

电子行业研究

买入（维持评级）

行业专题研究报告

证券研究报告

国金证券研究所

分析师：樊志远（执业 S1130518070003） 分析师：罗露（执业 S1130520020003）

fanzhiyuan@gjzq.com.cn

luolu@gjzq.com.cn

分析师：刘妍雪（执业 S1130520090004）

liuyanxue@gjzq.com.cn

从特斯拉自动驾驶迭代看硬件未来发展趋势

行业观点

特斯拉 HW4.0 硬件曝光，我们认为新一代硬件升级将持续利好计算芯片、存储芯片、光学模组、以太网接口、GPS 模组、通信模组和域控制器。具体体现在：1) FSD 芯片性能小幅提升，内核数量从 12 个提升到 20 个，TRIP 内核数量从 2 个增加到 3 个。HW4.0 背板的 CPU 和 GPU 保持不变，仍然基于 AMD 架构，HW4.0 整体提升了算力并降低功耗；2) 内存容量、规格和价值量大幅度提升，容量上从 8 颗 2GB 升级到 16 颗 2GB，规格上从 LPDDR4 升级到 GDDR6，以往因算力需求不高以及 GDDR 功耗过高等因素，导致车厂普遍使用 LPDDR 系列芯片，特斯拉开创了在车载领域使用 GDDR 的先河，预估价值量从上一代的 20 美元提升到约 200-250 美元；3) HW4.0 的摄像头接口由 9 个增至 12 个，前视摄像头采用像素更高的 IMX490，对连接器的数据传输能力和可靠性提出更高要求；4) 新增以太网连接器是单对线车载以太网接口，目的是接入 4D 毫米波雷达，相较于传统毫米波雷达，连接器由 CAN 接口升级为百兆以太网接口，最高传输速率有百倍提升；5) GPS 模块连接器新增 L5 频率，由双频升级为三频，以提升定位精度；6) HW4.0 采用 LTE-A 车规级无线通信模组 AG525R-GL，但蓝牙与 WiFi 还是 LG INNOTEK 的 ATC5CPC001，未来有进一步集成的空间。

投资逻辑

自动驾驶和新能源应是未来 15 年最大的科技变革。从人驾到类似智能服务器装四轮驱动的自驾的转变将对硬件产业链形成巨大的提升，大幅提高激光雷达，摄像头，毫米波雷达，CV2X 等感知层芯片，GPU/CPU/FPGA/AI 芯片等决策层芯片，以及高速以太网接口等执行层芯片的需求。我们认为从传统燃油车转向新能源汽车，接着是 SAE L3-5 级自动驾驶的占比提升，加上电动车及自动驾驶的技术演进（耗能降低，电池密度提升，电源转换系统重量降低，摄像头，传感器，激光雷达数量提升，及人工智能芯片运算能力提升但要求耗能持续降低），这些技术演进将逐步拉升每台新能源车的半导体价值，这两大驱动力对全球汽车半导体公司及产业未来二十年将产生重大影响。我们看好自动驾驶的发展对硬件产业链形成巨大加持，下列板块有望持续受益：1) 算力芯片：AI 拉动 GPU/FPGA/ASIC 量价齐升；2) 存储芯片：看好 2023 年存储板块止跌反弹；3) 高速连接器：智能化驱动量价齐升，国产化有望快速提升；4) 车载摄像头：智能化驱动成长，转型 Tier1 打开长期空间。5) 车载雷达：短期内看好 4D 毫米波雷达弥补纯视觉短板，长期看好多传感器视觉融合趋势。

成本约束下的智能驾驶功能深化是确定趋势。特斯拉智能驾驶系统迭代聚焦算力提升与芯片自研，提升智能驾驶功能、降低量产成本。在特斯拉的引领下，同时伴随国内新能源车渗透率从 22 年的 25%向 35%演进，23 年新车型大幅增加竞争加剧的大背景下，降成本将成为 2023 年汽车产业链的主旋律之一。国内车企通过模组制式升级与定位精度提升等多元技术路线深化智驾功能，补充算力算法不足。未来多功能集成与通信制式升级带来模组价值量提升，卫惯组伴随北斗系统完善有望迎来市场扩容机会，智驾域控与新型传感器成本下降加速搭载率提升。

投资建议与估值

我们认为随着特斯拉新一代硬件的升级，将有力推动自动驾驶向前发展，利好底层计算芯片、存储芯片、光学模组、以太网接口、高速连接器、GPS 模组、通信模组和域控制器。建议重点关注：英伟达、AMD、裕太微、北京君正、经纬恒润、移远通信、美格智能、华测导航、电连技术、韦尔股份。

风险提示

海外市场陷入衰退；新能源车和自动驾驶渗透率提升不如预期；各下游市场需求不如预期；美国加大对华制裁力度。

内容目录

一、自动驾驶的前世与今生.....	4
1.1 自动驾驶浪潮越演越烈.....	4
1.2 自动驾驶政策先行，商用化处于初级阶段.....	6
1.3 自动驾驶的发展对硬件产业链形成巨大成长加持.....	7
二、从特斯拉自动驾驶迭代看电子发展方向.....	9
2.1 计算芯片：AI 拉动 GPU/FPGA/ASIC 量价齐升.....	10
2.2 存储芯片：看好 2023 年存储板块止跌反弹.....	12
2.3 高速连接器：智能化驱动量价齐升，国产化有望快速提升.....	14
2.4 车载摄像头：智能化驱动成长，转型 Tier1 打开长期空间.....	15
2.5 车载雷达：短期 4D 毫米波雷达弥补纯视觉短板，长期看好多传感器融合趋势.....	18
三、从特斯拉硬件迭代，看低成本智能化发展方向.....	20
3.1 模组通信制式升级趋势确定，关注未来进一步集成空间.....	20
3.2 融合定位方案是国内车企实现高阶自动驾驶的必由之路.....	22
3.3 智驾域控在传感器与处理器等环节具备成本下降空间.....	23
四、风险提示.....	24

图表目录

图表 1：自动驾驶分感知层、决策层和执行层.....	4
图表 2：自动驾驶等级划分.....	4
图表 3：2023 年中国 ADAS 渗透率有望达 60%.....	5
图表 4：行业内主机厂在自动驾驶上呈现不同的布局思路.....	5
图表 5：自动驾驶产业图谱.....	6
图表 6：各国自动驾驶政策加速落地.....	7
图表 7：全球电动车及 L3-L5 自驾车销量的占比变化.....	8
图表 8：2030 年全球半导体细分赛道增长预测.....	8
图表 9：每车半导体价值及车用半导体占全球份额变化.....	8
图表 10：人驾燃油车 vs 自驾电动车每车半导体价值比较.....	9
图表 11：特斯拉 HW1.0 到 HW4.0 硬件持续升级.....	10
图表 12：特斯拉自动驾驶总里程数接近 9000 万英里.....	10
图表 13：CPU、GPU、FPGA、ASIC 特点对比.....	10
图表 14：2030 年全球 GPU 市场规模有望达 4774 亿美元.....	11
图表 15：英伟达主导独立 GPU 市场.....	11
图表 16：中美 TOP500 超算对比.....	11

图表 17: 国内外主流 GPU 对比.....	11
图表 18: 国内 GPU 产业链情况.....	11
图表 19: 2030 年全球 FPGA 市场规模有望达 221 亿美元.....	12
图表 20: HW4.0 在内存规格、容量和价值量上大幅提升.....	13
图表 21: 内存规格对比.....	13
图表 22: 2027 年存储芯片市场规模 2630 亿美元.....	13
图表 23: 半导体行业增速与资本开支增速呈强相关.....	14
图表 24: 存储市场增速与厂商资本开支增速呈强相关性.....	14
图表 25: 历史上当美光宣布削减资本开支时股价往往见底.....	14
图表 26: 中国高速连接器市场快速成长.....	14
图表 27: 2019 年全球汽车连接器行业竞争格局.....	15
图表 28: 中国高速连接器市场快速成长.....	16
图表 29: 2020 年车载摄像头镜头市场格局.....	17
图表 30: 2020 年车载感知类摄像头镜头市场格局.....	17
图表 31: 车载摄像头模组市场格局.....	18
图表 32: 自动驾驶所需传感器示意图.....	18
图表 33: 4D 毫米波雷达与 3D 毫米波雷达成像对比.....	19
图表 34: 国内外厂商在 4D 成像雷达上的布局.....	19
图表 35: 2021-2027E 全球自动驾驶雷达市场规模 CAGR 有望达 14%.....	20
图表 36: 车规级无线通信模组产品线.....	21
图表 37: 主要模组厂商推出模组集成多种功能.....	21
图表 38: 2021 国内车载模组市场份额.....	21
图表 39: 主流自动驾驶乘用车的高精定位方案及其主要供应商.....	22
图表 40: 我国卫星导航与位置服务业产值及增速.....	23
图表 41: 高精定位市场规模与增速.....	23
图表 42: 部分厂商自动驾驶域控制器已配套量产或定点.....	23
图表 43: TI 级联雷达系统.....	24
图表 44: 4D 毫米波雷达搭配车型.....	24

一、自动驾驶的前世与今生

1.1 自动驾驶浪潮越演越烈

自动驾驶汽车指主要依靠人工智能、视觉计算、雷达和全球定位及车路协同等技术，使汽车具有环境感知、路径规划和自主控制的能力，从而可让计算机自动操作的机动车辆。美国、德国等国家均将自动驾驶汽车视为未来汽车产业发展的主流趋势，各方面投入持续加大。自动驾驶系统可以分为感知层、决策层、执行层，分别代替人的眼睛、大脑、手脚。有别于传统人工驾驶车辆，自动驾驶车辆最大特点是 AI 技术的主导，其驾驶过程是机器不断收集驾驶信息并进行信息分析和自我学习从而达到自动驾驶的系统工程。

感知层负责感知、采集和处理车内信息和环境信息，主要包括智能硬件（传感器、RFID 及车载视觉系统等）、导航（GPS、北斗以及惯性导航系统）、路侧设备等。车内所采用的传感器包括激光雷达、摄像头、毫米波雷达、超声波雷达等，并基于高精地图、GNSS 卫星定位、IMU 惯性导航等进行路测辅助。

决策层依据感知层获取的信息进行决策判断，制定相应控制策略，替代人类做出驾驶决策。决策层主要包含操作系统、芯片、计算平台和算法等，被视为自动驾驶的中央大脑。决策算法需要覆盖多数罕见路况的海量数据以及完善高效的人工智能技术。硬件主要是各类计算芯片、自动驾驶域、域控制器等。

执行层是指系统在做出决策后，替代人类对车辆进行控制。车辆的各个操控系统都需要能够通过总线与决策系统相链接，并能够按照决策系统发出的总线指令精确地控制加速程度，制动程度以及转向幅度等驾驶动作。其中，执行层主要包含动力总成（发动机或电机）、制动以及各类电子电气系统。

图表1：自动驾驶分感知层、决策层和执行层



来源：CSDN, Apollo 开发者社区，国金证券研究所

关于自动驾驶的分级标准目前有两种，即 NHTSA（美国高速公路安全管理局）和 SAE（国际自动机工程师学会）。目前行业主流采用 SAE 的分级标准：根据无人驾驶发展程度、自动化程度，将智能网联汽车的无人驾驶等级由低到高划分为 6 个层级。一般以 L3 级别为界，将 L3 级及以上视为“高级别自动驾驶”，L3 以下被称为辅助驾驶。L0-L2 级被视为自动驾驶辅助系统（ADAS），由 L2 级跃升到 L3 级后，动态驾驶任务的接管者主体发生改变，由驾驶员转变为车辆系统。L2 级的 ADAS（高级驾驶辅助系统）是实现高等级自动驾驶的基础，目前全球自动驾驶处于 L2 向 L3 级别转化的过程。

图表2：自动驾驶等级划分

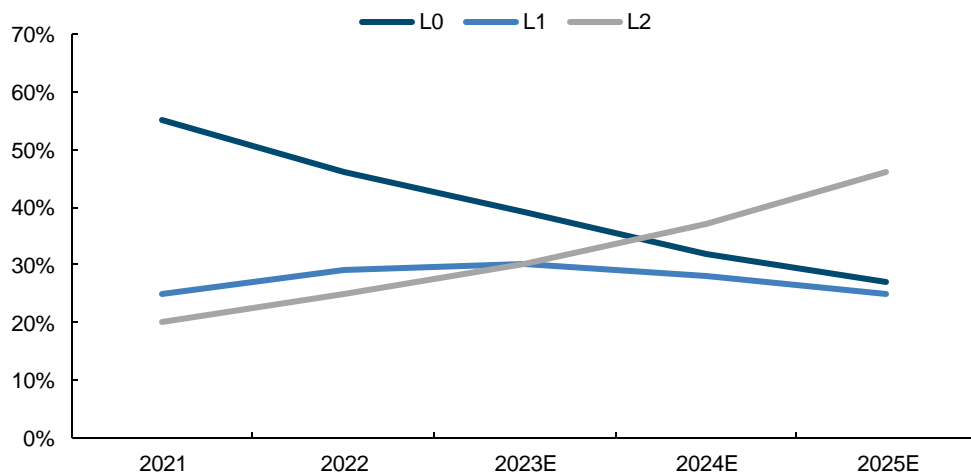
自动驾驶分级		名称	定义描述	动态驾驶任务		应急接管	应用场景
NHTSA	SAE			驾驶操作	周边监控		
0	0	无自动化	由人类驾驶员全权驾驶汽车	人类驾驶员	人类驾驶员	人类驾驶员	无
1	1	驾驶支援	车辆对于方向盘和加减速中的一项操作提供驾驶，人类驾驶员负责其余的驾驶动作。	人类驾驶员和车辆			有限场景
2	2	部分自动化	车辆对于方向盘和加减速中的多项操作提供驾驶，人类驾驶员负责其余的驾驶动作。	车辆	车辆		
3	3	有条件自动化	由车辆完成绝大部分驾驶操作，人类驾驶员需保持注意力集中以备不时之需。				
4	4	高度自动化	由车辆完成所有驾驶操作，人类驾驶员无需保持注意力，但限定道路和环境条件。	车辆	车辆		
	5	完全自动化	由车辆完成所有的驾驶操作，人类驾驶员无需保持注意力。				

来源：太平洋汽车网，国金证券研究所

当前 L1/L2 级自动驾驶车辆渗透率已达 50% 以上。目前市面上的自动驾驶功能的汽车仍

是以 L1/L2 辅助驾驶功能为主，包括拥堵时自动辅助驾驶、自动危险预判刹车、高速/封闭路巡航、自动泊车，但驾驶的主体责任仍然在驾驶员。目前，L1、L2 及 L3 智能驾驶技术将仍是中国自动驾驶技术的主流。预计能够实现 L4 级别功能的车型将于 2024/2025 年正式上市，首批 L5 级自动驾驶汽车将于 2025-2030 年间上市。根据中商产业研究院的数据，2021 年中国 L0 自动驾驶汽车渗透率超过 50%，L1 为 25%、L2 为 20%。随着自动驾驶技术的发展，预计到 2023 年，中国 ADAS (L1+L2) 智能驾驶技术的渗透率预计将达到约 60%。

图表3：2023 年中国 ADAS 渗透率有望达 60%



来源：中商产业研究院，国金证券研究所

在自动驾驶的浪潮下，行业内各家主机厂积极布局，呈现出不同思路。1) 国际巨头通常采取稳扎稳打、缓步推进的策略，从 L1/2 低级别辅助驾驶逐步切入 L4 高级别驾驶，同时通过投资或持股业内创业公司孵化内部团队；2) 国际与国内新势力车企将自动驾驶视为核心竞争优势，通过自研芯片、算法等将自动驾驶的核心能力牢牢掌握在自己手中；3) 国内较小型主机厂多采用拿来主义，由于研发能力相对较弱通常与大厂联合，以确保在自动驾驶不落人后(如赛力斯与华为合作)。4) 国内传统强势主机厂呈现多方向探索，对芯片与算法公司进行财务投资，或在探索自研路径的同时采购供应商方案。也有传统强势主机厂与巨头联合，采用合资或者战略合作的方式共同孵化独立品牌，如吉利与百度合作推出的“集度 JiDu”；5) 出行平台公司在无人驾驶运营场景发力，如滴滴押注无人驾驶出租车场景，落地自动驾驶方案。

图表4：行业内主机厂在自动驾驶上呈现不同的布局思路

<p>国际巨头-稳扎稳打，缓步推进</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 仍然依赖传统汽车电子Tier1的方案（成熟但相对保守） 一 先集中力量部署L2/L2+，未来升级到L4 一 投资入股明星自动驾驶创业公司（如Cruise，ArgoAI）组建独立化运作的内部团队/公司 <p>大众 福特 丰田</p>	<p>Tesla，新势力-视自动驾驶为核心竞争力</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 Tesla自研芯片，算法，以及shadow模式获取数据训练算法，已成为OEM自动驾驶领域标杆 一 新势力公司都在部署软件甚至芯片自研能力 一 继车内娱乐互联之后，将成为新势力们的核心卖点 <p>特斯拉 蔚来 理想</p>	<p>国内小规模OEM-拿来主义，成就自己</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 研发能力相对较弱的OEM，受竞争影响会联合有光环效应的大厂，以期在自动驾驶领域不落人后 <p>赛力斯</p>
<p>国内传统强势OEM-多方向探索</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 财务投资芯片，算法公司 一 探索自研路径的同时，采购不同供应商的方案 <p>大众 福特 丰田</p>	<p>国内传统强势OEM-联合巨头</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 内部孵化独立品牌，独立运作 一 与互联网巨头联合，甚至合资以期借力其自动驾驶能力 <p>吉利与百度->集度 长安与宁德时代->阿维塔</p>	<p>出行公司-造车与L4并行</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 笃定无人驾驶出租车场景，自动驾驶业务独立运营 一 下场造车同时也可以落地自身自动驾驶方案 <p>滴滴</p>

来源：科尔尼，国金证券研究所

产业链长，“感知-决策-执行”构成产业链上通路，中游为整车厂+解决方案提供商双架构，下游场景丰富多元。自动驾驶功能的实现需要汽车制造商、零部件供应商、车载计算平台开发商、出行服务供应商等多方主体参与，因此产业链较长。其中上游包括感知层、决策层和执行层，涉及传感器、软件算法、芯片设计制造、高精地图、通信模组、域控制器等

众多玩家。中游为整车厂和平台层，整车厂包括传统的车企以及所谓的造车新势力，前者以燃油车为主，如大众、吉利等，后者主打新能源汽车，如特斯拉；方案供应商则主要包括汽车行业传统的 Tier1 及一些高科技公司，典型的公司包括蘑菇车联、百度 Apollo。下游主要为整车厂和第三方服务，在 L4 级自动驾驶模式下，用户需求派生出多个不同的应用场景，涵盖用户包括 G 端、B 端、C 端不同用户及不同使用场景。与此同时业务模式也变得更加多元，自动驾驶公司的角色可能不仅仅是供应商，也可能作为运营商推动自动驾驶技术在城市开放场景、高速场景和封闭场景的商用车端相关应用落地，提供丰富多元的场景化服务。

图表5：自动驾驶产业图谱



注：自动驾驶产业图谱由36氪研究院梳理，只列出部分企业为代表，未覆盖全产业

来源：36 氪研究院，国金证券研究所

1.2 自动驾驶政策先行，商用化处于初级阶段

自动驾驶相关法律法规加速拟定和逐步完善。自动驾驶商业化落地的社会环境条件已得到各国政府重视，相关立法工作正在加快。自 2012 年 Google 获得美国加利福尼亚州首个自动驾驶汽车测试牌照以来，发达国家均在积极推动自动驾驶汽车新政策的制定和引导。美国率先引领自动驾驶政策落地，早在 2013 年就已出台自动驾驶测试的相关标准，NHTSA 新规表示目前并不禁止部署自动驾驶汽车，甚至无需配备手动驾驶控制系统。中国已有北京、广州、深圳、重庆、武汉、长沙等 10 多个城市允许自动驾驶汽车在特定区的特定时段从事出租汽车、城市公共汽（电）车等商业化试运营，且应用规模不断扩大。

自动驾驶仍处于商业化落地的初级阶段。当前，L2 级别自动驾驶汽车已经商业化落地，

但市场渗透率和应用规模仍然较小，L3、L4 及以上等级自动驾驶仍停留在试验和区域性示范的有限运行场景中。2022 年 7 月，深圳率先破冰发布《深圳经济特区智能网联汽车管理条例》，成为全国首个对 L3 级及以上自动驾驶权责、定义等重要议题进行详细划分的官方管理文件。技术安全问题依然是影响自动驾驶规模商业化落地的关键原因，由于受到技术、法规等制约，L3 级自动驾驶汽车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。各国急需突破与技术、产业发展不相适应的政策瓶颈，明确 L3-L5 更高级别自动驾驶的技术方案和落地路径，以激发自动驾驶领域创新能力。

图6：各国自动驾驶政策加速落地

国家	时间	政策	主要内容
中国	2022年4月	《北京市智能网联汽车政策先行区乘用车无人化道路测试与示范应用管理实施细则》	在国内首开乘用车无人化运营试点，百度、小马智行成为首批获得先行区无人化示范应用道路测试通知书的企业。
	2022年6月	《广州市南沙区智能网联汽车混行试点区及特殊运营场景混行试点总体方案》	南沙区成为广州市首个智能网联汽车混行试点区，符合条件自动驾驶车辆，可在南沙区规定区域范围内开展示范运营。
	2022年7月	《深圳经济特区智能网联汽车管理条例》	国内首部关于智能网联汽车管理的法规，解决各自动驾驶企业的上路权，明确了事故责任划分。
美国	2013年	《关于自动驾驶汽车的初步政策》	制定了自动驾驶测试相关标准，提出了对各州自动驾驶汽车立法的建议，用于支持自动驾驶技术的发展和推广。
	2022年1月	《自动驾驶乘员保护安全标准规则》	更新了《联邦机动车安全标准》中的乘员保护标准，以适用于配备ADAS而不具备传统人工驾驶控制功能的车辆。
	2022年3月	《关于自动驾驶汽车的规定》	自动驾驶汽车制造商无需再为了满足碰撞标准，为全自动驾驶汽车配备手动驾驶控制系统。美国量产无人驾驶汽车从此可以没有方向盘、刹车踏板等控制部件。
英国	2022年初	《英国自动与电动汽车法案》	具有自动驾驶保持系统（ALKS）技术的汽车将成为第一批符合AEV法案相关要求的自动驾驶汽车，同时英国计划在2025年之前建立自动驾驶法规及配套细则。
日本	2022年10月	《道路交通法》	法案与2023年4月开始施行，列入在特定条件下实现完全自动化驾驶的“Level 4”运行许可制度。
韩国	2022年9月	《第三期汽车政策基本规划案》（2022~2026年）	提出到2027年实现自动驾驶汽车的商业落地，到2030年普及450万辆电动汽车、氢燃料电池汽车的目标
德国	2022年5月	《自动驾驶法》	自2022年开始，德国将允许L4级别自动驾驶汽车在公共道路上的指定区域行驶

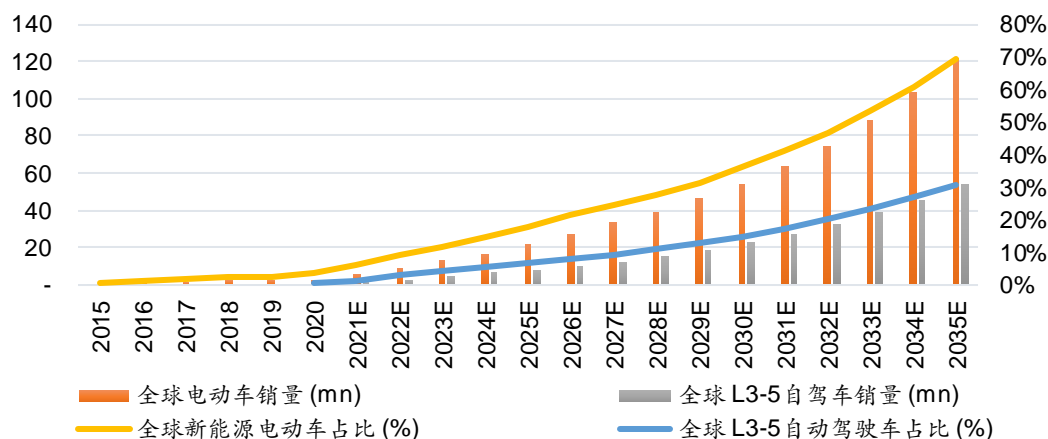
来源：国金证券研究所整理

1.3 自动驾驶的发展对硬件产业链形成巨大成长加持

自动驾驶和新能源应是未来 15 年最大的科技变革。从人驾到类似智能服务器装四轮驱动的自驾的转变将对硬件产业链形成巨大的提升，大幅提高激光雷达、摄像头、毫米波雷达、CV2X 等感知层芯片，GPU/CPU/FPGA/AI 芯片等决策层芯片，以及高速以太网接口等执行层芯片的需求。

人驾到自驾，自动驾驶的发展重点在于持续降本以及视觉和 AI 芯片技术的进步：如同我们在报告《2022-2023 年投资策略应用篇，汰弱留强》中提到，很多产业专家说未来的自驾车就像装了四个轮子的智能手机，以自驾技术的难度及半导体配置而言，我们不同意这说法，我们认为自驾车像是装了四个轮子的智能 AI 服务器（如果透过远端控制软件来协作，自驾车队更像装了四个轮子的智能集群系统），成本的持续下降使得自动驾驶的大规模推广更易于实现。目前自动驾驶感知技术存在两种路径：1）传统车企和造车新势力使用摄像头、激光雷达、毫米波雷达的硬件方案，但激光雷达的价格仍在 2 万元以上，大幅提高单车价格。2）特斯拉采用纯视觉路线，不使用激光雷达但通过 3 颗前置摄像头（60, 150, 250 公尺视觉距离），1 颗后置摄像头（50 公尺视觉距离），4 颗前后侧边摄像头（80-100 公尺视觉距离），12 颗环绕车身的超声波雷达（感测距离 8 公尺）推出的 L3 等级 FSD 自动驾驶解决方案，整体自动驾驶成本应该不超过 5000 元。所以我们之前在 2022 年度策略报告中估计 2035 年全球超过 30% 的汽车销量将具备 L3-L5 的自动驾驶功能，未来 15 年的复合增长率达到 30-35%。

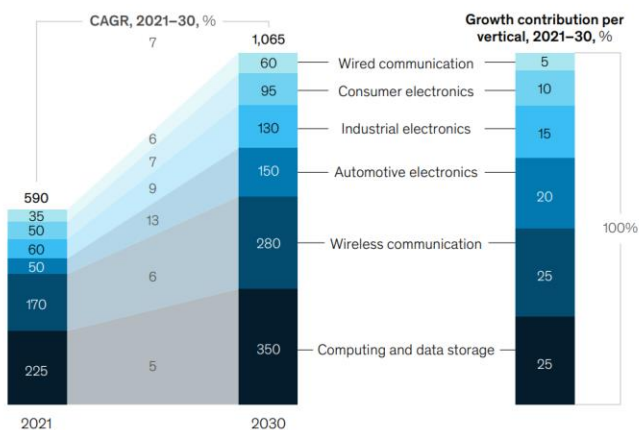
图表7：全球电动车及 L3-L5 自动驾驶销量的占比变化



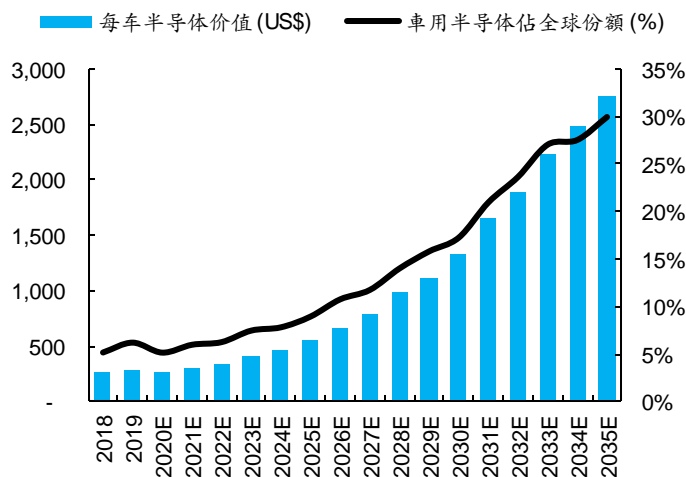
来源：BCG，国金证券研究所

我们认为从传统燃油车转向新能源汽车，接着是 SAE L3-5 级自动驾驶的占比提升，加上电动车及自动驾驶的技术演进（耗能降低，电池密度提升，电源转换系统重量降低，摄像头，传感器，激光雷达数量提升，及人工智能芯片运算能力提升但要求耗能持续降低），这些技术演进将逐步拉升每台新能源车的半导体价值，这两大驱动力对全球车用半导体公司及产业未来二十年将产生重大影响，我们于 2022 年度策略报告中估计全球车用半导体市场于 2020-2035 年复合成长率应有机会超过 20%（主要系增加 AI/GPU, FPGA, ASIC, 激光雷达，摄像头，以太网，MCU，碳化硅，电源管理芯片的价值及数量），远超过全球半导体市场在同时间 5-6% 的 CAGR，汽车半导体在全球半导体市场中的份额在 2035 年有望达到 30%（从 2021 年不到 10 个点），每车半导体价值从 2020 年的 268 美元，暴增 10 倍到 2035 年的 2758 美元。

图表8：2030 年全球半导体细分赛道增长预测



图表9：每车半导体价值及车用半导体占全球份额变化



来源：Mckinsey & Company，国金证券研究所

来源：TrendForce，国金证券研究所

图表10：人驾燃油车 vs 自驾电动车每车半导体价值比较

	2020人驾汽油车	2025L5自驾电动车
摄像头	2-4单位	8-10单位
传感器	6单位	10单位
激光雷达	无，每单位50,000美金	4-5单位，每单位1,000美金
毫米波雷达	2单位	10单位
无线通信	蓝牙，WiFi，4G	C-V2X，5G，Space X's Starlink
射频功率放大器IC	1	16 氮化镓 GaN/砷化镓 GaAs/硅 Silicon
有线通信	LIN，CAN，FlexRay，MOSFT	LIN，CAN，FlexRay，MOSFT，>20以太网端芯片
人工智能芯片	NXP/Mobileye MCU	Nvidia Orin X，Mobileye Q6，华为 Ascend910，华为海思710A，地平线征程5，高通 SA8540，寒武纪Cambricon-1M/MLU100，百度昆仑AI芯片，黑芝麻华山二号
人工智能系统	高级驾驶辅助系统	Waymo One，Tesla FSD，Drive Hyperion 9，GM Cruise，百度Apollo AutoX
电力功率器件	二极管，低压MOS器件，18xPower MOSFET (US \$ 71)	250*MOSFET (US \$ 455)，IGBT绝缘栅双极型晶体管，碳化硅SiC，氮化镓GaN
多层陶瓷电容器	2.5k	13k
电源管理	20-30单位	100-150单位
每车半导体美元价值	300	4,000-5,000

来源：国金证券研究所整理

二、从特斯拉自动驾驶迭代看电子发展方向

特斯拉坚持纯计算机视觉方案，逐渐完成了从合作到全栈自研的转变。特斯拉于2013年启动了Autopilot（自动辅助驾驶）项目，早期特斯拉意图与谷歌共同开发一套半自动驾驶系统。但谷歌认为半自动驾驶系统并不可靠，之后谷歌转向研发L4级以上的全自动驾驶技术，而特斯拉则继续开发第一代Autopilot。特斯拉在设计之初就采用了硬件先行、软件更新的原则。硬件部分与软件分开迭代，硬件通常随着车辆换代而更新，更新频率为1-2年一次。而软件则是通过车辆OTA进行在线升级，更新频率以月计算。

2014年10月特斯拉发布第一代硬件Hardware 1.0，自动驾驶芯片主要依靠Mobileye提供，硬件配置为1颗前视摄像头+1个毫米波雷达+12个超声波雷达。特斯拉的自动驾驶方案从设计之初就坚持纯视觉方案，因为当时谷歌使用的激光雷达单价高达5万美元以上，C端消费者难以承受如此高的价格。特斯拉坚持在汽车上使用摄像头组成的视觉系统来实现自动驾驶，因此与视觉识别龙头厂商Mobileye达成合作，基于EyeQ3平台实现L2级别的辅助驾驶功能。但早在2015年4月，特斯拉就组建了基于计算机视觉感知的软件算法小组Vision，准备自研软件以逐步替代Mobileye。2016年7月，由于数据权等因素Mobileye宣布和特斯拉终止合作。

2016年10月特斯拉发布第二代硬件Hardware 2.0，自动驾驶芯片转由英伟达提供，硬件配置大幅度提升，并开始使用自研软件。HW2.0配置8个摄像头+12个远程超声波雷达+1个前置毫米波雷达，这套配置也保留到了HW3.0，直到HW4.0摄像头数量才再一次得到升级。但由于特斯拉与Mobileye合作突然终止，特斯拉自研的Tesla Vision性能还达不到HW1.0的水平，直到大半年后，通过几个版本的更新才使HW2.0的使用体验达到前一代的水平。在HW2.0研发的同时，特斯拉认为英伟达的芯片以GPU架构为主，Mobileye芯片以CPU和CVP为主，无法完全满足图像处理 and AI计算的需求，在性能上仍有较大提升空间，因此开始同步自研FSD自动驾驶芯片。

2018年8月特斯拉发布第三代硬件Hardware 3.0，自动驾驶芯片革命性地采用自研的FSD芯片。HW3.0中的FSD芯片总算力达144TOPS，是上一代英伟达硬件的12倍。每秒可处理图片2300张，而HW2.5的每秒处理能力仅为110张，图像处理速度提升了21倍。功耗增加了25%，但芯片成本降低了20%。同时，HW3.0通过两个完全独立的FSD芯片，以及各自独立的电源系统、内存和闪存保证系统冗余。主板运行时，两套硬件将同时处理相同的数据，保证信息安全和完全冗余。

目前特斯拉正处于由HW3.0向HW4.0过渡更新的阶段。HW4.0在FSD芯片、传感器与摄像

头、通讯接口、GPU 小板等方面性能得到提升。HW4.0 可能增加高分辨率的 4D 毫米波雷达，支持更多传感器与摄像头接入，新增 2 个侧摄像头（L-FF-Side 和 R-FF-Side 摄像头）和 1 个前保险杠摄像头（F-SVC）；将 HW3.0 的独立 GPU 小板整合进主板，使得 GPU 小板集成化更高、模块更轻薄；FSD 芯片内核数量增多，性能更加强悍；显存规格大幅度提升；GPS 由双频升级为三频，精度提升，民用定位精度从 5m 提升至 30cm；通讯接口增多等。

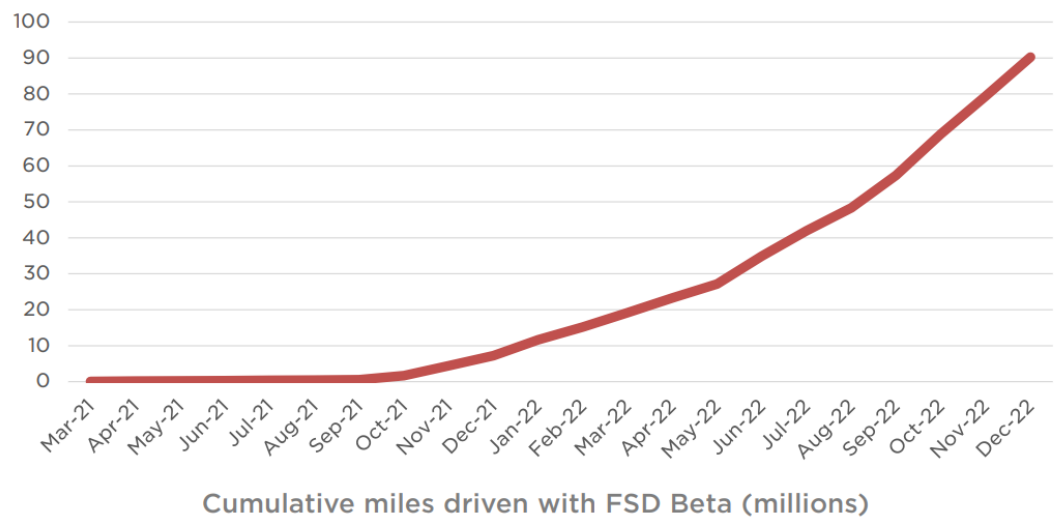
图11：特斯拉 HW1.0 到 HW4.0 硬件持续升级

项目	HW1.0	HW2.0	HW2.5	HW3.0	HW4.0
发布时间	2014年9月	2016年10月	2017年8月	2019年4月	2023年2月
摄像头	1个	8个			12个
毫米波雷达	Radar*1 (160米)		Radar*1 (170米)		高精度4D毫米波雷达
超声波雷达	Lidar*12 (5m)		Lidar*12 (8m)		
核心处理器	Mobileye EyeQ3*1	Nvidia Parker SoC *1 Nvidia Pascal GPU *1 英飞凌TriCore MCU *1	Nvidia Parker SoC *2 Nvidia Pascal GPU *1 英飞凌TriCore MCU *1	FSD芯片*2 (CPU核*4*3) NPU*2	FSD芯片*2 (CPU核*4*5) NPU*3
ROM	256兆字节	6GB	8GB	LPDDR4 8*2GB	GDDR6 16*2GB
GPS高精度定位模块	N/A	N/A	N/A	双频GPS模块 NEO-M8L-01A-81	三频GPS模块接口，新增L5频率
处理能力	1倍	40倍	40倍带冗余	420倍带冗余	840倍带冗余（预测）
每秒处理帧数	36	110	110	2300	N/A
通讯接口	N/A	N/A	N/A	1个以太网接口	2个以太网接口

来源：汽车之心，国金证券研究所

特斯拉自动驾驶快速发展背后是各类硬件的支撑。截至 2022 年 12 月，特斯拉自动驾驶总里程数已接近 9000 万英里，特斯拉已经向美国和加拿大约 40 万客户发布了自动驾驶 FSD Beta。特斯拉自动驾驶技术迭代的背后是硬件的持续升级，大幅提高激光雷达，摄像头，毫米波雷达，CV2X 等感知层芯片，GPU/CPU/FPGA/AI 芯片等决策层芯片，以及高速以太网接口等执行层芯片的需求。

图12：特斯拉自动驾驶总里程数接近 9000 万英里



来源：2022 年 Q4 特斯拉财报，国金证券研究所

2.1 计算芯片：AI 拉动 GPU/FPGA/ASIC 量价齐升

人工智能中主要使用计算芯片有三种，分别是通用型的 GPU，可定制的 FPGA，以及专用的 ASIC。CPU 计算指令遵循串行执行，GPU 有大量的核心和高速内存，擅长并行计算。所以 CPU 常用于深度学习的推理，GPU 更适合深度学习的训练和推理任务。

图13：CPU、GPU、FPGA、ASIC 特点对比

类别	CPU	GPU	FPGA	ASIC
特点	进行大规模并行计算方面受到限制 擅长于处理逻辑控制，	性能高、计算能力强 功耗高	可编程性、灵活功耗和通用性 介于 GPU 与 ASIC 之间	定制化设计 性能稳定 优秀的功耗控制

	提供系统可靠性 通用性好	通用性好		
代表公司	英特尔、AMD	英伟达、AMD	赛灵思	寒武纪、地平线、比特大陆、谷歌 (TPU)

来源: ADLINK, 国金证券研究所

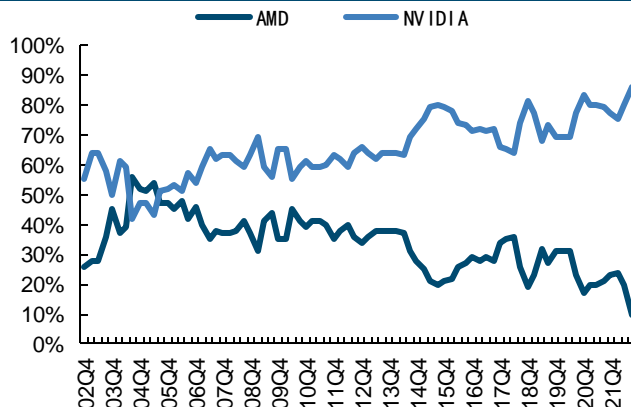
根据 VerifiedMarketResearch 的数据, 2021 年全球 GPU 市场规模 335 亿元, 2028 年全球 GPU 市场规模有望达到 4774 亿元, 22-30 年 CAGR 达 33.3%。随着未来特斯拉在自动驾驶系统中引入 AI 学习神经网络, 将会使 GPU、FPGA、ASIC 等 AI 芯片重点受益。目前特斯拉的后端 GPU 集群, 共有 14000 个 GPU, 其中 4000 个用于自动标签, 10000 个用于算力训练。英伟达是 GPU 市场的主导者, 全球独立显卡市占率高达 80%。其高端 GPU 如 H100, A100 和 V100 等占据了 AI 算法训练市场绝大部分的份额。

图表14: 2030 年全球 GPU 市场规模有望达 4774 亿美元

图表15: 英伟达主导独立 GPU 市场



来源: VerifiedMarketResearch, 国金证券研究所

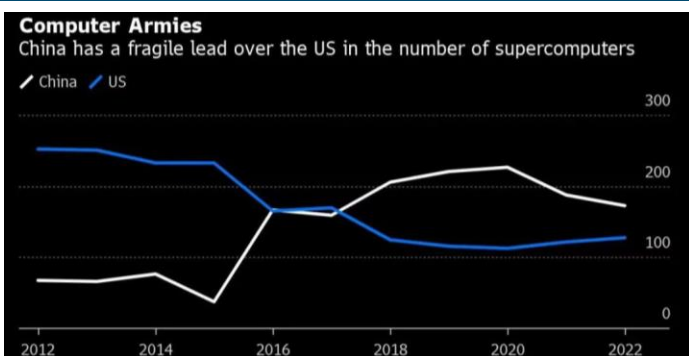


来源: JRR, 国金证券研究所

目前国内厂商 GPU 市占率不足 1%, 美国对华制裁加速 GPU 国产替代。2015 年以来美国对 GPU 的制裁不断升级, 美国国防部研究员曾提出中美竞争中, 利用人工智能更多且更快的一方将获胜。前几年主要是美国将中国超算中心及相关 GPU 芯片企业拉入实体清单, 以此达到限制中国 AI 以及超级计算机的发展, 但是限制范围限于超算单一场景。2022 年 9 月, 美国针对 AI、HPC 及数据中心研发所用的高端 GPU 发出限制, 英伟达的 A100 和 H100 以及 AMD 的 MI250 芯片暂停向中国客户销售。2022 年 10 月, 美国升级禁令限制范围, 对高算力芯片的连接速度和每秒运算次数等具体参数做限制, 除英伟达和 AMD 外, 国内厂商海光信息的部分产品也被加入到限制范围内。美国将制裁限制范围由应用场景扩大到芯片和产品层面, 其实也是代表着国内相关 GPU 产品或下游应用发展超过美国政府的预期。我们认为美国持续加大对中国高端芯片的出口限制, 高速运算相关的 GPU、CPU 等芯片国产化进程必然加快。从国产替代方案来看, GPU: 景嘉微、海光信息、好利科技、壁仞科技 (未上市) 等; CPU: 海光信息、龙芯中科、中国长城 (飞腾信息)

图表16: 中美 TOP500 超算对比

图表17: 国内外主流 GPU 对比



来源: Bloomberg, 国金证券研究所

型号	H100SXM	H100PCIe	Flex170	RX6950XT	D1 Chip	MLU370-X8	BR100
供应商	英伟达	英伟达	英特尔	AMD	特斯拉	寒武纪	壁仞科技
制程工艺	4nm	5nm	7nm	7nm	7nm	7nm	7nm
最大耗电量	700W	300-350w	150W	335W	400W	250W	550W
显存	80GB	80GB	16GB	16GB	80GB	48GB	64GB
显存带宽	3.35TB/s	2TB/s	576GB/s	576GB/s	2TB/s	614.4GB/s	2.3TB/s
FP32	67TFlops	51TFlops	16TFlops	26TFlops	22.6TFlops	24TFlops	N/A
晶体管	80B	54.2B	100B	26.8B	50B	29B	77B
发布时间	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022

来源: 各公司官网, 国金证券研究所

图表18: 国内 GPU 产业链情况

z	核心技术/具体情况	相关产品	主要应用领域
景嘉微	国内首家实现自主研发本土化 GPU 并产业化的企业。具备支持本土 GPU 和本土操作系统的自主知识产权 GPU。	JM5400、JM7201、JM92 系列	军用工业、人工智能、金融、云计算等

龙芯中科	2020 年公司成立 GPU 突击队，加快 GPU 研发设计。自研统一渲染架构。	7A2000 桥片的自主研发 GPU 模块	金融、政务办公、网络安全等
海光信息	海光 DCU 属于 GPGPU（通用图形处理）一种。2021 年，公司深算一号 DCU 产品已实现商业化应用	深算一号 DCU 产品	人工智能训练等
寒武纪	3 月发布 AI 训练 GPU 新品，搭载双芯片四芯粒封装的思元 370，集成寒武纪 MLU-Link 多芯互联技术。	MLU370-X8	人工智能训练等
芯原股份	GPU IP 供应商。GPU（含 ISP）市场占有率排名全球前三名，2020 年全球市场占有率约 10.2%	Arcturus GC8800、GC8400、GC8200、GC8000、GPU Nano IP	小型物联网 MCU、人工智能等
壁仞科技	已有自主原创 GPU 芯片架构	BR100 GPU	人工智能、云计算、图形渲染等
沐曦	具备自主研发高性能 GPU 芯片架构、兼容国际主流生态的完整软件栈	MXN、MXC、MXG	物理仿真、云游戏、元宇宙等
摩尔线程	具备 3D 图形计算和高性能并行计算技术	MTTS60、MTTS2000	物理仿真、人工智能、自动驾驶等领域
芯动科技	一站式高速混合电路 IP 及芯片定制解决方案供应商	风华 1 号	元宇宙、云游戏、人工智能等

来源：科创板日报，国金证券研究所

在云侧与端侧的不同任务中，FPGA 芯片均已与 GPU 及 ASIC 等芯片一起成为人工智能处理芯片的重要选择之一。FPGA 芯片由于其高度灵活性及强大的并行运算能力，与神经网络的运算需求十分契合，因此能够明显提升人工智能算法的计算速度。在面向人工智能领域的计算密集型任务时，和 GPU 及 ASIC 芯片相比，FPGA 芯片内在并行处理单元达到百万级，做到真正并行运算，其可编程性又可实现灵活搭建数据处理流水线，因此运算速度快，数据访问延迟低，较为适合人工智能的实时决策需求。FPGA 芯片在人工智能领域应用时还具有优势突出的功耗比。因此，FPGA 芯片在矩阵运算、图像处理、机器学习、非对称加密、搜索排序等人工智能领域有着很广阔的应用前景。

FPGA 芯片因其现场可编程的灵活性和不断提升的电路性能，可用于工业控制、网络通信、消费电子、数据中心、汽车电子、人工智能等各类领域。根据 VerifiedMarketResearch 的数据，2021 年全球 FPGA 芯片市场规模为 71 亿美元，2030 年市场规模预计将达到 221 亿美元，22-30 年 CAGR 达 15%。全球 FPGA 市场由四大巨头赛灵思，英特尔，Lattice，Microchip 垄断，国外企业起步较早，在硬件设计和高端的 EDA 软件设计上都形成了极强的技术封锁，闭环了非常强大的产业生态链。中国 FPGA 行业发展起步较晚，技术水平和研究资源不足，现主攻低密度市场，逐步进行国产替代。但是国内厂商近几年发展迅速。近些年来涌现出一些优秀的研发企业包括紫光同创，成都华微电子，安路科技，高云半导体，复旦微电，京微齐力等。

图表19：2030 年全球 FPGA 市场规模有望达 221 亿美元

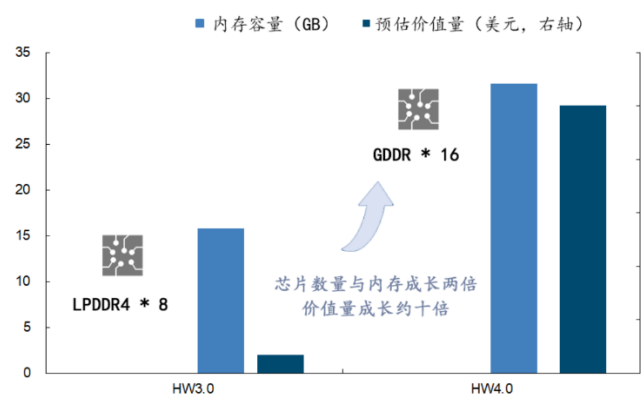


来源：VerifiedMarketResearch，国金证券研究所

2.2 存储芯片：看好 2023 年存储板块止跌反弹

特斯拉 HW4.0 内存容量和规格大幅度升级。根据目前曝光的拆解图，HW4.0 内存用量或从 8 颗 2GB 成长为 16 颗 2GB，规格上或从 LPDDR4 升级为 GDDR6，价值量从 20 美元到 200 美元实现十倍提升。以往因算力需求不高以及 GDDR 功耗过高等因素，导致车厂普遍使用 LPDDR 系列芯片，特斯拉开创了在车载领域使用 GDDR 的先河。GDDR6 最高运行频率可达 1750MHz，最高传输速率约是 12800MT/s，是 HW3.0 中所使用的 LPDDR4 的三倍。

图表20: HW4.0 在内存规格、容量和价值量上大幅提升



来源: 汽车之心, 国金证券研究所

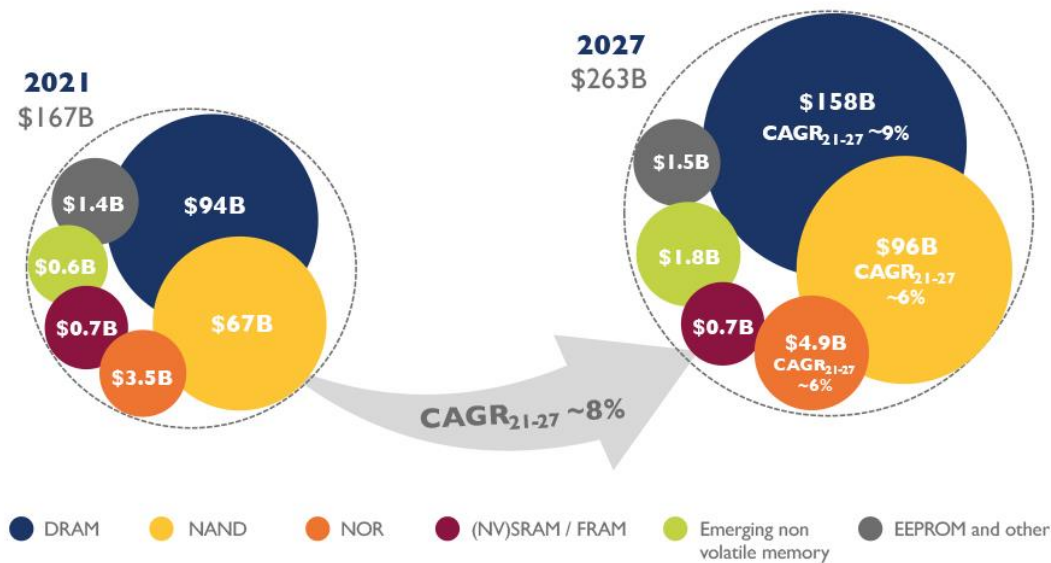
图表21: 内存规格对比

类型	GDDR 6X	GDDR 6	GDDR 5X	HBM 2
B/W Per Pin	21 Gbps	14 Gbps	11.4 Gbps	1.7 Gbps
常见容量	1GB (8 Gb)	1GB (8 Gb)	1GB (8 Gb)	4GB (32 Gb)
No.Chip/KGSDs	12	12	12	3
B/W Per Chip/Stack	84GB/秒	56GB/秒	45.6GB/秒	217.6GB/秒
总线宽度	384 位	384 位	352 位	3072 位
Total B/W	1008 GB/秒	672 GB/秒	548 GB/秒	652.8 GB/秒
DRAM 电压	1.35 伏	1.35 伏	1.35 伏	1.2 伏
数据速率	QDR	QDR	DDR	DDR
Signaling	PAM4	二进制	二进制	二进制

来源: 汽车之心, 国金证券研究所

存储芯片市场水大鱼大, 根据 Yole 的数据, 2021 年存储芯片市场规模 1670 亿美元, 2027 年市场规模 2630 亿元, 21-27 年 CAGR 达 8%。从各细分产品类别看, 2027 年 DRAM 芯片市场规模有望达 1580 亿美元, 21-27 年 CAGR 达 9%。2027 年 NAND 芯片市场规模有望达 960 亿美元, 21-27 年 CAGR 达 6%。2027 年 NOR 芯片市场规模有望达 49 亿美元, 21-27 年 CAGR 达 6%。新冠疫情大流行期间, 芯片供给短暂性中断与服务器和笔记本需求的持续走强使得存储芯片的市场规模在 2020 年和 2021 年分别成长了 15%和 32%, 但 2021 年底以来海外经济走弱带来消费电子需求的短期萎靡导致了存储芯片的周期性调整, 但是长期来看, 物联网 (IoT)、汽车、电信和基础设施将持续推动存储芯片市场规模的边际成长。

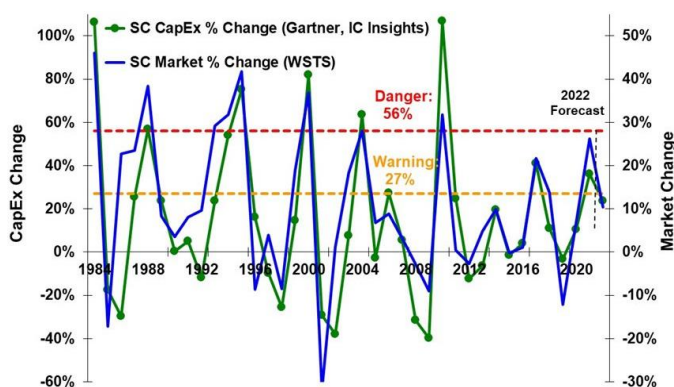
图表22: 2027 年存储芯片市场规模 2630 亿美元



来源: Yole, 国金证券研究所

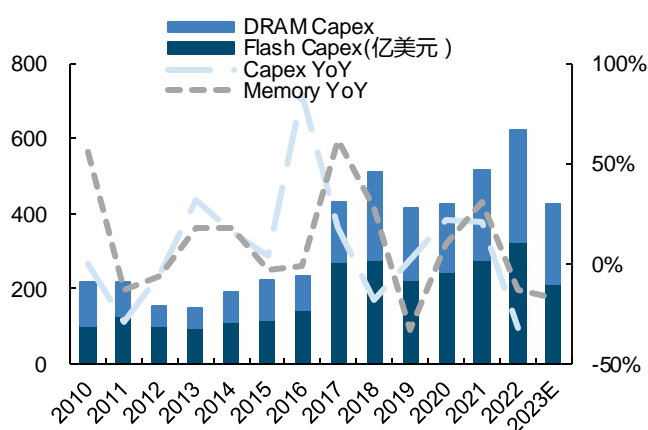
我们建议关注弹性最大的存储板块 2023 年止跌反弹。回顾全球半导体与存储市场周期变化情况, 资本开支增速与市场变化呈现强相关性。2011 年存储市场增速先于资本开支增速迎来向上的拐点, 2016 年和 2019 年存储市场增速与资本开支增速同时迎来向上拐点。这论证了我们的观点, 当资本开支增速大幅度下滑时, 市场往往已经或者即将迎来拐点。随着各大存储厂商陆续在最新财报说明会中公开 2023 年展望, 并大幅度下调 2023 年资本开支计划, 我们看好弹性最大的存储板块 2023 年下半年迎来复苏。

图表23：半导体行业增速与资本开支增速呈强相关



来源：Semiwiki, WSTS, Gartner, IC Insights, 国金证券研究所

图表24：存储市场增速与厂商资本开支增速呈强相关性



来源：WSTS, TrendForce, IC Insights, 国金证券研究所

以史为鉴，当存储厂商纷纷下调资本开支时，我们认为股价基本已见底，我们看好 2023 年下半年存储行业触底反弹。存储器是最小单元的阵列式复制，产品功能单一，同质化率高，是科技大宗品，产品价格容易受到经济和库存周期波动，因此美光周期性更强。由于强周期的属性，美光的股价是半导体周期最前瞻与直观的指标。从历史规律里我们看到美光的股价总是领先基本面 2~4 个季度见底，每次在大厂宣布资本开支削减之时，股价已基本企稳。

图表25：历史上当美光宣布削减资本开支时股价往往见底



注：2021年7月30日开始数据用DDR3 4Gb现货均价/1.11补齐，其中系数1.11元是两款不同容量产品的相对价差系数

来源：Bloomberg, 国金证券研究所

2.3 高速连接器：智能化驱动量价齐升，国产化有望快速提升

高速连接器连接智能化。高速连接器分为 FAKRA 射频连接器、Mini-FAKRA 连接器、HSD (High-Speed Data) 连接器和以太网连接器，主要应用于摄像头、激光雷达、毫米波雷达、传感器、广播天线、GPS、蓝牙、Wi-Fi、信息娱乐系统、导航与驾驶辅助系统等。

特斯拉HW4.0平台，高速连接器量价齐升。以特斯拉最新研制的HW4.0中央计算单元为例，相较于HW3.0，前者的摄像头接口由9个增至12个，以太网接口至少增加1个。前视摄像头采用像素更高的IMX490，对连接器的数据传输能力和可靠性提出更高要求，新增以太网连接器是单对线车载以太网接口，目的是接入4D毫米波雷达，相较于传统毫米波雷达，连接器由CAN接口升级为千兆以太网接口，最高传输速率有百倍提升，GPS模块连接器新增L5频率，由双频升级为三频。

假设2023年我国L2级乘用车新车市场渗透率达40%，假设高速连接器单车价值量为600元、且自2023年起年增3%，对应2023高速连接器市场达66亿元、同增37%。预计2025年中国高速连接器市场达104亿元，三年CAGR为30%。

图表26：中国高速连接器市场快速成长

	2020	2021	2022E	2023E	2024E	2025E
--	------	------	-------	-------	-------	-------

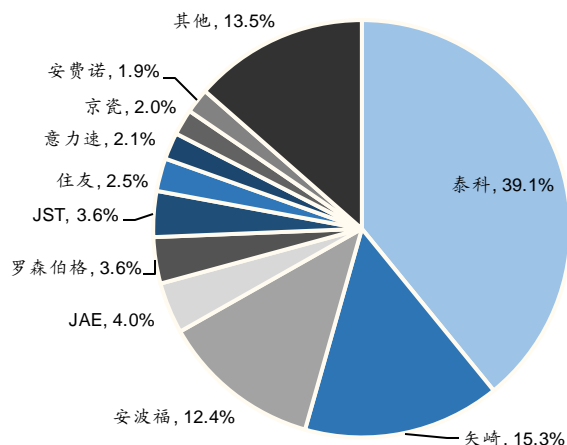
高速连接器						
中国汽车销量（亿部）	0.25	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27
L2 及以上智能驾驶渗透率	12%	20%	30%	40%	50%	60%
单车价值量（元/台）	600	600	600	618	637	656
市场规模（亿元）	18	31	48	66	84	104
YOY		72%	52%	37%	29%	24%

来源：中汽协，国金证券研究所

高速连接器的壁垒在于射频设计和自动化生产。1) 从设计端来讲，需要射频传输理论和微波电子学作为理论基础，如何以最小的损耗和反射传输射频信号是关键。信号传输过程中存在衰减，一是因为趋肤效应，由于频率的增加，磁场作用使得电流的传输越来越趋向金属表面，导致导体电阻和损耗功率增加，对内外导体和介质材料的选择和设计提出了高要求；二是由于反射回来的能量在传输过程中被损耗，主要是特性阻抗不连续导致的，如何进行补偿和过渡设计是重点；三是由于表面裸漏造成射频线漏，这就需要设计屏蔽护套以保证良好的密封和绝缘性能。2) 从工艺端来讲，企业需要建立科学、高效、标准化的精密制造流程，执行高标准的质量监督体系，把控好生产、组装、测试环节。出于良率和效率的考虑，将数控技术、自动化及信息化技术融合应用。生产过程中，突破冲压成型技术是 FAKRA 连接器的关键，将降低成本，实现大批量生产，保证高制程安全。

高速连接器国产化率低，未来有望快速提升。1) 根据 Bishop & Associates 统计，2019 年全球汽车连接器厂商 TOP10 以美、日企业为主。泰科、矢崎、安波福三巨头市占率达 66.8%。美国、日本、欧洲企业市占率达 41%、30%、16%。中国占据了全球汽车 30% 的需求，但是中国企业在汽车连接器市占率低于 5%。2) 从国内高速连接器竞争格局来看，罗森伯格作为行业龙头、市占率达 50%，公司新一代 HFM（High-Speed FAKRA-Mini）连接器，频率高达 15GHz，可实现高达 20Gbps 的高速率传输，体积更小、相比传统 FAKRA 连接器节约了高达 80% 的空间，实现成本优化。电连技术作为国内龙头，市占率达 10%，公司自 2014 年起布局车载射频连接器业务，主营 FAKRA 连接器、mini FAKRA 连接器。2022 年 H1 公司车载连接器收入达 2 亿元、同增 89%，毛利率达 40%。3) 长期来看，我们认为国内企业产品性能优质、研发速度更佳、服务能力更佳、综合成本更低，未来有望获取更多市场份额。此外，得益于整车厂竞争格局变化，绑定优质客户的连接器企业获得成长机遇。

图表27：2019 年全球汽车连接器行业竞争格局



来源：Bishop & Associates，国金证券研究所

2.4 车载摄像头：智能化驱动成长，转型 Tier1 打开长期空间

ADAS 可分为 L0~L5 六个级别，目前主流 ADAS 级别在 L2~L3 阶段之间，伴随规格升级，单车搭载摄像头数量持续提升。L2 级别智能辅助驾驶搭载 5~8 颗摄像头，L3 级别智能辅助驾驶搭载 8~16 颗摄像头，L4、L5 级别自动驾驶 ADAS 系统尚在研发阶段，一般需要搭载 13 颗以上摄像头。

特斯拉 HW4.0 平台，车载摄像头量价齐升。以特斯拉最新研制的 HW4.0 中央计算单元为例，相较于 HW3.0 的 9 摄像头设计（3 前视摄像头、1 舱内摄像头、2 侧后视摄像头、2 侧前视摄像头、1 后视摄像头），HW4.0 的摄像头数量、布局 and 性能都出现了调整。在数量方面，HW4.0 采用 12 摄像头设计，前视摄像头由三目改为双目，同时增加 1 备用摄像头、1 前摄像头、2 侧视摄像头。在布局方面，新增的前、侧视摄像头，预计分别安装在前、后保险

杠处，从而实现视觉补盲和感知增强，前挡风玻璃处的前视摄像头增加散热模块，B柱摄像头的开孔形状进行了调整，可视范围或会进一步扩大，预计该摄像头处会增设加热装置，从而减少水汽影响。在性能方面，预计前视摄像头的图像传感器会由 1.23M 像素的 AR0136AT 换为 5.43M 像素的 IMX490，像素增加可提高识别有效范围，亚像素技术的应用使 IMX490 能够增加 HDR 显像质量，减轻 LED 频闪，同时 IMX490 的画面比例为 3:2，相较于 AR0136AT 的 FOV（视场角）更广。

根据 TSR，2021 年全球车载摄像头出货量达 1.86 亿颗、过去十年 CAGR 达 30%，单车搭载摄像头数量达 2.1 颗。目前市面上主流智能车型普遍搭载摄像头数量在 5~8 颗。展望未来，得益于智能化加速，预计 2023 年车载摄像头市场同增 26%，2025 年车载镜头市场达 188 亿元、车载摄像头市场达 565 亿元，2022~2025 年 CAGR 达 28%。

1) 自动辅助驾驶渗透率预测：根据智能手机渗透率的 S 型曲线，我们假设 2022~2025 年全球 L2 级自动辅助驾驶渗透率为 27%、36%、50%、60%，考虑伴随更多车企搭载 L3 级别自动辅助驾驶，我们假设 L3 级自动辅助驾驶渗透率为 0.2%、0.5%、1%、2%。

2) 单车搭载摄像头预测：假设 2020 年 L2 级自动辅助驾驶单车搭载摄像头 6 颗，对应 L1 及以下单车搭载摄像头为 1.4 颗，假设 L3 即自动辅助驾驶单车搭载摄像头 8 颗。考虑各家车厂做车型迭代中摄像头数量持续增加，假设未来每年单车搭载摄像头同增 5%。对应 2025 年单车搭载摄像头数量为 5.4 颗，假设全球汽车销量为 0.8 亿部，对应 2025 年全球车载摄像头销量为 4.4 亿颗。

3) 镜头、摄像价格预测：参考舜宇光学科技车载镜头单价（38 元），考虑前视占比提升、规格升级，预计 2023~2025 年单价同增 3%、5%、5%。对应 2025 年全球车载摄像头镜头市场为 188 亿元，2021~2025 年 CAGR 达 26%。考虑镜头价格约占摄像头价格的 1/3，对应 2025 年全球摄像头市场为 565 亿元。

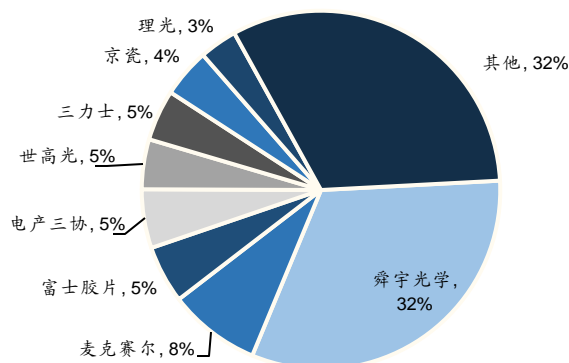
图表28：中国高速连接器市场快速成长

	2020	2021	2022E	2023E	2024E	2025E
全球 L1 及以下渗透率	85%	80%	73%	64%	49%	38%
全球 L2 渗透率	15%	20%	27%	36%	50%	60%
全球 L3 以上渗透率		0.05%	0.20%	0.50%	1.00%	2.00%
L1 及以下单车摄像头数量	1.4	1.47	1.54	1.62	1.70	1.79
L2 单车摄像头数量	6	6.3	6.6	6.9	7.3	7.7
L3 单车摄像头数量				8	8.4	8.8
单车搭载摄像头数量-估算值	2.1	2.4	2.9	3.6	4.6	5.4
全球汽车销量（亿台）	0.77	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
全球摄像头销量（亿颗）	1.6	2.0	2.3	2.9	3.7	4.4
YOY		22%	19%	23%	28%	19%
镜头单价（元）	41	38	38	39	41	43
YOY	5%	-7%	0%	3%	5%	5%
镜头市场规模（亿元）	66	74	89	112	150	188
YOY		13%	19%	26%	34%	25%
摄像头市场规模（亿元）	198	223	267	337	451	565
YOY		13%	19%	26%	34%	25%

来源：中汽协，国金证券研究所

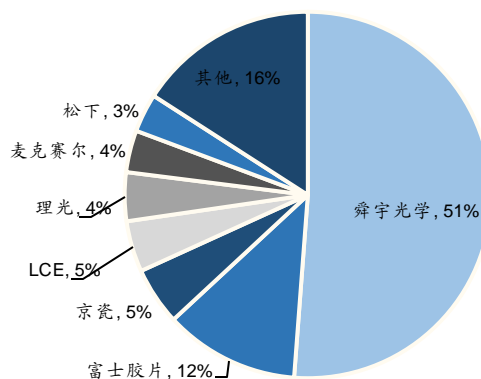
车载摄像头镜头市场格局呈现出“一超多强”局面，舜宇光学是绝对领军者。1) 2020 年舜宇光学出货量位居第一，市场占有率超 30%，日本麦克赛尔、日本电产三协、日本富士胶片、韩国世高光位居二至五位。得益于本国汽车工业发达、日本企业占比较高，份额前八厂商中，日本厂商占据 5 席。2) 在规格、壁垒更高的 ADAS 镜头中，舜宇光学一骑绝尘，市占率超 50%。3) 车载镜头具有较高的技术壁垒，产品通常需要配合传感器芯片进行参数调整，经过 1-2 年研发周期后交货给 Tier1 组装，并经过车厂上路验证 1-2 年通过后方可供货，认证周期 3-5 年，客户粘性较强，头部企业先发优势稳固。

图表29：2020年车载摄像头镜头市场格局



来源：观研天下，国金证券研究所

图表30：2020年车载感知类摄像头镜头市场格局



来源：华经产业研究院，国金证券研究所

除舜宇光学科技以外，国内的联创电子、力鼎光电、宇瞳光学均积极布局车载镜头领域，但目前市占率较低，我们认为未来伴随国内造车新势力崛起，国内二线企业在车载镜头领域大有可为。

舜宇光学科技：公司自2004年起进入车载镜头领域，2018年量产800万像素车载镜头。公司是车载镜头龙头的绝对龙头，2021年全年车载镜头出货量为0.68亿颗，同比增长21%，我们按38元/颗车载镜头的单价估算，公司2021年车载镜头营收为26亿元。2022年1-10月车载镜头出货量达0.67亿颗、同增15%。

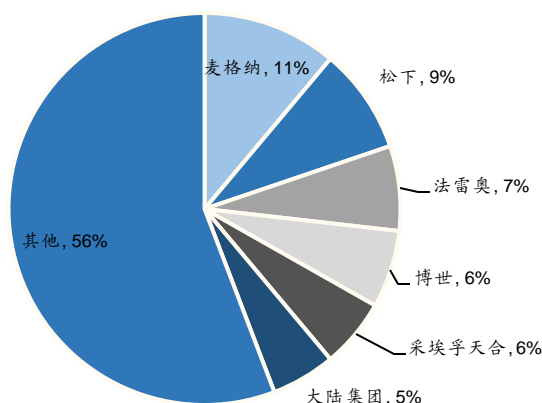
联创电子：公司自2015年进入车载镜头领域，2016年与特斯拉合作，为其舱内镜头独家供应商，2020年与蔚来开始合作、中标ET7全部7颗800万像素ADAS车载镜头模组，并于2022年上半年顺利量产出货。2020年公司车载镜头出货量为77万颗、营收为0.24亿元，2021年公司前五大客户车载镜头及模组订单为1.5亿元，2022年前三季度公司车载光学收入增长迅猛，同增718%，发展势头良好，预计2023年车载镜头业务持续快速放量。目前公司具备2KK/月模造玻璃镜片产能。2021年12月曾吉勇博士（原任联创电子副总裁兼光学事业部总经理）升董事长，未来公司将进一步聚焦光学行业。

力鼎光电：公司主营海外安防镜头，技术能力卓越，2021年车载业务收入占比达12%、主要为后装市场，2021年公司搭建车载事业部，为国内新势力SUV车型提供整车配套镜头产品，包括环视镜头、盲区监测镜头、ADAS前视镜头等产品。公司目前模造镜片产能达0.8KK/月。2022年上半年，公司持续稳定向深度合作的新势力客户供应成熟的标准款前视、环视及监测类车载镜头产品，同时也再获传统品牌车企的小批量订单，预计未来前装产品持续稳定放量。

宇瞳光学：公司是安防镜头龙头，积极布局车载镜头，目前已有后装产品出货，公司具备1KK/月模造玻璃镜片产能。21年11月公司公布股权激励计划，解锁条件为2022、2023、2024年车载前装镜头销售额不低于300万元、3600万元、11000万元。公司计划首推360环视产品，研发生产难度相对较低，360产品通用性较好，有利于较快导入客户。公司车载前装业务已于3月通过了IATF16949质量管理体系认证，车载业务总体预计Q4实现小批量出货，2023年开始持续放量。2022年5月公司收购玖州光学20%股权，玖州光学主营汽车影像类产品和智能家居类产品，2021年玖州光学收入达2.1亿、净利达0.28亿元，玖州光学业绩承诺2022~2024年实现净利不低于0.3、0.37、0.43亿元。

目前车载摄像头模组主要由Tier 1、Tier 2组装，主要企业为加拿大麦格纳、日本松下、法国法雷奥、德国博世、采埃孚天合、大陆镜头等企业，行业格局分散。我们认为伴随造车新势力崛起，传统整车厂和Tier 1的关系或将逐步模糊，同时，伴随摄像头像素提升，模组组装难度升级，预计未来车载镜头厂有望获取部分模组份额。

图表31：车载摄像头模组市场格局



来源：华经产业研究院，国金证券研究所

2.5 车载雷达：短期4D毫米波雷达弥补纯视觉短板，长期看好多传感器融合趋势

激光雷达、毫米波雷达和摄像头是自动驾驶中常见的三种传感器。激光雷达是一种以发射激光束探测目标的位置、速度等特征量的雷达系统。毫米波雷达是一类使用短波长电磁波的特殊雷达技术。雷达系统发射的电磁波信号被其发射路径上的物体阻挡继而会发生反射。通过捕捉反射的信号，雷达系统可以确定物体的距离、速度和角度。从工作原理上来看，激光雷达和毫米波雷达都通过回波成像来探测物体，但激光雷达更接近光学传感器，毫米波雷达本质上属于电磁波。毫米波雷达具有波束窄、分辨率高、抗干扰能力强等特点，特斯拉HW4.0硬件中已为4D毫米波雷达上车预留以太网接口。

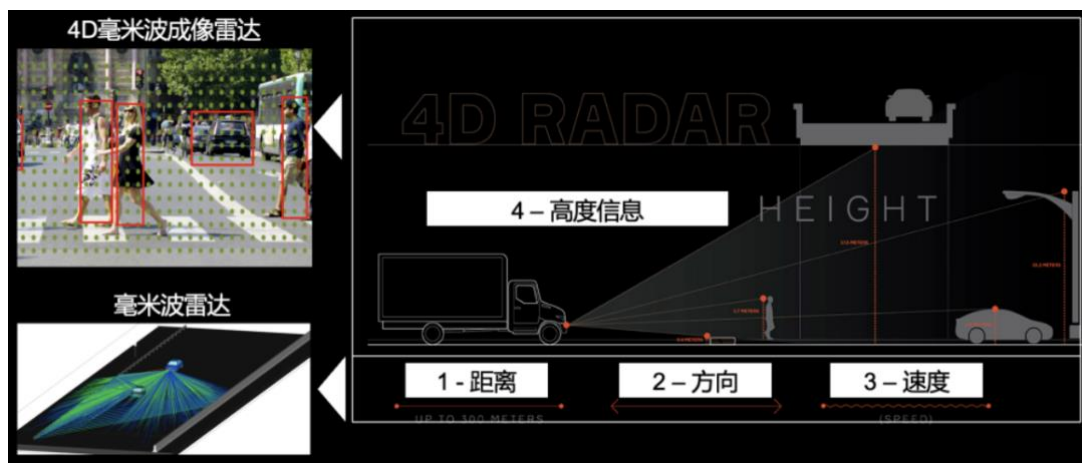
图表32：自动驾驶所需传感器示意图



来源：Yole，国金证券研究所

4D毫米波雷达增加垂直探测能力，精准辨别静态障碍物。4D毫米波雷达在传统3D毫米波雷达仅有的距离、速度、方位角三个测量维度之上增加了俯仰角度的信息捕捉能力，增加了高度这一维度的信息量。传统3D毫米波雷达的通道通常为3发4收或4发4收，只能在水平方向获取信息，没有多余通道在垂直方向布局天线。4D毫米波雷达拥有更多通道数，能够在垂直方向布局天线。过去传统毫米波雷达由于无法捕捉高度信息，导致自动驾驶算法无法判断静止障碍物对车辆的影响，容易出现误判天桥、限高架的高度、将井盖、减速带等判断为障碍物导致的幽灵刹车，而4D毫米波雷达在新增高度信息后可以规避类似问题。

图表33：4D 毫米波雷达与 3D 毫米波雷达成像对比

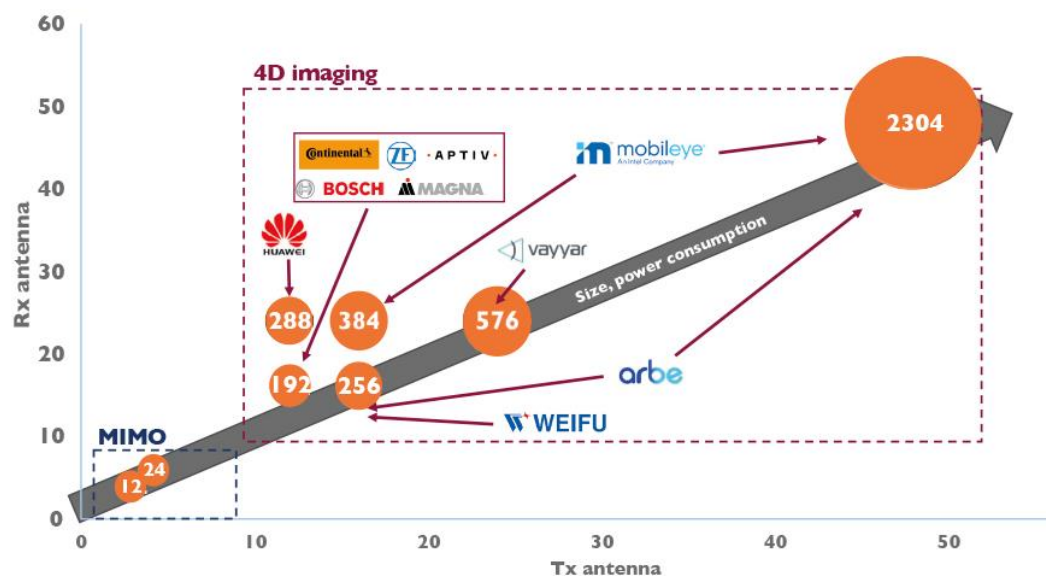


来源：聆英咨询，国金证券研究所

4D 毫米波雷达技术路线主要包括级联方案和 Arbe 的 ASIC 方案。级联方式分为两片级联和四片级联，两片级联的通道为 6 发 8 收，四片级联为 12 发 16 收，四片级联通道数量 192。Arbe 的 ASIC 方案，通道为 48 发 48 收，通道数超 2300。特斯拉暂未确定使用级联方案或 Arbe 的 ASIC 专用方案，但我们认为随着行业走向成熟化，受制于成本、功耗和性能问题，未来行业会倾向于使用 Arbe 的 ASIC 专用方案。因为通道数的增加使得分辨率大幅提高，采样通道数大幅提升，传感器的空间采样率提升 10 倍，具备环视能力并能够对目标和环境呈现出更加精确的点云图像。

4D 毫米波成为新技术趋势，国内外厂商积极布局。4D 毫米波雷达相比传统雷达性能大幅提升（探测距离+角分辨率），成本却基本类似，有望成为现有自动驾驶传感器方案的有效补充。从布局厂商来看，海外以系统厂商大陆、博世、海拉、电装、安波福和 Veoneer 等为主，麦格纳、摩比斯、Arbe、Uhhnder、Vayyar 等新玩家正在加速布局。国内厂商中，原本做 3D 毫米波雷达的厂商华域、森思泰克从级联方案切入 4D 毫米波雷达，而威孚高科和经纬恒润则是从 ASIC 方案切入 4D 毫米波雷达。

图表34：国内外厂商在 4D 成像雷达上的布局



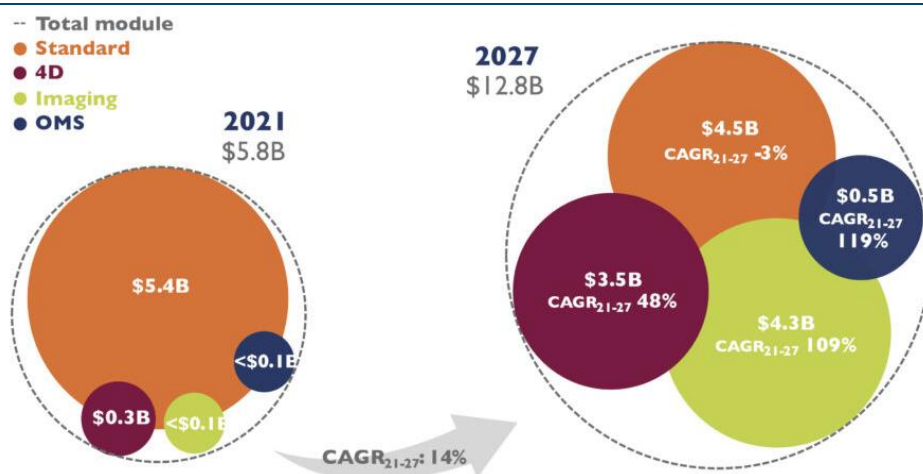
来源：Yole，国金证券研究所

4D 毫米波雷达弥补视觉方案短板，长期或推动多传感器视觉融合趋势。2018-2019 年，特斯拉采用摄像头+3D 毫米波雷达的视觉方案，但 3D 毫米波雷达缺少高度信息，在视觉融合模型中分辨率不高，提供的信息量很少，典型表现为无法识别隧道和减速带，在特斯拉的自动驾驶算法中导致幽灵刹车事件的发生。2020 年，虽然传统毫米波雷达可以适应各类恶劣环境，但随着特斯拉提出新的算法，毫米波雷达的测速功能被算法+摄像头取代

后，在融合模型中的价值直线下降。但是特斯拉没有放弃毫米波雷达方案，因为激光雷达本质上仍然属于光学传感器，无论在提供的信息维度上还是成效效果上都与摄像头视觉类似，对于算法能力很强的特斯拉来说，都可以通过算法来实现，但视觉融合技术需要高精度毫米波雷达配合，因此从 2020 年开始特斯拉就开始布局 4D 雷达。4D 毫米波雷达的点云信息更丰富，自动驾驶所获得的空间目标属性和环境属性更多，传感器的精度更高。4D 毫米波雷达可以感知实时速度，判断目标的运动轨迹和反射特性，而非光学多帧比较而得到的速度，因此能够识别激光雷达和摄像头无法做到的危险目标。长期来看，特斯拉选择 4D 毫米波雷达的意义在于：1) 通过多传感器的融合，弥补本身摄像头原理上的缺陷，获得全工况能力；2) 降低现有算法的算力消耗，可以识别重点危险目标，提升传感器对周围环境信息的获取；3) 相对纯视觉方案带来的算力成本飙升，加入 4D 毫米波雷达后的多传感器融合方案整体成本可控。

自动驾驶技术的发展，推动车载雷达市场规模逐年成长。根据 Yole 的数据，2021 年全球自动驾驶雷达市场规模 58 亿美元，2027 年全球自动驾驶雷达市场规模有望成长到 128 亿美元，21-27 年 CAGR 达 14%。其中 2021 年全球 4D 雷达市场规模 3 亿美元，2027 年市场规模有望成长到 35 亿美元，21-27 年 CAGR 达 48%。

图表35：2021-2027E 全球自动驾驶雷达市场规模 CAGR 有望达 14%



来源：Yole，国金证券研究所

三、从特斯拉硬件迭代，看低成本智能化发展方向

特斯拉 2023 年投资者日活动在电动车方面，提出了多项降低造车成本的计划，如提出停用稀土材料电机；通过缩减芯片面积，减少碳化硅材料使用以及致力于降低造车成本到 50% 等等。我们认为，在特斯拉的引领下，同时伴随国内新能源车渗透率从 22 年的 25% 向 35% 演进，23 年新车型大幅增加竞争加剧的大背景下，降成本将成为 2023 年汽车产业链的主旋律之一。

特斯拉的自动驾驶功能经历多轮迭代升级，反映出特斯拉在自动驾驶方面智能化差异与量产成本的综合考量。具体来看，特斯拉 HW 1.0 采用 Mobileye 的 EyeQ 系列芯片，但由于后者黑盒的方案难以打造智驾功能的差异化，特斯拉在 HW2.0 中改用定制版的英伟达 Drive PX2 自动驾驶计算平台，集成了 1 颗 Tegra Parker 芯片和 1 颗 Pascal 架构 GPU 芯片。后续出于对性能、研发进度、成本、功率方面的要求，特斯拉自研自动驾驶芯片，并推出 HW 3.0。此次 HW 4.0 曝光主要升级集中在通过计算芯片和存储芯片的换代与堆叠，实现算力的提升，此外还增加了毫米波雷达接口、升级 GPS 模块等。与特斯拉聚焦算力升级相比，国内车企在技术路线上选择更加多元，包括网联、地图定位与域控制器架构等。

3.1 模组通信制式升级趋势确定，关注未来进一步集成空间

国内多厂商布局 C-V2X 模组，5G+C-V2X 融合模组有望成为主流方向。特斯拉 HW 4.0 采用 LTE-A 车规级无线通信模组 AG525R-GL，但蓝牙与 WiFi 还是 LG INNOTEK 的 ATC5CPC001，未来有进一步集成的空间。从国内车规级模组的产品发展历程来看，2017 年，大唐高鸿基于中国信科自研 C-V2X 芯片发布了业界首款商用 C-V2X 模组 DMD31；2019 年，华为发布了全球首个支持 5G+C-V2X 技术的车载模组 MH5000；2020 年 12 月，移远通信支持 5G 技术的车规级模组 AG551Q-CN 率先通过 CCC、SRRC、NAL 三项认证，拿下规模出货资质，推进汽车行业加速驶入 5G 时代。车规级无线通信模组技术要求高、认证周期长且具备先发卡位优势，车载模组产品有望向 5G 和 C-V2X 融合方向不断演进。

图表36：车规级无线通信模组产品线

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
移远通信	AG35	AG15 (C-V2X)	AG52xR、 (C-V2X)	AG55xQ 系列 (5G+C-V2X)	AG215S (C-V2X AP)	AG800D AG600K	AG59X
华为			MH5000 (5G+C-V2X)				
广和通		AL640	AL940	AX168 系列 (C-V2X)	AN958 系列 (5G)		
高新兴			GM551A/GM552A/ GM556A(C-V2X)	GM860A (5G+C-V2X)			
有方科技	N720	A70	N58		A590 (5G+C-V2X)		
龙尚科技			U9507C AT/ VX95(C-V2X)	U9507C ATA/ U9507CV2C/ U9507C V2A	EX610(5G)		
芯讯通		SIM8100 (C-V2X)	SIM7800		SIM8800CE (5G+C-V2X)		
美格智能			MA800				
大唐高鸿	DMD31 (C-V2X)			DMD3A (C-V2X)			
震芯科技			CX7100(C-V2X)				
中兴通讯				ZM9200 (5G+C-V2X)			
Telit		LE940					

来源：佐思汽研，公司官网，国金证券研究所

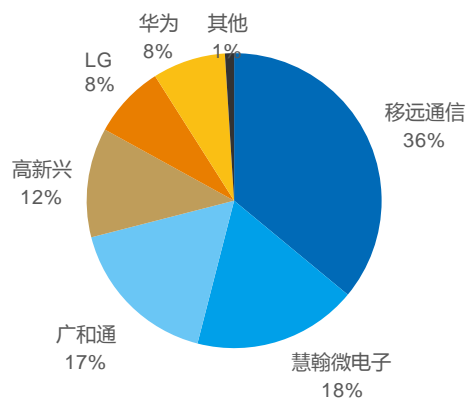
国内车载前装通信模组市场价量齐升，5G+C-V2X 模组有望成为主要增量市场。根据高工智能汽车研究院监测数据显示，2022 年 1-11 月中国市场（不含进出口）乘用车前装标配车联网功能交付上险量为 1164.33 万辆，前装搭载率为 66.69%。其中，5G 交付 32.75 万辆，实现了同比近 30 倍的增长。4G 车联网仍然将处于主流地位，但 5G 将迎来快速上升期，国内模组厂商已实现海外出口，未来关注多功能集成与通信制式升级带来的价值量提升。车载模组厂商竞争激烈，低端产品的毛利率已低于 10%，5G、C-V2X 等技术带来价格提升与市场扩容的机会。模组厂商由提供单一的 4G 模组向提供 4G+V2X、5G+C-V2X、5G+C-V2X+GNSS、智能模组等集成化模组的方向转变，提升产品的单价和毛利空间。当前主要模组厂商如移远通信、美格智能均发布了内置高算力 SoC 和内存的智能模组，兼具座舱、网联与定位功能。

图表37：主要模组厂商推出模组集成多种功能

厂商	产品	集成功能
移远通信	AG59x 系列	C-V2X、双频 GNSS、惯性导航、PPE 等
美格智能	SRM930	5G、仪表/娱乐/中控、一芯多屏、DMS、360 环视等

来源：各公司官网，国金证券研究所

图表38：2021 国内车载模组市场份额



来源：佐思汽研，国金证券研究所

随着汽车网联化的持续加深，车载无线通信模组市场受益于汽车通信需求将持续增长。当前 4G 模组装车数量快速提升，随着 OTA 远程升级、高清车内娱乐、自动驾驶等需求日益凸显，价值更高的 5G 车规级通信模组加速渗透，带动车载模组产业量价齐升，因此建议关注进军车载模组赛道的头部厂商，如移远通信、美格智能、广和通等。

3.2 融合定位方案是国内车企实现高阶自动驾驶的必由之路

特斯拉小幅升级定位模块，辅助环境感知。根据 HW 4.0 曝光图片显示，HW4.0 GPS 模块升级，使用了三频 GPS 天线模块，新增 L5 频率，以提升定位精度。在 HW3.0 上，特斯拉使用了 UBLOX 公司生产的 M8L，仅支持单频的 GNSS 定位，卫星定位信号不稳定。特斯拉对于环境的感知更多依靠视觉方案，对算法、算力要求极高。由于国内道路状况相比国外更为复杂，国内车企倾向于加入更多的定位、探测等感知传感器，形成“定位+多传感器融合”方案。

“高精度地图+GNSS-RTK+IMU”的融合定位方案成为 L3 及以上自动驾驶车型热门选择。GNSS 和 IMU 可实现互补，GNSS 补充了 IMU 惯性系统的累计误差问题，IMU 很好地弥补了 GNSS 卫星系统的不稳定性和易受干扰性。2020 年以来，各主机厂相继推出多款配备高精度定位方案的车型，如小鹏 P7、埃安 V、凯迪拉克 CT6、蔚来 EC6 等。2020 年 4 月，小鹏 P7 XPILLOT 3.0 自动驾驶辅助系统搭载高德高精地图上市，这是高德高精地图首次在 L3 级别自动驾驶系统上的量产应用，结合三重高精度定位硬件，小鹏 P7 成为拥有最强定位能力的量产车型，此后的小鹏 P5、埃安 V 等车型均开始采用“高精度地图+GNSS-RTK+IMU”这一融合定位方案。

图表39：主流自动驾驶乘用车的高精定位方案及其主要供应商

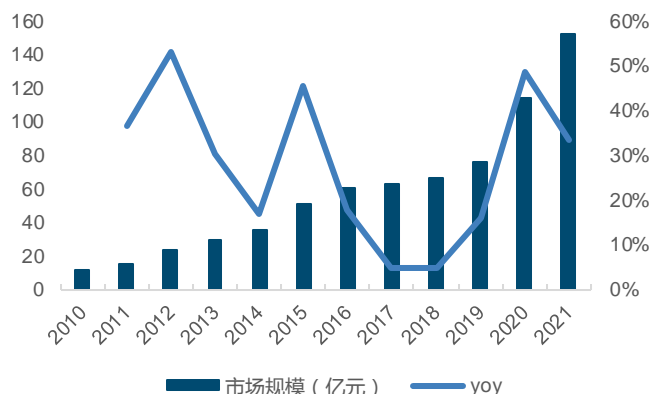
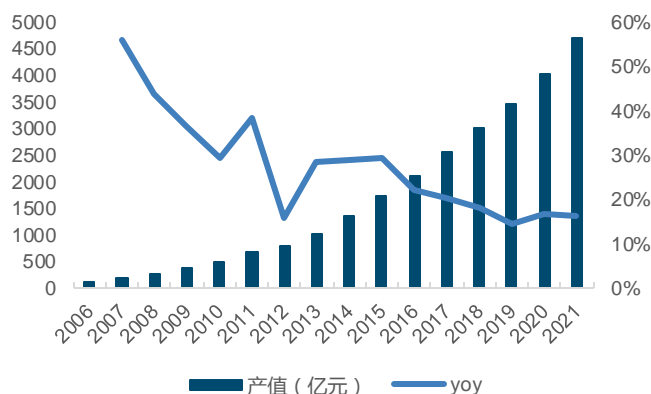
主机厂	乘用车车型	上市时间	定位方案	主要供应商
小鹏	小鹏 P7	2020/4	高精度地图+GNSS+RTK+IMU	中海达/千寻位置
	小鹏 P5	2021/9		导远电子
广汽埃安	埃安 V	2020/6	高精度地图+GNSS+RTK+IMU	千寻位置
	埃安 LX	2020/11		
	埃安 V Plus	2021/9		
	埃安 LX Plus	2022/1	高精度地图+GNSS+RTK+IMU+5G-V2X	
上汽通用	凯迪拉克 CT6	2020/7	高精度地图+GPS+摄像头	天宝公司
蔚来	EC6	2020/7	高精度地图+GPS	均联智行
	ES6	2020/5		
	ES8	2020/4		
	ET7	2021/7	高精度地图+高精度定位终端+V2X	
华人运通	高合 HiPhi X	2020/9	高精度地图+GNSS+RTK+IMU+V2X	移远通信
一汽红旗	E-HS9	2020/12	高精度地图+GNSS+RTK+IMU+5G-V2X	千寻位置
威马	威马 W6	2021/1	高精度地图+SLAM	千寻位置
智己	智己 L7	2021/4	高精度地图+GNSS+IMU	-
理想	理想 L9	2022/6	高精度地图+GNSS+RTK+MEMS	导远电子
哪吒	2022 年及以后车型	2022	高精度地图+GNSS+IMU	华测导航
华为 AITO	问界 M5	2022/03	高精度地图+GNSS+IMU	东软集团

来源：佐思汽研，盖世汽车，车企官网，车家号，国金证券研究所

高精度定位市场产值维持高增，卫惯组合有望成为高阶智驾标配。据中国卫星导航定位协会数据显示，2021 年我国高精度定位市场产值 152 亿元，同比增长 33%，高精度细分设备方面，2021 年国内厘米级应用高精度芯片、模块和板卡总出货量超过 120 万片；国内各类高精度应用终端总销量接近 170 万台/套，其中应用国产高精度模块和板卡的终端已超过 80%；高精度天线出货量接近 170 万只。GNSS 卫星导航与 IMU 惯性导航组合，结合高精度定位的 RTK 技术，有效实现厘米级高精度定位。组合导航主要面向 L3 及以上自动驾驶，目前价格在 1500-2000 元/套。

图表40：我国卫星导航与位置服务业产值及增速

图表41：高精定位市场规模与增速



来源：中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书 2022，国金证券研究所

来源：中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书 2022，国金证券研究所

北斗系统的融合定位方案有助于提高导航定位服务的精度和可靠性，结合实时动态差分（RTK）以及超高精度惯性测量单元（IMU）等定位技术，可以提升自动驾驶在立交桥、隧道、地下车库等复杂交通环境以及雨雪雾等不佳天气的有效性。卫导+惯导高精度定位组合方案是当前L3级别以上车型主流方案，该方案能够确定车辆绝对位置与相对位置，并实现车道厘米级精准度定位，有望于23年迎来爆发期，伴随北斗系统完善与应用丰富，我们看好基于多年高精度定位算法、技术积累的专家型厂商技术横向复用，建议关注华测导航、中海达等。

3.3 智驾域控在传感器与处理器等环节具备成本下降空间

域控制器供应模式多元，进入渗透率提升期。智驾域控集成传感器与处理器，国内部分车企孵化子公司进行自研，或直接向Tier1采购，特斯拉域控制器全栈自研，对成本把控能力较强。我们判断，未来3-5年L3级进入渗透率加速提升阶段，智驾域控制器21年出货量53.9万台，渗透率2.7%；预计25年提升至450万套，四年CAGR 56%。德赛西威、经纬恒润等面向L3的智驾域控制器也已配套自主品牌和新势力车企量产。

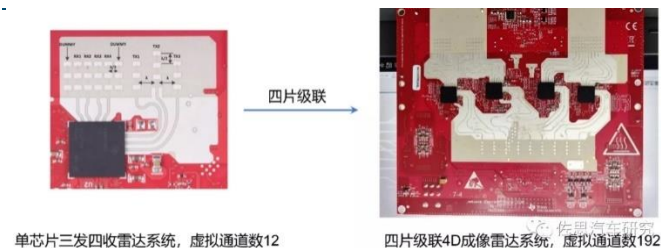
图表42：部分厂商自动驾驶域控制器已配套量产或定点

公司	产品	芯片	算力	2021 出货量	客户
德赛西威	IPU02	TDA4	4-32TOPS	/	上汽、长城、广汽、通用
福瑞泰克	ADC20/25	TDA4+J3	13/30TOPS	2022Q2 量产	
东软睿驰	M-Box	TDA4		/	上汽通用五菱
经纬恒润	ADCU	EyeQ4+TC297		5600 套	红旗 EHS9
经纬恒润	ADCU2.0	TDA4+TC297	8TOPS	10 月配套哪吒 S 量产，获得江铃多款車型订单	
德赛西威	IPU03	Xavier+QNX	30TOPS	数万套	小鹏 P5/7
德赛西威	IPU04	Orin	254/508/1016TOPS	2022 年配套理想 L9、小鹏 G9、智己 L7 量产	
福瑞泰克	ADC30	TDA4+J3	400TOPS	2023 配套一汽红旗新车型量产	
东软睿驰	X-Box	J5	128TOPS	/	

来源：各公司官网，国金证券研究所

特斯拉增加毫米波雷达接口，4D 毫米波雷达成本有待下降。4D 毫米波雷达增加了纵向天线及处理器，在原有的距离、方位、速度三个维度基础上可探测到高度信息，并像激光雷达一样呈现点云图，弥补了传统雷达难以识别静态障碍物的短板。从技术路线上来看，实现俯仰角的测量需要增加虚拟通道数量，一方面可通过单片收发器的级联实现，如大陆将 4 片 MMIC 级联，实现 12T16R，但导致了成本高昂与工艺复杂度提升的难题；另一方面可通过 AI 算法增加虚拟通道数实现，但目前专用算法与芯片方案不成熟。

图表43: T1 级联雷达系统



来源: 佐思汽车研究, 国金证券研究所

图表44: 4D 毫米波雷达搭配车型

车型	供应商产品	搭载颗数
飞凡 R7 旗舰版	采埃孚 premium 4D 毫米波雷达	2 颗
长安深蓝 SL03	森思泰克 STA77-8	选装 1 颗

来源: 各公司官网, 国金证券研究所

未来三年自动驾驶发展节奏仍以 L2 级装配为主, 同时伴随着 L3 级逐步开始前装上车, 重点把握 ADAS 在低价位车型搭载率的提升与 L3 级 ADCU 的前装量产规划。当前 L2 级 ADAS 在 15 万以下车型中渗透率仅为 20%, 低于行业的平均水平 46%, 我们看好本土厂商凭借对国内复杂道路的认知优势与竞标价格优势突破海外龙头的市场垄断。面向 L3 级、具备行泊一体功能的 ADCU, 已搭配少数车型量产, 如小鹏 P5/7、理想 L9、哪吒 S 等, 预计 23 年将迎来产品放量爆发期。建议关注具备 ADAS 成本优势与 ADCU 先发优势的本土厂商经纬恒润。此外, 关注 4D 毫米波雷达等传感器新技术成本降低带来的上车机遇和国产替代机遇, 如经纬恒润、德赛西威。

四、风险提示

海外市场陷入经济衰退预期, 影响 2023 年对电子、通信产品的需求。俄乌战争以及美国加息将加剧海外市场需求承压, 如果海外需求持续低迷, 将拖累半导体产品需求改善的进度。

新能源车和自动驾驶渗透率提升不如预期。新能源车和自动驾驶渗透率增长基于国内外政府政策推动、技术持续迭代以及新产品的供给驱动等逻辑, 若国内外政策波动、技术升级遇到瓶颈, 必然导致渗透率提升不如预期。

泛工业、通讯、风光储等领域需求不如预期。2022 年部分下游领域景气度下滑, 如果未来市场空间持续发生不利的变化, 导致下游客户的需求持续下降, 存在需求不及预期以及营收继续下滑的风险。

美国加大对中国半导体相关领域制裁力度的风险。到目前为止, 拜登政府对中国科技行业的技术竞争及封锁似乎没有明显改善, 若是中美关系持续恶化, 可能会影响 2023 年全球半导体的需求, 或将更多国内公司放入实体清单。

行业投资评级的说明：

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；

增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；

中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；

减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明：

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

形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；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，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海	北京	深圳
电话：021-60753903	电话：010-85950438	电话：0755-83831378
传真：021-61038200	邮箱：researchbj@gjzq.com.cn	传真：0755-83830558
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn	邮编：100005	邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：201204	地址：北京市东城区建国门内大街 26 号	邮编：518000
地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号	新闻大厦 8 层南侧	地址：中国深圳市福田区中心四路 1-1 号
紫竹国际大厦 7 楼		嘉里建设广场 T3-2402