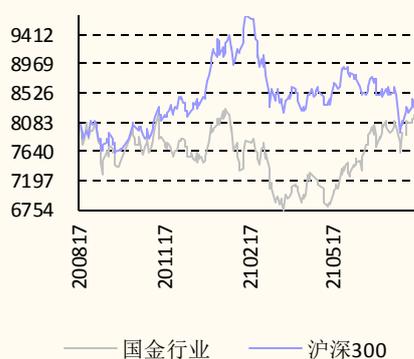


市场数据(人民币)

市场优化平均市盈率	18.90
国金电子指数	8012
沪深300指数	4946
上证指数	3516
深证成指	14799
中小板综指	13671



相关报告

- 1.《舜宇光学公司深度报告：手机光学规格持续升级，车载光学打造新黄金十年》，2021.7.19
- 2.《宇瞳光学公司深度：安防镜头龙头，消费级监控打造第二成长曲线》，2021.8.5

樊志远	分析师 SAC 执业编号: S1130518070003 (8621)61038318 fanzhiyuan@gjzq.com.cn
	分析师 SAC 执业编号: S1130520090004 liuyanxue@gjzq.com.cn
	分析师 SAC 执业编号: S1130520080003 dengxiaolu@gjzq.com.cn

智能驾驶方兴未艾，车载光学长坡厚雪

行业观点

■ 车载镜头：自动驾驶之眼，长坡厚雪优质赛道。

■ **高成长**：2017年特斯拉推出model 3、搭载L2级自动辅助驾驶、8颗摄像头，考虑整车厂从车型规划到投产的周期在3年以上，我们认为2021年L2级自动辅助驾驶渗透率快速放量，预计未来自动辅助驾驶渗透率曲线将高度拟合智能手机渗透率S曲线，实现快速增长。2020年全球车载摄像头出货量达1.65亿颗，单车搭载摄像头数量达2.1颗。预计2025年单车摄像头数量达8颗，全球车载摄像头出货量达8亿颗，市场规模达336亿元，CAGR达37%。

■ **高壁垒**：光学镜头是高壁垒行业，模具设计制造、镜片设计制造难度极高，设计需要严谨的公式更需要想象力，制造需要掌握大量know-how方可保障良率。车载镜头壁垒更高，多为全玻璃镜头或玻塑混合镜头，非球面玻璃镜片优势突出，具备模造镜片产能的公司更具优势。

■ **好格局**：车载镜头市场格局呈现出“一超多强”局面，2020年舜宇光学出货量超5600万颗、市占率达34%，第二到第八名均为外资企业、市占率达38%。在规格、壁垒更高的ADAS镜头中，舜宇光学市占率超50%。国内的联创电子、宇瞳光学均积极布局车载镜头领域，尽管目前市占率较低，我们认为未来伴随国内造车新势力崛起，国内二线车载镜头企业大有可为。

■ 我们预计2025年车载摄像头模组市场规模超1600亿元，目前车载摄像头模组主要由海外Tier 1、Tier 2主导，我们认为伴随造车新势力崛起、模组规格升级，未来车载镜头厂有望获取部分模组份额。

■ **激光雷达**：预计2025年市场规模超500亿元，光学系统是其重要组成部分。1)我们认为激光雷达、摄像头各有所长，都是高级别自动驾驶中不可或缺传感器，目前激光雷达行业尚处于导入期，预计2025年车载激光雷达市场规模达530亿元。2)光学系统是激光雷达重要组成部分，具体产品涵盖镜头、透镜、棱镜、转镜等光学零部件。

■ **HUD&智能大灯**：助推智能化升级，预计2025年市场规模超600亿元，目前全球整机市场主要由外资主导，我们认为未来光学企业在零部件、整机大有可为。

投资建议

■ **行业策略**：我们看好在智能驾驶浪潮下，车载摄像头、激光雷达、HUD、智能大灯行业蓬勃发展，看好兼具高成长、高壁垒、好格局的车载镜头行业投资机会。

■ **推荐组合**：我们继续推荐舜宇光学科技（车载镜头龙头，积极布局车载模组、激光雷达、HUD、智能大灯业务）、宇瞳光学（安防镜头龙头积极布局车载镜头领域，目前已有后装产品出货）、联创电子（车载镜头先发优势明显，特斯拉、蔚来车载镜头供应商）、水晶光电（AR-HUD产品成功量产、供应红旗高端车型）。

风险提示：自动驾驶渗透率不及预期，激光雷达与摄像头互相替代，HUD、智能大灯渗透率不及预期的风险。

内容目录

一、车载镜头：自动驾驶之眼，长坡厚雪优质赛道	5
1. 高成长：预计 2025 年车载镜头市场超 330 亿元、CAGR 达 37%	5
2. 高壁垒：光学镜头是高壁垒行业，车规级产品壁垒更高	9
3. 好格局：车载镜头一超多强，国内二线企业未来可期	14
4. 车载模组：预计 2025 年市场超 1600 亿元，镜头企业有望顺利切入	15
二、激光雷达：助力 ADAS，2025 年市场超 500 亿元	16
1. 激光雷达助力自动驾驶，半固态式有望快速放量	16
2. 预计 2025 年车载激光雷达市场规模超 500 亿元、CAGR 超 80%	20
3. 激光雷达行业尚处于导入期，行业格局未定	21
4. 光学系统在激光雷达中扮演重要角色	22
三、HUD&智能大灯：助推智能化升级，2025 年市场超 600 亿元	22
1. HUD：自动辅助驾驶的绝妙搭配，预计 2025 年市场规模达 240 亿元	22
2. 智能车灯：推动汽车智能化升级，预计 2025 年市场规模超 400 亿元	26
四、投资建议	30
1. 舜宇光学科技：光学行业龙头，多元布局车载产品	30
2. 联创电子：聚焦光学业务，车载光学快速成长	30
3. 宇瞳光学：安防镜头龙头，车载镜头进入后装市场	31
4. 水晶光电：多元布局光学光电子领域，AR-HUD 成功量产上车	31
5. 蓝特光学：光学业务多点开花，车载镜片加速放量	32
6. 永新光学：光学精密制造稀缺标的，车载镜头静待放量	32
五、风险提示	32

图表目录

图表 1：不同级别自动驾驶定义、功能、搭载摄像头数量	6
图表 2：主流车型搭载摄像头数量	6
图表 3：车载摄像头类型	7
图表 4：不同位置车载摄像头功能	7
图表 5：特斯拉三目摄像头方案	7
图表 6：预计 2021 年全球 L2 级自动辅助驾驶渗透率快速攀升	8
图表 7：全球车载摄像头出货量快速增长	8
图表 8：预计 2025 年单车搭载摄像头数量达 8 颗	9
图表 9：手机单机摄像头数量变化趋势	9
图表 10：汽车单车搭载摄像头数量变化趋势	9
图表 11：光学镜头结构	10
图表 12：镜头组装流程	10
图表 13：光学系统像差类型	10
图表 14：塑料镜片生产流程	11

图表 15: 球面玻璃镜片制造工艺.....	12
图表 16: 模造玻璃制程.....	12
图表 17: 玻璃模造流程相较传统研磨法大大减短工序, 提升生产效率.....	13
图表 18: 车载镜头需过多重信赖性试验.....	13
图表 19: 非球面镜片可帮助消除像差.....	14
图表 20: 2020 年车载摄像头镜头市场格局.....	14
图表 21: 2020 年车载感知类摄像头镜头市场格局.....	14
图表 22: 上市公司车载镜头业务对比.....	15
图表 23: 车载摄像头结构拆分.....	15
图表 24: 手机摄像头成本构成.....	16
图表 25: 车载摄像头模组市场格局.....	16
图表 26: 搭载激光雷达的车型一览.....	16
图表 27: 机械式、半固态式、固态式激光雷达特点.....	17
图表 28: 机械式激光雷达结构.....	18
图表 29: 谷歌无人驾驶车.....	18
图表 30: MEMS 微振镜方案激光雷达结构.....	18
图表 31: 转镜式激光雷达结构.....	18
图表 32: 2021 年造车新势力发布三款搭载激光雷达的新车.....	19
图表 33: OPA 激光雷达原理.....	19
图表 34: FLASH 激光雷达原理.....	19
图表 35: ToF 激光雷达原理.....	20
图表 36: FMCW 激光雷达原理.....	20
图表 37: 2020-2025 年全球激光雷达在无人驾驶领域的市场规模 CAGR 为 80.9%.....	21
图表 38: 2020-2025 年全球激光雷达在 ADAS 领域的市场规模 CAGR 为 83.7%.....	21
图表 39: 主流激光雷达公司梳理.....	21
图表 40: 激光雷达结构.....	22
图表 41: C-HUD 示意图.....	23
图表 42: W-HUD 示意图.....	23
图表 43: AR-HUD 示意图.....	23
图表 44: AR-HUD 视场角更大, 能在更短距离内实现跨车道显示.....	23
图表 45: C-HUD、W-HUD、AR-HUD 方案对比.....	24
图表 46: C-HUD 示意图.....	24
图表 47: W-HUD 示意图.....	24
图表 48: HUD 主流技术路线对比.....	24
图表 49: 自由曲面凹面反射镜原理.....	25
图表 50: AR-HUD 自由曲面反射镜.....	25
图表 51: 2016-2020 年 HUD 平均价格变化 (美元).....	26

图表 52: HUD 渗透率展望	26
图表 53: 2016 年全球 HUD 市场格局	26
图表 54: 2021 年 H1 国内市场 W-HUD 竞争格局	26
图表 55: 汽车车灯主流类型比较	27
图表 56: AFS 效果图	28
图表 57: ADB 效果图	28
图表 58: 智能大灯可投射路面标志	28
图表 59: 智能大灯可为行人投射斑马线	28
图表 60: 我国智能大灯市场以 AFS 为主	29
图表 61: 全球智能大灯市场规模	29
图表 62: 2020 年全球车灯市场格局	30
图表 63: 2019 年国内车灯市场格局	30

一、车载镜头：自动驾驶之眼，长坡厚雪优质赛道

1. 高成长：预计 2025 年车载镜头市场超 330 亿元、CAGR 达 37%

- **车载摄像头是自动驾驶中必不可少的传感器。**自动驾驶系统通常可分为感知层、决策层、执行层。感知层所用到的传感器包括摄像头、激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达等视觉传感器，以及速度和加速度传感器等。相较于其他传感器、摄像头障碍识别能力强，是自动驾驶中必不可少的传感器。
- **车载摄像头的分类：**1) 按照用途不同，摄像头可分为成像类摄像头、感知类摄像头（ADAS 摄像头）。成像摄像头用于被动安全，并将所拍摄的图像存储或发送给用户。ADAS 摄像头用于主动安全，需要准确捕捉图像。2) 根据位置不同，车载摄像头可分为前视摄像头、侧视摄像头、环视摄像头、后视摄像头及舱内摄像头。①前视摄像头用以实现多种 ADAS 功能（防撞预警、车道偏离预警等），任务繁重、规格最高，前视可分为单目、双目、三目摄像头，单目摄像头发展较早，目前技术发展较为成熟，量产成本较低，但是受限于单个摄像头固定焦距限制，难以兼顾大视场角（广角）和远探测距离（长焦）。双目、多目摄像头在一定程度上克服了单摄像头的局限，以特斯拉三目摄像头为例，三颗摄像头包括主视野摄像头（覆盖大部分交通场景，最大监测距离 150 米）、广角摄像头（视场角达 150°，能够拍摄到交通信号灯、行驶路径上的障碍物和距离较近的物体，非常适用于城市街道、低速缓行的交通场景）、长焦摄像头（能够清晰地拍摄到远距离物体，适用于高速行驶的交通场景。最大监测距离 250 米）。②侧视摄像头用以监测侧前方或侧后方场景，实现盲点监测。环视摄像头采用广角镜头，在车四周装配后获取车身 360° 图像并拼接，实现全景泊车，若加入算法可实现道路线感知。后视摄像头采用广角镜头，用以倒车辅助。舱内摄像头用以监测驾驶员状态，实现疲劳提醒功能。
- **高级别自动驾驶推动摄像头量价齐升。**自动驾驶可分为 L0~L5 六个级别，目前主流自动驾驶级别在 L2~L3 阶段之间，L2 主要功能涵盖倒车监控、全景泊车辅助、盲点检测、自适应巡航、前方碰撞预警、智能车速控制、车道偏离告警、行人检测系统、交通信号及标志牌识别，一般搭载 3~13 颗摄像头。L4、L5 级别自动驾驶 ADAS 系统尚在研发阶段，一般需要搭载 13 颗以上摄像头。3) 传统后视摄像头仅需获取偏静态图像，而 ADAS 摄像头需要在车辆高速运动中捕捉清晰物体影像，因此 ADAS 摄像头普遍规格更高、单价更高。此外伴随自动驾驶算力提升，将需要更高分辨率的车载摄像头产品。

图表 1: 不同级别自动驾驶定义、功能、搭载摄像头数量

	LEVEL 0	LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3	LEVEL 4	LEVEL 5
	辅助驾驶范畴			自动驾驶范畴		
名称	无自动化	驾驶辅助	部分自动化	有条件自动化	高度自动化	完全自动化
定义	驾驶员全权操作	方向盘或加减速系统提供支持	方向盘和加减速系统提供支持	限定条件系统驾驶		任何条件系统驾驶
环境监控主体	驾驶员	驾驶员	驾驶员	系统/驾驶员	系统	系统
决策责任方	驾驶员	驾驶员	驾驶员	系统/驾驶员	系统	系统
ADAS功能	满足ADAS功能所需摄像头					
倒车监控	√ (1后视)	√ (1后视)	○ (1后视)	○ (1后视)	○ (1后视)	
全景泊车辅助			○ (4环视)	√ (4环视)	√ (4环视)	
注意力监测系统			√ (1舱内)	√ (1舱内)	√ (1舱内)	
盲点监测			○ (4侧视)	○ (4侧视)	○ (4侧视)	
自适应巡航	○ (1前视)					
前方碰撞预警			√ (1-3前视)			
智能车速控制			√ (3-6颗ADAS)			
车道偏离告警						√ (8颗以上ADAS)
行人检测系统						
交通信号及标志牌识别						
复杂场景自动行驶						
单车摄像头数量	1	2	3-13	8-16	13颗以上	

来源: 国金证券研究所

注: √表示必须配置, ○表示可选配置

图表 2: 主流车型搭载摄像头数量

主流车型	型号	自动辅助驾驶级别	摄像头总数量	前视	环视	其他
蔚来	ET7	L3	11 (800万)	4	4	后视*3
	ES8	L2	8	三目*1	4	后视*1
	ES6	L2	8	三目*1	4	后视*1
	EC6	L2	8	三目*1	4	后视*1
小鹏	G3	L2	5	1	4	
	P7	L2	13	单目*1+三目*1	4	侧向感知*5
特斯拉	ModelY	L2	8	3	2	后视*3
	Model3	L2	8	3	2	后视*3
比亚迪	唐系列	L2	5	1	4	
	汉系列	L2	5	1	4	
理想	ONE	L2	6	1	4	信息收集*1
北汽极狐	阿尔法 S 华为 HI 版	L2	13	1	4	辅助驾驶*8
极氪	001	L2	15	1	6	辅助驾驶*6 内置*2
宝马	宝马 7 系	L2	8	三目*1	4	后视*1
奔驰	10 代 E	L2	5	1	2	后视*2
奥迪	A8	L2	8	2	2	360 度系统*4
沃尔沃	XC60	L2	4	1	2	后视*1
雷克萨斯	LS	L2	8	双目*1	6	

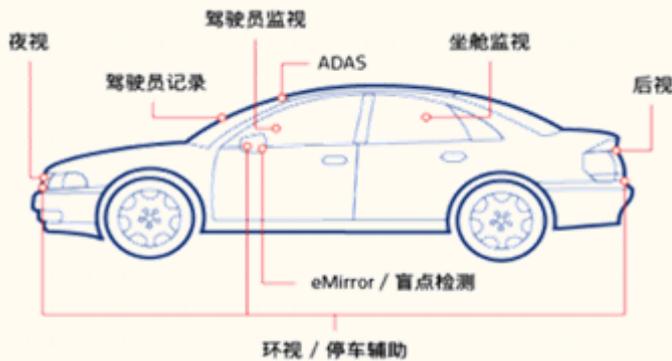
来源: 各公司官网, 国金证券研究所

图表 3: 车载摄像头类型

类别	功能	材料	个数	描述	
前视	单目/双目/三目	感知类	全玻璃	1-4	安装在前挡风玻璃上, 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)
环视	广角	成像类	玻塑混合	4-8	用于全景泊车 (SVP), 在车四周安装进行全景识别, 加入算法可以实现道路感知
后视	广角或鱼眼	成像类	玻塑混合	1-4	安装在后尾箱, 用于泊车辅助 (PW)
侧视	普通视角	感知类	全玻璃	2	安装在后视镜下方部位, 用于盲点监测 (BSD)
内置	广角	成像类	玻塑混合	1	安装在车内后视镜处, 用于疲劳提醒等

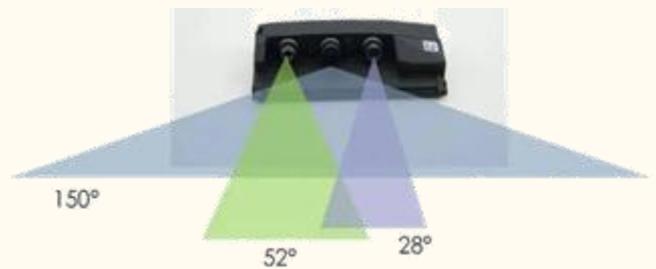
来源: AI 车库, 国金证券研究所

图表 4: 不同位置车载摄像头功能



来源: 公司官网, 国金证券研究所

图表 5: 特斯拉三目摄像头方案



来源: 公司官网, 国金证券研究所

- 2017 年是自动辅助驾驶元年, 预计 2021 年 L2 级自动辅助驾驶渗透率快速放量。1) 特斯拉是电动车&自动辅助驾驶的领军者, 2012 年特斯拉推出世界首款电动轿车 model S, 搭载 L2 级别自动辅助驾驶系统, 配备 8 颗摄像头, 定价 5 万美元, 但是由于定价过高、产能限制、配套基础设施不足等原因, 此时的电动车注定是一款小众产品。2017 年特斯拉推出革命性产品——入门款电动车 model 3, 搭载 L2 级别自动辅助驾驶系统, 配备 8 颗摄像头, 定价 3.5 万美元, 该产品的推出也助力特斯拉市占率达 8%。此后得益于上海工厂投产、规模效应降本, 截至 2021 年 8 月, model 3 定价已降至 24 万人民币。2) 我们认为在特斯拉的“鲶鱼效应”下, 其他新能源车厂、传统车厂也势必将快速跟进自动辅助驾驶系统及其相关搭载硬件。考虑整车厂从车型规划到投产的周期在 3 年以上, 我们认为 2021 年 L2 级自动辅助驾驶渗透率快速提升。预计未来自动辅助驾驶渗透率曲线将高度拟合智能手机渗透率 S 曲线, 实现快速增长。

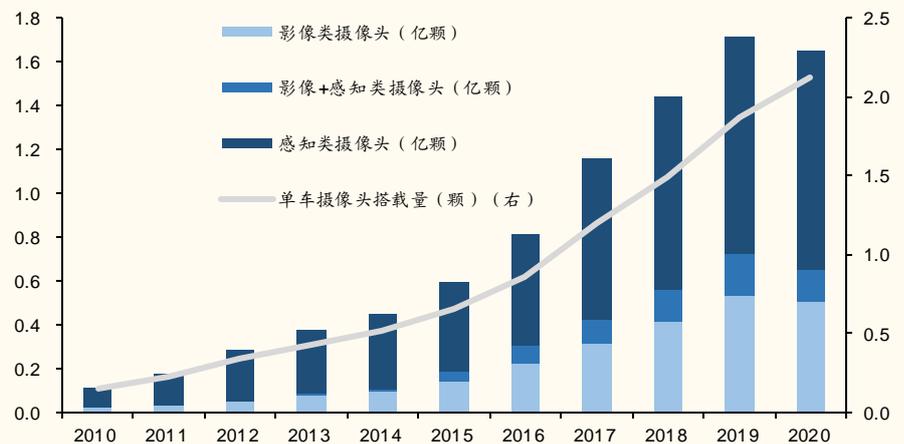
图表 6: 预计 2021 年全球 L2 级自动辅助驾驶渗透率快速攀升



来源: IDC, yole, 国金证券研究所

- 预计 2025 年单车搭载摄像头数量达 8 颗, 车载摄像头市场规模超 1600 亿元, 车载镜头市场规模超 330 亿元, CAGR 超 37%。1) 根据 TSR, 2020 年全球车载摄像头出货量达 1.65 亿颗、过去十年 CAGR 达 30%, 单车搭载摄像头数量达 2.1 颗。2) 根据后文测算, 我们预计 2025 年单车摄像头数量达 8 颗, 车载摄像头出货量达 8 亿颗, CAGR 达 37%, 参考舜宇车载镜头单价 (42 元), 保守假设未来价格不变, 预计 2025 年车载镜头市场规模达 336 亿元。考虑车载模组价格一般为车载镜头的 5 倍, 预计 2025 年车载摄像头模组市场规模达 1684 亿元。

图表 7: 全球车载摄像头出货量快速增长



来源: TSR, 国金证券研究所

- 测算方法一: 参考 L2 渗透速度, 预计 2025 年单车平均搭载摄像头数量达 8 颗。1) 我们参考智能手机渗透速度, 2010 年智能手机渗透率从 19% 提升至 2015 年的 74%。预计 L2 渗透率从 2020 年的 18% 提升至 2025 年的 75%。2) 我们假设 2017 年 L2 及以上单车搭载摄像头数量为 3 颗、此后每年单车搭载摄像头数量以 15% 的速度增长、2025 年单车搭载摄像头数量达 9 颗, 目前部分新势力单车搭载数量达 13 颗。我们假设 2017 年 L1 及以下单车搭载摄像头数量为 1 颗、此后每年单

车搭载摄像头数量以 20% 的速度增长、2025 年单车搭载摄像头数量达 4 颗。预计 2025 年单车搭载摄像头数量达 8 颗。

图表 8: 预计 2025 年单车搭载摄像头数量达 8 颗

	2017	2018	2019	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
全球 L2 及以上渗透率	15%	15%	17%	18%	25%	40%	55%	70%	75%
全球 L1 及以下渗透率	85%	85%	83%	82%	75%	60%	45%	30%	25%
L2 及以上单车摄像头数量	3.0	3.45	3.97	4.56	5.25	6.03	6.94	7.98	9.18
L1 及以下单车摄像头数量	1.0	1.20	1.44	1.73	2.07	2.49	2.99	3.58	4.30
单车搭载摄像头数量 (预测值)	1.3	1.5	1.9	2.2	2.9	3.9	5.2	6.7	8.0
单车搭载摄像头数量 (实际值)	1.2	1.5	1.9	2.1					

来源: yole, 国金证券研究所

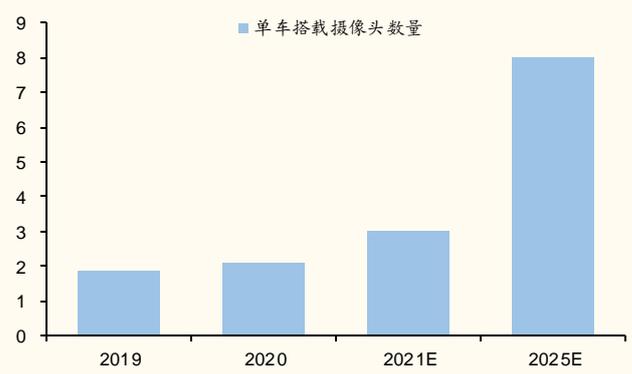
- 测算方法二: 参考手机多摄渗透速度, 预计 2025 年单车平均搭载摄像头数量达 8 颗。1) 华为 2016 年发布其第一款搭载双摄的手机——P9, 2019 年全球智能手机单机搭载镜头数量达 3 颗, 换言之, 整个智能机行业只需要 3 年左右的时间硬件参数就可以比肩行业领军者。2) 各家造车新势力是自动驾驶的领军者, 搭载摄像头数量超 8 颗, 2021 年 4 月极狐与华为携手打造的极狐阿尔法 S 发布, 搭载摄像头达 13 颗。3) 我们预计在未来 5 年内, 单车平均搭载的摄像头数量达 8 颗。

图表 9: 手机单机摄像头数量变化趋势



来源: IDC, 国金证券研究所

图表 10: 汽车单车搭载摄像头数量变化趋势

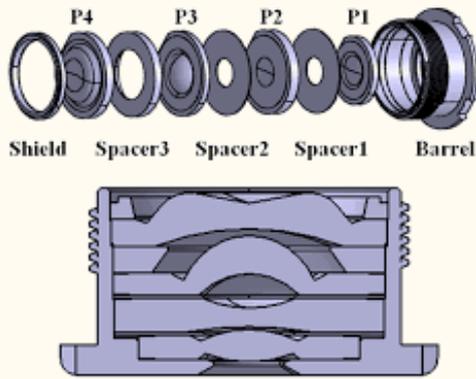


来源: TSR, 国金证券研究所

2. 高壁垒: 光学镜头是高壁垒行业, 车规级产品壁垒更高

- 镜头是由多片镜片组立而成, 即将隔片与镜片按次序装入镜筒, 隔片与镜筒的侧壁通过点胶固定, 用胶水或压环固定最后一枚镜片, 完成镜头的组装。光学镜头是极其精密的器件, 光学镜片的设计和生、镜头组的光学设计和组装难度较高, 生产企业需要具备长期的技术积累和人才储备。

图表 11: 光学镜头结构



来源: EUSPEN, 国金证券研究所

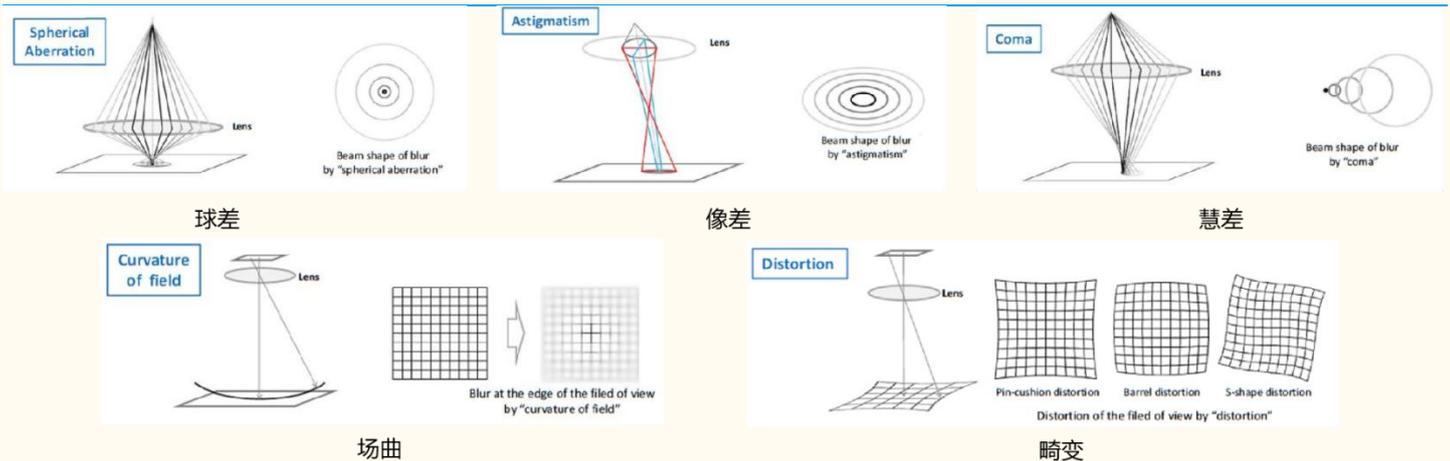
图表 12: 镜头组装流程



来源: 摄像头观察, 国金证券研究所

- 光学设计具有“艺术性”，优秀设计师是光学企业的灵魂。1) 光学设计是利用不同类型透镜的光学特性，根据光学原理，使用专用光学软件，结合光学设计师个人知识与经验，进行光学系统设计工作，通过对像差、像质、照度等迭代优化设计，得到满足要求的光学系统。2) 光学设计的难点在于消除像差。像差分为几何像差与色散像差，主要的几种像差类型包括球差、慧差、像散、场曲、畸变以及轴向色差和横向色差。光学设计即通过组合不同形状、不同数量的透镜来尽可能消除像差，设计过程需要不断调整参数、多次验证迭代、以获得像差最小的方案。3) 设计环节需要设计师多年经验积累，很多环节并无公式可取，需要充分发挥想象力，设计过程具有“艺术性”。设计师需要对光学成像理论理解深刻，可以在没有先例的情况下根据需求进行优化，这依靠多年经验培养的直觉。一个复杂的镜头有上百个变量和大量约束条件，优秀设计师能够快速根据设计需求和优化过程调整约束条件。同时设计师需要对加工误差和装配误差非常熟悉，需要尽可能将公差合理分配以降低单片透镜承担的压力，这对于需要保证良率的公司生产尤为关键。因此优秀光学人才需要长时间培养，舜宇光学、大立光等头部光学公司在多年发展中培养积累了一批优秀的光学人才，是公司优秀产品力的保证。

图表 13: 光学系统像差类型



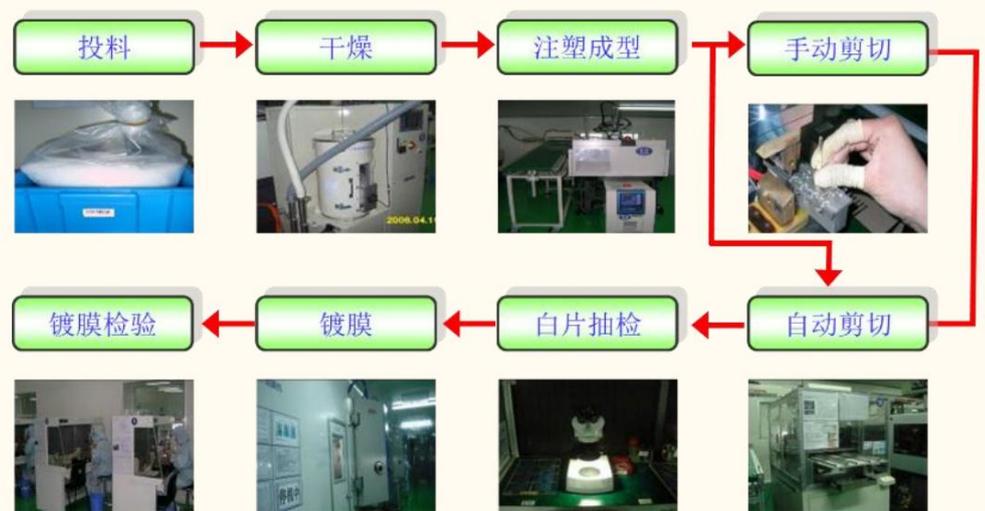
来源: Jeol, 国金证券研究所

- 镜头组装对结构设计和精度要求高。镜头组装环节存在多项技术难点：镜片间由隔片、压环连接存在组装偏移风险；加工精度较差或厚度较大，易产生光学系统杂散光影响成像品质；或因各部件的公差或组装技术不良，产生镜片偏心或歪斜等问题，进而影响镜头的光学性能。上述组装流程看似简单，生产过程中还需严格管控部件精度、配合精度、组装偏心、内部

应力、镜片间隙等方面。并且，在生产过程中很多环节为非标过程，依靠的是劳工的经验，劳工的熟练与否直接影响产品的良率，而良率是企业竞争力的关键。因此，生产工人直接决定了产品质量的可靠性和稳定性，而不同厂商的生产线不尽相同，挖人效果不如公司自己培养人才，但是人才培养通常需要耗费大量的时间，这也是镜头企业需要长期积累的原因。

- 镜片生产过程对模具、设备、工艺精度提出高要求，为镜头行业的核心壁垒之一。
- 塑料镜片主要采用注塑成型工艺，壁垒在于模具、设备。1) 注塑成型是指通过螺杆将塑料搅入注射机加热料筒中塑化，达到流动状态，螺杆在旋转过程中逐步后退，而塑料则向前积聚，当螺杆停止转动，由注塑活塞通过螺杆注射到闭合模具的模腔中形成制品的成形过程。2) 制造过程中需要掌握大量凭借长年摸索形成的 know-how 方可控制好质量和良率，对工艺精细度要求极高。在注塑成型环节中，超 120° 高温易导致模板变形、使得镜片两曲面光轴偏芯量与面精度过大，因此对模具的精度和可靠性要求甚高。② 注塑成型设备能够熔融、塑化聚合物，使其注入模具，它需要精准地控制每一个工艺参数，例如注射温度、注射量、注射速率、型腔压力等等，注塑设备的精度决定了塑件的成型精度。注塑成型时，每一个机械动作都必须准确无误（例如两块模具安装板移动时的平行度），而且设备上所有的零部件都要求高度的稳定性。

图表 14: 塑料镜片生产流程



来源：摄像头观察，国金证券研究所

- 球面玻璃镜片采用传统研磨工艺生产，难以大规模量产。相较塑料镜片，玻璃镜片的生产工艺流程更为复杂，对精密制造提出更高要求。传统玻璃镜片生产工艺流程包括切割、研磨、抛光、镀膜、胶合、涂墨等工序，工序繁多。研磨环节对精度要求高，需要经验丰富的技术工人研磨，导致花费时间较多、生产效率较低、难以大规模量产。镀膜环节技术壁垒较高、附加值也相应较高，在镜片上镀上抗反射膜可将光线透过率提升至 98% 以上。

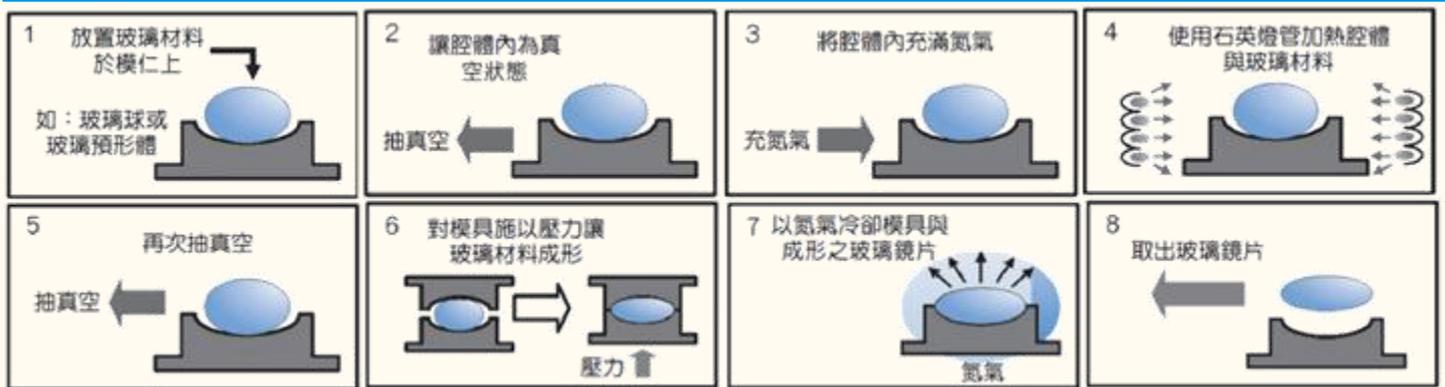
图表 15: 球面玻璃镜片制造工艺



来源: NARLabs, 国金证券研究所

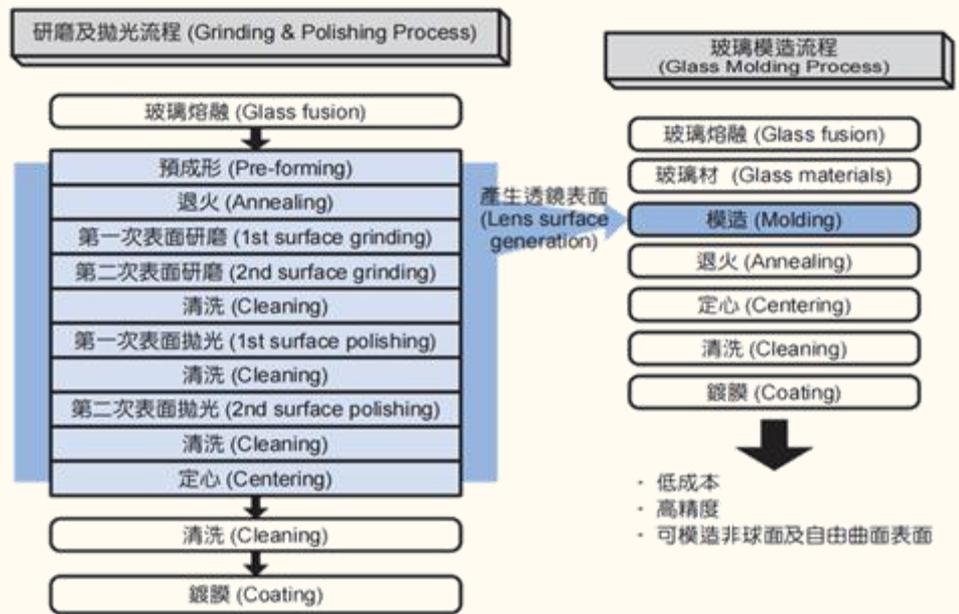
- 模造玻璃更有利于大规模生产，壁垒在于模具。1) 玻璃模造（非球面玻璃）是利用玻璃会随着温度升高而降低粘滞性的特性，将玻璃预形体置于模具内，在真空或充填氮气环境下升温使玻璃变形至与模仁相同形状后冷却取出。此方法实现了高精密度玻璃镜片的可复制性制造，减小人工依赖，大大提升了生产效率，更利于标准化大规模生产。2) 模具的设计和加工是此方法的关键，其需要通过纳米级微压技术实现极高的模具精度，以确保镜片间偏芯较小；并且需要在高温、高压条件下保持模具刚性，对模具材料和设计要求高，可通过对模具模仁表面进行镀膜处理来提升其表面机械强度。模造过程需要通过三种热源：模具的热传导、氮气的热对流、红外热源的热辐射，因此需要严格控制环境参数修正玻璃材料的热膨胀系数。

图表 16: 模造玻璃制程



来源: 知网, 国金证券研究所

图表 17: 玻璃模造流程相较传统研磨法大大减短工序, 提升生产效率



来源: 知网, 国金证券研究所

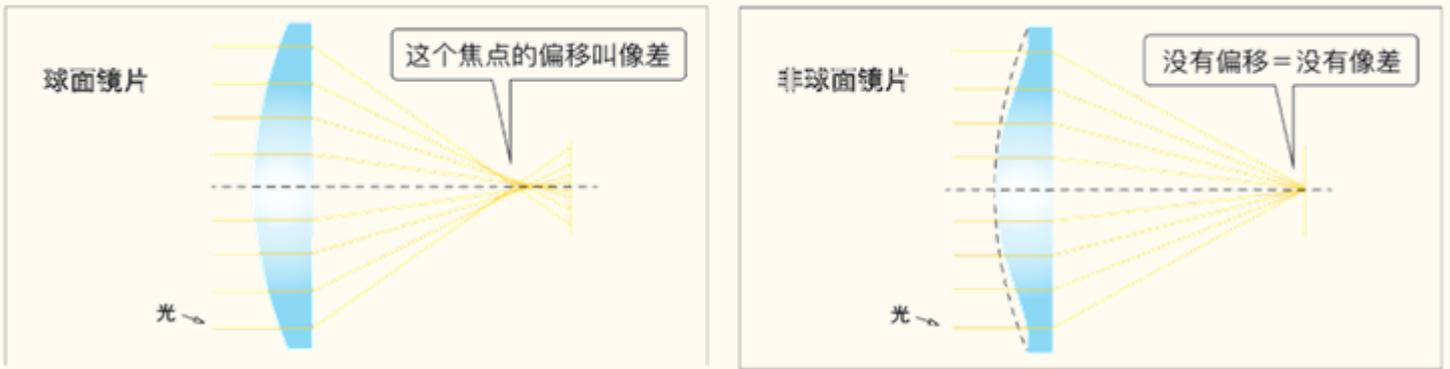
- **车规级产品壁垒更高, 模造玻璃镜片优势突出。** 1) 因为需要长时间暴露于恶劣环境下 (强光照、沙尘、雨水、泥泞等), 车载镜头的性能要求极高, 其需要满足一系列信赖性实验要求: 高低温冲击实验、耐腐蚀实验、耐振动试验、IPX9K 防水等级要求、耐盐雾实验、耐擦拭实验、紫外线照射试验等, 因此对于车载镜头的结构设计和原材料选择具有更高要求。2) 玻璃镜片相较塑料镜片具有高耐热性、不易变形、高透光率、高折射率特点, 成像效果更好、热差影响小, 更符合车载镜头所处的恶劣工作环境和高性能要求。车载镜头为全玻璃镜头或玻塑混合镜头, 一般前视镜头、高像素镜头会采取更多玻璃镜片。3) 由于球面玻璃镜头具有天生像差, 通常需要多个凹凸不平的镜片进行分组组合来进行矫正, 不仅使镜头体积、重量增加, 也降低了透光率。非球面玻璃镜片通过对圆锥常数和球面系数进行调整, 可自由设计光线和光路, 对球面像差进行校正, 从而提高成像质量, 并且 1 片非球面玻璃镜片可以达到 2-3 片球面玻璃镜片的效果, 显著减小球面玻璃镜片间的空隙、降低镜片组整体体积。目前上市公司中舜宇光学科技、联创电子、宇瞳光学、蓝特光学、永新光学均具备模造镜片产能。

图表 18: 车载镜头需过多重信赖性试验

车载镜头信赖性实验	
高低温冲击实验	使用温度范围为-40℃~85℃, 保证镜头在极限温度下不产生变形、导致图像失真
耐腐蚀实验	外置摄像头容易遭腐蚀液体侵袭, 实验保证镜头不易遭到腐蚀
耐振动试验	镜头作为刚性材料, 需要在汽车振动时保证完好、不破裂
IPX9K 防水等级要求	需经过 80℃ 高压水枪喷射试验, 确保镜头前端不会进水
耐盐雾实验	海边等环境空气中盐雾成分较大, 需确保镜头不会被腐蚀
耐擦拭实验	镜头容易被溅起的小石头刮花表面, 需通过实验确保镜头不易被刮花
紫外线照射试验	紫外光容易将塑胶或玻璃黄化, 需确保镜头在紫外光照射后性能和功能正常

来源: 公司公告, 国金证券研究所

图表 19: 非球面镜片可帮助消除像差

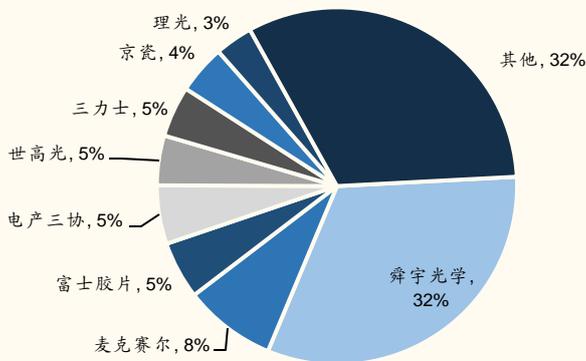


来源: 住田光学官网, 国金证券研究所

3. 好格局: 车载镜头一超多强, 国内二线企业未来可期

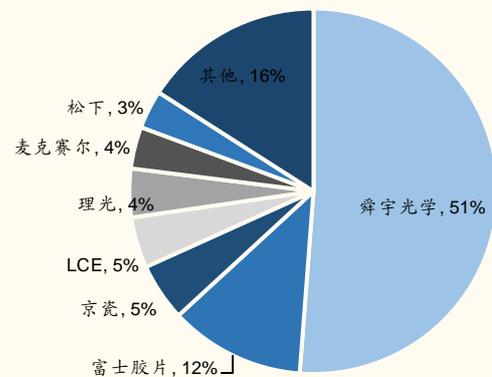
- 车载摄像头镜头市场格局呈现出“一超多强”局面，舜宇光学是绝对领军者。
 - 1) 2020 年舜宇光学出货量位居第一，市场占有率超 30%，日本麦克赛尔、日本电产三协、日本富士胶片、韩国世高光位居二至五位。得益于本国汽车工业发达、日本企业占比较高，份额前八厂商中，日本厂商占据 5 席。
 - 2) 在规格、壁垒更高的 ADAS 镜头中，舜宇光学一骑绝尘，市占率超 50%。
 - 3) 车载镜头具有较高的技术壁垒，产品通常需要配合传感器芯片进行参数调整，经过 1-2 年研发周期后交货给 Tier1 组装，并经过车厂上路验证 1-2 年通过后方可供货，认证周期 3-5 年，客户粘性较强，头部企业先发优势稳固。

图表 20: 2020 年车载摄像头镜头市场格局



来源: 公司公告, 国金证券研究所

图表 21: 2020 年车载感知类摄像头镜头市场格局



来源: 公司公告, 国金证券研究所

- 除舜宇光学科技以外，国内的联创电子、宇瞳光学均积极布局车载镜头领域，但目前市占率较低，我们认为未来伴随国内造车新势力崛起，国内二线企业在车载镜头领域大有可为。
 - 舜宇光学科技: 公司自 2004 年起进入车载镜头领域，2018 年量产 800 万像素车载镜头。公司是车载镜头龙头的绝对龙头，2020 年车载镜头业务营收为 24 亿元，车载镜头出货量为 0.56 亿颗。
 - 联创电子: 公司自 2015 年进入车载镜头领域，2016 年与特斯拉合作，为其舱内镜头独家供应商，2020 年与蔚来开始合作，并中标 ET7 全部 7 颗 800 万像素 ADAS 车载镜头模组。2020 年公司车载镜头出货量为 77 万颗、营收为 0.24 亿元，2021 年公司前五大客户车载镜头及模组订单为 1.5 亿元，预计 2022 年公司车载项目快速起量。目前公司具备 200KK/月模造镜片产能。

- **宇瞳光学：**公司是安防镜头龙头，积极布局车载镜头，目前已有后装产品出货，公司具备 100KK/月模造玻璃镜片产能，且与海康、华为安防部门合作多年，三年后有望顺利导入前装市场。

图表 22：上市公司车载镜头业务对比

	舜宇光学科技	联创电子	宇瞳光学
车载镜头收入（亿元）	24	0.24	0.02
车载镜头销量（百万颗）	56	0.8	0.2
单价（元/颗）	42	31	10
毛利率	42.8%*	43.4%	-
产品应用	前视、环视、后视、舱内	前视、环视、舱内	后视、行车记录仪
客户	宝马、奔驰、奥迪、Mobileye、法雷奥、博世、大陆、德尔福、特斯拉、百度、麦格纳、大疆等	特斯拉、蔚来、Mobileye、英伟达、法雷奥、麦格纳、大陆等	后装客户
产能	6kk/月，年底 7.5kk/月	1kk/年以上	-

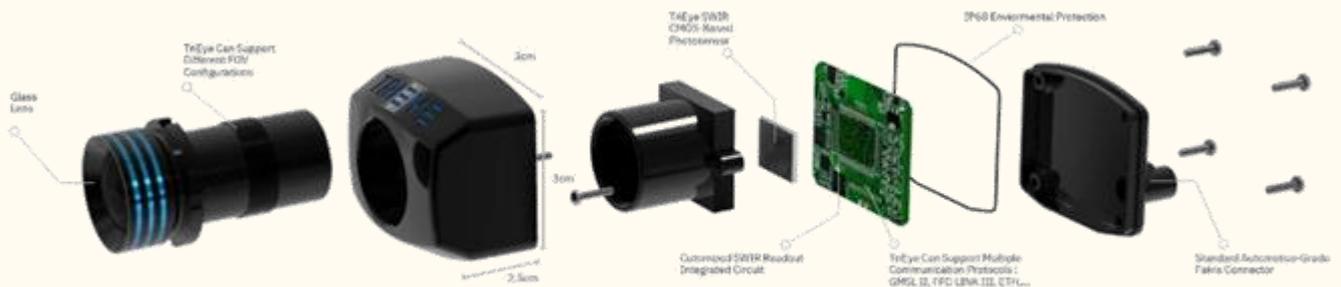
来源：公司公告，国金证券研究所

备注：舜宇光学科技未披露车载镜头业务毛利率，毛利率选用公司镜头毛利率

4. 车载模组：预计 2025 年市场超 1600 亿元，镜头企业有望顺利切入

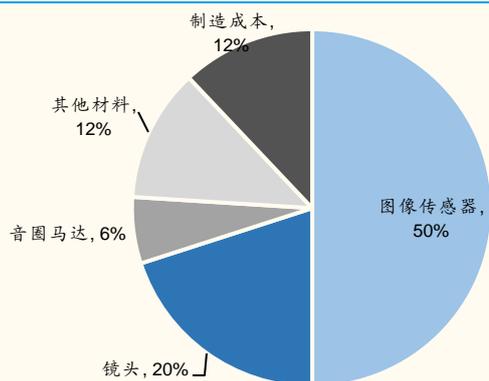
- 车载摄像头产业链包括核心硬件、模组封装与系统集成、软件算法与解决方案。参考智能手机产业，光学模组的成本构成中 CIS 芯片成本占比为 50%，镜头成本占比为 20%。我们预计 2025 年车载摄像头模组市场规模超 1600 亿元。
- 目前车载摄像头模组主要由 Tier 1、Tier 2 组装，主要企业为加拿大麦格纳、日本松下、法国法雷奥、德国博世、采埃孚天合、大陆镜头等企业，行业格局分散。我们认为伴随造车新势力崛起，传统整车厂和 Tier 1 的关系或将逐步模糊，同时，伴随摄像头像素提升，模组组装难度升级，预计未来车载镜头厂有望获取部分模组份额。

图表 23：车载摄像头结构拆分



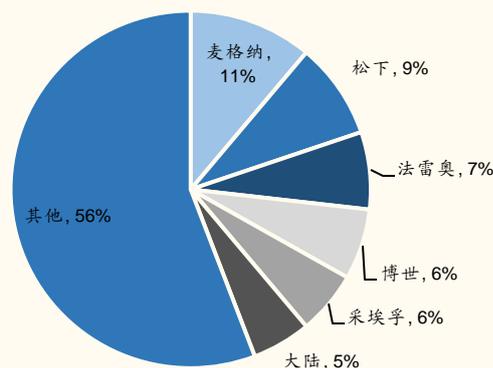
来源：TriEye，国金证券研究所

图表 24: 手机摄像头成本构成



来源: 公司公告, 国金证券研究所

图表 25: 车载摄像头模组市场格局



来源: 公司公告, 国金证券研究所

二、激光雷达: 助力 ADAS, 2025 年市场超 500 亿元

1. 激光雷达助力自动驾驶, 半固态式有望快速放量

- 对于未来的自动驾驶视觉方案, 目前市场中有两个立场鲜明的派系——纯视觉派和激光雷达派。
 - **纯视觉方案:** 纯视觉方案仅仅依靠摄像头拍摄的画面, 传输到系统进行分析, 从而计算出周围的车辆、道路等信息。纯视觉方案优势在于摄像头能够完整识别物体外观, 高分辨率高帧率的成像技术能够使感知环境信息更加丰富, 并且摄像头价格较激光雷达更便宜、有利于整车获得价格优势; 但是由于图像传感器是一种被动式传感器、其本身并不发光, 成像质量受环境亮度影响大、易受恶劣环境影响。同时纯视觉方案需要强大的算法和算力去处理庞大的数据量。目前纯视觉方案的拥护者主要是特斯拉, 特斯拉通过海量的车主驾驶数据进行神经网络训练, 从而覆盖更多工况与场景, 不断完善算法, 目前方案较为成熟。
 - **激光雷达方案:** 激光雷达方案是以激光雷达为主导, 配合毫米波雷达、超声波传感器、摄像头来完成自动驾驶, 其中激光雷达会通过发射激光束来测量视场中物体轮廓边沿与设备间的相对距离, 从而准确捕捉这些轮廓信息组成点云, 并绘制出 3D 环境地图再传输到系统进行分析并下达车辆行驶指令。激光雷达的优势在于监测距离更长、精度更高、响应速度更灵敏, 并且不受环境光影响。但是激光雷达在面对雨雪等极端天气时发出的光束会受到影响, 从而影响三维地图的构造, 因此这就必须依赖其他传感器的共同协助。并且, 激光雷达设置于车辆外部, 一旦损坏、维修费用高昂, 同时激光雷达目前本身价格较高、普遍高于 3000 元。目前, 包括蔚来、小鹏、北汽等车厂均开始采用激光雷达方案。
- 我们认为, 纯视觉方案需要车厂掌握海量用户数据、并自己建立软件开发部门, 算法开发难度极高, 未来仅少数厂商可掌握纯视觉方案。而大部分车厂将采用激光雷达方案, 此方案能够实现较快落地, 并可通过多传感器配置实现安全冗余。尤其在短期内, 纯视觉方案基于深度学习的算法尚未达到全路况覆盖情况下、安全性仍存疑, 激光雷达方案安全性更高。伴随 2021 年小鹏 P5、蔚来 ET7、极狐阿尔法 S、本田 Legend 等多款搭载激光雷达的新车发布, 激光雷达需求快速增长。

图表 26: 搭载激光雷达的车型一览

企业	车型	上市或规划时间	供应商	激光雷达	
				数量	配置
奥迪	奥迪 A8	2017	Valeo (scala)	1	1 个 4 线激光雷达

奔驰	S 级	2021	Valeo (scala)	1	一个 Scala 第二代激光雷达
本田	Legend	2021	Valeo (scala)	5	激光雷达数量高达 5 个
北汽	极狐阿尔法 S 华为 HI 版	2021	NA	3	3 个激光雷达
小鹏	小鹏 P5	2021	大疆 Livox	2	2 个激光雷达
蔚来	ET7	2022	Innovusion (Falcon)	1	1 个激光雷达
长城	摩卡	2022	Ibeo (ibeoNEXT)	1	3 个激光雷达 (水平角分辨率 0.05°)
上汽	智己	2022	Luminar	3	预埋 3 个激光雷达的设计
上汽	ES33	2022	Luminar (Iris)	1	1 个激光雷达
长安	方舟架构	2022	华为	5	预埋 36 个传感器 (包含 5 个激光雷达)
沃尔沃	XC90	2022	Luminar	NA	整体配置还没有出来
Lucid Motors	Lucid Air	2022	速腾聚创 M1	1	1 个前向激光雷达

来源: GeekCar, 国金证券研究所

- **激光雷达按照光束操纵方式可分为机械式、半固态及固态式。**总体来讲,机械式目前最为成熟、产量最高,主要应用于无人驾驶,但使用寿命限制难过车规要求;微振镜、转镜、棱镜等半固态式激光雷达陆续通过车规,并已少量前装量产,近年内或形成放量;长期来看 FLASH、OPA 均可能成为主导路线。

图表 27: 机械式、半固态式、固态式激光雷达特点

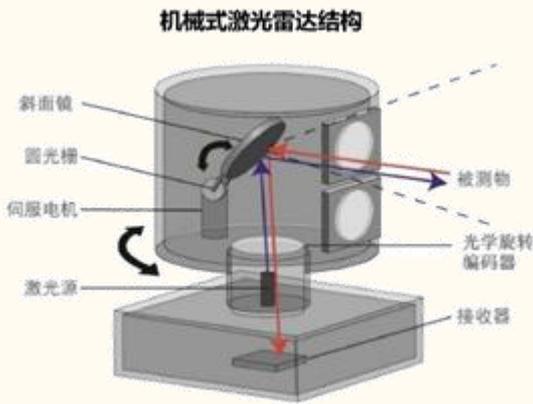
架构	机械式	半固态式			固态式	
	机械旋转	MEMS	转镜	棱镜	FLASH	OPA
技术特点	机械器件带动发射器旋转俯仰	采用微扫描振镜反射激光器光线	电机带动转镜运动,收发模块保持不动	采用多边形、不规则镜子转动,进行非重复式扫描	采用短时间发射大覆盖面阵激光,再以高度灵敏探测器完成图像绘制	通过对阵列移相器中每个移相器相位的调节,利用干涉原理实现激光按特定方向发射
优势	扫描速度快,5-20 圈/秒;精度较高	运动部件减少,可靠性提升,成本较低	功耗低,精度较高,成本较低	点云密度高,可探测远距离	尺寸小、信息量大、结构简单	扫描速度快、精度高、量产后成本低
劣势	稳定性差;车规级成本高;组装涉及人工,可靠性较低、寿命较短	探测角度有限;若通过拼接,电镀调节环节难度大;寿命较短	信噪比低,探测距离短、FOV 视角受限	机械结构复杂,轴承或衬套易磨损	探测精度低,探测距离近	对材料和工艺要求苛刻,导致目前成本高
成本	3000 美元以上	500-1000 美元	500-1200 美元	800 美元	量产后有望降到 500 美元以下	量产后有望降到 200 美元以下
代表企业	禾赛科技、速腾、Velodyne、Valeo、Waymo	Luminar、Innoviz、速腾	华为、Valeo、Ibeo、禾赛、Luminar、Innovusion	Livox	Ouster、Ibeo、大陆、Valeo	Quanergy

来源: 公司公告, 国金证券研究所

- **机械式方案: 成熟度最高, 因使用寿命限制难以进入前装量产, 广泛应用于无人驾驶领域。**机械式指竖直排列的激光发生器进行 360° 旋转, 对四周环境进行全面扫描。其优点在于可实现高精度的 360° 扫描, 但是为实现高频准确旋转, 其机械结构复杂, 平均失效时间仅 1000-3000 小时, 与车规要求的最低 13000 小时差距明显, 难以实现前装量产。并且, 机械式需要布置在车身最高点、容易损坏。由于结构复杂, 因此成本较高, 普遍高于 3000 美元, 因此机械式激光雷达目前主要应用于对价格较不敏感的无人驾

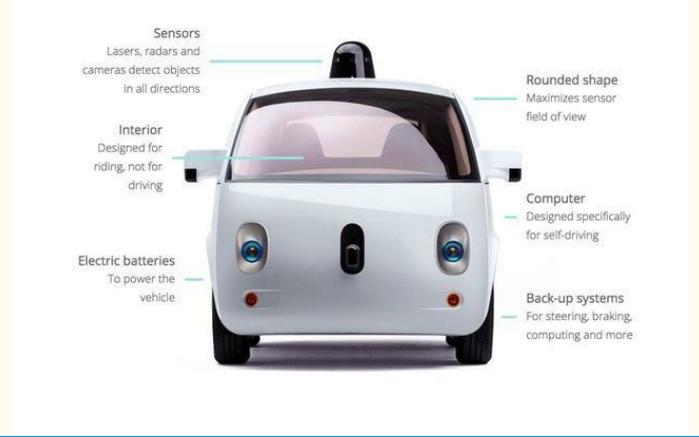
驶领域，客户包括 Cruise、小马智行、文远知行等无人驾驶出行商。代表公司包括 Velodyne、禾赛科技等，头部公司为了进入车载前装市场，目前正依靠在机械式领域积累的经验和资源，积极布局半固态式方案。

图表 28: 机械式激光雷达结构



来源：滨松公司官网资料，国金证券研究所

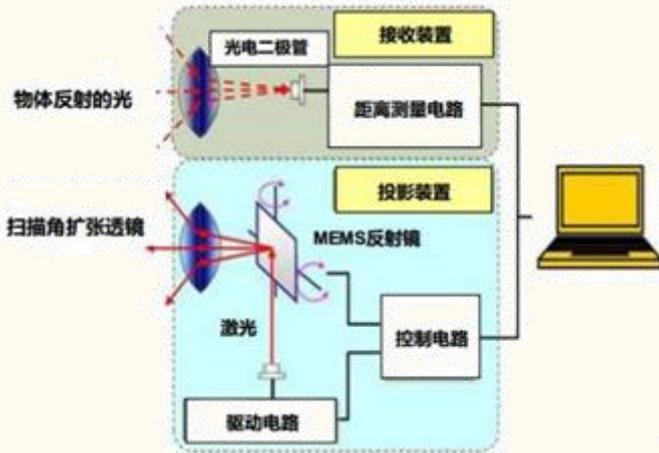
图表 29: 谷歌无人驾驶车



来源：谷歌，国金证券研究所

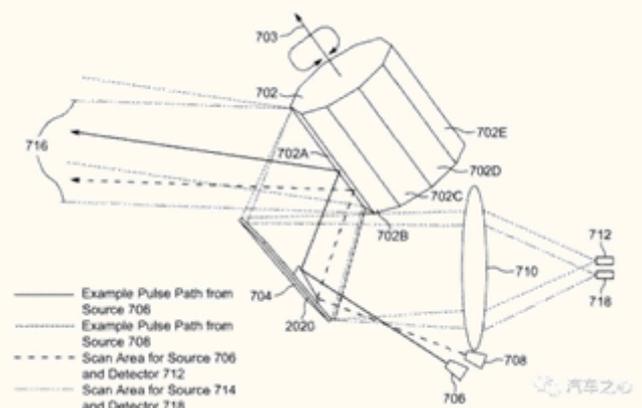
- **半固态式方案：已成功上车，放量在即。** 1) MEMS 技术将微型反射镜、MEMS 驱动器及传感器集成为微振镜，后者振荡反射激光、高速扫描形成点云图。此方案除了微振镜扫动外其他部件固定，可靠性大大提升，并且显著减少激光器及探测器数量、大大降低成本，可控制到 1000 美金以内。但是由于收光孔径、摆动幅度较小导致探测距离和视场角度有限。速腾聚创采用多个 MEMS 拼接的方式扩大视场角，拼接过程中的电镀调节工艺难度极高。目前 MEMS 代表公司包括 Luminar、Innoviz、速腾聚创。2) 转镜方案通过电流扫描振镜带动多边形棱镜转动反射激光达到扫描效果，此方案可通过提高转速来提高扫描精度，成熟的多边形激光扫描技术成本较低。全球第一家过车规的法雷奥 SCALA 即采用转镜方案，目前华为、禾赛、Luminar 等多家公司均在转镜方案上有所布局。即将量产上市的极狐阿尔法 S 即搭载 3 颗转镜式激光雷达，若安全性得到真实路况检验，有望起到示范效应。3) 棱镜方案通过两个楔形棱镜后发生两次偏转，控制两面棱镜的相对转速便可以控制激光束的扫描形态。此方案为非重复式扫描，扫描范围可覆盖整个区域，点云密度较高。但是其机械结构更为复杂，而非重复扫描方式也使得下游厂商进行算法匹配难度较大。目前仅大疆孵化的 Livox 具备棱镜方案技术，而即将量产的小鹏 P5 已确认搭载 2 颗 Livox 的棱镜式激光雷达。

图表 30: MEMS 微振镜方案激光雷达结构



来源：MEMS 资讯网，国金证券研究所

图表 31: 转镜式激光雷达结构



来源：汽车之家，国金证券研究所

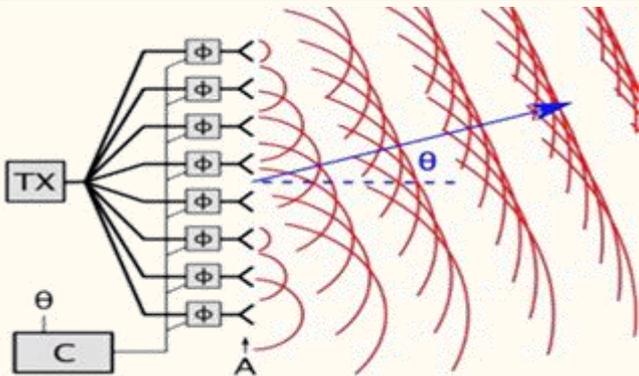
图表 32: 2021 年造车新势力发布三款搭载激光雷达的新车

	极狐阿尔法 S	小鹏 P5	蔚来 ET7
激光雷达供应商	华为	Livox	Innovusion
类型	微转镜式	楔形棱镜式	半固态 (具体未知)
激光线数	96	144 (系统最高等效)	300 (最高等效)
探测距离	150m	150m	最远 500m
最高分辨率	0.25°X 0.26°	0.16°	0.06°X 0.06°
水平视场角 (单颗)	120°	120°	120°
激光雷达搭载数量	3	2	1
量产时间	2021 年底	2021 年 Q3	2022 年上半年

来源: 电动邦, 国金证券研究所

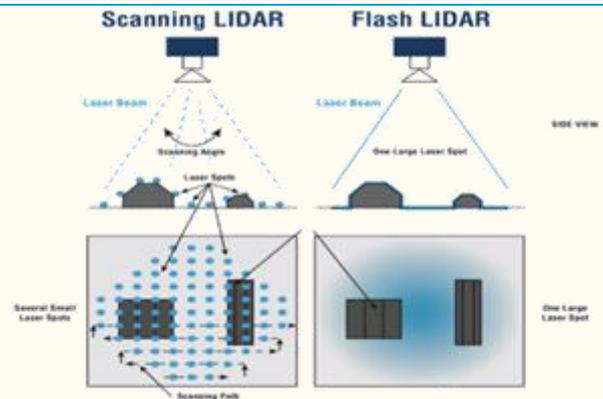
- **固态式: 目前成熟度低, 长期来看将成重点发展方向。** 1) 针对车规级设备需要在连续振动、高低温、高湿高盐等环境下连续工作的特点, 固态激光雷达成为了较为可行的发展方向, 其取消了复杂高频转动的机械结构, 耐久性得到巨大提升, 体积也大幅缩小。1) OPA (光学相控阵): 通过控制相控阵雷达平面阵列各个阵元的电流相位, 利用相位差让不同的位置的波源产生干涉, 从而指向特定的方向, 往复控制相位差便可以实现扫描效果。OPA 兼具扫描快、精度高、体积小及强可控、强抗震等优势, 技术突破后成本较低、量产标准化程度高, 但由于产业链不成熟, 零部件自研难度大, 目前仍处于实验室前期产品。代表公司 Quanergy 专注研发多年, 但研发进度不理想、影响力势微。2) FLASH 闪光激光雷达在短时间内直接向前方发射大覆盖面阵激光, 再以高度灵敏探测器完成图像绘制的技术, 可达最高等级的车规要求, 但功率密度及回波光子数量太低导致的测距及分辨率不足是最大的问题。目前 Ibeo 正与长城合作开发, 大陆、Ouster 等厂商也有布局。由于结构简单, Flash 方案是目前固态激光雷达最主流的技术方案。

图表 33: OPA 激光雷达原理



来源: 麦姆斯咨询, 国金证券研究所

图表 34: FLASH 激光雷达原理

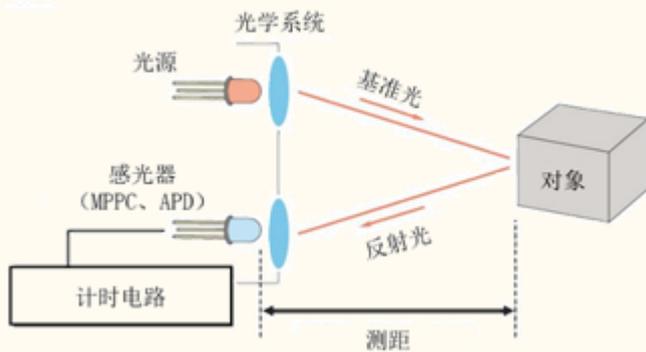


来源: 汽车之家, 国金证券研究所

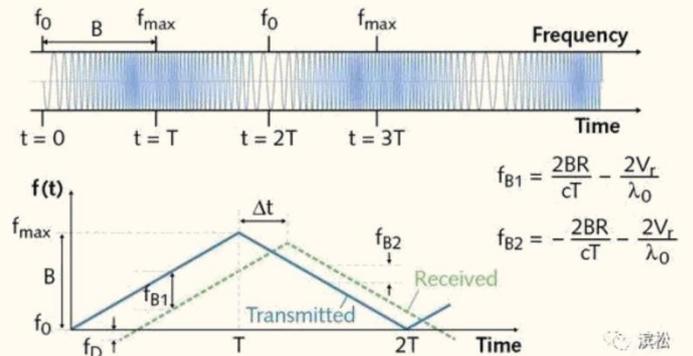
- **按测距原理分类: ToF 为主流, FMCW 方案创新, 两者或长期共存。** 1) ToF 法通过测量激光从发射、达到探测物体再返回到探测器的飞行时间, 来反推被测物距离。由于光的飞行速度极快, 因此该方案需要一个非常精细的时钟电路 (通常是 ps 级, $1\text{ps}=10^{-3}\text{ns}$) 和脉宽极窄的激光发射电路 (通常是 ns 级), 该方案具有响应速度快、探测精度高的优点, 由于技术原理简单、且产业链较为完善, 目前机械式、半固态、固态式激光雷达均采用 ToF 进行测距。2) FMCW 法通过测量线性调制激光在投射到物体后返回探测器的过程中形成的相位差, 间接获取光的飞行时间, 从而反推飞行距离。此方案抗环境光和其他激光雷达干扰能力强、可大幅改善信噪比。由于 FMCW 采用连续光波调制, 所以在远距离探测时需要较大的光功率,

存在人眼安全隐患。目前 FMCW 产业链仍处于培育阶段，伴随产业链成熟，其抗干扰优势或引领其成为优选方案之一。

图表 35: ToF 激光雷达原理



图表 36: FMCW 激光雷达原理



来源：滨松《面向自动驾驶 Lidar 的核心半导体器件介绍》，国金证券研究所

来源：滨松《面向自动驾驶 Lidar 的核心半导体器件介绍》，国金证券研究所

2. 预计 2025 年车载激光雷达市场规模超 500 亿元、CAGR 超 80%

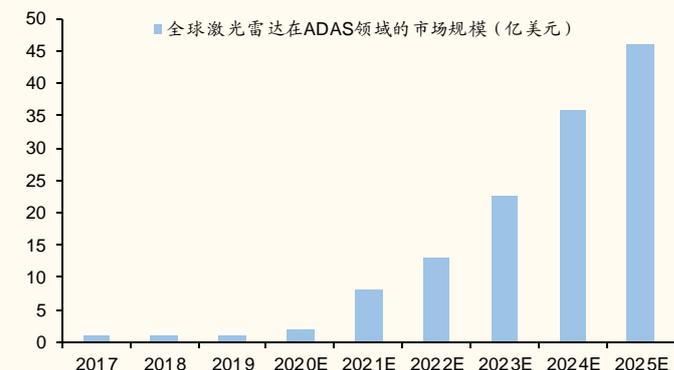
- 伴随无人驾驶车队规模扩张，激光雷达在该领域应用将加速落地。激光雷达在车载领域主要应用于无人驾驶车以及高级辅助驾驶。无人驾驶出租车及无人物流服务能够实现取消传统出行服务中占运营成本高达 60% 的人工成本，因此具有广泛商业价值和盈利空间。2020 年 10 月谷歌旗下的无人驾驶子公司 Waymo 在美启动无人驾驶出租车服务，其车队拥有超 600 辆车，未来将向其他城市不断拓展。全球范围内，Cruise、Uber、Zoox 等公司也正大力扩张无人驾驶测试项目及车队规模。同时，国内无人驾驶项目也不断取得进展，文远知行在广州的无人驾驶试运营及测试车队超 100 台；小马智行的车队分别在北京、广州、美国加州运行范围达到 140、200、220 平方公里；2020 年 10 月百度在北京开放无人驾驶出租车服务，乘客可免费试乘 Apollo GO。根据 ReportLinker 研究估计，2025 年全球包括运送乘客和货物在内的 L4/L5 级无人驾驶车辆数目将达到 53.5 万辆。随着无人驾驶商业模式的逐步确立，该领域的全球激光雷达市场也将随之实现高速增长，据沙利文测算，至 2025 年该领域激光雷达市场规模预计达到 35 亿美元（折合人民币 230 亿元），2019-2025 年年均复合增长率达 80.9%。
- 激光雷达是 L3 及以上自动驾驶汽车的关键传感器，伴随 L3 汽车逐步量产，激光雷达将迎来市场放量。L3、L4 车辆分别平均搭载激光雷达数为 1 个、2-3 个、4-6 个，伴随成本逐渐下降、预计未来激光雷达将渗透至 L2 车辆。自 2017 年奥迪 A8 首次搭载 SCALA 的激光雷达后，2021 年多款搭载激光雷达的新车型发布，除了蔚来、小鹏、极狐等造车新势力，更有奔驰、本田等传统车厂实现激光雷达上车，预计这些车型将于 2021 年底开始陆续量产交付，可以期待 2022 年成为激光雷达放量元年。激光雷达在高级辅助驾驶领域的市场规模将在未来 5 年里保持高速增长，按照沙利文预计，2025 年激光雷达市场规模预计将达到 46.1 亿美元（折合人民币 300 亿元），2019 年至 2025 年复合增长率达 83.7%。

图表 37: 2020-2025 年全球激光雷达在无人驾驶领域的市场规模 CAGR 为 80.9%



来源: 禾赛科技招股说明书, 国金证券研究所

图表 38: 2020-2025 年全球激光雷达在 ADAS 领域的市场规模 CAGR 为 83.7%



来源: 禾赛科技招股说明书, 国金证券研究所

3. 激光雷达行业尚处于导入期, 行业格局未定

- 全球范围内激光雷达玩家包括 Velodyne、Luminar、Aeva、Ibeo、Ouster、Innoviz, 以及国内的禾赛科技、速腾聚创等。2020 年以来, Velodyne、Luminar、Ouster、Aeva、Innoviz 等多家激光雷达相继上市。
- 全球及国内龙头 Velodyne、禾赛科技均依靠高线数机械式激光雷达而受到自动驾驶出行商青睐, 但是机械式产品由于寿命受限难以进入前装市场。自动驾驶升级催生激光雷达前装市场, 半固态/固态激光雷达成为激光雷达厂商布局重点。其中, Luminar、速腾聚创、Innoviz 等重点布局 MEMS, Quanergy、力策科技等重点布局 OPA, Ouster、Ibeo、Aeye 等重点布局 Flash, Aeva 等重点布局 FMCW, 华为、Innovusion 等重点布局转镜, Livox 重点开发棱镜方案。而以机械式产品见长的禾赛科技也积极拓展 MEMS 产品线, 力争前装市场。

图表 39: 主流激光雷达公司梳理

厂商	技术路线	主要产品类型	市场地位	客户
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	机械式	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	谷歌、百度、福特、沃尔沃
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	MEMS	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	丰田、沃尔沃、奥迪、大众、Mobileye
Aeva 美国	布局芯片化 FMCW 连续波调频激光雷达	FMCW	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	丰田、保时捷
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	FLASH	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	英伟达、赛灵思
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	FLASH	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	日产、奥迪、丰田、奔驰
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; 已布局感知算法解决方案	MEMS	当前尚无信息显示规模化应用。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	德尔福、麦格纳、宝马、安波福
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	机械式	产品广泛应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	宝马、德尔福、大陆、百度、

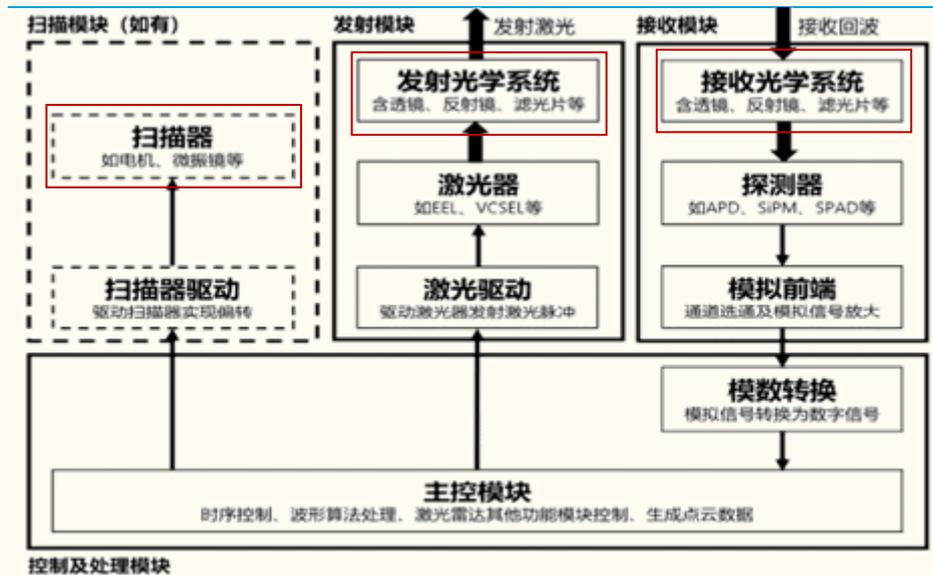
厂商	技术路线	主要产品类型	市场地位	客户
速腾聚创 中国	在售产品主要为机械旋转方案和微振镜方案，同时销售激光雷达的环境感知算法解决方案	MEMS	主攻机器人市场，是多线机械旋转雷达产品在国内机器人市场的主要供应商之一，同时具有半固态激光雷达产品	一汽、上汽、吉利、宇通客车

来源：公司公告，国金证券研究所

4. 光学系统在激光雷达中扮演重要角色

- **光学系统是激光雷达重要组成部分。**根据激光雷达不同扫描类型，对于光学系统设计要求也不尽相同。以 MEMS 为例，发射光学系统的主要任务是减小发射光束的发散角，使其光束质量更好，主要设计难点是 MEMS 扫描振镜的镜面面积较小，限制光束的直径，直接影响准直光束的发散角。接收光学系统主要任务是在保证口径的前提下接收更大视场范围内的回波光束，主要设计难点是光电探测器面积有限，会限制接收光学系统相对孔径和视场。总体而言，激光雷达镜头是车载镜头中最难的部分，需要具备大通光孔径、高亮度、宽视场角、高对比度、低信噪比等特点，同时在机械方面具有体积小、防尘防水、抗震等特点，对光学设计、加工工艺提出相当高要求。
- **国内激光雷达零部件供应商包括舜宇光学、永新光学。**1) 舜宇光学具备激光雷达光学部件及整机制造能力，机械式、转镜、MEMS、FLASH、OPA 方案均有涉及，与麦格纳、华为、大疆等激光雷达方案商均有合作，预计明年将有项目进入大批量生产。2) 永新光学于 2018 年与 Quanergy Systems 达成 25000 个激光测距镜头订单，目前与禾赛和 Innovation 的合作有多款激光雷达镜头产品导入，目前正处于验证导入阶段、尚未形成量产。

图表 40：激光雷达结构



来源：ofweek，国金证券研究所

三、HUD&智能大灯：助推智能化升级，2025 年市场超 600 亿元

1. HUD：自动辅助驾驶的绝妙搭配，预计 2025 年市场规模达 240 亿元

- 伴随自动驾驶辅助系统和车联网的普及，仪表盘及中控上需呈现的信息量爆炸式增长，从最初的车速信息、警示灯到导航、路况信息、通讯娱乐功能，驾驶员需要频繁低头而失去视野专注、导致安全隐患。HUD (Head-Up Display, 抬头显示) 应运而生，其将路况、导航、通讯、娱乐功能等

信息显示于挡风玻璃或仪表盘上方玻璃，使得驾驶员在保持目视前方的同时获取必要行车信息，极大提升安全性。

1.1 W-HUD 为当前主流，AR-HUD 为未来发展趋势

- HUD 历经三代产品，第一代是 C-HUD (Combiner HUD, 组合式抬头显示)，第二代是 W-HUD (Windshield HUD, 风挡型抬头显示)，第三代为 AR-HUD (增强现实型抬头显示)。目前市场以 W-HUD 为主流，C-HUD 被逐渐淘汰，而 AR-HUD 将是未来的升级趋势。
- **C-HUD:** 投影成像载体为驾驶员前方的一块 6-8 寸的透明树脂玻璃，成像信息包括车速、导航、油耗、温度，多为数字信息，显示形式较为集中且单一。VID (人眼到虚像距离) 小于 2 米，驾驶过程中驾驶员视线焦点需要在 HUD 玻璃和风挡玻璃间切换，仍存在安全隐患，因此被逐步淘汰。
- **W-HUD:** 投影成像载体为汽车前挡风玻璃，相较于 C-HUD，W-HUD 显示范围扩大至 7-12 寸，投影距离增加至 2-6 米，显示内容增加中控娱乐信息、来电显示、周围路况、天气、行车告警等信息。

图表 41: C-HUD 示意图



来源: 新疆汽车在线, 国金证券研究所

图表 42: W-HUD 示意图



来源: 新疆汽车在线, 国金证券研究所

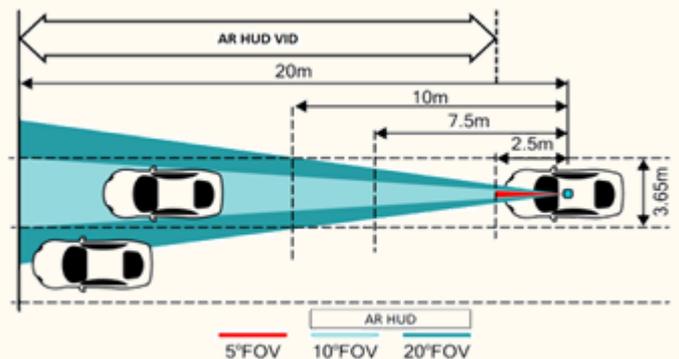
- **AR-HUD:** 将投射内容、位置与现实环境深度结合，在驾驶员视线区域内合理生动地叠加显示驾驶信息，具备 AR 实景贴合感。其本质仍是 W-HUD，但是 FOV 更大、VID 更远，能够在更短距离内实现跨车道显示。最重要的，AR-HUD 可与 ADAS 信息深度结合，包括前方预警、交通标志识别、车道偏离预警、车道保持辅助、转向提示、盲点检测、路口和道路名称等。伴随 ADAS 功能更加丰富，W-HUD 难以在 2D 平面内显示所有信息，AR-HUD 将成为自动驾驶的绝妙搭配。

图表 43: AR-HUD 示意图



来源: 新疆汽车在线, 国金证券研究所

图表 44: AR-HUD 视场角更大，能在更短距离内实现跨车道显示



来源: TI, 国金证券研究所

图表 45: C-HUD、W-HUD、AR-HUD 方案对比

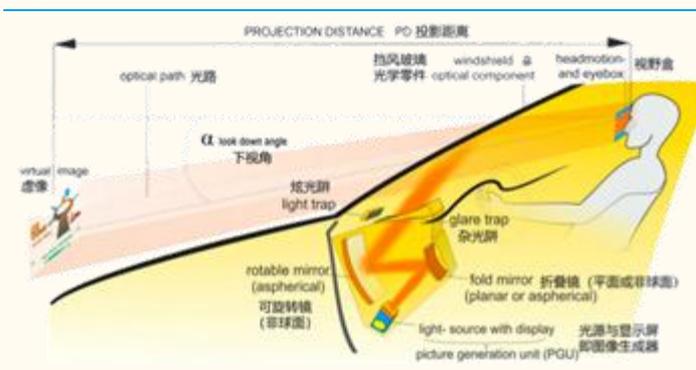
	C-HUD	W-HUD	AR-HUD
显示屏幕	独立镜面光学设计	挡风玻璃光学设计	挡风玻璃光学设计
成像距离	1.7-1.9 米	2.1-2.5 米	2.6-8 米
成像尺寸	6-8 寸	7-12 寸	9-55 寸
价格	38 美元	245 美元	高于 W-HUD
优点	低成本	安全系数高; 成像亮度、对比度高	成像区域更大; 投射距离更远; 成像与环境相结合, 更直观
缺点	安全系数低; 信息量少	需适配高精度非球面反射镜, 成本较高	技术难点多, 成本更高
代表厂商	车萝卜、COCOECAR	日本精机、大陆集团、博世	伟世通、大陆
代表车型	本田皓影等	奥迪 A8L、蔚来 ES8、凯美瑞等	奔驰 S 级、奥迪 Q4 e-tron 等

来源: 华阳官网, 佐思产研, 国金证券研究所

1.2 PGU 和自由曲面反射镜是 HUD 核心壁垒

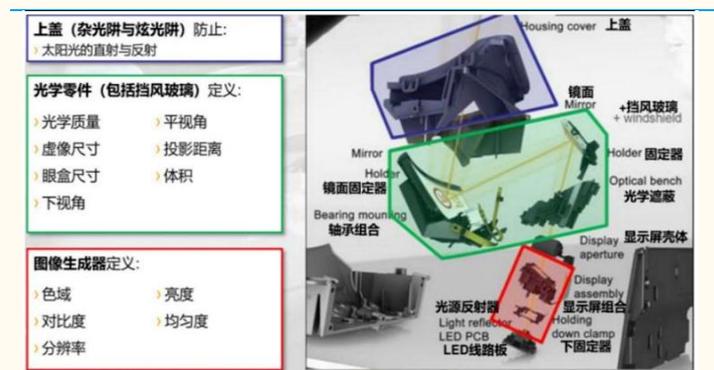
- HUD 的工作原理是通过控制处理单元将汽车仪表盘、中控数据或车身行车数据、车况信息传输至投射单元, 随后投影仪发出图像, 经过“反射镜”反射至“投影镜”上, 再由投影镜反射至风挡玻璃, 人眼看到的是位于眼前 2 米左右的虚像, 使得信息仿佛悬浮于前方道路上。
- HUD 产品结构包括上盖、光学零件以及图像生成器, 光学零件组成光学系统, 作用是将投影仪发出的光线经过一系列反射成像到玻璃上。其中投影单元 (PGU)、自由曲面反射镜是整个系统的核心壁垒。

图表 46: C-HUD 示意图



来源: UniMax, 国金证券研究所

图表 47: W-HUD 示意图



来源: 新疆汽车在线, 国金证券研究所

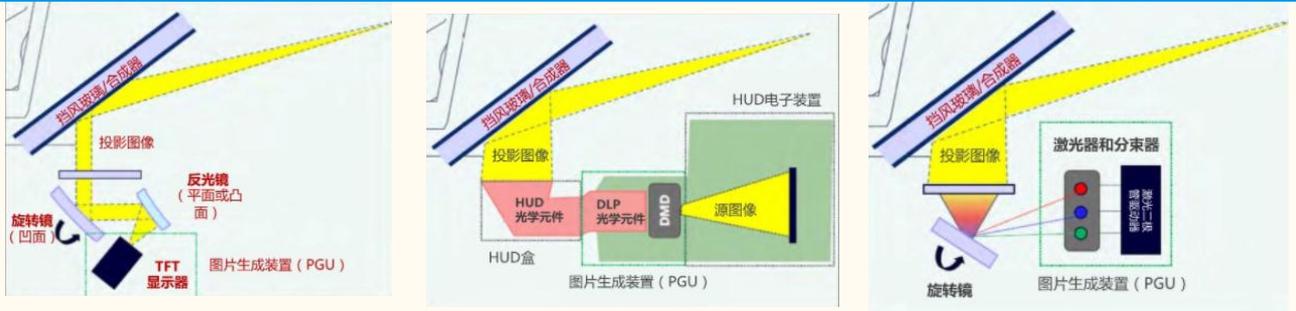
- 按照投影单元 (PGU) 分类, 目前 HUD 投影技术包括 TFT-LCD 投影、DLP 投影、激光扫描投影。
 - **TFT-LCD:** 作为最常见、技术最为成熟的投影技术, 成为现阶段主流 W-HUD 的首选。由于透过背光照明, 液晶挡住大部分光、所以亮度不够, 且高温稳定性不足, 通常仅能达到 95° 工作温度。
 - **DLP:** 美国德州仪器的专利技术, 相比 TFT-LCD 性能更佳, 由于采用反光镜原理, 所以光效更高、照射距离更远、分辨率更高, 且工作温度可达到 105°C。现阶段成本较高, 且更适用于 AR-HUD, 有望成为未来最主要的投影技术。
 - **MEMS 激光扫描:** 成像信息亮度、对比度极高、视场角大, 目前受激光器温控影响暂未大规模应用。

图表 48: HUD 主流技术路线对比

	TFT-LCD	DLP	MEMS 激光投影
技术原理	液晶屏显示后通过反射改变光源角度	通过集成了数十万个超微型镜片的	激光在机器内经过相应的光学元件和处

	最终在挡风玻璃上成像	DMD 可以将强光源经过数字反射后投影出来	理芯片的整合与扫描后投射在显示屏上
技术优势	技术成熟、成本较低	体积小、视场较大、图像亮度、饱和度、对比度均表现更佳	小组件、低能耗、极高亮度、视场角大
技术劣势	投影距离近、视场有限、亮度受限	还原度较低，因为需要成本较高	对温度敏感、难以达到车规 85℃ 工作要求，易受环境亮度影响
厂商	京东方、天马、友达光电、夏普、日立、三星等	广景视睿、水晶光电	Microvision、上海丰宝电子、浙江视境传感
应用情况	市场主流，适用于 W-HUD	部分量产，适用于 AR-HUD	目前产品较少

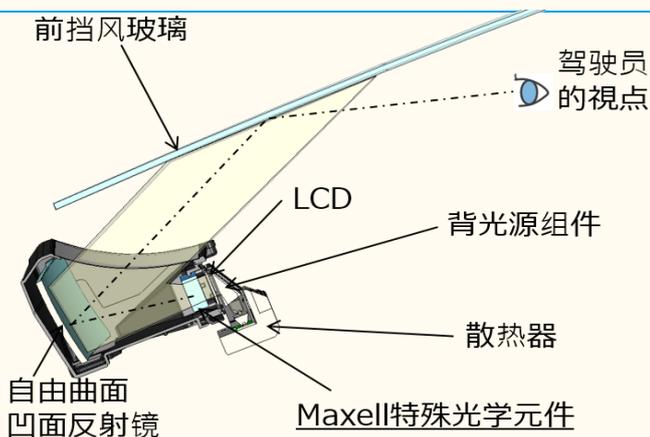
原理示意图



来源：控安汽车研究院，国金证券研究所

- 自由曲面反射镜为 HUD 系统关键光学元件，可消除挡风玻璃的自由曲面造成的成像画面畸变。车前挡风玻璃是一个自由曲面、无对称性，因此将造成成像画面畸变。解决方案是将光学系统中的反射镜也做成自由曲面，将光路与挡风玻璃的光路拟合以此抵消画面畸变。
- 自由曲面反射镜加工对设备性能要求极高，传统的球柱面研磨机器难以满足表面精度高且镜面光滑的效果，只有改进的单点 CNC 机体才能用于自由曲面镜片加工。同时光路设计环节需要配合挡风玻璃进行，具有较高难度。目前具备 HUD 自由曲面反射镜生产能力的公司包括舜宇光学、亮宇光学、福建富兰光学等。舜宇于 2017 年引进 DLP 自由曲面镜产线，为林肯 Continental 搭载的全球第一款 DLP HUD 提供关键光学元件。

图表 49: 自由曲面凹面反射镜原理



来源：麦克赛尔，国金证券研究所

图表 50: AR-HUD 自由曲面反射镜



来源：亮宇光学官网，国金证券研究所

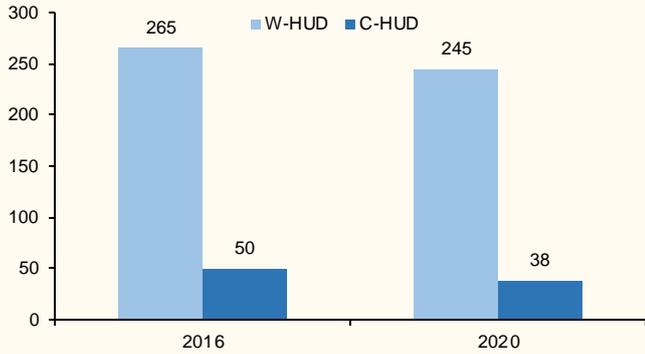
1.3 预计 2025 年市场规模达 240 亿元，CAGR 达 17%

- 伴随 HUD 价格下降，预计行业快速放量，未来五年 CAGR 为 17%。1) 2020 年全球 HUD 出货量为 687 万台，渗透率为 7.5%，渗透率较低。2) 伴随 HUD 技术工艺逐步成熟、量产规模扩大，HUD 平均价格有所下降，C-HUD 和 W-HUD 价格分别从 2016 年的 50 美元和 265 美元降至 2020 年的 38 美元和 245 美元。我们预计未来 W-HUD 价格将继续下降，W-HUD

将向中低端车型逐步渗透。3) 预计 2025 年 HUD 全球出货量将达到 1536 万, 渗透率为 18.5%, 2020-2025 年间 CAGR 达 17%。

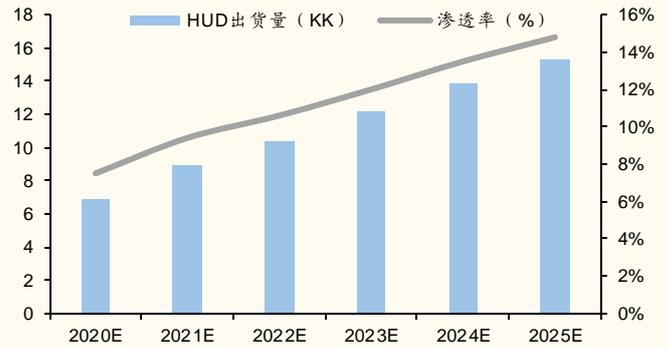
- **预计 2025 年 HUD 市场规模达 240 亿元, CAGR 为 17%。** 根据高工产研数据, 2021 年 Q1 我国 HUD 前装市场中 W-HUD 方案占比 92.6%, C-HUD 基本被淘汰出市场。未来伴随价值量较低的 C-HUD 被完全淘汰、W-HUD 成为市场主流、AR-HUD 逐步导入市场, HUD 整体价格结构将保持平稳。假设 HUD 平均价格维持在 240 美元, 2025 年全球 HUD 市场规模将达到 36 亿美元 (折合人民币 240 亿元)。

图表 51: 2016-2020 年 HUD 平均价格变化 (美元)



来源: 佐思产研, 国金证券研究所

图表 52: HUD 渗透率展望

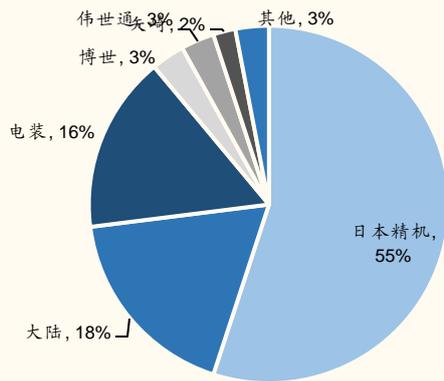


来源: TSR, 国金证券研究所

1.4 全球市场由外资主导, 中国市场华阳集团位列第三

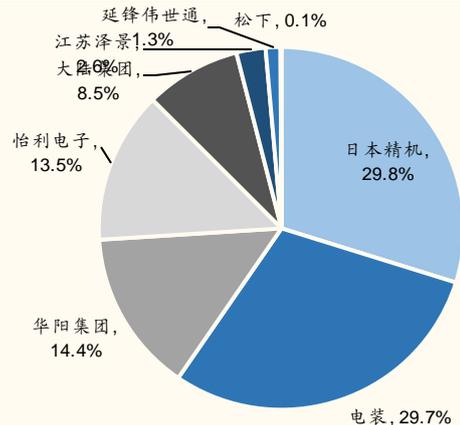
- **HUD 行业外资主导, 集中度高, 国产厂商崭露头角。** 2016 年全球 HUD 市场由精机、大陆、电装、博世、伟世通等全球知名 Tier1 厂商占据 95% 的份额, 市场集中度较高。根据高工智能汽车研究院统计, 2021 年上半年中国市场 W-HUD 供应商搭载量的前五名分别为日本精机、电装、华阳集团、怡利电子和大陆集团, CR5 达 96.0%, 市占率分别为 29.8%、29.7%、14.4%、13.5%、8.5%, 国产 HUD 厂商逐渐打破外资垄断地位。

图表 53: 2016 年全球 HUD 市场格局



来源: 佐思产研, 国金证券研究所

图表 54: 2021 年 H1 国内市场 W-HUD 竞争格局



来源: 高工智能汽车研究院, 国金证券研究所

2. 智能车灯: 推动汽车智能化升级, 预计 2025 年市场规模超 400 亿元

2.1 LED 车灯成主流推动车灯智能化升级, 预计 2025 年市场规模超 400 亿元

- 汽车车灯对于保证夜间行车安全至关重要, 且极大程度影响车体美观。伴随汽车智能化升级, 车灯也成为智能化改造的汽车硬件之一。车灯光源升级经历卤素灯、疝气灯、LED 灯三个阶段, 未来激光灯有望崭露头角。目

前市场上卤素灯、疝气灯、LED 灯并存，LED 正加速渗透。根据集邦咨询分析，2020 年 LED 头灯渗透率于全球乘用车达到 53.1%，其中 LED 头灯渗透率于电动车更高达 85%。2021 年将分别有机会达到 60%与 90%。

- LED 车灯是指用 LED（发光二极管）作为光源的车灯，可以直接将电能转化为光能，所以也被称为冷光源。LED 灯平均寿命更高、可达 3 万小时以上，同功耗下亮度更高，发光效率更高、能耗更低，而驱动 LED 灯汽车在智能化时代成为主流的关键因素则是 LED 元件体积更小、有利于在有限的车灯空间内进行布局设计，以及其响应时间短、能够快速响应控制指令。

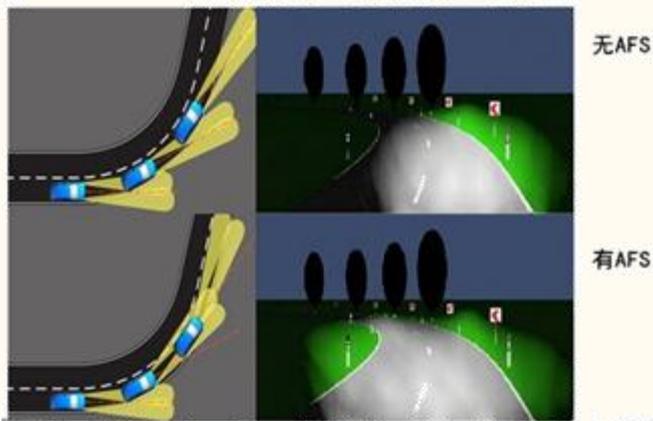
图表 55：汽车车灯主流类型比较

	卤素灯	疝气灯	LED 灯
原理	钨丝灯泡+惰性气体	高电压电离疝气	半导体发光二极管
亮度	65W 为 1200 流明左右	35W 为 2800 流明左右	30W 为 3200 流明左右
寿命	500h	3200h	30000h
功耗	55-65W	35W	20W-30W
响应时间	0.5s	0.8s	0.1s
体积	中	大	小
照射宽度	约 4.4 米	约 5.2 米	约 6.1 米
单价	200-250	400-500	1000-1500

来源：公司公告，国金证券研究所

- 为扩大夜间照明范围、改善远光灯炫目问题，基于 LED 灯技术的智能大灯应运而生。智能大灯系统结合智能时代的传感器技术和微控制技术，是基于汽车安全性的智能控制系统。智能大灯由光源、传感器、信号处理电路、传输通道 CAN 总线、中央处理器、微步距驱动电路、步进电机组成。智能大灯与车载传感器（摄像头）配合，可以实现自动调节照明范围、防止远光灯炫目、甚至标志投影等功能，极大提升行车安全性和智能化程度。
- LED 车灯可分为标准 LED 车灯和矩阵式 LED 灯，矩阵式 LED 灯根据功能不同分为 AFS 和 ADB。
 - 矩阵式 LED：矩阵式 LED 大灯原理是将 LED 分成许多小型 LED 灯珠，按照照明需求独立控制灯珠开关，以更加精准地控制车灯有选择性地照射。矩阵式大灯价格在 1600-2000 元之间，目前已渗透至 10 万元级别车型。
 - AFS：AFS（自适应前照灯系统）在初级的矩阵式 LED 灯上进行升级，能够使灯光分布根据摄像头、其他传感器所反馈的道路状况、行车状况、天气状况做出调节，使得车灯照亮范围始终覆盖车辆行驶路径。AFS 系统主要针对近光照射，均价在 2000-3000 元之间。
 - ADB：ADB（自适应远光灯系统）更加强化了车灯的远光灯功能，在大灯内增加挡光片/导光柱，能够覆盖对面车辆的远光灯，保证驾驶视野内不产生炫目。未来 ADB 系统将加入摄像头、超声波雷达等传感器，可实现投射斑马线等标志、甚至通过灯光投影显示导航路线，成为辅助驾驶系统的重要一环。目前 ADB 均价在 6000 元以上，仅豪华车型配置。

图表 56: AFS 效果图



来源: 汽车之家, 国金证券研究所

图表 57: ADB 效果图



来源: Koito, 国金证券研究所

图表 58: 智能大灯可投射路面标志



来源: 奔驰官网, 国金证券研究所

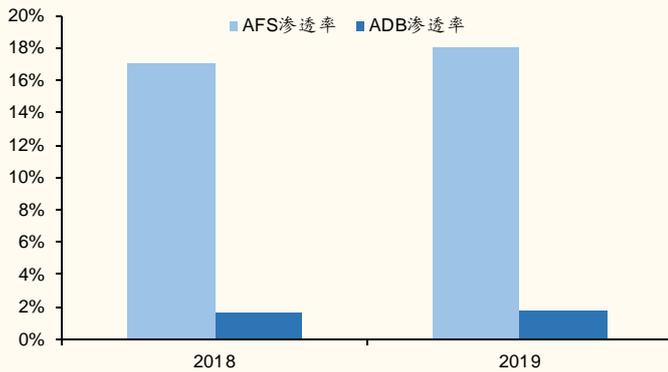
图表 59: 智能大灯可为行人投射斑马线



来源: 大众官网, 国金证券研究所

- 智能大灯将成为 ADAS 功能的延伸, 伴随 ADAS 渗透而加速渗透。目前矩阵式 LED 灯市场仍以 AFS 大灯为主, 2019 年我国 AFS 大灯渗透率为 18%, ADB 渗透率仅为 1.8%。伴随技术成熟、成本降低, 以及汽车智能化普及, 智能大灯渗透率有望进一步提升, AFS 有望成为中端汽车标配, 并在低端车型上加速普及。ADB 单套价值较高, 主要由豪华车型配置, 伴随豪华车型 ADAS 功能更加丰富, ADB 将成为 ADAS 功能延伸的载体, 与中控屏、HUD 形成搭配, 帮助更好地实现 ADAS 功能。
- 全球汽车智能大灯市场正快速增长, 据 GMI Research 数据 2019 年全球智能大灯市场规模为 45 亿美元 (折合人民币 294 亿元), 预计到 2025 年市场规模近 64 亿美元 (折合人民币 416 亿元), CAGR 达 7%。

图表 60: 我国智能大灯市场以 AFS 为主



来源: 汽车之家, 国金证券研究所

图表 61: 全球智能大灯市场规模

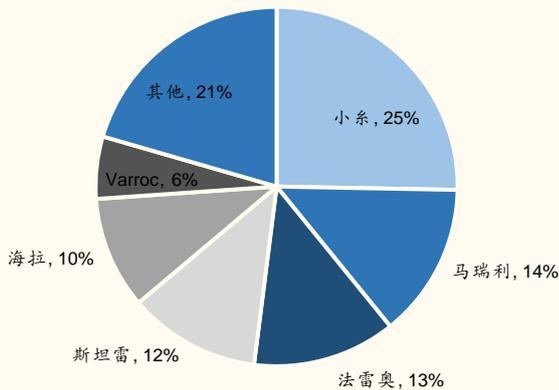


来源: GMI Research, 国金证券研究所

2.2 全球市场由外资主导, 中国市场华域汽车位列第一

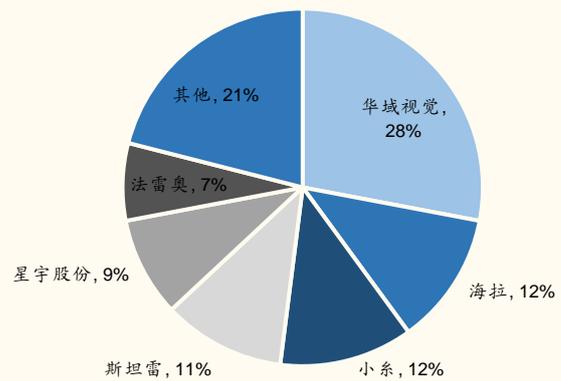
- 全球车灯行业市场集中度较高, CR5 达 74%, 以欧美和日本厂商为主, 日本小糸 (25%)、意大利马瑞利 (14%)、法国法雷奥 (13%)、日本斯坦雷 (12%)、德国海拉 (10%) 分列前五。
- 同时, 全球各大车灯龙头积极响应车灯智能化趋势, 对新技术竞争越发激烈, 在智能大灯市场同样保持领先。1) 小糸于 2019 年即推出 BladeScan 技术 ADB 大灯系统, 并搭载于 2019 款雷克萨斯 RX 与 2021 款雷克萨斯 LS 上; 2) 马瑞利于 CES 2019 消费电子展推出第三代 Smart Corner 照明技术, 可集成 OEM 选择的任意传感器, 包括摄像头、激光雷达、超声波, 以及 ADB 和 DLP 等先进 LED 照明功能; 3) 海拉于 2020 年发布 SSL 100 照明模组, 该系统可通过 ECU 控制 102 个 LED 像素的开闭, 完全实现数字化。
- 华域汽车、星宇股份等国内车灯厂商技术实现突破、客户向海外拓展, 逐渐走向全球舞台。2019 年国内车灯市场中, 华域视觉占比 28%、位居第一, 星宇股份占比 9%。1) 华域视觉前身为上海小糸, 2018 年由华域汽车收购。公司延承了小糸的技术基因, 同时客户涵盖上汽通用、上汽大众、广汽乘用车等国内合资车厂, 以及奥迪、宝马、丰田、福特等海外车厂, 与小鹏、特斯拉等造车新势力合作密切。同时公司在智能大灯领域不断探索, 在 2021 年上海车展上展出由 PML 可编程智能大灯和含有 ISC 技术的尾灯组成的智能交互灯光系统, 可实现车灯显示专属自定义内容, 与外界互动, 该系统已搭载于华人运通的车型高合 HiPhi X 上。2) 星宇股份为国内唯一市占率靠前的本土车灯厂商, 近年来规模快速扩张。公司客户由合资车厂 (一汽大众、广汽丰田) 向海外车厂 (宝马) 拓展, 车灯产品不断升级, 在智能车灯领域硕果丰盛, 2020 年成功研发具有迎宾功能的律动式尾灯、第二代大众语音交互式酷炫氛围灯、手势识别室内灯、和像素式前灯模块等, 前照灯 ADB 投影灯模组实现应用。预计未来公司 ADB 产品向更多车型渗透, 与海外车厂合作更为广泛, 公司将在全球智能大灯市场占据重要一席。

图表 62: 2020 年全球车灯市场格局



来源: gg-led, 国金证券研究所

图表 63: 2019 年国内车灯市场格局



来源: gg-led, 国金证券研究所

四、投资建议

1. 舜宇光学科技: 光学行业龙头, 多元布局车载产品

- 舜宇光学 30 多年来一直以光学零部件为核心, 同时进行上下游的整合, 已成长为全球手机镜头、车载镜头龙头。公司产品包括光学零件 (光学镜头)、光电产品 (光学模组) 及光学仪器三大板块。2020 年公司营业收入与归母净利润分别为 380.02 亿元、48.7 亿元, 分别同比增长 0.4%、22%。
- **投资逻辑:** 1) 公司手机镜头 2020 年市占率达 30%、反超大立光 (25%), 未来将受益“高像素、超小头、大像面、自由曲面、玻塑混合”五大规格升级趋势, 实现 ASP&毛利率提升; 手机摄像模组方面, 2020 年公司市占率为 12%、仅次于欧菲光 (15%), 伴随摄像头规格升级, 具备一体化的企业的效率更优、市占率有望持续攀升。预计 2020~2023 公司手机光学营收 CAGR 达 15%, 毛利率维持不变。2) 车载镜头: 公司是车载行业绝对龙头、市占率超 30%, 远远领先第二名 (8%)。参考手机行业多摄渗透速度, 预计未来 3~5 年单车搭载摄像头达 8 颗, 假设公司市占率达 40%、ASP 维持不变、净利率为 30%, 预计车载镜头将为公司贡献净利超 40 亿元。保守预计 2020~2023 公司车载镜头营收 CAGR 为 40%。车载模组方面, 目前车载摄像头模组主要由 Tier 1 组装, 我们认为伴随造车新势力崛起, 传统整车厂和 Tier 1 的关系或将逐步模糊, 车载摄像头模组有望为公司带来新增量。激光雷达方面, 公司目前已与全球 20 余家激光雷达企业建立紧密的业务关联, 公司定位光学零件制造商, 为行业赋能, 预计明年将有项目进入大批量生产。
- **车载光学业务: 公司是车载镜头绝对龙头, 并积极布局激光雷达、HUD、智能大灯等其他车载相关领域。** 公司车载产品已涵盖前视、环视、后视、舱内摄像头、激光雷达关键光学部件、HUD 抬头显示器、智能大灯等车载领域主要应用。凭借领先的产品质量, 公司客户遍及欧美、日韩以及中国, 产品受到宝马、奔驰、奥迪等豪华车厂的青睐。公司是车载镜头绝对龙头、市占率超 30%, 车载镜头认证周期 3-5 年, 客户粘性较强, 未来公司将深度受益车载镜头蓬勃发展; 得益于造车新势力崛起, 公司车载模组业务也有望放量。同时, 公司深入布局激光雷达、HUD、智能大灯等车载相关领域。激光雷达方面, 公司提供基于机械式、MEMS、FLASH、OPA 等多种激光雷达的镜头及其他关键光学零部件, 已与全球 20 多家激光雷达厂商建立紧密联系; HUD 与智能大灯方面, 公司具备光学零部件和光学解决方案供应能力

2. 联创电子: 聚焦光学业务, 车载光学快速成长

- 联创电子成立于 2006 年, 业务分为光学业务、触屏业务和集成电路业务。为满足市场上日益旺盛的光学产品需求, 公司战略重心日渐向光学业务倾

斜。公司自 2009 年踏足光学行业，光学业务涵盖高清广角镜头、手机镜头、车载镜头，应用领域遍及手机、运动相机、车载、VR/AR 等多个领域。2020 年公司实现营收 75.32 亿元，同增 24%，取得归母净利润 1.64 亿元，同减 37%，整体毛利率为 11.4%，光学产品毛利率可达 27%。2021Q1 公司营收同增 134%、归母净利同增 50%，逐渐摆脱疫情影响，实现业绩高速增长。

- **投资逻辑：**1) 车载 ADAS 镜头要求全玻璃制造，公司是少数掌握非球面玻璃镜片模造工艺的企业，技术壁垒高筑，公司提前布局车载镜头，前期积累可享行业红利。公司已获特斯拉与蔚来新车定点，未来几年内成长路径清晰可见。2) 手机镜头组镜片数量已到 8P 关口，良率、厚度存在挑战，玻塑混合镜头优势显现，公司有望凭借玻塑混合技术实现手机镜头领域的弯道超车。3) 公司是全球运动相机镜头龙头，深度绑定 GoPro、Insta360、大疆等大客户，受益于大客户份额提升，未来将保持快速增长。
- **车载光学业务：**公司自 2015 年进入车载镜头领域，2016 年与特斯拉合作，为其舱内镜头独家供应商，2020 年与蔚来开始合作，并中标 ET7 全部 7 颗 800 万像素 ADAS 车载镜头模组。2020 年公司车载镜头出货量为 77 万颗、营收为 0.24 亿元，2021 年公司前五大客户车载镜头及模组订单为 1.5 亿元，预计 2022 年公司车载项目快速起量。目前公司具备 200KK/月模造镜片产能。

3. 宇瞳光学：安防镜头龙头，车载镜头进入后装市场

- 宇瞳光学是安防镜头领域龙头，专注于定焦、小倍率变焦镜头生产与销售，2020 年公司安防镜头市占率超 30%。受益于下游定焦镜头需求旺盛，2021 年 Q1 公司营收同增 97%。镜头是重资产行业，2020 年公司固定资产周转率为 2.4 次，稼动率提升带动公司盈利能力攀升，2021 年 Q1 公司净利率同比提升 5pct 至 13%，公司净利达 0.58 亿元、同增 219%。
- **投资逻辑：**1) 我们认为未来农村安防、企业数字化升级助力安防镜头行业稳健增长，预计 2020~2023 年行业出货量 CAGR 达 9%。公司技术优势、自动化优势、规模优势显著，定焦安防镜头市占率仍有提升空间，预计未来三年公司定焦镜头收入 CAGR 为 19%；公司积极布局大倍率变焦和超清安防镜头，产品结构优化有望抬升 ASP，未来三年公司变焦镜头收入 CAGR 达 36%。2) 消费级监控市场快速崛起，预计未来三中国家庭安全监控市场规模 CAGR 达 40%，我们估算中国家庭安全监控天花板在 5 亿台，目前行业渗透率不足 10%，预计未来快速增长，公司将深度受益。
- **车载光学业务：**公司积极布局车载镜头，目前已有后装产品出货，车载镜头对耐热性要求较高、需采用玻璃或玻塑混合镜头，公司具备 100KK/月模造玻璃镜片产能，且与海康、华为安防部门合作多年，三年后有望顺利导入前装市场。

4. 水晶光电：多元布局光学光电子领域，AR-HUD 成功量产上车

- 水晶光电成立于 2002 年，近年来把握市场风向，聚焦成像、感知、显示领域，形成光学元器件、薄膜光学面板、生物识别、新型显示 (AR+)、反光材料五大业务。2020 年公司实现营收 32.23 亿元，同比增长 7.45%，其中光学元器件营收占比达 65%；2021 年 Q1，公司业绩显著增长，实现营收 8.66 亿元，同比增长 45.18%，实现归母净利 0.96 亿元，同比增长 20.71%。
- **投资逻辑：**1) 公司在光学元器件领域广泛布局，潜望式摄像头加速渗透助推公司光学校镜模块业务增长，5G 通信技术推广大大扩展公司薄膜光学面板的应用场景。2) 汽车智能化将推动 AR-HUD 在高端车型上的应用，公司 AR-HUD 已成功量产，进入红旗高端车型，目前与多家车厂存在业务合作，未来有望贡献业绩增量。3) AR 眼镜正处于行业爆发前夜，2022 年苹果推出 AR 设备有望引爆行业，公司在 AR 眼镜光波导技术与非光波导技术均有布局，静待行业放量。
- **车载光学业务：**公司汽车电子产品涵盖 W-HUD、AR-HUD 整机及 PGU、智能大灯、车载投影等产品。2020 年，公司 AR-HUD 产品于国内高端汽

车品牌上实现量产，2021 搭载于红旗 EHS9 车型，未来有望渗透至更多车型。

5. 蓝特光学：光学业务多点开花，车载镜片加速放量

- 蓝特光学是国内领先的光学元件供应商，主要产品包括光学棱镜、玻璃非球面透镜、玻璃晶圆等。公司以尖端技术为基，成功研发玻璃非球面透镜模具制造补偿、多模多穴热模压加工等多项技术。2020 年公司受益于下游 iPhone 产品需求上涨，实现营收 4.4 亿元，同比增长 31%，其中光学棱镜业务 2.96 亿元，占总营收 67%；2020 年实现归母净利 1.83 亿元，同比增长 58%，业绩重回快增长。
- **投资逻辑：**1) 公司是苹果 3D 结构光双面红外反射棱镜核心供应商，预计供应链份额 80%以上；同时微棱镜是潜望式摄像头的核心光学元件，近年来潜望式摄像头需求高速增长，公司已为全球知名光学组件厂商提供微棱镜产品。公司棱镜业务受益手机 3D 感知及潜望式普及而快速增长。2) 光波导技术是 AR 眼镜的必选光学方案，高质量的玻璃晶圆是制造光波导镜片的主要基材。公司是康宁、AMS 等企业玻璃晶圆供应商，受益 AR 产品需求蓬勃发展，预计公司玻璃晶圆业务高速增长。
- **车载光学业务：**公司于 2017 年凭借高精度模压玻璃非球面透镜产品进入车载镜头领域，2018 年成为索尼绿色合作伙伴，随后为舜宇车载镜头供应玻璃镜片。公司主要提供成像类玻璃非球面透镜，已掌握模具制造补偿技术、多模多穴热模压加工技术，填补了国内高精度玻璃非球面热模压技术的空白。凭借多元化技术储备，未来公司有望进一步拓展车载玻璃镜片客户。

6. 永新光学：光学精密制造稀缺标的，车载镜头静待放量

- 永新光学以精密光学仪器起家，主营产品包括显微镜系列产品、条码扫描仪、平面光学元件及专业成专业成像光学部件。公司 2020 年实现营收 5.76 亿元，同增 0.59%，实现归母净利 1.62 亿元，同增 16.28%，高端系列显微镜、车载光学、激光雷达、机器视觉业务收入快速增长。2021Q1 公司分别实现营收和归母净利 1.72 亿元、1.2 亿元，分别同增 39%、289%，利润大幅增长，扣除搬迁补偿款积极影响，仍同增 69%。
- **投资逻辑：**1) 公司是国内少数具有高端显微镜生产能力的企业，国家大力支持国产高端科学仪器行业利好公司显微镜业务持续增长。2) 条码扫描仪镜头进入讯宝科技、霍尼韦尔、得利捷和 NCR 四大条码扫描仪行业巨头供应链，伴随份额逐步提升，未来将对业绩产生积极贡献。3) 车载光学方面，公司主要涉及车载摄像头镜片及激光雷达镜片、镜头制造业务，与索尼及主流激光雷达形成合作，伴随车载光学行业成长，未来有望实现业绩放量。
- **车载光学业务：**凭借多年技术沉淀和客户积累，公司于 2017 年顺利切入车载镜头领域，2017 年起为 SONY 稳定批量供应车载镜头前片，该光学元件应用于日产汽车等日系品牌汽车的 360° 全景视野模块。除供应镜片以外，公司向激光雷达镜头领域进发，与 Quanergy Systems、禾赛、Innovation 展开合作，提供激光雷达光学接收模块中的玻璃镜片，有望逐步实现量产。激光雷达镜头是车载镜头中最难的部分，对光学设计、加工工艺提出相当高要求，具有极高的行业壁垒。伴随 L3 自动驾驶车型陆续量产，激光雷达需求快速增长，公司激光雷达业务将为业绩增长注入动能。

五、风险提示

- **自动驾驶渗透率不及预期：**若未来政策加强对自动驾驶车辆上路合法性监管力度，或自动驾驶技术进展缓慢，将延缓自动驾驶的发展速度，导致自动驾驶渗透率不及预期。
- **激光雷达高速发展对摄像头形成替代：**当前实现 L3 自动驾驶需车载摄像头与激光雷达优势互补，若未来激光雷达产品快速升级迭代、降价，将对主要用于测距功能的摄像头形成替代，对车载摄像头市场成长造成影响。

- **纯视觉方案成主流限制车载激光雷达需求：**当前大部分整车厂采用激光雷达为主导的自动驾驶视觉方案，而以特斯拉为代表的纯视觉方案正取得长足进步，若纯视觉方案率先实现自动驾驶上路，或将引导更多整车厂选择纯视觉方案，从而削减激光雷达的市场需求。
- **HUD、智能大灯渗透率不及预期：**目前配置 HUD 与智能大灯的多为豪华车型，若 HUD、智能大灯降价幅度及功能拓展不及预期，向下渗透将较为乏力。

公司投资评级的说明:

- 买入: 预期未来 6-12 个月内上涨幅度在 15%以上;
- 增持: 预期未来 6-12 个月内上涨幅度在 5%-15%;
- 中性: 预期未来 6-12 个月内变动幅度在 -5%-5%;
- 减持: 预期未来 6-12 个月内下跌幅度在 5%以上。

行业投资评级的说明:

- 买入: 预期未来 3-6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上;
- 增持: 预期未来 3-6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%-15%;
- 中性: 预期未来 3-6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%-5%;
- 减持: 预期未来 3-6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明:

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券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，对由于该等问题产生的一切责任，国金证券不作出任何担保。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，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整。

本报告中的信息、意见等均仅供参考，不作为或被视为出售及购买证券或其他投资标的邀请或要约。客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员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。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券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多种金融服务。

本报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，且收件人亦不会因为收到本报告而成为国金证券的客户。

C3级(含 C3

级)的投资者使用；非国金证券 C3 级以上(含 C3 级)的投资者擅自使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

此报告仅限于中国大陆使用。

上海	北京	深圳
电话: 021-60753903	电话: 010-66216979	电话: 0755-83831378
传真: 021-61038200	传真: 010-66216793	传真: 0755-83830558
邮箱: researchsh@gjzq.com.cn	邮箱: researchbj@gjzq.com.cn	邮箱: researchsz@gjzq.com.cn
邮编: 201204	邮编: 100053	邮编: 518000
地址: 上海浦东新区芳甸路 1088 号 紫竹国际大厦 7 楼	地址: 中国北京西城区长椿街 3 号 4 层	地址: 中国深圳市福田区中心四路 1-1 号 嘉里建设广场 T3-2402