

中国车载激光雷达市场洞察 报告

©2022.4 iResearch Inc.



应用需求

- 以低速封闭场景下的功能探索为基础，主机厂在逐步推动辅助驾驶应用场景的多元化，预计**2025年乘用车辅助驾驶渗透率或超60%**，感知功能的升级推动传感器硬件性能的提升。
- 激光雷达与其他传感器的结合可**降低感知误差**，提供的点云信息可帮助感知模型在物体检测&语义分割、目标行为预测、车辆定位上提供更高的准确度。



技术发展

- **半固态扫描方案**：半固态扫描激光雷达已可满足ADAS功能需求，相关技术**已较为成熟**，未来将通过商用反馈积累经验进行产品的升级改进。
- **固态扫描/非扫描方案**：固态扫描OPA技术在天线阵列设计及波长调整技术的成熟度上**距离商用仍有一定距离**，固态非扫描Flash方案受VCSEL及SPAD器件的发展或将**率先实现乘用车商用**。
- **光学探测方案**：短期ToF探测方式+905 nm光源方案可为激光雷达乘用车大规模商用提供**较高性价比**，未来随着FMCW探测技术的成熟将带领1550 nm光源实现**高性能激光雷达量产方案**。
- **集成技术**：光子集成技术是实现激光器与其他器件单片集成的关键技术，相对于微电子集成技术**落后约30年**，需要长期投入实现突破。

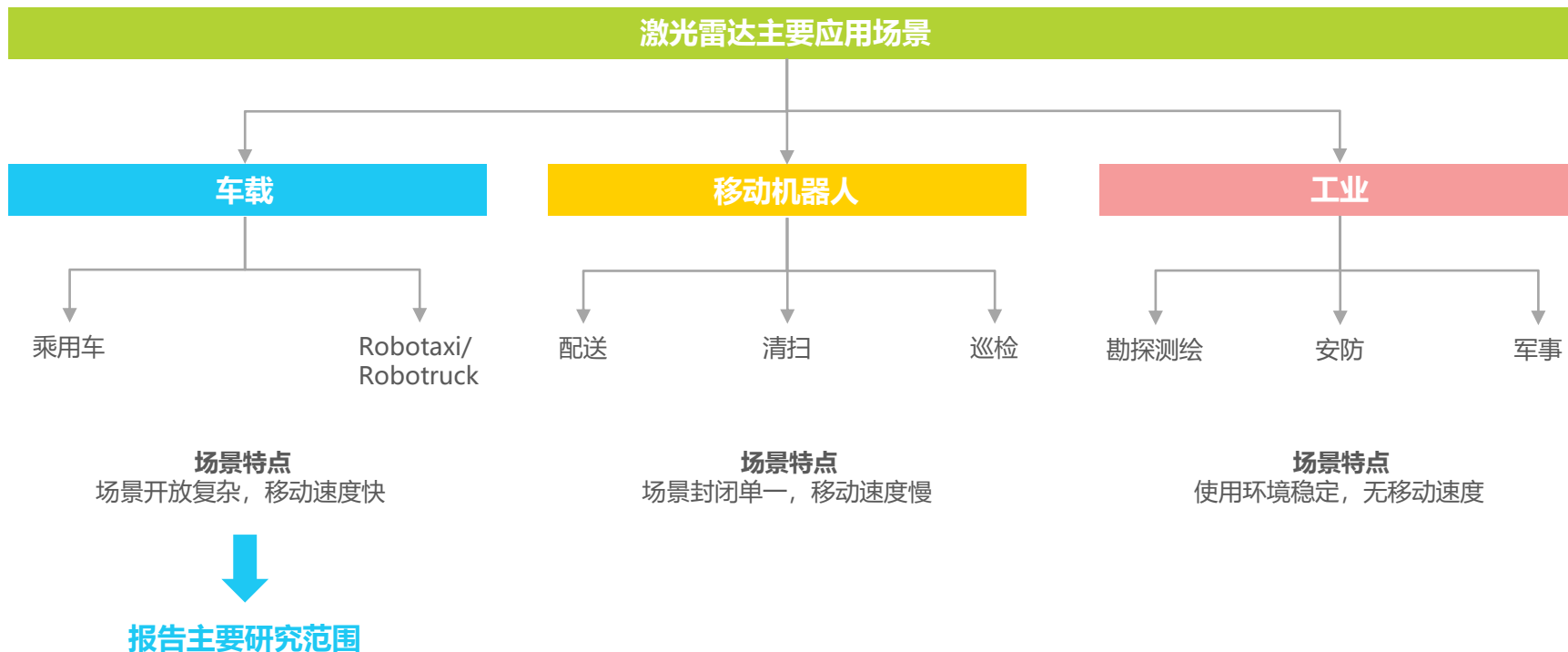


商业发展

- **市场规模**：受益于乘用车辅助驾驶功能发展及Robotaxi持续开城运营，车载激光雷达市场规模有望自2021年4.6亿元增长至**2025年54.6亿元**，实现85.7%的年复合增长率。
- **商业模式**：汽车供应链中主机厂的参与度逐渐加深为激光雷达企业带来了**直接与主机厂合作的机会**，不同厂商依据自身实力选择不同的服务策略，逐步向Tier 1供应商靠拢，为主机厂**提供整套感知解决方案**。

研究范围

本报告主要以应用于乘用车及Robotaxi/Robotruck市场的
车载激光雷达研究为主



车载激光雷达应用发展背景

1

车载激光雷达技术发展现状

2

车载激光雷达商业发展现状

3

车载激光雷达产品发展趋势

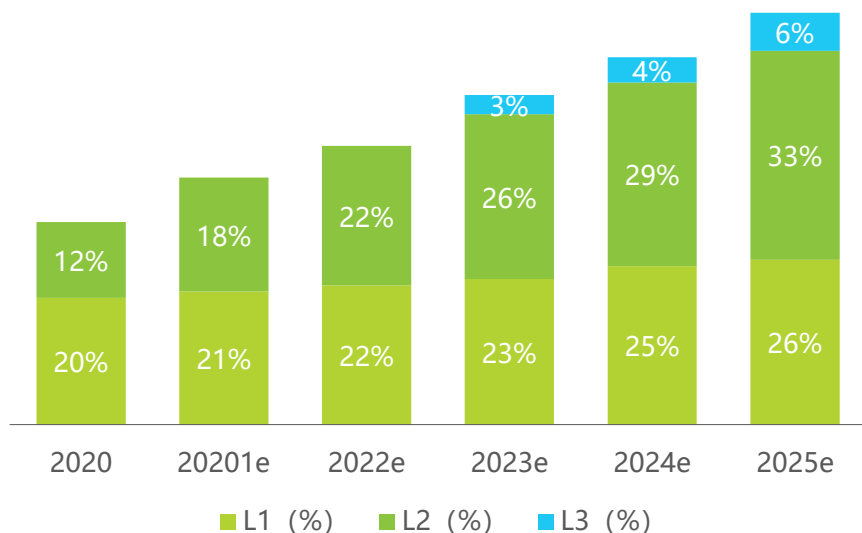
4

激光雷达应用发展背景 – 市场需求

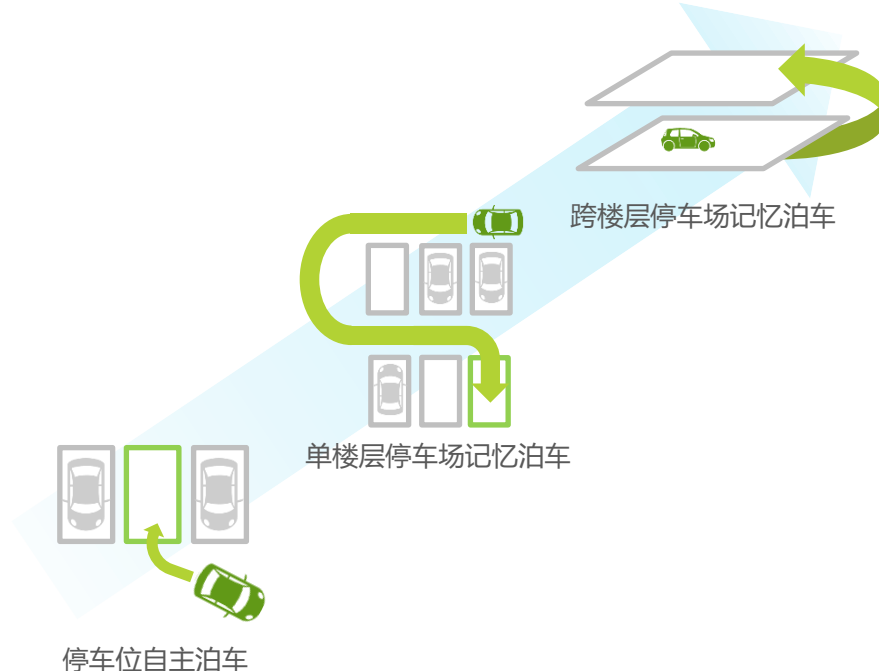
辅助驾驶功能发展推动更高感知需求

随着辅助驾驶功能逐步量产，乘用车辅助驾驶系统已成为行业标配，单项功能逐渐下沉至低端车型，同时高端车型上不断推出新功能，虽然受限于技术及法规等限制，L3及以上等级的自动驾驶短期内落地仍有一定难度，但在部分封闭低速场景下辅助驾驶功能的开发在不断升级，由此为开放高速场景下的辅助甚至自动驾驶功能设计积累基础经验，辅助/自动驾驶功能的探索升级离不开车辆对周围环境感知能力的提升，而感知能力提升的基础则是对各类传感器软硬件的不断开发组合。

2020 – 2025年中国乘用车 辅助驾驶系统占比情况



封闭低速场景辅助驾驶功能探索升级示例



来源：艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

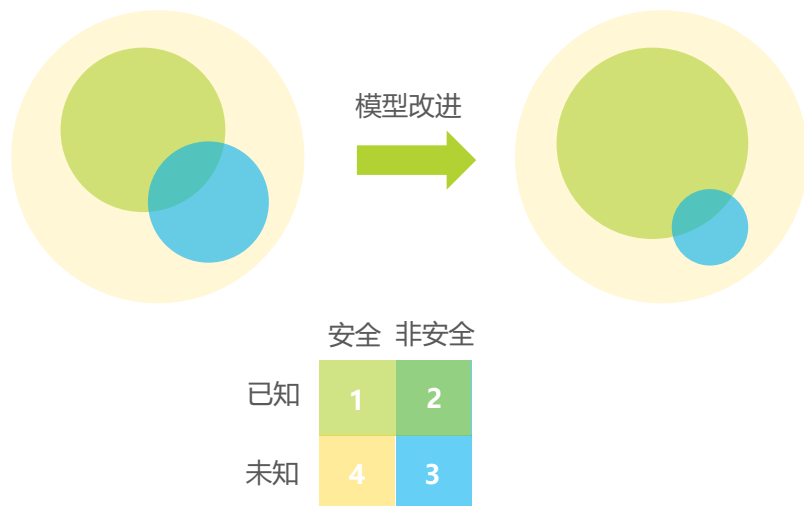
来源：艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

激光雷达应用发展背景 – 感知标准

多传感器结合降低感知误差

感知模型是基于概率的弱推理产出最小化误差的强决策模型，因此误差的产生无法避免，而ISO 21448 SOTIF则是为了将误差的出现概率降至可接受风险范围内而设立的标准，目的是减小自动驾驶系统由于传感器的局限性和驾驶员的误用而产生的风险。SOTIF要求感知模型除输出识别判断外，还需要输出判断的自信程度。在此标准下，当某一传感器感知模型自信程度较低时，最直接的做法便是采用其他自信程度更高的模型输出。激光雷达在精确感知物体距离及形状上具有一定优势，具备厘米级分辨率，能够检测到路缘石等物体的形状及位置，同时可及时探测到车载摄像头深度神经网络中尚未遍历训练到的干扰物（如蓝天白云下的白色大卡车），与其他传感器互补结合使用可帮助感知系统减小探测误差，将已知非安全（区域2）及未知非安全（区域3）场景数量降至可接受的风险范围内。

ISO 21448 SOTIF标准下感知模型发展目标



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

不同传感器特点

传感器类型	特点	限制
摄像头	能够提取丰富的纹理和颜色信息	对于距离的感知能力较弱，并且受光照条件影响较大
毫米波雷达	全天候工作，比较精确的测量目标的速度和距离	高度和横向的分辨率较低，对于静止物体的感知能力有限。
激光雷达	精确感知物体的距离和形状，部分类型激光雷达可测量目标速度	成本较高，受恶劣天气影响探测性能

来源：艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

激光雷达应用发展背景 – 感知赋能

点云信息提高不同感知任务准确性

车载感知系统主要有三类探测任务，除最基础的物体检测&语义分割功能外，目标行为预测及自身位置定位同样是影响后续自动驾驶决策的重要输入。激光雷达作为目前车载传感器中可提供最丰富点云信息的传感器，通过自身数据的独特性为感知模型提供了更高层的安全冗余。

激光雷达对各类感知探测任务的帮助

感知任务	作用	研究方向	激光雷达作用
物体检测&语义分割	探测并识别物体类型，对不同物体做出正确的交互反应	减小感知盲区 ：解决部分区域、物体无法被感知的问题 提高感知辨别度 ：解决感知到物体但是无法识别的问题 提高感知效率 ：解决识别到物体，但是无法精准及时反馈的问题	激光雷达点云的距离信息、三维信息结合摄像头的RGB信息可对周边环境进行更准确的建模
目标行为预测	预判其它交通参与者未来一段时间的行为，在复杂且多变的环境中实现安全稳定的驾驶行为	通过感知模型提供更多可体现出行行为线索的细节信息（如行人人体运动跟踪、头部姿态、驾驶员视线方向、面部表情/手势识别等），从而提高行为预测的可信度	激光雷达的多帧时序数据提供了对于检测物体的多视角观测及运动特征等丰富信息
车辆定位	让汽车知道自己的准确位置是行程规划的基础	行程规划通常依赖于GPS、惯性导航及高精地图，但高精地图的更新及时性及全球覆盖性有限制，GPS信号也受多因素影响，而结合SLAM定位方法可帮助实现车辆的车道级定位	基于激光雷达的SLAM算法发展目前较为成熟

来源：艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

激光雷达应用发展背景 - 厂商规划

各主机厂逐步推进激光雷达部署方案

激光雷达在过去一直受限于成本及体积等问题难以大规模落地。而随着技术和生产效率的进步，激光雷达成本在近年开始快速下降，各主机厂已逐步将其纳入ADAS传感器方案中，其中国产新势力在激光雷达的部署上更为激进，将激光雷达作为新的科技卖点更为积极的探索其应用功能；同时国外品牌也开始逐渐将激光雷达部署到自家高端车型上；不同于早期奥迪搭载的近距离低分辨率激光雷达，目前车辆搭载的激光雷达根据厂商需求的不同已涵盖近程、远程等多种高分辨率激光雷达，未来随着激光雷达集成化的发展将进一步扩展激光雷达的车载应用前景。

各品牌激光雷达上车规划



来源：艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

车载激光雷达应用发展背景

1

车载激光雷达技术发展现状

2

车载激光雷达商业发展现状

3

车载激光雷达产品发展趋势

4

激光雷达基础概念介绍 - 性能指标

激光雷达不同数据指标对探测性能的影响

激光雷达的成像受“角分辨率、帧率、视场角”三者的影响，而此三者又互相制约，提高某一指标数据则会导致另一指标数据的下降，因此如何调节激光雷达成像质量的问题即为在时间和空间上分布有限资源的问题。其中角分辨率是指激光雷达能分辨出两个相邻物体的最小间距。刷新帧率指的是激光雷达对目标物的扫描频率，一般用频率（Hz）来表示，代表1秒扫描的次数。目前较为通用的要求标准如左下表格，其中200米探测范围的要求是基于110km/h速度下在湿滑铺装路面下假设需要100米刹车距离，叠加算法反应所需时间及部分冗余计算得出，0.1°的角分辨率则是200米距离下探测到人体所需的角分辨率要求；目前整个行业仍处于早期，对于车载激光雷达的性能要求尚未有统一标准，而更高的性能指标可尽早一步识别潜在危险，从而带来更可靠的自动驾驶水平。

车载激光雷达预估所需最低性能指标

指标	性能
探测距离	>200米 (10%反射率)
水平视场角	>120°
垂直视场角	>25°
角分辨率	<0.1°
刷新帧率	>15 Hz

角分辨率对识别物体的影响

识别水平 (检测100米外1米高物体)	探测	识别	认清
角分辨率要求	<0.2°	<0.05°	<0.03°

在高级别自动驾驶感知需求中，对于远距离物体仅实现探测而无法分辨物体类别在部分情况下仍存在安全隐患，因此若需要传感器进一步识别甚至能够清楚分辨所探测到的物体种类，角分辨率应有进一步严格的要求。

帧率对识别物体的影响

刷新帧率	80 Hz	40 Hz	10 Hz
算法反应前两车缩减距离	0.8 m	1.7 m	6.7 m

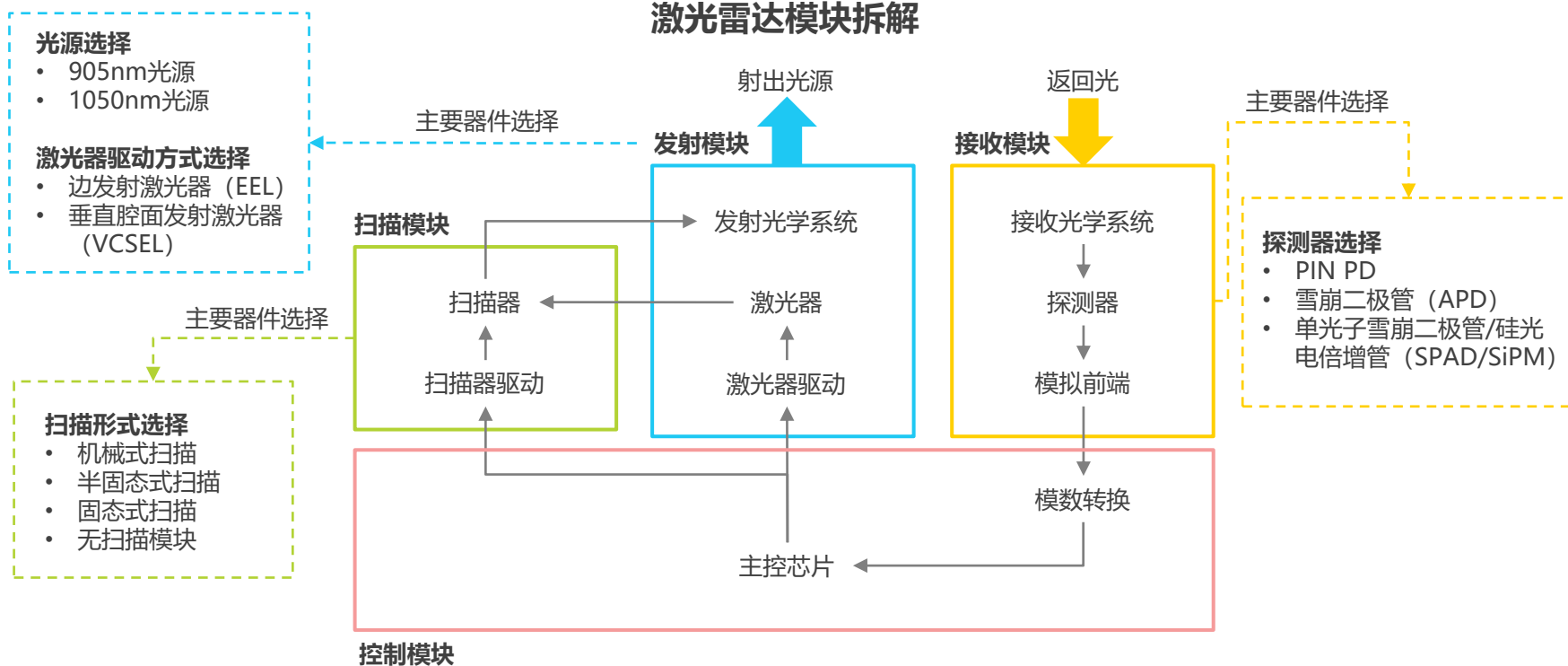
在鬼探头、高速汇入主路等场景下，影响传感器识别出目标物的主要指标是帧率，假设目标车辆在80km/h时突然出现，跟踪算法需要5帧完成计算的情况下，从目标突然出现到系统开始做出判断，不同刷新帧率影响算法做出反应前自身与目标车辆的缩减的相对距离，而更高的刷新帧率则有效降低高速环境下车辆碰撞的风险。

激光雷达基础概念介绍 – 硬件模块

激光雷达硬件模块及对应器件选择

一个完整的激光雷达硬件可分为扫描模块、发射模块、接收模块及控制模块，其中扫描模块主要作用为通过扫描器的机械运动控制光的传播方向，实现对特定区域的扫描，扫描形式的选择主要影响探测范围广度及激光雷达整体的耐用及稳定性；发射模块负责激光源的发射，不同光源及发射形式的选择影响射出光的能量大小，继而影响光源可达到的探测范围深度；接收模块则负责接收返回光，不同探测器的选择影响对返回光子的探测灵敏度，继而影响激光雷达整体可探测的距离及范围；控制模块主要通过算法处理生成最终的点云模型，以供后续自动驾驶决策算法参考生成后续行进策略。

激光雷达模块拆解

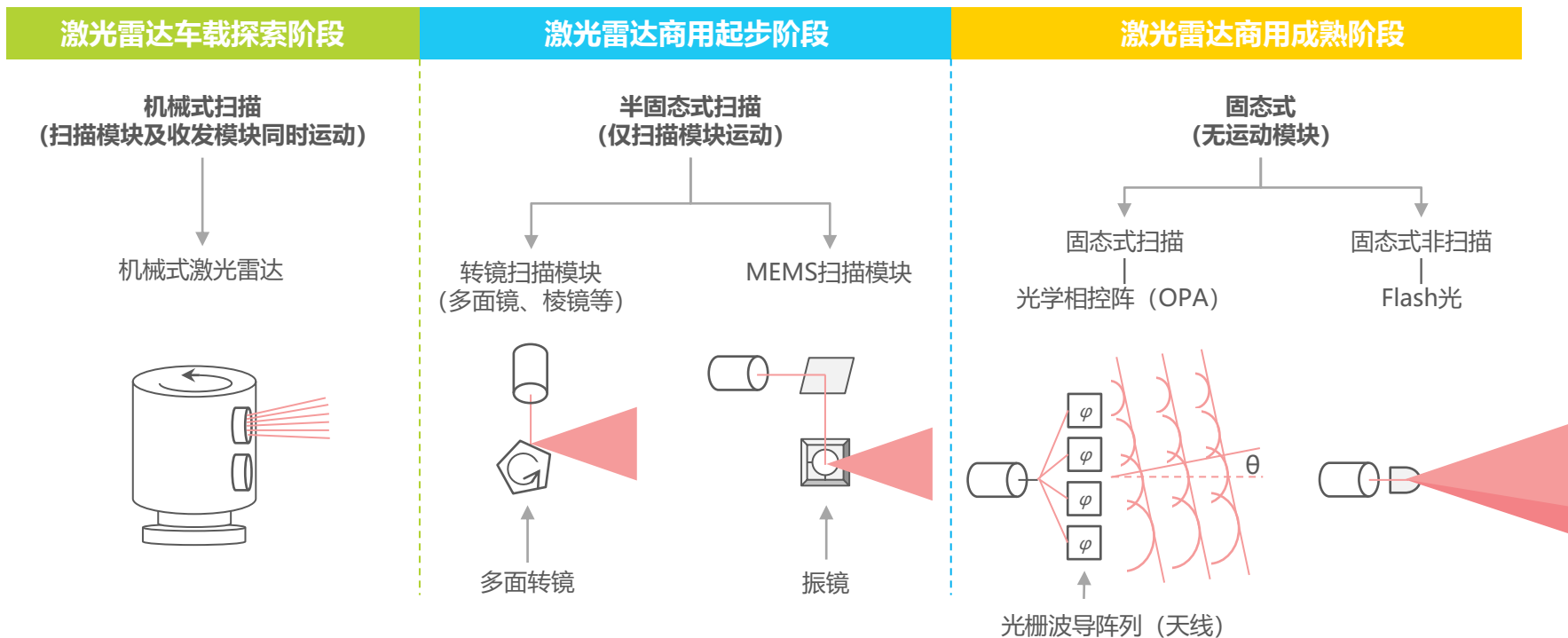


来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

扫描技术发展概览

半固态扫描激光雷达逐步进入乘用车商用起步阶段

激光雷达在早期0到1的车载探索阶段主要依靠机械式激光雷达在Robotaxi测试车队上的应用，Robotaxi测试车队由于会定期对车辆进行专业维护，同时对车辆改装外观无要求，因此机械式激光雷达较大的体积及较短的使用寿命对于此类B端客户并非不可接受的缺点，也因此承担了激光雷达车载应用探索的角色。而随着半固态激光雷达在成本、体积、耐用性等方面的改进，激光雷达逐步进入乘用车市场的商用起步阶段，除性能指标外，集成度、可量产、成本等都是此阶段需要重点考虑的问题。而未来随着相关固态技术逐渐成熟，激光雷达将成为成熟的车载商用传感器。



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

扫描技术发展现状 – 半固态式

转镜式及MEMS振镜式均可通过不同方式满足ADAS需求

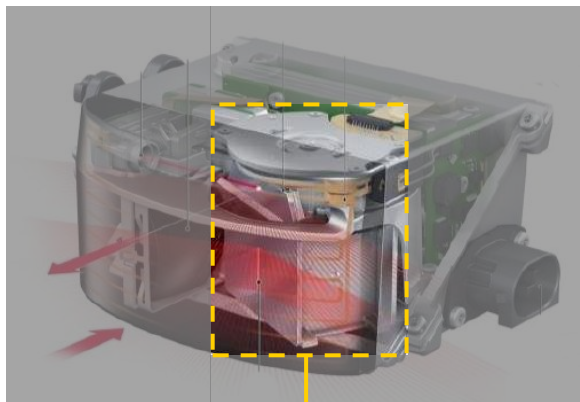
半固态方案主要分为转镜式及MEMS振镜式。其中转镜式的主要运动部件为无刷电机，由于无刷电机已在工业中广泛应用多年，部件稳定性已有可靠验证，且供应链较为成熟，因此转镜式扫描模块可实现快速应用。但由于电机为金属机械部件，因此在体积的小型化发展上受限，且成本下降空间有限，目前主要依靠工程设计对转镜方案进行改进，形成如棱镜、多面镜等不同转镜方案。

MEMS振镜相比转镜式去除了金属机械结构部件，运动部件仅为一面悬浮在两对扭杆之上的微型反射镜（通常为3-7mm直径）。

MEMS振镜整体结构通常为硅基材料，因此有较大的小型化及降成本空间。但MEMS振镜受制于器材性质，难以同时在大镜面尺寸（影响测量距离）、最大偏转角（影响视场角）、高扫描频率（影响刷新率）上同时达到最优，同时较大尺寸的振镜也会对扭杆的耐久疲劳度造成压力，因此车规应用上的性能提升空间有限。为弥补器材限制，MEMS振镜可通过改变振镜振幅、频率以及速度控制其运动轨迹，从而在一定程度上自由调整视场角、扫描频率及分辨率，通过动态扫描（远距离聚焦或中近距离大范围观测）满足感知需求。目前MEMS振镜主要通过改进电磁驱动的封装设计提高振镜驱动力，以此实现更高的扫描性能。

总体而言，转镜及MEMS振镜扫描方案均已可满足ADAS感知需求，各厂商依据自身技术积累优势选择不同的技术路线，通过大规模的车载商用积累反馈经验对产品进行迭代升级，以此做出更契合主机厂需求的产品。

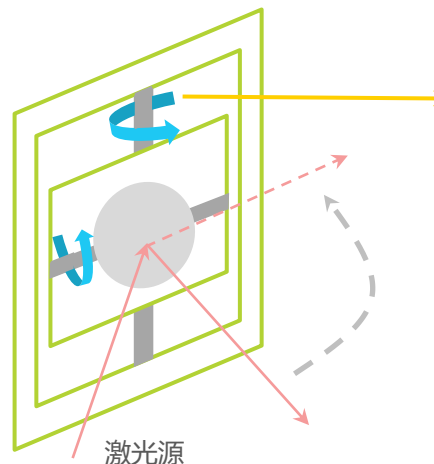
转镜扫描模块展示



电机嵌于反射镜之中，带动反射镜旋转将激光反射至不同角度

来源：Valeo官方网站。

MEMS振镜扫描模块展示



扭杆之间以一定谐波频率振荡对反射镜进行反向扭动，将激光光源反射至不同角度。而随着反射镜尺寸和质量的增加，谐振频率会降低并限制扫描速度，因此MEMS振镜难以同时实现大镜面尺寸、较大的偏转角度及较高的扫描频率

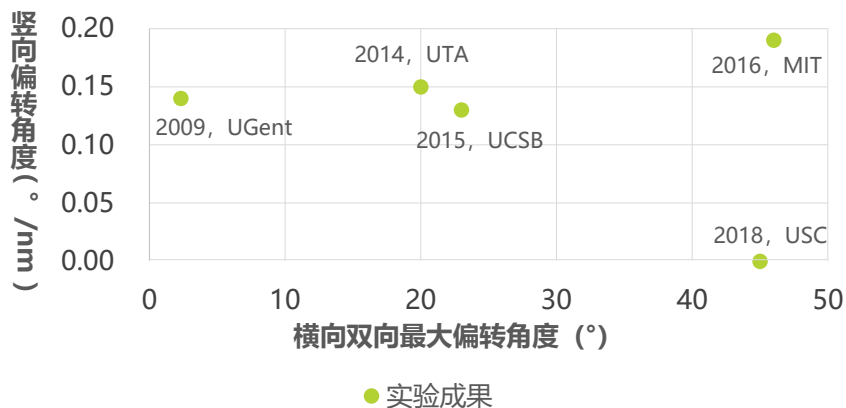
来源：艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

扫描技术发展现状 – 固态式

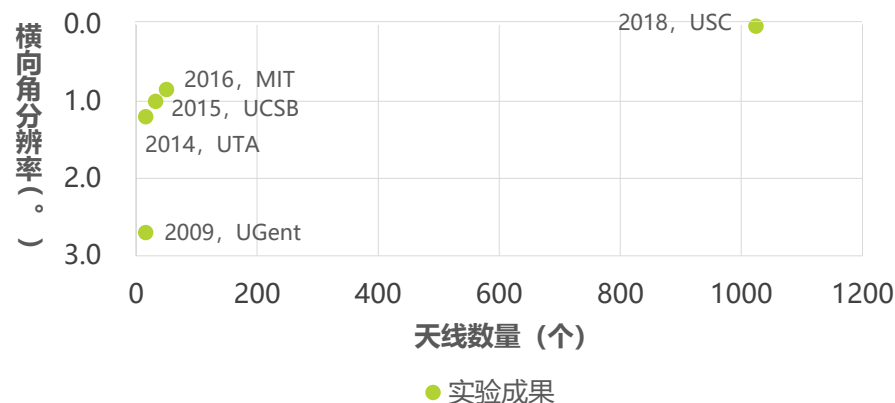
一维OPA扫描器仍需解决竖向偏转角度及商用成本问题

光学相控阵（OPA）扫描方式通常可以分为MEMS式、液晶式或硅光式，其中MEMS式由于含有运动部件因此不属于固态式扫描范畴，而液晶式的最大有效扫描角度通常在 $\pm 10^\circ$ ，转动时间通常为毫秒级，难以到达车载扫描要求，因此硅光式是较为可行的研发路径，通过下图中逐年实验室研发成果可看出，实验室阶段OPA扫描的横向偏转角度逐年保持较大进步，角分辨率则在2018年南加州大学的实验中实现突破，但此次实验中天线阵元数达到1024个，天线间距仅为 $2\mu\text{m}$ ，此类加工制造要求目前实现商用仍成本较高，同时大量的光学天线意味着校准过程需要花费大量的时间，对于后端算法的要求也进一步提高，因此距离商用仍有一定距离。虽然横向角度通过优化天线阵列设计持续有所突破，但对于多数一维OPA，调整竖向偏转角的方法主要依靠调整波长，目前最高效的波长偏转为 $0.3^\circ/\text{nm}$ ，大多数实验集中在 $0.15^\circ/\text{nm}$ ，实验进展相对缓慢。对于 $20\text{-}30^\circ$ 的竖向FOV要求，需要激光源的可调范围为 $100\text{-}200\text{nm}$ ，而具有此广域可调范围的激光器价格昂贵，同时对于车载环境也有所限制；目前广泛应用于光通信领域的iTLA具有 100nm 的可调范围，但其调整速度难以达到车载激光雷达的刷新率要求，因此一维OPA的竖向偏转角度仍是研究重点。而二维OPA随着偏转角度的增长需要天线数量指数级的增长（ N^2 ），现阶段从设计及成本角度均难以实现车规要求，相比一维OPA需要更长时间的实验发展。

2009 – 2019年全球实验室一维OPA扫描器可实现最大偏转角度及角分辨率（1550nm波长光源）



2009 – 2019年全球实验室一维OPA扫描器可实现最大偏转角度及角分辨率（1550nm波长光源）



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

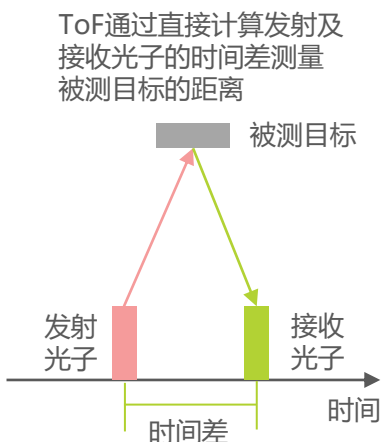
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

光学技术发展现状 – 探测方式

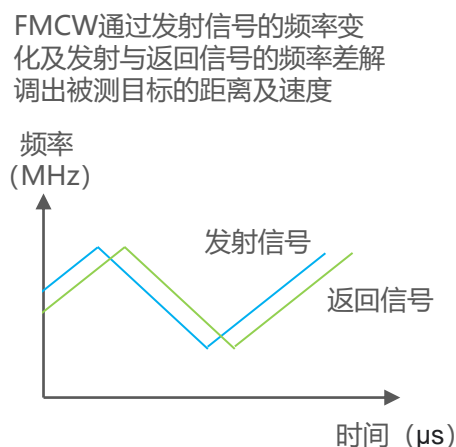
ToF成熟度高，FMCW仍需解决调频机制及商用成本等问题

激光雷达的物体探测方式主要分为飞行时间 (ToF) 及调频连续波 (FMCW) 两种方式，其中ToF的主要优点是技术成熟度高，直接根据光源发射及返回的时间差通过光速测量距离，在制造工艺上，除激光器外的主要部件均可采用硅基CMOS工艺，成本可快速下降；而FMCW主要问题是技术成熟度低，通过线性调制激光光频得到发射及返回信号的频率差，间接获得飞行时间反推出被测目标的距离及速度。目前FMCW主要面临调频机制未解决的问题，内调制方式的难点在于高调谐速率和窄线宽是一对无法同时满足的指标，提高其中一个指标即意味着另一指标的降低。外调制方式所用的电光调制器目前成本仍较高，同时FMCW探测方式对于后端的高速模数转换器 (ADC)、数字信号处理 (DSP) 等器件性能要求更高，进一步推高了目前的商用成本；可以看到对应FMCW的主要优点，ToF都有对应的解决方案，虽然并非完美的解决方案，但从商用性价比的角度目前ToF方式更为实用，而FMCW方式则需要进一步解决技术及商用成本上的问题。

ToF探测原理



FMCW探测原理



FMCW优势

抗干扰
(环境光及其他激光雷达光信号)

→ 编码方式解决，但有信噪比下降的缺点

直接测速
(径向速度)

→ 可通过算法进行估算，但准确率不及直接测量

与OPA扫描形式更匹配，可实现产品的高度集成
(ToF需要峰值功率过高，硅光芯片无法承受)

→ Flash雷达同样可达到高集成度，但测量距离受限

来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

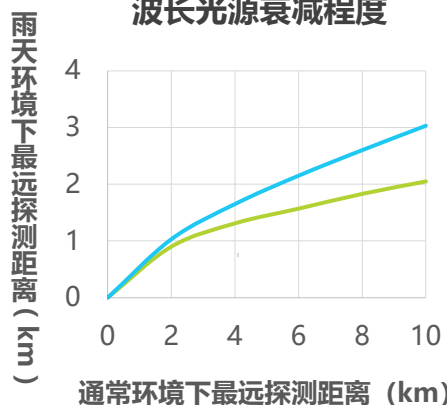
光学技术发展现状 – 激光光源

905nm在ToF下有成本优势，1550nm更适配FMCW

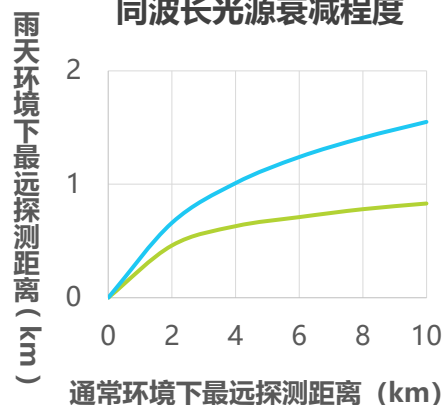
目前使用905纳米光源的激光雷达最大探测距离多数集中在150到200米之间（10%反射率），已接近人眼安全限制功率下的极限测试距离。而更远的探测距离则需要换成对人眼更安全的1550纳米光源，此波长下可以使用更大的光功率来实现更远的距离。然而1550纳米激光器使用的是价格较高的磷化铟（Inp）材料，此外还需要跟昂贵的砷镓砷（GaAs）探测器配对使用（硅材料无法探测到1550nm波长光），因此成本居高不下。相对的，905纳米激光器的优势则是接收端可以使用硅基探测器，而硅基CMOS工艺具有低成本及成熟工艺等优点。同时1550纳米在ToF方式下对于雨雾天气相比905纳米面临探测距离缩减更严重的问题，随着降雨量提升衰减程度相比905纳米更为严重，因此对于目前L2阶段905纳米激光器是性价比更高的选择。

而1550纳米波长更适用于FMCW模式的激光雷达，这是由于FMCW激光雷达中信噪比与传输的光子总数成正比，而非峰值功率，因此FMCW模式所需的光源功率可由ToF所需的100W降至100-150mW，从而降低1550纳米激光器的成本。同时通过右侧实验数据可看出，在模拟雾气环境下，FMCW的信噪比优于脉冲激光，并且随着调制频率的增加，信噪比还会继续升高，高信噪比意味着更好的探测性能，因此随着FMCW探测方式的成熟，1550纳米激光器与其搭配可以在较低成本下使激光雷达提供更高的探测性能及环境可靠性。

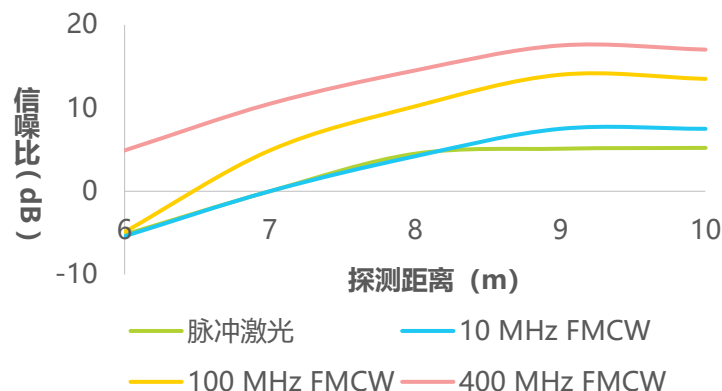
2mm/hrs降雨量不同
波长光源衰减程度



25mm/hrs降雨量不同
同波长光源衰减程度



气溶胶能见度40米环境下脉冲激光及不同起始调制频率FMCW激光信噪比



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

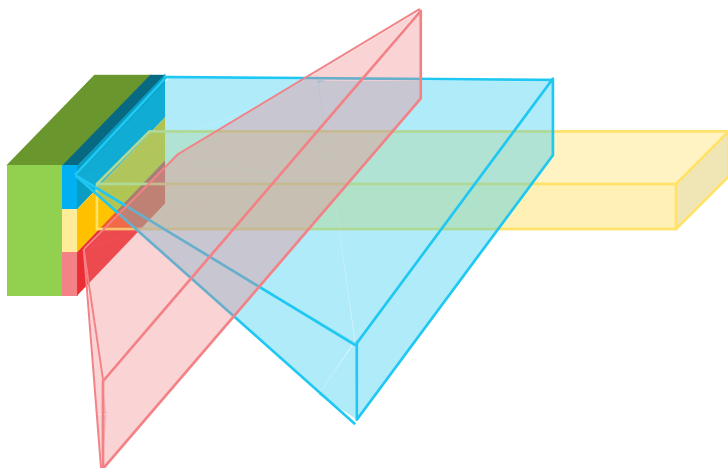
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

非扫描式激光雷达技术发展现状

收发模块同步发展帮助FLASH激光雷达提升探测距离

Flash激光雷达由于是面光源（MEMS等扫描方式为点光源），因此能量相比点光源较为发散，难以到达远距离探测。而其优点在于去除了扫描模块，因此探测距离、体积小型化等方面的发展上更直接受益于收发模块的技术发展，因此成为可最先实现集成化、小型化的激光雷达。影响Flash激光雷达性能的部件主要是发射模块的垂直腔面发射激光（VCSEL）及接收模块中的单光子雪崩二极管（SPAD）。VCSEL方面，目前随着多层结垂直腔面发射激光器（Multi-junction VCSEL）的发展改善了其相对于边缘发射激光器（EEL）能量转换效率低、亮度弱的缺点，商用VCSEL发射功率不断提升，同时具有广角光线发散度的VCSEL阵列可以在视场角及探测距离间进行动态调节，实现相同峰值功率下对车辆前方更远距离的探测。SPAD 方面，目前常规使用的商用产品在数万级别像素，作为对比车载摄像头已发展到800 万像素。而SPAD的发展目前同样沿着摩尔定律式的性能曲线移动，目前佳能已经开发出320万像素的 SPAD。SPAD 探测器效率的提高直接提高了激光雷达的探测范围和分辨率，随着SPAD的快速发展FLASH激光雷达有望率先成为商用于中距离探测的固态式激光雷达。

广角光线发散VCSEL阵列示例



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

2016 – 2021年SPAD像素分辨率

发展进度



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

光子集成工艺帮助固态激光雷达最终实现模块化生产

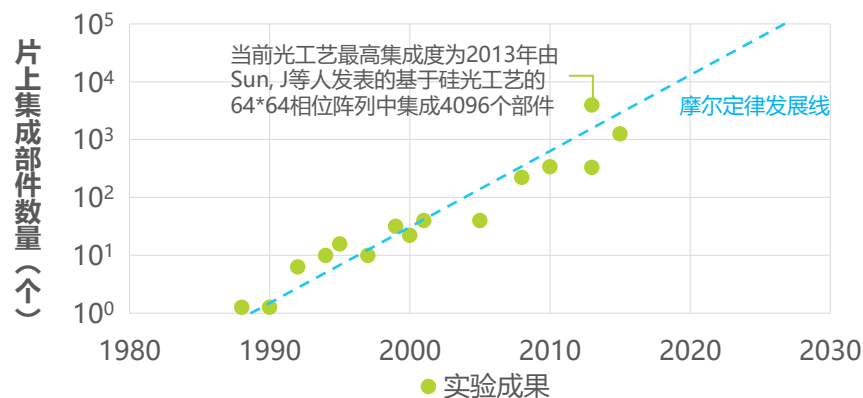
激光雷达中短期的壁垒在光学技术，而从长期看，性能的提升及成本的降低都仰赖于半导体及光子集成技术的发展。当行业内确定了激光雷达收发标准化方案后，光子集成工艺可以帮助激光雷达整体实现小型化、低成本化，最终形成与车载摄像头相似的镜头、芯片模块化生产组装工序。目前ADC、DSP等微电子器件发展成熟，芯片兼容性强，前端光学方案的变化对微电子器件芯片设计框架影响较小，因此可率先通过CMOS工艺实现成本及体积的降低。然而激光雷达整体体积及成本的降低仍需光子集成工艺对各光电器件进行集成。当前光集成工艺中主要分为磷化铟（Inp）单片集成及硅光集成工艺，硅光集成工艺的优势在于其属于CMOS兼容工艺，因此生产流程可直接在CMOS工厂进行，从而带来可控及快速规模化扩张的环境，同时由于硅基晶圆的生产尺寸显著大于Inp的晶圆尺寸，因此在高规模量产上更有优势；而Inp集成的优势在于可实现对激光器、调制器、放大器、探测器等部件的全面集成。光集成工艺同样遵循摩尔定律，且发展路径与微电子半导体工艺相似，通过对两者的发展关键节点对比可发现目前光集成工艺滞后微电子半导体集成工艺约25-30年时间，而当光子集成的热管理及光电高效集成等问题解决后有望持续带来指数级的进步。

微电子及光子集成工艺发展关键节点

关键节点	微电子	光子
发明关键部件（晶体管/半导体激光器）	1947	1969
半导体集成技术	1958	1987
通用型集成技术（MPWs）	1979	2008
致命缺陷密度 < 1 cm ⁻²	1987	2010

来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

1980 – 2030年光集成工艺发展进度



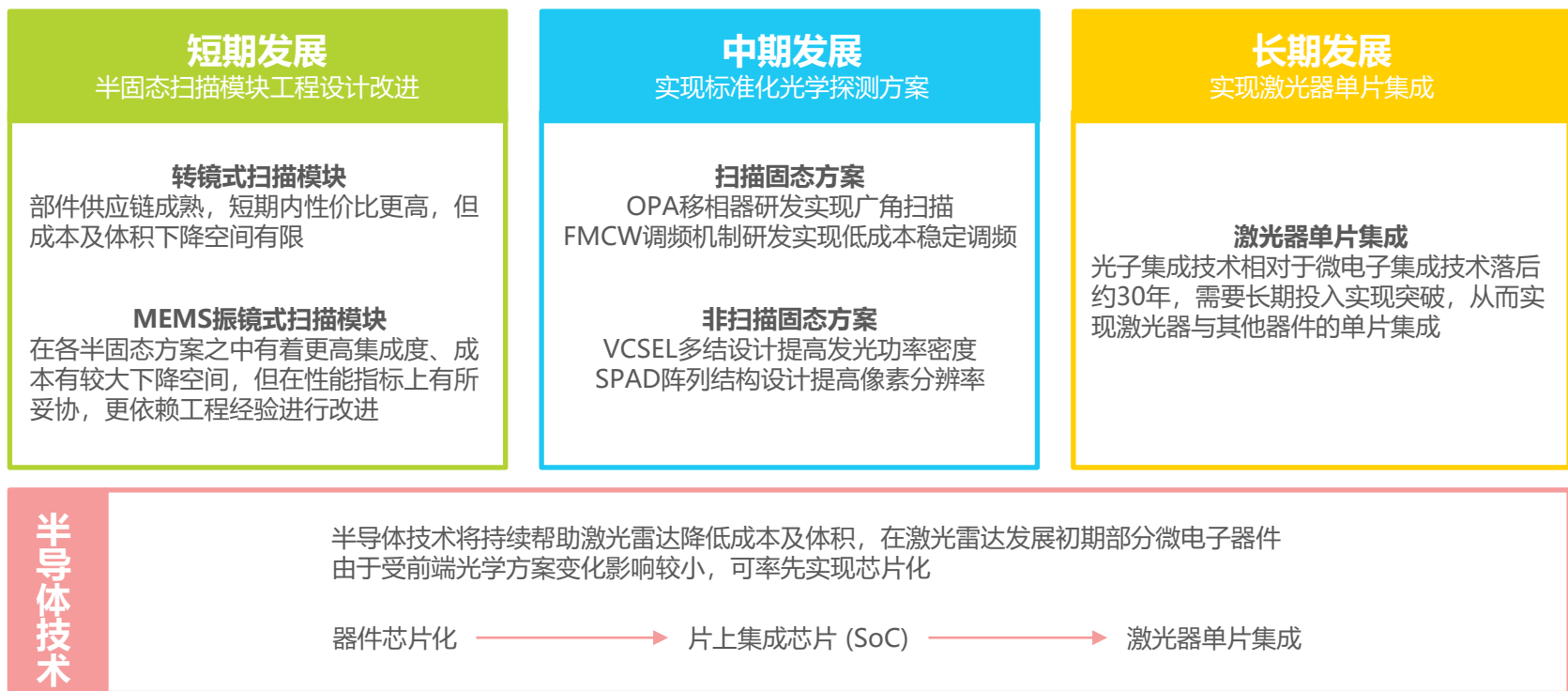
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

激光雷达技术发展总结

激光雷达将依次解决扫描、探测、集成技术的发展

半固态扫描模块已较为成熟，相关产品逐渐通过商用反馈进行工程改进。半固态激光雷达的商用可以帮助激光雷达厂商在早期积累车载使用经验，帮助后续固态激光雷达产品的设计做到与主机厂需求更好的契合。收发光学方案的发展则涉及基础学科知识的积累，需要大量实验组合确认可商业化方案。而半导体集成技术及光子集成技术可使激光雷达的成本快速降低，并实现激光雷达的模块化生产组装。

激光雷达技术发展总结



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

车载激光雷达应用发展背景

1

车载激光雷达技术发展现状

2

车载激光雷达商业发展现状

3

车载激光雷达产品发展趋势

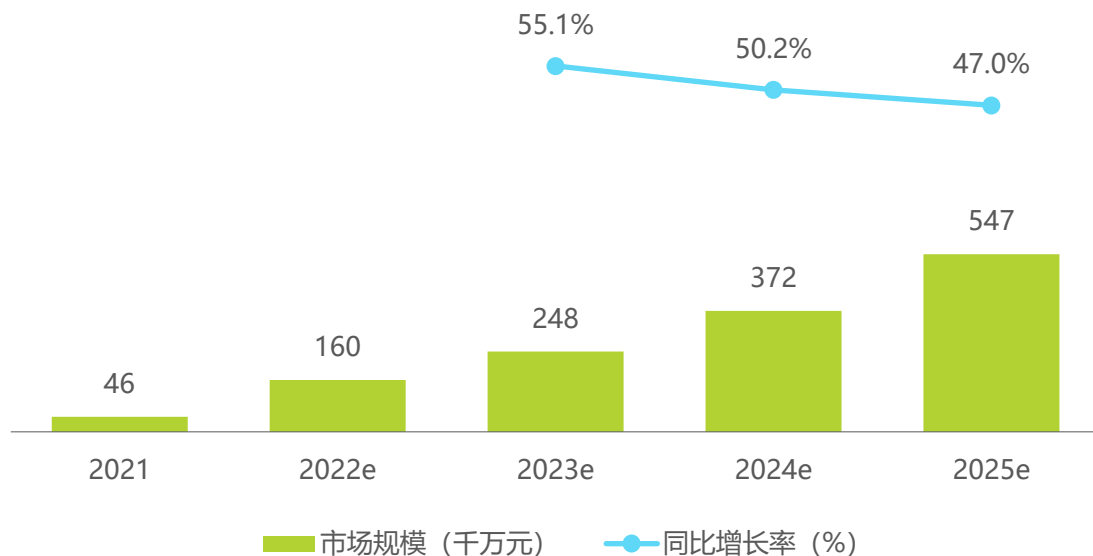
4

激光雷达市场规模

车载激光雷达市场受乘用车及Robotaxi需求推动持续增长

早期机械式激光雷达难以应用于乘用车上，半固态激光雷达仍处于车规验证中，因此上车进展缓慢。进入2022年，半固态激光雷达的成熟使其在乘用车市场逐渐爆发，随着主机厂对激光雷达功能开发的深入以及激光雷达成本的降低，激光雷达搭载车型数量将在短时间内保持较高增速；而Robotaxi也在政府及下游企业的共同推动下持续开城，测试及运营车队数量将保持稳定增长。车载激光雷达市场有望自2021年4.6亿元增长至2025年54.7亿元，实现85.8%的年复合增长率。

2021 – 2025年中国车载激光雷达市场规模



测算口径

- 应用于乘用车及Robotaxi/Robotruck的激光雷达硬件销售价格口径

测算逻辑

- (激光雷达乘用车销量*乘用车激光雷达单价*单车平均搭载激光雷达数量) + (Robotaxi/Robotruck测试及运营车辆*Robotaxi/Robotruck激光雷达单价*单车平均搭载激光雷达数量)

车载激光雷达产业链图谱

车载激光雷达产业链图谱



注释: 未包含行业内所有企业, 排名不分先后。
来源: 艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

激光雷达企业商业发展现状

产品选择方向多样化，通过上下游不同策略增强自身竞争力

目前车载激光雷达仍处于发展初期，不同厂商在产品方向上有不同的选择。产品设计生产上，对于半固态产品，部分企业选择自研或合作研发关键部件（如MEMS振镜），以此实现已落地商用产品的快速迭代升级，而采购方式虽难以保证与上游供应商的高效合作迭代，但可直接应用成熟零部件，更利于帮助产品在初期快速打入市场。对于固态产品，部分激光雷达厂商选择自研核心光学技术或收购上游企业以保证未来产品的技术领先性及后期产能。

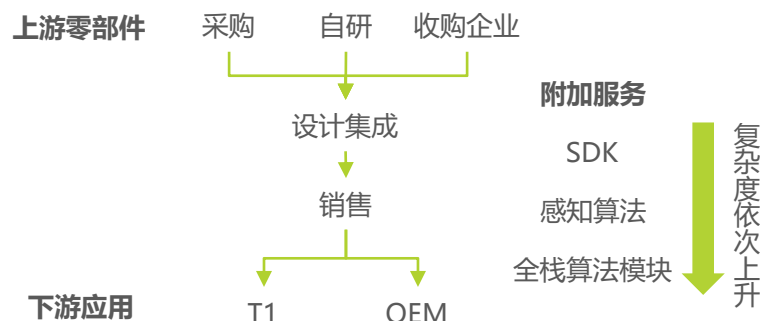
产品销售上，与传统汽车供应链等级森严的格局相比，目前新的汽车供应链中主机厂的参与度逐渐加深，供应链趋于扁平化，主机厂通过掌控部分自动驾驶核心技术来试图摆脱对Tier1供应商的完全依赖，由此为激光雷达企业带来了直接与主机厂合作的机会。与主机厂的直接合作方便快速形成符合其特定需求的标准化方案，从而更快实现激光雷达产品的集成化方案，然而由于各厂商仍在通过不同方案探索激光雷达的部署方案，因此符合特定主机厂的方案可能无法适用于其他车企的要求。另外，部分激光雷达企业希望通过提供软硬件结合的服务方式提升自身竞争力，从提供SDK到感知、决策、执行全栈算法模块，不同厂商依据自身实力选择不同的服务策略，而整体目标则是向Tier 1供应商靠拢，不仅是单纯的零部件供应商，而是为主机厂提供整套感知解决方案，降低后者的二次开发成本。从长期看，各车企之间自动驾驶能力的差异点在于决策算法而非感知环节，因此提供感知算法可增加自身产品对未计划或不具备自研感知算法主机厂的附加值。

全球各类车载激光雷达产品厂商数量

波长范围	8xx - 9xx nm		14xx - 15xx nm	
	扫描式	非扫描式 (Flash)	扫描式	非扫描式 (Flash)
ToF - 线性式 (APD探测器)	~50家 (2家*)	~5家 (2家*)	~5家 (1家*)	-
ToF - 光子计数式 (SPAD探测器)	~5家 (1家*)	~2家	~1家 (1家*)	-
FMCW	-	-	~10家 (2家*)	-

注：*号为主机厂/Tier 1供应商自有或收购激光雷达厂商数量。

车载激光雷达厂商商业模式



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

车载激光雷达全球产品现状

转镜及MEMS振镜产品性能已均可满足ADAS功能需求

在目前已商用的半固态激光雷达中，国内外厂商产品在性能上较为接近，且不同扫描方案产品在性能上已达到ADAS功能的感知要求。同时随着MEMS振镜技术的成熟，主机厂对MEMS方案的青睐度有所提升，上车品牌逐渐增多。目前国内激光雷达厂商的客户以对自动驾驶探索更为积极的国内新势力品牌为主，在主要依赖工程经验作为改进基础的半固态激光雷达上更具迭代优势，可通过与国内汽车品牌更高效的沟通反馈实现对产品的高效更新。

2021 – 2022年预计装车半固态激光雷达性能对比

厂商类别	厂商产品	扫描方式	光源(nm)	FOV	分辨率	帧率(Hz)	探测距离(m, 10%反射率)	装机厂商
国内厂商	速腾聚创 RS-LiDAR-M1	MEMS	905	120°*25°	0.2° * 0.2°	10-20	150	上汽、广汽、北汽、威马
	图达通 猎鹰	MEMS+转镜	1550	120°*25°	0.05° * 0.05°	10	250	蔚来
	览沃 HAP	转镜 (双棱镜)	905	120°*25°	0.16° * 0.2°	20	150	小鹏
	禾赛科技 AT128	转镜	905	120°*25.4°	0.1° * 0.2°	10	200	理想
国外厂商	Innoviz InnovizOne	MEMS	905	115°*25°	0.1° * 0.1°	5-20	-	宝马
	Valeo Scala 2	转镜	905	133°*10°	0.125° – 0.25° * 0.6°	25	150	奥迪、奔驰、本田
	Luminar Iris	转镜	1550	120°*30°	0.05° * 0.05°	30	250	上汽、沃尔沃

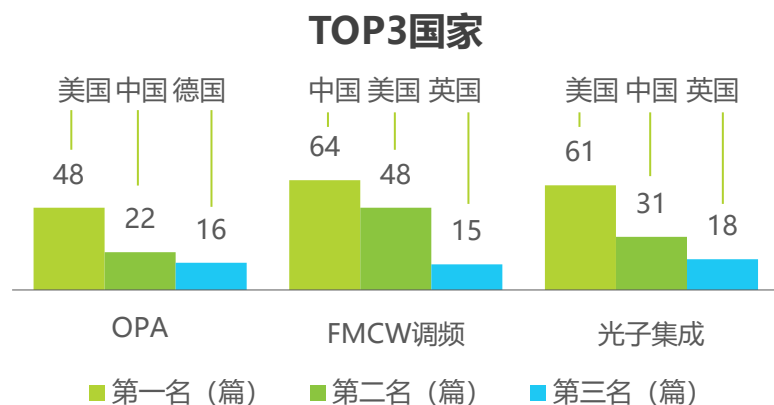
来源：各厂商官方网站。

车载激光雷达全球研发现状

国内研究水平处于前列，国外部分厂商更先一步走向集成化

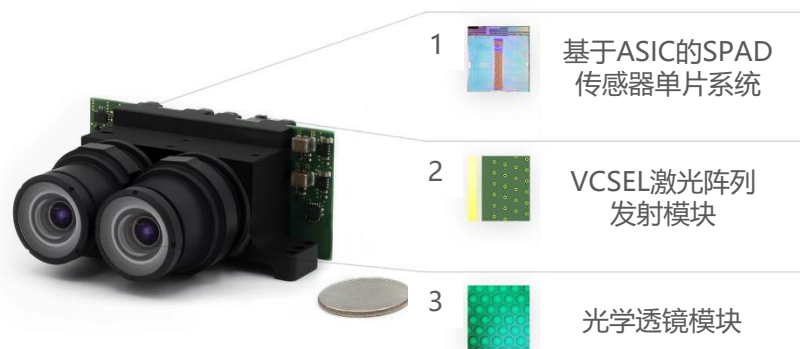
在部分前沿底层光学技术研发中，受益于底层物理等基础学科知识的积累优势，美国在多个领域均具有一定优势，而国内虽在部分领域有一定差距，但仍处于世界前列，在前沿技术发展上有较强的竞争实力。随着光学技术的成熟，激光雷达光学系统方案将逐渐标准化，芯片集成设计能力将成为激光雷达厂商的核心竞争壁垒。由于车载激光雷达目前统一的技术路线尚未确定，因此当前厂商在芯片制造上主要以基于FPGA的解决方案为主。FPGA适用于需要频繁修改和升级的系统架构，芯片可以随算法的开发而定制，以此响应汽车激光雷达系统不断演进的设计与性能要求。而基于ASIC的解决方案则更适用于永久性应用，使用ASIC芯片则意味着激光雷达厂商对于现阶段的产品系统设计已形成标准化方案，可以利用ASIC大批量量产的成本效益降低激光雷达产品成本。目前国外部分厂商已实现基于ASIC的激光雷达产品解决方案，在形成标准化方案上更为领先。如Ouster的Flash激光雷达将接收模块及主控模块集成至基于ASIC的单一SoC中，配合发射模块的激光器及VCSEL驱动芯片，实现了Flash激光雷达的模块化生产。未来随着OPA及FMCW等技术的成熟，芯片集成能力的差别将拉开不同激光雷达厂商的竞争能力。

各光学技术领域高引用论文数量



注释：高引用论文定义：截至 2021年11/12月，基于对应领域和出版年的高被引阈值，被引频次已进入物理学学术领域最优秀的 1% 之列的论文。
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

Ouster Flash激光雷达模块



来源：Ouster官方网站。

车载激光雷达应用发展背景

1

车载激光雷达技术发展现状

2

车载激光雷达商业发展现状

3

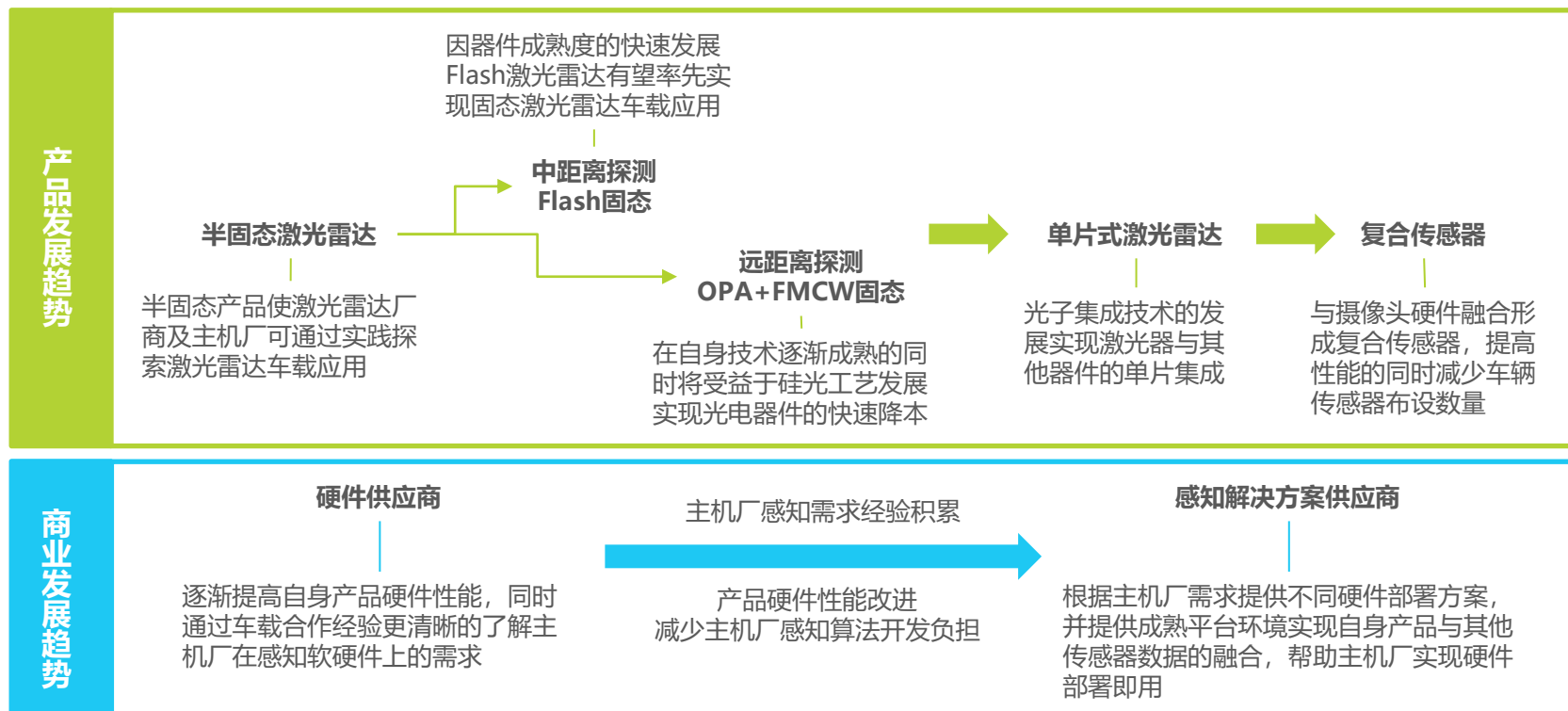
车载激光雷达产品发展趋势

4

车载激光雷达产品发展趋势总结

伴随硬件的发展成熟激光雷达厂商将提供更全面的感知服务

激光雷达作为近年来首次应用于乘用车的传感器给予了各初创厂商与传统供应商同台竞技的机会，各厂商的发展将同时伴随产品技术的提升及自身车载经验的积累。激光雷达厂商早期将通过半固态产品的车载应用与主机厂共同探索激光雷达在乘用车上的部署及应用方式，而随着固态产品技术的成熟，激光雷达将受到更多主机厂的接纳，各激光雷达厂商随着车载商用经验的积累也不仅限于提供硬件产品，而是通过提供软硬件结合的服务方式提升自身竞争力，帮助主机厂实现感知模块的快速应用。



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

车载激光雷达产品未来形态

多传感器硬件融合打造低成本高性能复合传感器

随着激光雷达芯片集成化的发展，其可与摄像头共用同一光学镜头组合实现主动光+被动光复合感知，以此减少车载传感器部设数量及部设成本。目前英特尔已发布一款针对仓储和物流、工业机器人和室内 3D 扫描应用的光学雷达摄像头 L515，其将基于MEMS振镜扫描的860纳米波长激光雷达与摄像头组合到单一模块中，提供最远9米的探测范围。虽然目前满足自动驾驶感知需求的激光雷达器件尚难以实现高度集成，但随着车载激光雷达光学系统设计的研究成熟推动产品设计的标准化，遵循摩尔定律的集成技术将快速帮助车载激光雷达实现小型化集成，以此打造低成本高性能的复合传感器。

激光雷达与摄像头芯片集成

单片集成将实现激光雷达与摄像头的硬件融合



现阶段车载激光雷达内部示例（转镜式）

适用于室内3D扫描的英特尔光学雷达摄像头L515产品拆解示例

艾瑞定制化解决方案



品类拓展

多种方式帮助企业圈定未来业务中可拓展的高潜能产品品类，挖掘产品机会点，触达目标人群，实现品类拓展和业绩增长。



产品创新

为企业在产品机会点挖掘和产品创新可行性验证上提供数据分析，并通过可行性验证为企业新产品创新。



品牌定位与追踪

助力企业建立全新子品牌或品牌升级/再定位，并以品牌为抓手实现业务增长。并对企业品牌进行长期监测，提出品牌建设及运营建议。



TMIC isv服务

依托TMIC阿里天猫创新中心的isv认证以其数据资源和艾瑞的专家资源，为品牌的新品创新全流程提供服务。包括寻找新品机会方向、产品创意、新品概念测试优化与上市市场模拟。



人群洞察

为企业提供360度全景用户画像，亦可通过定制化研究分析用户的购买动机、场景、需求等U&A和人群细分研究，助力企业理解用户。



CEM-客户体验

顾客体验管理系统开发与洞察。通过多元数据（大小数据结合）为企业定制顾客体验管理体系与系统开发，定期监测顾客体验的变化并提供顾客体验优化洞察。



社群洞察运营

依托大数据源（如TMIC等）搭建真实的品牌目标人群社群。持续运营公有社群为特定品牌提供快速真实的调研洞察服务，也可为品牌提供私有社群搭建和持续运营洞察服务。



营销策略及效果

覆盖广告投放前中后全链路，为企业提供投前策略分析、投中KPI监测及投后效果分析。为企业持续提高广告投放ROI、降低获客成本及提升品牌资产提供数据依据。

关于艾瑞




艾瑞咨询是中国新经济与产业数字化洞察研究咨询服务领域的领导品牌，为客户提供专业的行业分析、数据洞察、市场研究、战略咨询及数字化解决方案，助力客户提升认知水平、盈利能力和综合竞争力。

自2002年成立至今，累计发布超过3000份行业研究报告，在互联网、新经济领域的研究覆盖能力处于行业领先水平。

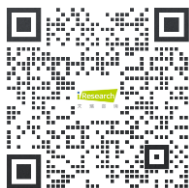
如今，艾瑞咨询一直致力于通过科技与数据手段，并结合外部数据、客户反馈数据、内部运营数据等全域数据的收集与分析，提升客户的商业决策效率。并通过系统的数字产业、产业数据化研究及全面的供应商选择，帮助客户制定数字化战略以及落地数字化解决方案，提升客户运营效率。

未来，艾瑞咨询将持续深耕商业决策服务领域，致力于成为解决商业决策问题的顶级服务机构。

联系我们 Contact Us

 400 - 026 - 2099

 ask@iresearch.com.cn



企 业 微 信



微 信 公 众 号

法律声明

版权声明

本报告为艾瑞咨询制作，其版权归属艾瑞咨询，没有经过艾瑞咨询的书面许可，任何组织和个人不得以任何形式复制、传播或输出中华人民共和国境外。任何未经授权使用本报告的相关商业行为都将违反《中华人民共和国著作权法》和其他法律法规以及有关国际公约的规定。

免责条款

本报告中行业数据及相关市场预测主要为公司研究员采用桌面研究、行业访谈、市场调查及其他研究方法，部分文字和数据采集于公开信息，并且结合艾瑞监测产品数据，通过艾瑞统计预测模型估算获得；企业数据主要为访谈获得，艾瑞咨询对该等信息的准确性、完整性或可靠性作尽最大努力的追求，但不作任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的观点均不构成任何建议。

本报告中发布的调研数据采用样本调研方法，其数据结果受到样本的影响。由于调研方法及样本的限制，调查资料收集范围的限制，该数据仅代表调研时间和人群的基本状况，仅服务于当前的调研目的，为市场和客户提供基本参考。受研究方法和数据获取资源的限制，本报告只提供给用户作为市场参考资料，本公司对该报告的数据和观点不承担法律责任。

为商业决策赋能

EMPOWER BUSINESS DECISIONS



艾 瑞 咨 询