



百年汽车产业迎来史诗级机遇

作为互联网浪潮下划时代的产物，智能汽车的架构变革遵循着“机械定义-硬件定义-软硬件共同定义-软件生态定义”这一路径。而在此变革下，“智能座舱+自动驾驶”作为智能化“硬核”驱动着汽车的产品定位从出行工具向“移动第三空间”延展；汽车产业链的价值也将呈现“总量上升，重心后移”趋势；而传统供应链格局也将被打破，并驱动其从原先的垂直结构向扁平化网状模式发展，主机厂的角色将从制造商向服务商实现转型。

智能座舱：始于互联网，进击元宇宙

智能座舱革命，将遵循“配置升维+架构交融”的横纵法则，以“创新-迭代-颠覆”的链条演化，最终实现在元宇宙中的进击。其中，配置的颠覆：即，对内革新了座舱配置，并以“液晶仪表+中控屏+HUD+氛围灯+座椅+声学系统”为组合，实现了车内场景化+多模态交互；对外则以“网联化”为主轴，搭配了T-BOX等网联设备，以贯通各AIoT间的互联；架构的迭代：硬件架构：座舱芯片的具体表现将向“智能+网联”两大关键转变，其中高通优势明显；域控制器作为硬件架构的底层支撑，其工程化能力、硬件适配能力、底层软件能力愈发重要；软件架构：智能座舱的终极奥义在于“生态级”的对垒，而操作系统、算法、HMI是其竞争力体现的关键。其中，底层OS需具备“开放性、安全性”特征；座舱算法也将更聚焦于为用户提供多模态的交互方式；HMI则提供了人机交互差异化体验；生态的创新：在基于“配置革新+架构迭代”下，座舱的生态边界或向“第三空间”转移，以最终实现元宇宙的承载。

自动驾驶：决战量产元年，“感知-决策-执行”的解构

自动驾驶的实现，为汽车配备了“隐形司机”，并联动座舱使之成为真正意义上的“移动第三空间”。通过对其技术的解构，可分为三个环节：感知层、决策层和执行层。其中，感知层：传感器是其中核心组成，而由其获取的数据是自动驾驶的“认知起点”，我们通过拆解“感知-融合”两条路径中的关键部件得出以下结论：摄像头：其定位将向“专攻图像采集”转变，或将迎来“量价提升”的黄金时期；激光雷达：产业或迎来放量元年，OEM厂商混战下产业链投资机会确定；高精度地图：商业化拐点来临，产业格局或将重塑；决策层：硬件架构：自驾芯片、域控制器产业的景气度井喷，但针对车型/价格规划的不同呈现差异化竞争；软件架构：区别于座舱的定位，自驾域更注重于功能迭代，因此其底层OS需具备“安全性、低延时”特点；算法也将转变为以数据驱动的“功能算法”；执行层：则进阶为以主动控制技术为主导的线控技术。

投资建议：智能汽车是继智能手机后又一划时代的颠覆，但其所带来的规模性影响以及市场增量都将远超手机。在“新四化”背景下，EE架构的升级将驱动产业的价值重心从硬件向软件转移，行业的游戏规则也将重新定义，无论是传统的Tier1、Tier2，亦或是新兴的Tier0.5都将迎来史诗级的机遇。我们再次重申，智能汽车产业的巨变已启动，其所孕育的投资机会将会比10年前智能手机产业链更加惊人。根据“新兴域”划分的不同，我们重点推荐三条主线：座舱域革新：重点推荐**中科创达、光庭信息、华阳集团**；自驾域升维：重点推荐**四维图新、东软集团**，以及智能化后市场**道通科技**；元器件增量：重点推荐**韦尔股份、北京君正、联创电子、炬光科技**。

风险提示：市场风险、原材料涨价风险、政策风险、技术风险、芯片供应链风险。

推荐

维持评级

分析师：蒋领

执业证号：S0100521110002

电话：021-80508288

邮箱：jiangling@mszq.com

分析师：胡又文

执业证号：S0100521080002

邮箱：huyouwen@mszq.com

分析师：吕伟

执业证号：S0100521110003

电话：021-80508288

邮箱：lvwei_yj@mszq.com

分析师：邵将

执业证号：S0100521100005

邮箱：shaojiang@mszq.com

分析师：邓永康

执业证号：S0100521100006

电话：021-60876734

邮箱：dengyongkang@mszq.com

分析师：方竟

执业证号：S0100521120004

电话：15618995441

邮箱：fangjing@mszq.com

分析师：马天诣

执业证号：S0100521100003

电话：021-80508466

邮箱：matianyi@mszq.com

相关研究

- 1.汽车革命系列报告之一：电动智能黄金十年已来，供应链升级重构长牛开启
- 2.数字经济 2022 年投资策略：数字经济扛大旗，蓬门今始为君开
- 3.汽车革命系列报告之二：星辰大海方起航，拥抱电动大时代
- 4.数据库深度报告：行业信创最具弹性的是数据库
- 5.【民生计算机】智慧矿山行业点评：智慧矿山空间有多大？

目录

1 百年汽车产业的重塑	3
1.1 透视分层结构下的主机厂困境	3
1.2 架构迭代：“从硬到软”的重塑	7
1.3 智能化：汽车“价值”的胜负手	14
2 智能座舱：始于互联网，进击元宇宙	18
2.1 重新定义：始于互联网，进击元宇宙	18
2.2 横向：配置的升维，功能性的横向延展	20
2.3 纵向：架构的革新，生态级的纵向优化	28
3 决战自动驾驶元年：“感知-决策-执行”的解构	44
3.1 自动驾驶：第三空间下的“隐形司机”	44
3.2 感知层：自动驾驶之眼	45
3.3 决策层：算力取代马力，构造智能汽车“基础脑”	75
3.4 执行层：绝对服从的最后一环	93
4 投资建议	95
4.1 四维图新：地图数据“国家队”，迎接公司历史性大拐点	97
4.2 中科创达：全球领先的智能座舱软件解决方案提供商	99
4.3 道通科技：汽车后市场的全球智能诊断领导者	101
4.4 光庭信息：智能汽车软件服务商迎风启航	103
4.5 东软集团：汽车+医疗双轮驱动，或将迎来发展良机	104
4.6 华阳集团：卡位汽车电子，自主 HUD 龙头迎来发展	105
4.7 韦尔股份：汽车半导体的星辰大海	106
4.8 北京君正：汽车智能化核心受益标的，汽车电子+AIoT 双向布局	107
4.9 联创电子：自动驾驶黄金赛道，领先光学厂商腾飞	108
4.10 炬光科技：稀缺半导体激光器厂商，激光雷达星辰大海	109
5 风险提示	110
插图目录	114
表格目录	116

1 百年汽车产业的重塑

汽车产业历经百年沉淀，已跨越“机械定义-硬件定义”的鸿沟，而在技术迭代下的“新四化”浪潮正推动其进入“软硬件共同定义”的智能化时代。作为继智能手机后，移动互联网浪潮下又一划时代的产物，智能汽车是人工智能、软件、半导体、汽车、新能源、通信等诸多行业集聚半个多世纪成果的“核聚变”，是下一个十年最大的科技浪潮，而在此过程中，无论是产业格局还是其价值链都将迎来史诗级的变革，同时其所孕育的投资机会也将会比10年前智能手机产业链更加惊人。

1.1 透视分层结构下的主机厂困境

纵观汽车架构的发展，僵化的分布式构造使得产业链逐渐固化，并形成以 Tier1 为核心的链式结构，而其对主机厂的自主变革形成掣肘，局限性也逐渐凸显。当前传统主机厂仍面临着较多困境，唯有乘“新四化”东风“软化”自身，以打破传统产业链，并将其重塑为以主机厂为中心的多维网状结构，才有机会占据产业链变革中的价值制高点。

汽车发明之初，多由小型工坊自行制造、拼装而成，其仅具备必要的电气组件，直至福特汽车发动“流程革命”才使得规模化生产变为可能。此时，汽车产业尚处于“机械定义”阶段，即，其仍为各类元件拼装而成的机械产品，仅能凭借机械动力性能满足用户最基本的代步需求，无其他“附加”功能。而在该阶段下，主机厂通常凭借自身在机械设计、动力设备或生产工艺方面的积累独立生产，以形成独特的“产品竞争力”。

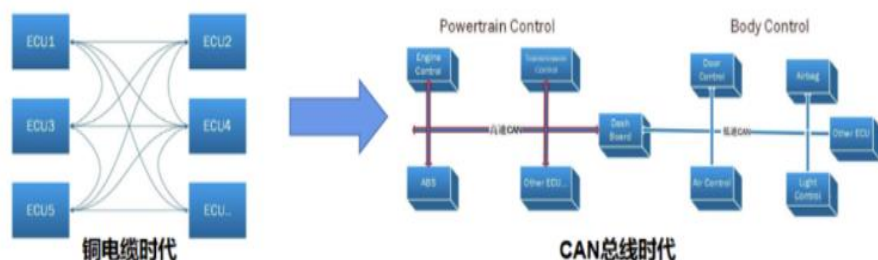
图 1：传统汽车与智能电动汽车对比



资料来源：亿欧智库，民生证券研究院

通信技术革命是驱动汽车从“机械定义时代”跨向“硬件定义时代”的底层支撑，消费者需求的井喷则从上层拉动产业实现跨代。在“机械定义时代”，汽车仅具备车灯等最为基础的电气设备，直至车载收音机作为第一款电子零部件装配至汽车，其才由简单的“机械产品”迭代为“机械-电子产品”。但随着媒体设备、排放电子模块等功能性模块的增加，ECU、传感器等电子元件的数量急剧增加，硬件成为汽车架构中最主要的部分。在此背景下，受制于单点通信方式的局限性，布线系统为实现各硬件间的信息传输，只能选择被动性的叠加，从而导致了装配成本过高、总重量超重等问题。为了解决这一矛盾，车载总线技术诞生，推出了CAN/LIN/Flex Ray/MOST 等多种标准的总线链路，并允许相关硬件在同一总线链路下，实现数据以及功能的共享与传输，从而有效降解了原有布线系统的复杂性，提升了数据的传输效率。至此，汽车进入“硬件定义时代”。

图 2：车载通信方式从单点传输到总线链路传输



资料来源：搜狐汽车研究室，民生证券研究院

总线技术虽然从物理层面优化了汽车硬件配置的布局，但其仍存在明显的局限性，即，ECU 数量的叠加导致支线链路复杂性不断提升，总线将不堪重负，从而引发车辆出现信息传输等多方面的故障。同时，软硬件的高度耦合使得主机厂无法自主进行软件迭代，Tier1 供应商成为产业链中的核心角色。在“硬件定义时代”，主机厂受制于其自身研发能力的薄弱，同时考虑到包揽所有开发工作所带来的成本耗费，更多选择依赖于具备较强研发能力的 ECU 供应商。但在分布式架构下，由于一个 ECU 对应一个功能，且往往带有嵌入式的软件系统，这就导致了在此阶段，汽车软硬件之间呈现高度的耦合。而相较于产品内在的变化，我们更需关注，在此架构背后所映射的产业链议价权的改变，是供应商话语权的加速提升，主机厂只能被动局限于零部件的整合工作。在此阶段，**主机厂不再是产业链中的唯一核心，而是由各级供应商和主机厂共同组成了完整的产业链，形成了“主机厂-Tier1-Tier2/ Tier3”合作模式，而强耦合的软硬件将产业链上的各角色逐渐固化，使得主机厂无法自主地进行产品迭代。**

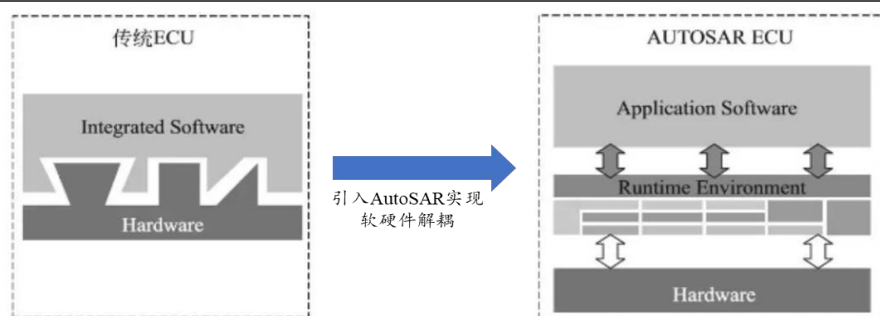
图 3：传统汽车产业供应链



资料来源：汽车电子网，民生证券研究院绘制

AutoSAR 的出现，虽然初步实现了软硬件的解耦，但未从根本上对产业链产生“革命性”的影响。在传统分布式架构下，各层级的供应商将不同的零配件提供给 Tier1 进行装配生产，并由其向主机厂直接提供成品，但由于上游零部件和其自身技术路线不同，各 Tier1 的 ECU 产品接口及底层软件均有差异，导致汽车底层软件重复的问题凸显，资源利用率较低。在此背景下，AutoSAR 的成立，使不同结构的 ECU 软硬件接口实现了统一，并驱动了应用层与软硬件层实现初步解耦，以增加应用软件的可扩展性、可移植性和复用率，主机厂也因此获得一定程度的“解放”。但基于传统分布式架构所产生的 AutoSAR 具有局限性，各厂商对 AutoSAR 规范理解的不一导致软件模块复用率的提升不显著，鲜明的“硬件定义”特征并未从根本上改变主机厂在产业链中作为“零部件整合商”的弱势地位。同时，AutoSAR 开发软件及其工具链的高额价格也间接给主机厂带来成本负担。

图 4：AutoSAR 实现软硬件解耦



资料来源：《AUTOSAR 规范与车用控制器软件开发》，民生证券研究院

历经百年发展，高度固化的传统汽车产业链并未因总线技术或 AutoSAR 规范等技术性的维新而发生革命性变化，**Tier1 供应商仍旧作为定义功能的角色掌握产业链制高点，传统主机厂仍面临诸多困境：**

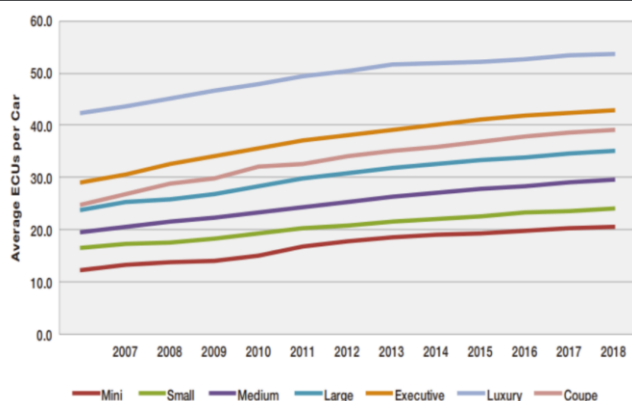
成本困境：在渐进式而非变革式的技术升级及需求升级下，传统主机厂采用分布式架构是历史情境下的最优解，但随着消费者对于汽车功能需求的升维，分布式架构使主机厂陷入多方面的成本困境中：为丰富汽车的功能，主机厂只能不断堆砌供应商提供的 ECU 以满足迭代需求，但 ECU 的叠加使得主机厂也面临着高昂的硬件成本与供应链管理压力。根据 Strategy Analytics 的数据，各级别汽车装配的 ECU 数量均保持着高增趋势。目前平均每辆汽车约采用 25 个 ECU，但部分高端型号已有超过 100 个具备不同功能的 ECU（1993-2010 年，奥迪 A8 车型上搭载的 ECU 数量已由原先的 5 个骤增至 100 余个）。

传统的 ECU 除实现具体功能的应用软件外，仍存在众多底层软件来保障 ECU 的正常运行，但不同供应商的 ECU，其底层软件的重复性较高，且无法实现跨模块的使用，这也使得主机厂为适配不同零部件，需要在 CAN 收发、电源管理等底层软件上承担大量的“重复”开发费用。根据产业链调研，分布式架构下主机厂需面临约 30%-40% 的重复开发工作，同时复用率较低的软件也抬升了主机厂的后期维护升级成本。

此外，ECU 数量的增加使数据传输所需的线束长度与成本也随之增加，为主机厂带来成本与重量的双重压力。总线技术仅能优化 ECU 干线线束部分，繁复的支线链路仍旧是沉重负担。根据佐思汽研的测算，如果沿用目前的分布式架构，自动驾驶汽车的线束成本将不会低于 1000 美元，而其重量可达 100 公斤（特斯拉全新的布线架构已将 Model Y 的线束长度降低至 100 米，总重量也仅约 1 公斤）。

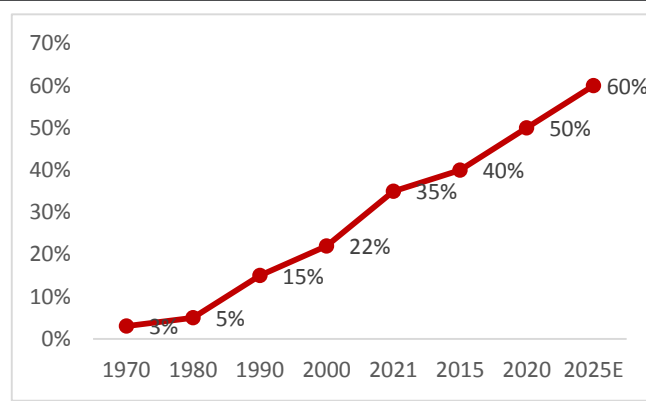
分布式架构下的主机厂在软硬件及通信链路方面所面临的成本逐年提升。根据赛迪顾问的数据，乘用车汽车电子成本占比由 1970 年的 3% 提升至 2020 年的 50%，主机厂的利润空间被 Tier1 供应商严重挤压，主机厂只得进一步压缩费用，从而陷入“低利润-降低研发投入-对供应商依赖度加深-利润空间被进一步挤占”的负循环环境中。

图 5：不同级别汽车 ECU 数量变化趋势



资料来源：Strategy Analytics，民生证券研究院

图 6：1970-2025 年乘用车汽车电子成本占比持续提升

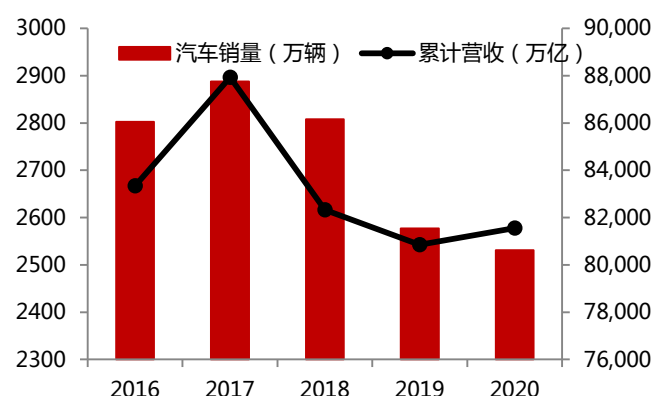


资料来源：赛迪顾问，民生证券研究院

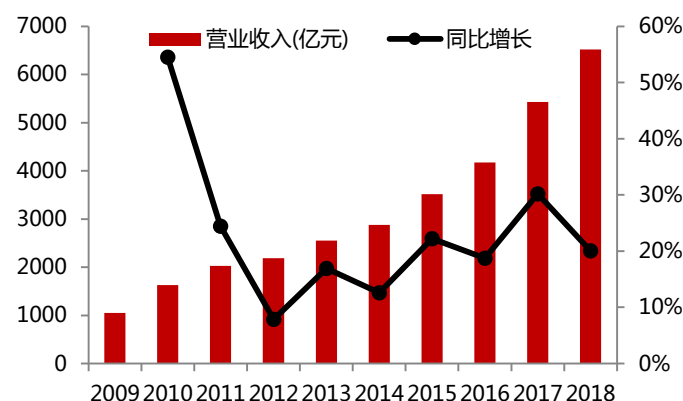
迭代困境：“硬件定义时代”下的 Tier1 作为定义功能的角色掌控着产业链的制高点，而主机厂仅关注功能模块的性能指标和参数，却忽视了产品的系统逻辑及软件架构，从而导致自研能力缺失，被 Tier1 供应商所“捆绑”。传统的线性供应链中，主机厂仅需从不同的 Tier1 供应商中采购完整的功能模块并进行整合适配即可，而“偏硬”的生产特点使其对软件的关注度不断降低，自研能力也逐渐丧失。同时，功能模块软硬件的高度耦合及封闭性也促使主机厂丧失迭代主权：分布式架构下车载软件的更新基本与汽车的生命周期同步，主机厂仅能在维护/召回阶段，实现其功能软件的更新/升级，因此主机厂更多地选择缩短新品开发周期以实现产品迭代而非单一的功能迭代。虽然 AutoSAR 的出现，提高了底层软件的复用程度以降低主机厂自主进行功能迭代的难度，但主流博世、大陆等 Tier1 在 AutoSAR 的规范和底层软件仍互不兼容，主机厂无法完全地、自主地排列组合底层代码以实现功能的快速迭代。

盈利困境：传统主机厂盈利模式单一，仅靠降本增效难以熨平营收的周期性波动。传统汽车制造业属于周期性行业，行业景气度与宏观经济的波动周期存在明显的正相关性，传统车企价值的实现方式为一锤子式的硬件销售，其收入=汽车销量*单车收入，产品售出后主机厂难以再通过其他方式获利。当前汽车产业正在经历

“硬件商品化”过程，一些传统机械零件正加速商品化和白标化，即，硬件所能实现的差异性越来越小，硬件销售的利润越来越薄。根据中国汽车工业协会的数据，2016-2020年，国内汽车制造业累计营收由8.33万亿元降至8.16万亿元，CAGR为-0.54%。同时，传统主机厂在价值链中较低的议价能力使其在行业扩张期的表现也次于上游供应商。根据德勤咨询，在2009-2018年中国汽车行业发展的黄金时期，零部件供应商十年的营收复合增长率为17.9%，高于下游主机厂的14.2%，致使传统产业链下的主机厂亟需全新的盈利增长点。

图7：近5年中国汽车销量（左）及行业累计营收（右）


资料来源：中国汽车工业协会，民生证券研究院

图8：2009-2018 中国汽车零部件总营收


资料来源：德勤咨询，民生证券研究院

1.2 架构迭代：“从硬到软”的重塑

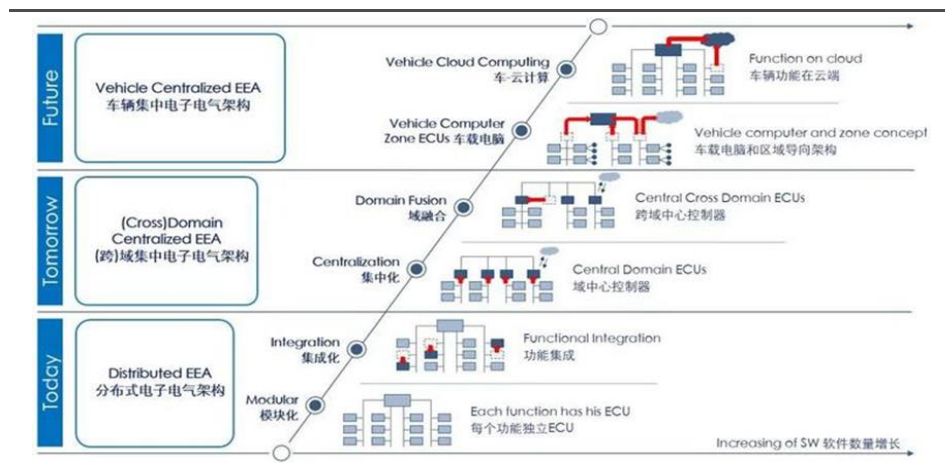
1.2.1 智能汽车的架构进阶

智能网联化引领行业变革，EE架构将向集中式推进，“软硬件共同定义时代”全面来临。在“新四化”背景下，以特斯拉为首的新势力率先启动变革，并将倒逼传统主机厂进行架构革新。根据博世提出的“分布式-（跨）域集中-中央计算平台架构”的演进构想，汽车架构将由传统的分布式架构向模块化、集成化的域集中式架构开始演变。即，将大量相同功能的ECU进行整合，并交由域控制器进行统一的管理调度，使开发人员能完全独立于底层硬件，进行上层软件的开发，以实现软硬件解耦范围的进一步扩大，以及内在数据的集中交互和决策处理。此时，AutoSAR也随之升级为Adaptive AutoSAR，以适应新的智能化集中式EE架构。具体来看，EE架构将分别从硬件、软件、通信三方面进行架构的升级，并向“集中、精简、可拓展”的方向实现转变。

硬件架构：从“分布式-（跨）域集中-中央计算平台架构”演化。在分布式架构下，ECU基于微控制器（MCU）和嵌入式软件工作，传感器和MCU相互对应，单个ECU仅能对汽车的局部功能进行控制，各控制模块之间算力隔离，运算资源复用性低，因此在面对智能座舱域、自动驾驶域所延伸出的进阶功能的变化时，往往“牵一发而动全身”，使得汽车的开发周期被迫延长，开发成本呈现剧增。但随着其架构向集中化开始演变，ECU数量被大幅精简，并新增域控制器，将相似功

能的 ECU 交由对应的域控制器进行统一管理及调度，以形成域集中式架构，或者直接集成为中央计算平台架构，并通过整车物理区域划分的区控制器配合中央计算平台进行统一的控制管理，以增强各执行单元的协同度。

图 9：汽车电子 EE 架构：分布式向集中式演化

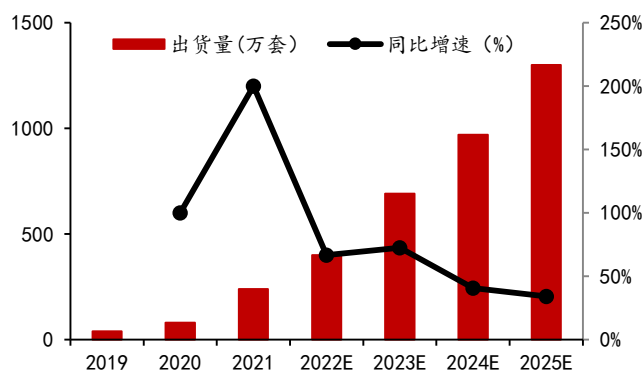


资料来源：博世，民生证券研究院

随着架构的发展，原有的硬件配置格局将被打破，域控制器成为主要的计算与调度单元。根据博世的划分，将整车主要分为动力总成域、底盘域、车身域、智能座舱域和自动驾驶域这 5 大功能域。其中，动力总成域、底盘域、车身域是针对汽车传统功能的集成，因此主要为控制指令与通信计算的需求；而智能座舱域则集成了全液晶仪表盘、抬头显示仪、中控屏幕及后座娱乐系统等功能，通过融合及处理“语音、视觉”等感知数据，赋予车辆智能互动、实时监控等能力，但由于其在运行过程中不仅需要实现汽车应用的多任务并发，同时也要负责“网联化”的传输，因此芯片算力、联网能力的支撑相对重要；自动驾驶域作为智能化趋势下产生的新兴域，其负责了车辆在自动驾驶过程中大量传感器融合数据的处理任务，而车辆对于安全性、实时性的要求极高，因此需要实现算力与算法的“极致化”。

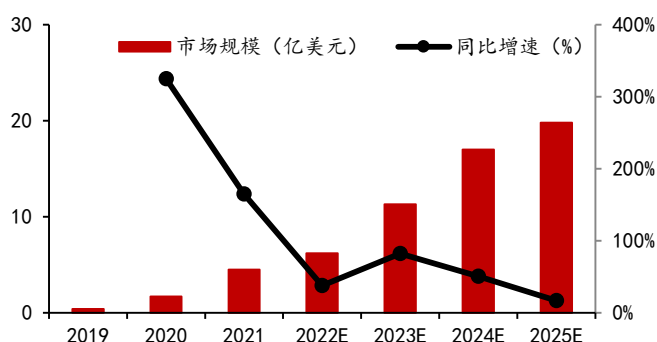
动力总成域、底盘域、车身域作为汽车原有能力的“集成域”，或将会存在原有供应商之间利益蚕食，以及难以整合的风险。从目前所提出的动力总成域解决方案可以看到，基本均是由个别龙头供应商牵头，亦或是主机厂自研而成。例如，特斯拉的集成化三电系统、华为的多合一电驱动系统 DriveOne、长城欧拉自研的三合一电驱桥等。而智能座舱域与自动驾驶域作为智能化的“新兴域”，其供应链体系相较于传统能力整合下的“集成域”而言，更为完整且丰富。同时，其相关技术的可借鉴性、功能的可拓展性效应更强，也更为重要。因此，我们认为，智能座舱域、自动驾驶域或将成为供应商之间长期竞争的焦点。

图 10：2019-2025E 全球智能座舱域控制器出货量



资料来源：ICVTank，民生证券研究院

图 11：2019-2025E 全球自动驾驶域控制器市场规模



资料来源：ICVTank，民生证券研究院

在集中式 EE 架构下，新增的域控制器被集成了更多的功能，而主控芯片若要与其能力相匹配，则算力配置也需随之提升。在分布式 EE 架构阶段，ECU 主要应对于简单指令的处理，因此采用由 CPU+存储+外设接口组成的 MCU 芯片，即可满足其对于算力的需求。但随着汽车向集中式架构迭代，域控制器的出现，使得大量 ECU 被功能性整合，原有分散的硬件可以进行信息互通及资源共享，硬件与传感器之间也可实现功能性的扩展，而域控制器作为汽车运算决策的中心，其功能的实现主要依赖于主控芯片、软件操作系统及中间件、算法等多层次软硬件之间的有机结合。同时，为了赋予汽车更高级别的智能化功能，域控制器需要处理由传感器传来的环境信息，其中，涵盖了海量的非结构化数据，这就导致面向控制指令运算的 MCU 芯片难以满足其复杂的运算。相比之下，SoC 芯片引入了 DSP（音频处理）、GPU（图像处理）、NPU（神经网络处理），使其不仅拥有控制单元，还集成了大量计算单元，从而能够支撑多任务并发及海量数据的处理。根据极术社区的测评，SoC 芯片的算力可高达 10^{12} 次/秒，是 MCU 芯片算力的指数级倍数。

表 1：汽车芯片将从 MCU 向 SoC 异构芯片开始转移

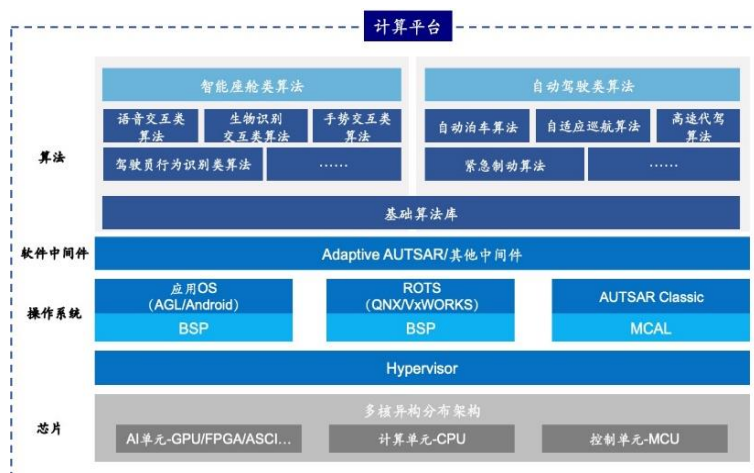
单位	MCU	SoC
定义	芯片级芯片，常用于执行端	系统级芯片，常用于 ADAS、座舱 IVI、域控制等
典型组成	CPU+存储 (RAM,ROM) +接口 (IO Pin)	CPU+存储 (RAM、ROM) +较复杂的外设+音频处理 DSP/图像处理 GPU/神经网络处理器 NPU 等
带宽	多为 8bit、16bit、32bit	多为 32bit，64bit
RAM	MB 级别	MB-GB
额外存储	KB-MB (Flash，EEPROM)	MB-TB (SSD，Flash，HDD)
单片成本价格	便宜 (0.1-15 美元/个)	较贵 (座舱 IVI 10 美元左右，ADAS 域芯片超 100 美元)
常见厂商	瑞萨、意法半导体、爱特梅尔、英飞凌等	英特尔、英伟达、特斯拉 (FSD)、华为、地平线、寒武纪、全志科技 (座舱) 等
运行系统	较简单，一般不支持运行多任务的复杂系统	支持运行多任务的复杂系统 (如 Linux 等)
组成部分	控制单元	控制单元、AI 单元、计算单元
运算单位	DMIPS，计算能力为百万条指令/秒	TOPS、Tflops，每秒运算 10^{12} 次/秒次

资料来源：极术社区，民生证券研究院

软件架构：软硬件分层解耦，将推动软件架构升级为计算平台。在分布式架构下，基础硬件与嵌入式软件呈现强耦合关系，同时底层软件 and 上层应用之间也“高度捆绑”。因此，如需新增或升级应用，则需要从底层更新其相关基础软件及驱动程序，但主机厂传统的研发体系难以应对日益复杂的软件堆栈，导致车载应用的频繁更新/升级难以实现。但随着 EE 架构向集中式演化，域控制器方案的出现，将彻底弱化底层 ECU 的运算能力，将功能的处理统一交付于域控制器进行控制。这一方式的实施，将有利于实现底层资源的标准化、通用化，并进一步降低了软硬件间的耦合度，将解耦范围从应用软件层的分离拓展至整个软件架构，使其独立于硬件之上，**发展为由“芯片-操作系统-中间件-算法”构成的计算平台。**

其中，芯片作为算力基础，为计算能力的实现提供底层配置；操作系统则主要负责控制与管理软硬件资源，并进行合理的调配。值得注意的是，在操作系统中系统的内核是核心，其直接决定了系统在运行中是否能实现性能及稳定性的最优输出；AutoSAR 作为开放的系统架构，为了应对集中式架构下所需的高性能配置，也进一步扩展为 Adaptive AutoSAR，并主要对中央应用服务器负责，用于协调在异构软件平台下各域间的信息交互，为后续汽车架构向 SOA 迭代制定标准；算法层位于软件层次结构的最顶部，主要负责系统功能和业务裸机的实现，例如，智能座舱域中的交互能力；自动驾驶域中的自动泊车、自动巡航等功能。

图 12：汽车计算平台架构

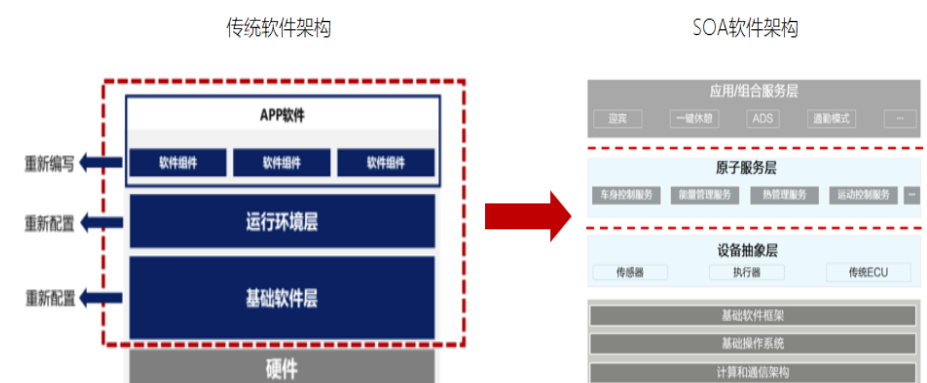


资料来源：中国软件测评中心，民生证券研究院

长期来看，软硬件分层解耦下的计算平台将实现从“信号导向”到“服务导向（SOA）”的转变。传统的车载软件主要基于“面向信号”的经典 AutoSAR 架构进行开发，各模块通过总线发送信号至另一模块实现其功能，系统为静态且需要庞大硬件资源作支撑，而 AutoSAR 供应商控制代码包及工具链，所以其可拓展性及兼容性较低，使主机厂仍面临高开发成本和难度。汽车计算平台的出现，将逐步实现软硬件的解耦化，并最终形成 SOA（Service Oriented Architecture）一面向服务的架构。即，将车辆的硬件能力及软件功能抽象地划分为服务模块，并将其作

为系统中最基础的单元供其他模块调用,同时将各服务接口进行标准化封装,可通过既定协议互相访问、扩展组合,以实现应用程序的复用率,以及多模块、多功能的无缝连接,从而使得跨车辆、跨模块的功能单元“即插即用”成为可能,产业价值链的制高点将由硬件向软件转变。

图 13：传统软件架构与 SOA 软件架构对比

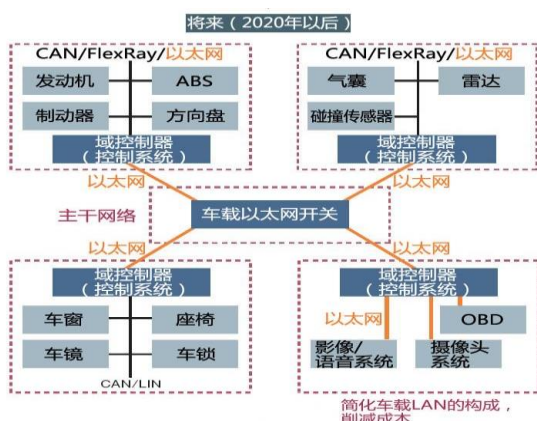


资料来源：上汽，华为，民生证券研究院

通信架构：现有通信架构面临的困境，车载通信技术有望再次迎来革新。“硬件定义时代”的通信技术革命，已驱动车载信息的传输方式从单点链路向总线链路实现转移，并使得各个独立 ECU 之间的数据传输，可根据不同的通信需求采用 CAN/LIN/Flex Ray/MOST 等不同标准的总线链路。但随着汽车智能化功能的增加，对于数据传输的效率、通信协议的开放性及其兼容性提出了更高的要求。根据 Intel 的测算，自动驾驶车辆每天将产生超过 4T 的数据量，而车载总线技术作为上一轮通信技术革命的产物，并不具备高扩容性，导致其无法满足在智能化变革下数据交互所需的带宽要求。同时，随着 ECU 数量的急剧增加，在车载总线链路下，数据传输所需的线束也要随之延长，从而将带来成倍的成本压力与重量压力。根据佐思汽车研究的测算，如果沿用目前的架构体系，无人车时代的线束成本将不会低于 1000 美元，而其重量可达 100 公斤。

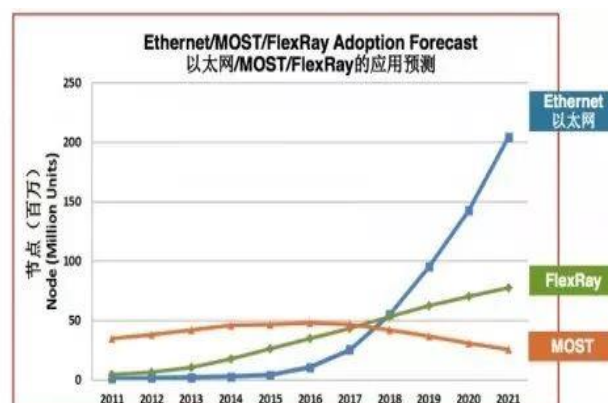
车载以太网是以太网连接车内电子单元的新型局域网技术，在基于单对非屏蔽双绞线基础上，可实现 100Mbit/s，甚至 1Gbit/s 的数据传输速率。同时，还满足汽车行业对高可靠性、低电磁辐射、低功耗、带宽分配、低延迟以及同步实时性等方面的要求。**与车载总线技术相比，车载以太网具备以下优势：1)高兼容性：**基于其简单、成熟的开放标准，能实现不同通信协议标准下总线链路的共存（支持 AVB、TCP/IP、DOIP、SONIP 等多种协议或应用形式）；**2)低成本、高带宽：**以博通推出的车载以太网产品（BroadR-Reach）为例，其在具备 100Mbit/s，以及更高的带宽性能上，减轻了电缆重量 30%，降低了连接成本 80%；**3)高安全性：**以太网经历了十几年的应用与发展，已经有成熟的信息安全解决方案。除了在以太网各层级添加防火墙，进行认证、签名、加密机制外，还具有深度包检测（DPI）等技术进行安全过滤。

图 14：以太网有望成为车载网络中的骨干网



资料来源：搜狐，民生证券研究院

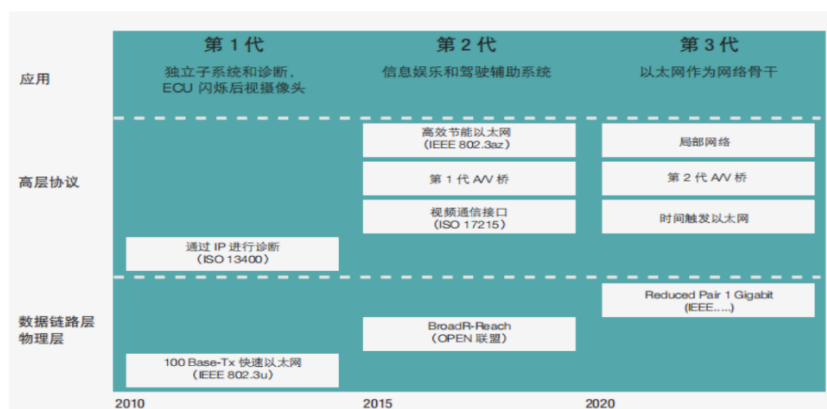
图 15：以太网/FlexRay/MOST 节点装载数量的预测



资料来源：线束中国，民生证券研究院

凭借安全性、兼容性、高带宽的优势，以太网将有望成为车载网络中的骨干网，以承担在不同域之间的信息交换任务，并实现高速总线的全面替代。根据 Frost & Sullivan 和 Strategy Analysis 的预测，至 2022 年，车载以太网端口将超过所有其他以太网端口总和；2025 年，在豪华车、混动/电动车型上，将有近 80% 的比例使用车载以太网技术。同时需要注意的是，在原有各域内部子系统的数据互联中，由于 90% 的控制器节点仍只需 10Mbit/s 以下的通信速率，而传统总线 LIN/CAN 等所支持的传输速率亦可满足此要求。因此，车载以太网或将无法在域内通信网络中实现替换，其更大的价值是作为域与域之间的传输纽带，成为整体车载通信网络中的骨干网。

图 16：车载以太网发展趋势



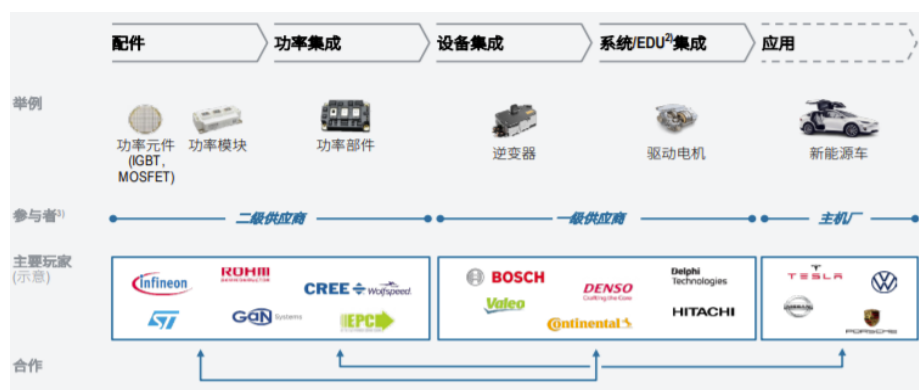
资料来源：keysight，民生证券研究院

1.2.2 架构迭代下产业链的重组

汽车 EE 架构的演化驱动汽车产业经历从一个企业做车（机械定义）-一个产业做车（硬件定义）-多个产业做车（软硬件共同定义、生态定义）的演变，供应链形态也经历了从“点-线-面”的迭代。

在“机械定义汽车的时代”，往往由一个企业进行汽车制造，但随着功能的增加，“硬件定义汽车时代”到来，汽车系统逐渐变得复杂，**配套供应商等角色的参与，组成了完整的汽车产业链，形成了“主机厂-Tier1-Tier2/ Tier3”垂直合作模式**。但由于分布式架构的开发高成本与技术短板，主机厂主要依赖于 Tier1 实现汽车产品复杂功能的落地，自身只需解决好传输网络、车身管理等整车适配问题，即**“整车功能的实现=N* Tier1（软硬件解决方案）”**，却也在一定程度上限制了主机厂自主定制开发的权利。

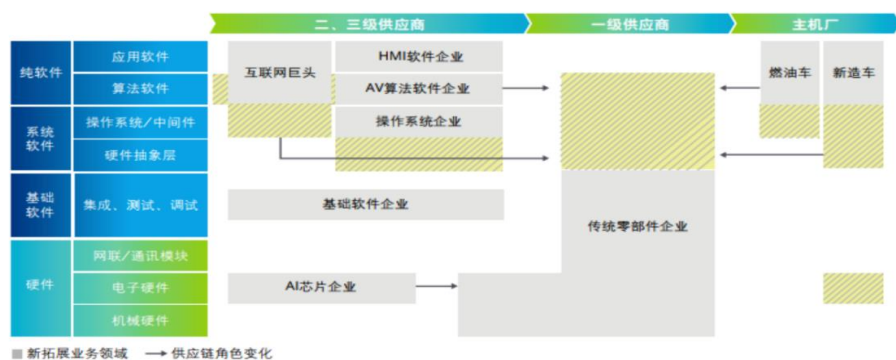
图 17：新能源汽车供应链-以逆变器为例



资料来源：车百智库，罗兰贝格，民生证券研究院

传统供应链格局被颠覆，软件实力成为制胜关键。在“软硬件共同定义时代”，EE 架构逐步升级为集中式架构，软硬件的解耦从软件应用层的分离到整个软件架构的打通，软件成为主机厂实现创新的突破口。此时，主机厂已不再满足于传统的“黑盒模式”，希望借此加强自身的软件能力，积极变革转型，凭借全栈式软件能力锁定产业链中的高利润环节。在此趋势下，汽车产业过去所依赖的共享成本、共摊风险的“主机厂-供应商联盟”的模式将被打破，产业链也将被重塑，而具备自主研发能力的主机厂可跨过 Tier1 直接与具有软件实力的 Tier2 合作，带动了 Tier2 地位向 Tier1 转移，**从而打破了原有传统的垂直供应链格局，并将其塑造为扁平化网状模式，即“整车功能的实现=主机厂（软件）+Tier1（软件/硬件）/Tier2”。**

图 18：软硬件共同定义下汽车供应链的变化



资料来源：德勤咨询，民生证券研究院

科技公司入局,成为供应链中新一代 Tier1。以华为、BAT 为代表的科技巨头,利用自身技术的优势切入智能汽车领域,通过为主机厂提供智能汽车解决方案、增量部件、开源软件平台等方式与其进行开放合作,形成优势互补、多方合作的产业布局。同时,原本处于 Tier2 位置的软件企业可能跃升至 Tier1,甚至 Tier0.5,或将成为智能汽车产业链中强有力的竞争者。

图 19：传统车企与科技巨头共同组成智能汽车产业图谱



资料来源：亿欧智库，民生证券研究院

在产业链变革的同时,主机厂其自身的组织架构也将由“以开发新品为核心”向“以提供服务为核心”转变。在传统产业链中,主机厂的组织架构多为垂直体系,设计、研发、销服等职能部门间联通性差,难以快速响应客户需求升级。但在“软硬件共同定义时代”,主机厂可通过功能/软件的 OTA 升级来获取稳定的收益,而新功能的快速开发/迭代,将推动其进行组织架构的变革,由垂直体系向扁平化发展,并以各事业部为基本单位,以贴近用户需求实现转型。

图 20：比亚迪组织架构调整对比

原组织架构	比亚迪汽车销售有限公司			
	区域营销中心	车系产品		职能部门
新组织架构	比亚迪汽车销售有限公司			
	王朝网销售事业部	e网销售事业部	品牌及公关事业部	售后服务事业部

资料来源：维科网，民生证券研究院

1.3 智能化：汽车“价值”的胜负手

1.3.1 万亿市场的“阿基米德支点”

汽车的单体价值量远超于手机,其所带来的产业性机会更为明显。智能手机的市场规模远远不及传统汽车市场,根据 IDC、国际汽车制造商组织的资料显示,其通过手机出货量与汽车出货量进行测算,结果显示传统汽车的市场规模(1.8 万亿美元)已是智能手机(5000 亿美元)的 3 倍以上。我们在结合以上数据,以及对

于智能汽车趋势的理解下进行综合判断，认为在“新四化”的背景下，随着智能网联化的驱动，智能汽车的市场规模不仅仅只是延续，更有望实现大幅的超越，而软件的价值将是其中最大的增量。

汽车智能化浪潮将重塑汽车产业的价值分配格局，汽车“价值焦点”将由机械性能转移至智能化能力。汽车电动化以及 EE 架构集中化是汽车智能化的第一步，整车动力系统由燃油转为电动后，动力、底盘的逐渐标准化将削弱机械性能作为汽车价值焦点的意义，主机厂未来的竞争将聚焦于整车的智能化性能以及为客户提供持续服务的能力。本轮产业革命中，特斯拉以领先业界的 EE 架构和价值变现理念催化汽车产业的产品边界、商业模式实现变革。

在智能网联化驱动下，EE 架构的革新驱动汽车价值的重心从硬件向软件转变，软件成为智能汽车产业的关键，驱动软件市场规模的增长。在 Automotive News Europe 资讯中 NVIDIA 创始人兼首席执行官黄仁勋表示：“汽车制造商的业务模式将从根本上发生改变。到 2025 年，许多主机厂很有可能以接近成本价的价格销售汽车，并主要通过软件为用户提供价值。”根据麦肯锡的预测，汽车软件市场规模从 2020 年的 340 亿美金攀升至 2030 年的 840 亿美金，期间的 CAGR 为 9%。从细分市场来看，OS and Middleware、ADAS and AD 软件市场规模增长最为迅速，2020-2030 年期间的 CAGR 均达到 11%，超过软件市场规模整体复合增速，预计在 2030 年分别达到 80 亿美金、430 亿美金的市场空间。

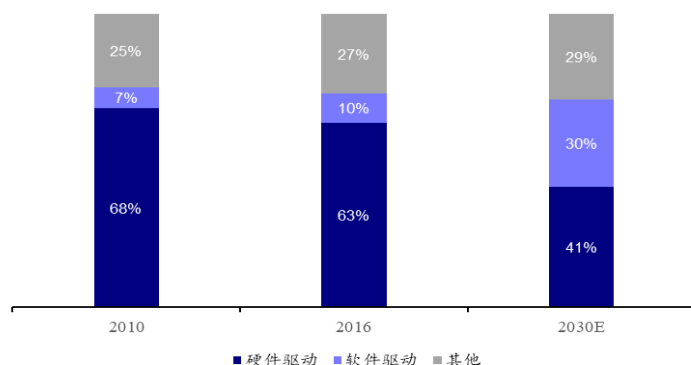
图 21：智能手机和智能汽车（乘用车）市场规模对比（2021 年测算）



资料来源：IDC，国际汽车制造商组织，民生证券研究院

汽车成为新一代的电子产品，由“软件+硬件”重新定义。在“新四化”浪潮的推动下，汽车在传统硬件时代的机械属性将逐步转变为具有机械功能的电子产品，从以硬件主导向软硬件共同主导的定义上发生着根本性的改变。根据麦肯锡的预测，至 2030 年全球汽车市场，软、硬件的占比将分别达到 30%、41%。其中，软件的占比较于 2016 年提升了近 3 倍。但需要注意的是，在“软硬件共同定义时代”中，硬件价值虽然被逐渐弱化，但其依然是汽车的重要根基，软件的迭代更新仍需要在依靠“硬件预埋”下，才能保证其后续升级的实现。

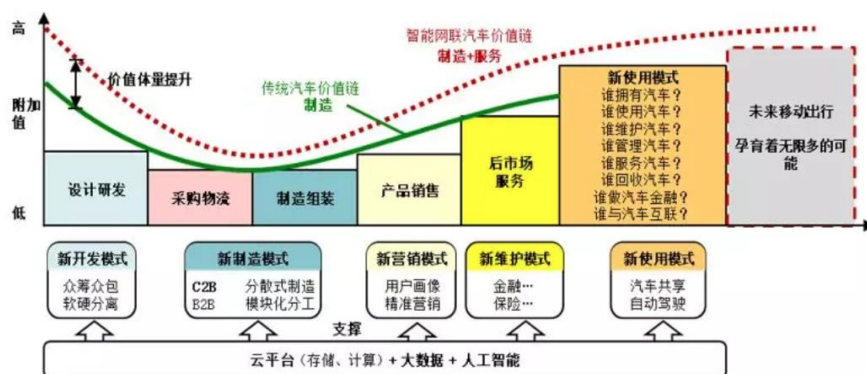
图 22：全球汽车软件与硬件产品内容结构对比



资料来源：麦肯锡，盖世汽车研究院，民生证券研究院

汽车价值链呈现“总量上升，重心后移”趋势，其价值从硬件-软硬件-服务不断延伸。传统汽车作为载人交通工具，主要聚焦于整个汽车制造价值链条。而在智能汽车的驱动下，汽车围绕着移动终端进行角色转换，提升设计研发、后市场服务等环节的软件价值，促进其产业的“微笑曲线”不断向后端延伸，形成“制造+服务”的价值链条。其中，服务的增加不仅仅只存在于曲线后端，而是长期贯穿于汽车的全生命周期，推动汽车产业价值总量上升。

图 23：汽车价值链呈现“总量上升，重心后移”趋势



资料来源：清华大学汽车产业与技术战略研究院，民生证券研究院

OTA 能力成为汽车迭代升级的关键，也是主机厂持续创造服务价值的核心要素。OTA 技术的运用，将分布式阶段单一 ECU 的 T-BOX 网联功能进行升级，趋向于整车功能的更新。对于主机厂来说，通过 OTA 对应用软件与硬件性能升级进一步完善整车功能，加快汽车周期迭代，并通过增值服务持续为用户提供消费价值；另一方面，OTA 技术升级方案不仅能够降低缺陷产品的召回成本，同时也能够快速修复车辆所出现的漏洞，降低主机厂对于售后车辆的维护成本。因此，在消费价值提升+成本降低的双重因素驱动下，主机厂将有望实现盈利能力的大幅提升。

1.3.2 以智能化为名，拥抱“座舱、自驾”硬核时代

根据上文中的分析，“在新四化”趋势下，整车可主要分为动力总成域、底盘域、车身域、智能座舱域和自动驾驶域这5大功能域。其中，智能座舱域、自动驾驶域作为差异化的“新兴域”，亦是汽车智能化体现的焦点：

智能座舱：“第三空间”的延展，以生态的构建为核心。智能座舱的发展受益于整车架构的升级，进而实现软硬解耦以及多屏间的高效互动，并通过融合及处理“语音、视觉”等感知数据，赋予车辆智能互动、实时监控、应用联动等能力。相较于自动驾驶，智能座舱将更多体现的是“第三空间”的延展，以及长续的生态构建，其实现的难度相对较低且性价比更高。受益于消费者对于汽车舒适性安全性诉求的日益增长以及消费电子产品应用场景的逐步迁移，其将有望迎来更快的渗透。

自动驾驶：将从高定制走向标准化，终极目标为“解放”双手。自动驾驶能力的实现，使得汽车将不再是“行走的精密仪器”，也不仅是“行走的计算机”，而是真正意义上，为汽车配备了“隐形司机”，解除了其作为移动工具的桎梏，成为真正意义上的“移动空间”。从其中的关键环节看，“感知-决策-执行”将逐步实现解耦，而车载传感器（眼睛）与计算平台（大脑）成为自驾关注的焦点，率先放量引领发展潮流。

图 24：拥抱“座舱、自驾”硬核时代



资料来源：民生证券研究院绘制

2 智能座舱：始于互联网，进击元宇宙

2.1 重新定义：始于互联网，进击元宇宙

智能座舱将从“创新-迭代-颠覆”演化，以实现最终在元宇宙中的进击。其中，“创新”，即对内革新了座舱配置，以实现车内场景化+多模态交互；对外则以“网联化”为主轴，贯通了各 AIoT 终端间的互联，以最终达到“交互与生态”的重塑；“迭代”，即通过架构的革新，驱动汽车属性从“功能机-智能机”蜕变，无论是硬件端的多屏联动，亦或是软件端的娱乐/网联功能的完善，均能实现常用常新；而“颠覆”，则是打破了智能座舱的生态边界，使其成为智能家居、智能手机、可穿戴设备等 AIoT 终端的生态入口，以脱离时间/空间的边界，最终或成为元宇宙下的智能载体。

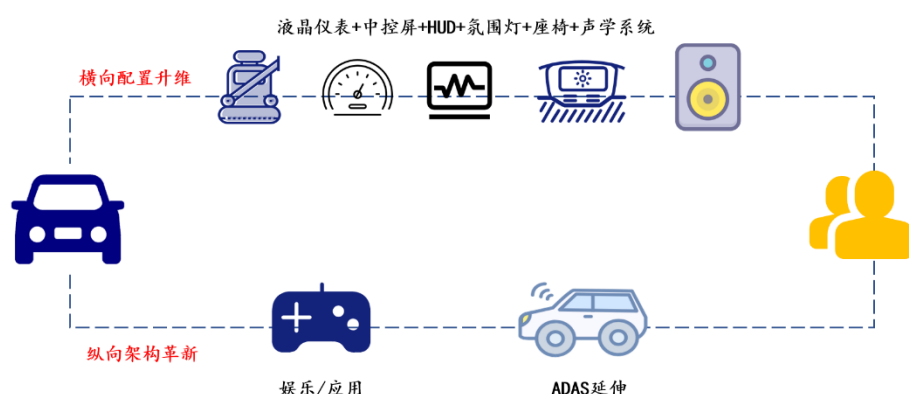
图 25：智能座舱经历从“创新-迭代-颠覆”演化



资料来源：民生证券研究院绘制

智能座舱化茧成蝶的背后，遵循着“配置升维+架构革新”的横纵法则。横向配置的延展：智能座舱经过“液晶仪表+中控屏+HUD+氛围灯+座椅+声学系统”等配置的升维，具备了高性能显示和感知交互能力，并通过标准的 API 接口，弥补了传统座舱中功能布局的碎片化，实现了“多屏化融合、多系统融合”，并带来了更为智能的交互、娱乐体验。同时，T-BOX 等网联功能的配置更是模糊了内外的边界，智能家居、智能手机、可穿戴设备等多类 AIoT 终端能够通过标准化的网联接口与智能座舱实现互联，进而使其成为多终端互联下的“功能集成者”，并通过“数据”这一桥梁，打破了时间、空间的限制，实现了在多终端、全场景下的无缝切换。如，索尼在 2022 年的 CES 展览上推出了 VISION-S 02 概念车，其将自身生产的电视、音响、相机、手机等智能终端注入这台车内，使乘客在座舱内通过 5G 网络，远程连接家中的 PS 主机在车内即能进行游戏。

图 26：智能座舱“横向布局”的生态



资料来源：民生证券研究院绘制

纵向架构的革新：通过架构的革新，使得智能座舱率先具备了智能互动、实时监控，以及车载娱乐/应用的承载能力。从长期来看，智能座舱也或将“触角”延展至 ADAS 功能中，并与摄像头、雷达等传感器配合，以获取车况、路况等全方位信息，再基于座舱控制器进行环境建模以及决策判断，同时将数据信息以及指令集，与车载应用、交互进行联动，以赋予用户实现“多个应用一次交互，多个内容一次呈现”，最终完成“乘客化”的沉浸式升维体验。举例来说，根据比亚迪汽车智慧生态研究院院长舒酉星的介绍，目前开发者正在开发的“车内人工智能保镖系统”，一旦乘客或者司机感觉到车内不安全亦或不舒服，在车上呼救，车机将会结合语音和图像识别做出判断，智能汽车将自主控制灯光喇叭等，进入求救模式。

智能座舱打开了元宇宙的任意门，成为了连接三维物理世界和元宇宙的超级智能硬件。基于配置的升维，智能座舱拥有了语音识别、手势控制等“立体感”的内在交互方式，同时与多类智能终端进行联动，拓宽了外在的交互边界，使得乘客成为了“终极操控者”。而通过架构的迭代，未来座舱域或将与自驾域配合以实现司机“乘客化”，即司机在座舱内即可享受 ADAS 功能所带来的“双手自由”。此时，智能座舱作为“移动的第三空间”，具备了元宇宙所需的交互、娱乐、网联的软硬件生态，并且在此过程中所产生的数据也成为了刻画出元宇宙的“马良之笔”。在 2021 年 9 月慕尼黑车展前夕，宝马集团推出了元宇宙虚拟世界 JOYTOPIA，且用户无需用户名和密码就可以进入 JOYTOPIA 的世界，不仅可以欣赏英国知名摇滚乐队的演唱会，还可以通过自身对应的虚拟人积极参与到活动中。

图 27：智能汽车元宇宙场景视频会议概念图

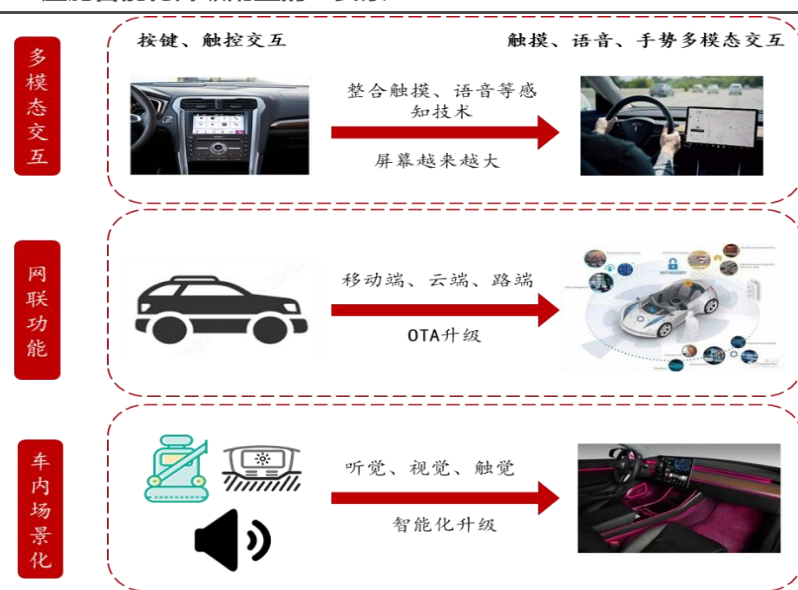


资料来源：IT 之家，民生证券研究院

2.2 横向：配置的升维，功能性的横向延展

“多模态交互+网联功能+车内场景化”化身为座舱智能化的名片，加速了配置的全面升维。其中，**多模态交互**：中控大屏的出现使得交互方式从按键向触控升级，但对于屏幕触控反馈的迟缓和视觉占用也在潜移默化中影响着驾驶安全。因此，智能座舱的交互模式进一步向触摸-语音-手势等多模态的交互方向演化，以提高人车交互效率；**网联功能**：网联化的“枝蔓”将智能汽车的互联范围从车内进一步延伸至移动端、云端、路端等多终端，并以此通过 OTA 创造了软件及服务盈利的消费价值；**车内场景化**：即实现座椅、氛围灯、声学系统的智能化升级，从而打造听觉、视觉、触觉等多维度的立体感，给予用户最直接智能化体验。基于此，智能座舱将通过交互的升级、网联的连接、场景的完善奠定了智能化的终局。

图 28：座舱智能化升级配置的三要素

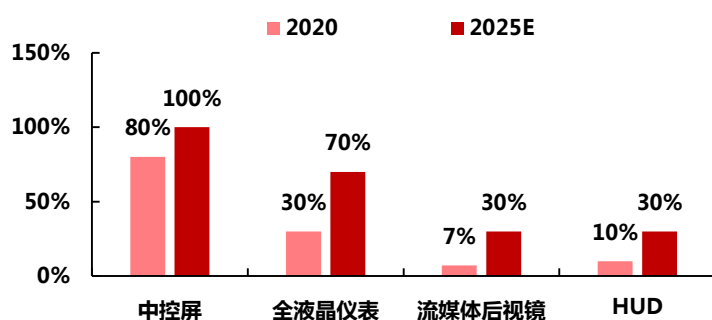


资料来源：民生证券研究院绘制

2.2.1 交互：多屏化实现了内在交互的延伸

交互方式的升级驱动“多屏化”趋势逐渐显现。智能座舱在早期即延伸了智能手机单点触控的方式，但初时仍极易出现触控反馈迟缓和视觉占用问题。因此，座舱的交互模式向“触摸-语音-手势”等多模态方向演化，并倒逼了内在配置的全面升级。其中，中控屏幕、仪表盘、后视镜等“标配化”产品进一步进阶为“智能化”产品，并纳入 HUD（抬头显示器）、后座显示屏等 HMI 多屏幕以赋予用户全面的视觉交互盛宴。根据 ICVTank 和高工智能汽车研究院数据显示，2020 年中控大屏、全液晶仪表、HUD 抬头显示、流媒体中央后视镜渗透率分别达到 80%、30%、10%、7%，而 2021 年 H1 新车标配的中控大屏、全液晶仪表、HUD 的前装搭载率分别较 2020 年 H1 增长了 11.5%、9.81%、1.70%。

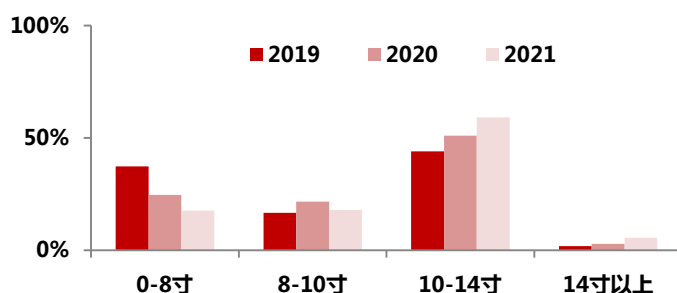
图 29：2020-2025 年座舱硬件设备渗透率



资料来源：ICVTank，民生证券研究院

中控屏幕作为人机交互的智能化创新关键点，“大屏化”逐渐成为智能座舱新潮流。依托于手机屏幕的触控交互设计，特斯拉在创始之初就率先对汽车座舱内的中控屏幕进行了革新，取消了传统座舱复杂且老式的硬件按钮，化繁为简，将音响、娱乐、导航地图等功能汇集于中控屏幕中，提升了车载信息的丰富度与驾乘人员的个性化需求。此后，特斯拉的中控大屏模式引领了汽车座舱的新潮流，无论是丰田售价十万级别的车型，还是法拉利百万级别的车型，均搭载了尺寸接近平板大小的中控触摸大屏。根据汽车之家的数据显示，2021 年新车型搭载 10 英寸以上中控屏比例已经达到 64.6%，较 2020 年提升 10.8pct。

图 30：中控屏幕尺寸搭载情况（单位：英寸）



资料来源：汽车之家，民生证券研究院

尽管屏幕数量逐渐增多，但屏幕之间的“孤岛效应”仍导致信息的互联互通存在障碍。因此，为了加强屏幕间的互动，“联屏化”的设计开始进入座舱。中控屏幕与仪表等的交融，不仅能够获取中控屏幕中的导航地图、多媒体等功能信息，还能显示仪表中车辆的基本信息、油门开度、刹车力度等状态信息，并形成良好的联动以提高行驶安全性。目前，中控台的一体化设计已经从双屏逐渐扩大至三屏、四屏等多屏，并且“联屏化”趋势不仅成为了高端车型中控台的首选设计，中低端车型也在积极引入联屏的设计。例如，零跑在其 C11 车型上就搭载了 10.25*12.8*10.25 寸超高清三联屏，理想 ONE 甚至搭载了四联屏。

图 31：零跑 C11 三联屏



资料来源：零跑官网，民生证券研究院

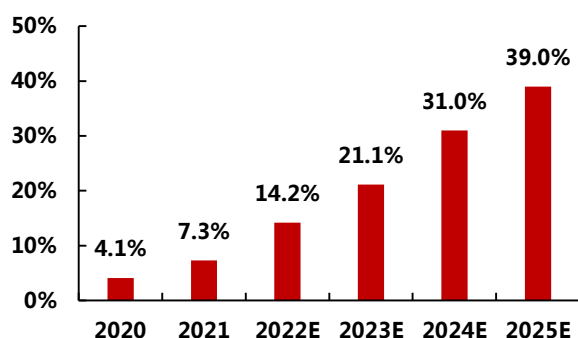
图 32：理想 ONE 四联屏



资料来源：理想官网，民生证券研究院

在“多屏化、联屏化”趋势下，车载显示信息的冗余易产生分散驾驶员注意力等安全隐患，车载 HUD 应运而生。HUD 是通过将行驶速度、导航等重要行车信息投影到风挡玻璃上，使驾驶员在不低头的情况下能够看到重要行车信息以提高驾驶安全性。HUD 最早出现在 80 年代末，并于 2001 年、2004 年，通用和宝马分别推出了彩色 HUD，搭载于其高端车型内；现阶段，HUD 通过与头部车企合作打开市场，已经在高端车型上实现普及，但整体搭载率仍处于较低水平。但我们认为，随着技术逐步成熟，成本进一步的降低，未来五年 HUD 将有望从高端车型向中低端车型加速渗透。根据高工智能汽车的数据显示，2020 年其渗透率约为 4.1%，预计至 2025 年将达到 39%。

图 33：HUD 的渗透率情况



资料来源：高工智能汽车，民生证券研究院

高性能叠加高安全性 AR-HUD 逐渐兴起。HUD 可分为 AR-HUD、W-HUD、C-HUD。其中，C-HUD 采用半透明的树脂板放置于仪表上方反射虚像，但成像面积小、呈现效果较差，而 W-HUD 直接采用前挡风玻璃反射成像，具备成像区域大、成像效果好、显示信息丰富等优点，逐渐取代 C-HUD，成为目前前装市场的主流。根据高工智能汽车数据显示，2021 年 W-HUD 方案的占比高达 91.45%。而随着自动驾驶的成熟，AR-HUD 作为 AR 技术与 HUD 结合体，不仅进一步提高了成像大小与投影距离，还能直观地呈现车距预警、车道偏离预警等更为丰富的信息，并能够直接将显示效果叠加到现实路面。因此，未来 AR-HUD 或将成为主机厂的首选。根据大陆预测，至 2025 年，AR-HUD 出货量将达到 500 万台，2020-2025 年 CAGR 高达 80%，其出货量占比将从 5%提升至 33%。

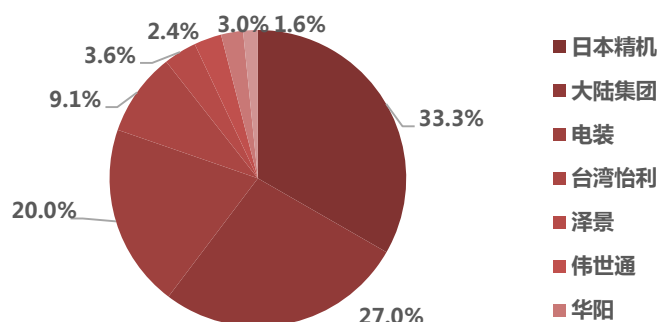
图 34：HUD 分为 C-HUD、W-HUD、AR-HUD 三类

分类	成像方式	显示内容	成像大小与距离	搭载成本与难易
C-HUD 	半透明树脂板成像	车速，导航，油耗，温度	- 成像区域小 - 投影距离近、位置低	- 搭载成本低 - 安装便利，适合后装市场
W-HUD 	前挡风玻璃成像	车速，导航，油耗，温度，中控娱乐信息，来电显示，路况，天气，行车警告	- 成像大小约7-12寸 - 投影距离近	- 搭载成本较高 - 对前挡风玻璃有一定要求，以实现量产，为当前主流前装HUD
AR-HUD 	前挡风玻璃成像	车速，导航，油耗，温度，中控娱乐信息，来电显示，路况，天气，行车警告，ADAS辅助系统	- 成像大小约9-55寸 - 投影距离远	- 搭载成本高 - 须依靠强大算法，对前挡风玻璃要求高，未来应用前景广阔

资料来源：盖世汽车，民生证券研究院

国外厂商抢先参赛，国内供应商仍处于初步阶段。根据头豹研究院数据显示，全球 HUD 市场中，日本精机、大陆、电装等国外厂商占据了一半以上市场份额，市占率分别为 33%、27%、20%，合计占据全球市场的 80%。从国内市场看，国内 HUD 创业潮始于 2013 年左右，主要参与者有怡利电子、江苏泽景、华阳集团等，其对应市占率分别为 9.1%、3.6%、2.4%，整体尚处于起步阶段。

图 35：2020 年 HUD 市场格局

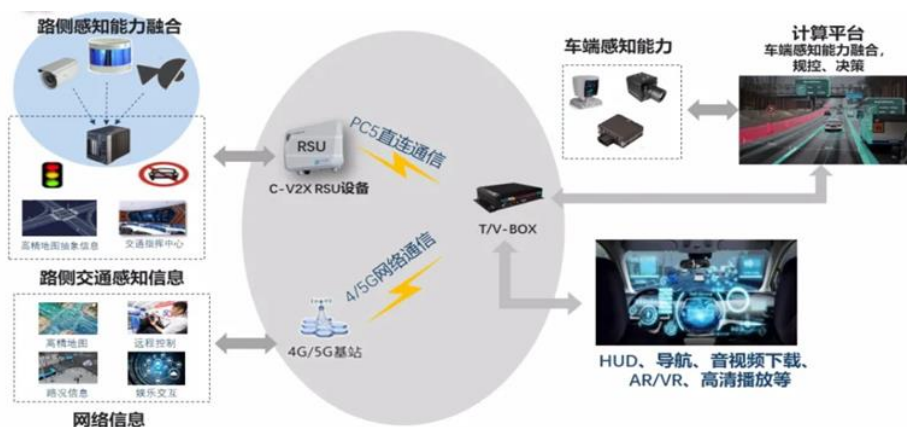


资料来源：头豹研究院，民生证券研究院

2.2.2 网联：T-Box 助力座舱外在的互联

T-box 作为网联化功能实现的必要条件，成为万物互联的最优解。T-Box，即 Telematics-Box，又称 TCU（车联网控制单元），指安装在汽车上用于控制跟踪汽车的嵌入式系统，包括 GPS 单元、移动通讯外部接口电子处理单元、微控制器、移动通讯单元以及存储器。T-Box 主要用于车辆和后台系统/手机 APP 通信，实现手机 APP 的车辆信息显示与控制。即，当用户通过手机端 APP 发送控制命令后，TSP 后台会发出监控请求指令到车载 T-box，车辆在获取到控制命令后，通过 CAN 总线发送控制报文并实现对车辆的控制，最后反馈操作结果到用户的手机 APP 上，可以帮助用户远程启动车辆、打开空调、远程解锁、远程座椅加热等。

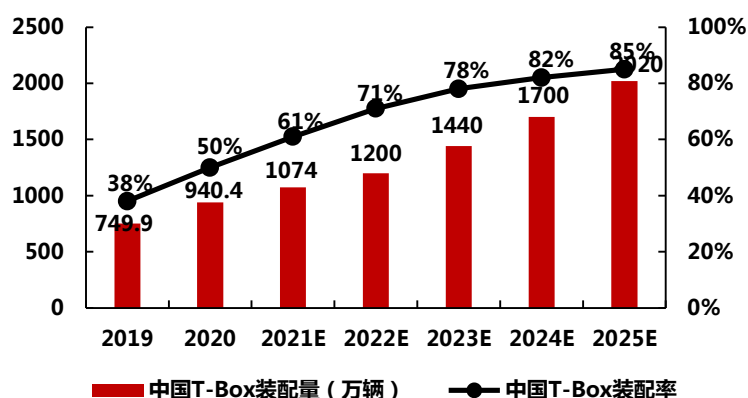
图 36：T-box 在智能座舱中的应用



资料来源：震芯科技，民生证券研究院

T-Box 与移动通信技术同步发展，5G 技术为其带来新一轮增长机会。相较于第一代的 2G+GPS 的 T-box 产品，新一代 T-Box 产品随着通信技术的发展，其通信单元也升级为 4G/5G，并集成了 GNSS 高精度定位模块、微处理器、总线控制器、存储器等部件。同时，除了满足传统的车联网应用要求外，T-Box 与网关、信息娱乐单元等集成化设计趋势明显，逐渐趋向于网联化控制器这一角色，以实现“车-云、车-车、车-路”等 V2X 的实时通信，而 5G 技术的发展也将为 T-Box 带来全新一轮的增长机会。综合高工智能汽车、佐思汽研的资料显示，至 2025 年，中国乘用车 T-Box 前装装配率将达到 85%，装配量超过 2000 万辆，且从 2020 年下半年开始，5G T-Box 的渗透率进入上升通道，未来 2-3 年内 4G T-Box 开始逐步下降。

图 37：中国乘用车 T-Box 前装装配量、装配率



资料来源：佐思汽研，民生证券研究院

国内 T-Box 参与者有华为、联友科技、德赛西威、东软、均联智行等。其中，华为从通讯芯片到模组、T-Box 进行了垂直布局，并借助在 5G 芯片上的先发优势，推出了 5G 车载模组 MH5000、5G 车载终端 T-Box 平台，且在 5G 模组及 T-Box 前装市场实现首发量产，陆续搭载于广汽新能源 Aion V、比亚迪汉、北汽 ARCFOX αT 等车型；联友科技（东风汽车下属科技公司）的 4G T-Box 在国内最快突破百万台量产数量，目前已出货 270 万+，且 5G C-V2X T-Box 于 2021 年 8 月量产上车。根据高工智能汽车发布的数据显示，2021 年前装 T-Box 市场中其市场份额位居第二；德赛西威是前装车载 T-Box 行业的后进入者，2019 年通过收购德国先进天线制造公司 ATBB，布局高性能 5G 智能天线技术，并于 2020 年率先推出 5G T-box 以及 V2X 解决方案，并获得合资品牌车型（别克 GL8 Avenir）项目定点并率先上市量产。

2.2.3 场景化：内饰配置的升维构筑座舱场景化的升级

氛围灯、声学系统、座椅等内饰装置构筑了车内立体场景，赋予了用户在消费体验上的升维。其中，氛围灯作为装饰与指示的结合体，一方面，通过不同种类的灯光载体以及色彩变化可以营造出科技感、未来感的氛围效果；另一方面，利用氛围灯控制器对不同的氛围灯节点进行精准控制，并在高算力的 ECU 连接和高效率的 CAN 总线传输下，可以实现与驾驶员场景相匹配的智能环境感知控制。例如，2021 年发布的奔驰 S 级主动式环境氛围灯的光线可覆盖所有乘客，并根据车内的香薰味道、音乐风格、天气状况自动调整色调，以帮助车内乘客获得更加舒适的乘坐体验。

氛围灯已经成为高端市场的“标配化”产品，逐渐向中低端市场渗透。车载氛围灯从早期的高端车型向中低端车型渗透，并已经在奔驰、宝马、奥迪等高端品牌上成为“标配”，逐步向中低端品牌下探，配套车型价格下探至 15 万元左右。如，厂商指导价 12.3 万元大众宝来手动舒适型，14.8 万元的领克 03Pro 版都配备了单色车内氛围灯，15.5 万元的长安 CS75 Plus 旗舰型更是配备了 64 色可调氛围

灯。同时，高端车型氛围灯进一步升级，开始出现类似于星空顶等更加复杂的氛围调节方式，并且其装配范围从传统的仪表、中控、门板等位置逐渐扩大至车身装饰、门把手、车顶等整个车内环境，以满足消费者驾乘体验的升维。

图 38：长安 CS75 Plus 的 64 色氛围灯



资料来源：百家号，民生证券研究院

消费需求提升叠加技术应用场景突破，驱动声学系统“量+价”提升。从量级来看：声学系统作为沉浸式体验的信号输出方，在语音等多模态人机交互消费需求驱动下逐渐向高端化、个性化趋势发展，多频扬声器、功放等声学配置量不断增加，尤其在蔚来、小康等新能源车型上，扬声器配置普遍提升到了 10-18 个，并外加低音炮、外置功放等声学部件；从价格来看：联网功能的发展，声学产品将不再局限于单纯的娱乐功能输出，而是面向信息、安全和其他任务一体化的集成，以带来整个声学系统价格的提升。我们认为，声学系统在沉浸式座舱的消费需求与技术应用场景的联动下，或将实现“量+价”的飞跃，对应单车价值量在 600-2000 元。

全球扬声器市场格局以欧美开放系与日韩封闭系两大主机厂阵营进行划分，国内厂商仍处于起步阶段。其中，欧美系是以福特、大众、通用集团等欧美主机厂为代表，对于产业链中的供应商选择持有开放态度，主要有普瑞姆、艾思科集团、丰达电机等国外厂商；日韩系则是以丰田和现代汽车为代表的日韩主机厂，扬声器供应商首选本土厂商，较为封闭，以丰达电机、先锋电子厂商为主；而国内厂商仍聚焦于中低端市场，但未来随着产品质量、客户粘性，以及新能源汽车自主品牌出货量的提升，国内供应商的份额将有所提升。目前，比亚迪、蔚来、理想等多个主机厂已经开始采用国内厂商的扬声器进行装配。

图 39：扬声器市场格局情况

	欧美开放系	日韩封闭系
主机厂	Ford, VW, GM	TOYOTA, Hyundai
供应商	PREMIUM SOUND SOLUTIONS, ASK, FOSTER	FOSTER, Pioneer

资料来源：民生证券研究院绘制

车内座椅作为“元老级”内饰，遵循智能化发展浪潮进行多场景化升级。座舱作为移动办公、生活、娱乐的多角色集成者，座椅也对应着不同场景随之变换，新增记忆、加热、按摩等智能化功能以提升舒适度。佐思汽研和乘联会销量数据表明，2020 年，智能座椅记忆、加热功能的渗透率分别为 10.9%、24.6%，并预计至 2025 年记忆、加热功能的渗透率将分别增长至 48%、64%。同时，智能座椅亦能与 ADAS 等功能结合，发挥其安全性能。如，泰极爱思与歌乐联合开发的 InfoSeat 系统汽车座椅，在前面车辆与自身车辆处于危险距离时，或者驾驶员处于疲劳驾驶状态时，其安装在座椅内的振动装置将通过振动发出警告以引起驾驶员及乘客的注意。此外，随着 AI 技术的内嵌，座椅的控制方式也将摆脱传统的机械按键模式，发展为 APP 控制、手势控制、感知控制等主动控制方式。

图 40：座椅通风功能概念图



资料来源：悟空问答，民生证券研究院

座椅市场集中度较高，主要被外资品牌垄断。从全球市场来看，座椅 90%以上的市场份额被安道拓(江森 Adient)、李尔(Lear)、丰田纺织、佛吉亚(Faurecia)等前 10 大座椅生产商所占据，其中 Adient 是全球最大汽车座椅生产商，其主要通过与车企设立合资厂等方式与整车厂建立长期合作关系，客户分布广泛；Lear 的客户则集中在福特、通用、宝马、FCA 四大客户上，市场集中在北美和欧洲等。

从国内市场来看，美系、德系汽车的座椅基本上被 Adient 和 Lear 垄断，日系汽车中本田大部分由提爱思（TS）供应，丰田绝大部分由丰田纺织供应，日产的供应商相对比较多元化。自主汽车品牌也大多采用合资厂的座椅配套，长城、比亚迪、奇瑞和吉利汽车基本选择了部分自主、部分合资的模式。但国内厂商如天成自控、继峰股份、等也在逐渐崛起，其中天成自控也已经为上汽荣威 i5、i6、ei5、ei6、EX21 等车型批量供货，继峰股份的座椅产品也在一汽、东风、通用等车型上搭载。

图 41：座椅市场格局情况

座椅厂商	主要客户
安道拓	一汽、一汽大众、北京奔驰、北京吉普、上汽、上汽通用、一汽大众、上汽通用五菱、东风日产、东风本田、长安福特、长安铃木、长安汽车
李尔	上汽大众、长安福特、长安铃木、神龙汽车、东风日产、现代、马自达、宝马、通用
丰田纺织	丰田、日产、铃木、雅马哈、Toyota、斯巴鲁、雷克萨斯、大发、广汽丰田、天津一汽丰田、国瑞汽车
麦格纳	吉利、长安福特、重庆长安、沃尔沃、一汽、上汽大众、上汽通用、福建奔驰
天成自控	上汽大众、上汽荣威、上汽MG、威马、戴姆勒、江淮汽车
继峰股份	一汽青岛、一汽解放、福田、陕汽、大众、宝马、奥迪、红旗、特斯拉

资料来源：焉知，民生证券研究院

2.3 纵向：架构的革新，生态级的纵向优化

2.3.1 硬件架构：座舱底座“攻坚战”

座舱域芯片：“智能化、网联化”为关键指标

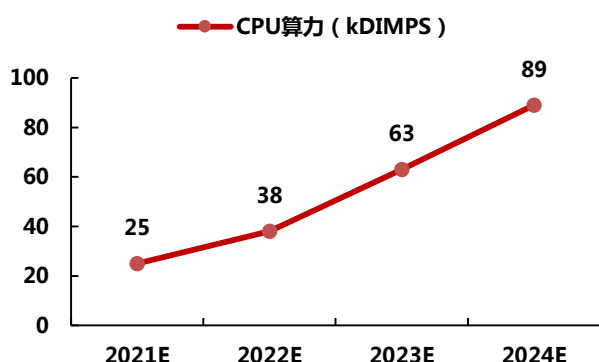
车载屏幕作为人车交互最直接的触点，将从单屏逐渐扩展到中控屏、仪表、HUD 等多个屏幕，而为了实现各屏间的互联互通与较高的交互效率，“一芯多屏”、“多任务并发”方案有望成为主流。同时，为了强化与云端、车端间的交流，智能座舱的联网功能也将进一步完善，而座舱芯片作为支撑功能运行的底座，在座舱域中的具体要求即是实现“智能化、网联化”两大关键性指标。其中，“智能化”的体现，即是在“一芯多屏”架构下多样化、复杂化的交互任务和多并发车载应用的处理能力，其背后是以高算力作为支撑点；而“网联化”则是在基于车联网生态下，座舱内部与车端、路端等外部的交互能力，具体表现则是 5G Modem 技术的延展。

智能化：“CPU+GPU（+NPU）的 SoC 异构融合方案，是堆砌高算力芯片的制胜法宝。智能座舱作为人车交互最直接的触点，其交互方式的升级叠加、日益丰富的娱乐功能，将倒逼 MCU 芯片升级为算力更强的 SoC 芯片，以承载大量图像、音频等非结构化数据的算力需求。因此，相较于 MCU 芯片单个 CPU 计算单元，SoC 芯片集成了 GPU（图像处理）、NPU（神经网络处理）等大量计算单元，以支撑多任务并发及海量数据的处理。其中，CPU 主要负责交互功能和应用程序运行的逻辑运算，并承担着任务调度的职责，即根据不同的功能对应分配给不同的

处理器。而在多模态的交互以及日渐丰富的应用生态驱动下，CPU 的算力将呈现数量级增长（CPU 算力一般高于 2000DMIPS 即能运行智能座舱流媒体、AR 导航、AR-HUD 等主要功能）。根据 IHS Markit 预测，2021-2024 年，CPU 所需真实算力的年均复合增速将高达 53%，至 2024 年算力达到 89K DMIPS。

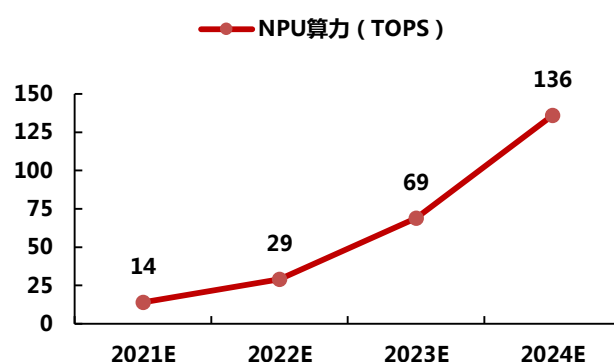
此外，对于座舱中的娱乐信息系统而言，车载应用通常为多任务并发形式，因此芯片的多重并行计算能力愈发重要。同时，叠加应用的高并发+图像显示的高标准（即图像显示复杂度、精细度和实时性），**将驱动 GPU 逐渐从 CPU 中分化为图像专用的处理器以承载其所需的高性能计算能力，以及较高的渲染能力**。其中，对于 3D 图像效果，200GFLOPS 以上即能满足 3 个屏幕以上的图像显示，而针对 GPU 进行图像算法处理，则需要 500GFLOPS。此外，针对座舱内生物识别、语音控制等交互功能，以及座舱内氛围灯、声学等感知系统，高性能的 AI 处理器将协助加速处理感知任务以提高芯片运算速度，**即对应芯片的 NPU 赋能将成为芯片架构中的附加分**。基于此，高算力“CPU+GPU（+NPU）”组合将成为主机厂在算力赛中的重要底牌。

图 42：2021-2024 年 CPU 算力增长情况



资料来源：IHS Markit，民生证券研究院

图 43：2021-2024 年 NPU 算力增长情况



资料来源：IHS Markit，民生证券研究院

消费电子厂商强势入局，打破了传统汽车电子为主导的座舱芯片格局。2015 年以前，座舱芯片市场主要由汽车电子厂商为主导，其中包含瑞萨、NXP、TI 等玩家；2015 年之后，以高通、英特尔、三星、联发科为主的消费电子厂商强势入局。结合 Strategy Analytics、新智驾的数据进行比较，2016 年瑞萨和 NXP 二者的市占率高达 58%，但 2021 年后高通在座舱市场中强势翻盘，斩获超 80% 的份额。我们认为，在这芯片市场易主的背后，是芯片算力的强势较量，通过 CPU/GPU 性能来比较，高通的 8155 芯片对应算力分别为 105K DMIPS、1142 GFLOPS，远远领先其他厂商 2 倍以上，更符合复杂的交互、应用功能及图像显示的高算力需求。同时，高通从 8155 芯片开始就已经具备了 AI 加速能力，且其第四代 8295 座舱芯片的 NPU 算力可达到 30TOPS，已完全满足 AI 性能所需的算力（据 IHS Markit 预测，2022 年所需真实算力为 29TOPS）。**综合来看，高通的座舱芯片无论在 CPU、GPU，还是 NPU，其性能均处于霸主地位。**值得注意的是，瑞芯微、

晶晨股份、全志科技、芯驰科技、芯擎科技等国内芯片厂商也在加速追赶，其中，瑞芯微 2021 年 12 月发布的 RK3588 高端旗舰芯片，采用 8nm 先进制程工艺，“8CPU+8GPU+NPU”异构设计架构，6T 算力，最高支持 7 屏的 1080P 高清显示；芯擎科技（吉利和安谋中国共同出资创立）2021 年 12 月发布了国产第一颗 7nm 智能座舱芯片“龍鷹一号”。

图 44：座舱芯片厂商芯片产品

芯片厂商	产品型号	制程(nm)	CPU	GPU	NPU	量产时间	搭载车型
高通	602A	28	/	/	/	2014年	奥迪
	820A	14	45k	320	/	2019年	极氪、理想、领克、小鹏等
	SA6155P	11	40k	430	/	2020年	奇瑞捷途
	SA8155P	7	105k	1142	4	2020年	蔚来、智己、小鹏、广汽、威马等
	SA8195P	7	150k	2100	10 (估)	2020年	ADIGO3.0
	SA8295P	5	200k	3000	30	2023年	集度汽车
英伟达	Tegra Parker	16	59k	500	/	2019年	奔驰S级
	XavierNX	/	96k	691	21	/	/
恩智浦	i.MX 6	/	/	/	/	/	长安、丰田、日产、PSA、福特
	i.MX 8	16	29k	128	/	/	福特
德州仪器	TDA4VM	16	25k	180	8	2021年	上汽
	TDA4 H	/	100k	320	32	/	/
瑞萨	R-CAR H3	16	40k	288	/	2019年	大众、广汽、路虎、雷克萨斯
	R-CAR M3	28	28k	76	/	/	/
华为	Kirin 710A	14	/	/	/	2022年	比亚迪
	Kirin 980A	7	75k	641	/	/	/
	Kirin 990A	7	/	/	/	/	北汽
三星	Exynos Auto v8	14	63k	398	/	2018年	/
	Exynos Auto v9	8	111k	1205	5.7	2021年	奥迪
联发科	MT2712	7	22k	133	9	/	大众
	MT8195	6	139k	926	4	/	/
瑞芯微	RK3588M	8	100k	512	6	/	/
芯驰科技	X9U	16	100k	300	1.2	/	/
芯擎科技	龍鷹一号	7	90k	900	8	2022年	/

资料来源：佐思汽研，Strategy Analytics，各公司官网，民生证券研究院

网联化：5G 通信技术成为座舱芯片网联性能提升的关键因素。在传统座舱阶段，导航地图等功能的离线导致定位的准确度差等问题显现，且无法流畅地实现手机端与车机端的互联。因此，为了加强座舱内部与多智能终端，甚至云端、路端等外部的联系，SoC 芯片还将集成通信单元以保证车辆在行驶过程中的连续性。而在此背后，成熟的通信技术是决定其联网性能的关键。相较于 4G 通信技术，5G 通信的高速率、低延时和广覆盖的特性更能够满足智能座舱域控制器的海量数据的联系，更符合“传输趋势”。

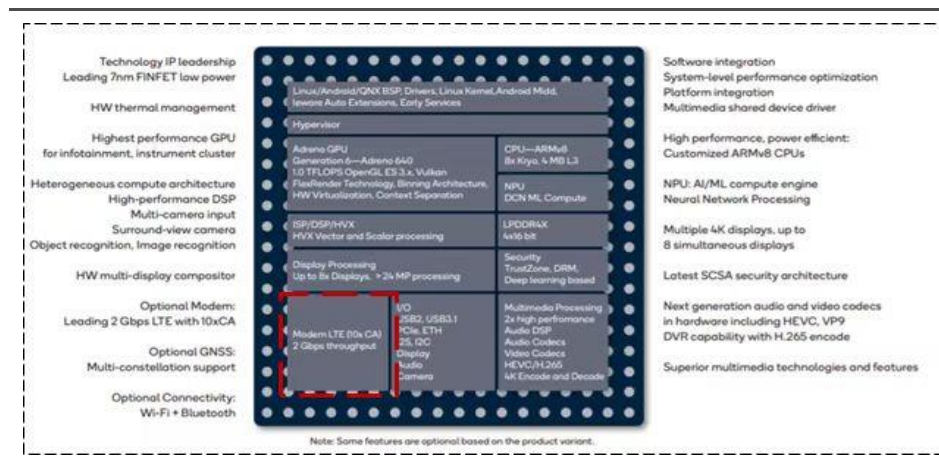
低成本、低延时、高效率成为主机厂在芯片端布局的关键考虑因素。目前，网联单元的集成方式主要有外置和内置两种方案：1) 外置：普遍采取外挂式 5G 基带芯片，集成于 T-Box 内；**2) 内置：**选择在 SoC 芯片上内嵌 5G LTE 调制解调器模块进行整体封装。而在网联功能方案选择中，主机厂将从成本、传输效率、芯片效率这三个维度进行选择：1) 从成本来看：

内置基带芯片不仅能够节省外挂基带芯片成本，同时由于部分芯片沿用了手机芯片的架构，需要更多的转换接口进行适配，堆高了芯片整体成本，而内置基带芯片则只需在外围增加射频天线即可，能够

节省相关硬件接口成本；2) 从传输效率来看：内置通信模块能够有效节省基带芯片与处理器之间的数据传输速度，具备低延时、高传输速率等优点；3) 从芯片效率来看：在芯片设计环节，相较于外置基带芯片，内置基带芯片不仅能够增大芯片面积以提高芯片使用效率，同时也能节省主板空间，降低能耗。基于此，具备低成本、低延时、高效率的内置基带芯片方案或将成为主机厂的首选。

目前，高通、联发科、华为、三星、展锐等消费电子厂商均已具备了 5G Modem 技术专利，而参考这些厂商在智能手机芯片中的布局，其中，高通、华为、三星已拥有内置 5G 基带芯片的技术，而高通也已将该技术沿用至座舱芯片中（SA8155 芯片已集成 5G 基带芯片），具备明显优势。

图 45：高通座舱 SA8155（集成 5G 基带芯片）示例图



资料来源：高通，民生证券研究院

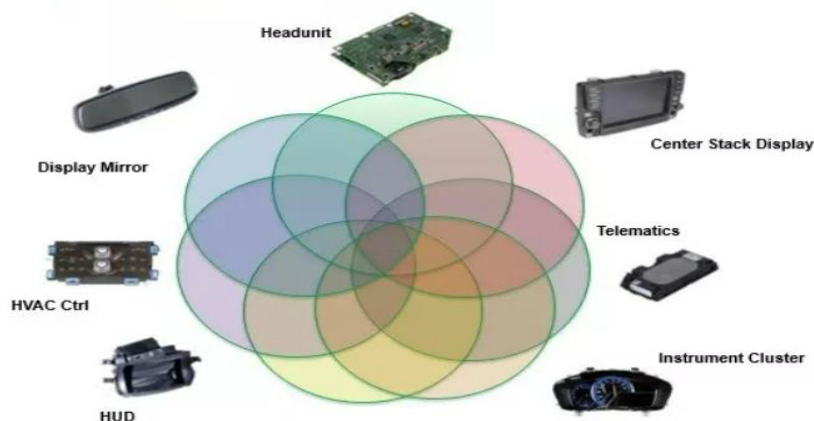
此外，根据我们产业链调研发现，单芯片的性能并非主机厂考虑的唯一要素，除了智能化和网联化的能力外，技术支持、产品规划、价格（性价比）、安全等级也会纳入考虑范围。其中，技术支持方面：较强的本地化技术支持能够加快问题反馈速度，以扩大芯片使用周期、保障芯片高效运行。根据阿宝 1990 的资料，瑞萨在国内没有足够的技术支持能力，需要通过联络日本本社提供技术支持面对国内车厂和 T1，导致其在项目中的问题反馈和应对速度偏慢；产品规划方面：芯片厂商的产品规划也是其芯片出货量，以及迭代周期的重要影响因素。根据佐思汽研的资料显示，TI 在规划两代芯片后就放弃了座舱芯片，因此其芯片后续的有效出货难以得到保证；价格（性价比）方面：座舱的技术成熟度与规模化应用的快速落地，其芯片成本已经趋于稳定。根据产业链的调研，目前主流座舱芯片价格均在近百元美金左右，差距并不明显。但值得注意的是，在基本同等价格下，具有高算力的芯片，整体的性价比将更加突出（即，算力/价格），其中高通优势显著。安全等级方面：由于仪表包含了制动、指示器、变速箱等与驾驶息息相关的信息，所以其芯片的安全性必须通过 ASIL-B 级的车规要求。但长期来看，在“联屏化”趋势下，中控屏幕、仪表等多屏幕的一体化设计也将带动整个座舱芯片安全等级要求的提升，而达到 ASIL-D 高级别功能安全则需通过集成支持 ISO26262 功能安全的 MCU 核

以实现高安全性的保障。目前，高通、三星、芯驰科技等厂商的座舱芯片均满足了ASIL-B 安全性要求。**综合来看，高通无论在单一芯片的能力，亦或是综合指标下高通均占据了明显优势。**

座舱域控制器：解耦趋势下的谋进

智能汽车 EE 架构的革新集合了相同功能的 ECU，产生了不同的域，而域控制器成为了相同功能的集中营。其中，智能座舱域控制器主要负责汽车座舱电子系统，其不仅融合了中控屏、液晶仪表、HUD、流媒体后视镜等交互硬件，同时集成了 T-Box 等网联设备，以及氛围灯、声学系统、座椅控制器等场景化内饰。基于此，座舱域控制器不仅需要高算力的主控芯片等硬件支撑不同功能的运算，同样也需要操作系统、中间件、应用算法等软件的结合。

图 46：智能座舱域控制器集成了中控屏、液晶仪表、HUD 等多模块



资料来源：Astroys，民生证券研究院

由于智能座舱的竞争焦点在于软件的差异化，且座舱域控制器标准化程度较高，因此主机厂在底层软硬件上大多选择依赖 Tier1 供应商，以便主机厂专注上层的“自我定义”与“差异化开发”，而在此背后也是对域控制器 Tier1 在工程化能力、硬件适配能力、底层软件能力的考量：

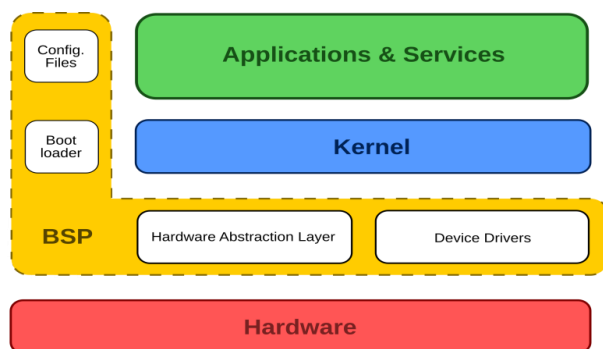
在工程化能力：域控制器作为集成者，成为了中控屏、仪表等显示设备，T-Box 等网联设备，以及座椅、氛围灯等感知设备的集中营，而其可扩展性、功耗决定了其是否能够成为承载更多智能化产品的关键一环。其中，在可拓展性方面：传统座舱的分布式架构容易导致不同的硬件设备在共同运行时存在耗资大、开发风险等问题，而在智能座舱中，域控制器的出现将整合所有硬件设备接口，不仅能够将智能汽车迭代周期从 5-10 年缩短至 3-4 年，同时还能做到平台化共用，节省线束等通信成本。基于此，域控制器需集成更多冗余接口以增强其可扩展性，使其具备承载更多智能化产品能力；**在功耗方面**：在芯片向域控制器集成封装模块时，易产生散热难、功耗高等问题。根据天际汽车基础硬件总监周毅在盖世汽车研究院“2021 中国下一代汽车高质量发展论坛”的观点，相较于前期独立 ECU 在电控方面的功耗约为 10W，域控制器功耗会达到 100w 量级，简单被动散热已无法满足其硬件

运行需求，而中央计算平台功耗预计会达到数百瓦，无论是结构散热设计，或是整体硬件架构设计，都对域控制厂商的硬件工程能力提出了较高的要求。合格的域控制器良率是芯片厂商或主机厂核心技术能够实现商业变现的必要条件，将严重影响“芯片-域控制器-整车”这一供应链主轴的良性和高效运行。因此，可扩展性、功耗等较高的工艺生产能力，是域控制器厂商们对产业链进行赋能从而打动主机厂的重要切入点。

此外，在芯片适配能力：主机厂受制于不同的硬件配置及软件配套，导致开发成本较高，因此具有良好适配能力的域控制器厂商更易受到主机厂青睐。在产业发展前期，“芯片-域控制器-主机厂”供应链条中，域控制器 Tier1 的定位除提供集成能力外，还在于为芯片厂商提供必要的市场客户资源和供应链整合能力。目前部分国外核心座舱芯片厂商，因其传统业务重心的不同，导致短期内恐暂不具备对国内市场进行完全自主推广的能力，而传统头部 Tier1 深耕行业和区域多年，与多家当地主机厂均已形成成熟的合作关系，加之头部行业地位使得其也具备对供应链上下游良好的掌控力。但长期看，“芯片商-域控制器商”的耦合关系容易导致主机厂难以在软硬解耦的发展趋势下具备快速的迭代效率。此时，座舱域控制器厂商若具备适配不同芯片平台的能力，则能够帮助主机厂降低底层设计的复杂度、节省开发成本、提高量产效率，以实现全面解耦下后续车型中功能的“自我定义”和“差异化开发”。因此，具备与不同芯片高适配度的域控制器厂商或将在主机厂的筛选中脱颖而出。

底层软件能力：软件差异化潮流驱动座舱域控制器厂商智能升级，Tier1 负责范围从域控制器硬件设计和生产向中间件 Middleware 软件部分延伸，为主机厂展开上层应用差异化竞争赋能。在智能化时代下，座舱域控制器厂商除了作为主要的板级供应商外，还演变为了基础软件供应商，其主要工作为硬件-操作系统-应用软件的对接，便于让主机厂自定的操作系统得以在硬件层面跑通，进行应用定制化开发。具体来看，1) 在硬件与操作系统的对接中，不仅需要在硬件层对相应的 SoC 芯片外围电路进行设计，还需要把相应的操作系统（如 Andriod 等）移植到相应的硬件平台上，并在中间层把一部分与具体硬件设备相关的软件【板级支持包（Board Supprt Package, BSP）】作为抽象接口保留出来，以便上层随时调用。因此，在具体交付时，域控制器厂商不仅需要具备硬件的“支持能力”，还需负责 BSP 中操作系统访问硬件时的相关驱动程序，以及与硬件访问直接相关的软件（主要涉及到对下层不同型号的芯片以及上层不同虚拟机、操作系统之间的兼容和适配）；2) 在操作系统与应用软件层的对接中，域控制器厂商还需覆盖丰富的中间件，即需帮助主机厂适配以太网协议栈、DDS 数据分发协议、TSN 高精度网络协议等，以构建上层算法与底层硬件的“通信链路”。

图 47：BSP 的相关工作细分



资料来源：Codethink，民生证券研究院

通过以上分析我们得出结论：具备良好的工程化能力、硬件适配能力、底层软件能力的域控制器 Tier1 厂商更具竞争优势。短期来看，在“芯片商-域控制器商”的耦合关系中，Tier1 的集成能力与其背后的客户资源和供应链整合能力将形成这一供应链体系中的良性联动。但长期来看，根据主机厂进行上层应用差异化竞争的局势，底层软硬件与上层应用的解耦趋势将倒逼域控制器 Tier1 厂商能力的延伸，除了与不同的芯片厂商适配，具备基础的底层硬件集成能力，其还将集成底层的 BSP 等基础软件能力，充当底层软硬件与上层软件的“解耦者”。

国外厂商先行，国内厂商加速追赶。目前，伟世通、大陆、博世和安波福等国外 Tier1 凭借其在智能汽车领域的深耕，已占据了在座舱域控制器市场的主导地位，主要用于日系、德系等车企。而国内如德赛西威、均联智行、东软、诺博科技等 Tier1 厂商也纷纷推出座舱域控制器解决方案，率先在小鹏、理想等新势力国内品牌车企上占得先机。根据高工智能汽车的榜单，诺博科技获得座舱域控制器竞争力排名第一，其 IN9.0 座舱域控制器获得长城等多个定点项目，2021 年出货量预计达到数万套，并将于 2022-2023 年推出 IN NEXT 平台，最大可支持 12 块屏幕，和多路超高清摄像头输入、AR 实景导航等功能；德赛西威作为经营能力第一，其自主研发的智能座舱域控制器先后在瑞虎 8 PLUS、捷途 X90 等车型实现前装量产落地，同时也拿到了一汽丰田、长城、吉利、比亚迪等主流车企的新项目订单。

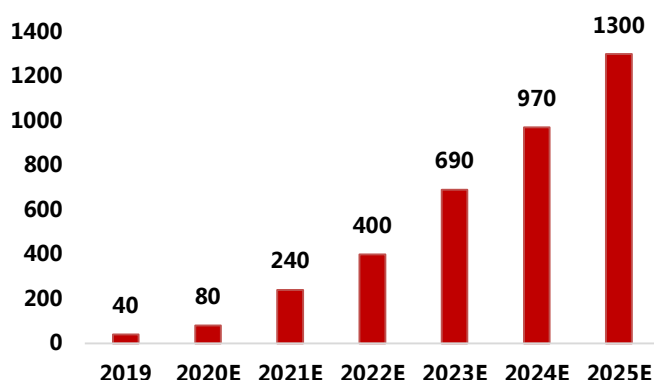
图 48：智能座舱域控制器厂商

域控制器厂商	计算平台	座舱域控制器名称	主要客户
伟世通	高通	Smart Core	吉利、戴姆勒奔驰、东风、广汽
大陆	高通、瑞萨	集成式车身电子平台 (IIP)	/
博世	高通	AI Car computer	通用、福特
Aptiv	英特尔	Intergrated cockpit controller (ICC)	长城、奥迪、法拉利、沃尔沃
电装	高通	Harmony Core	丰田
弗吉亚歌乐	瑞萨 R-Car H3	座舱智能化平台 (CIP)	宝马或大众
松下	高通	SPYDR 3.0	/
航盛电子	恩智浦	智能座舱域控制器	东风启辰
德赛西威	高通、德州仪器	智能座舱域控制器	理想汽车、天际汽车
东软睿驰	英特尔、高通	C4-Alfus/C4-Pro	红旗、星途LX

资料来源：佐思汽研，前瞻产业研究院，民生证券研究院

乘“智能化+网联化”东风，智能座舱域控制器出货量将呈现井喷式增长。智能座舱域控制器由于量产难度小且成本相对可控，且在智能化叠加网联化功能日益成熟下，其出货量将保持高速增长。根据 ICVTank 数据显示，2019-2025 年座舱域控制器出货量复合增速高达 79%，预计 2025 年出货量超 1300 万套。

图 49：全球智能座舱域控制器出货预测（单位：万套）

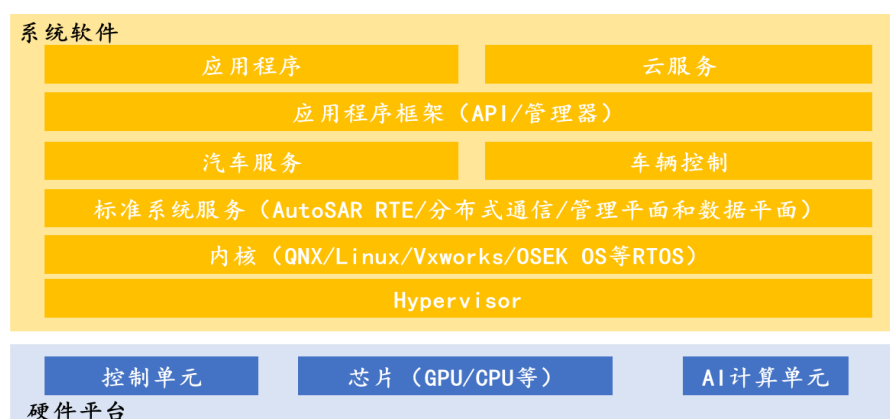


资料来源：盖世汽车，民生证券研究院

2.3.2 软件架构：牟定“生态”，差异化竞争

软硬件加速分离，推动软件架构升级为计算平台。EE 架构向集中式开始演化，域控制器方案的出现，将彻底弱化底层 ECU 的运算能力，将功能的处理统一交付于域控制器进行控制。这一方式的实施，将有利于实现底层资源的标准化、通用化，并进一步降低了软硬件间的耦合度，将解耦范围从应用软件层的分离拓展至整个软件架构，使其独立于硬件之上，发展为由“芯片-Hypervisor-操作系统-中间件-算法”构成的计算平台。

图 50：智能座舱软件架构



资料来源：亿欧智库，民生证券研究院绘制

Hypervisor：实现多个操作系统融合的重要“沟通者”

Hypervisor 承担着分配硬件资源，融合多个操作系统的职责。Hypervisor 运行于硬件设备与操作系统之间，在虚拟化环境中，Hypervisor 可调度 CPU 内核、

外部设备、内存区域等硬件资源，并为每个虚拟机分配不同资源。同时，在 Hypervisor 协调控制下，多个操作系统在硬件方面实现资源共享共用，在软件方面保持独立、互不干涉。即，当其中一个操作系统出现软件出现故障时，其他操作系统仍可继续正常运行。

在智能座舱中，功能的多样化需要不同级别的操作系统支持，如仪表、DMS 等功能需要安全性较高的 QNX 操作系统，而针对信息娱乐功能，则需生态较好的 Android 系统。但由于技术的局限性，不同的操作系统只能分别装置于不同的芯片中，易造成内部功能联动性较差的局面，因此引入 Hypervisor 作为硬件层和操作系统之间的“沟通者”，帮助其灵活配置多个操作系统运行在一个域控制器上，高效地协调座舱内不同功能以提高硬件利用率。目前，常见的 Hypervisor 包括黑莓 QNX、英特尔 ACRN、Mobic 的 XEN、大陆 L4RE 等，其中 QNX 是唯一通过 ASIL-D 的安全合规水平以及预认证水平的管理程序，具有高性价比和高安全性的优势，因此，QNX Hypervisor 逐渐成为市场的主流。

图 51：虚拟化软件厂商对比

虚拟化软件	主导机构	入门费	SoC 芯片	安全等级	典型量产车型	Tier 支持	中国区支持	虚拟化软件
QNX	黑莓	21 万美元	英特尔 A3900 系列、NXP LMX8 系列、高通 820 系列、瑞萨 R-CAR3	ASIL D	路虎卫士、广汽 Aion LX	伟世通、电装、博世、马瑞利	中科创达、南京诚迈	QNX
ACRN	英特尔	/	英特尔 E3900、A3900 系列		长城 F7、红旗、奇瑞星途	三星哈曼、东软、LG	英特尔中国	ACRN
XEN	Linux 基金会等	/	联发科 MT2712		丰田部分低端车型			XEN
COQOS	松下	15 万美元	高通 S8155、NXP LMX8、NXP S32G、瑞萨 R-CAR3	ASIL B	日产部分高端车型	松下、佛吉亚电子		COQOS
L4RE	大陆汽车	/	瑞萨 R-CAR3		大众迈腾等	大陆汽车		L4RE
VOSymonitor	法国 VOSyS	/	联发科 MT2712、瑞萨 R-CAR3、瑞萨 RZ/N10	ASIL C	/			VOSymonitor

资料来源：CSDN，民生证券研究院

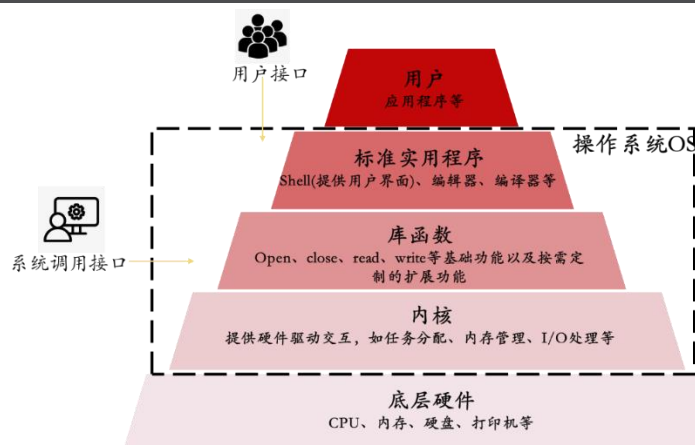
操作系统：智能座舱的生态“定义者”

智能座舱作为“第三空间”的底座，构建起“内外延展”的车机生态。随着汽车在“互联时代-智能时代-AIoT 时代”的不断迭代，其产品属性也将实现从“载人工具”向“移动第三空间”的转变。我们认为，车机生态正迈入“内外延展”的新纪元，其将在应用生态的基础上，具备全面联动的特点，即向外实现车机与 AIoT 终端的广泛互动，对内实现座舱应用（长期还需与 ADAS 联动）的功能，进而给予用户持续升维的使用体验。

操作系统是车机生态的核心。根据智能汽车软硬件架构，车机 OS 作为关键中枢，在设备内外两个维度，均展现出充分的不可替代性：对内，车机 OS 占据着承上启下的地位，其以芯片和域控制器为底层基础，设置相应的内部通信接口，继而在软件请求的驱动下，根据算力的需求，对硬件资源进行相关的调用分配；对外，车机 OS 也为开发者、用户以及外部跨终端间的资源互通提供了信息的出入口和

交换平台，其作为桥梁连接“开发者、用户和 AIoT 终端底座”，打通三者之间的底层信息屏障，使其具有集“开发平台、用户窗口和信息集汇中心”的三重功能定位，从而为车机向全场景生态融入带来可能。

图 52：操作系统架构



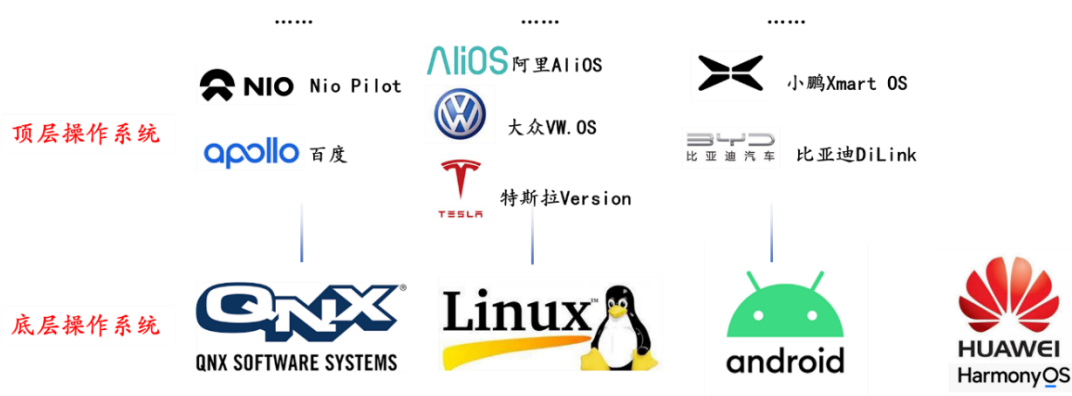
资料来源：《操作系统》，民生证券研究院

车机 OS 若按照层级的划分，可进一步分为：底层车机 OS 和顶层车机 OS。

其中，**底层车机 OS**：从内核到组件均全新打造的操作系统，如 QNX、Linux、安卓、鸿蒙等；**顶层车机 OS**：在底层操作系统上进行二次开发的系统，如特斯拉 Version，小鹏 Xmart OS，蔚来 OS 等。

底层车机 OS 把握内核，成为各类操作系统的“基石”。在操作系统架构中，内核提供了最为基础的功能，即对内负责协调进程和管理软硬件资源，对外提供接口以实现交互，从根本上决定了系统的性能和稳定性。结合上文中的分类，底层车机 OS 是从“内核到组件”都进行了重塑，顶层车机 OS 则是沿袭了底层操作系统的内核，仅对应用程序框架层或 UI 界面进行修改，保留了原有系统的主要功能和特性。因此，**底层车机 OS 把握内核成为各类操作系统的“基石”，较顶层车机 OS 更加具备主导作用。**

图 53：操作系统架构



资料来源：民生证券研究院绘制

为缔造“第三空间”下的车机生态，底层车机 OS 需具备开放性、安全性两大重要特征：

1) 开放性：对外，车机将不再局限于与手机端的连接，而是将“互联”的枝蔓伸向路端、家电、可穿戴设备等各类 AIoT 终端延伸，以实现“个性化、集成化”的生活、工作、娱乐服务输出，而若要实现车机和各种 AIoT 间的全面兼容、联动，则需要底层车机 OS 与物联网 OS 打通/合并。对内，底层车机 OS 为信息娱乐服务、车内人机交互、多源信息融合提供平台，因此其底层系统应具备开源开放的特性，为用户提供集“工作-娱乐-生活”的丰富应用，带来“千人千面”的个性化体验；

2) 安全性：车机 OS 为座舱软硬件提供运行环境，需降低其自身漏洞水平，提高其信息安全防护性；而对于仪表等承载安全数据的组件，车机 OS 需提供稳定的、高度安全的管理保障，响应智能汽车行驶安全的要求。

在开放性层面，Linux、安卓、鸿蒙具备得天独厚的优势，QNX 略显逊色。

其中，Linux 在基于“宏内核”与“开源”两大特点下，天然具备了极高的灵活性与开放性，但在移动端的“缺席”，致使其缺乏相关的“软件储备”，应用生态并不完善，多需主机厂二次开发或适配；**安卓**在 Google 开源战略下，系统开放性强，加之其在移动端的软件积累，致使其应用生态丰富，这也吸引自主品牌、造车新势力、第三方服务商依托其国内成熟的应用生态，多基于安卓定制车机 OS，例如吉利 GKUI、蔚来 NIO OS、百度车联网等；**鸿蒙**在基于“多内核架构”，即，由华为自研微内核、部分 Linux 宏内核、LiteOS 内核构成的多个内核设计，使得其自身拥有无与伦比的 AIoT 终端连接能力，并且其“开源”属性也吸引开发者帮助鸿蒙逐步构建成熟生态。相比之下，QNX 作为闭源系统，其底层代码的开放度相对较弱，软件开发的“重担”均落在黑莓公司与部分授权公司身上，致使开发者人数相对缺乏，生态建设也较为闭塞。根据黑莓官方统计，QNX 车载程序数量在 270 个左右，虽然数量在不断增长，但是相较于安卓数十万的软件应用，其应用数量目前仍差距较大。

表 2：国内安卓车企车机应用对比

车机 OS	比亚迪 DiLink	吉利 GKUI	蔚来 NIO OS	小鹏 Xmart OS	理想 One
导航	可自由下载 APP	高德地图	百度地图	高德地图	高德地图、腾讯地图
信息娱乐	可自由下载 APP	酷我音乐 喜马拉雅	QQ 音乐、爱奇艺、 喜马拉雅	基本覆盖	QQ 音乐、爱奇艺、 哔哩哔哩等
游戏	可自由下载 APP	无	无	提供部分游戏	无
应用商城	有	无	无	有	无

资料来源：42 号车库，各公司官网，民生证券研究院

在中控仪表、行驶数据保驾护航的安全稳定指标上，QNX、鸿蒙等具备一定的卡位性优势。车机 OS 的安全性包含两点，即中控仪表稳定性、系统漏洞防护性：一方面，汽车中控仪表需稳定运行，即在长时间驾驶过程中，中控仪表不会卡顿闪退、崩溃死机，保证正常运转；另一方面，汽车朝智能化、网联化方向发展，导致汽车代码量激增达到“亿级”规模，操作系统漏洞数量也随之激增，车机 OS 需加大自身信息安全防护力度。在这些底层车机 OS 中，由于 QNX、鸿蒙采用微内核架构，天然地具备了高安全性和高稳定性的特点，而 QNX 系统完全封闭，系统漏

洞较少，被攻击的风险相对较低，安全性更优；而与 QNX 相比，Linux 与安卓均采用了宏内核架构，用户服务和内核服务均运行在相同的地址空间内，并开放了最高系统权限，这将导致单一用户服务的出错会致使整个系统崩溃的问题，系统稳定性较差，同时其底层开源，系统漏洞数量也相对较多，处于较高的暴露风险之中。根据 CVE Details 的统计，2021 年安卓和 Linux 系统漏洞数量分别达 3795 和 2704 个，而 QNX 则不足百个，并且还有国际功能安全 IEC 61508 为其背书，软件安全等级高达 SIL3 级别。

图 54：微内核和宏内核架构对比

类别	微内核	宏内核
基本概念	用户服务和内核服务运行在不同地址空间中	用户服务和内核服务运行在相同的地址空间中
尺寸	比较小	较大
执行速度	较慢	快
可扩展性	容易扩展	不容易扩展
安全性	单个服务崩溃不影响全局	单个服务崩溃往往意味着整个系统崩溃
代码开发	需要开发的代码量大	平台提供的代码多，相对需要开发的代码量少

资料来源：CSDN，民生证券研究院

图 55：功能安全等级分类

高要求或连续操作模式（每小时危险失效概率）	
安全完整性等级（SIL）	执行仪表安全功能的目标危险失效概率
4	$\geq 10^{-9} \sim < 10^{-8}$
3	$\geq 10^{-8} \sim < 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-7} \sim < 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-6} \sim < 10^{-5}$

资料来源：功能安全技术基础，电子发烧友网，民生证券研究院

车机 OS 作为车机生态的核心，其产品的创新将是主机厂实现差异化竞争的重要砝码。由于车机 OS “生态中枢”属性的重要性凸显，具备软件实力的主机厂纷纷选择基于底层 OS 进行二次研发，意图为把握“流量入口”，搭建自身车机“生态王国”。而根据改造程度的不同，顶层车机 OS 主要分为定制型操作系统和 ROM 型操作系统，其中，**1）定制型操作系统**：在基于基础型操作系统下，进行深度定制化开发，如修改内核、硬件驱动、应用程序框架等。如大众 VW.OS、特斯拉 Version、AliOS 等；**2）ROM 型操作系统**：在基于 Linux、Android 等基础型操作系统下，仅修改更新操作系统自带的应用程序进行有限的定制化开发，例如吉利 GKUI、蔚来 NIO OS 等。

图 56：顶层车机 OS 对比

类型	操作系统	系统基础	主要合作主机厂
定制型	大众 VW.OS	\	自主研发
	特斯拉 Version	Linux	自主研发
	AliOS	Linux	上汽、东风雪铁龙、福特
ROM 型	谷歌车载 Android	Android	沃尔沃、雷诺、日产、三菱联盟等
	比亚迪 DiLink	Android	自主研发
	蔚来 NIO OS	Android	自主研发
	小鹏 Xman OS	Android	自主研发

资料来源：亿欧智库，民生证券研究院

中间件：负责应用软件之间的通信及底层资源的“调度者”

中间件隔离了底层硬件与应用层，成为软硬件解耦的关键角色。中间件作为独立于操作系统之上，应用软件之下的标准软件框架，包含了计算资源与网络通信协议栈。其通过对传感器、计算平台等资源进行抽象，对算法、子系统、功能采取模块化的管理，为用户提供统一接口，帮助其灵活、高效地开发和集成复杂的应用软

件。对于主机厂来说，其通过中间件可将不同的硬件配置进行统一的定制化开发，然后根据需求进行应用层的拓展，以此来提高上层软件开发效率。

AutoSAR 作为中间件方案的“明星产品”，为适配集中式架构的高算力需求，逐渐向 Adaptive AutoSAR 迭代。 AutoSAR 是由丰田、宝马、大众、福特、戴姆勒、通用、博世和 PSA 等汽车巨头在 2003 年成立的联盟，旨在为汽车 ECU 提供标准化的开放软件架构。而为了应对集中式架构下所需的高性能配置，其架构也将从最初的 Classic AutoSAR 进一步扩展为 Adaptive AutoSAR，用于协调在异构软件平台下各域间的信息交互，以支持用户应用程序的动态部署，并为后续汽车架构向 SOA 迭代制定标准。目前，AutoSAR 解决方案厂商包括博世、大陆、西门子、Wind River、Vector、KPIT 等国外厂商，国内主要有中科创达、东软睿驰、诚迈科技、华为、未动科技等多家软件供应商基于 AutoSAR 架构提供具有差异化的中间件解决方案。

图 57：各厂商中间件产品对比

厂商	中间件产品	产品描述
	基于 NeuSAR 平台可兼容最新版 AutoSAR 标准的软件中间件	✓ 持续适配不同指令集的硬件平台 ✓ 具备针对不同软件架构平台的抽象能力 ✓ 跨域中间件融合 AUTOSAR AR/CP 系统，给应用提供统一的操作视图
	华为自研的越影操作系统，兼容 Autosar 标准的软件中间件	✓ 越影 OS 微内核与 Linux 兼容的 ✓ Linux 系统下开发的自动驾驶业务可在 MDC 软件平台直接运行 ✓ 自适应软件组件（自研）兼容 AUTOSAR，用于软硬件耦合 ✓ AI 算力库兼容 TensorflowCafe 等深度神经网络学习的中间件，内涵多种 AI 模型
	高安全高性能的自动驾驶中间件	✓ 支持满足 POSIX 标准的多种操作系统，可移植到不同架构的处理器平台 ✓ 满足 ASIL-D ✓ 车载中间件产品基于 Adaptive AutoSAR 架构通过 Rust 语言所实现 ✓ 截至 2022 年底，已获得 10 家主机厂、30+ 款车型项目定点，预计未来 5 年交付总量 150 万台
	自动驾驶软件平台 MotionWise	✓ 包含 MotionWise 服务和第三方软件 stack 的集成解决方案 ✓ MotionWise 运行于多主机环境，Safety Host 通常运行 Classic，AUTOSAR，Performance Host 运行 POSIX 操作系统 ✓ MotionWise 支持的 Safety Host 安全等级可以达到 ASIL D 等级 ✓ 全球已有 25 个以上搭载 TTTech MotionWise 产品的车型开始量产

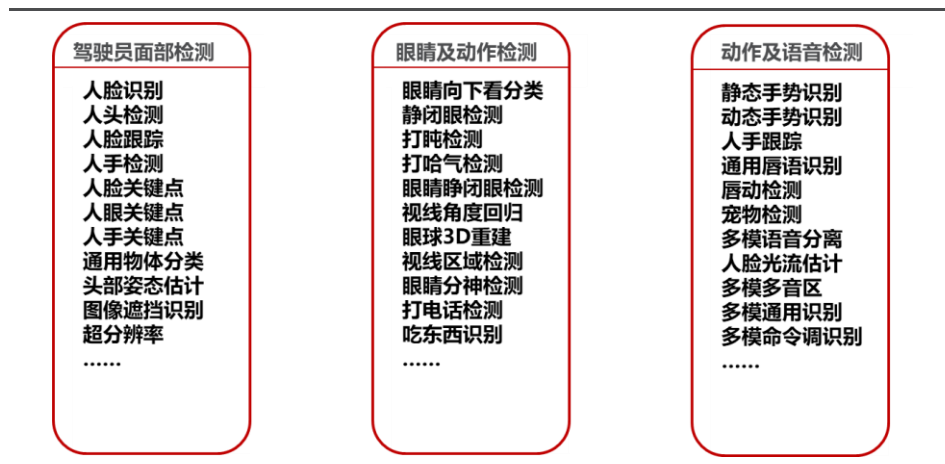
资料来源：亿欧智库，民生证券研究院

算法模块：主机厂进行差异化竞争的焦点

智能座舱算法主要分为四类：1) 驾驶员面部识别类：包含人头识别、人眼识别、眼睛识别等；**2) 驾驶员动作识别类：**手势动作识别、身体动作识别、嘴唇识别等；**3) 座舱声音识别类：**前排双音区检测、声纹识别、语音性别识别/年龄识别

等；4) **座舱光线识别类**：座舱氛围灯、座舱主体背景、座舱内饰等。并且，随着智能化、差异化的升级，对应的算法模块将进一步增加。根据焉知的预计，2022年，约有150个算法驱动300个以上的场景应用，到2023年，开发者生态建立后，第三方感知将大幅增加。

图 58：智能座舱算法



资料来源：焉知，民生证券研究院

在智能座舱集成多样化的场景性需求下，其将更聚焦于为用户提供多模态的交互方式。我们以交互算法为例，其中包括了，语音交互、动作识别（手势、姿态等）、生物识别（人脸、指纹等）、行为识别（如DMS）等。而相较于其他交互模式，语音交互已实现了从单一模态向多模态的延伸，且完成了被动式向主动式的转换，其技术能力更趋于成熟。2017年，Google就表示其语音识别的准确率已达到95%的水平，而科大讯飞语音识别的准确率也于2018年超过了98%。目前，各大厂商的语音交互技术，如Google Now、百度语音、微软Cortana等已广泛应用到汽车行业中。同时，科大讯飞也于2018年颁布了其“AI+V2H”方案，在基于其语音交互技术及AI能力下，综合多种内容生态及出行生态，形成了人、车、家之间跨场景的智能交互闭环。在供应商方面，目前科大讯飞具备相对优势。

图 59：智能座舱算法供应商

智能座舱算法	供应商
语音交互算法	蓦然认知、思必驰、科大讯飞、出门问问、云知声、百度语音、灵云、阿里云、同行者、腾讯车联、声智科技、Cortana、Google Now、alexa、ClearVoice、SoundHound、Nuance、晋强信息
生物识别交互算法	OSRAM、DeepBlue、科大讯飞、瀚海新能源、商汤科技
手势交互算法	宝马、拜腾、谷歌、奥迪、福特、大众、现代、起亚、江淮
驾驶行为识别算法（如DMS）	EyeSight、SmartEye、FotoNation、Seeing、Machine、虹软科技、中科创达、锐明技术、鸿泉物联

资料来源：北京智源大会，盖世汽车，亿欧智库，民生证券研究院

HMI：软件架构设计成长的第二曲线

交互功能作为座舱智能化的起点，不再局限于“大屏化”、“联屏化”的屏幕界面交互设计，而是逐渐渗透至座舱的功能集，进行一体化交互体验的升维。基于此，HMI 作为用户与车机系统之间交互的媒介，囊括了 UI（界面设计）和 UX（用户体验）两大“秘密武器”。其中，UI 是针对中控、仪表等屏幕的界面，以及车载信息娱乐系统中 APP 的显示等图形设计；UX 则是侧重于座舱内功能逻辑设计，以保证功能产品的易用性与流畅性。

HMI 交互界面产品由硬件和软件两部分组成：**1）硬件：**由处理器、显示单元、输入单元、通讯接口、数据存贮单元等部件组成，而处理器的性能决定了 HMI 产品的性能高低，是 HMI 的核心单元，并根据 HMI 的产品等级不同，处理器可分别选用 8 位、16 位、32 位、64 位的处理器；**2）软件：**HMI 软件包含运行于 HMI 硬件中的系统软件，以及运行于 PC 机操作系统下的画面组态软件。使用者都必须先使用 HMI 的画面组态软件制作“工程文件”，再通过 PC 机和 HMI 产品的串行通讯口，把编制好的“工程文件”下载到 HMI 的处理器中运行。同时，用户在使用 HMI 期间所产生的行为数据，将通过云端建立识别模型，并不断循环迭代提高识别准确率，比如语音语义理解、手势识别等，用户使用体验将愈加良好。

对于主机厂来说，人车交互的差异化设计仍是待开掘的“风水宝地”，而在此背后则是来自 HMI 开发工具的支撑。车载 HMI 的智能化应用最初在高端市场落地，其中液晶仪表是车载 HMI 系统首先落地的部分，如雷克萨斯新一代 LS500 配备了 12.3 英寸的中控屏和 24 英寸的抬头显示仪，而随着 HMI 产品的成熟，未来 HMI 应用将逐渐从高端车型向 10W+ 的中低端车型渗透。**目前，主机厂在 HMI 产品开发方面，主要有两种模式：****1）合作：**主机厂采用传统 Tier1 厂商提供的软硬件解决方案进行开发；**2）自研：**主机厂根据 HMI 开发工具商所提供的工具链来搭建自己的 HMI 开发平台和框架。但由于采取主机厂与 Tier1 合作的模式易存在系统更新滞后，更新迭代的测试复杂度较高等问题，因此，我们判断，未来大部分主机厂或将走向自研道路。

操作系统和 HMI 集成软件成为主机厂实现 HMI 产品自研的“左膀右臂”。其中，对于操作系统来说，汽车产品的 HMI 设计实现侧各大主机厂对于自身产品的综合考虑都不尽相同，具体需要根据不同的座舱部件进行搭配。如，仪表安全级别是最高的，且国际 IEC61508、ISO26262、EN50128 都对此进行了相关规定，目前主流操作系统为 QNX；中控大屏相比仪表安全级别相对较低，多采用 Linux、Android 操作系统。对于 HMI 集成软件来说，主要为嵌入式 HMI 系统，能够解决众多图形化用户界面分化的问题，帮助主机厂专注于 HMI 功能的差异化设计。基于此，HMI 工具对于不同操作系统的适配性与 HMI 集成软件能力成为主机厂自研 HMI 产品的核心突破口。

HMI 开发工具市场参与者众多，国内市场被中科创达 (Kanzi) 占领。目前，HMI 设计工具的主要玩家包括中科创达 (Kanzi)、Qt、Elektrobit、Altia、CRANK、Epic Games、Unity 等。其中，中科创达通过收购 Kanzi 切入该领域，Kanzi One 是全球首个与安卓完全兼容的汽车 HMI 工具链，目前 Kanzi 全球市场份额高达 40% 以上；Qt 的产品使用范围很广，涉及汽车、医疗、消费电子等诸多领域的 HMI 设计，提供了库，工具，硬件适配和现成的解决方案的全面基础架构，支持任何平台；Elektrobit 致力于为汽车行业提供嵌入式互联软件产品和服务的全球性供应商，HMI 方面的产品主要为 EB GUIDE 工具链。同时，某些游戏科技的 HMI 设计公司也正向车载市场进发，如 Epic Games 旗下的 Unreal Engine、Unity 等均加速布局车载市场。

图 60：HMI 厂商对比

企业名称	最新HMI产品	发布日期	主要新增功能及亮点
中科创达	Kanzi One	2021.09	①与安卓操作系统完全兼容②提供3D图形渲染③一体化工具链④增加kanziVR测试验证功能⑤增加活动管理(Activity)系统活，简化开发流程
CANDERA	CGI Studio 3.10	2021.06	①增加Smart Importer，无论编程算法是什么，可快速创建HMI，可将图形直接转换成HMI，允许如PSD、Sketch或AxureRP等直接导入；②增加日文界面；③增加一个新的菜单列表控件。允许用户为其HMI应用程序创建菜单等；④增强的CanderaLINK远程服务；⑤扩展硬件支持，新增支持Infineon
Altia	Altia Design 13.2	2021.05	①动态列表对象；②彩色表情符号；③拖放④3D混合模式；⑤暗模式；⑥9-Slice Image Scaling
Elektrobit(EB)	EB GUIDE 6.11	2021	使用语音、触摸和手势控制功能实现直观的图形化2D或3D用户界面的HMI开发平台
Qt	Qt6.1	2021	是一个框架，一个代码库，支持任何平台
Qt	Qt Design Studio 2.1	2021.04	设计及开发人员均可使用，支持Qt6.0及以后版本

资料来源：佐思汽研，民生证券研究院

3 决战自动驾驶元年：“感知-决策-执行”的解构

3.1 自动驾驶：第三空间下的“隐形司机”

自动驾驶：百年汽车工业的“升维”攻坚战。在自动驾驶时代中，汽车已不再只是交通工具，而是用户的“第三空间”。高等级自动驾驶意味着手、脚、眼和注意力将逐步被解放，从“机器辅助人开车”（L2）到“机器开车人辅助”（L3），再到“机器开车”（L4/L5）意味着车主的生产力、时间的释放，汽车将不再只是代步工具，用户在车内即可实现娱乐和办公，汽车有望进化成为家庭、办公场所之外移动的“第三生活空间”。

自动驾驶被重新被定义，L3 是自驾能力的分水岭。结合美国 SAE 以及我国工信部下发的《汽车驾驶自动化分级》，自动驾驶是指汽车本身能够持续地执行部分或全部动态驾驶任务，使得驾驶的角色从人转移到自动驾驶系统。根据系统完成驾驶任务的程度、角色分配以及运行范围限制，又将驾驶自动化分成 0-5 级。其中，从全球范围而言，当前大规模量产的车型仍搭载 L2 级别以及 L2+ 的系统，L4 级别目前处于测试、或在限定区域限定人群的小范围应用阶段，而处于过渡阶段的 L3 级自动驾驶系统标志着驾驶权正式从人移交到自动驾驶系统，成为自驾能力的“分水岭”。但是，L3 级自动驾驶技术受到技术、法规等制约，目前仍未能大规模量产落地，仅搭载在小批量车型之上，或者部分 L3 级别功能在 L2+ 的车上体现。

图 61：驾驶自动化等级与划分要素

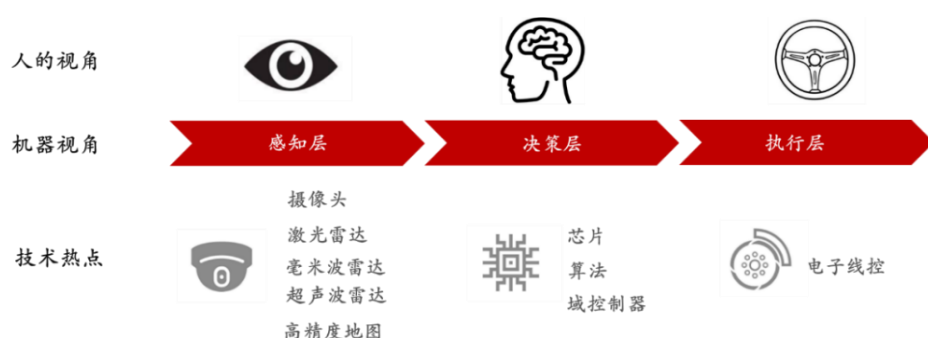
	L0 完全人类驾驶	L1 辅助驾驶	L2 部分自动驾驶	L3 有条件的自动驾驶	L4 高度自动驾驶	L5 完全自动驾驶
驾驶员	 必须完成所有驾驶操作。	 必须完成所有驾驶操作，但在某些情况下能够获得辅助。	 车辆可以承担一些基本的驾驶任务，但驾驶员必须随时准备接管车辆。	 当功能请求时，驾驶员必须接管车辆。	 当系统无法继续运行时，驾驶员需要在接到通知后接管车辆。	 无需驾驶员，方向盘可有可无。坐在 L5 级别的自动驾驶汽车中，每个人都是乘客。
车辆	仅能对驾驶员的指令做出响应，但可以提供有关环境的警告。	可以提供诸如紧急情况下自动制动或车道偏离修正等基本辅助功能。	在某些特定情况下，能够自动转向、加速和制动。	在某些特定情况下，可完全自动转向、加速和制动。	可在大多数情况下承担全部驾驶任务，而无需驾驶员干预。	能够在所有情况下承担全部驾驶任务，无需驾驶员干预。

资料来源：电子工程专辑，民生证券研究院

“感知-决策-执行”的解构，车载传感器（眼睛）与计算平台（大脑）成为自驾关注焦点，率先放量引领行业发展潮流。在自动驾驶中，车辆以“数据获取-分析判断-执行指令”为主轴，通过感知层采集路况数据并提供数据分析样本，解决“周边环境如何？”、“我在哪？”的问题，之后决策层对采集的数据进行集中化处理并计算出最优行为路径，判断出“周边环境接下来要发生什么变化”、“我该怎么

做”，最终将决策层处理意见落实至动力系统，并转化至实际车辆行为的执行层。其中，感知层作为自动驾驶功能的认知起点，直接体现了整车硬件的感知性能和智能化水平，而随智能汽车架构由分布式-（跨）域集中-中央计算平台架构演化，决策层的运算能力和运算效率也将面临全面的“升维”要求，成为主机厂产品差异化的直接看点。我们认为，车载传感器（眼睛）与计算平台（大脑）或将率先放量，成为智能汽车产业链中最先受益的板块。因此，我们将以其中的核心技术框架及关键组成部分为切入口，对由此延伸出的未来发展趋势和格局影响因素进行分析探讨。

图 62：自动驾驶技术框架



资料来源：民生证券研究院绘制

3.2 感知层：自动驾驶之眼

智能传感器是感知层的核心组成，由其获取的数据是自动驾驶系统的“认知起点”。感知层主要是通过传感器，即摄像机、激光雷达、毫米波雷达等，代替人的“视觉”和“听觉”，以采集周围行驶环境信息和车内信息，并在高精度地图及定位的辅助下获取系统地理位置，实现环境感知、车身感知。自动驾驶系统通过感知获得众多原始数据，形成“认知起点”，即整个自驾系统以此为“基石”，进行信息的处理、决策、执行，最终实现自动驾驶的功能，而在整个感知环节中，传感器承担着采集原始数据的职责，各司其职构筑起“感知防线”，在整个自动驾驶环节中占据了举足轻重的地位。

3.2.1 不同内核路线下的“华山论剑”

两大感知路线的角逐：摄像头视觉派 VS 激光雷达融合派。当前，根据主导传感器类别的不同，较为主流的感知路径可分为两类：一、是以摄像头为主传感器的视觉派，以高清摄像头获取的路况图像为核心信息，配以毫米波雷达、超声波雷达等，通过高强度、高效率的算法逻辑，构建基于纯视觉效果的路况模型，因传统视觉算法成熟，并且成本较低，现已成为了 L0-L2 级别 ADAS 的主流选择；二、是融合感知的激光雷达派，其以激光雷达捕获到的路况云点图为主干，辅以摄像头、毫米波雷达、高精度地图等组件的补充信息，将多组传感器数据进行融合以进一步获取更具安全冗余的路况信息，其因超强的感知能力，多为 L2 级别以上自动驾驶

的发展方向。

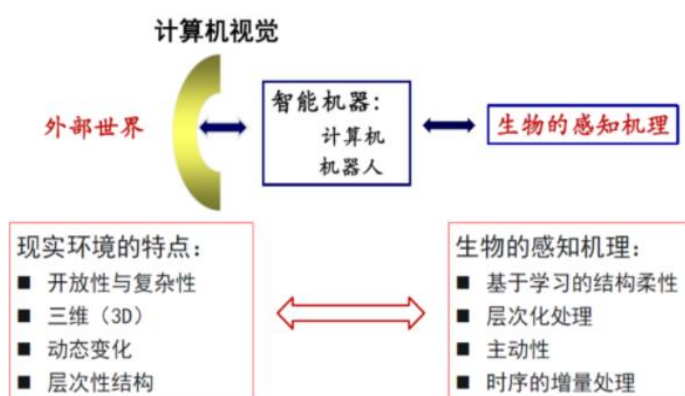
图 63：摄像头视觉派 VS 激光雷达派路获取数据图



资料来源：车云网，民生证券研究院

摄像头视觉派“轻感知，重算法”，核心在于视觉算法的准确性和高效性。简单来说，摄像头视觉派的本质，是以摄像头作为感知核心，并搭配毫米波雷达（可选）、超声波雷达辅助，来获取路况的图像信息。需要注意的是，由于该路线受制于摄像头在深度信息、细节感知的缺陷，需要在数据处理端利用精确的算法将多组图像信息转化为距离（深度）、高度、尺寸等指标性数据，并进行 3D 建模，再将该模型以机器语言形式向决策层进行传导，才能最终弥补在感知能力上的不足，实现整体性能的增强。

图 64：以感知算法处理为核心的纯视觉方案



资料来源：CSDN，民生证券研究院

纯视觉方案的成本优势显著，短期主宰 ADAS 市场，但是长期受制于感知缺陷产生的“安全陷阱”。从短期来看，成本是摄像头视觉方案的核心优势。综合产业链调研和电子发烧友的资料，单个摄像头售价约在 50 美金左右，显著低于激光雷达。同时，视觉算法也相对成熟，主机厂可采用自研或依靠方案商的“一体化”解决方案，以较低的成本即能实现如自动泊车、自适应巡航等 ADAS 功能，因此受到主机厂的青睐。但从长期看，摄像头图像的清晰度极易受到天气、光线等多重外界条件的限制，这对感知数据的准确性造成极大的影响，或将致使感知算法在各

类极端场景中存在较高的“失灵”概率。

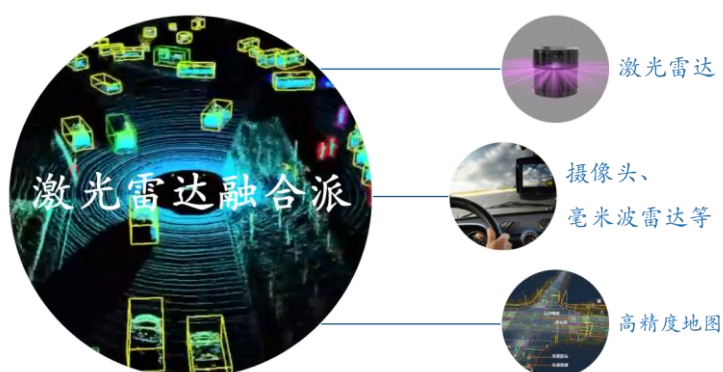
表 3：摄像头视觉派与激光雷达融合派的成本对比

	传感器	平均成本（美元/个， 2021 年）	L2+/L3 平均单车配置数 量（个）	感知系统成本（美元）
摄像头纯视觉派	摄像头	65	8	664
	超声波雷达	12	12	
激光雷达融合派	摄像头	65	8	2114+
	超声波雷达	12	12	
	毫米波雷达	90	5	
	激光雷达	1000+	1	

资料来源：电动汽车百人会，禾赛科技，特斯拉，盖世汽车、民生证券研究院

与摄像头视觉派相对应，激光雷达融合派“重感知，轻算法”，即通过构建极致的感知能力，剑指高阶自动驾驶。相较于摄像头视觉派，激光雷达融合派在自身能力、辅助工具、传感器融合加持下，将重心前移至绝对感知能力的提升上。首先，激光雷达与摄像头在“信息捕捉”上的原理不同，激光雷达可直接构建周围环境信息的 3D 云点图，以达到对于动态障碍物的监测能力，并具备较高的数据可视化程度以及感知精度；其次，在高精度地图的辅助下，该路线利用高精地图对路况进行“提前测绘”和“实时更新”，强化了自动驾驶的“记忆”属性，以保证系统在陌生路况下都具备提前感知和预测的能力；再者，采用激光雷达并不意味着抛弃原有的传感器，而是以激光雷达 3D 云点图为主导，增加高精地图的“桥梁”，再综合搭配摄像头、毫米波雷达、超声波雷达、红外装置等传感器，将所有的感知数据进行汇总融合，以实现路况的全感知，从而提供充足的安全冗余。

图 65：激光雷达融合派感知能力



资料来源：CSDN，民生证券研究院

短期而言，激光雷达因成本受限多搭载于高端车型，但长期看有望实现下沉。机械式激光雷达价格普遍较高，如 Velodyne 的 64 线式、禾赛科技的机械式分别为 8 万美元、10 万元，因而主要应用于测试车辆。而量产的乘用车多搭载半固态/固态激光雷达，虽然其价格有所下降（1000 美元左右），但因视场角（FOV）有限导致总体配置个数提升，使得整体成本依旧高居不下，如智己 L7、威马分别搭

载了 2、3 颗速腾聚创激光雷达，本田 LEGEND 甚至搭载 5 个激光雷达。因此，相较于摄像头而言，激光雷达的高昂成本使得中低端车型难以承担，目前多搭载于高端车型。但是我们认为，未来随着激光雷达价格的下探，其将向中低端车型逐步实现渗透。

图 66：激光雷达搭载车型情况

品牌/车型	售价	厂商	数量
本田Legend	超40万元	-	5
奔驰S级	百万元级	Valeo	1
奥迪A8	百万元级	Valeo	1
小鹏P5	19.99-22.39万元起	大疆Livox	2
蔚来ET7	44.8-52.6万起	Innovusion图达通	1
高合HiPhi Z	-	禾赛科技	1
理想X01	约50万元起	禾赛科技	-
智己L7	40.88万元起	速腾聚创	2
威马M7	-	速腾聚创	3
广汽埃安 LXPlus	28.66万元-45.96起	速腾聚创	3
极狐阿尔法S 华为Hi版	38.89-42.99万元起	华为/速腾聚创	3
沙龙机甲龙	48.8万元	华为/速腾聚创	4
阿维塔11	-	华为/速腾聚创	3

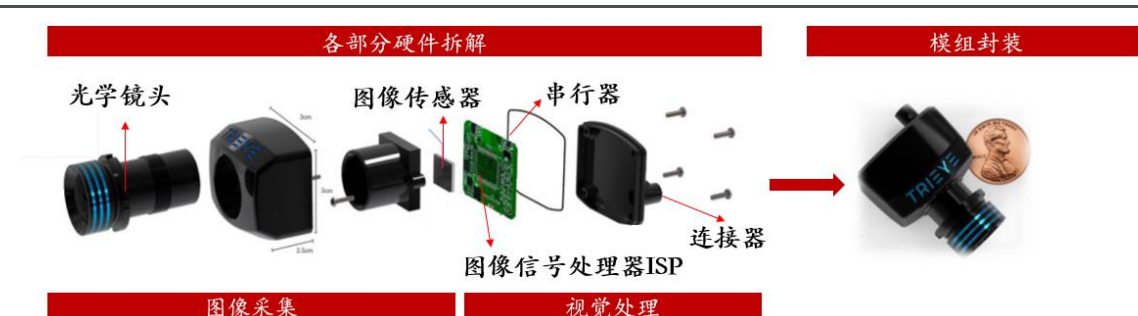
资料来源：各公司官网，民生证券研究院

3.2.2 视觉派：以“视觉”为名，部署迎来量价齐升

车载摄像头是视觉派的“核心”。正如上文所述，以特斯拉为首的视觉派认为，智能汽车应当仿照人类驾驶时的“眼睛-大脑”模式，由摄像头完成环境感知，经系统分析处理后，从而计算出周围的车辆、道路等信息，实现自动驾驶的功能。因此，摄像头作为其“首要”传感器，成为视觉方案的核心。

车载摄像头主要实现了“图像采集”和“视觉处理”两大功能。从结构来看，车载摄像头主要由镜头、图像传感器、图像信号处理芯片和串行器等组成，其工作原理为，通过镜头捕获目标物体的光信号，经由图像传感器转化为电信号，以实现图像采集功能，再由图像信号处理芯片进行图像数据的加工处理，转变为特定格式后，再由串行器传输到中央计算单元后由显示屏实现最终的输出。

图 67：车载摄像头各部分拆解



资料来源：TriEye，民生证券研究院

车载摄像头功能、位置多样，各司其职共筑视觉感知。按功能可主要划分为感知摄像头(ADAS 摄像头)和影像摄像头；按位置划分则可分为前视、侧视、后视、环视和内置摄像头。其中：

前视：安装在前挡风玻璃上，视角 45°左右。功能：前车防撞预警、车道偏离预警、交通标志识别、行人碰撞预警；

后视：安装在后尾箱上，实现泊车辅助。功能：倒车影像；

侧视：安装在后视镜下方部位。功能：盲点监测；

环视：在车四周装配四个摄像头进行图像拼接以实现全景，加入算法可实现道路感知。功能：全景泊车；

内置 DMS：安装在车内后视镜处监测司机状态。功能：疲劳提醒。

表 4：摄像头分类

	摄像头类型	Model Y 配置数量	Model Y 配置位置	功能
位置分类	前视摄像头 (广角长焦)	3	挡风玻璃后视镜	乘车侦查、夜视、疲劳驾驶检测
	前置侧视摄像头	2	B 柱车身两侧	盲区检测、环视
	后置侧视摄像头	2	两侧前轮胎侧后方	盲区检测、环视
	后视摄像头	1	车尾 LOGO	辅助泊车、车道偏离语境
功能分类	感知摄像头	7	车前及车侧	主动感知捕获路况信息，如车道、信号灯、道路标志检测等
	影像摄像头	1	车尾	被动感知，多用于自动泊车、并线辅助等

资料来源：特斯拉官网，民生证券研究院

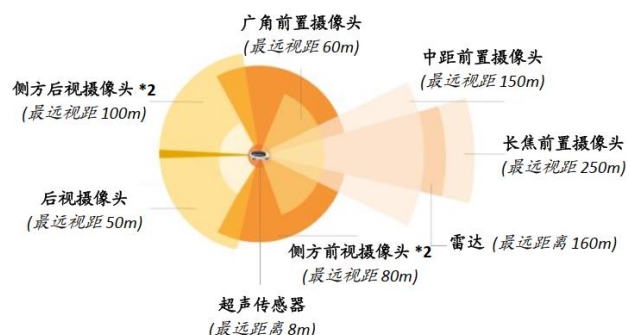
我们认为，摄像头作为最成熟的车载传感器，或将迎来高速发展的“黄金时代”。在此期间，其定位将由原先的“图像采集+视觉处理”转变为“专攻图像采集”，朝着“去芯化、高清化”演变。具体来看，在数量上：汽车智能化的浪潮将推升车载摄像头的搭载量；在价格上：在中短期内，因集中化架构的延展导致的“去芯化”或将带动其价格有所下降，但长期看，借由“高清化”或仍将推动其价值再度升维。

数量：智能化将推动单车摄像头的搭载量激增

摄像头的单车搭载量将不断提升，出货量也将进入快速增长期。摄像头作为视觉感知的核心，受益于自动驾驶需求的推动，单车搭载量将不断提升。以特斯拉的 Model Y 为例，其搭载了 8 颗摄像头，大致分布为 3 枚前向镜头、4 枚侧向镜头、1 枚后向镜头，而其他主流主机厂的自动驾驶车型也均配置 5-15 颗不等数量的车载摄像头用以辅助感知。根据 Yole 统计，**2018 年全球汽车平均每台搭载摄像头的数量为 1.7 颗，预计到 2023 年有望增加至 3 颗左右，CAGR 达 12%；而高端车型的单车摄像头搭载数量从 2014 年的 5 颗提升到 2020 年的 8 颗，预计到 2024 年将超过 11 颗。**与此同时，单车搭载数量的提升也带动了其出货量飞速增

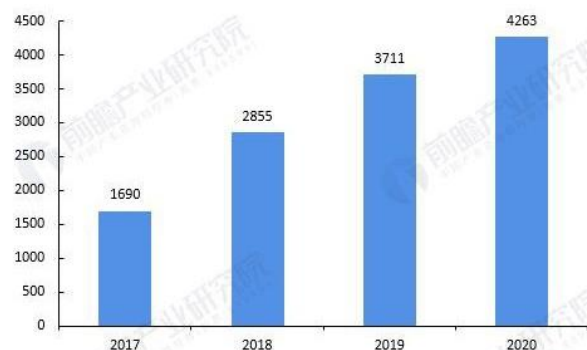
长，根据 ICVTank 数据显示，我国车载摄像头出货量由 2017 年的 1690 万枚提升至 2020 年的 4263 万枚。

图 68：Model Y 配置情况



资料来源：特斯拉官网，民生证券研究院

图 69：我国车载摄像头出货量



资料来源：前瞻产业研究院，民生证券研究院

短期而言，供给端在差异化的需求，将带动单车搭载量快速提升。从各车企最新车型的搭载方案来看，单车搭载摄像头数量均高于特斯拉的 8 颗，多数已超过 10 颗，甚至搭载激光雷达的车型也并未减少摄像头配置数量。比如，蔚来 ET7 共搭载了 11 颗摄像头，小鹏的 G9 车型预计将搭载 12 颗摄像头，极狐搭载了 13 颗摄像头，极氪 001 更是搭载了 15 颗摄像头。我们认为，在此现象的背后，是特斯拉等造车新势力打乱了传统车企的节奏，倒逼车厂在新车设计上进行智能化革新，而摄像头作为单体价值较低，却又具备明显感知能力的硬件脱颖而出，成为了各大主机厂体现其智能化、差异化的直观观点。

图 70：各家车企的车载摄像头搭载情况

主流车型	型号	上市时间	摄像头总数量	主流车型	型号	上市时间	摄像头总数量
蔚来	ET7	2021年1月	11 (800万)	理想	ONE 2021款	2021年5月	5
	EC6	2020年7月	8		ONE 2020 款	2020年10月	5
	ES8	2020年1月	8	哪吒	S	2022年底	13
	ES6	2018年12月	8	宝马	宝马7系	2022年底	8
小鹏	G9	2022年	12	奥迪	A8	2022 Q1	8
				沙龙	机甲龙	2021年11月	11
	P5	2021年9月	13	威马	M7	2021年11月	11
	P7	2020年4月	14	广汽埃安	LX Plus	2022年1月	12
特斯拉	G3	2019年7月	5	沃尔沃	XC60	2021年6月	4
	Model Y	2021年1月	8	智己	L7	2021年4月	12
	Model 3	2019年6月	8	极氪	1	2021年4月	15
比亚迪	汉系列	2020年7月	5	极狐	阿尔法S	2021年4月	13
	唐系列	2018年9月	5	奔驰	10代E	2020年8月	5

资料来源：各公司官网，民生证券研究院

摄像头的数量并不会随“军备竞赛”无限叠加，从长期来看，智能化才是驱动其数量增长的真正原因，通过前瞻产业院预测，我们认为，8 颗摄像头即能实现全车环视，满足自驾最基本的要求。随着自动驾驶能力的升级，为满足高阶自动驾驶系统更为丰富的功能，同时保证其冗余性、安全性、稳定性，汽车对感知层的要求

不断增强,这就需要多个摄像头配合部署,才能实现对环境的充分感知。但是摄像头的数量并不会随着“军备竞赛”而永远增长,长期看还是受智能化刚需将逐渐“固化”。我们认为,为了实现对车身 360 度的环境感知,满足测距、监测等基本功能,至少需要 8 颗摄像头(根据前瞻产业研究院预测,到 L3 级别单车摄像头的用量达到 8 颗)。其中,具体分布如下:

前视摄像头:2 颗即能满足测距刚需。如果采用单颗摄像头进行测距,需要将实时图像与模型数据库样本比对,结果不精确且需要庞大的数据库支撑,而 2 颗摄像头则可通过对多幅图像视差(不同位置摄像头对同一位置物体呈现图像的差异)进行计算以满足基本的测距刚需,并且结果也相对准确;

周边感知:4 颗侧视或环视,用于获取全面的周边环境数据。其中,2 颗侧方前视摄像头监测突然从前方并道的车辆,并且在进入视野受限的交叉路口时也可提供安全保障;2 颗侧方后视摄像头监测车辆后方盲区,确保车辆自身变道、汇入主路时的安全;

后视:至少 1 颗用于获取车后方情况,可实现辅助泊车、倒车影像等功能;

内视:至少 1 颗用于驾驶员监视(DMS),确保驾驶员身份和避免疲劳或分神驾驶,但未来数量有望进一步增加,功能拓展至乘客监视(OMS)。

图 71:汽车搭载摄像头分布



资料来源:头豹研究院,民生证券研究院

价格:短期“去芯化”促使价格下降,长期“高清化”助力价值升维

摄像头向“去芯化、高清化”演变,定位简化为“专攻图像采集”。为了减少不同计算模块数据处理后的差异,尽可能地保留原有信息,以及考虑到自身散热、信号传输抗干扰性等问题,摄像头中的 ISP、SoC 等模块将逐渐后移至中央计算平台之中。即,将图像处理、数据分析等任务从摄像头中剥离,使其仅用于图像采集的任务。这一方案将极大程度减少算力浪费,使得算力向中央计算平台集中。同时,随着高级别自动驾驶对周围环境感知要求的提升,摄像头将向“高清化”演变,以实现其图像采集功能的提升,及探测距离、视场角的“扩充”。以前视摄像头为例,

100-200 万像素摄像头有效探测距离在 100-150m，视场角仅 50°左右；但是 800MP 摄像头有效探测距离可达 200-250m，视场角达 120°，同时还具备更高的动态范围（HDR）和更优的 LED 频闪消除功能（LFM）。

短期来看，“去芯化”或使摄像头的成本下降。从特斯拉现有车型 Model Y 观察，其三目前视摄像头方案尤其注重图像采集能力和性价比，主动剥离了计算功能（未配置 SoC、MCU 等计算功能模块），而是将图像处理功能交由 Autopilot 控制器完成，每个镜头则各自匹配一颗 CMOS 芯片，并将 3 块 CMOS 芯片集成在一块 PCB 板上。根据 SystemPlus 的数据，基于传统方案的采埃孚 S-Cam4 三目摄像头的总成本约为 165 美元，而特斯拉的三目摄像头总成本约为 65 美元，相比传统方案减少了约 60%，由此看来，“去芯化”将带来前视摄像头总成本的下降。同时，根据雷锋网的资料，在特斯拉的视觉方案中，8 颗摄像头均采用安森美的 CMOS 图像传感器，并且均为 120 万像素，这使得其前视、侧视、后视等摄像头成本构成趋同。因此，我们以前视三摄 65 美金成本为基础，计算可得单个 120 万像素摄像头的平均成本为 23 美金，即 150 元人民币左右。

图 72：特斯拉三目前视摄像头与采孚三目前视摄像头的对比



资料来源：SystemPlus，民生证券研究院

长期而言，“高清化”助推摄像头价格提升，但其“牵一发而动全身”，对算力、算法都提出了更高的要求。我们认为，智能汽车在提升感知能力的诉求下，摄像头清晰度的升级将是趋势，这也将助推摄像头单体价格的提升。但需要注意的是，高清化带来数据量的井喷，将对主机厂的算力、算法带来严峻挑战，即，数据处理量成倍的增长带来算力需求的提升，进而使得主机厂需对底层芯片升级，以预留更多计算资源；在算法层面，不同像素镜头因“探测距离、视角”不同导致数据包含信息不一致，进而使得原有神经网络的训练算法模型并不能完全复用，需修改协同以提高综合性能。因此，我们认为，主机厂并不会盲目追求“完全升级”为超高清像素，而是选择关键摄像头进行升级。

前视摄像头和 DMS “高清化”需求迫切。参考九章智驾的资料，前视摄像头对探测距离和视场角要求较高，应用场景多、目标识别任务复杂，进而有着最为迫切的像素升级需求；后视、侧视探测距离要求低，目标识别任务相对简单，短期或

仍以 200 万像素为主；环视主要供驾驶员察看，目前以 100 万像素-200 万像素为主；内置摄像头未来将不限于驾驶员监测，而是满足驾驶员舱内娱乐和办公的需求，也会朝 800 万像素升级。在价格方面：根据电子发烧友数据显示，120 万像素摄像头平均价格在 150 元，500 万像素约 300 元，800 万像素约 500 元（其中，高清镜头约为 10 美金，CMOS 传感器芯片在 300-400 元左右）。

结合上文摄像头的数量分布，以及“去芯化、高清化”对价格的影响，我们测算单车摄像头价格及数量如下表，**单车摄像头的价值总量约在 2250 元。**

表 5：单车摄像头量价测算

组成	摄像头类别	个数	原有价格	变动后价格
单车摄像头量价测算	前视摄像头	2	200-300 元/个	500 元/个
	环视摄像头	4	60-200 元/个	150 元/个
	后置摄像头	1	60-200 元/个	150 元/个
	内置摄像头	1	400-500 元/个	500 元/个

资料来源：电子发烧友，民生证券研究院

车载摄像头市场规模测算

关键假设：

（1）乘用车数量：根据中汽协数据，预计 2021 年乘用车数量为 2130 万辆，按照每年 2% 的速度增长，预计到 2025 年达 2306 万辆。

（2）各级别自动驾驶渗透率：根据艾瑞咨询预测，可得到 L1、L2 以及 L3-L5 级别从 2021-2025 年的自动驾驶渗透率，结合每年乘用车数据可以得到各级别自动驾驶车辆的销量。

（3）单车摄像头用量及价格：L1 级别车辆摄像头搭载量为 1 颗（一个后视），总方案价格为 150 元，L2 级别自动驾驶车载摄像头搭载量为 6 颗（一个前视，一个后视，四个环视），总方案价格为 1250 元，L3-L5 级别自动驾驶车载摄像头搭载量为 8 颗（两个前视，一个后视，四个环视，一个 DMS），总方案价格为 2250 元。

根据以上条件，我们可计算得出摄像头市场规模=乘用车数量×（L1 渗透率×L1 方案价格+ L2 渗透率×L2 方案价格+ L3-5 渗透率×L3-5 方案价格）。**我们预计，至 2025 年，我国车载摄像头市场规模达 135 亿元，2021-2025 年期间 CAGR 达到 25.17%。**

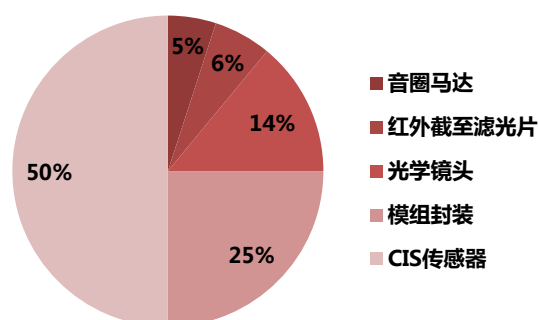
图 73：车载摄像头市场规模测算

	2021	2022	2023	2024	2025
乘用车销量（万辆）	2130	2173	2216	2261	2306
前视摄像头价格（元）	500	500	500	500	500
后视摄像头（元）	150	150	150	150	150
环视摄像头（元）	150	150	150	150	150
内置摄像头DMS（元）	500	500	500	500	500
L1渗透率	21%	22%	23%	25%	26%
L1摄像头数量（个）	1	1	1	1	1
L1价格（元）	150	150	150	150	150
L2及L2+渗透率	18%	22%	26%	29%	33%
L2及L2+数量（个）	6	6	6	6	6
L2及L2+价格（元）	1250	1250	1250	1250	1250
L3-L5渗透率	0%	0%	3%	4%	6%
L3-L5摄像头数量（个）	8	8	8	8	8
L3-L5价格（元）	2250	2250	2250	2250	2250
市场总规模（亿元）	55	67	95	111	135

资料来源：中汽协，IDC，民生证券研究院

车载摄像头的产业链涉及上游材料、中游元件和下游产品三个环节，其将随着“去芯化、高清化”的趋势实现重塑。在上游材料中，光学镜片、滤光片和保护膜等用于制造镜头组，晶圆用于制造 CMOS 芯片和 DSP 信号处理器；在中游环节：镜头组、CMOS 芯片和胶合材料等组装成模组，并和 DSP 信号处理器封装成下游的摄像头产品。而随着“去芯化、高清化”趋势，摄像头定位将转变为“专攻图像采集”，其产业链也正处于“光学升级”阶段，其价值分布将迎来重塑机会，根据 SystemPlus 对单个摄像头 BOM 的拆解，图像传感器（CIS）、镜头、车载模组或将占据整个摄像头成本的 90%左右。

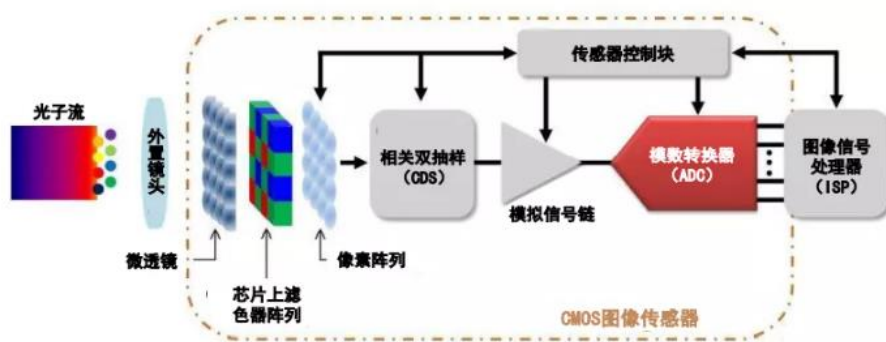
图 74：车载摄像 BOM 拆解



资料来源：SystemPlus，民生证券研究院

图像传感器（CIS）：车载摄像头中的核心部件。图像传感器主要由像敏阵列、驱动器、转换器和控制接口等部分组成，通过控制光像元件，其将镜头捕获的“光信号”转为“电信号”和“数字信号”，对成像品质有举足轻重的作用。

图 75：CIS 构成及原理



资料来源：头豹研究院，民生证券研究院

为满足 HDR 及高感光能力的需求，大尺寸像素成为车载 CIS 的必然选择，进而为其价值增量提供支撑。为确保在复杂路况和恶劣天气下的成像质量，车载 CIS 倾向于更大的像素尺寸，以满足 HDR 及高感光能力的需求：1) 满足 HDR (high-dynamic range, 高动态范围)，即成像时能同时看清场景中较暗和较亮的部分，大像素通过在单个像素上容纳更多的电子，可以有效地保留图像信息，从而实现高动态范围；2) 高感光能力，即在低光照下依然保证较高的成像清晰度，大像素能解决昏暗环境叠加短曝光时间给车载摄像头带来的挑战，能更有效地捕捉到少量光子，使车载摄像头在低光照下保持高灵敏度和信噪比，避免在昏暗环境无法识别周围环境信息。而随着车载 CIS 单个像素增大，其整个芯片尺寸大幅增加，进而使得其价格不断提升。

图 76：车载 CIS HDR 成像效果对比



资料来源：头豹研究院，民生证券研究院

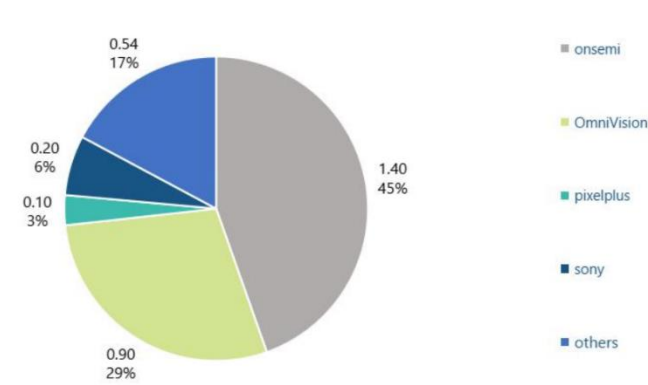
车载 CIS 市场景气度高，安森美、豪威占据大壁江山。根据 ICV Tank 的数据统计，2021 年全球车载 CIS 总市场为 38.1 亿美元，预计到 2025 年可达 75 亿美金。在市场份额上，安森美、豪威依靠前瞻性布局，具备先发优势，两者合计占比高达 74% (据 ICV Tank 统计，2021 年安森美占 45%，豪威(韦尔股份)占 29%)。

图 77：车载 CIS 市场预测配置情况



资料来源：ICV Tank，民生证券研究院

图 78：2021 年车载 CIS 市场份额预测

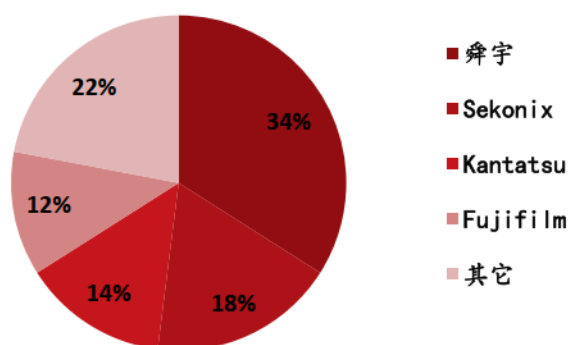


资料来源：ICV Tank，民生证券研究院

镜头：加工难度大，客户认证壁垒较高。由于车载镜头需要具备耐高温、耐磨，硬度等要求，且在量产前需经过连续数天的水压测试和上千小时温差测试，因此对于加工的工艺、材料的选择均提出极高要求，整体“制造”难度明显。此外，车载镜头主要用于保障驾驶的安全性，其客户对其成像效果、机械强度、耐热性、生命周期等参数都有严格的要求，所以能够顺利进入主机厂供应名单的公司很少，且认证流程复杂，整个周期约 2-3 年，因此镜头厂商一旦得到车厂认证，即可形成较强的壁垒，供应链粘性较大，进而具备先发优势的公司容易维持较高的市场份额。

舜宇光学领衔，行业集中度较高。根据 ICVTank 数据，2019 年全球车载摄像头镜头市场中，舜宇占比 34%，占据龙头地位，Sekonix、Kantatsu、Fujifilm 三者尾随其后，占比 44%，由此可见，车载镜头行业集中度较高，并且已经形成“舜宇领衔+日韩系厂商跟随”的竞争格局。

图 79：2019 年全球车载摄像头镜头市场竞争格局

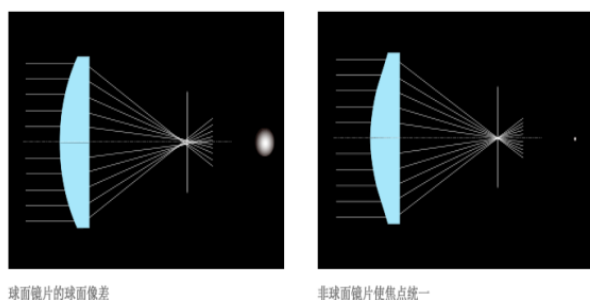


资料来源：ICVTank，民生证券研究院

长期看，随着摄像头分辨率的提升，玻璃非球面镜头凭借“解像能力”具备高竞争力，其产业格局或将改变。球面镜片由于镜面曲线形状相对单一，将产生像差/色差，且较易导致影像不清、视界歪曲、视野狭小等不良现象，难以满足 ADAS 摄像头“高清化、宽视场角”的高性能诉求；而非球面镜片则能够让多角度入射的光线集中，使得“焦点重合”，从而减少镜片所产生的像差/色差，具备成像质量高、

视场范围大以及外形尺寸和重量小的优势,极具竞争力,预计相关需求量将会大幅提升。但是,此种镜头需使用热加工的模造技术,技术难度极高,目前只有如日本豪雅、联创电子等少数光学厂商掌握该工艺,结合镜头供应链粘性较大的特点,我们认为,这些先发厂商具备一定的卡位优势,将获取较高的市场份额。

图 80：非球面镜片减少像差



资料来源：佳能，民生证券研究院

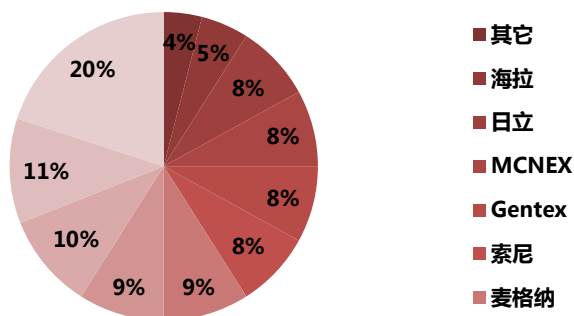
图 81：玻璃非球面镜片扩大视场范围



资料来源：舜宇光学，民生证券研究院

车载模组：市场格局较为分散。车载镜头模组主要由传统 Tier1 完成，海外企业占据着主要的市场份额，松下为行业龙头，共占据 20% 的市场份额，法奥雷、富士通、大陆、麦格纳等分别占比 11%、10%、9%、9%，整体产业格局相对分散。

图 82：2019 年全球车载镜头模组市场格局



资料来源：中国产业信息网，民生证券研究院

光学要求升级，镜头厂商切入模组赛道。随着自动驾驶对车载摄像头技术指标要求的提升，模组作为“组装交付”的关键环节，也需具备更高的光轴准确性、气密性、稳定性以及兼容性，进而对模组厂商也提出了更高的“光学校准、标定”要求。而在此种“光学升级”趋势下，镜头厂商相较于传统的 Tier1 具备了更深厚的光学积累，切入模组赛道并有望深度受益，如联创电子已中标蔚来 ET7 全部 7 颗 800 万像素车载镜头模组。

图 83：车载摄像头模组要求增高

车载摄像头要求	描述	解决方案
光轴准确性要求高	光轴偏转角度过大导致 360 摄像头拼接与前视摄像头距离测量等功能误差变大	需要采用 AA 工艺的设备来调整镜头和 sensor 位置，保证光轴与下面的焦点
气密性要求增加	裸露在外的 360 环视摄像头易进入水汽，变温起雾严重影响其功能	需提供各类壳体组装、点胶固化等设备保证工艺质量，并配备精密气密测试仪的检测设备
兼容性需求增加	机型增加使摄像头接口等硬件不一致	要求配备支持不同解码版定制的各种接口类型图像采集卡及支持不同接口摄像头快速唤醒的设备结构
摄像头稳定性要求高	过高的上电时序要求等导致闪屏、黑屏	需内置图像采集卡及相关测试程序来检测闪屏、黑屏等问题
摄像头参数标定要求高	摄像头质量缺乏量化指标	要求提供摄像头内参等精准标定设备

资料来源：舜宇光学，民生证券研究院

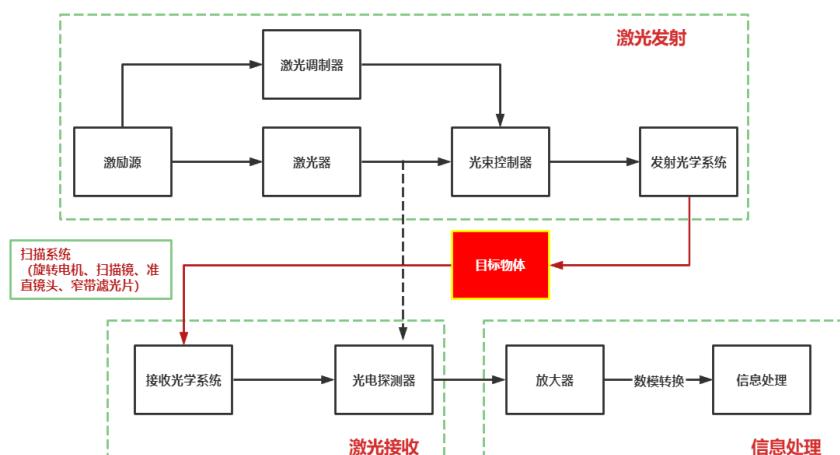
3.2.3 融合派：激光雷达、高精度地图的“跨越式征程”

正如我们上文所述，激光雷达融合派是以激光雷达的点云为主导，在高精度地图的辅助下，综合摄像头、毫米波雷达、超声波雷达等传感器信息，以形成对周围环境的全面感知方案。其中，激光雷达是感知路线的核心，而高精度地图作为“上帝之眼”，配合激光雷达实现 3D 定位，两者均占有重要地位，成为区别于视觉路线差异化的存在。因此，我们将在下文中，对激光雷达、高精度地图进行解读，详解其发展趋势以及产业链投资机会。

激光雷达：所见即所得，产业链迎来放量元年

激光雷达是激光探测及测距系统的简称，主要构成要素包括发射系统、接收系统和信号处理系统。激光雷达系统的核心组件主要有激光器、扫描器、光学组件、光电探测器、接收 IC，以及位置和导航器件等，可提供高分辨率的几何图像、距离图像、速度图像。

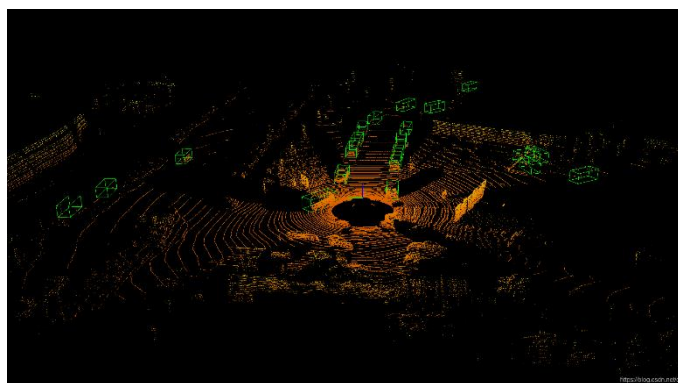
图 84：激光雷达工作原理



资料来源：信息通信技术与政策，民生证券研究院

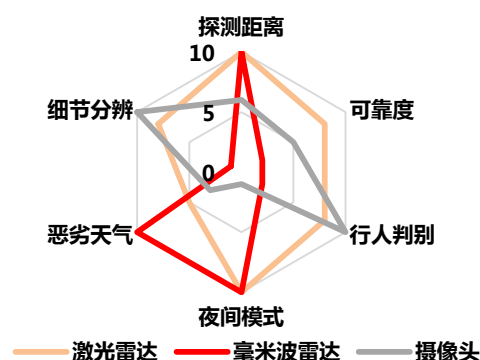
激光雷达所见即所得，增强感知冗余性。作为主动感知的传感器，激光雷达可天然地做到“所见即所得”。即，通过高频激光在“水平和俯仰”的旋转，来获取大概 150 万个/秒的位置点信息，并根据这些高密度、超清晰的三维点阵而直接构建 3D 环境模型，还可以根据信号的反射率辨别物体的材质属性，具备更强的障碍物描述能力。相较于摄像头，其有效避开了摄像头对于数据库和算法的高度依赖，在 L3 等级智能驾驶中能够加快反应速度，提高系统冗余性；相较于毫米波雷达，其在探测距离、可靠度、行人判别、夜间出行等方面的指标更优异，因此，主机厂可以通过加入激光雷达，增强感知系统的冗余性，提高车辆的安全性。

图 85：激光雷达 3D 点云图



资料来源：CSDN，民生证券研究院

图 86：激光雷达、毫米波雷达、摄像头性能对比



资料来源：CSDN，民生证券研究院

车企与激光雷达厂商均着力于推动激光雷达上车量产，2021 年以来激光雷达前装量产加速，上海车展、广州车展期间就有多款车型宣布搭载激光雷达，激光雷达的关键性和必要性得到进一步确认。激光雷达量产车型小鹏 P5、北汽极狐阿尔法 S、WEY 摩卡接连推出，国内主机厂率先搭载激光雷达上车。2021 年 4 月 14 日，搭载大疆 Livox 激光雷达的车型小鹏 P5 发布；2021 年 4 月 18 日，搭载华为激光雷达的北汽极狐阿尔法 S 发布。根绝各主机厂官方说法，大部分预计搭载激光雷达的车型预计将在 2021-2022 年量产，激光雷达大规模上车或迎来元年。

表 6：多款搭载激光雷达车型预计将于 2021-2022 年落地

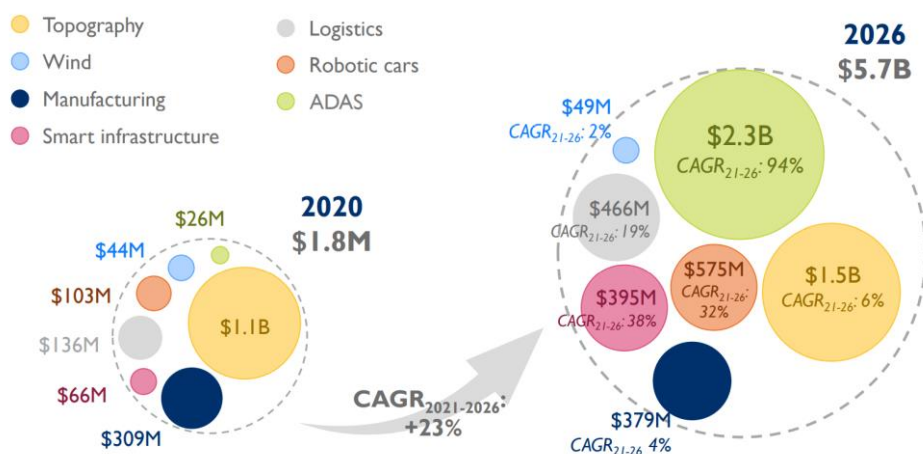
激光雷达厂商	搭载车型		车企预计量产时间
Valeo 法雷奥	奥迪	A8	2022
	奔驰	高端豪华 S 级轿车	2021
	本田	Legend Hybrid EX	2021
大陆	丰田	Mirai	2021
Ibeo	长城	WEY 摩卡	2022
Innoviz	宝马	iX	2021
Velodyne	福特	Otosan	未知
Aeva	奥迪	e-tron	2023
	大众	ID BUZZ	2023
Luminar	沃尔沃	XC90	2022
	上汽	RE33	2022

	上汽	飞凡 R7	2022
Innovusion 图达通	蔚来	ET5	2022
		ET7	2022
速腾	广汽埃安	AION LX PLUS	2022
	智己汽车	L7	2022
	小鹏	G9	2022
	威马	M7	2022
	Lucid	Air	2021
	路特斯	Type 132	2022
禾赛	理想	X01	2022
Livox(大疆)	小鹏	P5	2022
华为	长城	机甲龙	2022
	北汽极狐	阿尔法 S 全新 HI 版	2022
	长安	阿维塔 E11	2022
	哪吒	哪吒 S	2022

资料来源：各公司官网，民生证券研究院

激光雷达 ADAS 领域将迎来快速增长，2021-2026 年 CAGR 94%。根据 Yole 数据预测，激光雷达整体市场规模到 2026 年有望达到 57 亿美元，2021-2026 年行业 CAGR 为 23%。其中用于 ADAS 领域的激光雷达市场空间到 2026 年有望达到 23 亿美元，5 年 CAGR 高达 94%，将迎来飞速增长时代。

图 87：激光雷达市场 2021-2026 年复合增速为 23%



资料来源：Yole，民生证券研究院

激光雷达产品按结构可分为发射系统、扫描系统、接收系统和信息处理系统。按照光源波长，激光雷达可分为近红外激光（880nm/905nm）和中、远红外激光（1350nm/1550nm），其中近红外激光对人眼安全存在风险。按照扫描系统，可分为机械式、混合固态和固态激光雷达，其中激光雷达创新方案有 MEMS 振镜方案，混合固态转镜以及双棱镜方案等。

表 7：激光雷达分类

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

资料来源：禾赛科技招股说明书，民生证券研究院

1550nm/MEMS 和 flash 等方案成为趋势，国内厂商后来居上。根据 Yole 数据，低成本 905nm 波长搭配 EEL 发射器依然是 OEM 厂商的首选，1550nm 激光雷达逐渐走向成熟。MEMS 和 Flash 激光雷达正在兴起，而机械激光雷达被广泛使用占比 66%。按供应商划分：在公开的 29 项设计大奖中，8 项属于 Valeo，这使得 Valeo 目前成为 ADAS 车辆的领先激光雷达供应商，其中也有众多国内厂商上榜，如速腾聚创、大疆、图达通、华为、禾赛等。

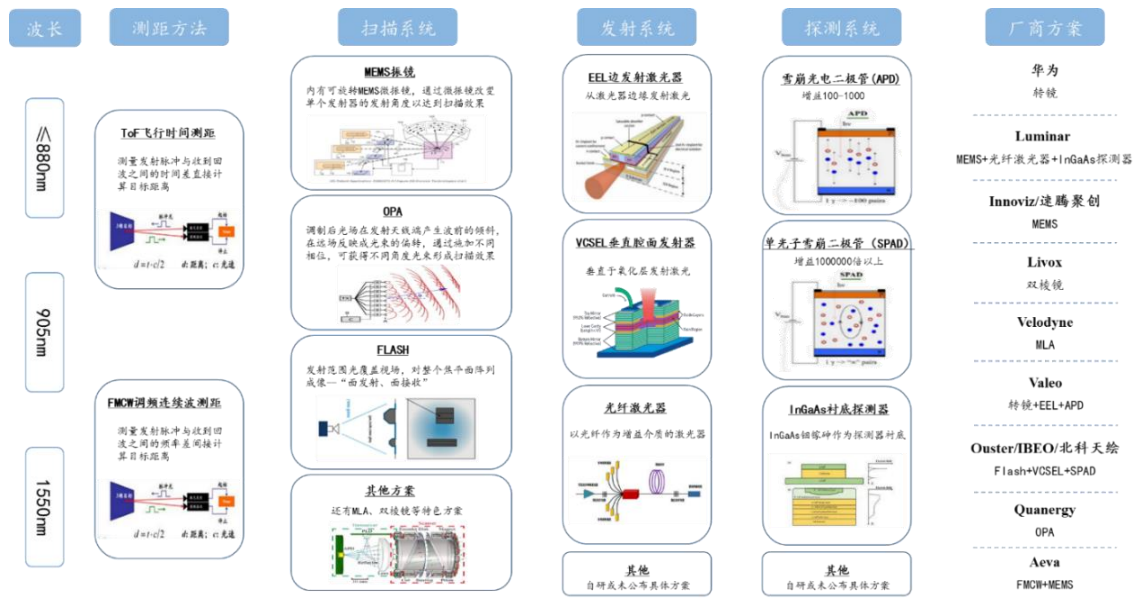
表 8：激光雷达认证流程

产品版本		Demo	A-Sample	B1-Sample	B2-Sample	SOP
产品完成度		原型	30%	50%	75%	100%
硬件	光机设计	原型	原型	架构冻结	尺寸优化, 设计优化	尺寸优化, 设计优化 DFA 优化完成 产品性能验收完成
	硬件设计	原型	原型	核心器件选型	方案冻结	产品问题整改完毕 DFA 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
	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、脏物检测 性能监控、自动标定 状态机控制 网络管理/电源管理
软件	软件开发	×	×	软件架构搭建完毕	时间同步 PPS 通讯 (自研) 诊断 (自研)	时间同步 PPS+PTP AutoSAR 4.X w/gPTP Bootloader OT
	系统测试	×	×	测试用例覆盖度: 30%	测试用例覆盖度: 65%	测试用例覆盖度: 100%
	功能测试	×	×	测试用例覆盖度: 10%	测试用例覆盖度: 50%	测试用例覆盖度: 100%
功能安全	软件安全认证	×	×	功能安全启动	功能安全覆盖度: 60%	功能安全覆盖度: 100% 功能安全认证: ASIL-B (D)
可靠性	可靠性测试	×	×	摸底测试完成	Pre-DV 完成	DV/PV 完成

资料来源：速腾聚创，民生证券研究院

产品实现前装量产需要经历产品迭代和生产验证流程，整个流程所需的时间在 18-36 个月。根据速腾聚创的资料，产品需经历 Demo、A 样、B1 样、B2 样的多次迭代和最后 SOP 定型。而在产品迭代的过程中，激光雷达厂家需要针对 OEM 厂商的具体需求以及车规级标准进行改良设计，**总体方向为“高性能、固态化、高集成度、低成本、车规级”。**目前，激光雷达厂商通过对激光雷达发射系统，接收系统，信息处理系统和扫描系统的设计组合形成特色方案。

图 88：各激光雷达厂商推出不同产品方案以求达到前装需求



资料来源：各公司官网，MEMS 咨询，民生证券研究院整理

具体来看，基于 OEM 对激光雷达的高性能要求，硬件设计需满足其多维度考核，软件能力成为产品的提振点。1) 硬件设计要求：一般而言，一款能应用于高阶自动驾驶的激光雷达，测距范围通常要 150 米以上，并且针对低反射率的物体也能做到良好的测量效果（如黑色车辆），近场盲区控制在 0.5 米以内，水平视角达到 120°以上，并具备 0.2°以上的垂直角分辨率，进而输出高质量点云实现精准感知。这些高性能要求迫使激光雷达厂商在最初的设计阶段需要进行光、机、电的协同优化，确定好核心元器件的选型，以最终实现子模块间高度配合进而提升产品整体性能；2) 软件能力提振：当主机厂面临后端算法能力不足的困境时，协同主机厂进行点云数据处理、感知算法研发的激光雷达厂商，或能找到自身盈利的第二增长点。近来，多家激光雷达企业配套推出软件方案提高产品力，如 Velodyne 将针对 Vela 家族产品配套 Vella 软件，Luminar 则提供感知+决策软件方案以形成全栈式自动驾驶解决方案，速腾聚创则推出对应的感知+理解算法 RS-LiDAR-Algorithms。

表 9：国内厂商 Livox、华为等产品性能逐渐接近 OEM 需求

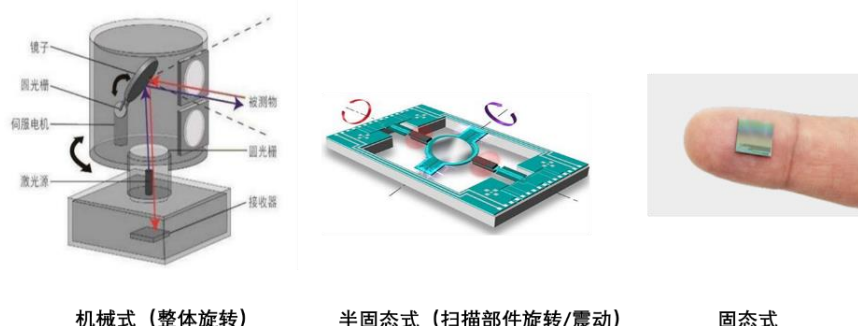
OEM 前装主要需求	Luminar	Aeva	Ouster	速腾聚创	镭神智能	Livox	华为	一径科技
性能指标	IRIS (预计)	Aeries	ES2	RS-LiDAR-M1	LS21G	傲览 AVIA	96 线中长距激光雷达	ML-X
探测距离	10%反射率 物体达 250m 最大距离 500m	最大距离 300m	0.25m- 200m	150m (10% 反射率)	250m (10% 反射率)	190m (10% 反射率)	150m (10% 反射率)	200m (10% 反射率)
光干扰	影响程度小	基本无影响	影响程度小	一般	影响程度小	影响程度小	影响程度小	一般
激光雷达干扰	影响程度小	基本无影响	-	一般	影响程度小	影响程度小	影响程度小	一般
雨雪雾天	> 200 米	√	√	-	-	-	-	-

气									
视场角 FOV	> 120°, AV 需存在 360°方案	H120°/V0- 30°	H120° /V30°	H26°/V13°	H120° (-60° ~+60°) / V25° (-12.5° ~+12.5°)	H120°/V25°	H70.4° /V77.2°	H120°/V25°	H60°/V20°
分辨率	< 0.2°× 0.2°	0.07°× 0.03°	< 0.05°× 0.05°	0.1°×0.1°	平均 0.2°× 0.2°	0.15° /0.075°× 0.1°/0.05°	角度随机误差 < 0.05°	0.25°×0.26°	0.15°×0.25°
振动测试	通过	一般	容易	容易	一般	一般	容易	一般	一般
功率	< 20W 为 佳	55W-60W	理论较低	12-18W	15W	40W	重复扫描模 式: 9W 非重复扫描模 式: 8W	-	< 12W
集成度	高	较高	高	116×68× 48	108×110× 45 约 730g	270×170× 50	91×61.2× 64.8mm 498g	-	156×88× 100mm 约 1.4kg
价格	尽可能 < 1000 元	预计单个 500 美元	单个低于 500 美元	量产后 600 美元	-	-	¥9,999	大规模量产 后成本有望低至 \$200	

资料来源：各公司官网，民生证券研究院；（注：标红部分为该产品已达 OEM 要求项）

扫描方式将从“机械旋转式-半固态式-固态式”演化。为了实现前装上车“小型化、美观”的要求，集成度越高的产品越能获得主机厂的青睐，因此激光雷达也因此朝着“机械式-半固态-固态”的方向演进。具体而言，机械式方案技术路径相对成熟，但因为内置的机械结构导致体积庞大、外形笨重，远远无法达到主机厂对美观的要求；半固态激光雷达则采用了微振镜（MEMS）、转镜，其放弃了360度的整体旋转结构，而仅仅是扫描结构实现旋转或震动，如MEMS是将微振镜集成到硅基芯片上实现震动扫描，其集成度较机械式得到进一步提升；而固态激光雷达则完全放弃了活动部件设计，全部转为芯片形式，进而可获得更高的可靠性和集成度，但当前技术未成熟，面临着测距短，分辨率低等问题。

图 89：激光雷达机械式、半固态、固态集成度得到进一步提升

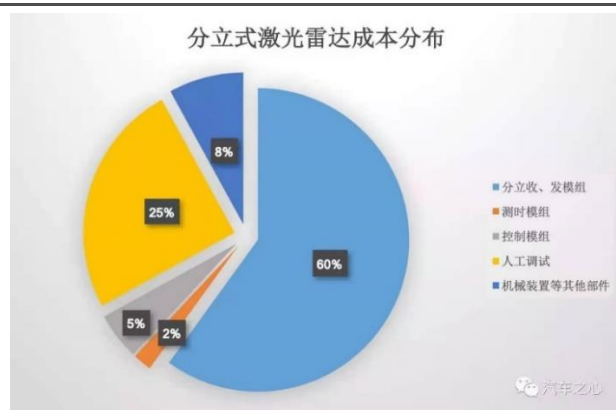


资料来源：Velodyne，MEMS 咨询，民生证券研究院

此外，元器件价格高昂和良率低，成为制约成本降低的关键因素。根据汽车之心数据，OEM 对激光雷达的可接受成本范围大概在几千元-1 万元，但当前其平均价格依旧较高，市场平均售价仍在一千美元以上，这使得激光雷达的市场化存在极大阻力。激光雷达作为高精精密机电一体化产品，包含电机、收发（接收器）、透镜等多个结构，制造环节涉及电子、机械、光学等多方面，因此其价格极易收到

核心元器件高成本影响,并且,收发模块中包含多个光学芯片,但因其工艺良率较低,进而阻碍了其成本的进一步下降。根据 Systemplus Consulting 对成本测算拆分,机械式激光雷达中收发模组成本约占整机成本 60%,而发射模块中如 1550nm 光纤激光器单个成本就高达 1000 美金;另一方面,根据 Yole 的数据,VCSEL 激光器工艺良率不到 60%,机械激光雷达若线束增加,良率还会进一步大幅下降。

图 90：激光雷达成本拆分



资料来源：汽车之家，民生证券研究院

车规认证是前装量产的最后一环，2020 年后步伐将加快。为了满足前装量产上车的可靠性要求，车厂要求激光雷达需通过 DV（设计验证）、PV（生产确认）以及 EMC（电磁兼容性）等标准认证，主要为 ISO26262《道路车辆功能安全》国际标准，并且还需要进行车规振动、冲击、温度循环等测试试验。据统计，2020 年前激光雷达真正实现车规级量产的仅有法雷奥一家，但是 2020 年后，禾赛科技、Ibeo、速腾聚创、华为等少部分核心厂商也逐步实现了车规级认证，并且，为了满足 2022 年含有激光雷达的车型上市时间节点的要求，激光雷达厂商会加快其认证和测试的步伐。

表 10：激光雷达需要满足车规级标准

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

资料来源：汽车之家，民生证券研究院

核心元器件持续迭代,性能升级随固态化方案需求演进。目前激光雷达技术路线并不统一,各厂商根据自身技术储备,对激光雷达发射系统,接收系统,信息处

理系统和扫描系统的设计组合形成特色方案,以求达到 OEM 厂商的需求。在整体方案朝“低成本、高性能、高集成度、固态化”方向发展的过程中,对核心元器也提出了芯片化、集成化的要求,那么当激光雷达厂商在选择核心元器件厂商时,顺应演变趋势,拥有集成化优势的供应商或会率先受益,其投资机会或将更为确定。

激光发射系统：多波长共存，激光器向 VCSEL 和光纤激光器演进。当前激光雷达产品主要使用 905nm 和 1550nm 的激光波长，也有部分企业会采用其它波段来降低干扰。1550nm 波长的激光对人眼损伤更少，因此可以使用更大的功率以获得更强的穿透能力，平均发射功率可达 905nm 的 40 倍，但使用 1550nm 激光所需的光纤发射器和 InGaAs 探测器则更昂贵。目前来看，我们认为采用这两种波长的产品短时间内将共同存在，采用 1550nm 波长的厂商将致力于降低成本、推动量产，而采用 905nm 的厂商将致力于在功率限制下获得更好的性能表现。未来待 1550nm 产业链成熟后，预计会成为主流方案。

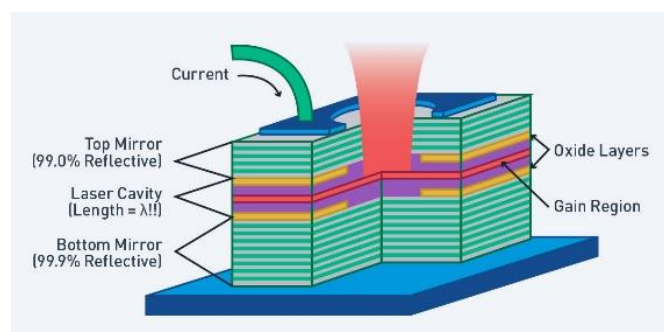
表 11：905nm 更便宜，1550nm 探测效果更好

波长	安规限制	功率	测距能	分辨率	温度耐受性	激光器价格
905nm	大	低(可低于 20W)	有限制	一般	高	当前 EEL 为主，价格便宜
1550nm	小	高(50-60W)	强	高	低	光纤激光器，价格昂贵

资料来源：艾邦智造，民生证券研究院

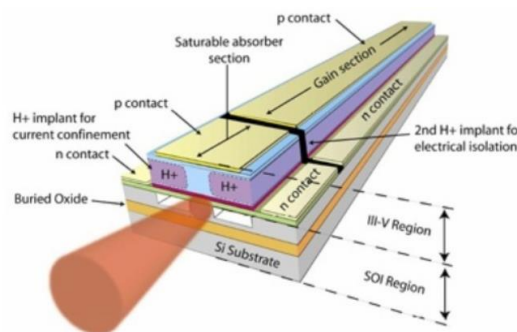
半导体激光器：未来随 VCSEL 技术发展逐渐成熟，车规级激光雷达产品预计逐步转向 VCSEL 激光器。半导体激光器有 LED、EEL、VCSEL 等，目前主要是 EEL 和 VCSEL 间的竞争，EEL 能量密度和能效更高，VCSEL 在光束整形、集成度、温漂控制等具备优势。随着 VCSEL 技术迭代，能力密度提高，未来预计渗透率会逐渐提高。

图 91：VCSEL 原理



资料来源：MYVCSEL，民生证券研究院

图 92：EEL 原理

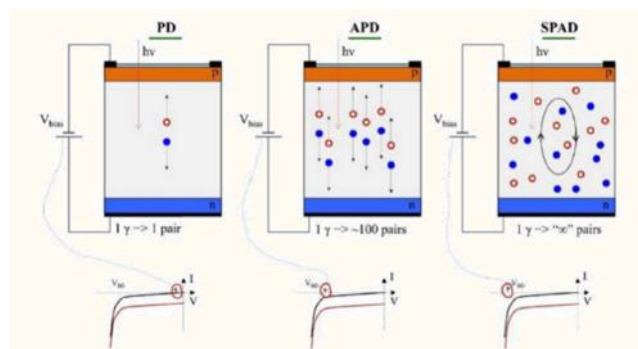


资料来源：MEMS 咨询，民生证券研究院

接收系统设计：由 PIN 向 SPAD 发展，布局由点向面发展，逐步满足高敏感、广探测范围、低干扰和低成本等要求。SPAD 为单光子雪崩二极管，工作在“盖革模式”（当偏置电压高于其雪崩电压时，SPAD 增益迅速增加，此时单个光子吸收即可使探测器输出电流达到饱和），具有单光子探测能力。SiPM 为硅光电倍增管，集成了成百上千个单光子雪崩二极管的光电探测器件，增益可是 APD 的一百万倍

以上。SiPM 作为 SPAD 的阵列形式，可通过多个 SPAD 获得更高的可探测范围以及配合阵列光源使用，且更容易集成 CMOS 技术。

图 93：PD、APD、SPAD 感应原理对比



资料来源：MEMS 咨询，民生证券研究院

图 94：探测器发展方向：由点到面



资料来源：MEMS 咨询，民生证券研究院

信息处理系统迭代：从 FPGA+ADC 芯片转向自研 SoC。激光雷达信息处理系统主要包括主控芯片和模拟芯片，目前主控芯片主要采用 FPGA 芯片，模拟芯片主要采用 ADC 模数转换芯片。目前市场上以 CMOS 工艺制备的 FPGA 芯片产品低成本、高算力，且提供可编程硬件，已可以满足多种技术路线的要求。SoC 可以把探测器、电路、信息处理等多个模块集成到芯片上，使得激光雷达系统集成度得到明显提升，同时系统复杂度的降低也可以提升良品率，从而推动产品上车量产。

表 12：自研 SoC 前期研发投入大，有望显著提升产品集成度

	FPGA 芯片	自研 SoC
功能	主控单元	集成激光收发、信息处理多个模块
集成度	一般	高
前期研发投入	低	高
后期产品成本	一般	高

资料来源：芯语，民生证券研究院

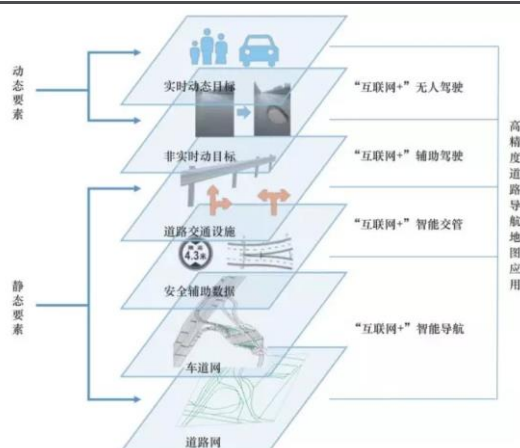
注：标红部分为该方案优点

高精度地图：具备“上帝视角”的“引路者”

在自动驾驶时代，“地图”一词已失去了其传统路线图的含义。目前大多数车载地图的“分辨率”已足够用于导航功能，但若要实现自动驾驶的能力，则需要掌握更精确、更新的车辆周边环境信息，从而联动其他驾驶辅助系统做出反应。因此，未来的“地图”指的是非常精准且不断更新的自动驾驶环境模型。即，高精度地图，而其“高精”之处在于：绝对位置精度一般在 1 米以内，相对位置精度则要求在 20 厘米以内；同时要求拥有对道路状况拥有准确至地表级的信息精度，即包括每个车道的坡度、曲率、航向、高程、侧倾等多方面的精确数据；在实时性上：传统导航电子地图的更新频率为永久静态数据或半永久静态数据，而高精度地图对数据的实时性要求较高，更新频率通常在分钟级别，动态数据更是以秒为单位更新。

为达到如上“高精度”的目标，高精度地图需要通过不同图层的叠加进行信息的表达。在一张高精地图中，水系、铁路、街区、建筑物可能会分别位于不同图层，每一个图层可以被理解为一层“透明薄膜”，多图层被绘制叠加后才能真正为感知方案所用，终端上显示的导航地图往往都是由 10 多层甚至 20 多层不同分辨率的图片组成，当用户进行缩放时，程序根据缩放级数，选择不同分辨率的瓦片图，从而拼接成一幅完整的地图。

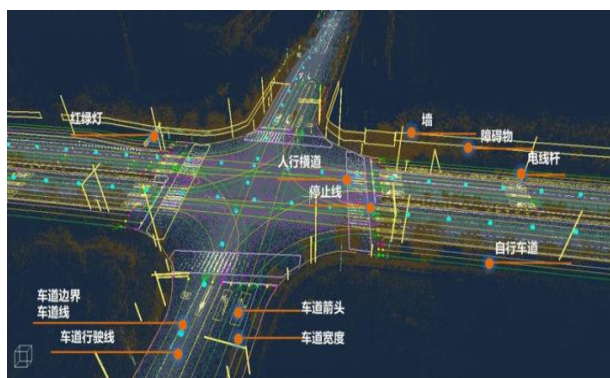
图 95：高精地图的图层叠加



资料来源：深智联 SFITIC，民生证券研究院

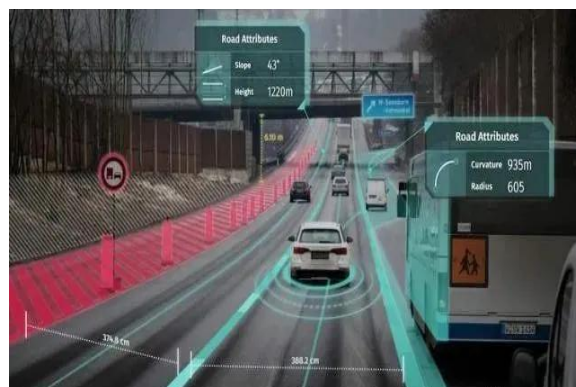
高精度地图的功能主要定位在“地图匹配、辅助环境感知、路径规划”三个方面。其中，**地图匹配**：利用高精度地图进行匹配，将车辆位置精准地定位在车道上，并排除了各种定位的误差，以提高车辆定位的精度；**辅助环境感知**：自动驾驶功能安全的本质即是安全冗余的保障，在多传感器融合感知的背景下，感知能力虽已有提高，但仍无法排除面对极端情况下导致的传感器失效问题，而高精地图处于感知层的“上帝视角”，可突破空间、时间的限制，为智能驾驶提供“知识图谱”；**路径规划**：帮助制定最优路径，并实现对他车行为和路径相对准确的预测，以实现及时、准确的反应，从而保证了行驶的安全性。

图 96：高精度地图精准的地图匹配功能



资料来源：MEMS 咨询，民生证券研究院

图 97：高精度地图精准的辅助感知功能



资料来源：MEMS 咨询，民生证券研究院

基于其功能的实用性，高精度地图将是 L2+ 自动驾驶的“必选项”。根据美国 SAE 分级，在 L2 及以下的辅助驾驶阶段（ADAS），高精度地图对整个辅助驾驶系统而言为一个可选项。但是，当自动驾驶技术发展到了 L2+ 时，意味着机器将完全取代人对于环境的监控，考虑到现有的传感器的性能边界尚不足以完全替代，因此，引入高精度地图作为感知端的安全冗余，以增强整个系统的鲁棒性成为了必然选择，业内普遍认为，高精度地图将成为实现 L2+ 级别的自动驾驶必选项。此外，根据目前自动驾驶行业实践，无论是车厂推出的奥迪 A8、凯迪拉克 Super Cruise 等一众量产的 L3 车型，还是百度、谷歌等互联网厂商的 L4 自动驾驶方案，其均引入高精度地图，这进一步验证了上述观点。

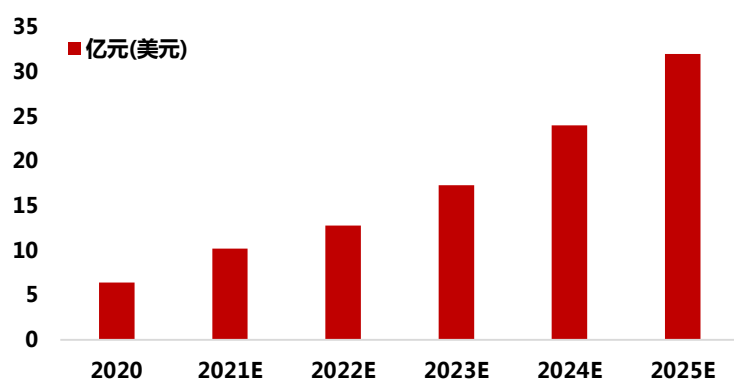
表 13：高精度地图是 L2+ 时代的必备组件

阶段	L1	L2	L2+	L4/L5
概念	安全辅助驾驶	半自动驾驶	高度自动驾驶	全自动驾驶
精度	2-5m	50cm-1m	10-30cm	10-30cm
采集	GPS 轨迹+IMU	图像提取或高精度 POS	高精度 POS+激光点云	高精度 POS+激光点云
数据	传统地图+ADAS	车道模型+高精度 ADAS	HAD Map	多源数据融合
静态/动态	静态地图	静态+动态地图	静态+动态地图	静态地图+动态时间实时传输融合地图

资料来源：芯语，民生证券研究院

高阶自驾车型逐步放量，百亿市场正扬帆起航。高精度地图在 L2+ 自驾车型中具备不可替代性，而随着高级别自动驾驶渗透率的提升，L2+ 车型不将集量产上市，高精度地图产业有望得到快速发展。根据易观分析的统计，保守预计我国高精度地图市场规模将会由 2021 年的 10.2 亿美元增长到 2025 年的 32 亿美元。

图 98：高精度地图市场空间预测（亿美元）



资料来源：易观分析，民生证券研究院

根据四维图新对高精度地图结构的划分，数十个具体图层可被大致归类为底图图层、实时图层和定位图层，即**对应高精度地图产品的三大核心环节：底图采集、实时更新、RTK 定位：**

图 99：高精度地图三大核心环节



资料来源：四维图新官网，OFweek 网站，民生证券研究院

底图采集：作为地图生产的核心环节，底图采集将直接决定地图的广度和质量，而采集车就是执行测绘工作的载体。目前主流用于地图底图采集的工具包括专业级采集车、工业型采集车和众包型采集车。其中，专业级采集车：成本相对较高，精度可达厘米级；工业型采集车：单车成本适中，精度在 20-50cm 左右；众包采集车：精度及成本则低于专业型和工业型采集车。**这也对应了两种不同的采集模式：即自主采集和众包采集。**自主采集，即地图供应商自己组建测绘车队并根据采集需求对测绘车辆进行一定程度的改造，再自主完成采集的模式；众包采集，则是将测绘任务派包给拥有实车运行的合作主机厂，由他们进行道路数据的采集，再由此进行地图信息的建立和补充。

表 14：不同类型的测绘采集车辆

	专业型采集车	工业型采集车	配套软件
设备	测量性激光+专业级 IMU	避障型激光+工业级 IMU	视觉/雷达+消费级
精度	10cm	0.5m	>0.5m
成本	高（百万级）	中（约 70 万）	低（万级）
用途	L2+地图采集	L1/L2/L2+地图采集	一般用于地图数据更新

资料来源：深智联 SFITIC，民生证券研究院

底图的采集早期一般采用自主采集方式进行，原因在于：底图采集是高精度地图生产的基础环节，不存在既有进度，导致主机厂缺乏直接参与众包测绘的动力。同时，众包采集所使用的测绘精度较低，暂无法支持底图核心基础信息的采集。**结合地图要素复杂度的不同，底图采集环节的格局分析将从城郊（高速公路）、城市两大场景：**

城郊场景：以高速公路、隧道、港口等区域为主，环境主体相对单一且突发型交通事件相对较少，地图模型建立的难度也相对较低。因此，供应商的先发优势将成为这一场景下行业地位的主要评价维度。**而对于在城郊场景下的新入局者而言，测绘精度和测绘进度这两个维度的指标将是其取得突破的重要因素：**

1) 在测绘精度方面：目前高等级的测绘车辆均由图商自行调试设计，新入局者或将会存在测绘经验不足、长时间调试设备精度的“无效过程”，时间成本将使得其市场差距被进一步拉开；若采用众包的形式，无论从拥有实车数量，还是从其采集的精度能力来看，无法使其形成良好的竞争壁垒；

2) 在测绘进度方面：目前先发厂商如四维图新、高德地图等，均在测绘区域范围上具备了较大优势。以四维图新为例，目前其高精度地图已覆盖全国超 32 万公里高速公路、主要城市的城市快速路和国道、省道等（截至 2020 年底，全国高速公路总里程约 15 万公里）。同时，其单车测绘设备配备数量、车队配备规模以及车队协同等方面短时间内复制存在较大难度，高昂的成本投入和前期低水平的投报比也将限制其他企业的战略选择。

图 100：四维图新在城郊场景下的测绘进度

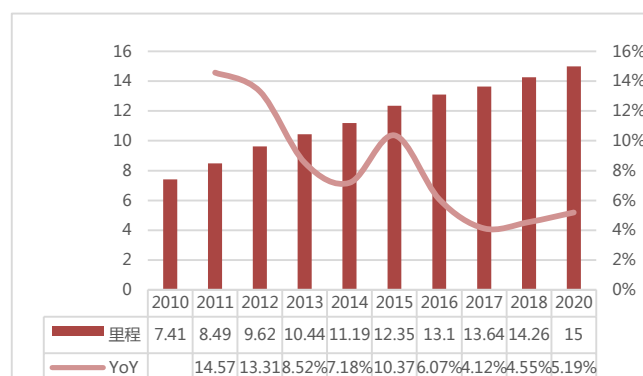
高精度地图 HD Map

覆盖全国 32 万+公里高速，全国主要城市的城市快速路、城市内结构化道路和省道、国道，面向不同级别自动驾驶，推出适用不同场景的 ADAS、HD Lite、HD Pro 高精度地图数据产品。

Covers over 320,000+ kilometers of highway nationwide as well as urban expressway, urban road, provincial road and national road in main cities. Oriented to different autonomous driving levels, NavInfo rolled out ADAS, HD Lite and HD Pro for different scenarios.

资料来源：四维图新产品手册，民生证券研究院

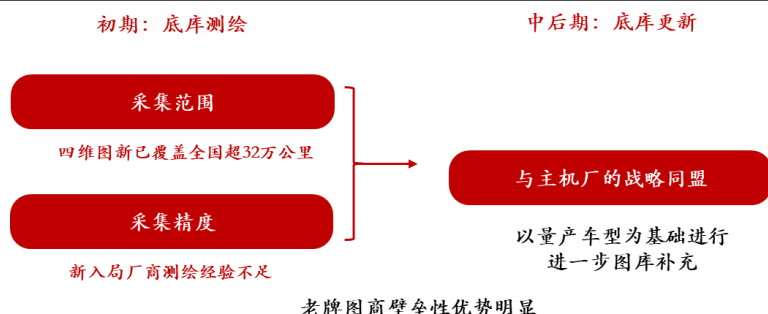
图 101：全国高速公路里程（万公里）



资料来源：国家统计局，前瞻产业研究院，民生证券研究院

据此我们判断，在中短期内，后进竞争者实现成功快速赶超的可能性较小，现有厂商具备较强壁垒。随着先发厂商在采集范围和精度优势的不断提升，行业内可能存在横向整合的机会。从趋势上考虑，在精度要求高的基础底图数据采集完成后，底图更新势必会向成本更低的众包采集方式转化，而此时拥有量产车辆基础的主机厂自然会进入图商视野，图商将根据自身情况选择与主机厂形成同盟，利用其量产车型进一步铺设采集网络，实现数据互通，最终形成“主机厂-图商”的稳定合作模式。因此，长期来看，城郊场景下行业整合或将加剧，“图商-主机厂”轴线同盟有望形成。

图 102：城郊场景下底图采集阶段



资料来源：民生证券研究院绘制

城市场景：城市级别的底图采集存在的难点停留在测绘资质和行业标准等供给端层面。首先，测绘资质的“相对闭塞”使得城市道路地图测绘在供给端缺乏内生动力。截至 2021 年 6 月，根据国土资源部公开审查意见显示，全国测绘资质范

围包含“导航电子地图制作”仅 28 家，其中还包括国家基础地理信息中心、江苏省测绘工程院等非商业主体。中资测绘厂商资质行政审批流程较长，外资企业暂无法作为自动驾驶测绘的独立主体，必须选择与有资质的国内图商合作，这也客观造成了城市级别测绘领域供给能力不足的现状。

图 103：截止 2021 年 6 月拥有甲级测绘资质的 28 家厂商

厂商名称	单位类型	获得资质时间	厂商名称	单位类型	获得资质时间
四维图新	传统图商	2001年1月	中海庭	上汽子公司	2018年8月
灵图	传统图商	2005年5月	北京华为	华为子公司	2019年7月
凯立德	传统图商	2005年6月	丰图科技	顺丰子公司	2019年11月
易图通	传统图商	2005年7月	顺丰科技	顺丰子公司	2021年1月
立得空间	传统图商	2007年6月	京东物流	京东子公司	2020年1月
晶众地图	传统图商	2019年5月	美大智达	美团子公司	2020年10月
江苏智途	传统图商	2019年5月	亿咖通	吉利子公司	2020年10月
光庭信息	传统图商	2013年6月	中移智行	中国移动子公司	2020年10月
宽翼科技	传统图商	2019年1月	城际高科	车载信息终端供应商	2007年4月
速度时空	传统图商	2020年7月	航天宏图	卫星运营服务商	2021年1月
国源科技	传统图商	2020年10月	国家基础地理信息中心	事业单位	2006年1月
全道科技	传统图商	2021年1月	江苏省测绘工程院	事业单位	2008年6月
宏图创展	传统图商	2021年1月	浙江省第一测绘院	事业单位	2008年6月
高德	阿里子公司	2004年6月	江苏省基础地理信息中心	事业单位	2010年10月
长地万方	百度子公司	2005年5月	浙江省测绘科学技术研究院	事业单位	2020年10月
大地通途	腾讯子公司	2007年6月	广州城市规划技术开发服务部有限公司	事业单位	2021年1月
滴滴科技	滴滴子公司	2017年10月	Momenta	算法公司	2018年8月

资料来源：国土资源部，民生证券研究院

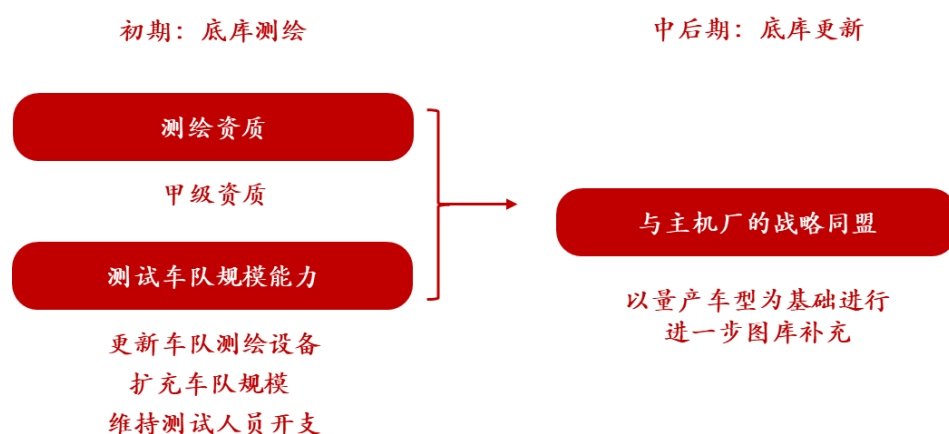
其次，“迟到”的测绘行业标准制定使得供给端缺乏统一的发力方向。作为自动驾驶技术的核心模块，截至 2021 年 5 月，业内首个作为技术细节层面的自动驾驶地图制作标准《自动驾驶地图采集要素模型与交换格式》才终于面世，而网联化的《道路高精度电子导航地图数据规范》《道路高精度电子导航地图生产技术规范》等标准则仍在研制中。行业标准的“迟到”，造成了图商缺乏共同的发力方向，从而同样对行业供给能力形成掣肘。**总结来说，“供给创造需求”的逻辑推动还无法实现。从需求端看，市场对于 L2+自动驾驶的热情刚刚形成，但大部分主机厂对于城市级高精度地图尚未形成明确的需求，且也就暂时无法形成“需求刺激供给”的良性循环。**

在核心供应商尚未对城市级别高精度地图底图信息采集形成突出先发优势的大背景下，结合以上供需端难点，我们认为率先取得突破的厂商将具备如下要素：初期底图测绘阶段需具备测绘资质以及“规模级”的自备车队和专业人员配置，城市级底图的采集早期将由图商自行组建车队，并协同众包采集进行，而测试车队的规模和能力就将是提升测绘范围和精度的核心要素。

具体来看，**测绘甲级资质是其采集的前提，而持续大规模的资金投入则是必要的支持条件：**1) 测绘甲级资质已在国家战略下将逐步放开，或将导致地图供应商将进入这一市场；2) 更新自备车队设备、扩充车队规模、维持大量测试人员开支等，则要求持续的、大规模的资金投入。以测试人员的开支为例，目前由于自动化采集的准确率还无法达到百分之百，因此人工校验的环节必不可少。根据百度高精

度地图负责人马常杰的观点，目前一名员工每天修正的数据量在 30-50 公里（百度由于算法比较强大，人工日修正量可以达到 100 公里），但这对于我国整体巨大的城市道路里程来说依旧是杯水车薪，这就需要大量幕后校验人员的深度参与。到了城市级底图采集的中后期，对于图商来说，能否找到适配的主机厂同盟，利用其量产车型进一步扩充城市级别底图更新，同时继续投入资金以维持相关信息翻译人员的薪资开支，将是其成功的重要维度。

图 104：城市场景下底图采集阶段



资料来源：民生证券研究院绘制

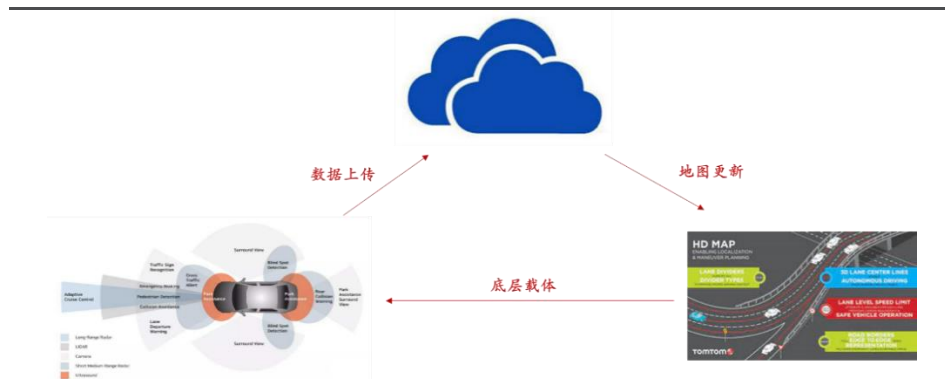
实时更新：更新采集的主要目标信息将落脚于各类动态路况，如临时施工路段、事故拥堵路段等，更新频率要求较高。因此，仅凭图商自营车队的采集既达不到时间要求，同样也达不到范围要求。因此，必须配合主机厂量产车辆的全面支持，以实时在途车辆的感知作为主要信息来源以满足其多角度的要求。

由此可以推导出，在该环节能够“突出重围”的供应商的第一个重要指标，即，能够匹配到多大规模的主机厂，以及与主机厂的配合程度。目前在产业链中，如四维图新已与奥迪、宝马、奔驰、大众、蔚来等多家主机厂，以及滴滴、搜狗等信息服务商达成了深度合作，这些合作伙伴的所掌握的车辆将搭载新型车载传感器数据的收集和处理平台，与公司共享相关的数据，形成完整的数据闭环；而高德也与凯迪拉克和领克等也形成了战略同盟，这样的合作格局将使得他们的先发优势进一步拉大，从而形成强大的“护城河”。

值得注意的是，在数据合规的大背景下，“合规平台-高精度地图”将呈现强耦合，从而为更新采集带来新一轮“发力点”，而在此环节中，四维图新的竞争优势将加剧凸显。随着车载传感器的增多，基于数据的“安全性”，其需要在合规平台的基础上进行回传、筛查、分析等环节。同时，该数据的“二次利用”通常需要以高精度地图作为“底层载体”，将传感器的“感知信息”与“地理信息”匹配，以确保回传数据的有效性、准确性。因此，“合规平台-高精度地图”存在明显的强耦合性，而对于主机厂来说，考虑到其数据的“安全性”，也通常会选择一家具备“地

图+合规”能力的供应商。根据四维图新的公告，公司目前已取得戴姆勒、福特、沃尔沃等多个头部主机厂的相关订单。我们认为，随着合作的增多、合作深度的加剧，或将极大程度降低其在更新环节上的边际成本。

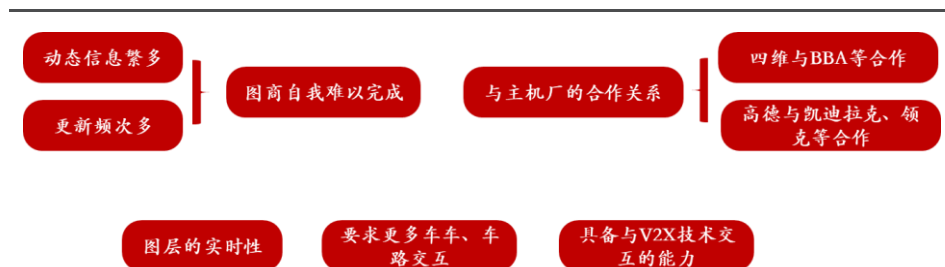
图 105：数据合规与高精度地图的关系



资料来源：民生证券研究院绘制

第二个重要指标在于图商产品与 V2X 车联网技术的关联程度，因为实时图层更新采集环节更多体现出“车车交互”、“车路交互”的概念。类似于苹果 AirTag 通过其周围 iOS 设备的蓝牙进行感知定位的模式，路况共享数据的来源即是该场景周围的行驶车辆，这些数据由行驶车辆采集，通过现代通讯技术上传至云端，再共享给其他车辆的导航系统。这使得在车联网行业有提前布局的地图厂商具备了极强的产业联动优势。其中，四维图新作为优先布局车联网的图商，目前已整体形成了一个可视化的、定性的、描述性的“地图网络”，并具备了较强的技术沉淀。

图 106：实时动态更新阶段高精度地图厂商的突围要素

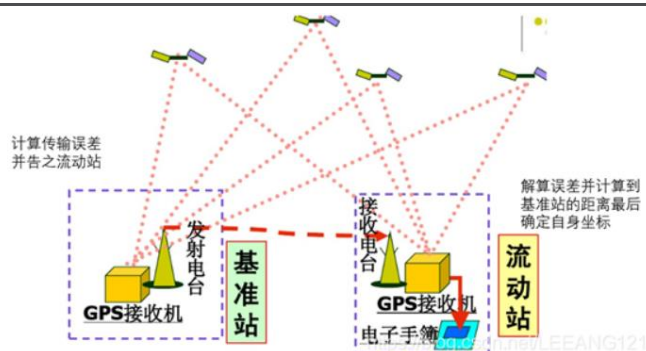


资料来源：民生证券研究院绘制

RTK 定位：是高精度地图信息质量的又一把“保护伞”。RTK 技术对于高精度地图的核心作用在于，保证了车体实际位置与地图位置的一致性，从而保证了车身传感器自我感知能够与地图既有信息进行相互补充。RTK 技术主要通过地基增强站实现精确至厘米级别的定位。基准站首先将自己获得的载波相位观测值及站点坐标，通过云平台实时发送给周围工作的动态用户。流动站数据处理模块使用动态差分定位的方法确定流动站相对基准站的坐标，然后再由车端 GNSS 接收模块根据基准站的坐标反算自身的瞬时坐标。因此作为 RTK 技术重要的支撑，能够使用的地基站数量多少也将直接决定地图信息融合的质量高低，具备大量地基站使用权限的图商将在地图尤其是实时图层的安全冗余方面更加游刃有余，形成较高的

技术壁垒。国内 RTK 定位重要硬件支撑是我国自主研发的北斗地基增强系统，目前由千寻位置、六分科技（四维图新旗下）等公司主要负责建设（存在资质+资金壁垒）。截至 2022 年 1 月，千寻位置已在全国完成超 2800+ 座北斗地基增强站的建设、六分科技也已完成组建 2600+ CORS 参考站，其均拥有较强的壁垒性。

图 107：RTK 技术原理



资料来源：古月居，民生证券研究院

综上所述，我们认为，在城郊（高速公路）场景下：以四维图新、高德、百度等为主的传统图商，在中短期内具备了明显的竞争优势；长期看，行业整合或将进一步加剧，“图商-主机厂”轴线同盟有望形成。在城市场景下：或是我国高精度地图贯穿始终的聚焦点。短期内，具备测绘甲级资质+资金投入能力的厂商具备优势；而中后期，与众多主机厂拥有良好的联盟合作+数据合规服务+V2X 车联网背景的厂商将具备竞争优势，目前看，四维图新、高德、百度等已均具备了以上基础，其中四维图新的优势相对明显。此外，RTK 定位将是高精度地图制作贯穿始终的核心技术，其中地基端的竞争壁垒更为明显，而千寻位置、六分科技（四维图新旗下）等公司已具备了明显的壁垒性。

3.3 决策层：算力取代马力，构造智能汽车“基础脑”

随着汽车架构向集中式推进，“软硬件共同定义”时代全面来临，而决策层作为定义自动驾驶能力的关键，依靠着高算力计算单元以赋予汽车真正的“思考能力”，是最具颠覆性的一环。其中，在硬件架构中，软硬件分离的范围将扩大至决策层全局，原有 ECU 的运算要求也将被彻底弱化，并统一交付于域控制器及其主控芯片处理；在软件架构中，操作系统作为基石，经算法不断迭代升维，以实现功能的最终落地。

3.3.1 自驾域芯片：算力的“军备竞赛”

自动驾驶芯片是运算任务的底层载体，其主控芯片正从 MCU 向 SoC 转移。正如我们在上文“百年汽车产业的重塑”中所述，随着智能化程度的提升，使得原有 MCU 芯片难以满足汽车对于算力的需求，而随着汽车向集中式架构迭代，域控制器成为汽车运算决策的中心，主控芯片作为运算能力的“底层载体”，不仅要

辑判断,还要处理并整合大量图片、视频、雷达等非结构化数据,因此,自动驾驶主控芯片引入 DSP、GPU、NPU 等多个模块集成到一块 SoC 芯片上,使其不仅拥有控制单元,还集成大量的计算单元,从而能够支撑多任务并发及海量数据的处理,以实现自动驾驶的复杂功能。

CPU/GPU/FPGA/ASIC 等不同处理器各有所长。按照处理器芯片架构的不同,处理器可被分为 CPU/GPU/DSP/ASIC/FPGA 等。其中,CPU 为中央处理器,主要用于处理逻辑控制密集的计算任务,擅长管理和调度;GPU 则是图像处理器,善于处理数据密集的计算任务、浮点运算和并行计算;FPGA 适用于多指令、单数据流的分析;ASIC 是面向特定用户的算法需求设计的专用芯片,如 NPU、TPU 等,其因“量身定制”所以具备体积小、功耗低、性能高、保密性强等优点。

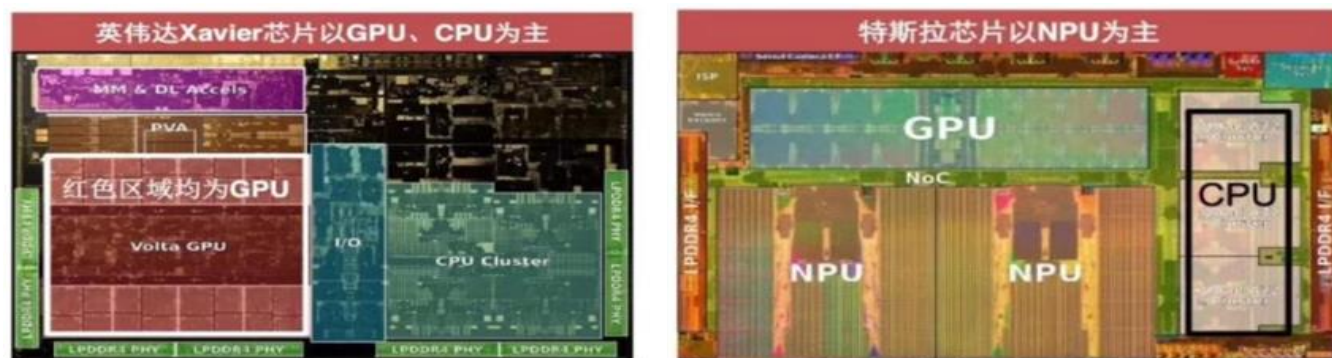
表 15：不同类型处理器差异比较

	CPU	GPU	FPGA	ASIC
定义	中央处理器	图像处理器	现场可编程逻辑门阵列	专用处理器
算力	算力最低	算力高	算力中等	算力高
上市速度	快,产品成熟	快,产品成熟	较快	上市速度慢,开发周期长
成本	用于数据处理时,单价成本最高	相对较低	较低的试错成本	相对较高
功耗	较高	高	较低	非常低
适用场景	通用性强,广泛应用于各种领域	通用性强,广泛应用于各种图形处理、数值模拟、机器学习算法领域	适用成本要求较低的场景	场景单一,主要用于等高算力需求领域,AI 专用算力最强
代表公司	英特尔	英伟达,AMD		Mobileye、地平线、黑芝麻等

资料来源:IT之家,民生证券研究院

自动驾驶 SoC 芯片通常具有“CPU+XPUs”的多核架构,CPU 做逻辑运算、整体统筹,XPU 用于大规模并行计算。结合前文的分析,单一的 CPU 模块难以满足自动驾驶大批量数据处理和部署 AI 算法的要求,其需要额外增加加速模块,以提升算力、推动算法产生。因此,芯片厂商通常采用 CPU 作为逻辑、控制运算单元,负责调度-管理-协调,再依据自身的定位选择加速单元如 GPU/FPGA/ASIC 等,以实现大规模的并发运算。而根据 XPU 选择的不同,又可以分为三种路线:1) **CPU+GPU+ASIC**:代表为英伟达、特斯拉、高通,其中英伟达 Xavier 以 GPU 为计算核心,并包含两个 ASIC 模块 Deep Learning Accelerator (DLA) 和 Programmable Vision Accelerator (PVA) 用于特定的算法加速;而特斯拉 FSD 芯片则以两个 NPU (ASIC) 为计算核心,一个轻量级 GPU 模块用于后处理;2) **CPU+ASIC**:代表为 Mobileye EyeQ5 系列、地平线征程系列,其中 Mobileye EyeQ5 主要有 4 个模块:CPU、CVP、DLA 和 MA,其中 CVP 是针对传统计算机视觉算法设计的 ASIC;而地平线自主设计研发了 AI 专用的 ASIC 芯片 Brain Processing Unit (BPU);3) **CPU+FPGA**:代表为 Waymo,其计算平台采用英特尔 Xeon CPU,搭配 Altera 的 Arria 系列 FPGA。

图 108：自动驾驶芯片架构



资料来源：Nvidia 官网，Tesla 官网，民生证券研究院

在芯片的选择维度上：首先，主机厂将根据车型/价格的规划，选择不同类型的芯片厂商。在智能化浪潮下，主机厂不仅要掌握自动驾驶的核心以保全其“价值”，同时还需要推出不同车型以迎合消费者的差异化需求，进而实现“长续”的盈利目标。通常而言，主机厂出于成本与受众的考虑，多在高端车型中，配置“高标准”硬件以备后续通过 OTA 实现能力的迭代；在中低端车型中，则会在基于“性价比”维度上，考虑仅搭载 ADAS 系统以满足当前需求。而产品定位的不同，也导致了其不同车型中将选择差异化的芯片厂商：**1) 高端路线：**主机厂偏向于选择具备“高算力”的高端芯片。相关厂商例如有英伟达、高通、华为、Mobileye 等；**2) 中低端路线：**主机厂的考量将从“高算力”转移为“快速量产”，因而会选择“性价比”较高的芯片厂商。例如有 Mobileye、地平线、TI、NXP、黑芝麻等。

表 16：各家芯片厂商比较

品牌	型号	自动驾驶平台	类型	算力 TOPS	功耗 W	能耗比 TOPS/W	适配等级	适配车型	价格 单颗/美元
英伟达	Xavier	Drive PX Pegasus	CPU+GPU	30	30	1	L2-L5	小鹏、智己、比亚迪、一汽、奔驰、奥迪、丰田、沃尔沃	400-500
	Orin	Drive PX Orin	CPU+GPU	200-250	65	3.1-3.8	L2-L5	蔚来、理想、小鹏、上汽 R、智己、威马、高合	400-500
高通	Snapdragon 8540+9000	Snapdragon Ride	CPU+GPU	700-760	65	10.8-11.7	L4-L5	长城、美国通用	400-460
华为	昇腾 910	华为八爪鱼	CPU+A	256-512	310	2.1	L4+	适配中	\
	昇腾 310		SIC	8-16	8	2	L2-L4	适配中	\
	Ultra	\		176	\	\	L2-L4	福特、极氪	\
Mobileye	Eye Q4	Mobileye Drive	CPU+A	2.5	6	0.42	L2+	蔚来、小鹏、广汽、长城、上汽、一汽、宝马、本田、通用、福特、沃尔沃、日产	130-160
	Eye Q5		SIC	24	10	2.4	L4-L5	极氪	
	Eye Q6			67	35	1.9	\	\	
地平线	J2	Matrix	CPU+A	4	2	2	L1-L2	长安、奇瑞、长城	\
	J3		SIC	5	2.5	2	L1-L2	广汽、上汽 (2022)、一汽 (2022)	\

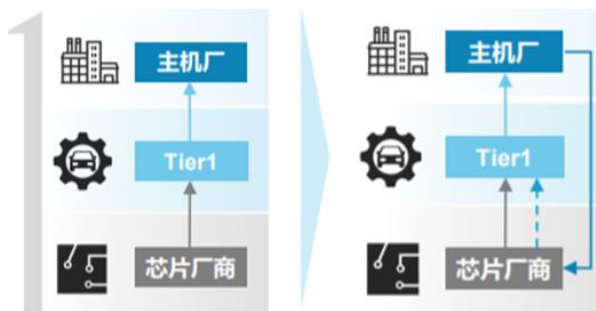
	J5	Matrix 5		128	30	4.3	L4	适配中	\
黑芝麻	华山 A500	FAD	CPU+A SIC	5.8	<2	2.9	L1-L2	长安、奇瑞、长城 (2022)	\
	华山 A1000			40-70	<8	8.8	L2-L4	广汽、上汽 (2022) \ 一汽	\
	华山 A1000L			16	<5	3.2	L2+	(2022)	\
								适配中	\
TI	TDA4x	\	CPU+G PU	8	5	1.6	L2+	\	\
NXP	S32G274	Bluebox	CPU	\	2	\	\	\	\
瑞萨	RCAR V3U	Renesas Autonomy	CPU+A SIC	60	8-10	6-7.5	\	\	70-100

资料来源：各公司官网，新浪汽车，汽车之家，民生证券研究院

高端路线：从“模式-能力”，英伟达优势显现

芯片厂商从 Tier2 向 Tier1 实现跃升。在高端路线下，主机厂为了掌握自动驾驶的主动权，已不再满足于传统模式下 Tier1 的“黑盒形式”，其对于软硬件解耦的需求也更为迫切，而具备自主研发能力的主机厂可跨过 Tier1 直接与芯片厂商建立沟通渠道，以掌握在芯片选择、供应方面的主动权，并带动了芯片厂商由 Tier2 向 Tier1 实现跃升。

图 109：芯片厂商从 Tier2 向 Tier1 跃迁



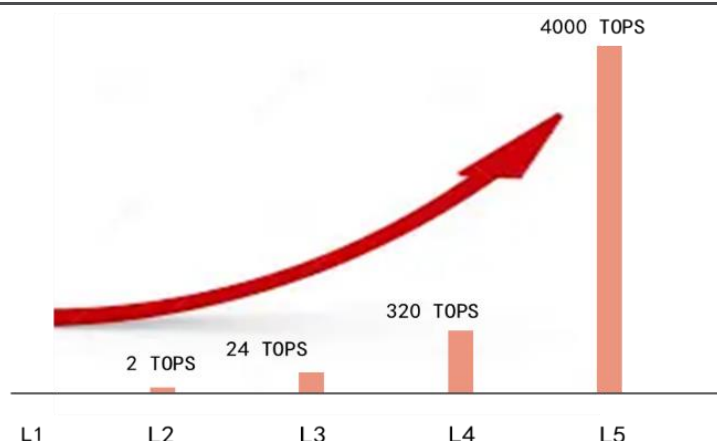
资料来源：亿欧智库，民生证券研究院

在高端路线的芯片选择上，由于该类型芯片通常具备全栈式方案，因此主机厂会率先根据其自身能力在方案级中选择“开放/封闭”的模式。例如，Mobileye、华为虽然能提供整体化方案，但其方案的开放性相对较弱，仅给予主机厂“黑箱式”的输出。因此，自身软件及算法能力相对较弱的厂商会选择与其进行合作（现 Mobileye 也逐步走向“开放”）；而英伟达、高通等在提供整体化方案时相较于 Mobileye 等则更为“开放”，且允许定制化服务。因此，自身能力相对较强，或对于主动权重视的主机厂则会偏向于选择英伟达、高通等厂商。

其次，在既定模式后，主机厂通常会考虑在该模式下不同厂商的综合能力。由于自动驾驶的实现依赖于大量的传感器，其产生的海量数据需要强大的计算能力作为支撑，而芯片算力、利用率及能耗比将是决定其是否能实现性能最优化的关键指标。根据国内领先的自动驾驶芯片设计初创公司地平线的观点，实现 L2+ 级别至少需要 24 TOPS，而在 L4 级、L5 级，其算力的要求将呈指数级上升，达到千

TOPS 级别。同时，车辆在自动驾驶的过程中，其延时必须要控制在毫秒甚至微秒级别，才能保证行驶过程的安全，而这一标准的实现，**对于芯片的算力要求又提升了一个维度**。根据各公司官网公开数据进行比较，英伟达(Orin)、高通(8540+9000)芯片算力优势相对突出。其中，英伟达 Orin 单颗芯片的算力可达 200-250 TOPS，是其他芯片算力的数倍，已能支持 L2-L5 的自动驾驶；而高通则采取 8540+9000 组合芯片的方式，算力合计高达 700-760TOPS，能够支持 L4-L5 的自动驾驶（单颗 8540 芯片也可用作自动驾驶 SoC 芯片服务于 L2 级别 ADAS 功能的实现）。

图 110：算力随自动驾驶等级提升而提升



资料来源：地平线，民生证券研究院

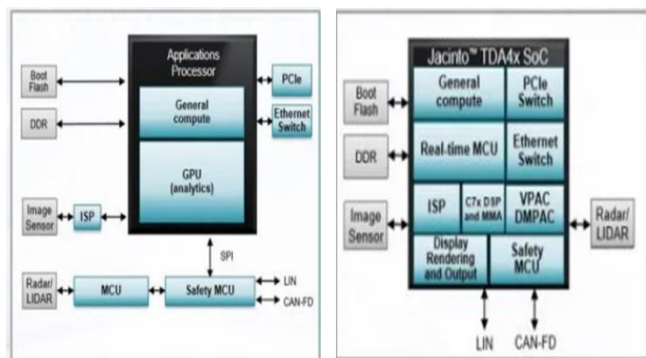
值得注意的是，除算力外，算力利用率和能耗比也是衡量芯片性能的重要指标。

其中，**算力利用率**：受到多方面因素的影响，包括芯片架构、设计、可编程性等，而根据产业链调研，英伟达芯片的算力利用率约在 40%-50%，而 ASIC 芯片主要是面向特定用户的算法需求设计的专用芯片，其算力利用率相对较高，根据华夏 EV 资料，约在 60%-80%之间；**在另一维度上（能耗比）**：在高算力模式下，芯片功耗也较大，对于主机厂，意味着存在两方面隐患：其一、是电气系统整体设计的复杂度和成本；其二是、车企在面对高功耗的情况下，多会采用主动散热的设备，无论是水泵还是风扇，都将引入了更多的可失效点。因此，功耗将直接影响前期整车设计及验证的工作量和成本，以及后期实车驾驶过程中整车的续航里程，进而影响驾驶体验。因此，我们根据“能耗比=算力/功耗”的公式进行分析，即算力越高、功耗越低，芯片性能越好。据此公式计算，英伟达（Orin）芯片、高通（8540+9000）、Mobileye（Eye Q5）的能耗比相对较高，其芯片整体性能也更为优秀。

除此之外，自动驾驶芯片还需考虑一些其余要素。其一、是安全等级，为了达到更高的稳定性和安全性，自动驾驶 SoC 可通过内置或外接 Safety MCU 的方式，使得其功能安全等级逐渐由 ASIL-B 向 ASIL-D 靠拢，其中，SoC 内置 Safety Core 的方式因功能更加集成、性价比更高，相对占优；**其二、是接口外设**，需包含足够多且有效的外设接口，如 CANFD、PCIe、ethernet、GPIO、MIPI、UART、I2C、

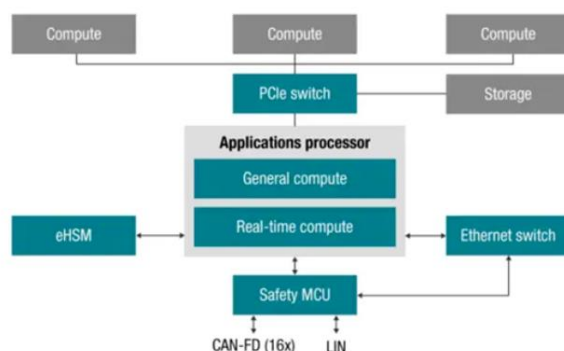
I2S 等以支持不同类型的传感器；**其三、是附加存储控制**，一般临时作为操作系统、数据驱动的资源池以降低程序调用难度，对 SoC 的功耗、性能和面积具有重大影响；**其四、是信息安全监控**，主要包含数字身份认证、看门狗程序、底层安全驱动、加密引擎等几个方面，其目的是在系统运行期间实现系统的安全、认证启动或主机监测。

图 111：功能安全 MCU 两种设置方式



资料来源：汽车电子与软件，民生证券研究院

图 112：自驾芯片 PCIe、ethernet 等接口外设示例图



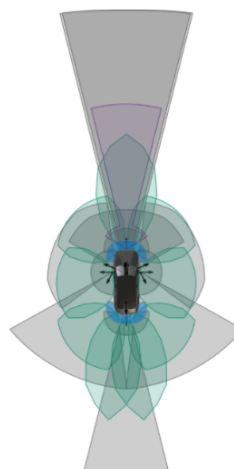
资料来源：芯宇，民生证券研究院

此外，根据我们产业链调研发现，单芯片的性能强度并不是主机厂考虑的唯一要素，在除芯片性能外，性价比以及其在自动驾驶领域的软件生态及工具链的成熟程度也是重要的参考。其中，在性价比方面：主要体现于“价格、传感器配置”：

1) 芯片价格：结合汽车之心和我们调研情况综合分析，英伟达 Orin 芯片的单颗售价约在 400-500 美元左右，高通采用 Snapdragon 8540+9000 芯片的组合方式，芯片整体售价约为 800-960 美元，差距并不明显，而 Mobileye 芯片的整体价格相较英伟达、高通存在一定优势；但从另一指标来看（算力/价格），英伟达/高通/Mobileye (Orin/8540+9000/EyeQ5) 芯片的相关指标分别达到 0.64TOPS/\$，0.95TOPS/\$，0.52TOPS/\$，相比之下，高通芯片在同等算力下价格优势略微明显；**2) 传感器配置**：结合前文中的分析，主机厂在感知层需配置多种传感器，并以此作为自动驾驶方案的“差异化卖点”，而这对底层芯片则提出了更高的要求，即需支持传感器的“多路输入”，并尽可能给予 OEM 在传感器配置上的“高灵活度”。如，基于英伟达 Orin 芯片构建的自驾平台可以支持 12 个外部摄像头、3 个内部摄像头、9 个雷达、12 个超声波雷达、1 个前置激光雷达，基本涵盖大部分主机厂的传感器配置，整体性价比较高。

图 113：基于英伟达 Orin 的传感器方案配置示例图

Sensor Qty & Type	Function	Details
8 exterior cameras	Wide & tele vision	Sony IMX728, 8.3MPix
4 exterior cameras	Fisheye near vision	Sony IMX623, 3.0MPix
6 radars	Corner & side sensing	Hella Short Range Radar
3 radars	Front & rear sensing	Continental Long Range Radar/Image
1 lidar	Front redundant sensing	Luminar
3 interior cameras	Driver & occupant monitoring	OVT 2311/2312, 2.3MPix
2 IMUs	Vehicle dynamics detection	Continental
1 GPS	Vehicle location detection	U-blox
1 development lidar	Ground Truth data collection	Hesai
1 development GNSS	Ground Truth data collection	Novatel



资料来源：英伟达，民生证券研究院

在软件生态和工具链方面：在软硬件趋势下，芯片厂商向 Tier1 跃升，而完备的工具链以及软件生态将使得自驾算法的开发更为高效，其也是主机厂选择的重要参考。其中，英伟达展现出了较强竞争优势，其拥有完整的 Stack 堆建，以及 Drive PX Pegasus 自动驾驶平台。理想汽车 CTO 王凯曾在对《建约车评》等媒体时公开表示：“选择英伟达作为理想汽车在自动驾驶芯片的合作伙伴，其中，工具链是一个重要的考量标准。”值得一提的是，英伟达在基于丰富的软件生态下，使得 Orin 能通过开放的 CUDA、Tensor RT API 及各类库进行编程，同时借助于高效的工具链产品和最初的 prototype，使得理想汽车在自动驾驶系统的研发更快地落地。

图 114：英伟达工具链汇总

 DRIVE AGX 平台 车载 AI 计算机 开发者套件和软件 - 使用 DRIVE AV、DRIVE IX 和 DriveWorks SDK 加速 AV 应用开发。 - 使用硬件加速器来加速感知、定位、规划和地图算法的性能。 - 集成全新车辆传感器。 了解详情	 DRIVE Hyperion 汽车参考架构 DRIVE AGX 和传感器套件 - 体验并评估所含的自动驾驶、驾驶员监控和可视化应用（DRIVE AV 和 DRIVE IX）。 - 使用已发布的 API 开发新应用。 了解详情	 DRIVE Constellation 模拟平台 模拟服务器和 DRIVE AGX - 在虚拟世界中模拟真实环境，包括传感器、交通、车辆动态和场景，以验证和确认 AV 算法。 - 使用硬件在环技术（硬件在闭环环境中）测试和验证 AV 算法。 了解详情	 NVIDIA DGX DNN 训练平台 DGX 和深度学习 SDK - 训练神经网络进行 AV 感知。 - DGX 系统的设计目的在于更快进行实验及训练规模更大的神经网络模型。 了解详情
---	---	--	---

资料来源：英伟达，民生证券研究院

最后，落实到最终的选择上，主机厂在除去对芯片的综合能力外，对于可选芯片厂商在本地化服务能力、项目成熟度，以及芯片量产时间是否能满足其自身车型的规划也是主机厂考虑的综合因素。其中，在本地化服务上：由于关键的芯片厂商

基本为海外企业，本地化服务人员或在一定程度上存在劣势。因此，我们更需要关注的是其芯片厂商深度合作的 Tier1 供应商数量情况；项目成熟度：需要考虑的已合作/潜在合作主机厂的数量。综合来看，英伟达无论是芯片性能，亦或是本地化服务能力、项目成熟度等综合性指标均相对占优，而高通在成熟项目的数量上或存在一定的缺失（英伟达、高通新一代自动驾驶芯片均在 2022 年实现量产），而华为作为最具“鲶鱼效应”的本土化企业，已合作极狐、阿维塔、赛力斯等智能车型，但由于其受制于美国禁令，或在高端芯片的量产能力上存在一定困境。

中低端路线：“交钥匙”方案为主，百家争鸣、各有所长

针对中低端方案，主机厂更偏向“交钥匙”方式，而芯片厂商百家争鸣、各有所长。一些亟需量产的中低端车型，主机厂出于性价比、量产需求的考量，较难承受高算力芯片的成本，因此偏向于选择“交钥匙”形式，以寻求 ADAS 功能的快速应用。在中低端芯片中，按照是否提供解决方案进行分类，可大致分为两大类：

1 包含提供芯片、操作系统、算法的完整的 ADAS 解决方案 如地平线、Mobileye、黑芝麻等；2 仅提供单一芯片，如 TI、NXP、瑞萨等。其中，在方案级芯片厂商中，根据是否可以做到“软硬件解耦”，分为开放型（如地平线、黑芝麻）和封闭型（如 Mobileye），而在开放型的芯片阵营中，又各有特色，如地平线的优势在于其向主机厂全面开放感知模块 API，并提供低级语义等中间结果，能够支持客户在应用层开发复杂功能的需求，并且打造“天工开物”AI 芯片工具链，包括数据、训练和设备部署工具，用于形成开发闭环。而黑芝麻先后自研 ISP 和 DyanmAI 处理器 IP，以获得芯片更高的性能提升。

图 115：中低端芯片分类及其特点

中低端芯片			
具备完整解决方案		单一芯片	
  		 	
开放	封闭		
 			

资料来源：民生证券研究院绘制

中低端路线在芯片的选择上，性价比将是“第一要义”。由于在中低端车型中，其成本相对限制，对应的自动驾驶芯片必须以极高的性价比突出重围，即以较低价格获取较高算力，我们依旧采用算力/价格的指标进行判断，根据各公司官网公开数据显示，Mobileye 的 EyeQ5、TI 的 TDA4 芯片指标为 0.52TOPS/\$，0.11TOPS/\$，相较而言，Mobileye 相对占优。除算力以外，芯片厂商所提供方案级的“完整性”也是其性价比体现的关键。相较于瑞萨等厂商单一芯片的提供，Mobileye 则选择了“摄像头-芯片-算法”的整体化方案，以极高的性价比获得了主机厂青睐，根据

车云的数据显示，其曾占据 ADAS 芯片市场 70%及以上份额。此外，**国产芯片厂商如地平线、黑芝麻等也提供的是软硬件一体的解决方案，但其相比于 Mobileye 则更为“开放”，不仅可以实现感知算法解耦，还提供底层软件及应用软件，以及开发过程中全方位的技术支持与服务，在性价比上会更有优势。**

图 116：Mobileye 出货量



资料来源：英特尔，民生证券研究院

方案成熟度、芯片供应水平是主机厂的另一考量点，规模化量产能力以及快速的芯片交付能力成为其站稳脚跟的关键。汽车产业对于风险厌恶程度明显，主机厂更愿意选择拥有成熟落地项目、供应相对稳定的芯片厂商，以避免“失败”风险。而在此指标下，Mobileye、地平线等厂商具备较强的优势。其中，Mobileye 芯片已应用于蔚来、小鹏、广汽、长城、上汽、一汽、宝马、本田等多家国内外主机厂。根据英特尔报道，截止 2021 年 12 月，其 Eye Q 系列芯片出货量已突破 1 亿片；而国内厂商中，地平线则相对占优，其征程系列芯片已应用于理想、长安等相关车型中，同时广汽、上汽、一汽和长城等相关车型也正在同步适配。此外，根据地平线公布的数据显示，截止 2021 年 9 月，其征程系列芯片出货量已突破 50 万片，且其交付速度不断加快。

3.3.2 自驾域控制器：决策层的“摆渡人”

域控制器作为集中式架构下的新产物，一出场即成为了决策层中当之无愧的硬件核心。域控制器（DC）也叫域控制单元或多域控制器（Multi Domain Controller, MDC），最早由博世和大陆等 Tier1 所提出，旨在解决信息安全和 ECU 开发瓶颈问题，而自驾域控制器作为域集中架构下的新产物，通常以高算力芯片为核心，包含 AI 芯片、CPU、MCU 等，其负责车辆在自动驾驶过程中大量传感器数据的融合、处理任务，并基于此向汽车的动力单元下达指令，成为了汽车决策层中的核心。

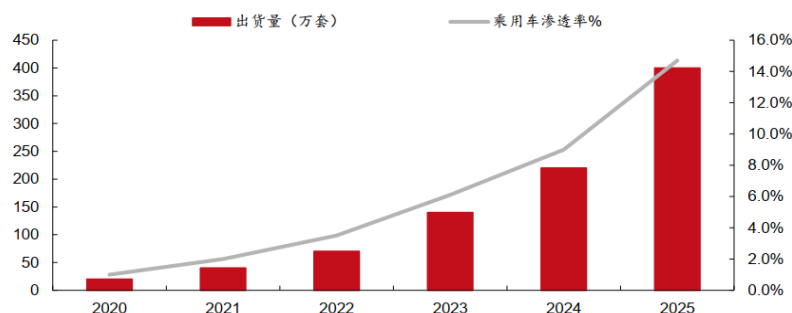
表 17：域控制器核心底层硬件分类

分类	作用	特点	典型产品
AI 芯片	通常是 GPU、FPGA 等，主要承担环境感知和深度学习等超大算力需求，主要完成多传感器融合数据的分析和处理，输出用于规划、决策和控制的周围环境信息	当前完成硬件加速功能的芯片通常依赖内核系统（多用 Linux）进行加速引擎及其他芯片资源的分配、调度	英伟达 Xavier 的 GPU 单元、昇腾 310、地平线 BPU 等
CPU	承担大规模浮点数并行计算需求，主要用于环境感知和信息融合，执行大部分自动驾驶相关的核心算法，整合多传感器融合数据完成路径规划等	采用车规级多核 CPU 芯片，单核主频高，装载 Hypervisor、Linux 等内核系统管理软硬件、完成任务调度	比如华为 MDC 搭载的鲲鹏 920
MCU	控制单元，完成车辆动力学横纵向控制任务，主要负责逻辑运算和决策控制，处理高精度浮点数串行计算	加载 Classic AUTOSAR 平台基础软件，MCU 通过通信接口与 ECU 相连	Infineon 的 TC297 或者 TC397 等

资料来源：《车载智能计算基础平台参考架构 1.0》，民生证券研究院

域控制器整体市场景气度高，未来 5 年渗透率将大幅提升。未来随着 L2 等级自动驾驶渗透率的提升，域控制器出货量将不断提振。按照佐思汽研的测算，预计到 2025 年，中国乘用车 ADAS/AD 域控制器年出货量将达到 356.5 万套，乘用车前装自动驾驶域控制器渗透率将达 14.7%。

图 117：我国域控制器出货量预测（万套）



资料来源：佐思汽研，民生证券研究院

域控制器供应商由三类玩家组成：主机厂（自研）、高端方案 Tier1 和中低端方案 Tier1。随着汽车 E/E 架构从分布式-域集中演化，域控制器的重要性凸显，主机厂与 Tier1、芯片厂商的关系也发生了深刻的变革，主机厂主导地位增强，进而导致域控制器厂商分类可分为：主机厂（自研）、高端（自动驾驶方案）Tier1、中低端（ADAS 方案）Tier1。

图 118：域控制器供应商主要玩家

主机厂	高端方案的Tier1	中低端（ADAS）方案Tier1

资料来源：佐思汽研，民生证券研究院

主机厂（自研）：自研域控制器以实现更深度的域融合。为了实现域控制器的

快速迭代，使得整车 EE 架构逐渐向集中化演进，主机厂选择自研域控制器以掌握底层核心硬件的定义权。其中，大致可分为两大类，1) “自研-制造”一体化：如特斯拉：其率先将信息娱乐系统（IVI）、辅助驾驶系统（ADAS/Autopilot）和车内外通信三部分集中控制管理，自行设计、制造了中央计算平台，缔造了领先其他车厂五年的 E/E 架构，且实现了软硬件的自研闭环；2) “设计-代工”模式：即，率先在控制器的设计上实现“自主化”，而制造层面交由 Tier1 进行代工。如，造车新势力如蔚来、小鹏等均采取该模式。

高端（自动驾驶方案）Tier1：无论是传感器配置、芯片或是车企的算法功能需求，当前都存在一定的差异，并没有规范化的标准。因此，域控制器厂商需进行定制化开发以迎合主机厂的“差异化”需求，**其核心竞争力主要体现在：芯片的适配能力、工程化能力以及本地化服务能力。**

芯片的适配能力：芯片作为域控制器的核心差异化点，成为了主机厂对域控制器选择的主要诱因，并形成了“选控制器”本质在于“选芯片”的底层逻辑。芯片厂商作为域控制器厂商的核心技术支持者，为域控制器产品的差异化提供了最大空间。相应地，域控制厂商作为芯片厂商生产能力的延伸，也为芯片厂商提供了充足的市场基础和供应链能力。因此，这一供需关系推动形成了“芯片厂商为核心、域控制器厂商作为必要补充”的供应链格局，技术的难点将由芯片厂商和域控制器 Tier1 共同探索、相互赋能。而在这种格局下，作为壁垒性最强的一环，芯片厂商对于主机厂来说，是技术架构的基石，其他功能的设计和生均需满足与芯片的适配性才能有效提高运行效率。因此，域控制器厂商背后的芯片厂商，将成为主机厂供应链选择的重要选择维度。如，德赛西威与英伟达具备良好的合作关系，其 IPU03、IPU04 分别基于英伟达 Xavier、Orin 芯片开发。

表 18：域控制器厂商和芯片

域控制器厂商	芯片	控制器名称	自动驾驶域控制器客户
德赛西威	TI TDA4、地平线	IPU02	
	英伟达 Xavier	IPU03	小鹏 P7
	英伟达 Orin	IPU04	蔚来、理想、小鹏、高合等
毫末智行	高通 Snapdragon	\	长城
均胜电子	\	\	SOP 2023
东软睿驰	德州仪器、赛灵思	自动驾驶域控制器 DCU	\
经纬恒润	Mobileye	ADAS Domain Controller	
华为	华为麒麟系列	MDC	北汽极狐、长安等
TTTech	英伟达	ZFAS、IECU	奥迪、上汽
伟世通	英伟达、NXP、高通	Drive Core	广汽
采埃孚	英伟达	中央控制器 ProAI	奇瑞
大陆	英伟达	ICAS1	大众 MEB 平台 ID.3 系列纯电动汽车
	英伟达 Drive Xavier	ADCU	\
博世	英伟达	DASy	沃尔沃

资料来源：佐思汽研，前瞻产业研究院，民生证券研究院

软硬件工程化能力：在芯片向域控制器集成过程中，硬件生产存在散热难、功耗高、可扩展等技术难点，而软件层上也需“搭载”丰富的中间件，这对域控制器厂商综合的工程能力带来了考验。在硬件层面，随着芯片数量的增多、芯片算力要求不断提高，自动驾驶域控制器面临着功耗过高、散热困难的问题。根据天际汽车基础硬件总监周毅在盖世汽车研究院“2021 中国下一代汽车高质量发展论坛”的观点，前期独立 ECU 在电控方面的功耗约为 10W，部分小型驱动仅 1-2W，整个功耗基本可以通过被动散热解决，但对于域控制器，功耗将会达到 100w 量级，简单被动散热已无法满足其硬件运行需求，而中央计算平台功耗预计会达到数百瓦，无论是结构散热设计，或是整体硬件架构涉及，都对域控制厂商的硬件工程能力提出了较高的要求。除此之外，硬件架构的异构多核、分布弹性扩展、丰富 I/O 接口资源、高内存带宽、车规与功能安全等也都是自动驾驶控制器后续的“刚需”，若要与之需求相匹配，控制器厂商则需要具备更强的“制造”能力；在软件层面，域控制器厂商还需覆盖丰富的中间件，即需帮助主机厂适配以太网协议栈、DDS 数据分发协议、TSN 高精度网络协议等，以构建上层算法与底层硬件的“通信链路”。

图 119：域控制器总功耗预估

时间	自动驾驶级别	SoC主流能效比	性能预估	功耗预估
2020年	L3	1.2TOPS/W	100~200 TOPS	80~160W
2025年	L4	3 TOPS/W	400~600 TOPS	130~200W
2030年	L5	8 TOPS/W	>3000 TOPS	>370W

资料来源：佐思汽研，民生证券研究院

本地化服务能力：域控制器厂商凭借出色的本地化响应能力，将充当主机厂和芯片厂商对接过程中的支持角色。对于主机厂在研发过程中面临的各类的紧急型服务需求，深耕市场多年的 Tier1 能够凭借其出色的服务能力，为芯片厂商的技术延伸提供现场调试、应急处理等途径的有效补充。头部 Tier1 自有的、链条化的调试和编译平台，也能够作为技术端的必要拼图，为芯片厂商和主机厂的调试提供便利。综上，根据各指标以及高工智能汽车的资料，在高端方案中，德赛西威已具备了明显优势，在 2021 年量产规模排名第一，其搭载于小鹏 P7 的自驾域控制器-IPU03 上半年上险量接近万台规模，而基于英伟达 Orin 芯片的下一代自驾域控制器 IPU04 也已与理想、蔚来等主机厂达成合作。

中低端(ADAS 方案)Tier1：以“交钥匙”方式向解决方案商演进。现阶段，ADAS 算法以及实现的功能逐步标准化，对于传感器的搭配也较为固定。主机厂为了实现某些 ADAS 功能的迅速量产，更青睐 Tier1 提供的包含域控制器、上层算法甚至传感器在内的“交钥匙”方案，更注重产品的性价比以及方案的成熟度。

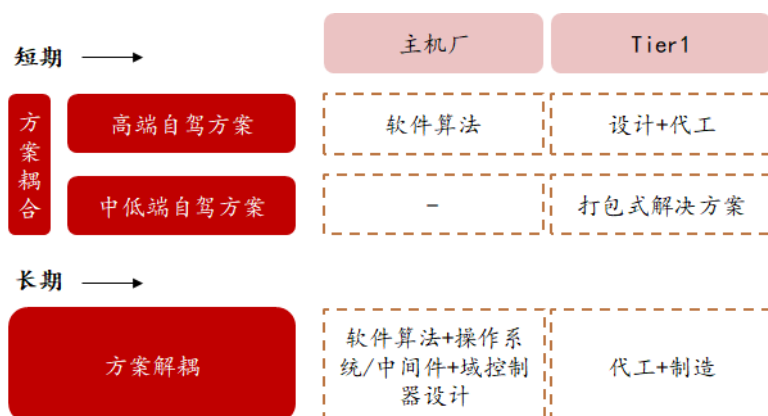
域控制器厂商若提供的整体方案具备高性价比，则赢得主机厂的青睐。其中性

价比包含两个维度，一是方案的完整性，二是总包的低成本。其中，方案的完整性体现于域控制器厂商提供从“底层硬件-操作系统-中间件-上层算法”的完整打包方案，能满足主机厂快速量产的需求；在总包成本上，根据产业链调研，目前主流 ADAS 自动驾驶芯片的价格从几百元到上千人民币，算法模块从百元到千元不等，再叠加其余零部件以及后期支持调试费用，使得总体价格在数千元以上，而域控制器厂商打包的方案总成本则低于分包形式，因此，对于主机厂来说将是极富性价比的选择。

方案成熟度是主机厂的另一考量因素。Tier1 的整体化打包方案经过先前的适配，能有效避免主机厂与供应商自行沟通可能引起的沟通成本和适配成本，帮助其在智能化技术和市场格局快速迭代的环境中加快量产速度，以实现产品的快速上车。如经纬恒润和 Mobileye 合作较早，基于 EyeQ4 芯片具备较多落地案例，在 ADAS 市场更容易突出重围。

综上，在现阶段，针对高端自驾解决方案：主机厂作为规则的制定者，出于差异化需求，偏向于选择高算力芯片为后续 OTA 迭代铺垫算力冗余，而在该方案中，其自身对于软硬件解耦的需求相对迫切，或将率先以“软件算法”为突破点，并逐步向控制器设计延伸（前期选择控制器厂商进行“设计+代工”）；针对中低端 ADAS 解决方案：在整体方案较为标准化的基础上，主机厂出于量产的考量，选择“交钥匙”的策略，以打包方式采购整体化解决方案。但从长期来看，随着软硬件解耦的深入，主机厂自身能力得到提升，无论哪一种方案，均大概率将以解耦为终局（或部分主机厂因自身能力不足仍选择 Tier1 方案），而主机厂将彻底掌握“软件算法-操作系统/中间件-域控制器设计”等关键环节，进而控制器 Tier1 也或将从“软硬件设计”回归到“代工生产”的制造属性，而对其进阶要求也将转向于具备“适配多款芯片”、软件能力（中间件 Middleware）、硬件工程化能力和后续的服务能力上，以最终构建解耦下的平台化能力，达到“软件可复用，硬件可插拔”的标准。

图 120：域控制器演进路线



资料来源：民生证券研究院绘制

3.3.3 自驾域软件：“操作系统、自驾算法”关键卡位

结合在“智能座舱：‘第三空间’的底座”的分析，自动驾驶域也延续着类似的软件架构。其中，在芯片算力的基础上，操作系统主要负责控制与管理软硬件资源，进行着合理的调配；而算法层位于软件层次结构的最顶部，主要负责具体功能的实现，在自驾域中为自动泊车、高速代驾、自动巡航等功能。但因两域底层定位不同，操作系统、算法成为两域软件架构中差异化的存在，操作系统的核心要求从“生态开放”转变为“安全/低延时”，算法也从“交互/应用”转变为“决策/规划/执行”。

操作系统：自驾域的“安心管家”

自动驾驶 OS 按照层级划分，可分为底层操作系统和顶层操作系统。其中，底层操作系统：从内核到组件均全新打造的操作系统，如 QNX、Linux、实时操作系统（RTOS）如 Vxworks 等；2）顶层操作系统：在基础型操作系统之上进行定制化开发，如修改内核、硬件驱动、运行时环境及应用程序框架等。其中，典型的如特斯拉 Version、大众 VW.OS 等。此种层级划分方式以内核是否全新构建为依据，参照车机 OS 的规律，我们认为，在自动驾驶域中底层操作系统依旧把握内核，相较顶层操作系统而言是真正的“价值核心”。

图 121：自动驾驶操作系统分类



资料来源：民生证券研究院绘制

自动驾驶 OS 需具备安全性和低延时性。结合在“智能座舱：‘第三空间’的底座”中的分析，我们认为，自动驾驶 OS 也承担着“中枢管理”的功能，即以芯片和域控制器为底层支撑，设置相应的内部通信接口，继而在软件请求的驱动下，根据算力的需求，对硬件资源进行相关的调用分配，但由于各域定位的不同，自驾 OS 更需具备的是：**1）安全性**：首先，在长时间程序运行过程中，自驾 OS 需提供稳定的、高度安全的管理保障；其次，需降低其自身漏洞水平，提高其信息安全防护性；**2）低延时性**：自动驾驶中感知传感器每小时产生 tb 级别的数据，需要自驾 OS 凭借极为迅捷的响应速度，在极短时间内完成对数据的分析、行车决策的制定等流程。因此，这又要求底层系统具有低延时性的管理和通讯能力，进而保证行车指令能够得到快速的传达。

在自动驾驶 OS 安全稳定性上，QNX 也依旧占优。自动驾驶 OS 的安全性包含两点，即运行的稳定性、系统漏洞防护性：一方面，在长时间驾驶过程中，汽车操作系统需稳定运行，应不会卡顿闪退、崩溃死机，保证资源调配的正常运转；另一方面，即系统需降低自身漏洞，提高防护水平。参照在车机 OS 中的分析，QNX 较 Linux 相对占优。

自动驾驶的功能还要求自动驾驶操作系统具备低延时性，QNX 和实时性操作系统(RTOS)优势相对明显。自动驾驶 OS 不仅需要为上层算法等分配硬件资源，还要用于车辆底盘与动力控制，以完成油门、转向、换挡、刹车等基本行驶功能，进而保障其 ADAS 能力的输出，这也对底层自动驾驶 OS 低延时性提出更高要求。其中，QNX 的微内核架构使其在整合运算资源的基础上保障运算效率，延时量在微秒级别，具有功能安全 ASIL-D 级别认证；但是，Linux 系统对程序任务的执行响应时间要求较低，具有非实时的缺陷，而 Linux 得益于自身较高的灵活性，在优化自身内核和中断服务后，其实时性、稳定性得到提升，延时可达微秒量级，使其获主机厂追捧，如特斯拉 Autopilot、造车新势力小鹏 P7 Xpilot3.0 均选择基于 Linux 构建 ADAS 模块；此外，实时性操作系统如 FreeRTOS、ThreadX、VxWorks 等延时量均在微秒级别，具备高实时性以及稳定性，能够完美支持 ADAS 功能的展现，或会受到更多青睐。

表 19：QNX、Linux 以及实时性操作系统对比

QNX		Linux	其他 RTOS
开放性	封闭	开源	商用或开源
是否可剪裁	否	是	-
延时量	微秒级	毫秒级（打开 CONFIG_PREEMPT_RT 后为微秒量级）	微秒级
安全级别	ASIL-D	无，有可能达到 ASIL-B	-
ADAS 模块	小鹏 G3 Xpilot2.5，蔚来 ES8/ES6 NIO Pilot，威马 EX6 Living Pilot，理想 ONE	特斯拉 Autopilot，Waymo，小鹏 P7 Xpilot3.0	-

资料来源：亿欧智库，民生证券研究院

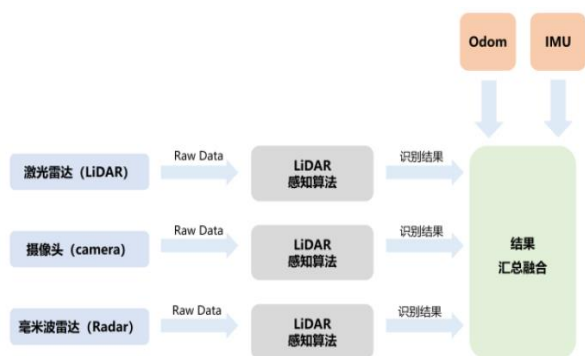
算法：竞相争抢的“技术高地”

算法对于自动驾驶而言至关重要。自动驾驶作为人工智能技术重要的应用场景之一，其技术体系实现离不开算法的大规模部署，其有效性影响着自动驾驶的每一个环节，从感知环节的特征提取到神经网络的决策，都需要依赖算法改进来提高障碍物检测准确性和复杂场景下的决策能力，因此其成为各个主机厂、软件供应商乃至芯片厂商竞相争抢的“技术高地”。

根据技术的环节划分，自动驾驶域算法可以分为感知算法、融合算法、决策算法和执行算法。其中，**感知算法**：将传感器数据转换成车辆所处场景的机器语言，具体可以包括：物体检测、识别和跟踪、3D 环境建模、物体的运动估计等。**融合算法**：核心任务是将不同传感器获取到的基于图像或基于点云等不同维度的数据

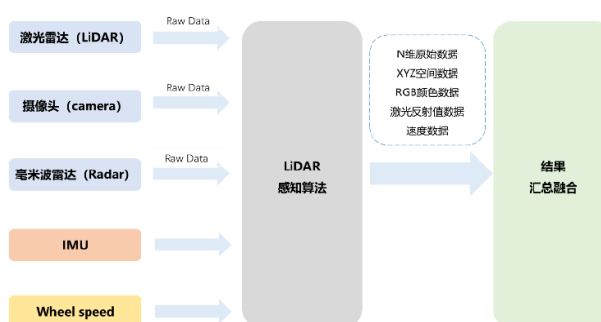
进行“量纲统一”处理。随着 L2+ 自动驾驶对多传感器融合精度的要求提升，融合算法将逐渐前向化（前融合），其层级将逐渐从域控制器等后端部件前移至传感器层面，在传感器内部即完成融合，以提升数据处理的效率；**决策算法**：以“效率、舒适、安全”的平衡为核心，即，在基于感知算法的输出结果，给出最终的行为/动作指令，包括行为决策（汽车的跟随、停止和追赶）、动作决策（汽车的转向、速度等）、路径规划等；**执行算法**：在决策层的输出结果下，调动底层模块，如向“油门、刹车”等核心控制部件发出指令，推动车辆按照规划线路行驶。

图 122：“后融合”算法



资料来源：汽车人参考，民生证券研究院

图 123：“前融合”算法



资料来源：汽车人参考，民生证券研究院

根据目前技术行化阶段的不同，可以主要将自动驾驶域算法区分为 ADAS 算法和自动驾驶算法。ADAS 算法主要应用于 L1-L2 的辅助驾驶阶段，其供应商多为单一功能模块供应商，而自动驾驶算法作为 ADAS 算法的进阶，主要用于 L2+ 时代，将原 ADAS 算法中较多单一功能算法进行打包，以形成更全面的整体化方案。

图 124：ADAS 算法向自动驾驶算法的演进



资料来源：电子发烧友，民生证券研究院

算法供应商可分为三类,涵盖算法模块商、算法方案商以及场景方案商。其中,

1) 算法模块商:提供单一功能模块算法,供应商包含了传统 Tier1,如博世、大陆、德赛西威等,以及一些软件算法厂商,如 Minieye 等;**2) 算法方案商**:可提供完整的 ADAS 或者自动驾驶解决方案,如 Momenta、Minieye、驭势科技、纵目科技等;**3) 场景方案商**:具体到某一个场景下的自动驾驶算法提供商,如百度的 Robotaxi、图森未来的 Robotruck 等。

算法供应商在方案级的完整度、开放程度、定制化能力均不相同,这也导致了主机厂会率先去选择与自己能力及需求相匹配的供应商。主机厂对算法供应商的选择也可大致分为两类:

一、芯片厂商直供:提供包括算法在内的整套自动驾驶方案,向主机厂/Tier1 打包出售,如 Mobileye、英伟达、高通等。其中,Mobileye 方案较为“封闭”,使得主机厂无法根据自己的需求对方案定制化开发;而英伟达、高通等则相对“开放”,赋予了主机厂更多的自主权。

二、主机厂自行选择:在 ADAS 算法中:部分由 Tier1 决定/芯片厂商推荐;在自动驾驶算法中:中短期,由主机厂决定并由其促成与 Tier1 的合作(主机厂部分参与),长期看,主机厂在拥有人才、数据优势后,将从关键算法上逐步自研,以最终延伸全栈式的算法能力。具体来看,**1) 针对 ADAS 算法**:由于其差异化程度不明显,且逐步标准、价格较低,主机厂为了提高供应链效率,或采取整体化方案,更倾向于将算法商选择权交给 Tier1,由其进行软硬件整体化的研发/外购。因此,具备算法能力的 Tier1 占据了相对优势,如博世、大陆、德赛西威等;或与芯片厂商有着深度合作,且具备算法能力的软件公司也相对占优,如中科创达等;**2) 针对自动驾驶算法**:中短期看,由于“差异化战略”的不同(大多主机厂自身算法能力缺失),为了掌握主动权,其更倾向于成为 Tier1 和核心算法厂商的“撮合”角色(部分关键算法参与,如融合/决策算法),以促进 Tier1 与算法商的匹配,从而形成在软硬件层面不同供应商的组合。我们认为,针对 L2+的自动驾驶算法中,主机厂会偏向于选择拥有长久合作,更具安全、稳定性,且具备明显算法优势的 Tier1,如博世、大陆等;或是针对细分能力,拥有超强算法技术的算法公司/科技巨头。例如,驭势科技、纵目科技、Momenta、百度等。但从长期来看,主机厂在拥有人才、数据优势后,将从关键算法(如融合/决策算法)上逐步自研,以最终延伸全栈式算法能力(或部分主机厂选择在关键算法上卡位自研,其余仍以方案商为主)。

表 20：自动驾驶域的算法及其供应商

自动驾驶等级	功能	算法	主机厂自行选择	价格	供应商 芯片厂商直供
L1	ACC 自适应巡航、LKA 车道偏离辅助、AEB 自动制动、BSM 盲点监测	ACC 系统控制算法、LDW 车道偏离警告算法、LKA 车道保持辅助算法、AEB 自动制动算法、BSM 盲点监测算法	Tier1/芯片厂商推荐：德赛西威、中科创达等	低端：模块化功能，如 Face ID, DMS, OMS 等，价格在 5-10 美金；	整体化解决方案： 1. 封闭型：Mobileye (逐步开放中)； 2. 开放型：英伟达、高通等
L2	LCC 车道居中辅助、ALC 自动变道、泊车辅助	LCC 车道居中辅助算法、ALC 自动变道算法、APA 自动泊车算法		中端：L2 功能，如高速自动驾驶、自动泊车等，约为 100 美金；	
L2+	TJP 交通堵塞辅助、HWP 高速公路辅助、辅助自动泊车	TJP 交通堵塞辅助算法、HWP 高速公路辅助算法	1.Tier 1：博世、大陆等； 2. 初创型公司：Momenta、驭势科技、纵目科技等； 3. 科技巨头：百度等	L2+方案：多功能组合，高达 300-500 美金。	
L4	城市道路自动驾驶、高速公路自动驾驶、完全自动泊车	城市道路自动驾驶算法、高速公路自动驾驶算法、AVP 自动泊车算法			
L5	完全自动驾驶	各类自动驾驶算法			

资料来源：36 氪，艾瑞研究院，民生证券研究院

以 Momenta 为例，窥探算法供应商的成长性——并行战略突围，打造数据闭环。Momenta 打造“并行战略”，即用于 L2 级辅助驾驶的 Mpilot 和 L4 级完全无人驾驶 MSD。其中，Mpilot 主要为 ADAS 算法，用于搭载在量产车型之上，通过主机厂前装，获得大量数据流；MSD 则主要面向高阶自动驾驶，并修改了原有的“规则驱动（Human-Driven）”算法，向“数据驱动（Data-Driven）”的算法转变。而其基于 L2 与 L4 产品并行的战略，打造了闭环的“自动化飞轮”，即通过 Mpilot 获取的大量数据驱动 MSD 算法以“低成本”实现“高性能”迭代，再由 MSD 再反馈给 Mpilot 领先的技术流，建立自动化发现、记录、标注、训练、验证的闭环过程，为技术和产品提供自动化的迭代能力。而随着量产数据、数据驱动算法以及两者闭环自动化的积累和升级，飞轮也将不断推动其 Mpilot 和 MSD 产品的性能优化，最终实现无人驾驶方案落地。

图 125：Momenta 飞轮式 L4 方案

“飞轮式”L4：量产数据驱动的完全无人驾驶方案



资料来源：Momenta，民生证券研究院

结合主机厂的研发进程，算法供应商在中短期具备前瞻性的卡位优势。结合上文的分析，从中短期来看，主机厂自研进度难以追赶量产需求，偏向于撮合 Tier1 和算法厂商展开合作。此时，算法厂商在数据、技术储备上均具备前瞻性的先发优势。其中，在数据层面：算法公司不仅拥有大量的前期路测数据，还可通过 ADAS 方案量产上车后的实现数据回传，如 Momenta 通过 Mpilot 产品每年可获取近百万量订单，获取的数据可用于其算法的不断迭代；在技术储备层面：相较主机厂，算法公司自身已具备卓越的“软”实力，算法框架相对完善，且拥有较多的人才储备，如 Momenta 已实现了“数据驱动算法”，并构建了 L4 与 L2 的迭代飞轮。因此，算法供应商或将凭借其先发优势率先迎来发展，但长期而言，数据将是自动驾驶最终的“胜负手”，而主机厂自研趋势加剧叠加数据的“保密性”，致使算法厂商难以再掌握关键信息，其竞争力或将面临下降。

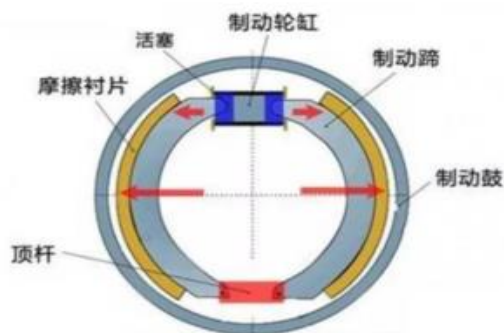
3.4 执行层：绝对服从的最后一环

执行层在根据决策层反馈的指令，代替人对车辆进行控制，其核心为车辆的纵向控制和横向控制。智能汽车的执行层是在环境感知技术的基础之上，根据决策规划出的目标轨迹，通过纵向和横向控制系统的配合，使汽车在行驶过程中能够实现车速调节、车距保持、换道、超车、行驶等基本操作。其中，纵向控制包含车辆的驱动控制和制动控制；横向控制包含方向盘角度的调整以及轮胎力的控制，而实现“纵向+横向”自动控制，即可按给定目标和约束，自动控制车的运行。

执行模块应首先线控化即电子化。传统的纯机械执行机构无法通过电子技术控制，因此需要电子化升级，以利于集成到驾驶辅助系统中，实现自动驾驶功能。博世、大陆等外资巨头凭借深厚的汽车动力总成和底盘技术优势，是现阶段智能驾驶执行机构以及 ADAS 功能的主要供应商。而为了便于实现智能驾驶功能，执行机构应首先线控化即电子化，典型的线控执行包括线控制动、线控转向和油门。

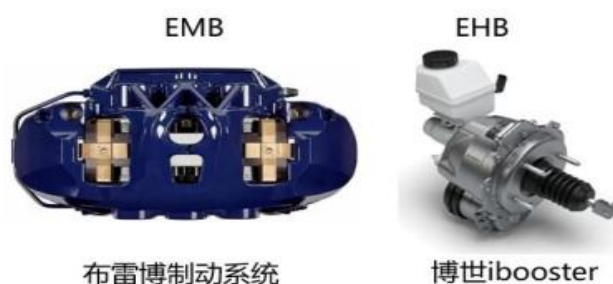
线控制动技术难度高，EMB 系统是未来发展趋势。线控制动系统分为传统液压制动系统、液压式线控制动系统（EHB）和机械式线控制动系统（EMB）。传统制动系统主要由轮缸两端的活塞推动制动蹄向外运动，使摩擦片与刹车鼓发生摩擦，从而产生制动。其中，EHB 是传统液压制动系统的升级版，而 EMB 则取消了液压系统，直接用电机驱动机械活塞制动，其最大优势在于大幅缩短了刹车时间，EMB 响应时间大约 90 毫秒，相较传统制动系统的 300 毫秒响应时间有显著提升。同时，EMB 无液压系统车辆不会液体泄漏，进而避免了因液体泄漏可能导致的短路或者元器件失效问题。国内研制的企业包括伯特利、亚太股份和万安科技，以及已实现量产电子真空泵（制动系统的核心部件之一）的拓普集团。

图 126：传统制动系统工作原理



资料来源：汽车测试网，民生证券研究院

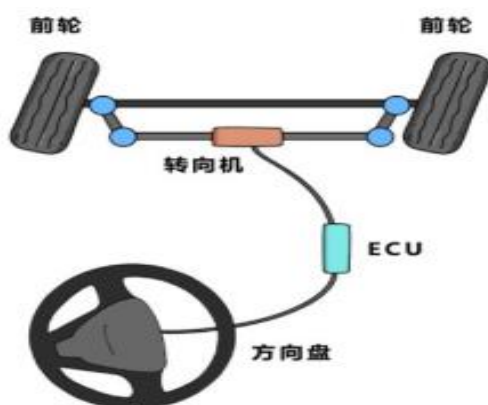
图 127：线控制动系统



资料来源：电子发烧友，博世，民生证券研究院

线控转向系统可实现自动驾驶过程中的电控自动转向。与传统转向系统不同，线控转向系统取消了转向盘和执行器之间的机械连接，由电控系统实现转向，更方便与其他子系统（如感知、动力、底盘等）实现集成，可有效改善汽车的安全性和操纵性。

图 128：线控转向系统



资料来源：AI 汽车人，民生证券研究院

线控油门系统即电子油门系统，现阶段已大量应用。线控油门系统主要由油门踏板、踏板位移传感器、ECU、数据总线、伺服电动机和节气门执行机构组成，位移传感器通过监测油门踏板的位置，来判断驾驶员的意图，从而用电动机来驱动节气门开度。目前电子油门应用广泛，一般具有巡航功能的车辆都配备有线控油门。线控油门的优势：1）方便驾驶辅助系统集成；2）比传统拉线油门省油，更平顺；3）控制精确度高、稳定性高，不易熄火。例如博世的线控油门可省油 7%。此外，集成驾驶辅助系统，可实现前碰撞预警功能，通过油门震动提醒驾驶员不要加速。制动单元兼具“横向+纵向”控制，成为电动化背景下的核心模块。

4 投资建议

表 21：产业链主要标的梳理

大类	中类	小类	主要标的
智能座舱	智能交互	电子后视镜	路畅科技、华阳集团
		T-box	德赛西威、鸿泉物联、东软集团
		音响/麦克风	上声电子、共达电声
		氛围灯	瑞丰光电、星宇股份、科博达
		中控屏+仪表	德赛西威、均胜电子、长信科技（车载屏）、隆利科技（车载屏）
		HUD	华阳集团、水晶光电、韦尔股份（Icos 芯片）
		智能座椅	光启技术、一汽富维、天成自控、继峰股份、亿和控股
		连接器	电连技术、瑞可达、卡倍亿
	座舱娱乐	座舱芯片	四维图新（杰发科技）、瑞芯微、晶晨股份、全志科技
		座舱控制器/MCU	四维图新、均胜电子、德赛西威、华阳集团、东软集团、华安鑫创、华域汽车、一汽富维、经纬恒润（拟上市）、和而泰、美格智能
		OS	中科创达、光庭信息、诚迈科技、经纬恒润（拟上市）、东软集团
		算法	科大讯飞、海天瑞声
自动驾驶	感知层	摄像头	虹软科技、鸿泉物联、锐明技术、商汤科技、海康威视、大华股份、韦尔股份（cis 芯片）、思特威（cis 芯片拟上市）、晶方科技（cis 芯片封装）、富瀚微（ISP 芯片）、舜宇光学、联创电子、高德红外、欧菲光
		激光雷达	万集科技、禾赛科技（未上市）、速腾科技（未上市）、镭神智能（未上市）、光库科技、天孚通信、腾景科技、炬光科技（激光雷达发射端模组）、长光华芯（激光器芯片-拟上市）、舜宇光学（光学&代工）永新光学（激光雷达视窗）、水晶光电（激光雷达视窗）、蓝特光学（准直器）
		毫米波雷达	德赛西威、华域汽车
		超声波雷达	奥迪威（未上市）
		高精度地图	四维图新
		高精度定位	四维图新（六分科技）、中海达、合众思壮、华测导航、北斗星通、广和通、移远通信、美格智能、有方科技
	决策层	T-BOX	移为通信、高新兴
		V2X	鸿泉物联、金溢科技、万集科技
		自驾芯片	寒武纪、地平线（拟上市）、黑芝麻（拟上市）
		自驾控制器	德赛西威、均胜电子、经纬恒润（拟上市）、东软集团（东软睿驰）、四维图新
		OS	中科创达、光庭信息、东软集团（东软睿驰）、经纬恒润（拟上市）
		自驾算法	均胜电子、德赛西威、中科创达、经纬恒润（拟上市）
	执行层	仿真测试	中国汽研
		线控底盘	中鼎股份、亚太股份、拓普集团

资料来源：Wind, 民生证券研究院

短期看，22 年众多优质标的已回归 20X/30X 市盈率估值，再次重申智能汽车是高增长高确定性赛道，强 Call 当前布局时点。**长期看**，智能汽车将是继智能手机后又一划时代的颠覆，但其所带来的规模性影响以及市场增量都将远超手机。在“新四化”的背景下，EE 架构的升级将驱动汽车产业的价值重心从硬件向软件

转移，行业的游戏规则也将被重新定义，无论是传统的 Tier1、Tier2，亦或是新兴的 Tier0.5 都将迎来史诗级的机遇，其所孕育的投资机会也将会比 10 年前智能手机产业链更加惊人。根据“新兴域”划分的不同，我们重点推荐三条主线：

主线一：智能座舱“升维-重塑”，先行受益。重点推荐：智能交互环节【**华阳集团**】、【**上声电子**】，座舱娱乐环节【**中科创达**】、【**光庭信息**】、【**美格智能**】；建议关注：【**均胜电子**】、【**鸿泉物联**】、【**诚迈科技**】、【**科大讯飞**】、【**经纬恒润-拟上市**】、【**和而泰**】、【**华安鑫创**】、【**海天瑞声**】、【**卡倍亿**】等。

主线二：自动驾驶将迎来“0-1”突破。重点推荐：感知环节【**四维图新**】，决策环节【**德赛西威**】、【**东软集团**】，执行环节【**中鼎股份**】、【**亚太股份**】、【**拓普集团**】，智能化后市场【**道通科技**】；建议关注：【**万集科技**】、【**虹软科技**】、【**锐明技术**】、【**海康威视**】、【**大华股份**】、【**金溢科技**】、【**千方科技**】、【**寒武纪**】、【**中国汽研**】、【**商汤科技**】、【**中海达**】等。

主线三：聚焦增量市场，把握黄金赛道。汽车智能化催生了自动驾驶及智能座舱两大增量市场。感知层摄像头、激光雷达；智能座舱中控屏、声学赛道等均有长足成长潜力。建议关注【**韦尔股份**】、【**北京君正**】、【**晶晨股份**】、【**瑞芯微**】、【**联创电子**】、【**炬光科技**】、【**永新光学**】、【**长信科技**】等赛道龙头。

4.1 四维图新：地图数据“国家队”，迎接公司历史性大拐点

国内高精度地图领军企业。公司高精度地图助力 C-V2X 大规模先导应用示范，成为选用率最高的高精度地图技术方案。在工业和信息化部指导下，2020C-V2X “新四跨”暨大规模先导应用示范活动在上海开展，四维图新作为高精度地图产品服务提供商参与，在参与示范应用与公众试乘体验的全部 62 个编队车辆中，共有 45 个编队方案应用四维图新高精度地图产品，覆盖率超过 70%，成为选用率最高的高精度地图技术方案。

持续推进“智能汽车大脑”战略，业务进展顺利。1) 芯片：参股公司六分科技推出厘米级、亚米级服务及高精度定位引擎产品，可覆盖全国 29 个省市自治区；2) 高精度定位：参股公司六分科技推出厘米级、亚米级服务及高精度定位引擎产品，可覆盖全国 29 个省市自治区；3) 高精度地图：公司积极拓展高精度地图在智慧道路建设中的应用，开展大量先导性示范项目，包括联合承建工信部、发改委“2020 年产业技术基础公共服务平台-车联网先导应用环境构建及场景测试验证平台建设项目”、“基于 5G 的车路协同车联网大规模验证与应用”，并与中国交建、中国电信等合作伙伴一道，参与雄安新区绿色智能交通的先行示范区项目。

业绩大超预期，迎接公司历史性大拐点。根据公司年报预告来看，公司 2021 年营收预计达到 29.0-31.0 亿元，为上市以来的峰值，同比增速为 35.0%-44.3%；预计 Q4 单季度实现营收 10.4-12.4 亿元，同比增速 68.3%-100.6%，环比增速 56.4%-86.5%，均呈现高增长；预计归母净利润 Q4 单季度实现 0.9-1.2 亿元，均呈现逐年逐季向好趋势。从订单情况来看，继戴姆勒订单后，沃尔沃“云合规”、“高精度地图”、“自动驾驶服务平台”的发布，也清晰地展示了订单背后的业务闭环，即从“信息合规-数据建模-底图验证-功能展现-定位辅助”的全垒打。此后福特订单也陆续而至，目前已顺利切入大众产业链，后续订单值得期待。我们再次强调，公司拐点已至，“合规+地图+定位”三合一的数据服务年费模式也将正式开启，且单车年服务费收入根据车型不同在几百元不等。根据我们测算，仅考虑最刚需的 L2 及以上自动驾驶汽车数据年费（即云服务）市场在 2025 年空间就将达到百亿元以上。

投资建议：预计公司 2021-2023 年实现营收 29.5/49.3/65.6 亿元，实现归母净利润 1.1/3.8/5.8 亿元，当前市值对应 2021-2023 年 PE 为 377/106/69 倍。公司无论是传统业务如高精度地图、大数据服务，还是自动驾驶、芯片、车联网等新兴业务均已具备了明显优势，长期发展坚定看好，维持“推荐”评级。

风险提示：芯片业务发展不及预期；高精度地图行业竞争加剧；车联网业务变现速度低于预期；自动驾驶业务变现速度不及预期。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2020A	2021E	2022E	2023E
营业收入 (百万元)	2,148	2,954	4,929	6,561
增长率 (%)	-7.0	37.5	66.9	33.1
归属母公司股东净利润 (百万元)	-309	106	379	580
增长率 (%)	-191.2	134.3	257.1	53.1
每股收益 (元)	-0.16	0.04	0.16	0.24
PE	-106	377	106	69
PB	3.6	3.4	3.3	3.1

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；(注：股价为 2022 年 2 月 22 日收盘价)

4.2 中科创达：全球领先的智能座舱软件解决方案提供商

智能座舱优势显现，尽享成长红利。根据高工智能汽车研究院的数据显示，2021 年 H1 国内新车（合资+自主品牌）搭载智能座舱上险量为 139.39 万辆，同比增长 97.88%；新车智能座舱的搭载率达到 13.86%，同比增长 4.5pct，其中 L0/L1 功能已实现普及，L2/L3 功能也已进入了导入期。智能座舱是赋予传统汽车“智能化”与“网联化”的关键，而对于其底层芯片的选择则会基于三点因素进行综合考虑，包括芯片价格、算力与 5G Modern 技术。我们在此指标下判断，高通优势将会愈发凸显，而公司在基于“高通+QNX”双 IP 下方案的成熟，一方面使其实现了从外包商向方案商的跃升，另一方面则能借助该方案的优势，尽享行业成长红利。

智能驾驶能力互补，IP 加速丰富。根据汽车之家信息显示，2021 年 6 月 29 日长城汽车正式发布咖啡智能 2.0，其智能驾驶第三代自动驾驶计算平台 ICU3.0 采用高通 Snapdragon Ride 平台，算力支持 360T-1440T，2022 年 Q2 量产上车。此外，2020 年 6 月公司与滴滴合作开发的 DMS、ADAS 等智能安全驾驶方案正式发布、2020 年 12 月公司收购自主泊车领域明星企业-辅易航 51.48%股权、2021 年 3 月与华人运通成立合资公司布局汽车智能系统及软件开发，联手打造下一代汽车计算平台和工具链。我们在深度报告中也重点分析过，在自动驾驶域中，英伟达相较于高通的优势之一在于软件生态及工具链的成熟（理想汽车选择英伟达的主要原因之一）。我们认为，随着公司在汽车计算平台及软件开发工具链的成熟，其在拥有与高通多年深度合作的关系下，不仅能有效弥补高通在车载软件及工具链上能力的缺失，同时公司也能借此机遇顺利切入自动驾驶领域，并有望实现现有自动驾驶 IP 的全面输出。

5G 开启商用，IOT 将成为公司业绩核心增量点。公司作为高通在中国的重磅合作伙伴，其合资子公司创通联达在基于高通芯片下深度定制机器人、无人机和 VR 等业务。同时，公司于 2020 年发布多款 SoM 及开发平台产品，其中典型的如 RB5 机器人开发平台，其能够支持开发者和厂商打造下一代具备高算力、低功耗的机器人和无人机，满足消费级、企业级、防护类、工业级和专业服务领域的要求；如专为边缘计算应用场景设计和研发的 TurboX EB5，为全球首款支持 Linux 和 Android 操作系统及 5G 连接的边缘智能产品，其具有超强的 AI 算力和视频编解码能力，通过内置的智能边缘操作系统 TurboX Edge OS，可以为企业客户提供便捷的设备接入及数据分析服务。我们认为，随着 5G 商用序幕的拉开，下游物联网应用产品将获得巨大成长机遇，公司在基于高通芯片的优势下，将凭借其自身 OS、视觉算法、5G 协议栈等能力持续拓展新品类，或成为未来公司最核心的业绩增量点。

投资建议：我们看好公司在智能汽车、IOT 的布局和核心竞争力，有望全面受益于 5G+AI 掀起新一轮科技创新浪潮。预计公司 2021-2023 年期间实现营收 40.5/56.4/74.2 亿元，实现归母净利润 6.6/9.3/12.8 亿元，当前市值对应 2021-

2023 年 PE 为 83/59/43 倍，，维持“推荐”评级。

风险提示：行业竞争加剧导致毛利率降低、IOT 及汽车业务发展不及预期；芯片供应短缺风险。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2020A	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	2,628	4,048	5,640	7,416
增长率（%）	43.8	54.0	39.3	31.5
归属母公司股东净利润（百万元）	443	662	933	1,277
增长率（%）	86.6	49.3	41.0	36.8
每股收益（元）	1.08	1.56	2.20	3.00
PE	120	83	59	43
PB	11.4	11.1	9.3	7.7

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2022 年 2 月 22 日收盘价）

4.3 道通科技：汽车后市场的全球智能诊断领导者

汽车智能诊断行业深耕多年，综合实力行业领先。公司成立于 2004 年，专注于汽车智能诊断、检测分析系统及汽车电子零部件的研发、生产、销售和服务，产品主销美国、德国、英国、澳大利亚等 50 多个国家和地区，同时公司也在北美、欧洲等主要地区设立了海外分支机构。目前公司已构建了包括汽车综合诊断产品、针对汽车胎压监测系统的 TPMS 系列和针对汽车智能辅助驾驶系统的 ADAS 系列在内的三大产品线。同时基于多年积累的诊断维修数据与案例，开始提供一体化的智能维修云服务。

公司所处汽车后市场与美国相比有巨大增长空间。根据 2019 年 IHS Markit 的最新统计显示，美国汽车平均车龄高达 11.8 年，其中，乘用车的使用年限在过去两年增加了 2.2%，SUV 增加了 0.4%。根据公安部、乘联会的数据，从 2010 到 2019 年，5 年以上车龄的汽车占汽车整体比例从 39%提升到了 47%。2019 年美国汽车售后市场规模为 3080 亿美元，中国为 6770 亿元，美国是中国的 3.18 倍。

TPMS 和新产品增速驱动公司整体快速发展。公司将业务主要分为汽车综合诊断产品、TPMS 产品、软件升级服务以及其他产品。其中汽车综合诊断产品作为公司的主要收入来源，近三年保持了 20%以上的增长。新产品、TPMS 增速尤为突出，驱动了公司整体收入的快速增长，软件升级业务也呈现快速增长态势。2020 年 1 月 1 日起，国内所有生产乘用车都必须强制安装 TPMS，TPMS 业务高速增长可期。

ADAS 优势扩大，新能源业务扎根布局。根据汽车电子设计和汽车电子头条的统计，2018 年大部分外资及自主车主机厂已在部分车型上实现了 L2 级自动驾驶，而大多数主机厂也规划，将于 2020 年后逐步实现 L3/L4 级自动驾驶。同时，根据盖世汽车研究院的预测，预计到 2025 年，中国乘用车整车中配置 ADAS 系统的产量的比例接近 80%。随着汽车智能化等级的提升，对于传感器的需求也随之增加，并由此带来对于传感器校准工具需求的增长。根据公告显示，公司 2020 年推出的将 ADAS 与四轮定位相结合的校准设备 IA800 产品获得市场高度认可，2021 年上半年继续推出 IA900，大幅提高四轮定位与标定的效率和准确度，并拥有明显的先发及技术优势。在新能源业务方面，公司延展新能源维修解决方案、新能源智慧充电检查系统等业务，其中新能源维修解决方案中，Ultra EV 版本开发中，已满足欧洲主流电动车品牌全车诊断，同时支持动力电池维修专检功能；电池检测维修系统完成充放电电机规格设计，产品最终测试验证中；新能源智慧充电检查系统中，欧标和国标交流充电检测系统已经完成 DVT 验证，正在 PVT 阶段，国内和欧洲进入实车验证阶段。我们预计该两项新业务或将于明年起逐步起量。

投资建议：随着国内汽车存量和车龄的不断增加，驱动汽车后市场的繁荣。汽车维修是汽车后市场的重要领域，作为国内汽车诊断的龙头企业，公司长期受益。同时，汽车智能化是趋势，以 ADAS 为代表国内外 ADAS 的装载率不断提高。公司针对

ADAS、新能源维修等领域也已做好充分布局。预计公司 2021-2023 年实现营收 22.0/32.5/45.7 亿元，实现归母净利润 5.3/8.3/11.8 亿元，当前市值对应 2021-2023 年 PE 为 42/27/19 倍，首次覆盖，给予“推荐”评级。

风险提示：海外疫情影响超预期；宏观经济不及预期；ADAS 等汽车新技术推广不及预期。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2020A	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	1,578	2,203	3,250	4,566
增长率（%）	31.9	39.6	47.5	40.5
归属母公司股东净利润（百万元）	433	534	829	1,173
增长率（%）	32.4	23.3	55.4	41.4
每股收益（元）	0.98	1.18	1.84	2.60
PE	51	42	27	19
PB	12.2	7.4	5.8	4.5

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2022 年 2 月 22 日收盘价）

4.4 光庭信息：智能汽车软件服务商迎风启航

智能汽车软件解决方案提供商。公司是一家主要为汽车零部件供应商和汽车整车制造商提供汽车电子软件定制化开发和软件技术服务的企业。在近十载的发展过程中，公司的业务由车载导航系统逐渐拓展至车载信息娱乐系统、液晶仪表显示系统、车载通讯系统、高级驾驶辅助系统（ADAS）、底盘电控系统、电驱动系统等领域，具备了面向智能网联汽车的全域全栈软件开发能力。

汽车智能化大势所趋，智能座舱、智能电控等发展迅猛。麦肯锡数据显示，全球汽车软件与硬件产品内容结构上，软件占比有望从 2016 年的 10% 提升至 2030 年的 30%。具体到细分领域：1) 智能座舱：根据 IHSMarkit 预测，2030 年中国智能座舱的市场规模将超过 1600 亿元，国内座舱智能科技配置新车渗透率或将快速提升，预计将会从 2020 年的 48.8% 的渗透率上升至 2025 年的 75.9%。2) 智能电控：电控系统伴随着新能源汽车的发展呈现蓬勃态势，在 2015-2019 年，新能源电控系统市场规模实现了 28.4% 的复合增长率，2024 年其行业规模将有可能突破 219.1 亿元。3) ADAS：2020 年中国 ADAS 的行业市场规模大致为 844 亿元，预计到 2025 年能够达到 2250 亿元。而 APA 的装配量增速在 2020 年表现亮眼，佐思汽研统计 2020 年中国乘用车 APA 装配量为 230.8 万辆，同比增长 46.4%。

全栈全域开发能力等构筑公司核心竞争力。公司已深耕汽车电子软件业近十载，在智能座舱、智能电控、智能驾驶等汽车电子软件产品线上具有了较为明显的先发优势。与此同时，公司积极探究合作模式，通过研发中心共建、实验室共建和平台共建的形式与头部汽车零部件供应商达成深度合作，进一步巩固了公司的竞争优势。财务数据上，相比同行，公司的资产负债率较低，净利率较高。

投资建议：我们看好公司在智能座舱、自动驾驶、智能电控等业务的布局和竞争力，有望全面受益于汽车智能网联化掀起新一轮科技创新浪潮。预计公司 2021-2023 年实现营收 4.4/6.1/8.4 亿元，实现归母净利润 0.9/1.2/1.7 亿元，当前市值对应 2021-2023 年 PE 为 79/57/41 倍，首次覆盖，给予“推荐”评级。

风险提示：海外疫情影响超预期；宏观经济不及预期；ADAS 等汽车新技术推广不及预期。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2020A	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	334	441	612	840
增长率（%）	9.8	32.0	38.7	37.2
归属母公司股东净利润（百万元）	73	89	124	170
增长率（%）	24.3	22.1	39.0	37.6
每股收益（元）	1.05	0.96	1.34	1.84
PE	72	79	57	41
PB	0.0	12.7	10.4	8.3

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2022 年 2 月 22 日收盘价）

4.5 东软集团：汽车+医疗双轮驱动，或将迎来发展良机

智能汽车业务深入布局，有望持续受益于汽车智能化。东软集团的大汽车板块包括汽车电子解决方案事业本部、先行产品事业部、网络安全事业部等部分。其产品包含了智能座舱域控制器、车路协同平台、信息娱乐平台、AR-HUD、全球导航、智能驾舱等，在汽车电子领域形成了完整的产品布局。持续受益于汽车智能化趋势，东软汽车电子收入（不含东软睿驰）由 2016 年的 10.8 亿元上升至 2020 年的 19.4 亿元，CAGR 达 15.8%。我们认为，智能汽车业务有望持续受益于汽车智能化，推动公司业绩增长。

医疗 IT 业务龙头，具有相对地位优势。根据 IDC 数据，东软连续 7 年保持医疗 IT 领域市场份额第一，公司累计服务医院 2500 余家，并覆盖三级医院 500 余家。从收入规模来看，东软连续多年雄踞国内医疗 IT 榜首的首位，无论是在院内信息化（HIS、电子病历、PACS）还是在院外信息化（医联体、公卫信息化、医保信息化）领域，公司均积累了完备的产品以及深厚的客户基础。随着公司技术与客户的积累，院端产品标准化程度持续提升，目前已经能够以 70%标准模块+30%定制开发的方式进行交付，市场报价友好，有利于公司进一步把控行业龙头位置。除此之外，公司同时助力各类基层医疗服务机构 SaaS 平台搭建，共同推进医疗 IT 信息化建设。东软作为医疗 IT 行业龙头，预计市场集中度有望进一步提高，市场份额或进一步扩大。

投资建议：公司所属的智能汽车、智慧医疗行业近年来高速增长，产业向高质量方向发展步伐加快，结构持续调整优化，公司新的增长点不断涌现。预计公司 2021-2023 年实现营收 85.4/99.6/112.3 亿元，实现归母净利润 10.7/3.7/4.8 亿元，当前市值对应 2021-2023 年 PE 为 16/45/35 倍，维持“推荐”评级。

风险提示：医疗 IT 订单增速不达预期；汽车电子业绩不及预期；业务拓展不及预期。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2020A	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	7,622	8,540	9,956	11,230
增长率（%）	-8.9	12.0	16.6	12.8
归属母公司股东净利润（百万元）	131	1,071	371	475
增长率（%）	252.8	716.3	-65.3	27.8
每股收益（元）	0.11	0.86	0.30	0.38
PE	123	16	45	35
PB	1.5	1.8	1.7	1.6

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2022 年 2 月 22 日收盘价）

4.6 华阳集团：卡位汽车电子，自主 HUD 龙头迎来发展

业务拓展，迎来发展良机。公司已从传统汽车电子业务拓展至智能汽车产业链相关的 HUD、液晶显示盘等。随着下游车企 HUD 及液晶显示盘、中控配套比重提升，预计未来这些业务将是公司主要盈利弹性所在，未来有望打开成长空间。

HUD 从 1 到 N，渗透率快速提升，公司作为自主 HUD 龙头充分受益。HUD 抬头显示是一套将重要的行车信息实时映射在车前挡风玻璃上的显示系统，能给消费者以直观的智能感受，随着汽车座舱产品迭代升级，HUD 的产品配置从少量的高端车型向受众更广的经济车型普及，2020 年前装 HUD 渗透率接近 3%，步入高速增长时期。公司是最早一批开发并批量的自主 HUD 企业，已经进入长城、长安、广汽的热门车型配套，随着 HUD 渗透率的提升以及公司新客户的批量，HUD 产品为公司贡献有力的增长点。

智能座舱持续升级，公司汽车电子产品大有可为。传统座舱产品以机械仪表和车载音视频播放器为主，整体单车配套价值在 2000 元以下，随着消费升级和智能化的深入，汽车座舱将从传统向初级智能化、高度智能化不断升级，融合触控、智能语音、视觉识别、智能显示等实现多模态交互，整体单车配套价值将提升 3-7 倍，公司的汽车电子产品围绕座舱深度布局，有望掘金座舱市场。

投资建议：预计公司 2021-2023 年实现营收 44.4/63.3/82.4 亿元，实现归母净利润 2.9/4.2/5.5 亿元，当前市值对应 2021-2023 年 PE 为 78/55/41 倍。公司客源优质，智能座舱、HUD 卡位优势明显，首次覆盖，给予“推荐”评级。

风险提示：芯片短缺；新品渗透率不及预期；新客户拓展不及预期。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2020A	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	3,374	4,442	6,325	8,244
增长率（%）	-0.3	31.6	42.4	30.3
归属母公司股东净利润（百万元）	181	293	418	551
增长率（%）	143.0	61.8	42.7	31.8
每股收益（元）	0.39	0.62	0.88	1.16
PE	123	78	55	41
PB	3.6	5.9	5.3	4.7

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2022 年 2 月 22 日收盘价）

4.7 韦尔股份：汽车半导体的星辰大海

回顾手机业务历程，展望汽车业务布局。豪威在手机业务已经形成了图像传感器解决方案、触控与显示解决方案和模拟解决方案等三大业务体系的布局。基于在手机业务的多元布局和成功经验，韦尔在智能电动汽车发展的大趋势下亦有诸多产品布局和较大发展潜力。我们从三个方面总结韦尔在汽车业务的产品布局和发展方向：**1、深度布局自动驾驶感知层核心部件**：CIS 和 Serdes LVDS；**2、智能座舱的重要参与者**：基于 LCOS 方案的 AR-HUD、车载屏幕触控显示驱动芯片及车载声学 MEMS 芯片；**3、全方位布局汽车半导体**：基于原有技术积累延伸至车载 MCU、模拟、功率半导体等方面，同时借助产业基金韦豪创芯进行汽车半导体全方位布局。

自动驾驶之眼：围绕车载 CIS 深度布局。随着单车搭载摄像头数量以及像素的不断提升，车载 CIS 市场规模不断提升，预计 2025 年全球汽车 CIS 市场规模将达到 50 亿美元左右，2030 年有望超百亿美金，单车搭载摄像头数量也有望从当下的 2 颗+增长至 10 颗以上。豪威深耕汽车 CIS 领域 15 余年，除了完善的 CIS 产品和技术布局，同时具备提供配套 ISP/ASIC 芯片的能力，同时公司 LVDS Serdes 车载视频传输芯片也在积极研发中，目前已完成产品送样，有望在 22-23 年开始贡献增量。

智能座舱的重要参与者：从 AR-HUD 到车载显示驱动。智能座舱从硬件层面可主要分为三个系统：驾驶舱系统、信息娱乐系统和其他系统。豪威基于其在 LCOS、TDDI 等领域的技术积累，有望深度参与智能座舱各个系统：驾驶舱系统 AR-HUD 趋势确定，LCOS 有望作为主流技术方案之一不断提升份额；信息娱乐系统以屏幕为核心，多屏化趋势明显，豪威 TDDI 等触控显示芯片解决方案有望从手机向车载屏显延伸。

其他汽车芯片布局：MCU、PMIC 和 POWER。除围绕豪威 CIS 业务和 LCOS、TDDI 等技术的深度布局，韦尔在 MCU、PMIC 和 POWER 等通用芯片领域也有诸多技术和产品积累，有望打开百亿美金以上的市场空间。目前公司已有 LDO 产品通过车规认证，MCU 产品有望在 2022 年 H1 完成送样。

投资建议：预计 21/22/23 年公司归母净利润分别为 46.93/61.53/80.13 亿元，对应 PE 分别为 44/34/26 倍，参考可比公司，维持“推荐”评级。

风险提示：公司新产品研发不及预期风险；下游行业景气度下滑风险；市场竞争加剧风险。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2020	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	19,824	25,301	34,302	44,757
增长率（%）	45.4	27.6	35.6	30.5
归属母公司股东净利润（百万元）	2,706	4,693	6,153	8,013
增长率（%）	481.2	73.4	31.1	30.2
每股收益（元）	3.21	5.36	7.03	9.15
PE	75	44	34	26
PB	17.8	17.1	10.8	7.5

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2022 年 2 月 22 日收盘价）

4.8 北京君正：汽车智能化核心受益标的，汽车电子+AIoT

双向布局

ISSI：国内稀缺的汽车半导体平台，现有产品线均已导入汽车。（1）公司为全球车载 DRAM 芯片龙头，DDR4 产品目前正在拓宽品类，车规级 DDR4 已量产 8G 产品，目前最先进制程 25nm，大容量 DDR4 产品已在规划中，8G LPDDR4 预计 22 年推向市场，有望充分受益汽车智能化对车载存储需求的提升。产能方面，公司与力积电保持战略合作关系，22 年产能供给有望保持增长。（2）NOR Flash 覆盖 512K~1Gb 多种规格产品，面向汽车、工业、医疗等高可靠性要求的市场。此外，公司与韦尔合资成立芯楷，主要面向消费类 NOR Flash 市场，NOR Flash 业务营收有望迎来新一轮增长。（3）车载模拟芯片当前主要产品为 LED Driver 芯片，随着车载 LED 照明芯片的渗透率在不断提高，市场需求增长较快，也打开了公司车载 LED Driver 芯片的成长空间，公司有望持续受益。我们预计 21 年全年营收有望达到 4 亿元，公司保持每年推出十几颗新品的研发速度，未来营收有望保持快速增长。公司车载连接业务包括 LIN，CAN，G.vn、Green PHY 芯片等，G.vn 芯片目前已在客户处出货，预计 Green PHY 芯片 22 年也将产生营收贡献，今年开始连接业务有望进入快速成长阶段。

君正本部：智能视频芯片表现亮眼，微处理器芯片深度布局 AIoT。（1）2021 年公司不断拓宽智能视频芯片产品线，此前于 21 年 Q4 推出后端 NVR 芯片，22Q2 有望规模量产。产能方面，21 年公司受代工厂产能紧张影响，无法满足下游客户旺盛需求，而今年新投产的 IPC 芯片预计将在台积电进行流片，有望缓解 IPC 芯片产能紧张。（2）2021 年，公司微处理器芯片在二维码市场的影响力不断提高，同时，公司进行了面向条码、显示控制等市场的新品研发和投片，可满足 AIOT 领域多类智能硬件产品的需求，并可涵盖高端 MCU 产品市场。

平台型汽车半导体公司，扬帆起航朝向星辰大海。ISSI 的最大下游应用领域是汽车电子，公司重要产品在持续迭代，为汽车电子核“芯”资产。公司有望持续受益汽车智能化对存储芯片、模拟互联芯片需求的提升，长期成长性显著。

投资建议：我们预计 21/22/23 年公司归母净利润有望达到 8.97/13.01/16.75 亿元，对应现价 PE 分别为 55/38/30 倍，维持“推荐”评级。

风险提示：产品验证不及预期；下游行业周期性波动；市场竞争加剧。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2020A	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	2,170	5,334	7,001	9,216
增长率（%）	539.4	145.8	31.3	31.6
归属母公司股东净利润（百万元）	73	897	1,301	1,675
增长率（%）	24.8	1125.9	45.0	28.7
每股收益（元）	0.21	1.86	2.70	3.48
PE（现价）	504	55	38	30
PB	5.2	6.1	5.3	4.6

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2022 年 2 月 22 日收盘价）

4.9 联创电子：自动驾驶黄金赛道，领先光学厂商腾飞

领先光学厂商，四大布局静待花开。公司是领先光学厂商，具备精密光学模具加工、模造玻璃镜片成型、高清广角镜头制造等核心技术，产品布局车载、手机、运动相机和 VR/AR 四大领域。其中高清广角镜头及模组像素涵盖 8M-23M，车载镜头已具备盲区监控、防撞预警、驾驶员疲劳、全景泊车、倒车影像、行车记录仪等多品类产品。手机光学包括屏下指纹镜头、准直镜头、手机镜头、摄像头模组、外挂镜头，AR/VR 具备 AR 几何光波导技术，VR、AR 光电组件相关研发设计、制作及测试经验。

车载摄像头定点初期，绑定核心车企及方案厂商。智能电动汽车是未来 5-10 年重要投资领域，车载光学为量价齐升黄金“赛道”。1) 空间：我们预计智能化带动车载摄像头 2030 年市场空间 3768 亿元，10 年 CAGR 为 25%。2) 壁垒：ADAS 镜头全玻技术壁垒高，车载摄像头认证周期 3-5 年，护城河极深。3) 格局：纵向产业链演进，Tier0.5 集成商重要性显示，带动产业链智能驾驶零部件厂商地位提升。横向格局未来 3-5 年格局清晰，前期积累可享行业红利。当前处于车企定点初期，主要关注定点情况。公司车载光学深耕多年，是特斯拉和蔚来核心供应商，已与 Mobileye、Nvidia、华为等平台商开展战略合作，有望受益于行业“爆发”。

手机、运动相机、ARVR 布局宏大，长久积淀有望突破。公司光学涵盖手机、运动相机、ARVR，长久布局有望迎来突破。1) 手机：过去手机十年量价提升逻辑完美演绎，未来多摄、高像素升级持续，以及摄像头差异化需求带来创新点。公司储备玻塑混合技术，有望实现弯道超车。2) ARVR：临近消费端应用爆发，公司已掌握 AR 几何光波导技术，VR、AR 光电组件相关研发设计、制作及测试经验。3) 运动相机：绑定 GoPro、大疆核心大客户，受益于大客户份额提升，去年受疫情影响下游终端出货，疫情恢复有望回暖。

投资建议：预计公司 2021-2023 年营收 95/113/135 亿元，归母净利润 3.0/5.0/8.4 亿元，对应 PE 63/38/23 倍，维持“推荐”评级。

风险提示：车载客户发展不及预期，产能扩充不及预期，产品良率不及预期。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2020A	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	7,532	9,500	11,288	13,479
增长率（%）	23.8%	26.1%	18.8%	19.4%
归属母公司股东净利润（百万元）	164	302	503	842
增长率（%）	-38.5%	83.7%	66.5%	67.4%
每股收益（元）	0.17	0.28	0.47	0.79
PE（现价）	108	63	38	23
PB	5.3	4.9	4.3	3.6

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2022 年 2 月 22 日收盘价）

4.10 炬光科技：稀缺半导体激光器厂商，激光雷达星辰大海

海

横向布局“产生光子”+“调控光子”基础能力。公司创始人刘兴胜博士有恩耐/相干/康宁/西安光机所工作背景，以半导体激光器（产生光子）起家。公司已自主研发形成共晶键合技术、热管理技术、热应力控制技术、界面材料与表面工程热管理等核心技术，半导体激光器封装工艺全球领先。17 年收购德国 LIMO，横向拓展到激光光学（调控光子），上游基础能力产生&调控光子布局完善。LIMO 以微光学设计能力著称，曾获得全球光电行业最高荣誉之一 Prism Awards 棱镜奖，具有全球领先的光子调控技术。公司自主研发形成线光斑整形技术、光束转换技术、光场匀化技术（光刻机用）和晶圆级同步结构化激光光学制造技术。

纵向布局激光雷达、泛半导体制程、家用医美等中游应用。夯实“产生光子”+“调控光子”两大基础能力，迈向中游大规模商业化，重点布局三大应用：1）激光雷达：将成为第一大规模的中游变现应用场景，公司主要为下游整机厂商提供发射模组和光源光学组件，据公司回复函预测 2023 年激光雷达业务收入可达 5.4 亿元（包括大陆约 4 亿元框架协议）。2）泛半导体制程：广泛布局光刻、线光斑系统与集成电路检测，进入台积电产业链，取得上海微电子、北京华卓精科订单，国产替代逻辑。3）家用医美：家用脱毛逐步起量中，已与英国 Cyden 公司签署约 8 亿元的框架协议。19 年，公司与德国大陆集团签署总金额约 4 亿元的激光雷达框架协议。

业务拓展拐点已至，上市开启新征程。公司聚焦半导体激光器行业多年，掌握上游半导体激光元器件和激光光学元器件关键环节，当前正处于行业中游大规模商业化拐点。21 年 12 月公司 IPO 成功，上市开启新征程，募集资金计划投资于炬光科技东莞微光学及应用项目（一期工程）、激光雷达发射模组产业化项目、研发中心建设项目和补充流动资金项目。

投资建议：预计公司 2021-2023 年归母净利润为 0.63/1.17/2.27 亿元，对应 PE 192/103/53 倍，维持“推荐”评级。

风险提示：激光雷达行业发展不及预期、公司技术路线拓展不及预期、法律法规风险、商业化落地不及预期。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2020A	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	360	490	705	1,213
增长率（%）	7.4%	36.3%	43.9%	72.0%
归属母公司股东净利润（百万元）	35	63	117	227
增长率（%）	143.4%	80.4%	85.4%	95.0%
每股收益（元）	0.54	0.70	1.30	2.53
PE（现价）	346	192	103	53
PB	14.8	5.3	5.1	4.6

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2022 年 2 月 22 日收盘价）

5 风险提示

- 1) **市场风险**：科技股整体估值较高，部分高估值公司业绩存不及预期风险；
- 2) **上游原材料风险**：上游原材料成本超预期上升令行业毛利率低预期恢复；
- 3) **政策风险**：智能汽车尚处于起步阶段，产业政策发生重大调整或令公司面临较高的产业风险，导致订单不及预期；
- 4) **技术风险**：新产品技术开发进程不及预期；
- 5) **芯片供应链风险**：全球芯片紧缺对汽车行业供给约束超预期，导致销量不及预期。

道通科技财务报表数据预测汇总

利润表 (百万元)	2020A	2021E	2022E	2023E
营业总收入	1,578	2,203	3,250	4,566
营业成本	563	785	1,150	1,610
营业税金及附加	15	22	33	46
销售费用	192	253	364	502
管理费用	135	198	299	434
研发费用	272	397	592	831
EBIT	468	548	813	1,143
财务费用	14	0	0	0
资产减值损失	-7	0	0	0
投资收益	13	0	0	0
营业利润	481	592	878	1,235
营业外收支	-27	-30	-5	0
利润总额	454	562	873	1,235
所得税	21	28	44	62
净利润	433	534	829	1,173
归属于母公司净利润	433	534	829	1,173
EBITDA	519	581	849	1,182

资产负债表 (百万元)	2020A	2021E	2022E	2023E
货币资金	1,351	1,793	2,525	3,608
应收账款及票据	325	400	548	707
预付款项	25	39	58	81
存货	443	602	819	1,103
其他流动资产	488	502	504	536
流动资产合计	2,632	3,336	4,453	6,034
长期股权投资	0	0	0	0
固定资产	229	260	271	266
无形资产	45	42	39	36
非流动资产合计	543	570	579	570
资产合计	3,175	3,906	5,032	6,605
短期借款	0	0	0	0
应付账款及票据	258	323	410	529
其他流动负债	319	451	660	940
流动负债合计	577	773	1,070	1,470
长期借款	6	6	6	6
其他长期负债	58	58	58	58
非流动负债合计	65	65	65	65
负债合计	642	838	1,135	1,535
股本	450	451	451	451
少数股东权益	0	0	0	0
股东权益合计	2,533	3,068	3,897	5,070
负债和股东权益合计	3,175	3,906	5,032	6,605

资料来源：公司公告、民生证券研究院预测

主要财务指标	2020A	2021E	2022E	2023E
成长能力 (%)				
营业收入增长率	31.94	39.63	47.53	40.49
EBIT 增长率	34.88	17.04	48.41	40.63
净利润增长率	32.44	23.26	55.37	41.42
盈利能力 (%)				
毛利率	64.30	64.37	64.62	64.74
净利率	27.45	24.23	25.52	25.69
总资产收益率 ROA	13.64	13.67	16.48	17.76
净资产收益率 ROE	17.10	17.40	21.28	23.13
偿债能力				
流动比率	4.56	4.31	4.16	4.11
速动比率	3.70	3.45	3.32	3.28
现金比率	2.34	2.32	2.36	2.45
资产负债率 (%)	20.22	21.46	22.55	23.24
经营效率				
应收账款周转天数	73.74	65.00	60.00	55.00
存货周转天数	287.09	280.00	260.00	250.00
总资产周转率	0.50	0.56	0.65	0.69
每股指标 (元)				
每股收益	0.98	1.18	1.84	2.60
每股净资产	5.63	6.80	8.64	11.24
每股经营现金流	1.27	1.18	1.73	2.47
每股股利	0.00	0.00	0.00	0.00
估值分析				
PE	51	42	27	19
PB	12.2	7.4	5.8	4.5
EV/EBITDA	56.85	35.82	23.63	16.06
股息收益率 (%)	0.00	0.00	0.00	0.00

现金流量表 (百万元)	2020A	2021E	2022E	2023E
净利润	433	534	829	1,173
折旧和摊销	51	33	36	38
营运资金变动	95	-65	-88	-98
经营活动现金流	570	531	782	1,113
资本开支	-162	-90	-50	-30
投资	-838	0	0	0
投资活动现金流	-971	-90	-50	-30
股权募资	1,130	1	0	0
债务募资	0	0	0	0
筹资活动现金流	911	1	0	0
现金净流量	501	442	732	1,083

光庭信息财务报表数据预测汇总

利润表 (百万元)	2020A	2021E	2022E	2023E
营业总收入	334	441	612	840
营业成本	167	220	305	418
营业税金及附加	1	1	1	2
销售费用	20	26	37	50
管理费用	42	55	77	105
研发费用	37	53	73	101
EBIT	76	86	119	164
财务费用	-2	0	0	0
资产减值损失	-1	0	0	0
投资收益	4	7	9	13
营业利润	81	97	135	185
营业外收支	-1	0	0	0
利润总额	80	97	135	185
所得税	7	8	11	15
净利润	73	89	124	170
归属于母公司净利润	73	89	124	170
EBITDA	83	86	119	164

资产负债表 (百万元)	2020A	2021E	2022E	2023E
货币资金	226	335	448	608
应收账款及票据	93	110	135	163
预付款项	2	3	4	5
存货	18	27	42	57
其他流动资产	12	11	13	16
流动资产合计	351	485	642	848
长期股权投资	133	133	133	133
固定资产	10	10	10	10
无形资产	22	22	22	22
非流动资产合计	189	189	189	189
资产合计	539	674	830	1,037
短期借款	0	0	0	0
应付账款及票据	40	48	63	80
其他流动负债	42	56	74	92
流动负债合计	81	104	136	173
长期借款	0	0	0	0
其他长期负债	7	7	7	7
非流动负债合计	7	7	7	7
负债合计	89	111	143	180
股本	69	93	93	93
少数股东权益	8	8	8	8
股东权益合计	451	563	687	857
负债和股东权益合计	539	674	830	1,037

资料来源：公司公告、民生证券研究院预测

主要财务指标	2020A	2021E	2022E	2023E
成长能力 (%)				
营业收入增长率	9.78	31.98	38.74	37.22
EBIT 增长率	19.70	12.72	39.02	37.66
净利润增长率	24.34	22.06	38.98	37.61
盈利能力 (%)				
毛利率	49.91	50.15	50.19	50.25
净利率	21.95	20.19	20.23	20.29
总资产收益率 ROA	13.53	13.22	14.92	16.43
净资产收益率 ROE	16.48	16.05	18.24	20.06
偿债能力				
流动比率	4.31	4.67	4.71	4.92
速动比率	4.04	4.39	4.38	4.56
现金比率	2.77	3.22	3.29	3.52
资产负债率 (%)	16.44	16.48	17.27	17.33
经营效率				
应收账款周转天数	100.76	90.00	80.00	70.00
存货周转天数	39.87	45.00	50.00	50.00
总资产周转率	0.62	0.65	0.74	0.81
每股指标 (元)				
每股收益	1.05	0.96	1.34	1.84
每股净资产	6.38	6.00	7.33	9.17
每股经营现金流	1.18	0.86	1.12	1.59
每股股利	0.00	0.00	0.00	0.00
估值分析				
PE	72	79	57	41
PB	0.0	12.7	10.4	8.3
EV/EBITDA	-2.73	78.10	55.24	39.15
股息收益率 (%)	0.00	0.00	0.00	0.00

现金流量表 (百万元)	2020A	2021E	2022E	2023E
净利润	73	89	124	170
折旧和摊销	7	0	0	0
营运资金变动	6	-3	-11	-10
经营活动现金流	82	79	104	148
资本开支	-13	0	0	0
投资	106	0	0	0
投资活动现金流	95	7	9	13
股权募资	0	23	0	0
债务募资	0	0	0	0
筹资活动现金流	-22	23	0	0
现金净流量	155	109	113	160

华阳集团财务报表数据预测汇总

利润表 (百万元)	2020A	2021E	2022E	2023E
营业总收入	3,374	4,442	6,325	8,244
营业成本	2,577	3,385	4,800	6,250
营业税金及附加	14	18	25	33
销售费用	184	244	380	495
管理费用	137	178	253	330
研发费用	286	355	506	660
EBIT	148	262	361	477
财务费用	1	0	0	0
资产减值损失	-56	0	0	0
投资收益	36	13	32	41
营业利润	175	297	424	560
营业外收支	-0	0	0	0
利润总额	175	297	424	560
所得税	-5	3	4	6
净利润	180	294	420	554
归属于母公司净利润	181	293	418	551
EBITDA	277	387	494	617

资产负债表 (百万元)	2020A	2021E	2022E	2023E
货币资金	694	599	1,033	1,627
应收账款及票据	1,302	1,582	1,733	1,807
预付款项	22	30	43	56
存货	686	788	855	993
其他流动资产	772	911	1,114	1,247
流动资产合计	3,477	3,910	4,778	5,730
长期股权投资	147	167	187	207
固定资产	969	988	999	1,003
无形资产	90	91	92	93
非流动资产合计	1,518	1,588	1,631	1,655
资产合计	4,995	5,499	6,408	7,386
短期借款	0	0	0	0
应付账款及票据	993	1,113	1,447	1,712
其他流动负债	322	410	566	724
流动负债合计	1,316	1,523	2,013	2,436
长期借款	0	0	0	0
其他长期负债	95	95	95	95
非流动负债合计	95	95	95	95
负债合计	1,411	1,618	2,108	2,531
股本	473	475	475	475
少数股东权益	1	2	4	7
股东权益合计	3,584	3,880	4,301	4,854
负债和股东权益合计	4,995	5,499	6,408	7,386

资料来源：公司公告、民生证券研究院预测

主要财务指标	2020A	2021E	2022E	2023E
成长能力 (%)				
营业收入增长率	-0.27	31.64	42.39	30.34
EBIT 增长率	530.38	77.41	37.92	32.09
净利润增长率	143.04	61.82	42.71	31.83
盈利能力 (%)				
毛利率	23.62	23.80	24.11	24.19
净利率	5.34	6.63	6.64	6.72
总资产收益率 ROA	3.62	5.33	6.52	7.46
净资产收益率 ROE	5.05	7.55	9.73	11.37
偿债能力				
流动比率	2.64	2.57	2.37	2.35
速动比率	2.10	2.03	1.93	1.92
现金比率	0.53	0.39	0.51	0.67
资产负债率 (%)	28.24	29.43	32.89	34.27
经营效率				
应收账款周转天数	140.79	130.00	100.00	80.00
存货周转天数	97.21	85.00	65.00	58.00
总资产周转率	0.68	0.81	0.99	1.12
每股指标 (元)				
每股收益	0.39	0.62	0.88	1.16
每股净资产	7.57	8.17	9.05	10.21
每股经营现金流	0.29	0.18	1.22	1.51
每股股利	0.00	0.00	0.00	0.00
估值分析				
PE	123	78	55	41
PB	3.6	5.9	5.3	4.7
EV/EBITDA	43.62	57.49	44.13	34.32
股息收益率 (%)	0.00	0.00	0.00	0.00

现金流量表 (百万元)	2020A	2021E	2022E	2023E
净利润	180	294	420	554
折旧和摊销	129	125	133	140
营运资金变动	-198	-321	56	65
经营活动现金流	135	85	578	718
资本开支	-218	-175	-155	-145
投资	4	-20	-20	-20
投资活动现金流	-181	-182	-143	-124
股权募资	0	2	0	0
债务募资	-10	0	0	0
筹资活动现金流	-38	2	0	0
现金净流量	-87	-95	434	594

插图目录

图 1：传统汽车与智能电动汽车对比.....	3
图 2：车载通信方式从单点传输到总线链路传输.....	4
图 3：传统汽车产业供应链.....	4
图 4：AutoSAR 实现软硬件解耦.....	5
图 5：不同级别汽车 ECU 数量变化趋势.....	6
图 6：1970-2025 年乘用车汽车电子成本占比持续提升.....	6
图 7：近 5 年中国汽车销量（左）及行业累计营收（右）.....	7
图 8：2009-2018 中国汽车零部件总营收.....	7
图 9：汽车电子 EE 架构：分布式向集中式演化.....	8
图 10：2019-2025E 全球智能座舱域控制器出货量.....	9
图 11：2019-2025E 全球自动驾驶域控制器市场规模.....	9
图 12：汽车计算平台架构.....	10
图 13：传统软件架构与 SOA 软件架构对比.....	11
图 14：以太网有望成为车载网络中的骨干网.....	12
图 15：以太网/FlexRay/MOST 节点装载数量的预测.....	12
图 16：车载以太网发展趋势.....	12
图 17：新能源汽车供应链-以逆变器为例.....	13
图 18：软硬件共同定义下汽车供应链的变化.....	13
图 19：传统车企与科技巨头共同组成智能汽车产业图谱.....	14
图 20：比亚迪组织架构调整对比.....	14
图 21：智能手机和智能汽车（乘用车）市场规模对比（2021 年测算）.....	15
图 22：全球汽车软件与硬件产品内容结构对比.....	16
图 23：汽车价值链呈现“总量上升，重心后移”趋势.....	16
图 24：拥抱“座舱、自驾”硬核时代.....	17
图 25：智能座舱经历从“创新-迭代-颠覆”演化.....	18
图 26：智能座舱“横向布局”的生态.....	19
图 27：智能汽车元宇宙场景视频会议概念图.....	20
图 28：座舱智能化升级配置的三要素.....	20
图 29：2020-2025 年座舱硬件设备渗透率.....	21
图 30：中控屏幕尺寸搭载情况（单位：英寸）.....	21
图 31：零跑 C11 三联屏.....	22
图 32：理想 ONE 四联屏.....	22
图 33：HUD 的渗透率情况.....	22
图 34：HUD 分为 C-HUD、W-HUD、AR-HUD 三类.....	23
图 35：2020 年 HUD 市场格局.....	23
图 36：T-box 在智能座舱中的应用.....	24
图 37：中国乘用车 T-Box 前装装配量、装配率.....	25
图 38：长安 CS75 Plus 的 64 色氛围灯.....	26
图 39：扬声器市场格局情况.....	27
图 40：座椅通风功能概念图.....	27
图 41：座椅市场格局情况.....	28
图 42：2021-2024 年 CPU 算力增长情况.....	29
图 43：2021-2024 年 NPU 算力增长情况.....	29
图 44：座舱芯片厂商芯片产品.....	30
图 45：高通座舱 SA8155（集成 5G 基带芯片）示例图.....	31
图 46：智能座舱域控制器集成了中控屏、液晶仪表、HUD 等多模块.....	32
图 47：BSP 的相关工作细分.....	34
图 48：智能座舱域控制器厂商.....	34
图 49：全球智能座舱域控制器出货预测（单位：万套）.....	35
图 50：智能座舱软件架构.....	35
图 51：虚拟化软件厂商对比.....	36
图 52：操作系统架构.....	37
图 53：操作系统架构.....	37
图 54：微内核和宏内核架构对比.....	39

图 55：功能安全等级分类	39
图 56：顶层车机 OS 对比	39
图 57：各厂商中间件产品对比	40
图 58：智能座舱算法	41
图 59：智能座舱算法供应商	41
图 60：HMI 厂商对比	43
图 61：驾驶自动化等级与划分要素	44
图 62：自动驾驶技术框架	45
图 63：摄像头视觉派 VS 激光雷达派路获取数据图	46
图 64：以感知算法处理为核心的纯视觉方案	46
图 65：激光雷达融合派感知能力	47
图 66：激光雷达搭载车型情况	48
图 67：车载摄像头各部分拆解	48
图 68：Model Y 配置情况	50
图 69：我国车载摄像头出货量	50
图 70：各家车企的车载摄像头搭载情况	50
图 71：汽车搭载摄像头分布	51
图 72：特斯拉三目前视摄像头与采孚三目前视摄像头的对比	52
图 73：车载摄像头市场规模测算	54
图 74：车载摄像 BOM 拆解	54
图 75：CIS 构成及原理	55
图 76：车载 CIS HDR 成像效果对比	55
图 77：车载 CIS 市场预测配置情况	56
图 78：2021 年车载 CIS 市场份额预测	56
图 79：2019 年全球车载摄像头镜头市场竞争格局	56
图 80：非球面镜片减少像差	57
图 81：玻璃非球面镜片扩大视场范围	57
图 82：2019 年全球车载镜头模组市场格局	57
图 83：车载摄像头模组要求增高	58
图 84：激光雷达工作原理	58
图 85：激光雷达 3D 点云图	59
图 86：激光雷达、毫米波雷达、摄像头性能对比	59
图 87：激光雷达市场 2021-2026 年复合增速为 23%	60
图 88：各激光雷达厂商推出不同产品方案以求达到前装需求	63
图 89：激光雷达机械式、半固态、固态集成度得到进一步提升	64
图 90：激光雷达成本拆分	65
图 91：VCSEL 原理	66
图 92：EEL 原理	66
图 93：PD、APD、SPAD 感应原理对比	67
图 94：探测器发展方向：由点到面	67
图 95：高精地图的图层叠加	68
图 96：高精度地图精准的地图匹配功能	68
图 97：高精度地图精准的辅助感知功能	68
图 98：高精度地图市场空间预测（亿美元）	69
图 99：高精度地图三大核心环节	70
图 100：四维图新在城郊场景下的测绘进度	71
图 101：全国高速公路里程（万公里）	71
图 102：城郊场景下底图采集阶段	71
图 103：截止 2021 年 6 月拥有甲级测绘资质的 28 家厂商	72
图 104：城市场景下底图采集阶段	73
图 105：数据合规与高精度地图的关系	74
图 106：实时动态更新阶段高精度地图厂商的突围要素	74
图 107：RTK 技术原理	75
图 108：自动驾驶芯片架构	77
图 109：芯片厂商从 Tier2 向 Tier1 跃迁	78
图 110：算力随自动驾驶等级提升而提升	79
图 111：功能安全 MCU 两种设置方式	80

图 112：自驾芯片 PCIe、ethernet 等接口外设示例图	80
图 113：基于英伟达 Orin 的传感器方案配置示例图	81
图 114：英伟达工具链汇总	81
图 115：中低端芯片分类及其特点	82
图 116：Mobileye 出货量	83
图 117：我国域控制器出货量预测（万套）	84
图 118：域控制器供应商主要玩家	84
图 119：域控制器总功耗预估	86
图 120：域控制器演进路线	87
图 121：自动驾驶操作系统分类	88
图 122：“后融合”算法	90
图 123：“前融合”算法	90
图 124：ADAS 算法向自动驾驶算法的演进	90
图 125：Momenta 飞轮式 L4 方案	92
图 126：传统制动系统工作原理	94
图 127：线控制动系统	94
图 128：线控转向系统	94

表格目录

表 1：汽车芯片将从 MCU 向 SoC 异构芯片开始转移	9
表 2：国内安卓车企车机应用对比	38
表 3：摄像头视觉派与激光雷达融合派的成本对比	47
表 4：摄像头分类	49
表 5：单车摄像头量价测算	53
表 6：多款搭载激光雷达车型预计将于 2021-2022 年落地	59
表 7：激光雷达分类	61
表 8：激光雷达认证流程	62
表 9：国内厂商 Livox、华为等产品性能逐渐接近 OEM 需求	63
表 10：激光雷达需要满足车规级标准	65
表 11：905nm 更便宜，1550nm 探测效果更好	66
表 12：自研 SoC 前期研发投入大，有望显著提升产品集成度	67
表 13：高精度地图是 L2+ 时代的必备组件	69
表 14：不同类型的测绘采集车辆	70
表 15：不同类型处理器差异比较	76
表 16：各家芯片厂商比较	77
表 17：域控制器核心底层硬件分类	84
表 18：域控制器厂商和芯片	85
表 19：QNX、Linux 以及实时性操作系统对比	89
表 20：自动驾驶域的算法及其供应商	92
表 21：产业链主要标的梳理	95
盈利预测与财务指标	107
盈利预测与财务指标	108
盈利预测与财务指标	109
道通科技财务报表数据预测汇总	111
光庭信息财务报表数据预测汇总	112
华阳集团财务报表数据预测汇总	113

分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰准确地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

评级说明

投资建议评级标准	评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
	谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5%~15%之间
	中性	相对基准指数涨幅-5%~5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上
	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
	中性	相对基准指数涨幅-5%~5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上

免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。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而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F；200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层；100005

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