

行业名称

证券研究报告/行业深度报告

2022年3月22日

评级：增持（维持）

分析师：王芳

执业证书编号：S0740521120002

Email: wangfang02@zts.com.cn  
研究助理：张琼

Email: zhangqiong@zts.com.cn

重点公司基本状况

简称	股价(元)	EPS				PE				PEG	评级
		2019	2020	2021E	2022E	2019	2020	2021E	2022E		
永新光学	123.1	1.46	2.37	2.38	3.01	84	52	52	41	1.9	买入
炬光科技	122.9	0.39	0.75	1.33	2.36	317	163	92	52	1.1	未评级
蓝特光学	17.42	0.45	0.35	0.39	0.94	38	50	44	19	1.6	买入
腾景科技	21.33	0.55	0.40	0.81	1.16	39	53	26	18	0.9	未评级
福晶科技	14.45	0.34	0.42	-	-	43	34	-	-	-	未评级

备注：未评级股票盈利预测为wind一致预期

基本状况

上市公司数 287  
行业总市值(百万元) 4,693,835  
行业流通市值(百万元) 2,546,751

行业-市场走势对比



相关报告

- 1【中泰电子】汽车电子系列报告：汽车电动智能化发展，引领电子行业新机遇
- 2【中泰电子】汽车电子系列报告：车载摄像头黄金赛道，领先厂商十年高成长
- 2【中泰电子】汽车电子系列报告：汽车电动化、智能化驱动PCB新发展

报告摘要

- **智能驾驶风起云涌，激光雷达弹性巨大。**目前算法还无法完全弥补硬件感知缺陷，激光雷达在高级别自动驾驶中不可或缺，L3/L4/L5级别的智能车分别需要搭载1/2/4台激光雷达。2022年包括奔驰S、宝马ix、蔚来ET7、小鹏G9、理想L9等多款搭载激光雷达的高级别智能车开启交付，平均激光雷达搭载量约为2颗，加速激光雷达量产上车。目前激光雷达的单台成本约为1000美元，预计2025年下降到500美元以内，届时激光雷达的市场规模将超过250亿元，2021-25年的CAGR高达162%，是汽车智能化浪潮下弹性最大的赛道。
- **多技术路线百花齐放，车企投资整机厂弱化路线不确定性。**目前激光雷达产业链仍不成熟，多种技术路线百花齐放，半固态（905nm+转镜/MEMS+ToF）的扫描方案相对成熟，最易通过车规认证，成为车企短期加速上车的主流选择。法雷奥SCALA转镜式激光雷达是全球第一款过车规的激光雷达，2018年搭载于奥迪A8，2022年开启交付的车型也基本都是转镜/MEMS方案。固态方案（1550nm+OPA+FMCW）的机械部件最少，性能稳定、可靠性高，是激光雷达迈向小型化、高性能、低成本的未来发展方向。市场普遍担心激光雷达搭载的必要性，以及技术路线变化带来的不确定性，我们看到：一方面，高算力要求的纯视觉路线短期难以得到有效突破，硬件预埋趋势下激光雷达已经成为车企的主流选择，激光雷达短期高成长性无虞；另一方面，车企、Tier 1纷纷投资激光雷达整机厂，产业联合既能加快激光雷达先进技术的研发突破，弱化车企在面对技术路线不确定性时的被动性，也有助于产业链快速降低制造成本，提高激光雷达未来搭载的性价比。
- **行业爆发初期上游确定性高，光学元件厂商迎来业绩高增甜蜜期。**不同技术路线下激光雷达对元件的使用具有共性，因此国内具备显著优势或稀缺性的上游元件厂商迎来高成长确定性。1)收发模块成本占比高达50-60%，目前主要被海外厂商所主导，主因其布局较早，技术领先、产品成熟度高，国内厂商在国产替代趋势下亦呈现加速追赶态势，比如长光华芯逐渐实现高功率半导体激光芯片的国产化。2)光学元件分布在收发模块和扫描模块中，成本占比（10-15%）仅次于收发模块，我国厂商具备全球领先优势，成本优势突出，与主流整机厂合作并收获定点的厂商将显著受益激光雷达行业的高弹性，炬光科技预计23年激光雷达收入约为20年的19倍。长期来看，在轻量化趋势下扫描方式逐渐由半固态向固态方案转变，具备多元件供应能力，且能够纵向延伸下游整机组装环节的光学元件厂将具备持续成长动能。永新光学具备多类核心光学元件供应能力，且已经切入非车规激光雷达代工环节，拥有较强竞争实力。
- **投资建议：**激光雷达是汽车智能化弹性最大的赛道，行业爆发初期上游确定性高，建议关注国内具备技术、成本优势，且已经获主流整机厂定点订单的标的，比如永新光学（与Innoviz、禾赛合作）、炬光科技（与Velodyne、Luminar、大陆合作）、蓝特光学（与速腾聚创合作）、长光华芯（拟上市，与华为合作）、腾景科技（与禾赛、镗神智能合作）。
- **风险提示：**智能车渗透率不及预期；技术路线变化下相关公司无法维持竞争优势；研报使用的信息更不及时；需求/规模测算不及预期等。

## 内容目录

一、智能驾驶风起云涌，激光雷达乘风启航.....	- 5 -
二、多技术路线百花齐放，OPA+FMCW有望最终胜出.....	- 10 -
2.1 发射系统：EEL 激光器占主导，未来可能转向 VCSEL 和光纤激光器	- 11 -
2.2 扫描系统：混合固态为当前主流，未来看好纯固态 .....	- 13 -
2.3 测距方式：主流采用 ToF 方案，未来 FMCW 和 ToF 将并存 .....	- 15 -
2.4 接收系统：探测器由 APD 逐渐向 SPAD 发展，最终有望走向 SiPM..	- 16 -
2.5 路线选择：短期看重过车规，中期侧重降成本，长期比拼性能 .....	- 16 -
三、激光雷达产业链蓬勃发展，车企投资整机厂实现强绑定 .....	- 23 -
四、上游高成长确定性，目标客户与定点多寡决定业绩弹性 .....	- 27 -
3.1 激光器：激光雷达核心模块，国内加速自研追赶 .....	- 28 -
3.2 探测器：海外厂商具备先发优势，国内布局高端有望弯道超车 .....	- 31 -
3.3 光学元件：国内具备全球领先优势，定点释放带来高业绩弹性 .....	- 31 -
3.4 信息处理芯片：海外厂商占据主导优势，国产替代加速推进 .....	- 35 -
五、投资建议 .....	- 36 -
六、风险提示 .....	- 37 -

## 图表目录

图表 1: L2 向 L3 跃迁窗口期，2022 年将成为智能汽车元年.....	- 5 -
图表 2: 智能驾驶系统分为感知、决策和执行三层.....	- 6 -
图表 3: 智能汽车感知层各类传感器的感知范围 .....	- 6 -
图表 4: 不同传感器的性能对比.....	- 6 -
图表 5: 激光雷达相比摄像头受到的环境干扰更小.....	- 6 -
图表 6: 纯视觉方案和激光雷达方案的对比.....	- 7 -
图表 7: 部分车型的激光雷达搭载方案.....	- 8 -
图表 8: 激光雷达成本下行有望成为 L3 及以上级别车型的标配.....	- 8 -
图表 9: 激光雷达是汽车智能化感知层中弹性最大的赛道.....	- 9 -
图表 10: 高精地图的样例示意图.....	- 10 -
图表 11: ToF 激光雷达核心模块示意图.....	- 10 -
图表 12: 行业发展初期，激光雷达解决方案百花齐放.....	- 10 -
图表 13: VCSEL 和 EEL、LED 激光器的成像效果对比 .....	- 11 -
图表 14: 相比于光纤激光器，半导体激光器的车规成熟度更高 .....	- 12 -
图表 15: 905nm 和 1550nm 激光器主要性能对比 .....	- 12 -
图表 16: 905nm 激光器探测距离极限约为 200 米.....	- 12 -
图表 17: Velodyne 机械式激光雷达.....	- 13 -

图表 18: 多边形棱镜扫描原理示意图.....	- 14 -
图表 19: MEMS 扫描原理示意图.....	- 14 -
图表 20: 激光雷达根据扫描方式分类性能特点.....	- 14 -
图表 21: 三角测距法斜射式光路图.....	- 15 -
图表 22: TOF 和 FMCW 性能对比.....	- 16 -
图表 23: SPAD 的探测性能具备明显优势.....	- 16 -
图表 24: 可靠性、性能和成本是决定激光雷达落地的三大主要因素.....	- 17 -
图表 25: RS-LiDAR-M1 从 Demo 到 SOP 各阶段需满足不同的要求.....	- 18 -
图表 26: 2022 年量产车型普遍采用易过车规的转镜/MEMS 方案 (名单为部分车型梳理).....	- 18 -
图表 27: 光电系统占分立式激光雷达总成本近 70%.....	- 19 -
图表 28: 探测器、激光器和芯片主要被海外厂商主导.....	- 20 -
图表 29: 1550nm+OPA+FMCW 有望成为激光雷达的最终技术解决方案.....	- 20 -
图表 30: 激光雷达整机厂向固态方案演进的两种路径.....	- 21 -
图表 31: 主要激光雷达整机厂的技术路线布局.....	- 21 -
图表 32: 汽车智能化趋势下激光雷达加速上车.....	- 23 -
图表 33: 2021 年全球激光雷达整机厂份额占比.....	- 23 -
图表 34: 速腾聚创 M1 参数性能行业领先.....	- 24 -
图表 35: 禾赛 Pandar GT 和速腾 M1 的产品性能对比.....	- 25 -
图表 36: 车企密集投资整机厂布局激光雷达.....	- 26 -
图表 37: 激光雷达内部光学元件结构图.....	- 27 -
图表 38: Velodyne VLP-16 机械式 BOM 成本结构.....	- 27 -
图表 39: Livox Horizon 棱镜式 BOM 成本结构.....	- 27 -
图表 40: 法雷奥 SCALA 转镜式 BOM 成本结构.....	- 28 -
图表 41: MEMS 微振镜激光雷达 BOM 成本结构.....	- 28 -
图表 42: 全球激光器主要供应商的产品布局.....	- 28 -
图表 43: 炬光科技从上游元器件向中游应用延伸打开成长空间.....	- 29 -
图表 44: 炬光科技激光雷达业务收入快速增长 (单位: 百万元).....	- 30 -
图表 45: 长光华芯是国内稀缺的高功率半导体激光芯片厂商.....	- 30 -
图表 46: 国内厂商前瞻布局 SPAD、SiPM 有望弯道超车.....	- 31 -
图表 47: 国内在光学元件领域拥有众多优势企业.....	- 32 -
图表 48: 舜宇光学营收及增速.....	- 32 -
图表 49: 舜宇光学产品结构.....	- 32 -
图表 50: 永新光学主要产品为光学显微镜及光学零组件.....	- 33 -
图表 51: 永新光学主营业务营收 (单位: 亿元).....	- 33 -
图表 52: 永新光学主营业务毛利率.....	- 33 -

图表 53: 蓝特光学主营业务营收 (单位: 亿元) .....	- 34 -
图表 54: 蓝特光学主营业务毛利率 .....	- 34 -
图表 55: 腾景科技主营业务营收 (单位: 亿元) .....	- 34 -
图表 56: 腾景科技主营业务毛利率 .....	- 34 -
图表 57: 福晶科技主营业务营收 (单位: 亿元) .....	- 34 -
图表 58: 福晶科技主营业务毛利率 .....	- 34 -
图表 59: 激光雷达信息处理芯片国内外主要厂商 .....	- 35 -
图表 60: 2020 年全球 FPGA 竞争格局 .....	- 35 -

## 一、智能驾驶风起云涌，激光雷达乘风启航

- 2022 年将是 L2 向 L3/L4 跨越窗口期，智能汽车产业链迎来风口。** 受益政策驱动和产业链持续推动，汽车智能化发展如火如荼。根据我们的测算，2022 年 L2 级智能车的渗透率迈入 20-50% 的快速发展期，L3 级别的智能车有望实现小范围落地。2020 年 12 月 10 日，奔驰 L3 级自动驾驶系统获得德国联邦交管局的上路许可，率先吹响了汽车智能化的冲锋号。此外，CES 2022 展会上，索尼高调官宣全面进军智能汽车；英伟达、高通、Mobileye 持续升级自动驾驶平台，车企合作进一步深化；Mobileye 宣布将与极氪合作于 2024 年发布全球首款 L4 级汽车。随着针对汽车智能化的业务布局和产业投资加速推进，汽车智能化时代悄然而至，2022 年将成为全球汽车智能化的元年。

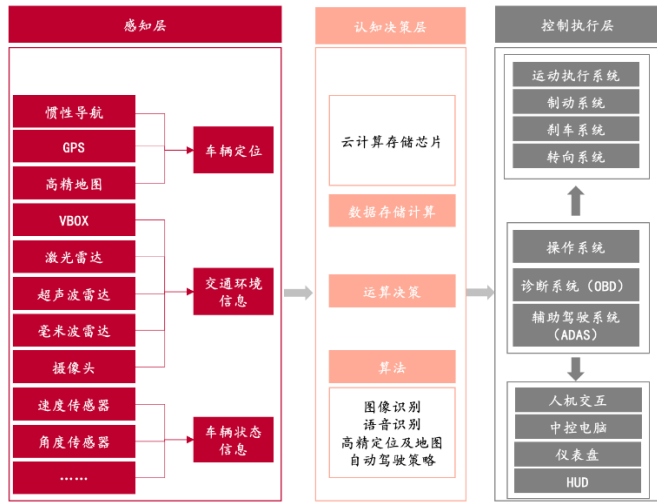
图表 1: L2 向 L3 跃迁窗口期，2022 年将成为智能汽车元年

	2019	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
全球乘用车销量 (万辆)	9,130	7,797	8,421	8,842	9,107	9,198	9,290	9,383	9,477	9,572	9,667	9,764
增速 (%)	-4%	-15%	8%	5%	3%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
各级功能车渗透率 (%)												
L0	50%	42%	37%	33%	28%	23%	14%	14%	13%	12%	11%	5%
L1	44%	48%	48%	46%	44%	42%	40%	35%	28%	22%	16%	10%
L2	6%	10%	15%	20%	25%	30%	36%	35%	34%	32%	31%	30%
L3			0%	1%	3%	5%	8%	12%	18%	25%	30%	35%
L4/L5							1%	4%	7%	9%	12%	20%
各级功能车销量 (万辆)												
L0	4,565	3,275	3,107	2,918	2,550	2,116	1,338	1,332	1,270	1,110	1,044	488
L1	4,017	3,743	4,042	4,067	4,007	3,863	3,735	3,284	2,654	2,106	1,547	976
L2	548	780	1,263	1,768	2,277	2,759	3,363	3,284	3,222	3,063	2,997	2,929
L3			8	88	273	460	762	1,126	1,706	2,393	2,900	3,417
L4/L5							93	357	625	900	1,179	1,953
新能源车销量 (万辆)	221	312	608	861	1,178	1,600	2,142	2,671	3,205	3,709	4,244	4,769
增速 (%)		41%	95%	42%	37%	36%	34%	25%	20%	16%	14%	12%
新能源车渗透率 (%)	2%	4%	7%	10%	13%	17%	23%	28%	34%	39%	44%	49%
各级功能车渗透率 (%)												
L0	44%	35%	24%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
L1	40%	45%	50%	50%	35%	45%	27%	23%	17%	11%	0%	0%
L2	16%	20%	25%	35%	40%	45%	55%	47%	40%	35%	37%	19%
L3			1%	6%	8%	10%	13%	17%	23%	30%	35%	40%
L4/L5							4%	13%	20%	24%	28%	41%
各级功能车销量 (万辆)												
L0	97	109	144	77	-	-	-	-	-	-	-	-
L1	88	141	304	431	412	720	588	605	560	398	-	-
L2	35	62	152	301	471	720	1,178	1,255	1,282	1,298	1,579	909
L3			8	52	94	160	283	454	737	1,113	1,485	1,908
L4/L5							93	357	625	900	1,179	1,953
非新能源车	8,909	7,485	7,813	7,981	7,929	7,598	7,148	6,713	6,272	5,863	5,424	4,995
增速 (%)		-16%	4%	2%	-1%	-4%	-6%	-6%	-7%	-7%	-7%	-8%
各级功能车销量 (万辆)												
L0	4,468	3,165	2,964	2,840	2,550	2,116	1,338	1,332	1,270	1,110	1,044	488
L1	3,929	3,602	3,738	3,637	3,595	3,143	3,146	2,679	2,093	1,707	1,547	976
L2	512	717	1,111	1,467	1,806	2,039	2,185	2,029	1,940	1,765	1,418	2,021
L3				37	179	300	479	672	969	1,280	1,415	1,510

来源：世界汽车工业协会，EV Tank，中泰证券研究所

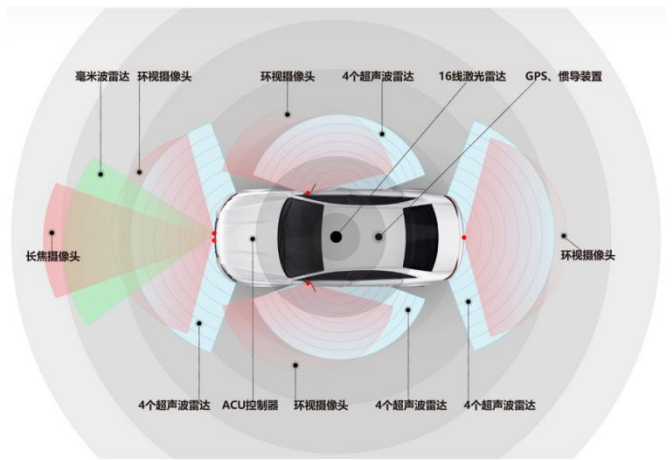
- 智能驾驶感知层先行，多种传感器互为补充。** 智能驾驶涉及感知、决策和执行三层：感知层负责对汽车的周围环境进行感知，并将收集到的信息传输至决策层进行分析、判断，然后由决策层下达操作指令至控制层，最后控制层操纵汽车实现拟人化的动作执行。感知层是汽车获取驾驶环境信息并做出有效决策的重要模块，由多类传感器组成，包括车载摄像头、毫米波雷达、激光雷达、超声波雷达以及惯性导航设备（GNSS and IMU）等。

图表 2：智能驾驶系统分为感知、决策和执行三层



来源：亿欧，中泰证券研究所

图表 3：智能汽车感知层各类传感器的感知范围



来源：亿欧，中泰证券研究所

不同传感器在感知精度、感知范围、抗环境干扰及成本等多方面各有优劣。

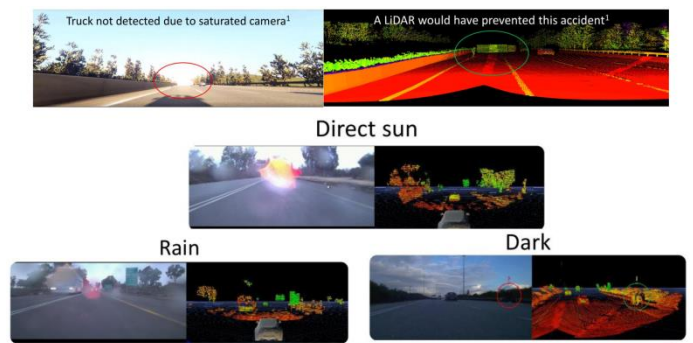
- 摄像头:** 成本较低，可以通过算法实现大部分 ADAS 功能，探测距离在 6-100 米；缺点是易受环境干扰，在光照情况不佳（强光/逆光/夜晚/恶劣天气）的情况下作用受限，且摄像头获取的是 2D 图像信息，需要通过算法投影至 3D 空间实现测距功能，对算法的要求高。
- 激光雷达:** 可绘制 3D 点状云图，具备高探测精度，可以精准地得到外部环境信息，探测距离在 300 米以内；缺点是成本高昂，目前单台价格在 1000 美元左右，且在大雾、雨雪等恶劣天气下效果差。
- 毫米波雷达:** 技术成熟、成本较低，且不受天气影响，可实现全天候工作，有效探测距离可达 200 米；缺点是角分辨率低、较难成像，无法对道路上的小体积障碍物及行人进行有效探测。
- 超声波雷达:** 成本极低，但感知距离较近，有效探测距离通常小于 5 米，主要用于停车辅助。

图表 4：不同传感器的性能对比

名称	成本	优势	范围	劣势	功能
摄像头	35-50 美元	成本较低，可以通过算法实现各项功能	6-100 米	恶劣条件下，难以测距，会导致失效。测距时，对算法要求较高	能实现大部分 ADAS 功能，测距功能对算法要求高
激光雷达	600-75000 美元	可以精准得到外部环境信息	300 米以内	成本高，大雾、雨雪天气效果差，无法获得外界图像	周围环境 3D 建模
毫米波雷达	300-500 美元	不受天气影响，测量范围广、精度高	200 米以内	无法识别道路指示牌、行人等	无法完成视觉识别较高的功能
超声波传感器	15-20 美元	成本低	广域，高精度定位保持在 10 米以内	探测距离短，应用局限大	侧方超车提醒、倒车提醒
红外传感器	600-2000 美元	夜视效果最佳	最远探测范围可以超过 500 米	成本高，技术由国外垄断	实现汽车的夜视功能

来源：Yole，中泰证券研究所

图表 5：激光雷达相比摄像头受到的环境干扰更小

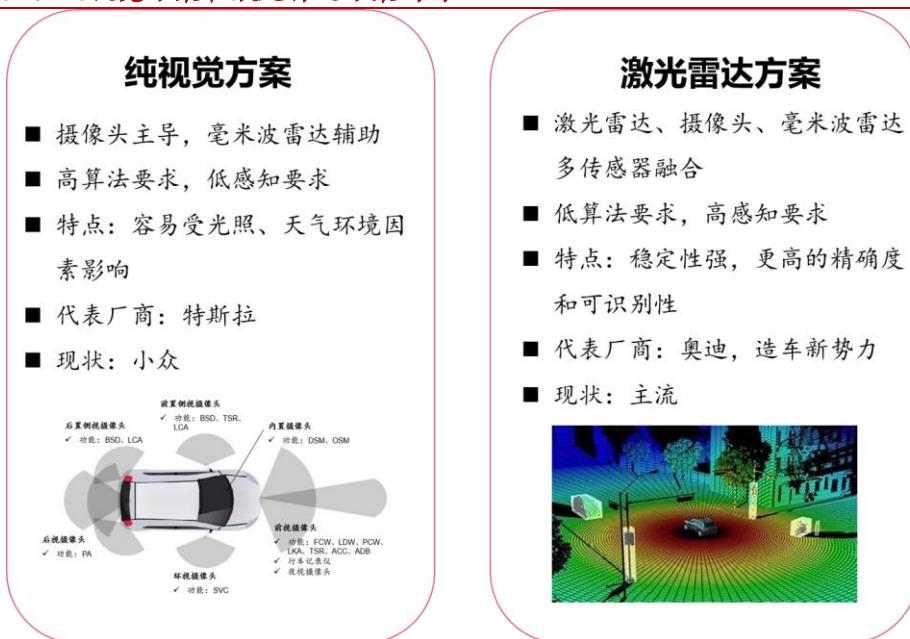


来源：Yole，中泰证券研究所

智能驾驶方案分为纯视觉方案和多传感器冗余融合方案。

- 1) **摄像头主导的纯视觉方案**：完全模范“人眼+大脑”的信息感知和 处理方式，以摄像头作为感知层的主导传感器，并辅以毫米波雷达进行 距离探测，通过算法弥补摄像头感知精度的缺陷，典型代表是特斯拉。
- 2) **激光雷达主导的多传感器冗余融合方案**：以具备高精度探测能力的 激光雷达作为主导传感器，通过和车载摄像头、毫米波雷达等其他传感 器进行冗余融合，实现对周围环境的精准感知。

**图表 6：纯视觉方案和激光雷达方案的对比**



来源：特斯拉官网，中泰证券研究所

- 在算力还无法完全弥补硬件感知缺陷的情况下，激光雷达在高级别自动驾驶中具备不可替代的优势。激光雷达是目前精度最高的传感器，精度达到毫米波雷达的 10 倍，且相比摄像头受到的环境干扰更小，可以精准地得到外界的环境信息并进行 3D 建模，在对信息精度具备苛刻要求的高级别自动驾驶中具备不可替代的优势。鉴于当前还无法通过自动驾驶算法完全弥补硬件在环境感知方面的缺陷，采用以激光雷达为主导的多传感器融合方案收集海量信息，是目前提高汽车感知精度和可信度的主流方案。
- 2022 年多款可支持 L3/L4 级别的自动驾驶车型开启交付，推动激光雷达实现量产上车。2022 年是 L2 向 L3/L4 跨越窗口期，包括奔驰 S、宝马 ix、蔚来 ET7、小鹏 G9、理想 L9 等多款搭载激光雷达的高级别智能车开启交付。
- 高级别智能车落地加速激光雷达上车，CES 2022 多款激光雷达产品重磅亮相。
  - 1) **禾赛科技**：首次亮相已获全球数百万台定点的车规级半固态激光雷达 AT128，将于 22H2 交付，并发布将于 23Q1 交付的全新近距超广角激光雷达 QT128，可应用于 L4 级 robotaxi 和 robotruck。
  - 2) **法雷奥**：推出第三代扫描激光雷达，由微转镜方案转为 MEMS，可检测 200 米开外肉眼、摄像头和雷达所看不到的物体，预计 2024 年投放市场。目前法雷奥激光雷达出货已达 16 万只。

3) **速腾聚创**: 第二代智能固态激光雷达 RS-LiDAR-M1 完成车规级量产, 获得比亚迪、广汽埃安、威马汽车、极氪等众多知名车企的定点订单, 并推出全新款 128 线机械式激光雷达 RS-Ruby Plus。

4) **Innovusion**: 推出图像级超远距激光雷达猎鹰 (Falcon), 探测距离最远可达 500 米, 将首搭于蔚来 ET7, 于 22Q1 交付。

5) **Luminar**: 宣布与沃尔沃深度合作, 其 Iris 激光雷达将搭载于沃尔沃一款纯电概念车上。

图表 7: 部分车型的激光雷达搭载方案

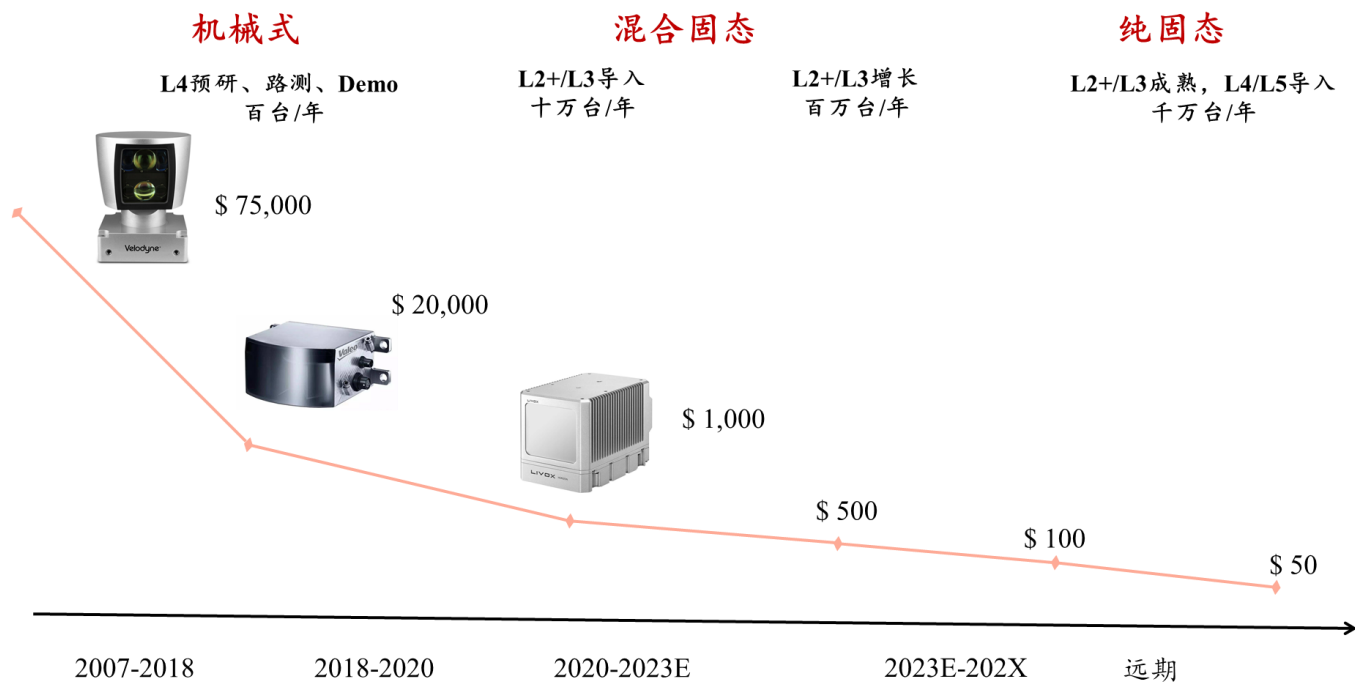
品牌	车型	激光雷达搭载量	激光雷达供应商	布置位置	计划交付时间
小鹏	G9	2*Robosense M1	Robosense	保险杠左右分布	2022Q3
	P5	2*Livox 浩界 HAP	Livox	保险杠左右分布	已交付
蔚来	ET7、ET5	1*Innovusion	Innovusion	车辆顶部	2022 年 Q1/Q3
飞凡汽车	R7	1*Iris	Luminar	车辆顶部	2022 年年底
上汽智己	L7	1*Robosense	Robosense	车辆顶部	2022 年 4 月交付
长城	机甲龙	4*华为 96 线	华为	前后左右各 1	2022 年 7 月
	WEY 摩卡	1 远程+2 中程	lbeo	1 顶部+2 保险杠	2021 年上市
极狐	极狐阿尔法 S HI 版	3	Robosense	1 顶部+2 保险杠	已交付
本田	LEGEND	5	未知	前后保险杠分布	以租赁形式限量上市
哪吒	哪吒 S	3	Robosense	1 顶部+2 保险杠	2022 年年底上市
奔驰	新 S 级	1*SCALA 2	法雷奥	前保险杠	2021 年起部分国家交付
威马	M7	3*Robosense	Robosense	1 顶部+2 侧身	2022
广汽埃安	Aion LX Plus	3*Robosense	Robosense	1 顶部+2 侧身	2022Q3 交付
理想	L9	1*AT128	禾赛科技	1 顶部	2022Q2
集度	未命名	1*AT128	禾赛科技	1 顶部	2023
高合	HiPhi Z	1*AT128	禾赛科技	1 顶部	2022
极星	极星 3	1*Iris	Luminar	1 顶部	2022
阿维塔	11	3*华为 96 线	华为	1 顶部	2022

来源: AutoLab, 中泰证券研究所

- 随着智能驾驶级别提升加上成本下行, 激光雷达有望成为 L3 及以上智能车的标配。目前激光雷达的单台成本约为 1000 美元, 由于成本高昂, 激光雷达在 L1/L2 级别车型中属于选配, 随着 L2 向 L3、L4 跃迁, 激光雷达的探测优势开始凸显, L3/L4/L5 分别需要 1/2/4 台激光雷达。同时, 出货量增加形成规模效应, 以及技术成熟后制造成本降低, 激光雷达的价格将持续下行。据 Livox 预测, 到 2025 年当整机厂的激光雷达出货量达到百万台/年时, 成本有望下降到 500 美金以内。因此, 随着成本持续下行推高性价比, 激光雷达有望成为高级别智能汽车的标配传感器。

图表 8: 激光雷达成本下行有望成为 L3 及以上级别车型的标配

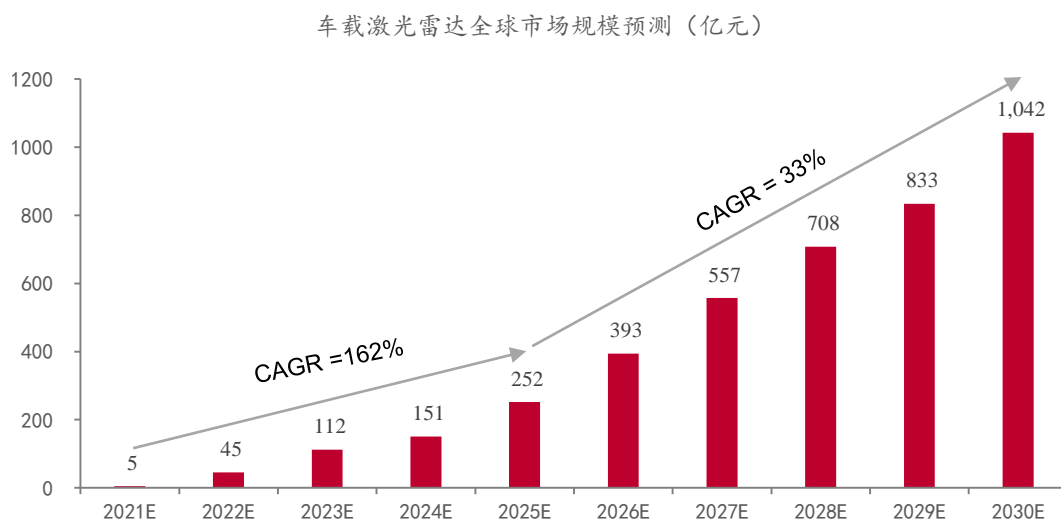




来源: Livox, 中泰证券研究所

- **激光雷达 2021-2030 年市场规模的 CAGR 达到 79%，在所有感知层传感器中弹性最大。**结合此前提到的 ADAS 渗透率、激光雷达单台成本以及不同级别智能车的激光雷达搭载方案，我们测算出激光雷达的市场规模将从 2021 年的 5 亿元，增长至 2030 年的 1042 亿元，CAGR 高达 79%，成为汽车智能化感知层中弹性最大的赛道。

**图表 9：激光雷达是汽车智能化感知层中弹性最大的赛道**

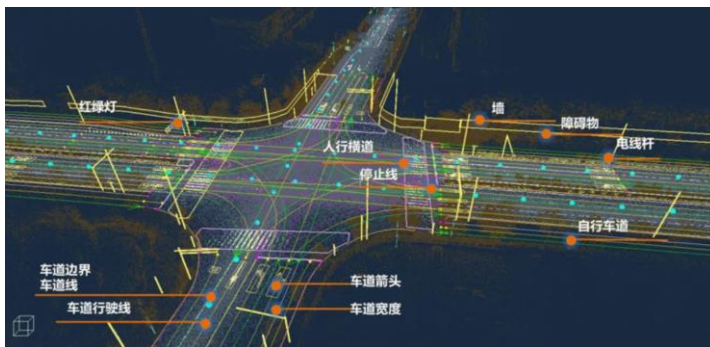


来源: 世界汽车工业协会, EV Tank, Livox, 中泰证券研究所

## 二、多技术路线百花齐放，OPA+FMCW 有望最终胜出

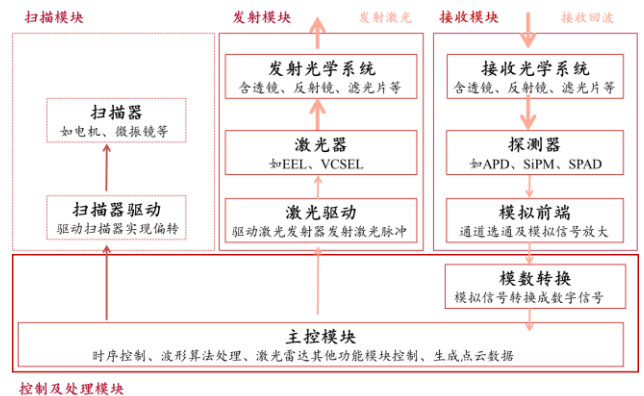
- **激光雷达属于主动测量装置，结合高精地图可以实现厘米级的定位精度。**激光雷达是一种通过发射激光来测量物体与传感器之间精确距离的主动测量装置，通过激光器和探测器组成的收发阵列，结合光束扫描，借助激光点阵获取周围物体的精确距离及轮廓信息，实现对周围环境的实时感知和避障功能。同时，激光雷达可以结合预先采集的高精地图，达到厘米级的定位精度，以实现自主导航。从结构上来看，激光雷达可以分为光发射系统、光接收系统、扫描系统和信息处理系统。

图表 10: 高精地图的样例示意图



来源：曼孚科技，中泰证券研究所

图表 11: ToF 激光雷达核心模块示意图



来源：禾赛招股说明书，中泰证券研究所

- **发展初期阶段，激光雷达多种技术路线百花齐放。**2022 年伴随 L2 向 L3/L4 跨越，激光雷达实现量产上车。但从渗透率来看，搭载激光雷达的 L3 及以上级别的智能车渗透率才刚起步，激光雷达仍处于发展初期。出于对性能和成本的权衡考量，目前市场上的激光雷达方案百花齐放，多种技术路线并行。在分类上，可以按照激光器、探测器、扫描方式以及测距方式进行区分。

图表 12: 行业发展初期，激光雷达解决方案百花齐放

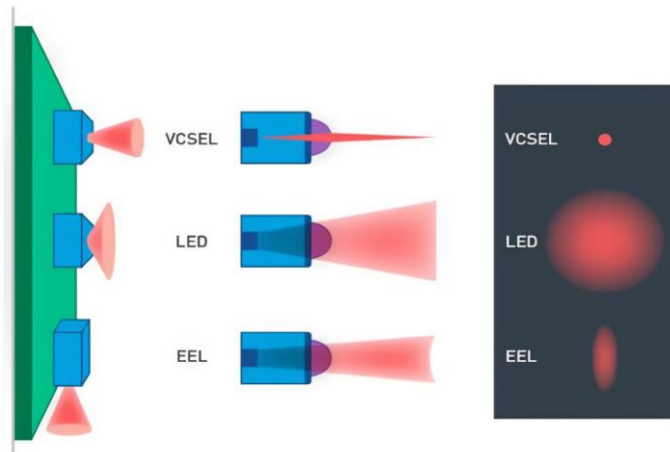


来源: 汽车人参考, 九章智驾, 中泰证券研究所

## 2.1 发射系统: EEL 激光器占主导, 未来可能转向 VCSEL 和光纤激光器

- 按发射激光器分, 目前主要采用 EEL 激光器, 未来可能转向 VCSEL 和光纤激光器。半导体激光器主要包括 EEL (边发射激光器) 和 VCSEL (垂直腔面激光器), 主要发射激光波长为 905nm。EEL 激光器具备高发光功率密度, 缺点是工艺复杂带来成本高企、产品易碎, 因此半导体激光器逐渐转向可靠性和生产成本都大幅盖上的多结 VCSEL 激光器。光纤激光器以半导体激光器为主要泵浦源, 通过玻璃光纤作为增益介质, 主要发射激光波长为 1550nm, 可以获得更高功率和质量的光束, 但成本也更加高昂。

图表 13: VCSEL 和 EEL、LED 激光器的成像效果对比



来源：麦姆斯咨询，中泰证券研究所

**图表 14：相比于光纤激光器，半导体激光器的车规成熟度更高**

激光类型	EEL	VCSEL	光纤激光器
波长	905nm	905nm	1550nm
车规成熟度	100%	80%	60%
性能	平行表面发射激光 技术成熟度高，一致性难以保证	垂直表面发射激光 成本低，工艺复杂	加入玻璃光纤增益 电光效率高，质量好
发展趋势	1. 高峰值功率 2. 阵列化工艺 3. 高均匀度	1. 高峰值功率 2. 更高光子调控技术 3. 车规级	1. 过车规 2. 量产降低成本

来源：炬光科技招股说明书，中泰证券研究所

■ 按发射系统的光源波长分，905nm 激光为当前主流方案，长期来看 1550nm 激光更占优。

1) 905nm 激光：产业链成熟，且可以使用 Si 探测器，成本较低，因此成为目前的主流选择。但由于可见光波长约为 390-780nm，905nm 属于近红外激光，容易被人体视网膜吸收并造成视网膜损伤，因此 905nm 方案只能以低功率运行，基本 200 米已经是探测距离极限。

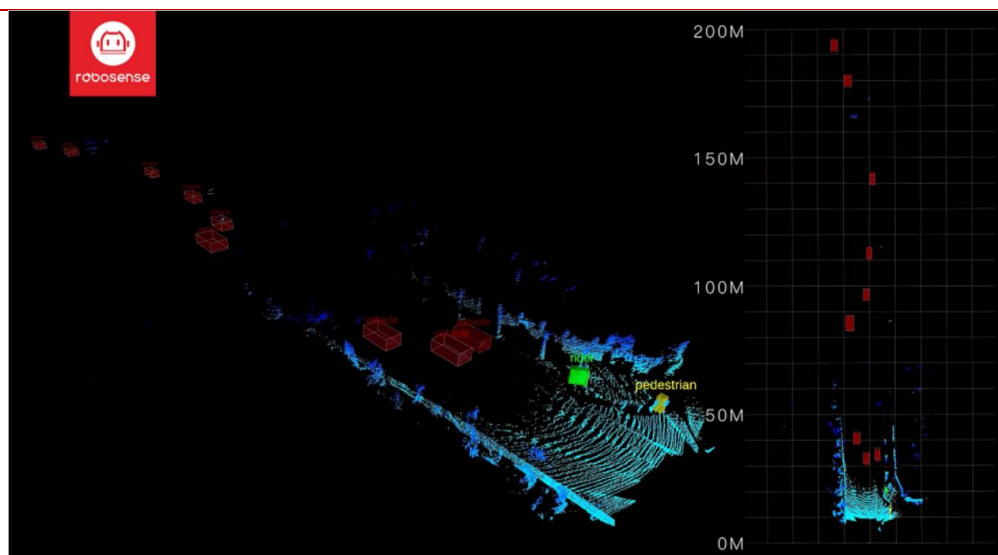
2) 1550nm 激光：远离人眼可见光波长，大部分光在到达视网膜之前就会被眼球的透明部分吸收，同等功率下 1550nm 激光对人眼的安全性是 905nm 激光的 10 万倍以上，安全功率上限是 905nm 的 40 倍，探测距离可以提升至 250 米甚至是 300 米以上。但 1550nm 无法被 Si 探测器探测，需要使用成本更高的 Ge 或者 InGaAs 探测器，且因为滤光片镀膜等技术难度更高，导致良率较低抬升整机成本。

**图表 15：905nm 和 1550nm 激光器主要性能对比**

主要参数	905nm 边发射激光器	1550nm 边发射激光器	1550nm 光纤激光器
激光技术	InGaAs/GaAs	InP/InGaAsP	940nm 或 1480nm 泵浦/掺铒光纤
峰值功率	+	0	++
光束质量	+	+	++
紧凑性	++	+	0
工作温度范围	++	+	0
低成本	++	+	0
不易被水汽吸收	+	0	0
人眼安全	+	++	++

来源：LEDinside，中泰证券研究所

**图表 16：905nm 激光器探测距离极限约为 200 米**

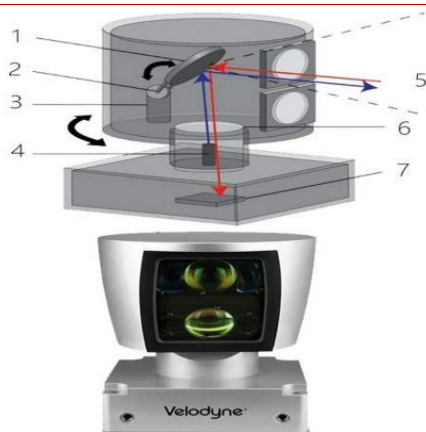


来源：速腾聚创官网，中泰证券研究所

## 2.2 扫描系统：混合固态为当前主流，未来看好纯固态

- 按扫描系统分，激光雷达方案分为机械式、混合固态（半固态）和固态三种。
- 1) **机械式激光雷达**：研发最早，技术最为成熟，特点是竖直方向排列多组激光束，通过 360° 旋转进行全面扫描。扫描速度快，抗干扰能力强，因此最早应用于自动驾驶测试研发领域，但高频转动和复杂机械结构使机械式激光雷达使用寿命过短，易受损坏，难以符合车规，不适合量产上车。

**图表 17: Velodyne 机械式激光雷达**



机械式激光雷达

- 1) 反射镜 2) MEMS单元 3) 伺服电机 4) 激光源  
5) 障碍物 6) 光学编码器 7) 接收器

来源：Velodyne 官网，中泰证券研究所

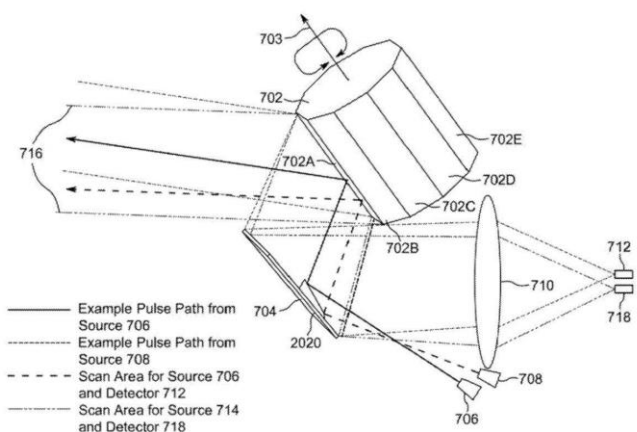
- 2) **混合固态分为转镜、MEMS 和棱镜三种**
  - a) **转镜式**：激光发射模块和接收模块不动，只有扫描镜在做机械旋转，可实现 145° 的扫描。优势是容易通过车规认证，成本可控，可以量产。全球第一款通过车规认证的法雷奥 SCALA 转镜式激光雷达于 2018 年

搭载于奥迪 A8。

**b) 棱镜式:** 用两个楔形棱镜使激光发生偏转, 通过非重复扫描, 解决了机械式激光雷达的线式扫描导致漏检物体的问题。点云密度高, 可探测距离远, 可实现随着扫描时间增加, 达到近 100% 的视场覆盖率。但机械结构更加复杂, 零部件容易磨损。

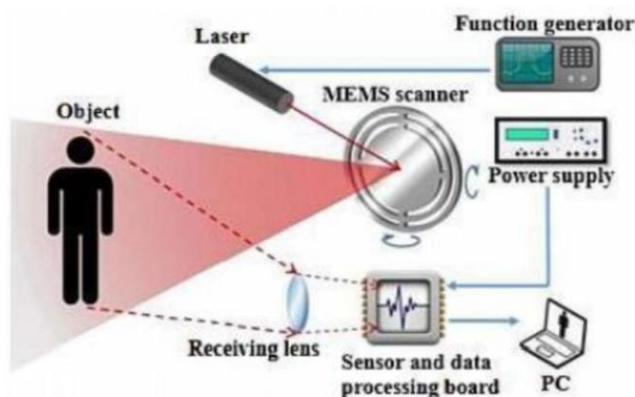
**c) MEMS:** 通过控制微振镜以一定谐波频率振荡发射激光器光线, 实现快速和大范围扫描, 形成点云图效果。机械零部件集成化至芯片级别, 减少激光器和探测器数量, 尺寸大幅下降, 提高稳定性同时量产后成本低、分辨率高, 是目前市场的主流选择。但有限的光学口径和扫描角度限制了测距能力和 FOV, 悬臂梁长期反向扭动, 容易断裂导致使用寿命缩短。因此我们认为, MEMS 是过渡期的暂时选择。

图表 18: 多边形棱镜扫描原理示意图



来源: 汽车之心, 中泰证券研究所

图表 19: MEMS 扫描原理示意图



来源: 滨松公司官网, 中泰证券研究所

### 3) 固态激光雷达主要包括 OPA 和 Flash 两种类型

**a) Flash:** 利用快闪原理一次闪光成像, 发射端采用 VCSEL, 接收端短距离探测可用 PIN 型光电探测器, 远距离探测可用雪崩型光电探测器。短时间发射出一大片面阵激光, 再借助高度灵敏的接收器, 来完成对环境周围图像的绘制。Flash 因其芯片级工艺, 结构简单, 易过车规, 成为目前纯固态激光雷达最主流的技术方案。但功率密度低, 导致其有效距离一般难以超过 50 米, 分辨率也较低。

**b) OPA:** 利用相干原理, 采用多个光源组成阵列, 通过调节发射阵列中每个发射单元的相位差, 来控制输出激光束的方向。优势是完全由电信号控制扫描方向, 无任何机械元件, 体积小, 扫描速度快, 精度高, 一个激光雷达就可能覆盖近/中/远距离的目标探测。但是该技术对材料和工艺要求极为苛刻, 易形成旁瓣影响光束作用距离和角分辨率, 技术壁垒高, 目前尚处于实验室阶段, 距离真正落地还需时间。

图表 20: 激光雷达根据扫描方式分类性能特点

	机械式	半固态			固态	
分类	机械式	MEMS	转镜	棱镜	FLASH	OPA
测距	中远距离	中远距离	中远	中远	近距离	中远距离
体积	大	小	小	小	较小	较小
技术成熟度	高	中	中	中	中	低
量产成本	高	较低	较低	较低	低	很高
优势	多线激光器设计 供应链成熟	简化扫描器结构 现成供应链	已通过车规验证	点云密度高 可探测距离远	扫描频率高、成本低 符合车规	量产一致性高
劣势	硬件集成难度高	扫描控制难度大 FOV参数不佳	不稳定 对光源功率要求高	机械结构复杂 零部件容易磨损	距离短、难以适应 自动驾驶应用场景	技术成熟度不足

来源：禾赛科技，中泰证券研究所

### 2.3 测距方式：主流采用 ToF 方案，未来 FMCW 和 ToF 将并存

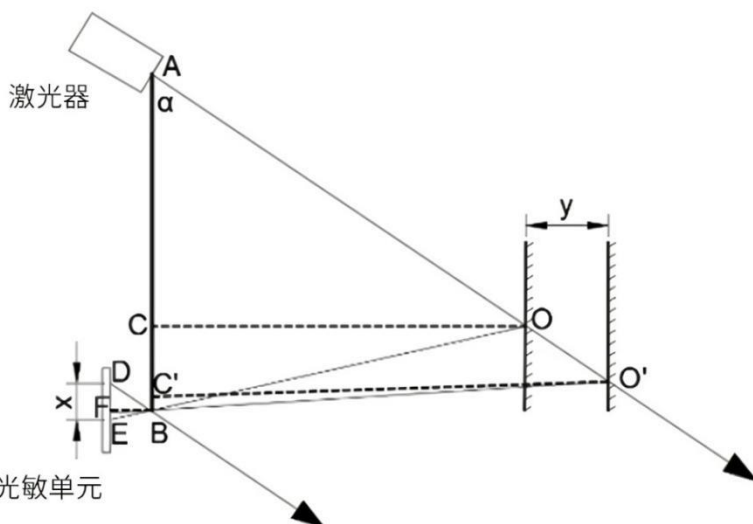
#### ■ 测距方式主要分为 TOF、FMCW 和三角测距法三种。

1) **ToF (飞行时间)**: 根据发射激光与回波信号的时间差计算得到目标物的距离信息，具有响应速度快、探测精度高的特点，在激光雷达传感器领域应用多年。

2) **FMCW (调频连续波)**: 通过回波信号与参考光根据相干原理得到频率差，从而间接获得飞行时间反推目标物距离。

3) **三角测距法**: 由激光器发射激光，线性 CCD 接收反射光，不同距离的物体成像在 CCD 上不同的位置。根据三角公式进行计算，推导出被测物体的距离。独特的测距方式决定了其精度低，测距短，应用较少。

图表 21：三角测距法斜射式光路图



来源：思岚科技官网，中泰证券研究所

- 目前市场主要采用 ToF 方案，如机械式、混合固态、固态等常见扫描方式均采用 ToF 原理进行测距。但 FMCW 具有灵敏度高（高出 ToF 10 倍以上），抗干扰能力强，可长距离探测，功耗低等优点，越发受到

激光雷达产业链重视，我们认为随着未来技术迭代，FMCW 将与 ToF 在市场并存。

图表 22: TOF 和 FMCW 性能对比

探测性能	探测体制	发射波束类型	抗干扰能力	有效探测所属光子数	工作距离	人眼安全等级	精确速度信息	技术成熟度	技术复杂度	量产能力
TOF	直接探测	高能量脉冲式	一般	1000	探测距离较近	低	无	成熟	简单	主流已实现量产
FMCW	相干探测	较低能量调制连续式	较强	10	可实现远距离探测	高	有	发展中	复杂	未实现概念阶段

来源：驭势资本，中泰证券研究所

## 2.4 接收系统：探测器由 APD 逐渐向 SPAD 发展，最终有望走向 SiPM

按接收系统的探测器类型分，逐渐由 APD 向 SPAD 发展，最终有望走向 SiPM。探测器根据增益能力不同，可以分为 PIN PD、APD、SPAD（单光子雪崩二极管）和 SiPM（光电倍增管）四类。

1) PIN PD（光电二极管）：成本较低，缺点是探测速度较慢，适用于不需要增益的 FMCW 激光雷达。

2) APD（雪崩光电二极管）：技术成熟，缺点是探测器噪声较高，是目前主流 ToF 激光雷达的主要选择。

3) SPAD（单光子雪崩二极管）：具备单光子探测能力，灵敏度高，可实现低激光功率下的远距离探测能力，但过于敏锐的接收特征也提升了电路设计等工艺的难度，抬高了制造成本。

4) SiPM（硅光电倍增管）：集成了成百上千个 SPAD，增益可达 APD 的一百万倍以上，由于 SiPM 易于集成到阵列，在激光雷达阵列化和小型化的趋势推动下，有望成为最终的探测器类型。

图表 23: SPAD 的探测性能具备明显优势

	PIN PD	APD	SiPM（集成化 SPAD）
灵敏度	高	高，极限量程相对较大	极高，极限量程大
测距范围	短	中	长
响应时间	中	中	快速
信号处理电路	复杂	相对复杂	电路处理简单
均匀性	均匀性好	均匀性差	均匀性极好
操作电压	低	高	低
模式	线性	线性	盖革式多光子
相关厂商	Mobileye、Aeva	Livox、禾赛、Velodyne	Ouster、Quanergy

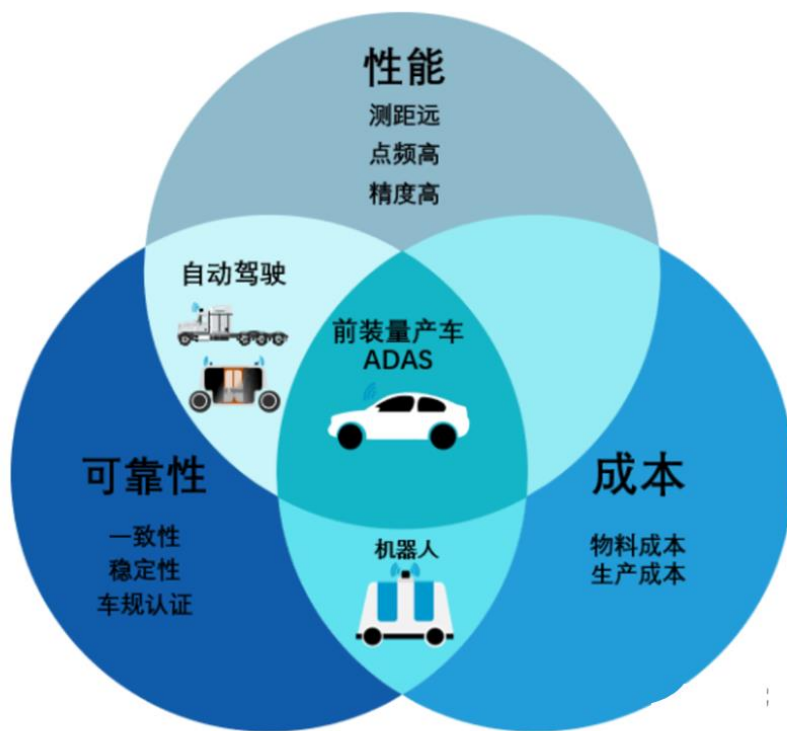
来源：与非网，中泰证券研究所

## 2.5 路线选择：短期看重过车规，中期侧重降成本，长期比拼性能



- **可靠性、性能和成本是决定激光雷达落地的三大主要因素。**性能一般包括激光雷达的测距范围、探测精度、体积、功耗等指标，可靠性决定激光雷达能否过车规，而成本是决定激光雷达能否大规模量产的关键。从不同应用场景的需求来看：
  - 1) 港口、矿山等低速封闭式场景对成本和可靠性的要求较高，性能要求相对较低；
  - 2) Robotaxi 对性能和可靠性具备极高要求，成本要求相对较低；
  - 3) ADAS 场景对性能、可靠性和成本都有非常高的要求。

**图表 24：可靠性、性能和成本是决定激光雷达落地的三大主要因素**



来源：九章智驾，中泰证券研究所

- **短期：小范围上车主要考量能否过车规（可靠性），优先选择成熟度高的转镜/MEMS 方案。**智能化已经成为车企打造产品差异化的重要手段，为了实现激光雷达产品的快速上车，满足车规级认证要求是目前车企的主要考量。激光雷达的可靠性主要由收发系统和扫描系统决定，相应模块的供应链越成熟，越易通过车规认证。参考速腾聚创 MEMS 固态激光雷达 RS-LiDAR-M1，从 Demo 到 SOP 需要满足不同阶段的可靠性需求，每个阶段通过给主机厂提供测试样品会有一定的营收贡献，一款激光雷达产品从概念到走向稳定量产大概需要几年的时间。目前 905nm+转镜/MEMS+ToF 的方案最为成熟，是下游车企的主流选择，法雷奥 SCALA 转镜式激光雷达于 2018 年搭载于奥迪 A8，成为全球第一款过车规的激光雷达。此外，法雷奥计划于 2024 年推出第三代扫描激光雷达，由微转镜方案改为 MEMS 方案。

**图表 25: RS-LiDAR-M1 从 Demo 到 SOP 各阶段需满足不同的要求**

产品版本		Demo	A-Sample	B1-Sample	B2-Sample	SOP
产品完成度		原型	30%	50%	70%	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)	✗	✗	✗	脏污检测 (Demo) 性能监控 (Demo) 自动标定 (Demo)	窗口片加热、脏污检测 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 OTA
	系统测试	✗	✗	测试用例覆盖率: 30%	测试用例覆盖率: 65%	测试用例覆盖率: 100%
	功能测试	✗	✗	测试用例覆盖率: 10%	测试用例覆盖率: 50%	测试用例覆盖率: 100%
功能安全	功能安全认证	✗	✗	功能安全启动	功能安全覆盖率: 60%	功能安全覆盖率: 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

来源: 速腾聚创官网, 中泰证券研究所

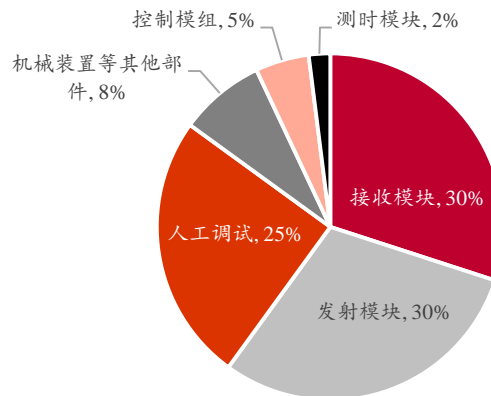
**图表 26: 2022 年量产车型普遍采用易过车规的转镜/MEMS 方案 (名单为部分车型梳理)**

车企	最高自动驾驶级别	车型	摄像头		激光雷达			毫米波雷达	超声波雷达	预计交付时间	价位
			搭载总数	8M摄像头	搭载总数	方案	供应商				
蔚来	L4	ET7	11	11	1	MEMS-半固态	Innovusion	5	12	2022年3月28日	44.8-52.6万元
极狐	L4	aS华为Hi	13	4	3	转镜-半固态	华为	6	12	2022年6月	43.0万元
小鹏	L4	G9	12	2	2	MEMS-半固态	速腾聚创	5	12	2022年8月	预计30万元左右
理想	L4	L9	12	12	1	转镜-半固态	禾赛科技	5	12	2022年11月	45.0-50.0万元
哪吒	L4	S	13	2	3	转镜-半固态	华为	5	12	2022年底	预计20-30万元
威马	L4	M7	11	7	3	MEMS-半固态	速腾聚创	5	12	2022年	-
智己	L3	L7	12	-	2	MEMS-半固态	速腾聚创	5	12	2022年3-4月	40.9万元起
广汽埃安	L3	AION LX PLUS 1008km续航版	12	-	3	MEMS-半固态	速腾聚创	6	12	2022年第二季度	28.7-46.0万元
奔驰	L3	S	8	-	1	转镜-半固态	法雷奥	5	12	2022年上半年	91.8-178.2万元
沙龙	L3	机甲龙	11	有	4	转镜-半固态	华为	5	12	2022年7月	约48.8万元
蔚来	L3	ET5	11	7	1	MEMS-半固态	Innovusion	5	12	2022年9月	32.8-38.6万元
阿维塔	L3	11	13	4	3	转镜-半固态	华为	6	12	2022年第三季度	预计20-30万元
飞凡	L3	R7	11	有	1	双轴转镜-半固态	Luminar	8	12	2022年下半年	预计35万元左右
高合	L3	HiPhi Z	8	2	1	转镜-半固态	禾赛科技	5	12	2022年	预计60-90万元
宝马	L3	ix	10	3	1	半固态	Innoviz	5	12	2022年	74.7-99.7万元

来源: 各公司官网, 中泰证券研究所

- **中期：成本限制激光雷达大范围推广，降本提效是车企主要考量。**目前激光雷达的单车成本约为 1000 美元，要实现百万台/年的出货量，单车成本至少要降到 500 美元以内（约 3000 元）。因此，中期来看激光雷达厂商要实现规模化量产，必须首先解决激光雷达的成本问题。
- **光电系统占分立式激光雷达总成本近 70%，成为主要的降本方向。**激光雷达本质是由多种部件构成的光机电系统，从成本占比来看，光电系统的成本占比最高（67%），涵盖了发射模组、接收模组、测时模组（TDC/ADC）和控制模组；此外，人工调试（按照设计光路进行元件对焦等）成本占 25%，机械装置等其他部件成本占比 8%。由于光电系统占据半数以上的成本，成为激光雷达降本增效的主要方向。目前主要的降本路径有提高收发模块集成度、加快芯片国产替代和提高自动化生产水平三种。

**图表 27：光电系统占分立式激光雷达总成本近 70%**



来源：汽车之心，中泰证券研究所

- **降本路径一：提高收发模块集成度或自研 SoC 芯片替代 FPGA，有助于系统集成度提升，从而降低制造难度，并提高生产良率。**
  - 1) 对发射和接收模块进行高度集成化：**方向上发射模块可以集成多光学通道，接收模块可以利用 CMOS 工艺集成探测器和电路功能模块，实现探测器的阵列化。收发模块高度集成化，不仅可以在产品形态上大幅减少非机械部分的体积和重量，还能在工艺上用集成式的模组替代需要逐一进行通道调试的分立式模组，进而大幅降低物料成本和调试成本，同时提高产品的稳定性、可靠性和一致性。
  - 2) 自研 SoC 集成 FPGA 和前端模拟芯片。**SoC 可以集成探测器、前端电路、算法处理电路、激光脉冲控制等模块，能够直接输出距离、反射率信息。激光雷达厂商通过自研 SoC 替代 FPGA 提高系统集成度，既有利于缩小整机尺寸与体积，也能降低制造难度方便规模化量产，从而提高生产良率、降低制造成本。
- **降本路径二：采购更低成本的国产芯片或自研芯片实现垂直一体化。**由于海外厂商布局领先，产品成熟度和可靠性较高，目前激光器、探测器、信息处理模块中的模拟芯片和主控芯片均主要由海外厂商所主导。随着国内厂商逐渐积累 know how 突破关键技术并提高产品成熟度，未来国内整机厂通过采购更低成本的国产芯片，或通过自研芯片等方式实

现垂直一体化布局，有望明显降低原材料采购成本，助力激光雷达成本下行。

- **降本路径三：提高生产自动化水平，减少人工调试成本并提高生产效率。**随着激光雷达内部模块的集成化程度提升，对人工调试的依赖度降低，标准化程度提升，使得借助机械设备实现大规模的自动化生产成为可能，从而进一步提高生产效率和良率，降低制造成本。

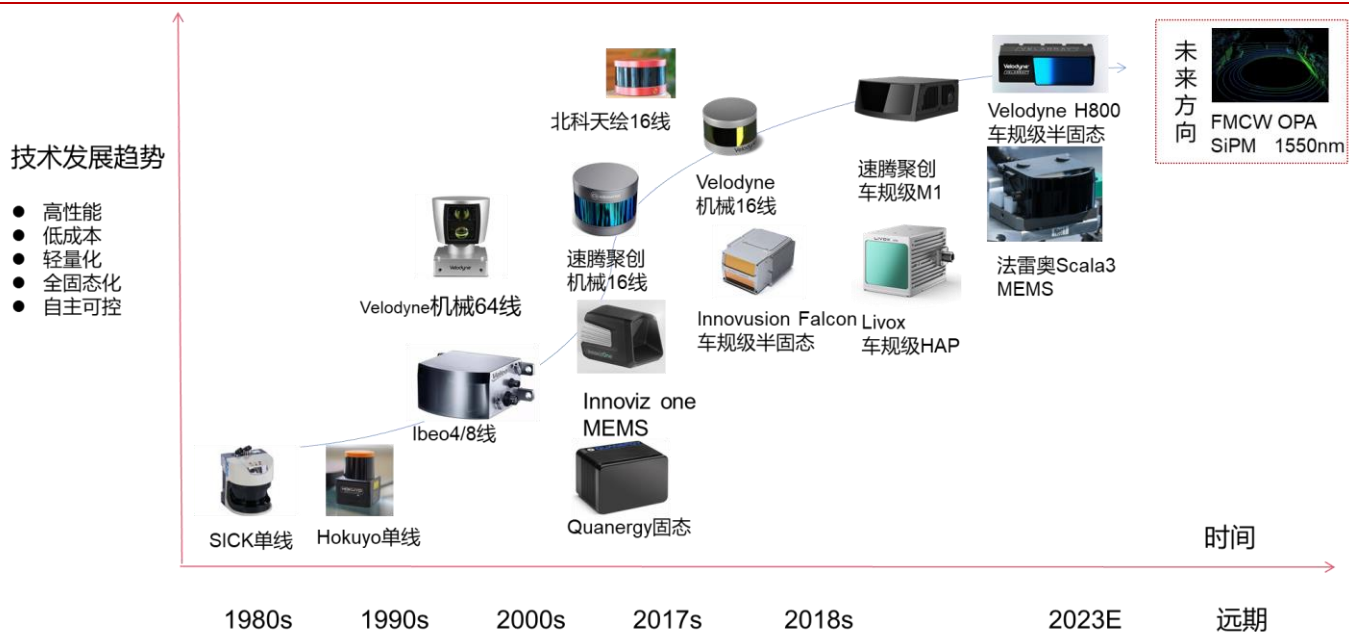
图表 28：探测器、激光器和芯片主要被海外厂商主导



来源：艾邦智造，中泰证券研究所

- **长期：性能将成为终极考量，1550nm+OPA+FMCW 的固态技术路线有望占领市场。**混合固态方案各有优劣，当前混合固态为市场主流是实现车规量产的暂时性选择，性价比高低和车企需求是关键，但预计都不是最终成熟的车规级激光雷达解决方案。固态激光雷达去掉了大部分的机械部件，是激光雷达产品迈向小型化、高性能、低成本的重要一环。长期来看，随着技术成熟和成本下行，1550nm+OPA+FMCW 有望成为较完美的技术方案。

图表 29：1550nm+OPA+FMCW 有望成为激光雷达的最终技术解决方案



来源：思岚科技官网，中泰证券研究所

- **两条路径实现激光雷达向固态方案演进。**Flash、OPA 等纯固态设计中无任何运动部件，相比目前主流的半固态方案体积可进一步缩小，并最终实现芯片化和集成化，理论成本可降至 100 美元以下。为了实现向固态化演进，一种路径是从机械式起步，逐渐向固态过渡，产品技术要求高、单价贵，客户对于价格不敏感，以 Velodyne、禾赛科技、速腾聚创为代表；另一种路径是直接对准半固态和固态方案，定位乘用车 ADAS 应用场景，力求过车规、降本、量产上车，以 Luminar、Innoviz 以及科技巨头华为、大疆为代表。

**图表 30：激光雷达整机厂向固态方案演进的两条路径**



来源：锐观网，中泰证券研究所

**图表 31：主要激光雷达整机厂的技术路线布局**

整机厂	技术路径			扫描方式			探测方式		应用场景			
	机械式	混合固态	固态	MEMS	FLASH	OPA	ToF	FMCW	无人驾驶	机器人	移动终端	无人机
Velodyne	✓	✓					✓		✓	✓		
Luminar		✓		✓			✓		✓			
Valeo		✓		✓			✓		✓			✓
速腾聚创	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓
禾赛科技	✓	✓		✓			✓		✓	✓		
Livox		✓					✓		✓	✓		
华为		✓		✓			✓		✓		✓	

来源：各公司官网，中泰证券研究所

### 三、激光雷达产业链蓬勃发展，车企投资整机厂实现强绑定

- 激光雷达产业链蓬勃发展，L3/L4 功能落地实现量产上车。**随着汽车智能化加速发展，激光雷达重要性凸显，产业链蓬勃发展。2020 年海外激光雷达企业密集上市，Velodyne、Luminar 于 2020 年实现借壳上市，Aeva、Ouster、Innoviz 于 2021 年通过 SPAC 上市，Quanergy 拟通过 SPAC 上市，已接近达成合并上市的交易。国内有速腾聚创、禾赛科技、镭神智能等老牌初创企业，以及跨界入局的华为、大疆、百度等科技企业。2022 年我们将看到多款激光雷达产品量产上车，开启激光雷达量产元年，比如奔驰 S 搭载的法雷奥 SCALA 2，理想 L9 搭载的禾赛 AT128，蔚来 ET7/ET5 搭载的 Innovusion Falcon。

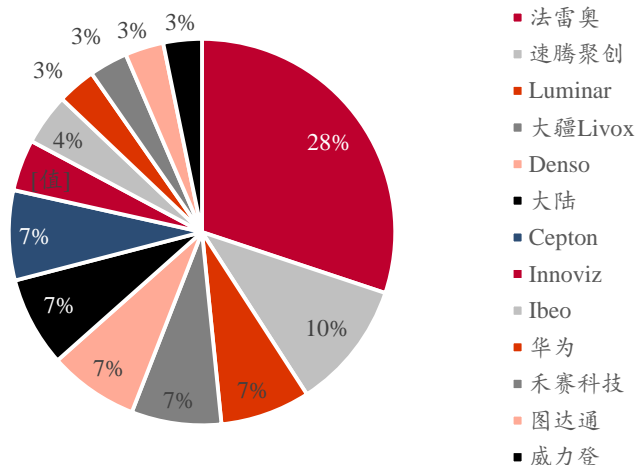
图表 32：汽车智能化趋势下激光雷达加速上车

厂商	产品	性能	合作伙伴	量产进度	
国外	法雷奥	SCALA 1	全球首款通过车规验证激光雷达，4 线机械式	奥迪	搭载奥迪 A8 已出货超过 10 万套
	法雷奥	SCALA 2	点频更高，视觉盲区减少	奔驰	2022 年搭载于奔驰 S
	Innoviz	Innoviz TWO	重建车周环境，生成 3D 图像	大众、百度	2024 年投放市场，搭载在新款奔驰 S 上
	Luminar	Iris	成本降低 70%，同时比一代性能提高 30 倍	宝马、Magna	2023 年第三季度
国内	速腾聚创	RS-RubyPlus、RS-Helios-5515	1550nm, 等效 300 线	丰田、沃尔沃、大众、上汽	沃尔沃纯电 SUV，2023 年开售
	速腾聚创	RS-RubyPlus、RS-Helios-5515	重量降低 50%，大面积扫除近场盲区	广汽埃安、威马、吉利、上汽	2022 年分批量产交付
	禾赛科技	AT128、QT128	成本降低、安装位置灵活、车规级补盲	理想、高和、集度、路斯特	AT128、QT128 分别于 2022 年、2023 年一季度大规模量产交付
	Innovusion	Falcon、Robin	最大探测距离 500 米，可灵活转配	蔚来	最早 2022 年交付

来源：九章智驾，高工智能汽车，中泰证券研究所

- 全球品牌充分竞争，国内厂商实力出众。**法雷奥是全球最大的汽车零部件供应商之一，19 年从四家全球主流车企获得价值约 5 亿欧元订单，其 SCALA 1 是全球第一款量产上车的激光雷达，同时在 CES 2022 上发布了第三代 SCALA 激光雷达，预计将于 24 年搭载在奔驰 s 上。法雷奥已经成为全球激光雷达市占率最高的整机厂，据 Yole 统计，2021 年全球车载激光雷达领域法雷奥市场占有率第一，达 28%。同时国内厂商竞争实力不俗，速腾聚创市占率达到 10%，仅次于法雷奥，与广汽埃安、威马等多家车企达成合作；速腾聚创、大疆、图达通、华为、禾赛科技等 5 家国内厂商合计市场份额约 26%，在全球范围内占据较大市场。

图表 33：2021 年全球激光雷达整机厂份额占比



来源: Yole, 中泰证券研究所

- **速腾聚创：车规级 MEMS 激光雷达领导者。**与激光雷达老牌巨头 Velodyne 相比，速腾聚创相对较年轻，自 2014 年成立以来迄今只发展了短短 8 年时间。公司深耕 MEMS 微振镜技术路线，其 RS-LiDAR-M1 (MEMS) 是全球首款车规级量产的 MEMS 激光雷达。2018 年通过 IATF 16949 车规认证，2020 年批量出货北美，并于 2021 年领先全行业，实现车规级量产交付。性能方面，M1 拥有 120° × 25° 的超广视场角以及最远 200m 的测距能力，突破了 905nm 光源 MEMS 激光雷达测距极限，并且实现人眼安全的激光级别。
- 据 Yole 统计，2021 年速腾在全球车载激光雷达的市占率达到 10%，力压华为、大疆等厂商，高居全球第二、国内第一。速腾 M1 通过车规认证以来，已获得 40+ 车企定点，和广汽、上汽、吉利、Mobileye 等国内外知名企业建立合作关系，2022-2023 年将有威马 M7、智己 L7、小鹏 G9 等一大批新车型问世。

图表 34: 速腾聚创 M1 参数性能行业领先





主要参数

激光波长	905nm	激光安全等级	Class 1 人眼安全
测距能力	200m(150m@10% NIST)	盲区	≤0.5m
精度 (典型值)	±5cm(1sigma)	帧率	10~20Hz(可动态调控)
水平视场角	120°(-60°~+60°)	垂直视场角	25°(-12.5°~+12.5°)
水平角分辨率	平均0.2°	垂直角分辨率	平均 0.2°
出点数	~750,000pts/s(单回波模式) ~1,500,000pts/s(双回波模式)	UDP数据包内容	三维空间坐标、反射强度、时间戳等
车载以太网输出	1000M Base T1	输出数据协议	UDP packets over Ethernet
工作电压	9V - 36V	工作温度	-40°C ~ +85°C
产品功率	15W	存储温度	-40°C ~ +105°C
防护等级	IP67, IP6K9K	时间同步	gPTP
尺寸(不包括接插件)	108mm x 110mm x 45mm (D x W x H)	重量 (不包含数据线)	~730g

来源：速腾聚创官网，中泰证券研究所

- 禾赛科技：拥有成熟的高线数激光雷达产品。**禾赛科技成立于 2014 年，于 2015-2021 年完成 5 轮融资，并分别于 2017、2019、2020 年推出 40/64/128 线激光雷达，达到国际领先水准。根据禾赛官网披露，公司在机械式激光雷达方面拥有成熟且丰富的产品线（32/40/64/128 线）。其中禾赛科技 Pandar GT 与速腾聚创 RS-LiDAR-M1 均为 MEMS 半固态产品。从最大扫描范围来看，Pandar GT 可达 300 米(10%反射率)，而 RS-LiDAR-M1 为 200 米。从可视角度来看，RS-LiDAR-M1 的 FOV 为 120/25 度，超过 Pandar GT 的 60/20 度。禾赛目前已布局 500 多项专利，客户遍布全球 20 个国家和地区的 70 座城市，合作伙伴包括理想、上汽智能重卡、百度 Apollo、小马智卡、一汽集团、BMW、美团、Kodiak 汽车等多家企业

**图表 35：禾赛 Pandar GT 和速腾 M1 的产品性能对比**

	禾赛科技 Pandar GT	速腾聚创 RS-LiDAR-M1
工作原理	MEMS	MEMS
最大扫描范围	300m	200m
激光线束	128 线	125 线
可视角度	60/20	120/25
分辨率	0.1	0.2/0.1-0.2

来源：前瞻产业研究院，中泰证券研究所

- 下游多元布局加强合作，绑定车企提前锁定订单。**激光雷达下游涉及智能驾驶、出行服务、机器人等多个领域。Innoviz、禾赛科技、速腾聚创等几乎所有的激光雷达整机厂积极布局，实现无人配送、机器人、智能驾驶等多元化应用。同时，下游车企、Tier 1 多通过投资激光雷达厂商实现高度捆绑，比如蔚来投资图达通，比亚迪投资速腾聚创，小鹏投资一径科技，安波福投资 Quanergy 等。通过投资绑定，一方面车企、Tier 1 与激光雷达整机厂加强合作，通过共同研发弱化技术路线不确定性给车企带来的冲击，同时上下游合作可以更快推动激光雷达成本的下行，提高激光雷达未来搭载的性价比；另一方面，激光雷达厂商通过绑定车企股东，提前锁定下游车企订单，也可以将更多精力放在激光雷达的技术研发上，从而在技术快速迭代的军备竞赛中获得更大的胜率。

**图表 36: 车企密集投资整机厂布局激光雷达**

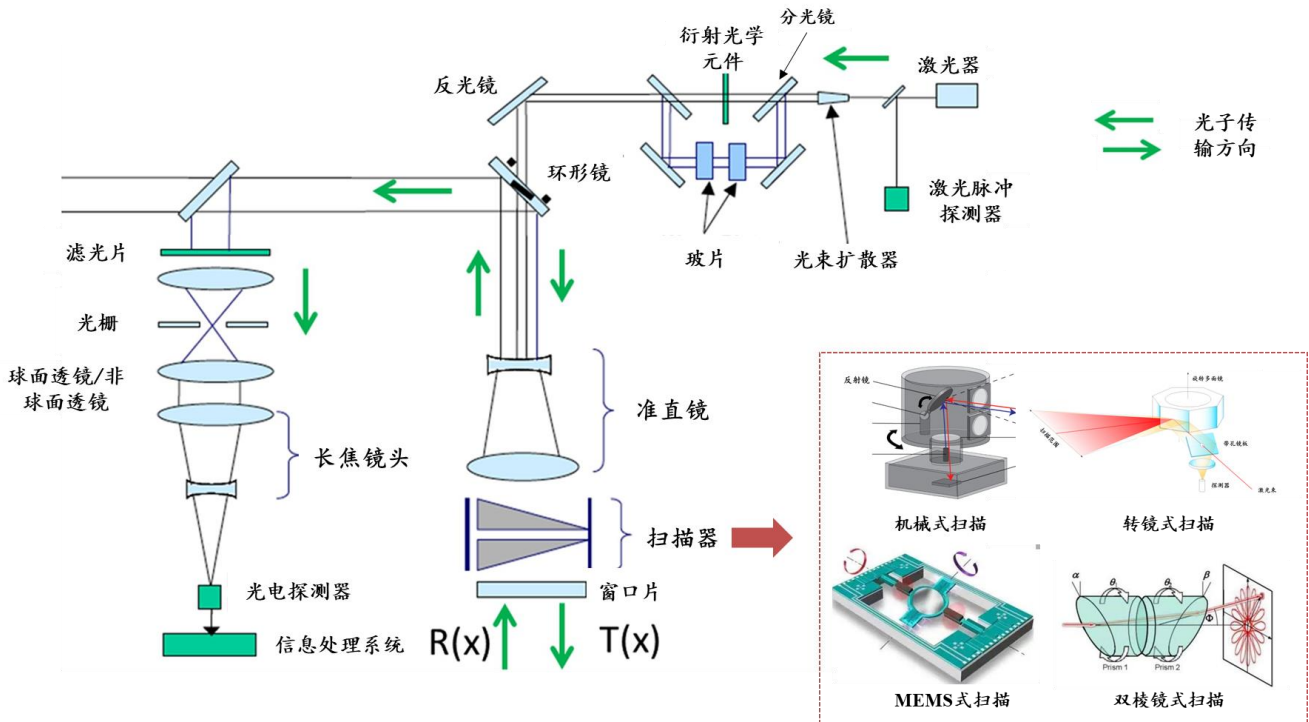
厂商	激光雷达布局	技术路径						
		机械式	MEMS	转镜	Flash	OPA	FMCW	ToF
整车厂商 (国外)	特斯拉	投资 Quanergy					✓	
	福特	投资 Ouster				✓		
	通用	收购 Strobe						✓
	奔驰	投资 Quanergy					✓	
		投资 Luminar		✓				
	宝马	投资 Blackmore						✓
	保时捷	投资 Aeva						✓
	沃尔沃	投资 Luminar		✓				
		投资 Velodyne	✓					
		投资 Aurora						✓
	持股 Opsy Tech				✓			
整车厂商 (国内)	上汽	投资速腾聚创	✓	✓				
	北汽	投资速腾聚创	✓	✓				
	蔚来	投资 Innovusion		✓				
	小鹏	与大疆合作		✓				
	长安	与华为合作		✓				
Tier 1	博世	投资 TetraVue						✓
	采埃孚	收购 Ibeo				✓		
	安波福	投资 Quanergy					✓	
自动驾驶公司 (国外)	Waymo	自研	✓					
	Mobileye	自研					✓	✓
	Argo	自研	✓					
自动驾驶公司 (国内)	百度	投资禾赛科技		✓				
		投资 Velodyne	✓					
	华为	自研			✓			
	图森未来	与 Aeye 合作		✓				

来源：各公司官网，中泰证券研究所

#### 四、上游高成长确定性，目标客户与定点多寡决定业绩弹性

- 随着 2022 激光雷达量产上车，上游迎来确定性高成长机遇。激光雷达由发射模块、接收模块、扫描模块和信息处理模块组成，对应上游的元器件包括激光器、探测器、光学元件（分布在收发和扫描模块中）以及信息处理芯片（放大器、模数转换器和主控芯片）。随着 2022 年多款搭载激光雷达的高级别智能车开启交付，激光雷达迎来放量增长元年。虽然下游车企选择的方案各有不同，但在元器件的使用上具有共性，因此与主流整机厂合作并拿到定点的上游元器件厂商具备高成长确定性。

图表 37：激光雷达内部光学元件结构图

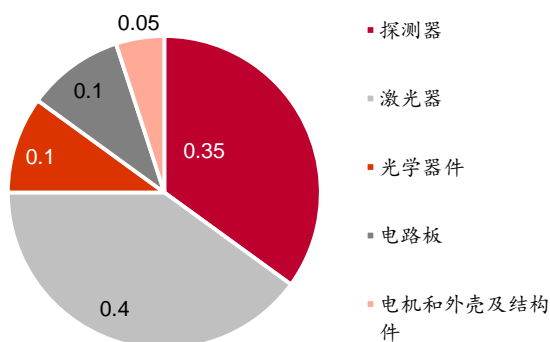


来源：《Rapid, High-Resolution Forest Structure and Terrain Mapping over Large Areas using Single Photon Lidar》，中泰证券研究所

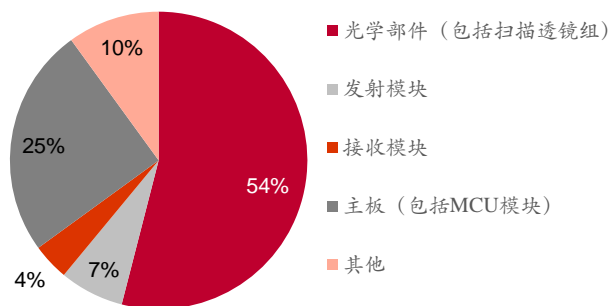
- 收发模块成本占比最高，光学元件次之。从激光雷达的 BOM 拆分来看，收发模块的成本占比约为 50-60%，光学元件的成本占比约为 10%-15%。其中：
  - 1) 机械式：以 Velodyne VLP-16 机械式激光雷达为例，探测器+激光器的成本占比高达 75%，光学元件的成本占比约为 10%。
  - 2) 棱镜式半固态：以大疆 Livox Horizon 棱镜式激光雷达为例，其采用较少数量的收发模组实现等价 100 线数的效果，收发模组的成本占比降至 11%，光学部件（包括扫描透镜组）的成本占比高达 54%。
  - 3) 转镜式半固态：以法雷奥 SCALA 转镜式激光雷达为例，激光单元板和激光机械部件的合计成本占比约为 33%，光学元件（透镜、滤光片等）等成本占比约为 13%。
  - 4) MEMS 半固态：MEMS 方案用微振镜取代马达、棱镜等机械部件，使得发射模块（包括 MEMS 微振镜）的成本占比达到 30%，收发模块合计成本占比达到 55%，其他光学元件成本占比为 10%。

图表 38：Velodyne VLP-16 机械式 BOM 成本结构

图表 39：Livox Horizon 棱镜式 BOM 成本结构



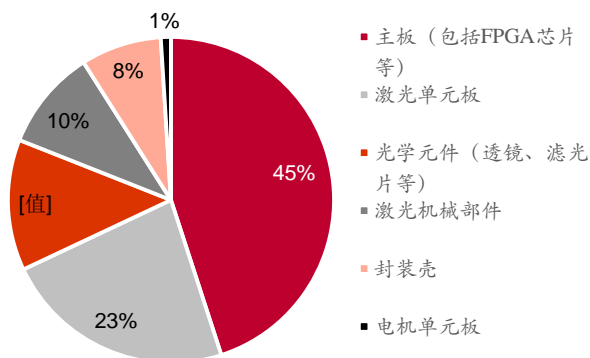
来源：汽车之心，中泰证券研究所



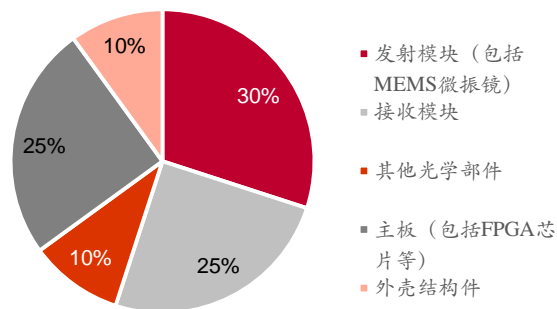
来源：汽车之心，中泰证券研究所

图表 40：法雷奥 SCALA 转镜式 BOM 成本结构

图表 41：MEMS 微振镜激光雷达 BOM 成本结构



来源：System Plus Consulting，中泰证券研究所



来源：汽车之家，中泰证券研究所

### 3.1 激光器：激光雷达核心模块，国内加速自研追赶

- 激光器是激光雷达的核心模块之一，国内加速自研突破国外垄断。目前激光雷达采用的激光器方案主要分为半导体激光器（EEL、VCSEL）和光纤激光器。欧美企业艾迈斯（AMS）、Lumentum、滨松光子等由于布局较早，产品成熟度和可靠性较高，基本主导了现阶段的激光器市场。而国内激光器厂商起步较晚，一方面通过技术自研迭代加速追赶海外厂商，另一方面借助性价比优势抢占市场。目前国内激光器的代表企业包括炬光科技、瑞波光电、纵慧芯光和海创光电等，其中炬光科技、瑞波光电和纵慧芯光主要布局以 VCSEL 为主的半导体激光器，光库科技、昂纳科技和海创光电则主要布局 1550nm 技术路线的光纤激光器。

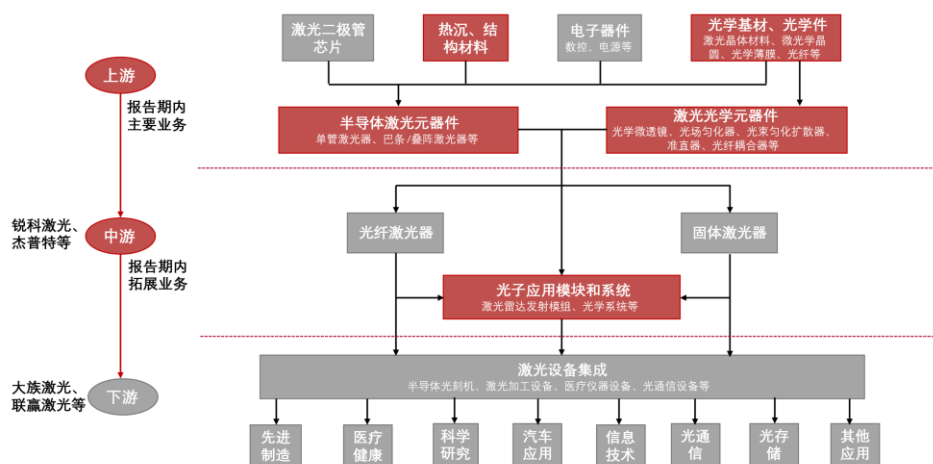
图表 42：全球激光器主要供应商的产品布局

	EEL	VCSEL	光纤激光器
Hamamatsu			✓
OSRAM		✓	✓
Lumentum	✓	✓	✓
瑞波光电	✓	✓	
炬光科技	✓	✓	
长光华芯	✓	✓	
纵慧芯光		✓	
昂纳科技			✓
光库科技			✓
海创光电			✓

来源：各公司官网，中泰证券研究所

- **炬光科技：国内高功率半导体激光器产业先驱。**炬光科技成立于 2007 年，2021 年于科创板上市，主要从事激光行业上游的高功率半导体激光元器件（“产生光子”）、激光光学元器件（“调控光子”）的研发、生产和销售，业务涉及半导体激光、激光光学、汽车应用和光学系统四大块。公司是我国高功率半导体激光器的产业先驱，通过上游激光和光学两类核心元器件积累起深厚的技术护城河，并逐渐走向中游激光雷达、泛半导体制程和家用医美等大规模商业化应用，打开长期成长空间。

**图表 43：炬光科技从上游元器件向中游应用延伸打开成长空间**



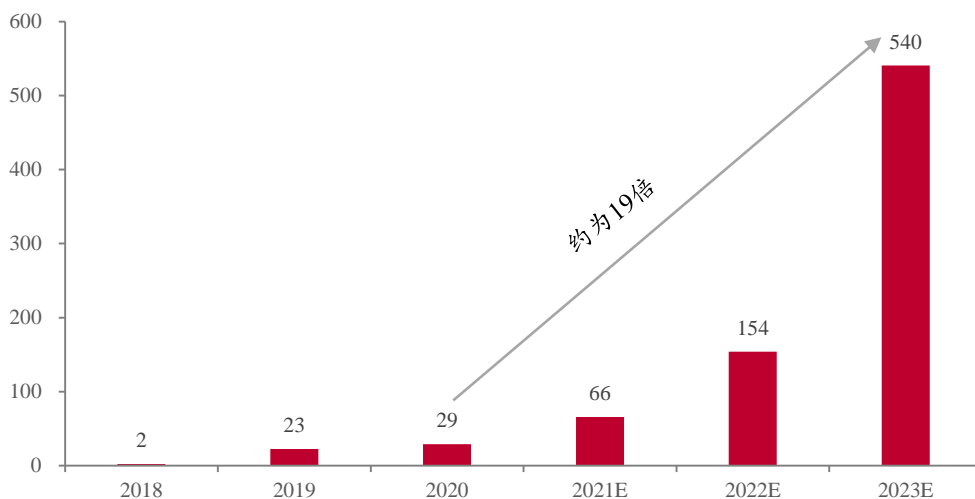
来源：炬光科技招股说明书，中泰证券研究所

注：深色为公司产品覆盖范围

- **炬光科技具备车规级激光雷达发射端模组的批量制造能力，23 年预计激光雷达业务实现收入约为 20 年的 19 倍。**公司汽车业务布局智能驾驶激光雷达、智能舱内驾驶员监控系统（DMS），与 Velodyne、Luminar、Argo AI（福特）、大陆集团等多家知名企业达成合作意向或建立合作项目。2019 年，公司与大陆集团签订了 4 个亿的 5 年框架协议，2020 年 9 月已进入批量生产阶段；同时国内客户也有合作，处于送样和小量发货阶段。随着 2022 年激光雷达开始加速上车，公司凭借在上游光学元器件积累的技术实力和优质的客户群体，在激光雷达业务

上将实现飞速发展。据公司披露，22 年激光雷达业务提量增速，收入体量可达 1.5 亿元；2023 年将达到 5.4 亿元，约为 2020 年的 19 倍。

**图表 44：炬光科技激光雷达业务收入快速增长（单位：百万元）**



来源：炬光科技公告，中泰证券研究所

- **上游半导体激光芯片主要被海外厂商垄断，我国长期面临“有器无芯”的窘境。**在半导体激光芯片上，欧洲和美国具备技术领先优势，贰陆集团、恩耐集团、IPG 光电等国际巨头同时从事下游的广泛业务，综合实力较强。国内相关厂商包括长光华芯（拟科创板上市）、纵慧芯光、武汉锐晶、华光光电等。
- **长光华芯：国内稀缺半导体激光芯片厂商，与华为战略合作，逐渐实现高功率半导体激光芯片的国产化。**长光华芯成立于 2012 年，哈勃投资（华为控股）直接持有公司 4.98% 的股权。长光华芯主要从事半导体激光芯片业务，可提供高功率单管、高功率巴条、高效率 VCSEL 及光通信芯片等产品，建立了国内全制程 6 寸 VCSEL 产线（相当于硅基半导体的 12 寸量产线）。良率是提高芯片产量、降低生产成本的重要因素，2018 年至 2020 年公司激光芯片生产的良率不断提高，复合增长率达 33.4%。目前公司研发的可应用于激光雷达的面发射高效率 VCSEL 系列产品已通过相关客户的工艺认证并获得量产订单。

**图表 45：长光华芯是国内稀缺的高功率半导体激光芯片厂商**



来源：长光华芯招股说明书，中泰证券研究所  
注：加粗为公司产品覆盖范围

### 3.2 探测器：海外厂商具备先发优势，国内布局高端有望弯道超车

- 探测器是除激光器外激光雷达最核心的模块之一，国内厂商前瞻布局高端新品有望弯道超车。探测器用于接收反射光束，并将光信号转换为电信号以实现后端的信息处理，目前产业链主流的探测器为 Si 基的 APD 探测器。由于国外厂商布局较早，在产品成熟度和可靠性方面优势明显，全球探测器目前主要由滨松、安森美、索尼等公司主导。国内相对起步较晚，大多直接布局技术尚未成熟的高端产品以求弯道超车。由于探测器需要根据不同技术路线进行定制化，随着资源的不断投入和产业链的逐渐完善，高端技术持续突破，国内前瞻布局 SPAD、SiPM 等新产品的芯视界、灵明光子等企业快速崛起，产品性能基本接近国外供应链水平，并已经有通过车规认证(AEC-Q102)的国产探测器出现。

图表 46：国内厂商前瞻布局 SPAD、SiPM 有望弯道超车

	PIN	APD	APD阵列	SPAD	SiPM	InGaAs
First sensor	✓	✓	✓		✓	✓
spectrolab	✓		✓			✓
Hamamatsu		✓		✓	✓	✓
Onsemi					✓	✓
芯视界				✓	✓	
灵明光子					✓	

来源：各公司官网，中泰证券研究所

### 3.3 光学元件：国内具备全球领先优势，定点释放带来高业绩弹性

- 激光雷达内部的光路设计需要用到大量的光学元件，国内厂商技术全球领先，成本优势突出。光学元件分布在激光雷达的发射模块、接收模块和扫描模块中，主要包括反射镜、透镜、棱镜/转镜、MEMS 微振镜、窗口、滤光片等。整机厂负责光路设计，然后向光学元件厂采购需要的元件并进行组装。国内在光学元件领域积累多年，培养了一大批具备全球竞争力的光学企业，成本控制能力优秀，具备激光雷达大规模量产的

加工制造能力。

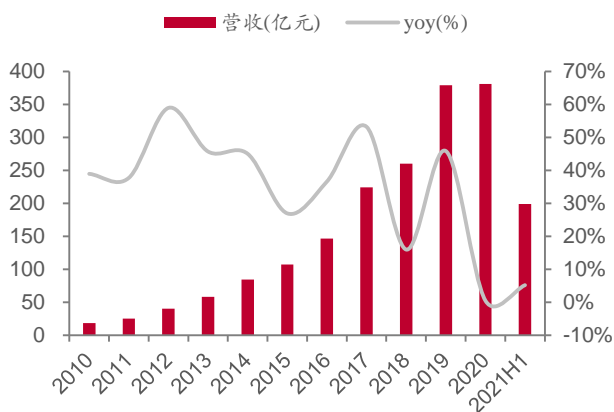
**图表 47：国内在光学元件领域拥有众多优势企业**



来源：艾邦智造，中泰证券研究所

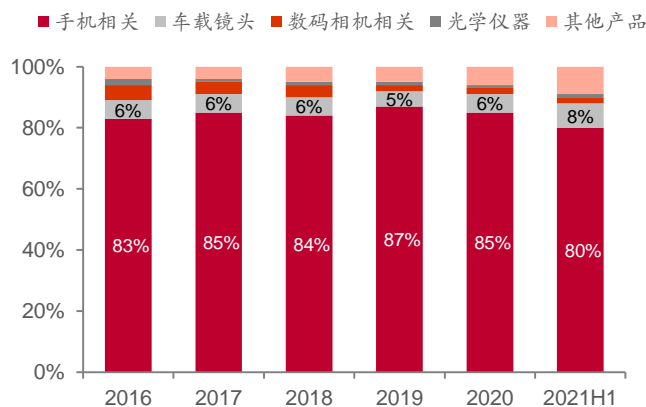
- **舜宇光学：与全球主流车企和 Tier 1 厂商合作，车载业务成为增长新引擎。**舜宇成立于 1984 年，深耕光学赛道三十多年，逐步成长为手机、车载光学领域龙头，2020 年实现营收 381 亿元，10 年 CAGR 达 35.5%。公司光学产品包括手机镜头及模组、车载镜头及模组、激光雷达、光学仪器等产品。舜宇在全球车载镜头市场占据行业领先地位，市场占有率高达 32%。客户主要以 Tier 1 厂商为主，包括博世、麦格纳、法雷奥、大陆等，与 Mobileye 等算法厂商合作密切，产品广泛应用于奔驰、宝马、奥迪、丰田、本田等知名汽车品牌。

**图表 48：舜宇光学营收及增速**



来源：公司公告，中泰证券研究所

**图表 49：舜宇光学产品结构**



来源：公司公告，中泰证券研究所

- **永新光学：与禾赛、innoviz、麦格纳等合作，可提供滤光片、窗口、反光镜、棱镜、镜头等激光雷达元组件产品。**公司是国内唯二以显微光学仪器为主业的厂商，拥有 78 年精密光学研发制造历史，同时积极把握智能驾驶及机器视觉机遇，布局条码扫描及机器视觉镜头、车载光学、激光雷达光学部件等新兴光学元组件。在激光雷达方面，公司可提供激光雷达单一镜片到镜头等光学元组件，包括滤光片、窗口、反光镜、棱镜、镜头



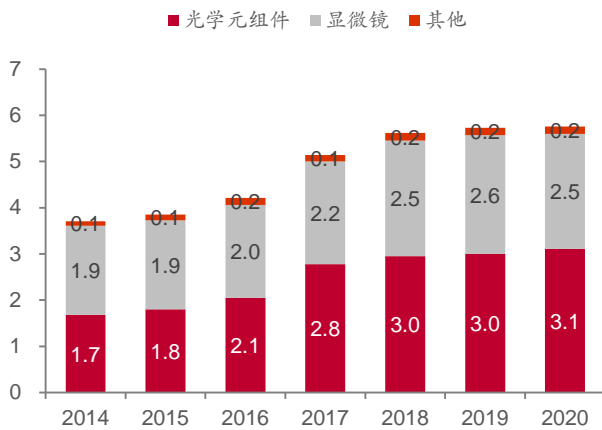
等，21 年已实现小批量出货。客户方面与禾赛、Innoviz 等国内外多家激光雷达整机厂建立合作，是麦格纳指定供应商，22 年将有多家客户进入量产，激光雷达业务有望实现高增。

**图表 50：永新光学主要产品为光学显微镜及光学零组件**



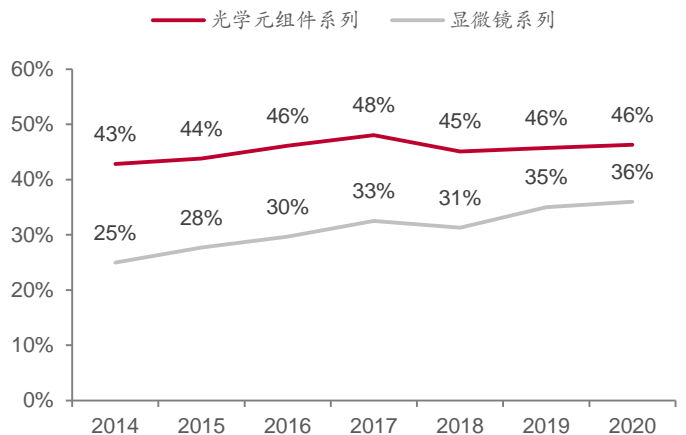
来源：永新光学官网，中泰证券研究所

**图表 51：永新光学主营业务营收（单位：亿元）**



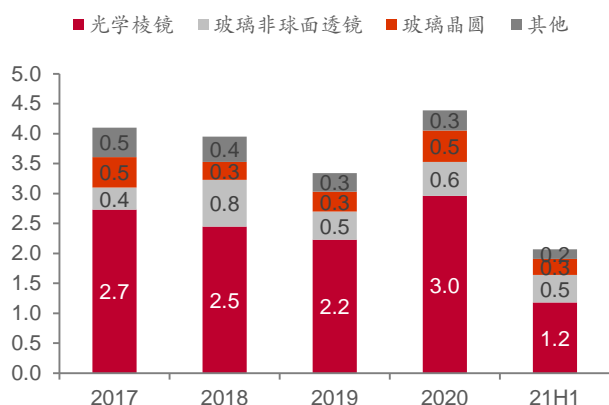
来源：wind，中泰证券研究所

**图表 52：永新光学主营业务毛利率**

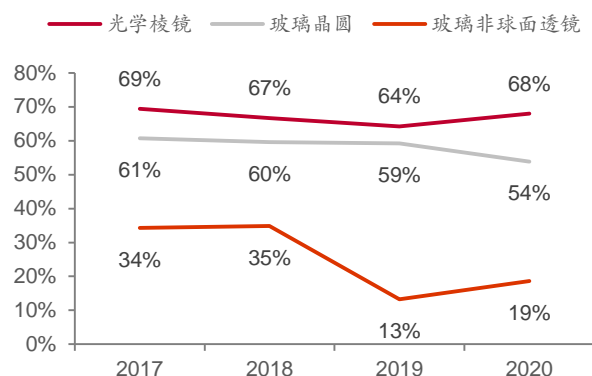


来源：wind，中泰证券研究所

- **蓝特光学：可提供激光雷达用玻璃非球面透镜镜片，微棱镜业务有望迎来大突破。**公司成立于 1995 年，是国内领先的光学元件供应商，主要生产光学棱镜、玻璃非球面透镜、玻璃晶圆等产品。公司专注于前瞻性的精密光学元件研发，掌握了玻璃光学元件冷加工、玻璃非球面透镜热模压、高精度模具设计制造、中大尺寸超薄玻璃晶圆精密加工等核心技术。其中，玻璃非球面透镜可应用于车载摄像头和激光雷达，客户方面已与舜宇光学和速腾聚创达成合作。21H1 公司在玻璃非球面透镜上的收入为 0.5 亿元，营收占比达到 22%。此外，公司与大客户合作开发的微棱镜产品有望实现大突破，并有望在 2023 年形成可观收入。

**图表 53: 蓝特光学主营业务营收 (单位: 亿元)**


来源: wind, 中泰证券研究所

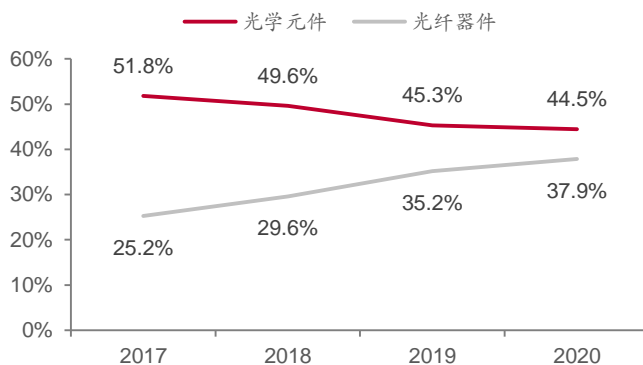
**图表 54: 蓝特光学主营业务毛利率**


来源: wind, 中泰证券研究所

- 腾景科技:** 为激光雷达客户配套精密光学元件, 部分产品已进入小批量供货阶段。公司成立于 2013 年, 是我国精密光学器件的领军企业, 主要生产精密光学元件和光纤器件, 并应用于光通信、光纤激光等领域。其中, 精密光学元件包括平面光学元件、球面光学元件、模压玻璃非球面透镜等; 光纤器件包括镀膜光纤器件、准直器、声光器件及其他光纤器件等。公司在激光雷达领域主要从事精密光学元件的设计和制作, 部分产品已进入小批量供货阶段。

**图表 55: 腾景科技主营业务营收 (单位: 亿元)**

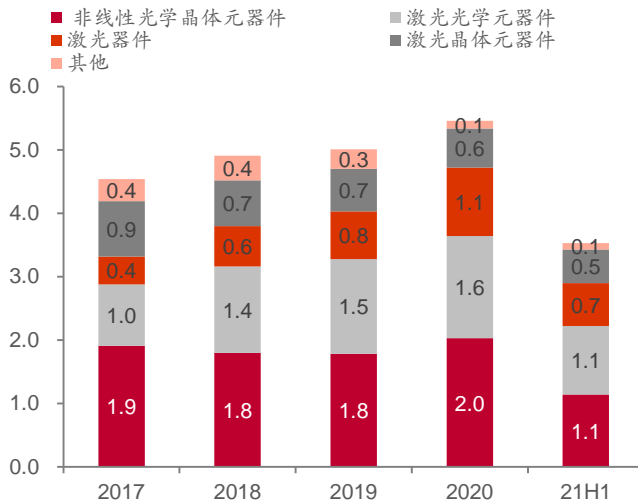

来源: wind, 中泰证券研究所

**图表 56: 腾景科技主营业务毛利率**


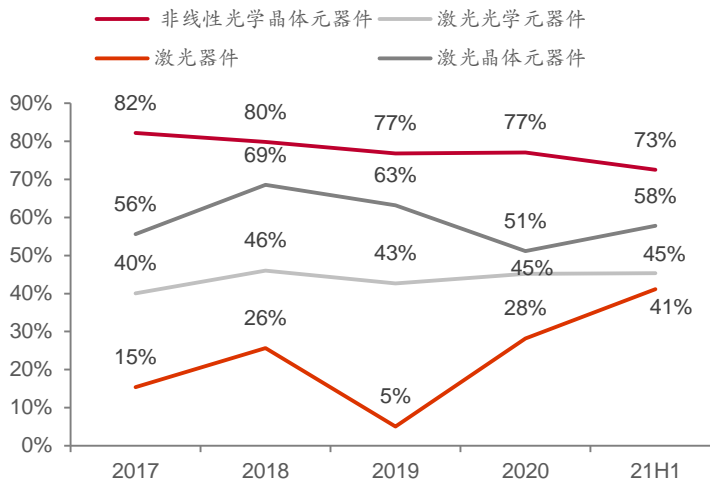
来源: wind, 中泰证券研究所

- 福晶科技:** 配合华为开发激光雷达光学元件, 已实现部分小批量供货。公司成立于 1990 年, 主要产品包括晶体元器件、精密光学元件和激光器件三大类, 是业内少数能够为激光客户提供晶体、光学、器件产品一站式综合服务的供应商。公司产品主要应用于固体激光器和光纤激光器的制造, 其中精密光学元件包括窗口片、反射镜、棱镜、柱面镜、球面镜、波片、分光镜等产品, 部分精密光学元件产品可应用于 AR、激光雷达领域。

**图表 57: 福晶科技主营业务营收 (单位: 亿元)**
**图表 58: 福晶科技主营业务毛利率**



来源：福晶科技官网，中泰证券研究所



来源：福晶科技官网，中泰证券研究所

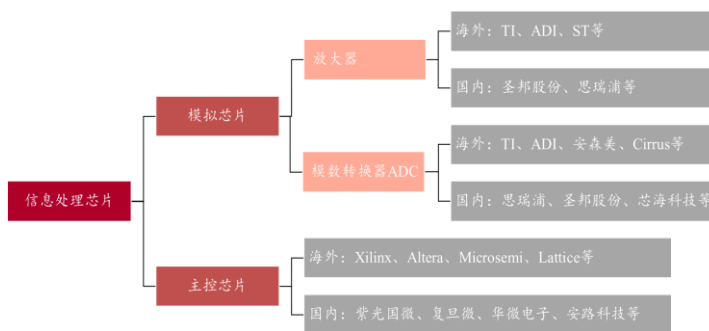
### 3.4 信息处理芯片：海外厂商占据主导优势，国产替代加速推进

■ 信息处理芯片主要由海外厂商主导，国内厂商受益国产替代趋势加速崛起。

1) 主控芯片：主要采用 FPGA 芯片，基本被赛灵思、Altera (Intel) 等海外厂商垄断，国内厂商包括紫光同创、复旦微、西安智多晶等。

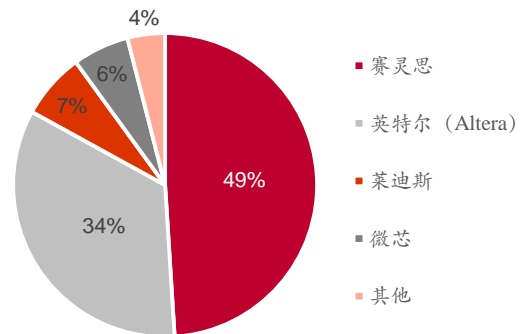
2) 模拟芯片：模拟芯片包括模数转换器、放大器等，海外 TI、美信、亚德诺、瑞萨等巨头占据领先地位，国内圣邦股份、云芯微、时代民芯等加速国产替代，逐渐建立起竞争优势。

图表 59：激光雷达信息处理芯片国内外主要厂商



来源：ittbank，中泰证券研究所

图表 60：2020 年全球 FPGA 竞争格局



来源：华经产业研究院，中泰证券研究所

## 五、投资建议

- 2022 年是 L2 向 L3/L4 跨越窗口期，包括奔驰 S、宝马 ix、蔚来 ET7、小鹏 G9、理想 L9 等多款搭载激光雷达的高级别智能车开启交付，平均激光雷达搭载量约为 2 颗，加速激光雷达量产上车。预计 2025 年激光雷达的市场规模超过 250 亿元，2021-25 年的 CAGR 高达 162%，是汽车智能化弹性最大的赛道。其中光学元件在激光雷达整机中的成本占比仅次于收发模块，我国厂商具备全球领先优势，成本优势突出，与主流整机厂合作并收获定点的厂商将显著受益激光雷达行业的高弹性。
- 建议关注国内具备技术、成本优势，且已经和下游主流整机厂形成合作的光学元件厂商：永新光学（与 Innoviz、禾赛合作）、炬光科技（与 Velodyne、Luminar、大陆合作）、蓝特光学（与速腾聚创合作）、长光华芯（拟上市，与华为合作）、腾景科技（与禾赛、镭神智能合作）。

## 六、风险提示

- **1) 智能车渗透率不及预期:** 智能车渗透率是激光雷达产业链快速发展的重要驱动力,若渗透率不及预期,或激光雷达厂商研发进度、车企新车发布时间未符合原定计划,将对产业链公司增速造成一定影响;
- **2) 技术路线变化下相关公司无法维持竞争优势:** 智能驾驶快速发展背景下,激光雷达存在多种技术路线,若未来主流技术路线变化,且相关公司无法维持竞争优势,业绩表现可能存在不及预期风险。
- **3) 研报使用的信息更新不及时的风险:** 报告中对细分行业的增速测算基于相关机构统计的数据,存在由于数据更新不及时的风险。
- **4) 需求/规模测算不及预期:** 行业规模测算是基于一定假设前提,存在与实际情况偏差的风险。

**投资评级说明:**

	评级	说明
股票评级	买入	预期未来 6~12 个月内相对同期基准指数涨幅在 15%以上
	增持	预期未来 6~12 个月内相对同期基准指数涨幅在 5%~15%之间
	持有	预期未来 6~12 个月内相对同期基准指数涨幅在-10%~+5%之间
	减持	预期未来 6~12 个月内相对同期基准指数跌幅在 10%以上
行业评级	增持	预期未来 6~12 个月内对同期基准指数涨幅在 10%以上
	中性	预期未来 6~12 个月内对同期基准指数涨幅在-10%~+10%之间
	减持	预期未来 6~12 个月内对同期基准指数跌幅在 10%以上

备注：评级标准为报告发布日后的 6~12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的相对市场表现。其中 A 股市场以沪深 300 指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准，美股市场以标普 500 指数或纳斯达克综合指数为基准（另有说明的除外）。

**重要声明:**

中泰证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证券监督管理委员会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告基于本公司及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。但本公司及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，可能会随时调整。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。本报告所载的资料、工具、意见、信息及推测只提供给客户作参考之用，不构成任何投资、法律、会计或税务的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。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。

市场有风险，投资需谨慎。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。

投资者应注意，在法律允许的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。本公司及其本公司的关联机构或个人可能在本报告公开发布之前已经使用或了解其中的信息。

本报告版权归“中泰证券股份有限公司”所有。未经事先本公司书面授权，任何人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。如引用、刊发，需注明出处为“中泰证券研究所”，且不得对本报告进行有悖原意的删节或修改。