优势。摄像头的采样率和分辨率很高，对于纹理信息获取能力强，但是受到天气的影响太大。相比于摄像头和激光雷达，毫米波雷达的优势在于全天候工作特性，受不良天气影响弱，测速、测距能力强。超声波雷达主要适用于近距离感知，具备成本低车规级量产容易等优势。

表2: 各类传感器特点

性能	激光雷达	可见光相机	毫米波雷达	超声波传感器
成本	很高	低	中	低
车规量产	弱	强	强	强
距离探测	强	无或弱	强	弱
采样率	中	高	高	低
分辨率	中	高	低	无
探测距离	中/近	远/中/近	远/中/近	近
全天候	强	弱	强	强
不良天气	弱	弱	强	一般
纹理信息获取	无	强	无	无

资料来源: 小马智行, 民生证券研究所

车企硬件军备竞赛已开启, 提高自动驾驶安全性和冗余性。从主要车企重点车型感知层硬件配置的情况来看, 除特斯拉软件能力强大硬件配置较为激进外, 其他车企考虑到系统的冗余性, 硬件配置持续推高。以特斯拉 Model3 为例, 配置 8 个摄像头, 12 个超声波雷达, 1 个毫米波雷达。其他智能化程度较高的车企基本摄像头配置在 10 个以上, 超声波雷达普遍在 8-12 个, 毫米波雷达 3-5 个配置情况居多, 另外还有车型领先配置了激光雷达。以蔚来 ET7 为例, 搭载了 11 个 800 万像素的摄像头, 12 个超声波雷达, 5 个毫米波雷达, 和 1 个激光雷达。

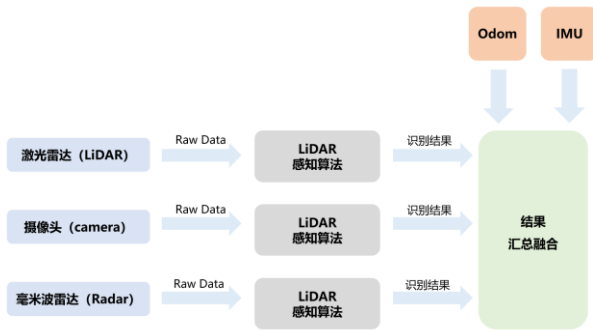
表3: 主要车企重点车型感知层硬件配置

车型	摄像头	超声波雷达	毫米波雷达	激光雷达
特斯拉 Model3	8	12	1	-
蔚来 ET7	11	12	5	1
蔚来 ES6	7	12	5	-
小鹏 P7	14	12	5	-
理想 ONE	6	12	5	-
比亚迪-唐	5	8	3	-
比亚迪-汉	5	12	3	-
上汽-荣威 MARVEL-R	11	12	5	-
长城 WEY 摩卡	8	8	3	3
北汽 ARCFOX 极狐 HBT	13	13	6	3

资料来源: 特斯拉、蔚来、小鹏、理想、比亚迪、上汽、长城、北汽等公司官网, 民生证券研究所

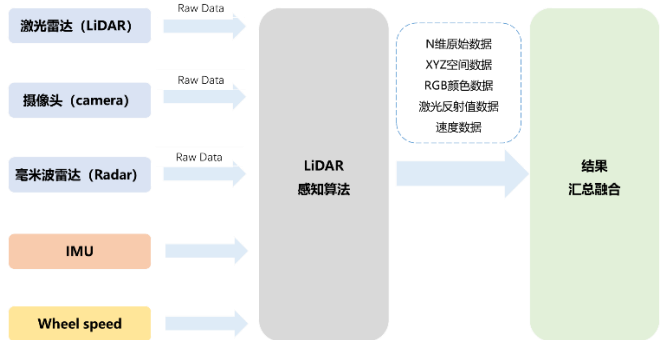
前融合是未来趋势, 最终实现软硬件解耦。传感器融合分成两种: 前融合和后融合。后融合算法下, 每个传感器各自独立处理生成目标数据, 再由主处理器进行数据融合。而前融合只有一个感知算法, 在原始层把各种传感器的数据融合在一起, 实现原始数据的同步, 即空间同步和时间同步。相较于后融合, 前融合的优势在于: 1) 前融合将所有传感器的原始数据进行统一算法处理, 降低了整个感知架构的复杂度和系统延迟; 2) 许多后融合感知中被过滤掉的无效和无用的信息, 在前感知路线中通过与其他传感器数据融合后进行综合识别, 可以创建一个更全面、更完整的环境感知信息, 大大提高感知系统的稳健性。

图3: 后融合示意图



资料来源: CSDN, 民生证券研究所

图4: 前融合示意图

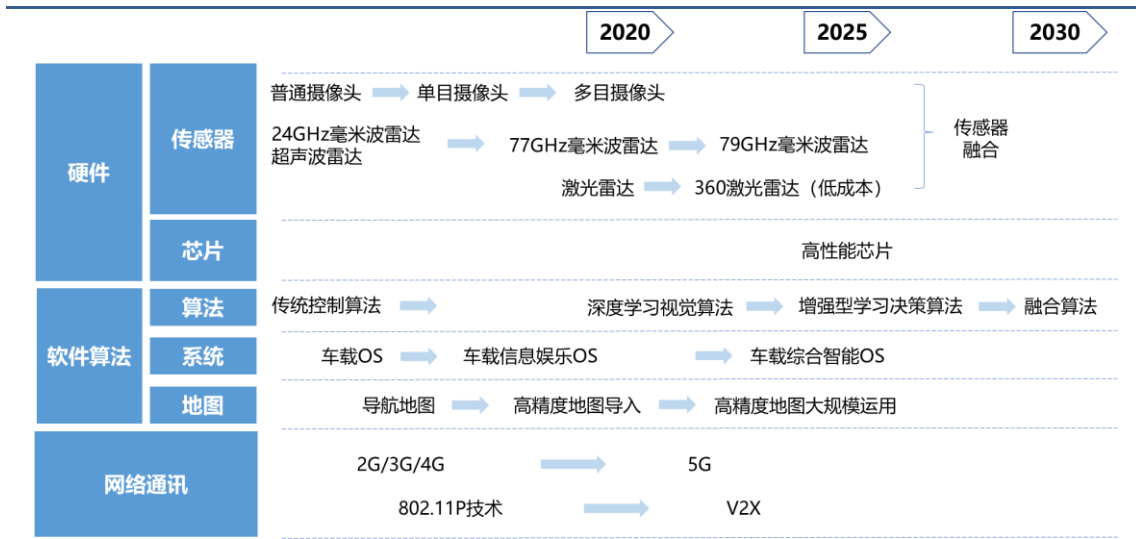


资料来源: CSDN, 民生证券研究所

前融合对于提高感知系统的准确性和稳健性有不可比拟的优势，但是实现多传感的前融合对于软件、硬件、通信提出了更高的要求：1) 软件算法需求：各个传感器数据采集方式和周期相对独立，后融合向前融合转化需要实现数据空间和时间同步，来控制时间误差需要在1微秒以内，100米外的物体距离精度要在3厘米以内，这样需要主机厂在算法端给各个传感器提供时间校准和空间标定的功能。2) 芯片算力需求：整车所有传感器原始数据都汇集到中央计算平台进行处理，对于AI芯片的算力提出更高的要求。3) 数据通信需求：一是车载的传感器如毫米波雷达、摄像头、激光雷达等来自于不同硬件厂商，因为产品接口与商业协议等等问题，有些传感器无法获得原始数据；二是车内通信带宽需升级来支持多传感器数据的并发。

多传感器前融合是长周期目标，目前还属于智能驾驶发展初期，传感器本身硬件升级还有充足空间。多传感器发展路径会趋向冗余再融合，在传感器搭载数量和性能升级的基础上，逐渐实现多传感器融合。摄像头从单目升级到多目，像素从2M到8M再到更高像素。毫米波雷达从低频的24GHz毫米波雷达向77GHz和79GHz升级。激光雷达还处于技术驱动阶段，还需翻越车规级量产和降成本两座大山。而另一端软件部分，也将从传统的控制器算法向深度学习视觉算法到增强型学习决策算法，多次迭代到多传感融合算法。软硬件两条腿走路，最终走向融合。

图5: 传感器融合过程



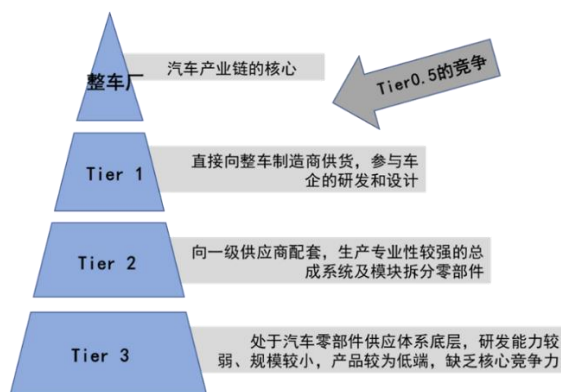
资料来源: 盖世汽车, 民生证券研究院

1.3 软硬件解耦趋势下, 智能驾驶零部件地位提升

(一) 汽车行业技术控制点转移, Tier 0.5 角色应运而生

传统汽车技术控制点在于整车的效能, 价值量最高的三大核心部件是发动机、变速箱和底盘, 其他零部件和各种各样的汽车电子控制系统由 Tier 1 厂商提供。电动车核心三大件电池、电机、电控三电系统成本占比接近 50%, 而对于智能车而言, 智能部件、软件、智能座舱将成为汽车厂商差异化竞争的核心。我们认为在未来汽车产业链中, 至少在智能电动、智能驾驶、智能座舱三个增量市场, 会诞生位于车企和传统 Tier1 产业链中间 Tier 0.5 集成商填补技术空白。而这些 Tier 0.5 的角色大概率会被三方势力所占据: 1) 汽车厂商向下兼容走自研路线; 2) 科技巨头和初创企业抢先布局赋能车企; 3) 传统 tier 1 厂商向上延伸拓展能力圈。最终会由哪一方势力主导, 是产业链循序升级分工的结果, 但是 Tier 0.5 集成商都扮演着加速产业落地重要角色。

图6: 传统汽车产业链层层划分

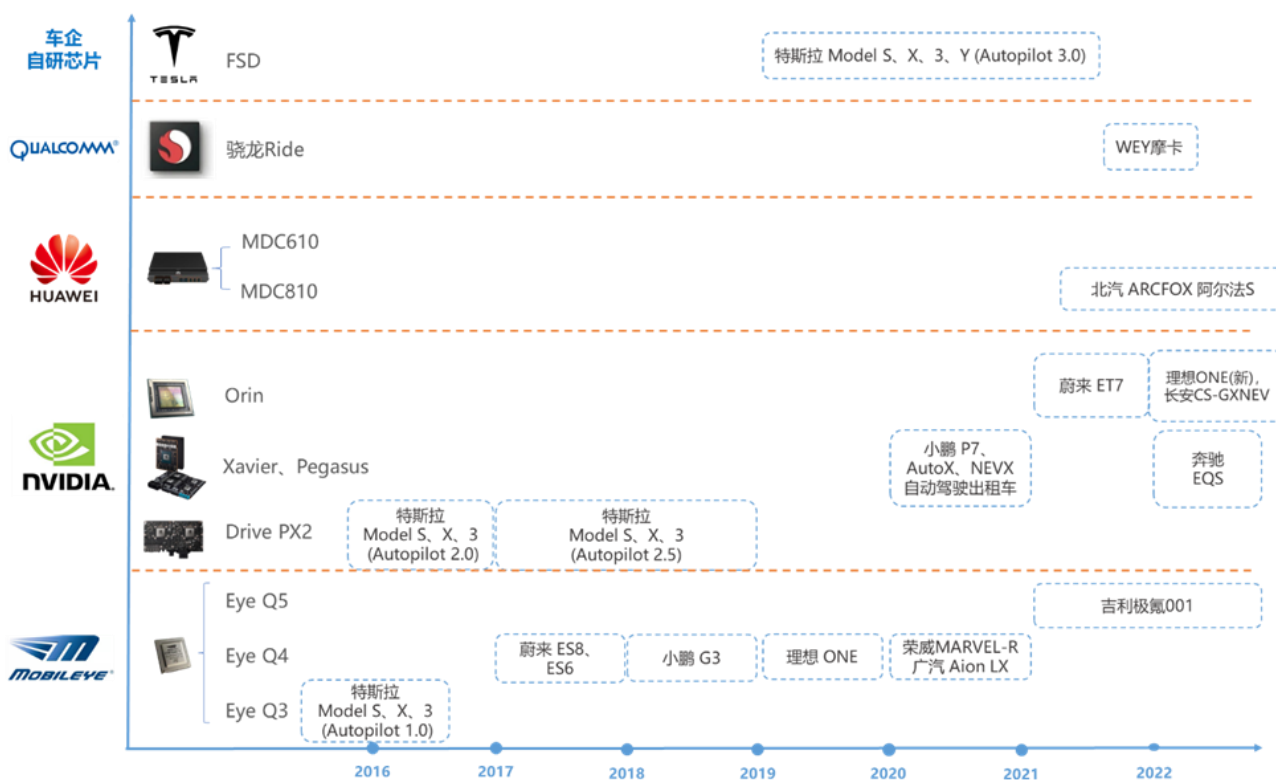


资料来源: 民生证券研究院整理

(二) 智能驾驶软硬件解耦趋势，感知层产业链分工加速

复盘历史发展阶段来看，在智能化转型初期，车企自身具备智能驾驶能力尚浅，通常首选与智能驾驶解决方案合作。追溯特斯拉的智能化变革之路，智能驾驶合作伙伴由 Mobileye 到英伟达，最后走向自研的路线。在 2020 年以前，市场上主要的 ADAS 解决方案厂商为 Mobileye 和英伟达，Mobileye 一度占比在 90% 以上。但是 Mobileye 的智能驾驶方案是“黑匣子”封闭式模式，不支持主机厂自主开发算法。而英伟达的方案相对灵活，有利于车厂自行开发软件，特斯拉、小鹏、蔚来等造车新势力相继从 Mobileye 跨越到与英伟达的合作中。其中特斯拉走在最前面，已具备软硬件全栈方案。同样在 2020 年，国内的也涌现出像华为、地平线等国产智能驾驶解决方案厂商，已与长安、奇瑞、北汽等国产主机厂建立良好的合作关系。

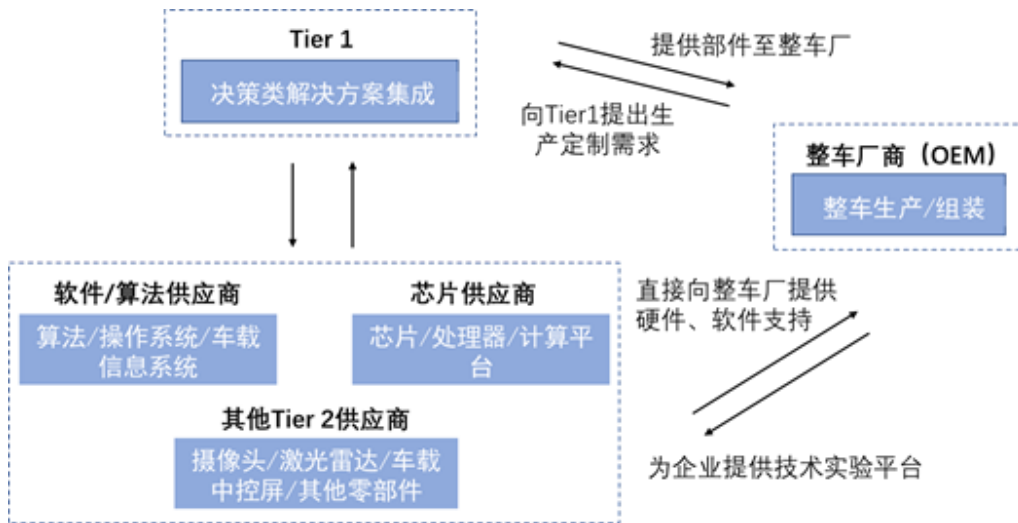
图7: 智能车企 ADAS 方案厂商变迁



资料来源：民生证券研究院整理

我们认为，过去 5 年产业链在智能驾驶的探索已经取得实质性进步，包括像特斯拉已拥有软硬件全栈能力，包括国内华为、地平线等厂商建立智能驾驶芯片能力。未来智能驾驶软硬件解耦趋势明显，会带动感知层产业链分工加速。随着车厂积累更多算法能力，Mobileye EyeQ5 走向开放，英伟达、华为、地平线等新品迭出，智能驾驶解决方案厂商将打破过去依赖于一级供应商的模式，未来将更多采取直接向车企提供硬件、软件支持的方式，从而带动相关零部件产业链地位提升。

图8: 智能车企 ADAS 方案厂商变迁



资料来源：中国汽研，民生证券研究院

摄像头率先实现解耦，整体感知层产业链分工是未来趋势。根据 System Plus 研究，特斯拉 Model 3 三摄与采埃孚三摄主要差别在于：特斯拉只采集图像信息，将三个 CMOS 嵌入在同一 PCB 板上，无需 SOC 信息处理器，将图像信息直接传输到控制器进行处理。而采埃孚的 CMOS 嵌入在三块不同的 PCB 板上，摄像头具备完整的 SOC，最终信息由 Mobileye 芯片进行处理。根据 System Plus 估计，采埃孚 (ZF) 三相机的成本为 165 美元，而特斯拉 (Tesla) 三相机的成本为 65 美元。而对于毫米波雷达，特斯拉选择使用大陆的雷达模块 ARS4-B，其内部有一个 NXP 提供的 77GHz 雷达芯片组和 32 位 MCU，并未实现数据收集与处理功能的解耦。我们认为，特斯拉已经实现摄像头的解耦，毫米波雷达等其他感知层产业链的持续分工是未来趋势，越来越多 OEM 厂商也会向特斯拉模式趋近。

图9: 特斯拉 Model3 三摄与采埃孚三摄模块对比



资料来源：System Plus，民生证券研究院

图10: 特斯拉毫米波雷达内部结构拆解



资料来源: System Plus, 民生证券研究院

1.4 感知层细分”赛道”中，摄像头确定性最强，激光雷达弹性最大

我们预计到 2030 年智能驾驶所带动的感知层硬件市场规模可达 3892 亿元，10 年 CAGR 为 23%。其中摄像头 1232 亿元，10 年 CARG 为 21%；超声波雷达 332 亿元，10 年 CARG 为 12%；毫米波雷达 960 亿元，10 年 CARG16%；激光雷达 1367 亿元，2025-2030 年 CARG41%。

感知层四个”赛道”中：1) 摄像头增长确定性最强，在镜头和 CMOS 产业链环节格局向好，我国已有具备全球竞争力的企业。2) 激光雷达”赛道”弹性最大，目前还处于技术驱动阶段，风险与机遇并存，国内厂商竞争实力与国外厂商齐头并进。3) 毫米波雷达犹存国产替代空间，虽然主要市场被 Tier1 占据，国产初创公司进行技术集成化创新，仍有打破垄断的机会。4) 超声波雷达市场竞争激烈，技术壁垒较低。

1) 智能网联车渗透率：根据《智能网联汽车技术路线图 2.0》，2020-2025 年 L2-L3 级的智能网联汽车销量占当年汽车总销量的比例超过 50%，L4 级智能网联汽车开始进入市场。到 2026-2030 年，L2-L3 级的智能网联汽车销量占比超过 70%，L4 级车辆在高速公路广泛应用，在部分城市道路规模化应用；到 2031-2035 年，各类网联汽车、高速自动驾驶车辆广泛运行。

2) 单车配置传感器数量：从 L2 到 L3 再到 L4/5 升级，单车配备传感器数量随之提升。假设单车摄像头装载个数由 5 个到 11 个到 15 个，超声波雷达由 8 个到 12 个，毫米波雷达从 3 个到 5 个到 8 个，激光雷达从不装载到 1 至 3 个

3) 价格趋势：超声波雷达和毫米波较为成熟，单价 5%复合增速下降，激光雷达预计大规模量产后单价在 200-300 美元，摄像头性能升级催化车载摄像头单车 ASP 上升。

图11: “感知层四个”赛道”市场规模

	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	CAGR
乘用车销量: 万	5360	5789	6078	6260	6323	6386	6450	6515	6580	6646	6712	2%
增速: %	-16%	8%	5%	3%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	
L0: 搭载功能车数量: 万	2680	2310	1763	1377	1201	894	774	261	197	199	134	
L1: 搭载功能车数量: 万	1876	2315	2735	2504	2213	1916	1290	977	790	532	201	
L2: 搭载功能车数量: 万	804	1158	1520	2191	2529	2874	3225	3583	2961	2392	2014	
L3: 搭载功能车数量: 万		6	61	188	379	639	968	1303	1974	2525	3020	
L4/5: 搭载功能车数量: 万						64	194	391	658	997	1342	
L0渗透率: %	50%	40%	29%	22%	19%	14%	12%	4%	3%	3%	2%	
L1渗透率: %	35%	40%	45%	40%	35%	30%	20%	15%	12%	8%	3%	
L2渗透率: %	15%	20%	25%	35%	40%	45%	50%	55%	45%	36%	30%	
L3渗透率: %			1%	3%	6%	10%	15%	20%	30%	38%	45%	
L4/L5渗透率: %						1%	3%	6%	10%	15%	20%	
新能源车销量: 万	312	463	669	939	1265	1597	1935	2606	3290	3987	4698	31%
增速: %	41%	48%	44%	40%	35%	26%	21%	35%	26%	21%	18%	
新能源车渗透率: %	6%	8%	11%	15%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	
L0: 搭载功能车数量: 万	94	87	8									
L1: 搭载功能车数量: 万	140	232	334	329	250	126	5	12				
L2: 搭载功能车数量: 万	78	139	267	470	696	878	929	1121	1151	1077	1034	
L3: 搭载功能车数量: 万		6	59	158	319	529	808	1083	1694	2205	2620	
L4/5: 搭载功能车数量: 万						64	194	391	658	997	1342	
L0渗透率: %	30%	19%	1%									
L1渗透率: %	45%	50%	50%	35%	20%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	
L2渗透率: %	25%	30%	40%	50%	55%	55%	48%	43%	35%	27%	22%	
L3渗透率: %		1%	9%	17%	25%	33%	42%	42%	51%	55%	56%	
L4/L5渗透率: %						4%	10%	15%	20%	25%	29%	
非新能源车	5048	5326	5410	5321	5058	4790	4515	3909	3290	2658	2014	-9%
增速: %	-18%	6%	2%	-2%	-5%	-5%	-6%	-13%	-16%	-19%	-24%	
L0: 搭载功能车数量: 万	2586	2223	1755	1377	1201	894	774	261	197	199	134	
L1: 搭载功能车数量: 万	1736	2084	2401	2176	1963	1790	1285	966	790	532	201	
L2: 搭载功能车数量: 万	726	1019	1252	1722	1834	1996	2296	2463	1809	1316	980	
L3: 搭载功能车数量: 万			2	30	60	110	160	220	280	320	400	
传感器搭载数: 万个												
摄像头	12328	15108	18234	21912	24660	28994	34315	41303	48954	56488	64167	18%
超声波雷达	13936	18593	23826	29800	33639	39084	44893	52899	58429	63532	69268	17%
毫米波雷达	4288	5818	7598	10017	11698	14241	17351	21368	24806	28310	32084	22%
激光雷达		6	61	188	379	830	1548	2476	3948	5516	7048	53%
单价: 元												
摄像头	143	147	152	156	161	166	171	176	181	186	192	3%
超声波雷达	80	76	72	69	65	62	59	56	53	50	48	-5%
毫米波雷达	500	475	451	429	407	387	368	349	332	315	299	-5%
激光雷达	8000	6400	5120	4096	3277	2949	2654	2389	2150	2042	1940	-13%
市场规模合计: 亿元	502	644	822	1053	1216	1518	1898	2359	2868	3392	3892	23%
摄像头	176	222	276	342	396	480	585	726	886	1053	1232	21%
超声波雷达	111	141	172	204	219	242	264	296	310	320	332	12%
毫米波雷达	214	276	343	429	476	551	638	746	823	892	960	16%
激光雷达		4	31	77	124	245	411	591	849	1127	1367	41%

资料来源: 民生证券研究院整理

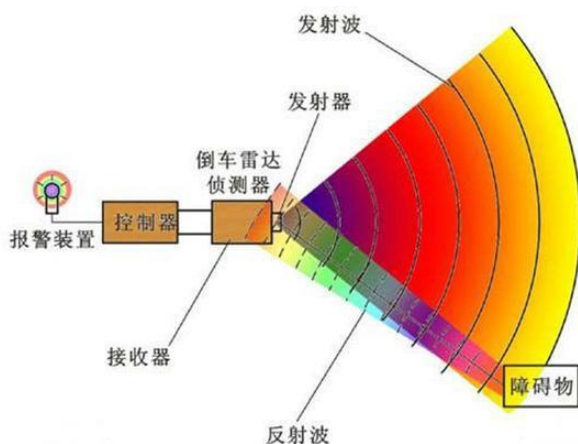
注: 激光雷达复合增速为 2025-2030 年

2 雷达：三种雷达逐步上车，强化感知功能

2.1 超声波雷达：ADAS 应用成熟，竞争壁垒较低

超声波雷达的工作原理是通过超声波发射装置向外发出超声波，到通过接收器接收到发送过来超声波时的时间差来测算距离。目前，常用探头的工作频率有 40kHz，48kHz 和 58kHz 三种。一般来说，频率越高，灵敏度越高，但水平与垂直方向的探测角度就越小，故一般采用 40kHz 的探头。超声波雷达防水、防尘，即使有少量的泥沙遮挡也不影响。探测范围在 0.1-3 米之间，而且精度较高，因此非常适合应用于泊车。

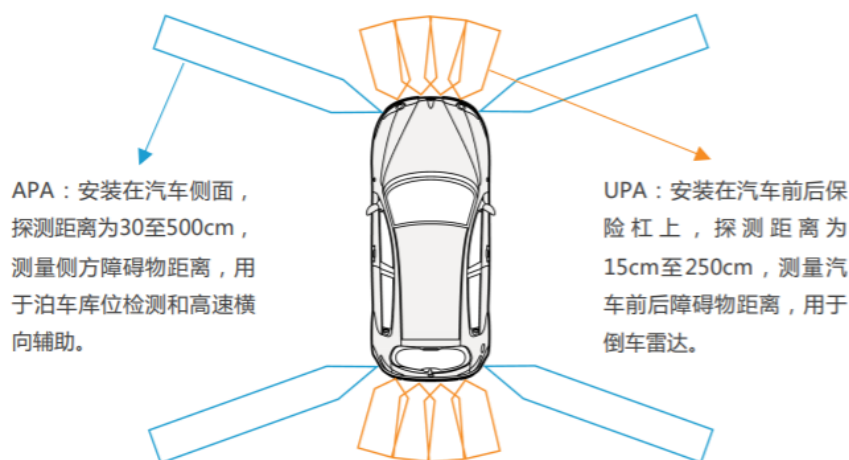
图12: 超声波雷达工作原理



资料来源：搜狐汽车，民生证券研究院

超声波雷达类型可分为两种：第一种是安装在汽车前后保险杠上的，用于测量汽车前后障碍物的倒车雷达，这种雷达被称为 UPA。第二种是安装在汽车侧面的，用于测量侧方障碍物距离的超声波雷达，称为 APA。单个 UPA 超声波雷达探测距离在 15~250cm 之间，单个 APA 超声波雷达 30~500cm 之间，探测范围更远。一套倒车雷达系统需要在汽车后保险杠内配备 4 个 UPA 超声波传感器，自动泊车系统需要在倒车雷达系统基础上，增加 4 个 UPA 和 4 个 APA 超声波传感器，构成前 4 (UPA)、侧 4 (APA)、后 4 (UPA) 的布置格局。

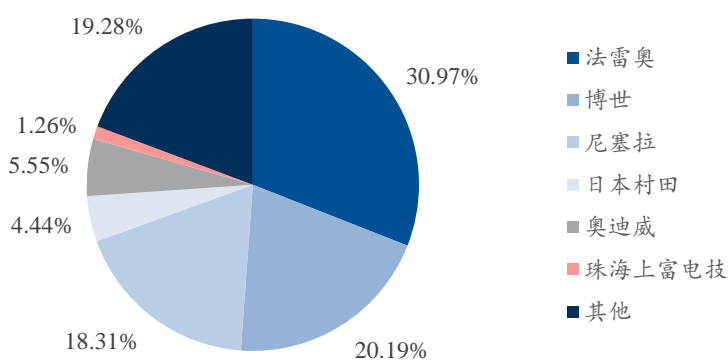
图13: 超声波雷达搭载位置



资料来源：亿欧汽车，民生证券研究院

目前超声波雷达主要市场空间由 Tier1 厂商占据，根据 QYResearch 数据 2018 年全球超声波雷达市场份额，其中法雷奥和博世占据市场 50% 以上份额。截至 2021 年 5 月，汽车之家在售车型有 8998 款，配置了倒车雷达的车型有 7074 款，渗透率达到 79%；其中配置前向雷达车型有 2531 款，渗透率达到 28%。目前超声波雷达较为成熟，市场渗透率较高，价格下探到较低水平，已有像奥迪威等国产厂商切入到该市场。

图14: 2018 年全球超声波雷达市场份额

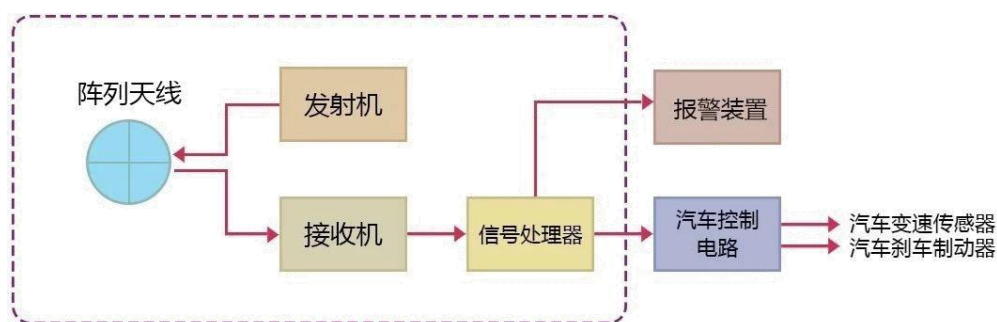


资料来源：QYResearch，民生证券研究院

2.2 毫米波雷达：国内厂商向高频化、集成化国产替代

毫米波雷达通过天线发射调频连续波（FMCW），经目标反射后接收到的回波与发射波存在一个时间差，利用该时间差可计算出目标距离。通过信号处理器分析发射与反射信号的频率差异，基于多普勒原理，可以精确测量目标相对于雷达的运动速度，进一步通过多目标检测与跟踪算法，实现多目标分离与跟踪。

图15: 车用毫米波雷达原理框图



车用毫米波雷达

资料来源:《智能网联汽车蓝皮书(2018)》,民生证券研究院

车载毫米波雷达按工作频段可以分为短程毫米波雷达 SRR (24GHz 频段)、中程毫米波雷达 MRR (76-77GHz 频段)、长程毫米波雷达 LRR (~77GHz 频段)。24GHz 毫米波雷达主要适用短距离范围,应用范围多为盲点监测,车道保持和自动泊车等场景。77GHz 毫米波雷达测距范围可达 100-250 米,探测距离长、识别精度高且穿透力强,主要用于自适应巡航、向前碰撞预警和自动紧急刹车等场景中。

表4: 毫米波雷达性能和主要功能(按工作频段分)

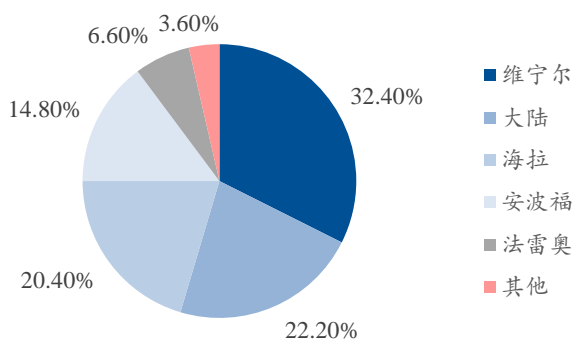
	短程雷达(SRR)	中程雷达(MRR)	长程雷达(LRR)	
工作频段	24GHz	76-77GHz	~77GHz	
探测距离	1~80 米	~160 米	~280 米	
功能	盲点识别(BSR)	后方	后方	
	变道辅助(LCA)	后方	后方	
	后方穿越车辆预警(RCTA)	后方	后方	
	后侧碰撞预警(RCW)	后方	后方	
	自动代客泊车(AVP)	后方	后方	
	倒车车侧警示系统(CTA)	前方	前方	
	驻车开门辅助(VEA)	车身		
	主动车道控制(ALC)	前方	前方	
	自适应巡航(ACC)			前方
	前方碰撞预警(FCW)			前方
	自动紧急制动(AEB)		前方	前方
	行人检测系统(PDS)	前方	前方	

资料来源:麦姆斯咨询,民生证券研究所

政策确定频段划分，77GHz 雷达成为主流方向。欧洲电信标准化协会(ETSI)和联邦通信委员会(FCC)对 24GHz 频段中 UWB 频段的限制，2022 年 1 月 1 日以后，UWB 频段将无法在欧洲和美国使用，只有窄带 ISM 频段可以长期使用。21 年 3 月，中国工信部发文，将 76-79GHz 频段规划用于汽车雷达，并计划自 2024 年 1 月 1 日起，停止生产或者进口在国内销售的 24.25-26.65GHz 频段车载雷达设备。原本由 24GHz 占据的角雷达市场将在未来 2-3 年转变为 77GHz 雷达，77GHz 雷达成为主要发展方向。

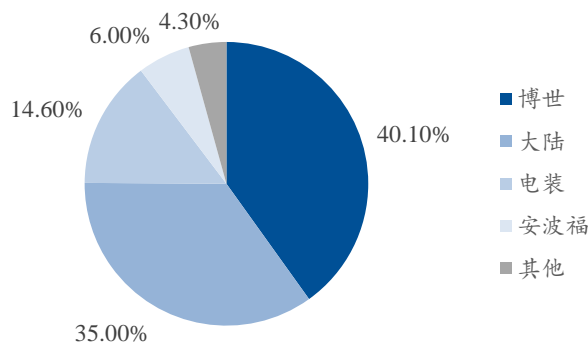
目前毫米波雷达市场主要由 Tier1 厂商占据，其中短距离毫米波雷达主要市场份额由维宁尔（32%）、大陆（22%）、安波福（15%）、法雷奥（7%）构成，长距毫米波雷达主要由博世（40%）、大陆（35%）、电装（15%）、安波福（6%）构成。

图16: 中国乘用车市场短距毫米波雷达市场份额



资料来源：佐思汽研，民生证券研究所

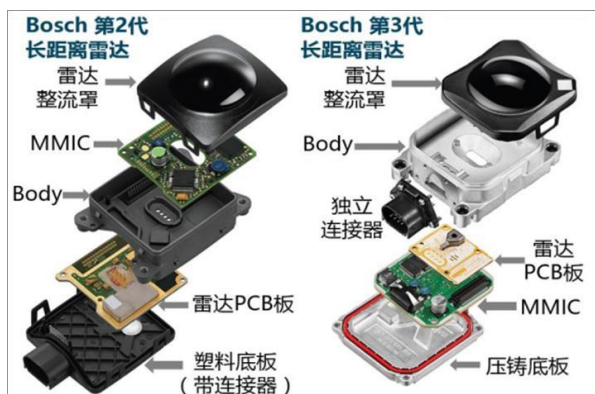
图17: 中国乘用车市场长距毫米波雷达市场份额



资料来源：佐思汽研，民生证券研究所

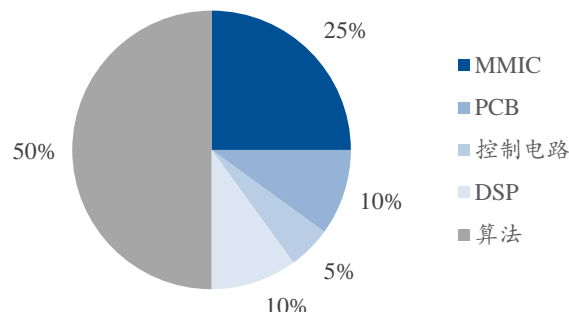
拆分毫米波雷达结构可分为射频前端，信息处理系统以及后端算法三大部分。射频部分成本占比约 40%，其中 MMIC（25%）、PCB（10%）、控制电路（5%）。信息处理系统 DSP 占比 10%，后端算法占比最高达 50%。关键部件 MMIC（单片微波集成电路）包括多种功能电路，如低噪声放大器（LNA）、功率放大器、混频器、检波器、调制器等，主要由英飞凌、飞思卡尔等海外厂商供应。雷达天线高频 PCB 板：毫米波雷达天线的主流方案是微带阵列，将高频 PCB 板集成在普通的 PCB 基板上实现天线的功能，需要在较小的集成空间中保持天线足够的信号强度。77GHz 雷达的大范围运用将带来相应高频 PCB 板的巨大需求。

图18: 毫米波雷达结构拆分



资料来源：电子发烧友，民生证券研究所

图19: 毫米波雷达成本占比



资料来源：高工智能汽车，民生证券研究所

毫米波雷达芯片 CMOS 工艺成为趋势。 CMOS 工艺不仅可将 MMIC 做得更小，甚至可以与微控制单元（MCU）和数字信号处理（DSP）集成为 SoC。国外主流供应商为 TI、英飞凌和 NXP，国内企业有加特兰微电子、岸达科技等。2019 年 3 月 21 日，加特兰微电子发布了其革命性的 Alps 系列毫米波雷达系统单芯片，主要应用于前向 AEB/LKA 等主动控制 ADAS。2020 年 4 月 15 日，岸达科技正式发布了其低功耗、低成本的 77GHz CMOS 的雷达 SoC 芯片“ADT3101”，ADT2001 结合毫米波雷达成像算法,可实现媲美激光雷达的成像效果。

产品设计上高频化、4D 成像雷达创新落地。 目前毫米波雷达市场主要被国外 Tier1 厂商占据，主要厂商集中研发和生产 77GHz、79GHz 雷达、4D 成像雷达。2020 年底，大陆集团宣布 2021 年量产首个 4D 成像雷达解决方案,宝马成为首家量产搭载汽车制造商。21 年 4 月，华为发布高分辨 4D 成像雷达，其采用 12T24R 大天线阵列（12 个发射通道，24 接收通道），比常规毫米波雷达 3T4R 的天线配置，提升了 24 倍，比业界典型成像雷达多 50%接收通道。

毫米波雷达产业链国内厂商实现局部突破。 毫米波雷达的上游环节主体包括各硬件、软件供应商。硬件由射频前端（MMIC）、数字信号处理器（DSP、MCU）、天线 PCB 板等部分构成，软件算法即后端算法。中国毫米波雷达芯片企业核心技术积累少，MMIC 供应商集中为国际企业，如 NXP、英飞凌、TI、意法半导体、瑞萨电子、得捷电子等。随着近两年中国集成电路产业进程的加快，毫米波雷达产业链国内厂商实现局部突破。2018 年厦门意行半导体自主研发的 24GHz SiGe 雷达射频前端 MMIC 套片，率先实现了中国该领域零的突破，现已实现量产和供货。高端 DSP 芯片和 MCU 芯片主要被国外企业垄断，DSP 芯片供应商有亚德诺半导体、美高森美等公司。毫米波雷达高频高速 PCB 板市场主要由国外厂商 ROGERS、松下电器等占据，国内厂商有生益科技、沪电股份。

图20: 毫米波雷达产业链及公司



资料来源: 民生证券研究院整理

注: 加粗为 A 股或港股上市公司

2.3 激光雷达: 技术驱动初期, 前装上车在即

激光雷达是通过发射激光并接收从物体反射回波, 通过回波转换成光电信号从而探测被测物的距离、方位、高度、速度等物理参数的主动遥感设备。

激光雷达可以按照光源波长、发射系统、接收系统和扫描系统的不同进行元器件分类。根据扫描活动部件的多少, 可以分为机械式、混固态式和固态式激光雷达; 根据测距原理的不同则可以分为 ToF 激光雷达和 FMCW 激光雷达。

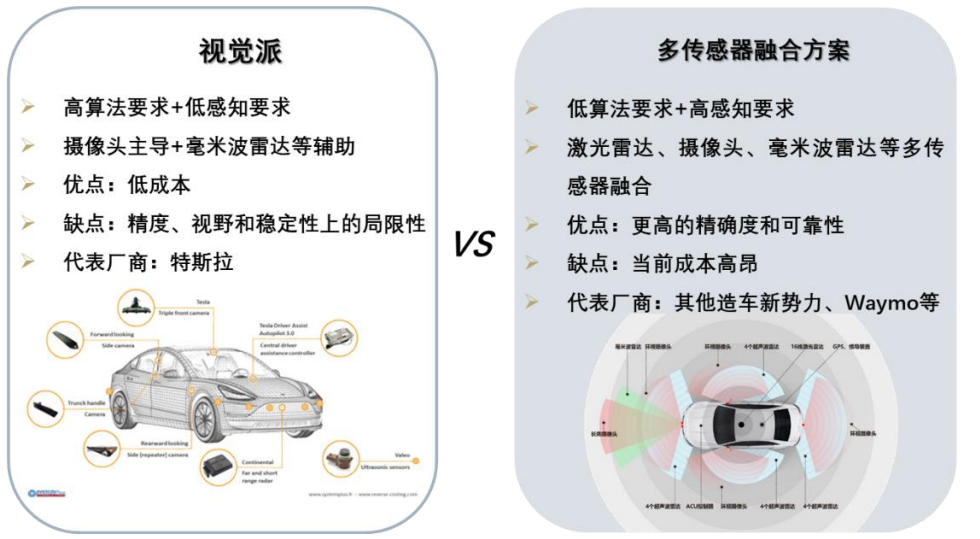
表5: 激光雷达分类

组成部分	具体分类	描述
光源波长	880nm / 905nm	近红外激光
	1350nm	中、远红外激光
	1550nm	
发射端	EEL (边发射激光器)	Edge Emitting Laser 的简称, 即边发射激光器。是一种激光发射方向平行于晶圆表面的半导体激光器。
	VCSEL (垂直腔面发射激光器)	Vertical Cavity Surface Emitting Laser 的简称, 即垂直腔面发射激光器。是一种激光发射方向垂直于晶圆表面的半导体激光器
	光纤激光器	以掺光纤元素玻璃作为增益介质的激光器
接收端	PIN (光电二极管)	在 P 区与 N 区之间生成 I 型层, 吸收光辐射而产生光电流的一种光检测器
	APD (雪崩式光电二极管)	Avalanche Photo Diode 的简称, 即雪崩式光电二极管, 工作在线性增益范围
	SPAD (单光子雪崩式光电二极管)	Single Photon Avalanche Diode 的简称, 即单光子雪崩二极管, 工作在盖革模式, 具有单光子探测能力
	SiPM (硅光电倍增管)	Silicon Photo-Multiplier 的简称, 即硅光电倍增管。集成了成百上千个单光子雪崩二极管的光电探测器
扫描系统	机械式	通过激光雷达整体旋转以达到扫描视场的效果
	振镜 (MEMS)	通过 MEMS 控制振镜振动达到扫描视场的效果
	转镜 (混合固态)	通过折射镜转动达到扫描视场的效果
	Flash	通过发射面光来使激光布满视场
	OPA	通过对阵列移相器中每个移相器相位的调节, 利用干涉原理实现激光按照特定方向发射的技术

资料来源: 民生证券研究院整理

高阶自动驾驶安全冗余, 激光雷达被众多车企选择。目前自动驾驶感知层方案主要分成两个派系, 一个是以特斯拉为首的视觉派, 以摄像头为主导, 高算法低感知要求。另一个是其他造车新势力的多传感融合方案, 低算法高感知要求, 具备更高的精确度和可靠性。长尾场景是实现自动驾驶的一大隐患, 摄像头和毫米波雷达等构成的感知系统对于部分长尾场景会存在决策失灵的情况。实现更高等级的自动驾驶过程, 在感知系统中加入激光雷达来增强冗余性, 提高车辆的安全性是众多车企的选择。激光雷达陆续上车, 如小鹏 P5 搭载大疆激光雷达、极狐阿尔法 S 搭载华为激光雷达。

图21: “视觉派”VS 多传感器融合方案



资料来源: Automotive Teardown Tracks, 民生证券研究院

(一) 车规和 OEM 需求

产品实现前装量产需要经历产品迭代和生产验证流程, 整个流程所需的时间在 18-36 个月。根据速腾聚创资料, 产品需经历 Demo、A 样、B1 样、B2 样的多次迭代和最后 SOP 定型, 在产品迭代的过程中, 激光雷达厂家需要针对车规标准和 OEM 厂商的具体需求改良产品设计。

表6: 激光雷达认证流程

产品版本		Demo	A-sample	B1-Sample	B2-Sample	SOP
产品完成度		原型	30%	50%	75%	100%
硬件	光机设计	原型	原型	架构冻结	尺寸优化, 设计优化	尺寸优化, 设计优化 DFA优化完成 产品性能验收完成
	硬件设计	原型	原型	核心器件选型	方案冻结	产品问题整改完毕 DFM优化完成 系统固件冻结
	产品认证	×	×	×	人眼安全认证Class-1 ROHS	人眼安全认证Class-1 ROHS/FCC/CE/REACH
点云质量	产品功能(点云)	基于机械式know how	完成度: 40%	完成度: 60%	完成度: 80%	完成度: 100%
	道路测试	×	×	累计里程(KM): ~10k	累计里程(KM): ~200k	累计里程(KM): ~1M 覆盖国家: 4个
软件	产品功能(配套功能)	×	×	×	脏物检测 (Demo) 性能监控 (Demo) 自动标定 (Demo)	窗口片加热、脏物检测 性能监控、自动标定 状态机控制 网络管理/电源管理
	软件开发	×	×	软件架构搭建完毕	时间同步PPS 通讯 (自研) 诊断 (自研)	时间同步PPS+PTP AutoSAR 4. X w/ gPTP BootLoader OT
	系统测试	×	×	测试用例覆盖度: 30%	测试用例覆盖度: 65%	测试用例覆盖度: 100%
	功能测试	×	×	测试用例覆盖度: 10%	测试用例覆盖度: 50%	测试用例覆盖度: 100%
功能安全	软件安全认证	×	×	功能安全启动	功能安全覆盖度: 60%	功能安全覆盖度: 100% 功能安全认证: ASIL-B(D)
可靠性	可靠性测试	×	×	摸底测试完成	Pre-DV完成	DV/PV完成

资料来源: 速腾聚创, 民生证券研究院

激光雷达厂商首先需要面对 OEM 厂商提出的性能和成本要求,总体要求是高感知性能、低成本、高集成度。性能方面, OEM 厂商的评价标准又包括实测表现和隐性指标。显性性能参数主要包括测远能力、点频、角分辨率、视场角范围、测距精度、测距准度、功耗、集成度;成本方面则 OEM 厂商则希望单个激光雷达成本控制在 1000 美元以下。各 OEM 厂商提出的要求不一,其中还包括了难以量化的隐性指标如软件能力、美观程度等。

要实现前装还需要通过车规级标准,主要为 ISO26262《道路车辆功能安全》国际标准。车规要求产品可以通过 DV(设计验证)、PV(生产确认)以及 EMC(电磁兼容性)等标准认证,并进行车规振动、冲击、温度循环等测试试验,目前已经通过车规标准并前装量产的有 Valeo 的 Scala。

表7: 激光雷达需要满足车规级标准

车规级认证	制定组织	发布时间	主要测试内容/等级
IATF 16949	国际汽车工作组 (IATF)	2016 年	主要评估五大工具的应用水平: APQP(先期产品质量策划)、FMEA(失效模式及后果分析)、MSA(测量系统分析)、SPC(统计过程控制)、PPAP(生产件批准程序)
ISO 26262	国际标准化组织(ISO)	2018 年	ISO 26262 根据安全风险程度对系统或系统某组成部分确定划分由 A 到 D 的安全需求等级 (汽车安全完整性等级 ASIL), 其中 D 级为最高等级
AEC-Q100	汽车电子委员会(AEC)	2017 年	AEC-Q100 包含 7 大类共计 42 项测试;其中工作温度划分为 4 个等级:0 (-40° C--+150° C)、1 (-40° C--+125° C)、2 (-40° C--+105° C)、3 (-40° C--+85° C)

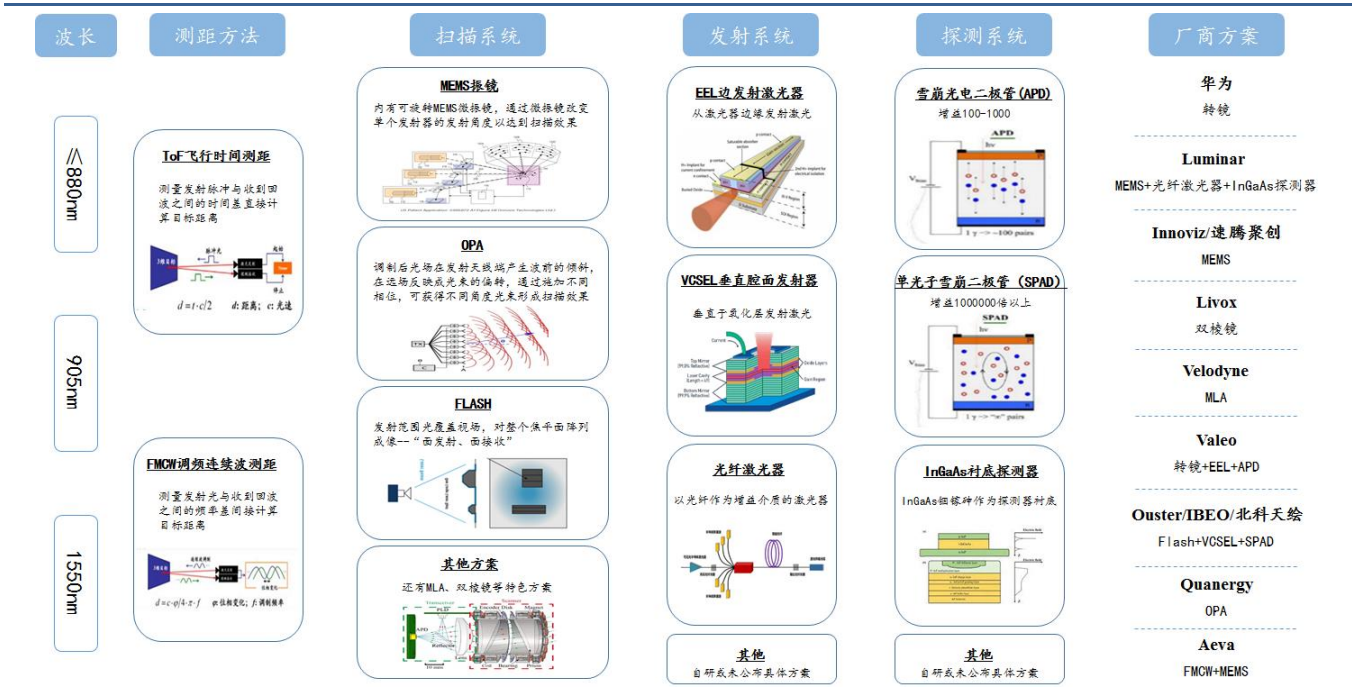
资料来源: 汽车之心, 民生证券研究所

(二) 多种技术路线逐步贴近 OEM 需求, 混战中国内厂商产品竞争力初现

传统激光雷达厂商、大批激光雷达创业公司、科技巨头正参与到车规级激光雷达市场的混战中。当前激光雷达行业龙头仍为 Velodyne 等机械式激光雷达厂商,但由于机械式方案未有完全成熟的车规级产品,三类玩家正在场内抢夺前装量产的时间窗口:传统激光雷达厂商 Velodyne、大陆等;激光雷达创业公司 Luminar、Aeva、Quanergy、Ibeo、禾赛科技、速腾聚创、镭神智能等;科技巨头华为、大疆(Livox)等。

目前车规级激光雷达产品整体方案设计的发展总体方向为低成本、高性能、高集成度、固态化。各厂商根据自身技术储备选择了不同的技术方案以求达到 OEM 厂商的需求,激光雷达厂商通过对激光雷达发射系统,接收系统,信息处理系统和扫描系统的设计组合形成特色方案。

图22: 各激光雷达厂商推出不同产品方案以求达到前装需求



资料来源: 民生证券研究院整理

Luminar 和 Aeva 的产品方案在参数上目前看最接近满足前装需求, 国内厂商 Livox、华为等产品方案具备竞争力。各厂商均针对 OEM 提出的需求对产品进行了设计, 其中 Luminar 和 Aeva 的产品方案在参数上目前看最接近满足 OEM 需求, 国内激光雷达企业也有望激光雷达车载前装市场后来居上:

- 1) 禾赛科技和镭神智能均布局了包括 FMCW 在内的多种路线的关键技术, 从而降低路线失败的风险, 其中禾赛科技 1550nm 波段发射技术和芯片化 1.0 成果已经应用在其激光雷达产品上;
- 2) Livox 采用独特的双棱镜非重复扫描设计, 采用创新设计, 减少使用不成熟的高成本组件和工艺, 借助 DL-Pack 专利技术, 实现激光器自动校准, 提高良品率。目前已与小鹏汽车达成量产项目合作, 量产时间预计将在 2021 年;
- 3) 速腾聚创 MEMS 激光雷达 RS-Lidar-M1 已获得全球多个量产车型定点合作订单, 首个定点订单来自北美某车企, 当前累计路测历程已达 100 万公里;
- 4) 华为采用 1550nm 激光波段和微振镜扫描器架构, 目前已建成第一条 Pilot 产线, 其已与长安、北汽集团合作量产落地项目。

国内厂商在技术实力、路线布局、量产能力和下游资源上具备一定市场竞争力, 随着下一步激光雷达行业从技术路线之争逐步转向量产落地时间窗口之争, 国内厂商大规模量产能力和下游客户资源储备值得长期跟踪。

表8: 激光雷达厂商性能对比

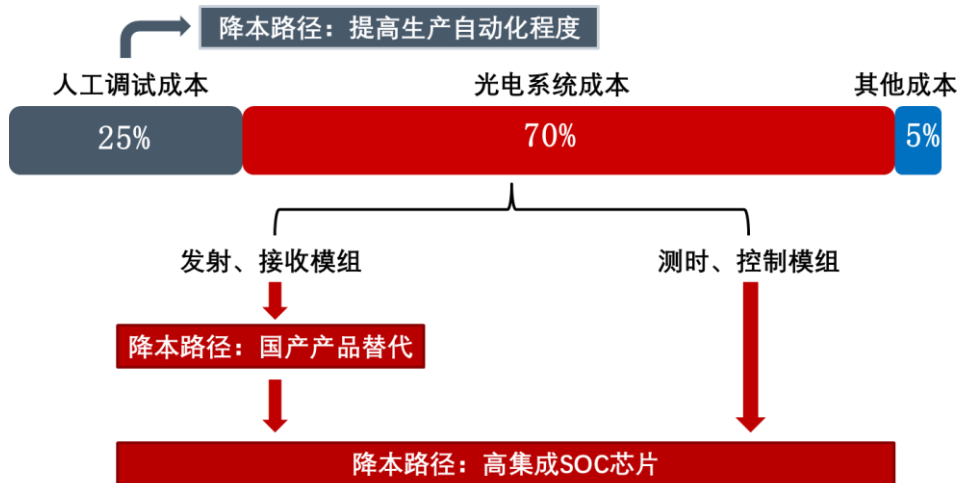
OEM前装主要需求		Luminar	Aeva	Ouster	速腾聚创	镭神智能	Livox	华为	一径科技
性能指标	参数要求	IRIS(预计)	Aeries	ES2	RS-LiDAR-M1	LS21G	傲覓 AVIA	96线中长距激光雷达	ML-X
探测距离	>200米/10%	10%反射率物体达250m 最大距离500m	最大距离300m	0.25m-200m	150m (10%反射率)	250m (10%反射率)	190m (10%反射率)	150m (10%反射率)	200m (10%反射率)
光干扰	影响程度小	影响程度小	基本无影响	影响程度小	一般	影响程度小	影响程度小	影响程度小	一般
激光雷达干扰	影响程度小	影响程度小	基本无影响	-	一般	影响程度小	影响程度小	影响程度小	一般
雨雪雾天气	>200米	✓	✓	-	-	-	-	-	-
视场角FOV	>120°, AV需存在360°方案	H120° /V0-30°	H120° /V30°	H26° /V13°	H120° (-60°~+60°) / V25° (-12.5°~+12.5°)	H120° / V25°	H 70.4° / V 77.2°	H 120° / V 25°	H 60° / V 20°
分辨率	<0.2° *0.2°	0.07° x0.03°	<0.05° *0.05°	0.1° x0.1°	平均0.2° x 0.2°	0.15° /0.075° x 0.1° /0.05°	角度随机误差 < 0.05°	0.25° x 0.26°	0.15° x 0.25°
振动测试	通过	一般	容易	容易	一般	一般	容易	一般	一般
功率	<20W为佳	55W-60W	理论较低	12-18 W	15 W	40 W	重复扫描模式: 9 W 非重复扫描模式: 8 W	-	< 12 W
集成度	高	较高	高	116*68*48	108*110*45 约730g	270*170*50	91*61.2*64.8 mm 498g	-	156 * 88 * 100 mm 约1.4kg
价格	尽可能<1000元	预计单个500美元	单个低于500美元	量产600美元	-	-	¥9,999	大规模量产成本有望低至\$200	-

资料来源: Luminar、Aeva、速腾聚创、镭神智能、华为、一径科技等公司官网, 民生证券研究院 (注: 标蓝部分为该产品已达 OEM 要求项)

(三) 上游元器件成熟降低成本, 国产渗透有望加速

激光雷达成本构成为光电系统成本 (70%)、人工调试成本 (25%)、其他成本 (5%), 其中光电系统还包括发射、接收、控制等模组。目前自动化产线不成熟和多个关键元器件成本高昂是激光雷达成本高企的原因, 未来国产化、高集成度和自动化生产为激光雷达成本主要下降路径。

图23: 激光雷达成本构成



资料来源: 汽车之心, 民生证券研究院

激光雷达上游元器件主要包括发射和接收系统元器件、信息处理芯片和光学组件，其中多个关键元器件仍存在价格高昂或技术未成熟的问题，成为前装量产关键瓶颈。如发射端 VCSEL 激光器在功率密度上难以达标，光纤激光器价格昂贵；接收端 InGaAs 衬底探测器价格高企；扫描系统结构设计复杂等。

激光发射器和探测器上游目前仍以国外厂商为主，激光器供应商目前主要为欧司朗、滨松等厂商，探测器供应商则主要有滨松、First Sensor 等。未来激光雷达发射器和探测器有望出现国产替代，国内厂商已有纵慧激光、炬光科技等入局；探测器端已有芯视界、灵明光子入场。当前已有部分国内公司产品可通过车规认证（AEC-Q102），且激光器厂商已实现多环节自研和国产替代。但产品规格如发光效率上尚未能满足车企和激光雷达厂商要求，未来产品逐步迭代成熟后有望借助低成本等优势实现国产替代。

FPGA、模数转换器由国外厂商垄断，国内技术差距仍较显著。FPGA 和模数转换器市场均为明显的寡头垄断格局，FPGA 芯片主要厂商为赛思灵和英特尔；ADC 芯片市场主要厂商为 ADI 和德州仪器。目前国外龙头企业的芯片产品已基本可满足激光雷达设计需求，国内厂商在该领域距离行业龙头仍具备较大差距。

图24: 发射、接收端有望出现国产替代，提高激光雷达产业链国产渗透率



资料来源: Yole, MEMS 咨询, 民生证券研究院

激光雷达产业链现多点突破机会，国内厂商有望形成合力在混战中占据优势。激光发射和探测系统、滤光片、准直镜等光学组件这些激光雷达关键元器件上，国内厂商产品技术有望接近滨松、欧司朗等国际光电器件龙头。如上游元器件国产替代顺利，上游供应链与国内激光

雷达厂商有望形成合力，以高性能、低成本的激光雷达产品快速抢占混战中的激光雷达市场。

图25: 激光雷达产业链及公司



资料来源：民生证券研究院整理

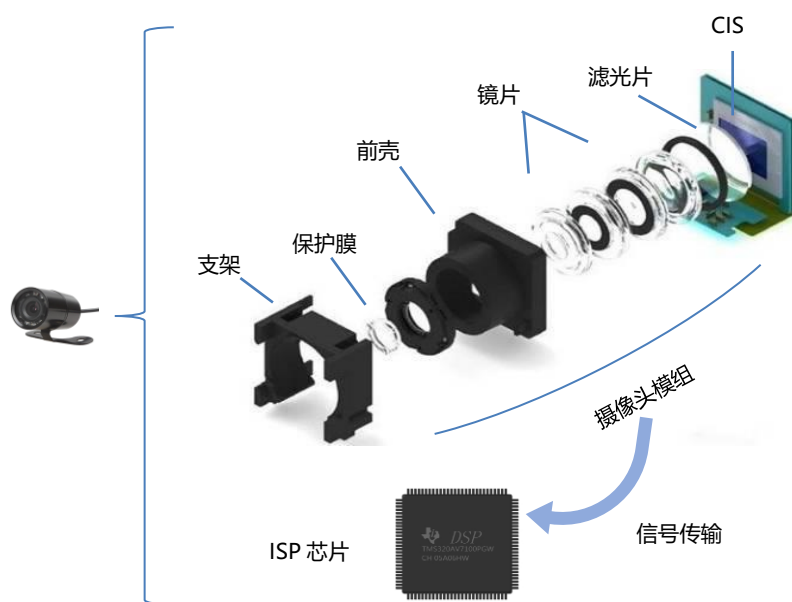
注：加粗为 A 股或港股上市公司

3 摄像头：确定性最强”赛道”，镜头和 CMOS 国产替代格局向好

3.1 远景看车载摄像头千亿市场，近景自动驾驶军备竞赛开启

车载摄像头工作原理：目标物体通过镜头（LENS）将光学图像投射到图像传感器上，光信号转变为电信号，再经过 A/D（模数转换）后变为数字图像信号，最后送到 ISP（图像信号处理芯片）中进行加工处理，由 ISP 将信号处理成特定格式的图像传输到汽车自动驾驶系统进行识别。

图26： 车载摄像头零部件示意图



资料来源：民生证券研究院整理

目前汽车搭载摄像头以环视、后视为主，前视数量呈上升趋势，单目摄像头为主流方案。车载摄像头主要包括前视摄像头、环视摄像头、后视摄像头、侧视摄像头、内置摄像头等。目前车载摄像头主要应用于倒车影像（后视）和 360° 全景影像（环视），高端汽车的各种辅助设备配备的摄像头可多达 8 个，图像分辨率在 1-2MP，用于辅助驾驶员泊车或触发紧急刹车。前视摄像头能够实现前车防撞预警（FCW）、车道偏离预警（LDW）、交通标志识别（TSR）、行人碰撞预警（PCW）等功能，成本较高，对于图像分辨率的要求也更高，目前已有 8MP 的前视摄像头产品。现阶段，前视摄像头以单目为主流方案，多目虽然能有更好的测距功能，但成本也会提高 50%左右，技术上也有进一步提升的空间。随着自动驾驶技术的完善，未来前视摄像头搭载数量或将进一步提升，从而实现更为精准的识别。

表9: 车载摄像头分类

安装部位	类别	数量	功能	描述
前视	单目/双目	1-4	前车防撞预警 (FCW)、车道偏离预警 (LDW)、交通标志识别 (TSR)、行人碰撞预警 (PCW)	安装在前挡风玻璃上, 视角 45° 左右, 双目拥有更好的测距功能, 但成本较单目贵 50%
环视	广角	4-8	全景泊车 (SVP)	在车四周装配 4 个摄像头进行图像拼接以实现全景, 加入算法可实现道路感知
后视	广角或鱼眼	1-4	泊车辅助 (PW)	安装在后尾箱上, 实现泊车辅助
侧视	普通视角	2	盲点检测 (BSD), 替代后视镜	安装在后视镜下方部位, 盲点检测一般用超声波雷达, 但也有摄像头替代

资料来源: 前瞻产业研究院, 民生证券研究院

车载摄像头对安全性有较高要求。手机摄像以成像高质量为目的, 而车载摄像头以驾驶安全为目的。汽车摄像头工作环境变化大, 对帧率、可靠性和稳定性等要求较高。根据中华人民共和国工业和信息化部 2019 年出台的《汽车用摄像头行业标准》, 车载摄像头要求能在 -40°C 到 85°C 的环境中持续工作, 能不受水分浸泡的影响, 防磁抗震, 使用寿命需达 8~10 年。另外, 出于安全的考虑, 车载摄像头需要在短时中断供电的情况下依旧保证工作。

高动态范围、夜视、LED 闪烁抑制等性能将不断普及。目前, 车载摄像头的功能要求其需要具备以下性能: 车载摄像头往往还需要具备夜视功能, 能够抑制低照度摄影时的噪声, 在暗光条件下依然要有出色的表现。水平视角扩大为 25°~135°, 要实现广角以及影像周边部位的高解析度, 至少使用 5 个左右的镜头。

图27: 车载摄像头安全要求



资料来源: 盖世汽车, 民生证券研究院

表10: 车载摄像头部分功能要求

功能	要求
高动态范围 (HDR)	能在高反差背光条件下工作, 将高亮度和低亮度部分同时显现出来; 标清产品不小于 60dB, 高清产品不小于 85dB; 极端情况需要摄像头在超过 100dB 的动态范围内工作。
低照度功能	夜间、隧道中行驶时也能正常工作。
近红外线敏感	需要 850 至 940nm 的近红外光谱仪来照亮场景或实现 3D 感测工作。
LED 闪烁抑制 (LFM)	自动驾驶向 L4、L5 迈进时, 解决对准 LED 光源拍摄时帧率不一带来的闪烁频率不同的问题, 除去车用安全隐患, 提供准确图像。
短时中断供电	中断时间 ≤ 100us 时, 图像质量主观评价不低于 4 分; 中断时间 ≤ 2s 时, 图像质量不低于 3 分。

资料来源: 中国工业和信息化部, 盖世汽车, 民生证券研究院

远景看: 车载摄像头产业将遵循手机摄像头创新规律, 长期受益于智能网联车渗透率提升+单车配置数量提升+性能升级催化 ASP 提升三重因素, 车载摄像头市场持续高景气, 我们测算到 2030 年全球车载摄像头市场规模可达千亿级, 10 年复合增速可达 20% 以上。

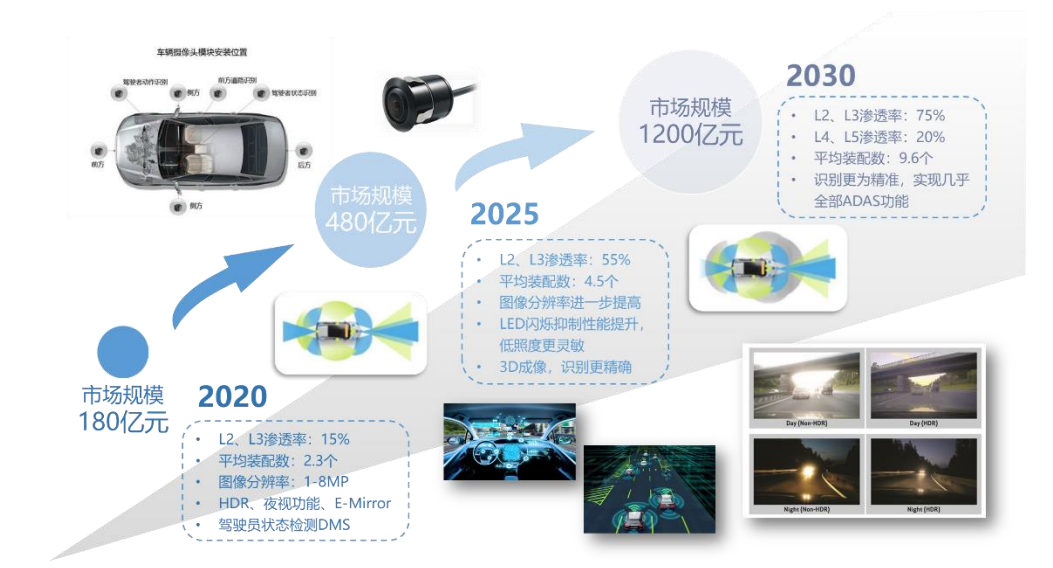
1) 智能网联车渗透率: 根据《智能网联汽车技术路线图 2.0》, 2020-2025 年 L2-L3 级的智能网联汽车销量占当年汽车总销量的比例超过 50%, L4 级智能网联汽车开始进入市场。到

2026-2030年，L2-L3级的智能网联汽车销量占比超过70%，L4级车辆在高速公路广泛应用，在部分城市道路规模化应用；到2031-2035年，各类网联汽车、高速自动驾驶车辆广泛运行。

2) 单车配置摄像头数量：摄像头配置从5个上升8/11/13/15个不同方案，单车平均配置摄像头数量从2.3个上升至4.5、9.6个。

3) 性能升级催化ASP提升：ADAS加速渗透，图像分辨率从1MP升级到8MP，HDR、夜视、3D成像功能优化，催化车载摄像头ASP上行趋势。

图28： 车载摄像头市场规模千亿



资料来源：民生证券研究院整理

近景看：“目明”为智能化第一步，车企自动驾驶军备竞赛已开启，车载摄像头处于爆发前夕。

一般来说，ADAS系统功能完整实现需要单车搭载至少6个摄像头，随着自动驾驶化程度提升，将趋势车载摄像头数量增长。特斯拉的Autopilot 2.0使用8颗摄像头，包括3个前视、3个后视及2个侧视。以蔚来ET7为例，一共搭载了11个车载摄像头，像素达800万，包括4个前置（1个单目和1个三目模块），4个环视摄像头和3个其他摄像头，为驾驶者提供了全景影像，以全方位保证车辆行驶安全。

表11: 车企搭载摄像头方案

车企	车型	摄像头数量	像素	前视摄像头	环视摄像头	其他摄像头
特斯拉	Model 系列	8	120 万	3	2	后置*3
	ET7	11	800 万	4	4	3
蔚来	ES8	5	200 万	三目*1	4	
	ES6	5	200 万	三目*1	4	
小鹏	G3	5	200 万	双目*1	4	双目侧向
	P7	13	200 万	单目*1+三目*1	4	增强感知*5
吉利	ONE	5	200 万	1	4	
	星越	6	100 万		4	行车记录*1
	博瑞 GE	6		1	4	行车记录*1
	缤瑞	3		1		2
比亚迪	2021 款唐 DM	5		1	4	
	2021 款唐 EV	5		1	4	
	汉 DM	5		1	4	
	汉 EV	5		1	4	

资料来源: 特斯拉、蔚来、小鹏、吉利、比亚迪等公司官网, 民生证券研究院

3.2 产业链价值分布, 模组、镜头、CIS 投资价值高

- 1) 市场空间: 模组>CMOS>镜头。到 2030 年预计新能源车单车搭载摄像头个数可达 11.5, 非新能源车单车搭载达到 5.3 个。经测算, 2030 年全球乘用车车载摄像头前装市场规模可达 1232 亿, 10 年复合增速为 21%, 其中搭载数量的复合增速为 18%。产业链 CIS 市场空间可达 517 亿, 镜头可达 345 亿元, 两者占整体摄像头空间比例约 70%。

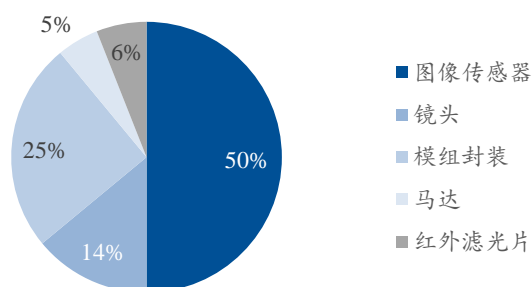
表12: 车载摄像头各产业市场空间测算

	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	CAGR
乘用车销量: 万	5360	5789	6078	6260	6323	6386	6450	6515	6580	6646	6712	2%
增速	-16%	8%	5%	3%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	
L0: 搭载功能车数量: 万	2680	2310	1763	1377	1201	894	774	261	197	199	134	
L1: 搭载功能车数量: 万	1876	2315	2735	2504	2213	1916	1290	977	790	532	201	
L2: 搭载功能车数量: 万	804	1158	1520	2191	2529	2874	3225	3583	2961	2392	2014	
L3: 搭载功能车数量: 万		6	61	188	379	639	968	1303	1974	2525	3020	
L4/5: 搭载功能车数量: 万						64	194	391	658	997	1342	
摄像头搭载总数:	12328	15108	18234	21912	24660	28994	34315	41303	48954	56488	64167	18%
平均单车搭载摄像头个数:	2.3	2.6	3.0	3.5	3.9	4.5	5.3	6.3	7.4	8.5	9.6	15%
新能源车销量: 万	312	463	669	939	1265	1597	1935	2606	3290	3987	4698	31%
增速: %	41%	48%	44%	40%	35%	26%	21%	35%	26%	21%	18%	
摄像头搭载总数:	905	1540	2995	5070	7740	11541	16445	23413	34260	44594	54129	51%
平均单车搭载摄像头个数:	2.9	3.3	4.5	5.4	6.1	7.2	8.5	9.0	10.4	11.2	11.5	15%
非新能源车销量: 万	5048	5326	5410	5321	5058	4790	4515	3909	3290	2658	2014	-9%
增速: %	-18%	6%	2%	-2%	-5%	-5%	-6%	-13%	-16%	-19%	-24%	
摄像头搭载总数:	11423	13569	15240	16842	16920	17342	17760	17780	15133	12773	10588	-1%
平均单车搭载摄像头个数:	2.3	2.5	2.8	3.2	3.3	3.6	3.9	4.5	4.6	4.8	5.3	9%
CIS 单价: 元	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	81	
增速: %	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	
镜头单价: 元	40	41	42	44	45	46	48	49	51	52	54	
增速: %	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	
模组单价: 元	143	147	152	156	161	166	171	176	181	186	192	
增速: %	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	
市场空间: 亿元												
CIS	74	93	116	144	167	202	246	305	372	442	517	21%
镜头	49	62	77	96	111	134	164	203	248	295	345	21%
模组	176	222	276	342	396	480	585	726	886	1053	1232	21%

资料来源: 民生证券研究院整理

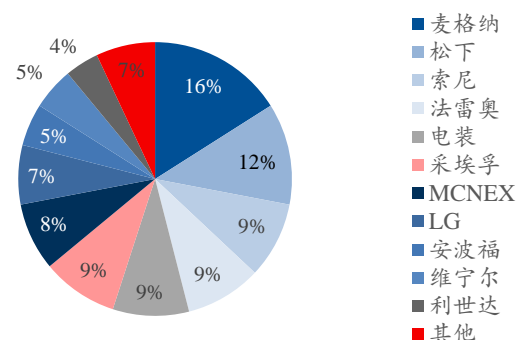
- 2) **产业链价值：CMOS>镜头>模组。**根据安森美的数据，由于 CMOS 是决定成像品质的关键元器件，在车载摄像头成本占比最高（50%），模组封装（25%）、光学镜头（25%）。根据前瞻产业研究院对于手机摄像头的成本拆分，其中 CMOS（52%）、镜头（20%）、模组（19%）。产业链价值分配差异在于，车载摄像头模组成本占比较手机高。我们认为主要原因在于，在车载摄像头产业链中 Tier1 厂商负责模组的组装以及系统集成，长期车企与 Tier1 厂商强绑定的关系中 Tier1 拥有较高议价权。同时我们也注意到镜头等 Tier2 的零部件厂商产业链地位在提升，如特斯拉 Model3 三摄摄像头无需处理 SOC，不添加任何后处理直接由自动驾驶控制域处理信息，如蔚来 ET7 摄像头或将选择镜头厂商直供模组的方式。随着车载模组竞争越来越激烈，预计模组的成本占比将下行，CMOS 和镜头的占比提升。
- 3) **行业集中度：CMOS>镜头>模组。**根据佐思产研的数据，2019 年全球车载摄像头 CR5 达 55%，行业较为分散，Tier1 厂商居多，具备与车企长期合作的优势。根据 ICVTank 数据，车载镜头 CR4 达 78%，舜宇光学占据 34%的份额。根据 Yole 的数据，车载 CIS 市场 CR3 占据 97%的份额，竞争壁垒高。

图29: 典型车载摄像头成本结构



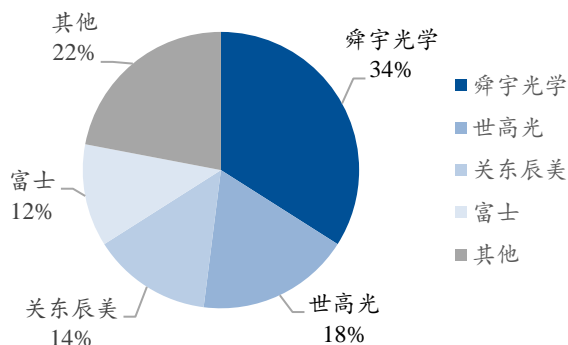
资料来源：安森美，民生证券研究所

图30: 2019 年全球车载摄像头模组市场份额



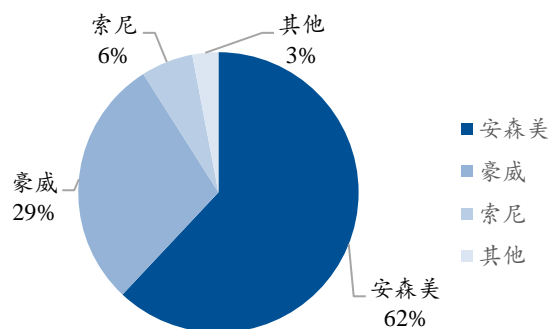
资料来源：佐思产研，民生证券研究所

图31: 2019 年全球车载摄像头镜头市场份额



资料来源：ICVTank，民生证券研究所

图32: 2019 全球车载摄像头 CIS 市场份额



资料来源：Yole，民生证券研究所

车规级认证壁垒高，Tier1 厂商具备先发优势。手机摄像以成像高质量为目的，而车载摄像头对帧率、可靠性和稳定性等要求较高，车规级的认证周期长达 3-5 年。目前模组市场依然由 Tier 1 厂商主导，以博世、大陆、德尔福、麦格纳、采埃孚为代表的 Tier1 厂商提供一系列前视、环视产品，供货给奥迪、奔驰、吉利、广汽等众多车企。未来随着镜头厂商经验积累以及客户关系的稳定，有向车企供给模组的趋势。

表13: 车载摄像头主要厂商产品比较

公司	类别	产品	芯片	图像分辨率 (MP)	动态范围 (dB)	其他参数	主要客户
博世	前视, 单目	MPC2	英飞凌	1	110	视场角: 水平 50°, 垂直 28° 下一代 MPC3 为 AI 摄像头	国外: 奥迪、奔驰、宝马、大众、本田 国内: 吉利、长安
大陆	前视, 单目	MFC500	英伟达	8	N/A	视场角: 125° 有夜视功能	国外: 丰田、福特、通用、宝马
	环视	SVS220	N/A	1.3	N/A	视场角>185°	国内: 广汽、东风
德尔福	N/A	IFV300	Eye Q3	1	115	视场角: 水平 52°, 垂直 39° 像素尺寸 3.75 μm	国外: 福特、沃尔沃、马自达 国内: 长安、吉利
麦格纳	N/A	Gen5 系统	Eye Q5	8	N/A	视场角 120°	通用、大众、奔驰、宝马、福特、本田、现代等
采埃孚	前视, 单目	S-Cam 4	EyeQ4	1.7	N/A	探测距离 170 米, 角度±50°	标志雪铁龙、沃尔沃、奔驰、日产

资料来源: 博世、大陆、德尔福、麦格纳、采埃孚等公司官网, 搜狐网, 民生证券研究所

手机模组及镜头厂商入局, 车载模组新品迭出。国内舜宇光学、欧菲光等厂商在手机镜头模组领域市占率较高, 拥有一定的工艺经验, 在车载模组同样布局良多。舜宇光学模组产品种类较为全面, 仅前视单目模组就有 6 种类别, 分辨率从 1MP-8MP 不等, 视场角从 15° 到 120° 不等, HDR 参数维持在 120dB 左右, 能够实现较多 ADAS 功能。同时舜宇还推出了多目模组, 双摄光轴精度高, 震动位移变形小, 成像清晰温漂小。世高光和 Entron 作为英伟达的摄像头模组供应商, 目前其产品也都包括了 HDR 功能和夜视功能, 图像分辨率维持在 1-2MP 的水平。Entron 向英伟达供应的 F008 前视摄像头模组达到了 8.3MP, 且都具有防潮的能力, 能够实现 ADAS、全景影像、E-Mirror 等功能。

表14: 车载摄像头主要厂商部分模组产品比较

公司	安装位置	产品型号	分辨率 (MP)	视场角 (°)	动态范围 (dB)	帧率 (fps)	产品亮点	应用
舜宇光学	前视	前视感知单目模组	1-8	120	>120	60	车大灯鬼像抑制 高低温成像清晰 结构抗震不松动	交通车道监测, 自行车检测, 车辆检测, 车头灯和尾灯检测, 一般障碍物检测, 交通标志识别, 交通信号识别, 行人检测
		前视感知多目模组	1-2	100	120	60	双摄光轴精度高 震动位移变形小 成像清晰温漂小	车距检测与警告, 车道偏离警告 (精度提高), 前方碰撞警告, 电子车身稳定, 自适应巡航控制, 自动紧急刹车, 3D-MAPPING
	环视	外摄显像环视模组	1-2.5	190	140	≥45	防结露, 快速除雾; IP69 防护等级光心静度高; 拼接偏差小; 高低温图像清晰	外摄显像环视
	后视	外摄显像倒车后视镜模组	1	190	120	60	便于安装, 抗震动; IP69 防护等级; 防结露, 图像清晰	倒车后视镜
	侧、后视	外摄显像 E-MIRROR	1	90	120	60	动态范围宽, 明暗可兼顾; 功耗低, 温变小; 高低温温漂小, 图像温变清晰; 防结露, 快速除雾	智能后视镜
	世高光	N/A	SF3324	2.3	190	N/A	N/A	防水防潮
Entron	前视	F001	2.3	N/A	96	30	自然的HDR, 夜视也清晰	ADAS, E-Mirror
	环视、后视	S002	1	>190	96	30	夜视清晰, 1/4'' HD sensor	环视, 后视
	环视	S003	1.3	>190	140	60		ADAS, 全景AVM

资料来源: 舜宇光学、世高光、Entron 等公司官网, 民生证券研究所

车载镜头要求镜片具有高耐用性和热稳定性。按材质来分, 镜片可由玻璃、塑料制成。目前车载摄像头玻璃和塑料镜片均有选用, 对于自动驾驶等级要求较高的镜头多选用玻璃镜头。玻璃镜片具有高耐用度和防刮伤性, 且温度性能较好。塑料镜片价格便宜但是成像效果差, 且在汽车恶劣的使用环境中容易造成镜片变形, 影响成像质量。

1) 塑料镜头:

优点: 重量轻、成本低、工艺难度低, 适合大批量生产;

缺点: 透光率稍低, 耐热性差、热膨胀系数大、耐磨性差、机械强度低等。

2) 玻璃镜片:

优点: 性能优良, 透光率高;

缺点: 主要是量产难度大, 良率低、成本高。玻璃镜头一般用在中高端安防视频监控、车

载镜头、中高端新兴消费类电子、机器视觉等高端产品上。

表15: 不同种类光学镜头特征对比

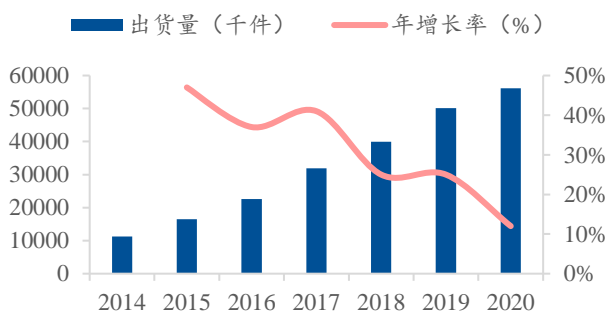
特征	玻璃镜头	塑料镜头	玻塑混合镜头
工艺难度	高	低	中
量产能力	低	强	强
生产成本	高	无或弱	强
热膨胀系数	低	高	高
重量	重	高	低
透光率	镀膜后单镜片可达 99%	镀膜后单镜片 89-92%	介于两者之间
主要下游应用	中高端安防视频监控、车载镜头、中高端新兴消费类电子、机器视觉等	智能手机等	智能手机、安防视频监控、车载镜头、新兴消费类电子等
代表性企业	日本腾龙、富士能、CBC 等，中国的福光股份、联合光电、舜宇、联创电子	大立光、玉晶光电、舜宇光学	舜宇光学、凤凰光学、宇瞳光学

资料来源：智研咨询，民生证券研究所

舜宇光学早期进军车载摄像头领域，市场占有率持续第一。公司自 2004 年进入车载镜头领域，并在 2008 年成立了宁波舜宇车载光学技术有限公司，于 2012 年首次达到市场占有率第一并保持该地位至今。从出货量来看，公司自 2014 年的 0.11 亿颗增长至 2020 年的 0.56 亿颗，CAGR 达 30.76%。其产品布局丰富，在光学领域有着深厚积累和领先技术，作为我国车载镜头的领跑者，目前已完成了 800W 像素前视、侧视和后视镜头的研发，可应用于 L4 级 ADAS。

联创电子 2015 年就进入了特斯拉产业链，现在又中标 5 款 Tesla 下一代车载光学产品陆续上量，有望成为 Telsa 车载镜头一供。在另一造车新势力蔚来 ET7 这款车中，联创中标了 7 款 8M ADAS 车载模组。与 ADAS 平台商合作上，公司已与 ADAS 平台商 Mobileye、Nvidia、华为、Aurora 和 DJ 等开展战略合作，Mobileye EyeQ4、EyeQ5 分别通过 2 颗、8 颗认证；在华为中标多款高端车载镜头。

图33: 舜宇光学车载镜头出货量（千件）



资料来源：舜宇光学官网，民生证券研究所

图34: 联创电子车载镜头产品



资料来源：联创电子官网，民生证券研究所

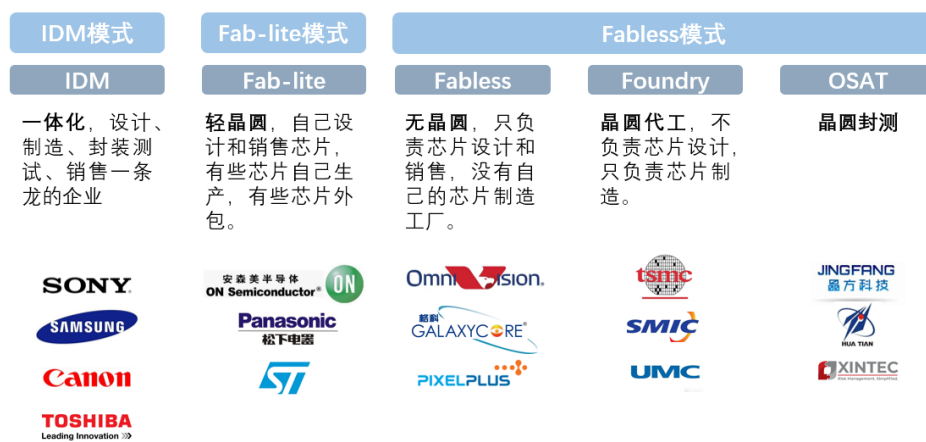
CMOS 产业链最高价值的一环，行业壁垒高，市场集中度高。在车载摄像头领域，CIS 的市场主要由安森美和韦尔股份（豪威）两大厂商主导。根据 2019 年 Yole 报告，全球车载摄

摄像头 CMOS 图像传感器市场安森美占据了 62% 的市场份额，韦尔股份（豪威）紧随其后占据 29%，索尼占比 6%，市场集中度高。韦尔股份（豪威）也是前三名中唯一采用 Fabless 生产模式的厂商，此外索尼和三星、格科微等逐渐加大车载 CMOS 的投入，争夺市场份额。

CIS 领域以 IDM 整体更强，Fabless 较为灵巧。CIS 芯片产业链主要分为三种：IDM、Fab-lite 和 Fabless。

- 1) **IDM 模式**：从设计到生产进行垂直一体化，诸如索尼和三星，反应速度更快，供应链可控。
- 2) **Fab-lite 模式**：轻晶圆模式，自己设计和销售芯片，有些自产有些外包，诸如安森美、松下。
- 3) **Fabless 模式**：由无晶圆设计厂商负责设计和销售，由晶圆代工厂完成芯片制造，再由晶圆封测厂进行封测。韦尔股份（豪威科技）为 Fabless 模式，晶圆代工厂代表是台积电，封测代表有晶方科技，容易调整产能结构。2020 年韦尔股份发行可转债，其中募集 13 亿元用于晶圆测试及晶圆重构（RW）生产线项目（二期），通过自建产线有利于降低供应端的风险。

图35: CIS 芯片生产模式



资料来源：Yole，民生证券研究所

像素升级是必由之路，HDR、LFM 和低照度敏感成为趋势。用于前视摄像头的 CIS 图像分辨率不断提升，目前达到了 8MP，以提供更精确的图像便于识别，而环视、后视基本在 2MP 左右。从各大厂商新推出的产品来看，基本都具有了高动态范围（HDR）和低照度敏感的性能。前视摄像头达到了 140dB 动态范围，这可以使得摄像头在所有光照条件下都能捕捉到高清图像，甚至连高明暗对比度的场景中也能实现。此外部分产品还具有了 LFM 性能，CIS 在摄像头工作时不会因为 LED 光脉冲出现差错，降低识别错误发生的可能。目前 LFM 有两种技术路线，一种是超级曝光，一种是大小像素，安森美采用的是前者，豪威科技和索尼采用的是后者。

表16: 豪威科技和安森美部分 CIS 产品比较

公司	型号	摄像头安装位置	分辨率 (MP)	像素大小 (μm)	HDR (dB)	LED 闪烁抑制 (LFM)	Low-light sensitivity	推出时间	单价及数量 (美元)
豪威科技	OX08A4Y	前视	8.3	2.1	140			2019.12	N/A
	OX08B4C	前视	8.3	2.1	140	√		2020.6	N/A
	OV2775	前视、环视、后视、侧视	2	2.8	94			2019.4	约 10.8 (720+)
	OX02A10	环视、后视	1.7	4.2	110	√	√	2020.5	N/A
	OV10650	环视、后视	1.7	4.2	120		√	2020.8	约 16.5 (550+)
	OX03F10	环视、后视、车内	3	3	140	√	√	2021.1	N/A
	OV7261	车内	0.3	6				2018.4	约 18.7 (1080+)
	OV2311	车内	2	3				2020.5	约 13.7 (400+)
安森美	AS0140AT	前视、环视、侧视	1	3	√		√	N/A	N/A
	AR0233AT	前视、环视、后视	2.6	3	>140	√	√	N/A	N/A
	AR0143AT	环视、后视	1.3	3	√			N/A	N/A
	AR0220AT	环视、后视	1.7	4.2	120		√	N/A	N/A
	AR0135AT	车内	1.2	3.75			√	N/A	N/A
	AR0234AT	车内	2.3	3			√	N/A	N/A

资料来源：豪威科技、安森美等公司，民生证券研究所

3.3 建议关注产业链重点细分领域具备竞争优势企业

产业链角度来看，建议关注模组、镜头、CMOS 等价值量占比大的细分领域中具备竞争优势的公司：1) 主要的模组厂商有舜宇、联创电子、欧菲光；2) 主要镜片厂商有舜宇、联创电子；3) CMOS 厂商有韦尔股份（豪威科技）。

图36: 车载摄像头产业链及公司



资料来源: 民生证券研究院整理

注: 加粗为 A 股或港股上市公司

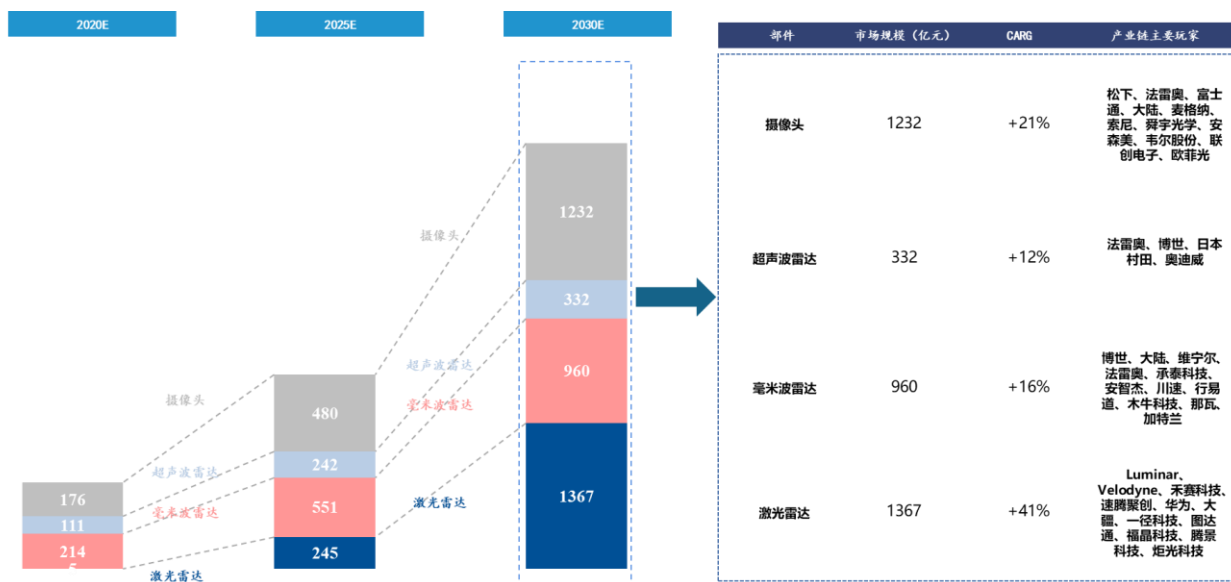
4 投资建议

智能电动汽车是未来 5-10 年投资的优质“赛道”，在 2020 年风口启动之初，市场最关注的是汽车的电动化属性。新能源车是最确定性的方向，资本市场提前以科技股的投资理念给予特斯拉、蔚来、小鹏等造车新势力高市值。随着苹果、小米等手机厂商进入智能汽车“赛道”，以及华为、Mobileye、百度等新兴 Tier1 赋能传统车企后来居上，智能电动汽车格局充满不确定性。而巨头大规模入局，意味着行业逐渐走向成熟。智能电动汽车终局不定，但在不确定中寻找确定性，我们认为当前阶段上游零部件产业链的投资机会是相对确定的。围绕智能化这条主线，建议首先关注感知层投资机会。

我们预计到 2030 年智能驾驶所带动的感知层硬件市场规模可达 3892 亿元，10 年 CAGR 为 23%。其中摄像头 1232 亿元，10 年 CAGR 为 21%；超声波雷达 332 亿元，10 年 CAGR 为 12%；毫米波雷达 960 亿元，10 年 CAGR 16%；激光雷达 1367 亿元，2025-2030 年 CAGR 41%。

感知层四个“赛道”中：1) 摄像头增长确定性最强，在镜头和 CMOS 产业链环节格局向好，我国已有具备全球竞争力的企业韦尔股份、舜宇光学、联创电子。2) 激光雷达“赛道”弹性最大，目前还处于技术驱动阶段，风险与机遇并存，建议关注速腾聚创、禾赛科技等初创激光雷达公司；福晶科技、腾景科技、永新光学等光学元件公司；炬光科技等元器件公司。3) 毫米波雷达犹存国产替代空间，虽然主要市场被 Tier1 占据，国产初创公司进行技术集成化创新，仍有打破垄断的机会。4) 超声波雷达市场技术较为成熟，已有奥迪威等国内厂商布局。

图37: 感知层四个“赛道”市场规模和竞争格局一览



资料来源：民生证券研究院整理

注：图示中激光雷达列举的 2025-2030 年的 CAGR

5 风险提示

智能汽车发展不达预期，消费者接受程度不达预期，产业链量产进程缓慢。

插图目录

图 1:	2019 年全球和中国乘用车出货量 (万辆)	4
图 2:	2019 年全球和中国商用车出货量 (万辆)	4
图 3:	后融合示意图	7
图 4:	前融合示意图	7
图 5:	传感器融合过程	8
图 6:	传统汽车产业链层层划分	8
图 7:	智能车企 ADAS 方案厂商变迁	9
图 8:	智能车企 ADAS 方案厂商变迁	10
图 9:	特斯拉 Model3 三摄与采埃孚三摄模块对比	10
图 10:	特斯拉毫米波雷达内部结构拆解	11
图 11:	感知层四个“赛道”市场规模	12
图 12:	超声波雷达工作原理	13
图 13:	超声波雷达搭载位置	14
图 14:	2018 年全球超声波雷达市场份额	14
图 15:	车用毫米波雷达原理框图	15
图 16:	中国乘用车市场短距毫米波雷达市场份额	16
图 17:	中国乘用车市场长距毫米波雷达市场份额	16
图 18:	毫米波雷达结构拆分	17
图 19:	毫米波雷达成本占比	17
图 20:	毫米波雷达产业链及公司	18
图 21:	“视觉派”VS 多传感器融合方案	20
图 22:	各激光雷达厂商推出不同产品方案以求达到前装需求	22
图 23:	激光雷达成本构成	23
图 24:	发射、接收端有望出现国产替代, 提高激光雷达产业链国产渗透率	24
图 25:	激光雷达产业链及公司	25
图 26:	车载摄像头零部件示意图	26
图 27:	车载摄像头安全要求	27
图 28:	车载摄像头市场规模千亿	28
图 29:	典型车载摄像头成本结构	30
图 30:	2019 年全球车载摄像头模组市场份额	30
图 31:	2019 年全球车载摄像头镜头市场份额	30
图 32:	2019 全球车载摄像头 CIS 市场份额	30
图 33:	舜宇光学车载镜头出货量 (千件)	33
图 34:	联创电子车载镜头产品	33
图 35:	CIS 芯片生产模式	34
图 36:	车载摄像头产业链及公司	36
图 37:	感知层四个“赛道”市场规模和竞争格局一览	37

表格目录

表 1:	自动驾驶感知层硬件配置	5
表 2:	各类传感器特点	6
表 3:	主要车企重点车型感知层硬件配置	6

表 4: 毫米波雷达性能和主要功能（按工作频段分）	15
表 5: 激光雷达分类	19
表 6: 激光雷达认证流程	20
表 7: 激光雷达需要满足车规级标准	21
表 8: 激光雷达厂商性能对比	23
表 9: 车载摄像头分类	27
表 10: 车载摄像头部分功能要求	27
表 11: 车企搭载摄像头方案	29
表 12: 车载摄像头各产业市场空间测算	29
表 13: 车载摄像头主要厂商产品比较	31
表 14: 车载摄像头主要厂商部分模组产品比较	32
表 15: 不同种类光学镜头特征对比	33
表 16: 豪威科技和安森美部分 CIS 产品比较	35

分析师与研究助理简介

王芳，电子行业首席，曾供职于东方证券股份有限公司、一级市场私募股权投资有限公司，获得中国科学技术大学理学学士，上海交通大学上海高级金融学院硕士。

陈海进，电子行业核心分析师，6年从业经验，曾任职于方正证券、中欧基金等，南开大学国际经济研究所硕士

陈蓉芳，电子行业研究员，曾供职于国金证券股份有限公司，香港中文大学金融学硕士，南开大学国际商务学士。

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测未来股价涨幅 15% 以上
	谨慎推荐	分析师预测未来股价涨幅 5%~15% 之间
	中性	分析师预测未来股价涨幅-5%~5% 之间
	回避	分析师预测未来股价跌幅 5% 以上
行业评级标准		
以报告发布日后的 12 个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测未来行业指数涨幅 5% 以上
	中性	分析师预测未来行业指数涨幅-5%~5% 之间
	回避	分析师预测未来行业指数跌幅 5% 以上

民生证券研究院：

北京：北京市东城区建国门内大街28号民生金融中心A座17层； 100005

上海：上海市浦东新区世纪大道1239号世纪大都会1201A-C单元； 200122

深圳：广东省深圳市深南东路 5016 号京基一百大厦 A 座 6701-01 单元； 518001

免责声明

本报告仅供民生证券股份有限公司（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。

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、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户的投资建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。客户不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。本公司也不对因客户使用本报告而导致的任何可能的损失负任何责任。

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。

本公司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参与本报告所提及的公司的金融交易，亦可向有关公司提供或获取服务。本公司的一位或多位董事、高级职员或/和员工可能担任本报告所提及的公司的董事。

本公司及公司员工在当地法律允许的条件下可以向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务以及顾问、咨询业务在内的服务或业务支持。本公司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。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。

未经本公司事先书面授权许可，任何机构或个人不得更改或以其他方式发送、传播本报告。本公司版权所有并保留一切权利。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。