



2023.12.31

产业研究中心

高度竞争时代已至，技术创新与量产能力为王

摘要：智能汽车产业前瞻研究（4）——2024年智能汽车八大产业趋势研究

- 未来数年智能汽车产业竞争烈度将加剧，将考验车企技术与量产能力。当前中国新能源车渗透率已超过40%，类比智能手机产业，正进入成长期到成熟期的过渡阶段。未来数年，面对市场边际增速下降、技术和产品迭代加快、价格战加剧、全球新能源车政策和产业融资热度退坡，中国智能汽车产业竞争烈度将大幅增加。但从长期视角看，“缺芯”与科技竞争正推动本土供应链培育，智能汽车国产化潜力空间巨大。面对广阔的增量替代空间，未来数年的高强度竞争将成为中国智能汽车进入成熟发展阶段前必须经历的序章，中国智能汽车产业最终将在竞争引发的技术创新和量产能力进步下培育出全球领先的产业链和巨大商业机遇。
- 在新阶段中，“技术创新”将成为车企在竞争中进攻力的关键。我们认为，2024年“技术创新”领域的主要趋势为：（1）800V高压平台推动超快充与能耗革命，成为纯电发展分水岭。智能汽车正由里程焦虑转向补能焦虑，提升充电效率与电池性价比更重要，800V高压平台带来更高快充速度、更好能耗与性能表现，提升车型整体性价比，将得到大量应用。（2）城市NOA引发智能驾驶“黑莓时代”，智能驾驶真正成为购车必要考量。在技术层面城市NOA非常趋近L3级别，是智能驾驶发展的临界点。当前国内高速NOA技术已走向成熟并推动整体NOA渗透率提升，布局城市NOA是产业下一阶段在辅助驾驶领域的必然选择。（3）4D毫米波雷达带来新性能、新场景，开启产业全新增长周期。4D毫米波雷达延续传统毫米波优势同时性能升级，“性能+成本”促使选用多传感器融合路线的车企积极布局4D毫米波雷达。（4）大模型赋能座舱成为智能座舱新战场。大模型将在语音识别、多模态交互、个性化座舱体验等角度给予智能座舱一次深度进化，引发更多车企将大模型接入座舱。（5）AR HUD加速上量，有望成为智能汽车一块新屏幕。AR HUD满足更安全、更丰富的智能汽车驾驶与交互体验，受益于座舱智能化，车企技术投入性价比高。
- 通过提升“量产能力”以在制造端降本增效将是竞争中保持良好防御力的关键。我们认为，2024年“量产能力”领域的主要趋势为：（1）提升一体化水平是高度竞争下整车制造端提升量产能力与经济性的重要选择。一体化压铸与电池一体化技术带来更轻量化和更安全的车身、规模量产效率提升和制造成本降低，将加速得到应用。（2）毫米波雷达SoC化，将加速毫米波雷达“量与质”的渗透。“CMOS+AiP+SoC”与4D毫米波雷达推动产业越过大规模发展临界点，自动驾驶、国产替代与外延场景需求快速增长打开市场空间。（3）智能汽车算力膨胀时代，车载Chiplet或解决算力与性价比困境。从长期角度看，Chiplet有望提供同时满足算力、成本、灵活性与车规可靠性的算力芯片选择形式。
- 风险提示：智能汽车市场发展不及预期、技术进步与量产落地不及预期、竞争加剧的风险。

作者：朱峰

电话：021-38676284

邮箱：zhufeng026011@gtjas.com

资格证书编号：S0880522030002

作者：鲍雁辛

电话：0755-23976830

邮箱：baoyanxin@gtjas.com

资格证书编号：S0880513070005

往期回顾

- 【生物基材料】海外龙头复盘：产品型和平台型的选择 2023.12.28
- 【生物基材料】合成生物学：产业化刚刚起步 2023.12.27
- 新性能、新场景，4D毫米波雷达开启产业全新增长周期 2023.12.21
- AR HUD：智能汽车新屏幕，赋能更好的智能驾驶与座舱体验 2023.12.15
- 电力检测：需求增长和结构变化带来的机会 2023.12.15

目 录

1. 智能汽车产业高度竞争时代已至，技术和量产能力的比拼将成为主旋律.....	5
1.1. 未来数年智能汽车产业竞争烈度将加剧，将考验车企技术与量产能力.....	5
1.1.1. 技术创新是下一阶段智能汽车竞争重点，“技术能力”是最大的卖点	5
1.1.2. 频繁价格战、车型迭代加速背景下，强化“量产能力”是应对高强度竞争的必要手段.....	6
1.2. “缺芯”与科技竞争推动本土供应链培育，高度竞争产业酝酿长期的国产化机遇.....	7
2. 趋势一：800V 高压平台推动超快充与能耗革命，成为纯电发展分水岭	9
2.1. 800V 高压平台将带来新能源汽车超快充与能耗革命.....	9
2.1.1. 800V 是提升快充速度、降低能耗减少续航焦虑的有效手段	9
2.1.2. 800V 高压平台还带来更好能耗与性能表现，提升车型整体的性价比.....	10
2.2. 800V 高压平台将成为纯电发展分水岭，2024 年将成为技术爆发元年	12
2.2.1. “续航焦虑”仍是当下新能源汽车渗透的首要挑战.....	12
2.2.2. 车企积极布局 800V 平台车型与配套超充布局，2024 年 800V 有望大量爆发.....	13
3. 趋势二：城市 NOA 引发智能驾驶“黑莓时代”，智能驾驶真正成为购车必要考量.....	15
3.1. 城市 NOA 是当前 L2 级辅助驾驶的最新发展阶段.....	15
3.1.1. NOA 可实现点到点自动驾驶，是更先进智能的 L2+辅助驾驶	15
3.1.2. 城市 NOA 可在复杂城市道路中运行，是当前最先进的 L2 级辅助驾驶.....	17
3.2. 城市 NOA 具备爆发的需求基础，城市 NOA 能力将成为未来数年智能驾驶的竞争关键.....	20
3.2.1. 高速 NOA 推动整体 NOA 渗透率提升，城市 NOA 成为主机厂在辅助驾驶下一阶段竞争的必然选择.....	20
3.2.2. 重要车型激发市场对城市 NOA 关注与认可度，2024 年有望成为国内城市 NOA 元年.....	21
4. 趋势三：毫米波雷达 SoC 化，加速毫米波雷达“量与质”的渗透 ..	23
4.1. 车载毫米波雷达与其他传感器良好互补，是感知层重要组成部分	23
4.2. “CMOS+AiP+SoC”与 4D 毫米波雷达推动产业越过大规模发展临界点.....	25
4.2.1. MMIC 芯片工艺发展至 CMOS 时代，芯片集成度更高、体积与成本下降.....	25

- 4.2.2. AiP（封装天线）进一步带动毫米波雷达集成度提高、体积与成本下降..... 26
- 4.2.3. 毫米波雷达 SoC 芯片开启高集成度、小型化、平台化和系列化时代 27
- 4.3. 自动驾驶、国产替代与外延场景需求快速增长打开市场空间 28
 - 4.3.1. 传感器成本下降结合性能提升，多融合方案相较纯视觉长期竞争力更强..... 28
 - 4.3.2. 自动驾驶渗透加速推动毫米波雷达搭载量提升，未来市场空间可观 29
 - 4.3.3. 座舱内毫米波市场逐步成熟，有望成为产业下一增长极. 30
- 5. 趋势四：新性能、新场景，4D 毫米波雷达开启产业全新增长周期 30
 - 5.1. 延续优势+性能升级，4D 毫米波雷达是毫米波雷达一次大幅进化 31
 - 5.1.1. 4D 毫米波雷达增加“高度”探测信息，各项性能进一步提升 31
 - 5.1.2. 4D 毫米波雷达或有接近低线束激光雷达的性能潜力，但并非替代关系..... 32
 - 5.2. “性能+成本”促使选用多传感器路线的车企积极布局 4D 毫米波雷达 33
 - 5.3. 起步虽晚但起点更高，国内 4D 雷达模组企业或凭技术和策略弯道超车..... 34
- 6. 趋势五：大模型赋能座舱，智能座舱新战场..... 35
 - 6.1. 大模型将给予智能座舱一次深度进化..... 35
 - 6.1.1. 大模型提供识别更精准、理解力更强大的车载语音助手. 36
 - 6.1.2. 大模型给予智能座舱深度的多模态交互..... 37
 - 6.1.3. 大模型推动更个性化的智能座舱体验..... 38
 - 6.1.4. 大模型使智能座舱功能更加丰富..... 39
 - 6.2. 大模型全面接入智能座舱仍面临众多难点与挑战..... 40
 - 6.2.1. 大模型需要挑战更高的算力要求..... 40
 - 6.2.2. 算法研发也是大模型上车的难点..... 40
 - 6.2.3. 隐私保护问题是重中之重..... 41
 - 6.3. 车企正积极推动大模型在座舱内落地..... 41
- 7. 趋势六：AR HUD 加速上量，有望成为智能汽车一块新屏幕..... 42
 - 7.1. AR HUD 满足更安全、更丰富的智能汽车驾驶与交互体验.... 43
 - 7.2. 车载 HUD 处于快速普及期，增长结构正向 AR HUD 迭代.... 44
 - 7.2.1. 需求增长、技术进步等多重因素共同驱动 AR HUD 行业加速发展 44
 - 7.2.2. AR HUD 满足智能座舱、自动驾驶发展逻辑与需求，是车企实现差异化竞争的重要手段..... 46
 - 7.3. 国内厂商快速崛起并有望凭借 AR HUD 弯道超车..... 47
- 8. 趋势七：提升一体化水平是高度竞争下整车制造端提升量产能力与经济性的选择..... 49
 - 8.1. “轻量化”是新能源车降低能耗、提升续航的紧迫需求..... 49
 - 8.2. 一体化压铸带来更轻量化和更安全的车身、规模量产效率提升和制造成本降低..... 51
 - 8.3. 一体化电池技术从三电层面进一步助力整车轻量化..... 53

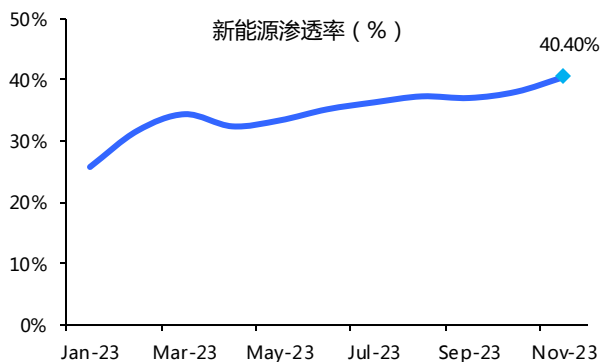
9. 趋势八：智能汽车算力膨胀时代，车载 Chiplet 或解决算力与性价比困境.....	56
9.1. 现有算力芯片形式难以满足高性能与高可靠、高性价比间的平衡难题.....	56
9.2. Chiplet 是解决车载算力芯片发展瓶颈的重要选择	57
9.2.1. Chiplet 解决先进制程性价比难题	58
9.2.2. Chiplet 提供更灵活、研发周期更短和降本增效的算力解决方案	59
9.2.3. Chiplet 可避开先进封装，满足车载可靠性高要求.....	60
10. 风险提示	61

1. 智能汽车产业高度竞争时代已至,技术和量产能力的比拼将成为主旋律

1.1. 未来数年智能汽车产业竞争烈度将加剧,将考验车企技术与量产能力

中国新能源车渗透率已达40%，正进入成长期到成熟期的过渡阶段。根据乘联会，2023年11月国内新能源汽车渗透率已突破40%，根据起点研究院预测，至2030年中国新能源汽车渗透率或提升至近80%。类比智能手机市场，中国智能汽车产业已进入市场渗透率从40%的高速增长期至80%成熟期见的过渡期。在此阶段下，产业将面对智能汽车保守者在余下潜在客群中比例变大、转化率变难，同时存量智能汽车客户置换时，因已体验过智能汽车、更懂车而更难取悦和转化的状况，相较过去，中国智能汽车市场竞争烈度将在未来数年内向更高水平跃升。

图 1: 国内智能汽车市场将逐渐向成熟期过渡



数据来源: 乘联会, 国泰君安证券研究

图 2: 全球各国新能源渗透率均预计稳步上升



数据来源: 起点研究院

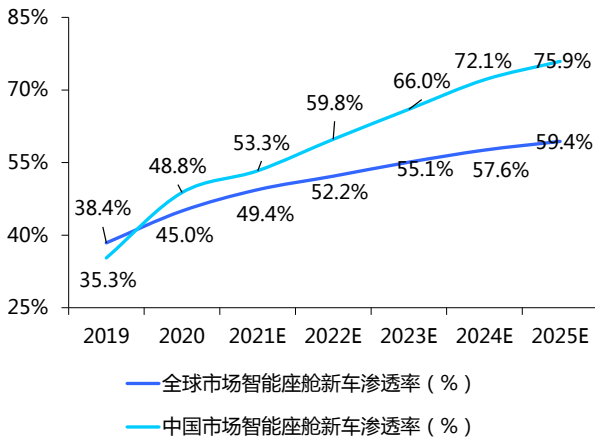
1.1.1. 技术创新是下一阶段智能汽车竞争重点,“技术能力”是最大的卖点

当前智能汽车已成为四个轮子上的计算平台,智能汽车正在经历智能化技术爆发应用的临界点,“技术创新”将成为车企在竞争中进攻力的关键。以智能驾驶为例,得益于车载算力大幅增长以及高阶辅助驾驶技术不断进步,2023年中以来如小鹏、华为等龙头通过城市NOA等L2++辅助驾驶实现智能驾驶出圈破局,大幅提升智能驾驶在消费者购买评价中的认知权重;另一方面,相关政策突破使得高阶辅助驾驶作为车企差异化竞争重点成为可能。由于如高阶辅助驾驶等技术进步带来的使用体验非常“显性”,容易被消费者直观感受到,也让车企更容易宣传形成新的付费点和用户转化:根据工业和信息化部,2023上半年我国搭载自动驾驶辅助系统的汽车渗透率达42.2%,较2022年34.9%增加7.3 pct。“技术创新”将成为产业链相关公司最大的卖点和最好的进攻点。

又以智能座舱为例,当前智能汽车承载更多驾驶之外的功能,渐成为一种新的日常生活场景。座舱作为乘员体验的核心环境近年正在快速智能化:根据HIS,2021年中国市场智能座舱新车渗透率为50.6%并预计在

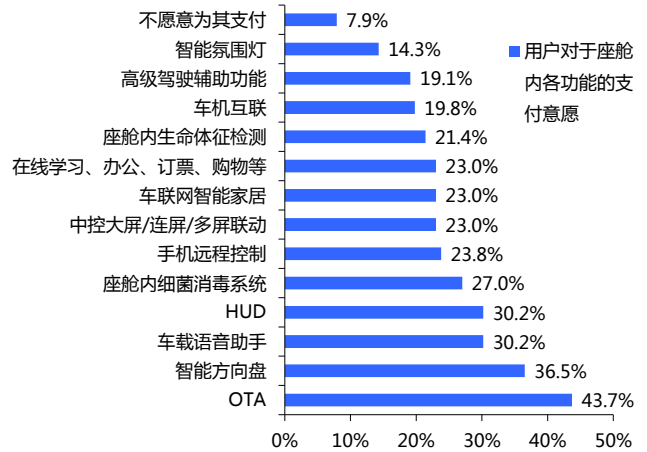
2025 年超 75%，渗透率大幅超过全球水平。国内智能座舱技术创新处于国际前沿，无论是大模型接入座舱、多模态座舱交互、DMS\OMS 等底层技术采用，还是车载大屏、车载连屏、车载 KTV、车载 VR 等应用技术创新都让快速渗透中的智能座舱提供越来越丰富、舒适和娱乐性体验，使智能汽车在基础的交通工具功能外，“生活”属性更强。

图 3：中国市场智能座舱渗透率超越全球



数据来源：IHS，国泰君安证券研究

图 4：智能座舱满足消费者多层次需求



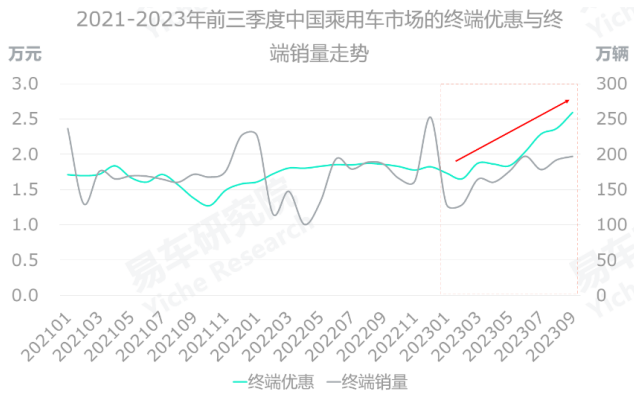
数据来源：罗兰贝格，国泰君安证券研究

在高阶智能驾驶实际落地尚需时日的背景下，强化智能座舱是车企实现智能化差异竞争的主要手段之一。L3 及以上高阶智能驾驶正面临研发难度大、技术尚未成熟、责任划分立法不完善等阻碍。而在当前如 DMS、OMS、UWB 等更丰富且成本不断下降的座舱传感器与如 AR HUD、CMS、车载 VR 等更智能座舱设备装备上车，以及如大模型等新技术在智能座舱内的加速落地推动座舱体验进入新阶段的趋势下，智能座舱正不断解锁多模态的交互方式、多场景的用车体验，以满足乘员在车内更多的体验需求。智能座舱带给座舱乘员直观的使用体验带来用户的支付意愿将进一步上升：根据亿欧智库，2021 年不愿意为智能座舱各功能进行支付的用户占比仅为 7.9%，亦推动智能座舱加速成为车企在智能化上的核心竞争点之一。

1.1.2. 频繁价格战、车型迭代加速背景下，强化“量产能力”是应对高强度竞争的必要手段

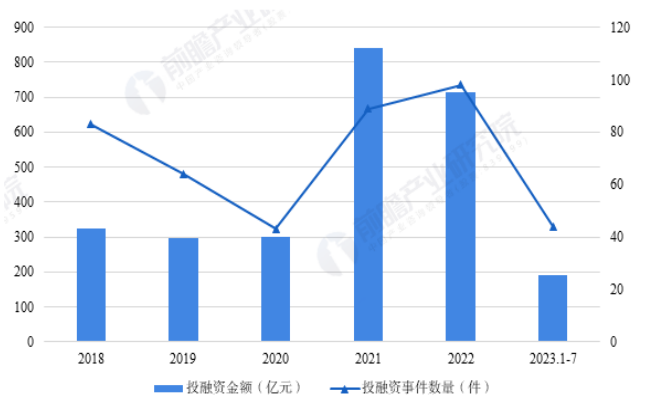
提升量产能力是实现降本增效应对未来激烈竞争的重要手段。2023 年以来，国内智能汽车产业一方面面临价格战频发、不同车型销量排行榜变动频繁、技术创新速度和新车型迭代周期加快的激烈竞争环境；另一方面面对全球范围内新能源补贴、牌照等政策退坡，一级市场融资降温的背景，产业链利润率受到较大考验，通过提升量产能力以在制造端“降本增效”将是未来产业链在竞争中保持良好“防御力”的关键。降本使得企业在频繁价格战中保持经验策略灵活性和生存空间，增效既带来降本，效率提升又有助于企业快速迭代新的产品以满足更多细分场景的差异定位和友商竞争。在此过程中，大量如应用一体压铸、电池一体化技术、毫米波雷达 SoC 化乃至车载 Chiplet 芯片技术将从制造的各个层面优化生产效率和成本结构，最终帮助产业链形成更高的量产能力。

图 5：2023 年以来国内乘用车市场价格战加剧



数据来源：易车研究院

图 6：国内新能源车产业投融资事件和金额自 2022 年开始下降

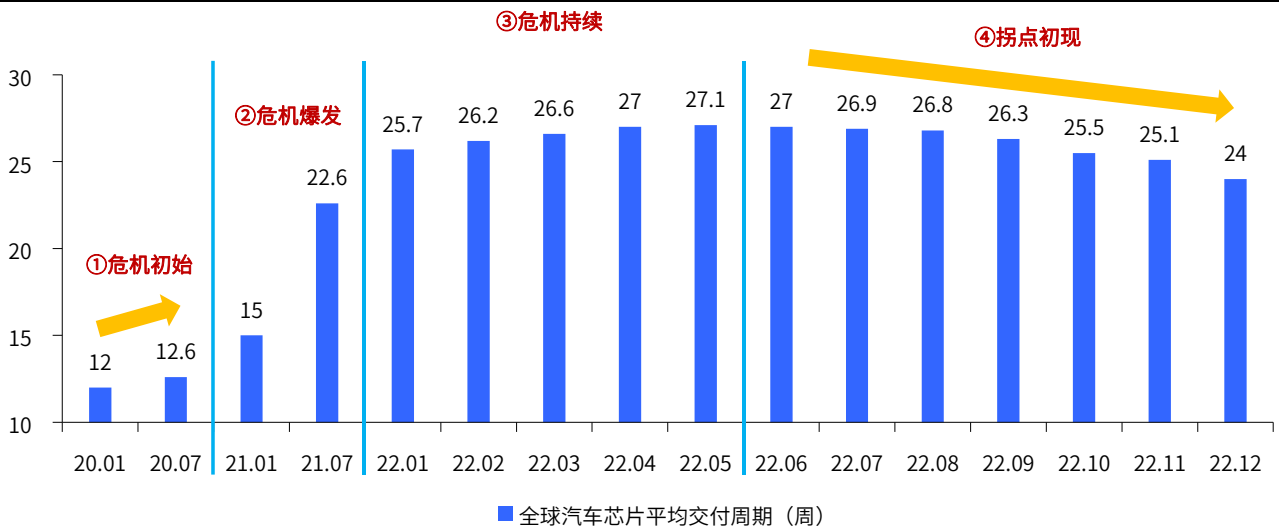


数据来源：IT 桔子，前瞻产业研究院

1.2. “缺芯”与科技竞争推动本土供应链培育，高度竞争产业酝酿长期的国产化机遇

2020-2022 年由新冠疫情与地缘政治黑天鹅事件导致全球汽车产业经历一场“缺芯”危机。疫情反复带来全球芯片产能和运力不足、俄乌冲突等地缘政治黑天鹅事件以及在此背景下主机厂/Tier One 采取“饱和时订购”的策略导致过去 3 年内汽车芯片供需失衡放大，汽车芯片平均交付周期从疫情爆发时的 12 周攀升至顶峰时的 27.1 周。国内汽车产能面临巨大压力，来自海外的汽车芯片供应链受到考验。而从中美科技竞争的中长期视角看，培育独立、稳定的本土供应链对于国产主机厂而言亦具有较强动力和紧迫性。

图 7：2020-2022 年由新冠与地缘政治黑天鹅事件导致全球汽车产业经历“缺芯”危机



数据来源：罗兰贝格，国泰君安证券研究

智能汽车产业链尚有大量环节等待国产替代。如当前国内毫米波雷达及其芯片等组件市场均由国外厂商主导。国外厂商长期主导国内毫米波雷达市场，集中度高。2021 年博世、大陆、安波福、维宁尔、海拉分别位列中国毫米波雷达市场份额前五位，CR5=84%。国内 77GHz 毫米波雷达产品较为稀缺。国外的 77GHz 毫米波雷达产品不单独向中国销售，只

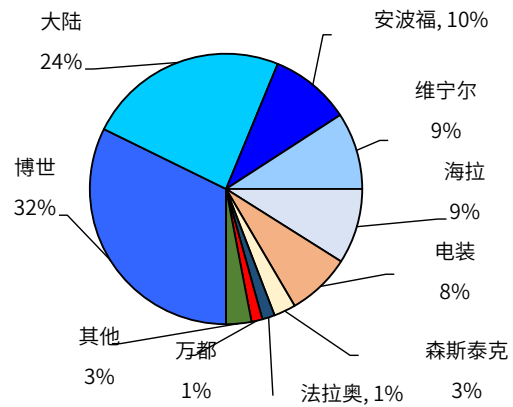
提供全套系统，价格昂贵且一般也不会配备最新产品。国内芯片核心技术积累较少，整体产业处于初级发展阶段，国产替代空间巨大。

图 8：中国毫米波雷达核心组件进口依赖度高

毫米波雷达构成组件	进口依赖情况
MMIC	目前市场主要由恩智浦、英飞凌等国外企业掌握，尤其在77GHz领域。国内仍处于追赶状态，进口依赖度超过95%
DSP、FPGA	国内相关产业起步较晚，主要由赛灵思、ADI、Inter、Microsemi等国外厂商主导，进口依赖度非常高
高频PCB	由罗杰斯等国外厂商主导，进口依赖度高

数据来源：智研咨询，华经产业研究院，国泰君安证券研究

图 9：海外厂商主导当前中国毫米波雷达市场



数据来源：高工智能汽车，国泰君安证券研究

表 1：国产汽车芯片在各领域还有巨大的替代空间

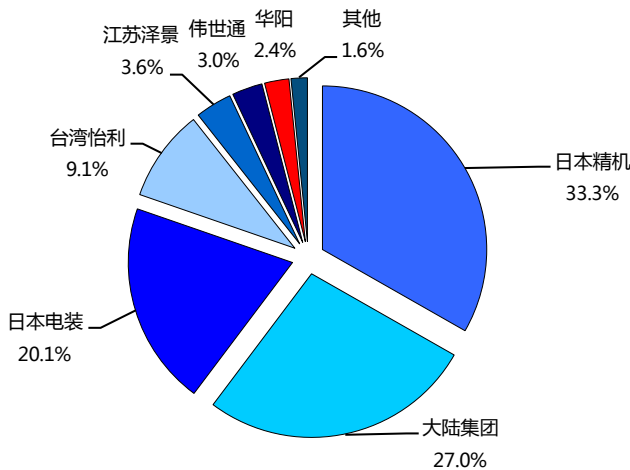
产品种类	单车价值 (美元)		主要差距与基础	自主率
	传统车	新能源车		
计算、控制类芯片	77	80	MCU、GPU、FPGA 等通用芯片领域国外企业高度垄断	< 1%
传感器	44	49	在车身感知领域国外企业高度垄断，前三大市占率约占七成以上，国内基础不足，在视觉、毫米波雷达等新兴环境传感器领域国内有一定基础，部分已实现商用车、工程车等领域应用	4%
功率半导体	71	387	IGBT、MOSFET 领域与国外差距较大，国内在功率分立器件和模块等领域更擅长，三代化合物半导体领域国内正积极布局	8%
模拟芯片&通信芯片	10	35	车辆信号链芯片及电源管理芯片数量需求较广，缺乏高端产品供给，车载以太网芯片企业较少	< 3%
存储器	8	10	存储器属于车用半导体增量市场，主要被美光、三星等国外企业垄断，国内车用 SRAM、利基型 DRAM 等环节有基础	8%
其他	126	153	—	< 5%

数据来源：北京半导体行业协会，车百智库，盖世汽车研究院，国泰君安证券研究

近年随着中国集成电路和汽车电子产业发展，备考世界最富创新与增长最快的智能汽车市场，中国智能汽车供应链企业开始打破封锁，国产化加速。如中国 HUD 市场，国外厂商由于领域起步早、具有先发优势，在前期形成了以国际企业为主的格局。随着近年 HUD 产品逐渐由高端车向中端车型渗透、以及中外 HUD 技术差距缩小，国内厂商凭借成本优势以及本土自主品牌崛起带动的本土供应链需求，市场份额不断提升：2022 年华阳集团以 18.2% 的份额，位于国内 HUD 市场供应商首位，总供应商的第二位。相较 2020 年超 80% 市场份额都为国外厂商占据的局面，国内供应商追赶势头强劲。当前国内 HUD 供应商已在长城、长安、广汽、北汽等众多自主品牌汽车搭载上市。除自主品牌之外，东风本田、上汽大众、宝马、奥迪等合资品牌也开始与国内供应商开展合作，国内供应商份额提升势头有望继续保持。

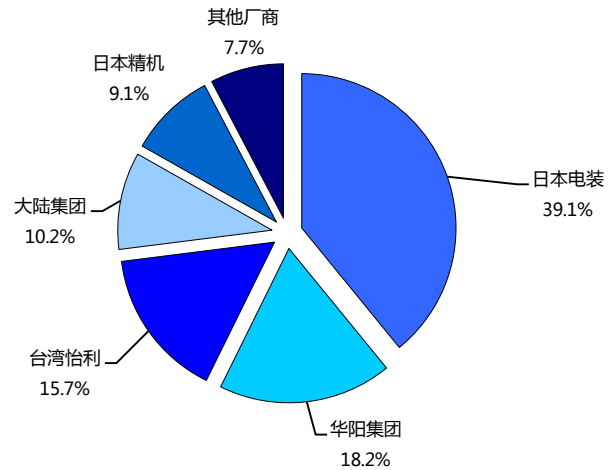
从长期看，面对广阔的增量替代空间，高度竞争的中国智能汽车产业最终将在竞争引发的技术和量产能力快速进步下，培育出全球领先的产业链和巨大商业机遇。

图 10：2020 年中国 HUD 市场份额中，国外厂商占比高达 80%



数据来源：高工汽车，国泰君安证券研究

图 11：2022 年中国 HUD 市场份额中，国内厂商华阳集团以 18.2% 占据首位



数据来源：Wind，芯八哥，国泰君安证券研究

2. 趋势一：800V 高压平台推动超快充与能耗革命，成为纯电发展分水岭

2.1. 800V 高压平台将带来新能源汽车超快充与能耗革命

2.1.1. 800V 是提升快充速度、降低能耗减少续航焦虑的有效手段

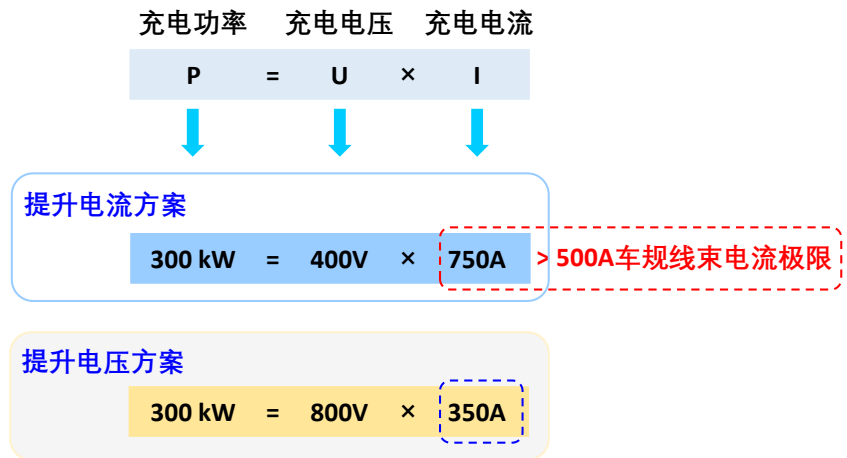
提升快充功率主要通过提升电压和电流来实现。在新能源车充电过程中，充入的电量——总功（W）为充电功率（P）和时间的乘积，即 $W=P \times t$ ，在电池容量（总功 W）相同的情况下，若想缩短充电时间需要提升充电功率。而根据功率公式 $P=U \times I$ ，提升电功率 P 可通过提升电压 U 或提升电流 I 来实现。

增大电流将带来散热安全和充电损耗问题。400V 架构下要达到 300 kW 的超快充功率需要将电流提升至 750A。但电流增大会带来充电安全问题：根据焦耳定律 $Q=I^2Rt$ ，电阻 R 不变时，电流的平方与电流通过导体产生的热量成正比，即在相同时间 t 内电流 I 每提升一倍，产生的热量 Q 为四倍，大电流方案势必对充电设备和电池散热产生巨大压力。同时大量发热还会造成能量损失，损害快充经济性。充电电流在超快充领域的提升潜力有限。因此在当前新能源车 400V 架构下，普遍峰值功率为 100 kW，对应 250A 电流、在 20%-80% SOC（State of Charge，充电状态）快充区间的充电时间约为 30 分钟和 1C 的充放电倍率。

提高充电电压是实现超快充的重要思路。若提升电压至 800V，即便在保持国标上限 250A 电流的非 800V 普通快充桩下，即可实现接近 200 kW、2C 充放电倍率的快充，获得较普通 400V 平台多一倍的充电功率。对于一款 700km 续航的电车而言，800V 平台可实现充电 15 分钟续航近 400

km 的体验，续航焦虑较 400V 平台将大幅缓解。

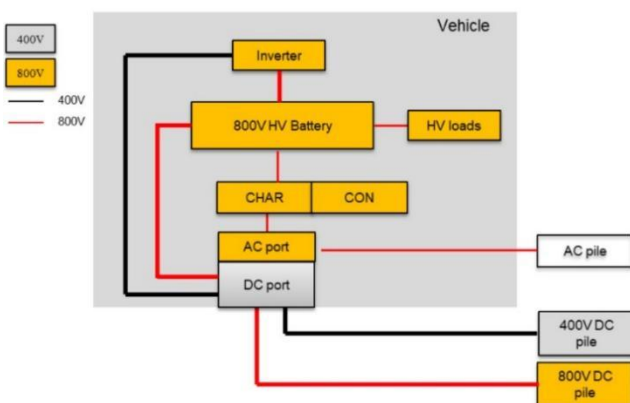
图 12: 800V 平台通过提升充电电压实现更高的快充效率



数据来源：国泰君安证券研究

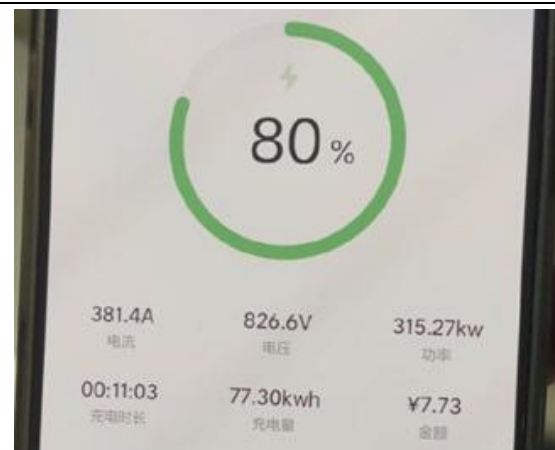
800V 高压平台指整车高压电气系统电压范围在 550-930V 区间的系统。当前新能源汽车主流采用 400V 平台，工作电压约在 230V-450V 间，800V 和其核心区别在于整车电子电器承压水平从 400V 跃升至 800V，电池包、驱动电机、控制器以及充电接口均达到 800V，DC/DC、逆变器、OBC、空调压缩机等均重新适配满足 800V 高电压。主要技术方案有：全域 800V 架构和电驱动系统升压、新增 400V-800V DCDC 升压、400V 动力电池串并联等半 800V 架构。由于电压提高，800V 平台在电机、电控上采用更耐高压的 SiC 功率器件，因工作电流减小则整车线缆耐压性需提高、但体积减小，整车绝缘/EMC 防护等级要求提升。更高的电压亦使 800V 平台相较 400V 平台获得充电时间缩短、更高的功率密度、更低能耗、更轻整车重量等优势，并规避车规级线束接插件 500A 的电流极限减少电气设计复杂度，是新能源汽车电气架构的重要发展趋势。

图 13: 全 800V 架构方案所有高压部件需重新设计兼容 800V 电压



数据来源：联合电子

图 14: 理想 Mega 800V 平台在 80% SOC 阶段充电功率仍能维持 300 kW



数据来源：IT 之家

2.1.2. 800V 高压平台还带来更好能耗与性能表现，提升车型整体的性

价比

通过升级匹配 800V 的电池包，车企采用更小、更便宜和更轻的电池亦能实现较好的续航和充电速度，提高整车性价比。当前动力电池重量在整备质量中的占比已达 20%-28%、占整车成本近 40%，电池重量与容量已成为影响能耗和整车成本的重要因素，在此背景下与其关注增加电池容量解决里程焦虑，更应该关注充电效率与电池性价比，而 800V 平台可在控制电池包容量的情况下保证更好的效用。如极氪 007 虽采用处于同级别车型电池包容量下限的 75 度磷酸铁锂电池，但得益于全域 800V 架构，极氪 007 却能达到 688 km 的 CLTC 续航、最高 500kW 充电功率和最大充电倍率 4.5C，10%~80% SOC 可实现充电 15 分钟增加 500 km 以上续航。在 800V 平台保证续航和快充性能的同时，采用容量更小的电池包意味着更轻的整备质量使能耗和续航表现提升，以及节省电池材料带来更低的整车成本优势。对于当下价格激烈竞争的国内智能汽车市场，800V 平台是车企实现整体降本增效的重要技术手段。

800V 高压平台还带来更高的输出功率、更少的损耗，从整车角度提升性能和能耗表现。800V 高压平台下，全车 DCDC、空调、电机、电池等器件都需要重新优化设计以匹配 800V 高压环境，尤其是 800V 架构普遍采用较 Si MOSFET 更耐高压、耐高温、损耗更低的 SiC MOSFET 使全车全场景的能量损耗减少，进而带来更低的能耗和更扎实的续航表现。如采用 800V 架构的小鹏 G6 电耗仅为 13.2kWh/100km，较车重 2 吨左右竞品 14kWh/100km 电耗水平更低。SiC MOSFET 还能发挥 800V 高电压潜力、大幅提升整车性能。如对于电动机而言，根据功率公式，更高的电压也将带来更高的输出功率使电动车获得更快的加速性能，极氪 007 采用 SiC 后电机能在 800V 金砖电池最高 16C 放电性能帮助下实现 3 秒级零百加速。

图 15: 800V SiC 高压平台电机性能更加提升



数据来源：智界 S7 发布会

表 2: 800V 高压平台普遍采用的 SiC MOSFET 带来更好的能耗和性能

对比领域	SiC MOSFET 较 Si MOSFET 提升之处
车载充电系统 OBC	SiC MOSFET 更能提升近 50% 的系统功能密度，从而减少系统重量和体积，节省成本
车载电源转换器	SiC MOSFET 热导率更高、耐高温性更强，使得散热筒

	化，同时耐高压性更强，能减小变压器体积
主驱逆变器	✓ SiC MOSFET 功率转换效率更高→电动车续航延长 5-10%，降低电池成本；
	✓ SiC MOSFET 耐高频性更强→促进逆变器线圈、电容小型化、缩减电驱尺寸、减少电机铁损；
	✓ SiC MOSFET 耐高压性更强→电机功率相同情况下可通过提升电压来降低电流，从而减少束线
尺寸	SiC MOSFET 尺寸为 SiMOSFET 的 1/10
导通电阻	SiC MOSFET 导通电阻为 SiMOSFET 的 1/200
能量损耗	SiC MOSFET 平均能量损耗为 SiMOSFET 的 1/4

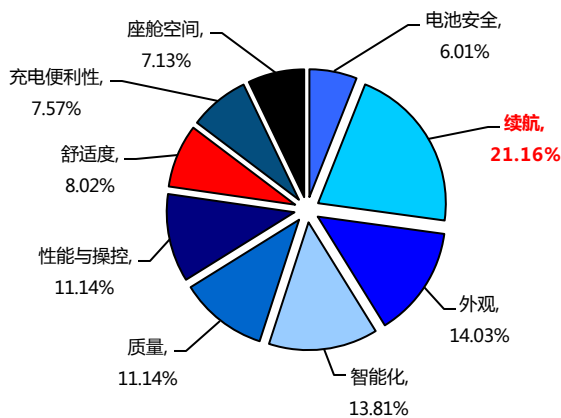
数据来源：华润微电子，比亚迪半导体，亿欧智库，国泰君安证券研究

2.2. 800V 高压平台将成为纯电发展分水岭，2024 年将成为技术爆发元年

2.2.1. “续航焦虑”仍是当下新能源汽车渗透的首要挑战

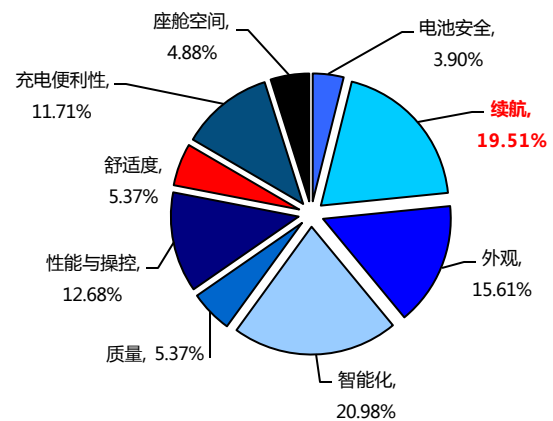
目前无论整体新能源车主还是新势力车主，“续航”均是其购车的首要关注点。根据罗兰贝格消费者调研数据，整体新能源车主购车较关注的车辆能力上，“续航”指标占比达 21.16%排名首位；新势力车主（包括蔚来、小鹏、理想、特斯拉）群体虽在智能化上关注的比重大幅提升，但“续航”的关注度仍达 19.51%，与智能化不相上下。表明续航焦虑仍是当下影响新能源汽车购买最重要的关注点，解决续航焦虑是下一阶段智能汽车产业需要解决的最重要的问题之一。

图 16：整体新能源车主购车最为关注“续航”情况



数据来源：罗兰贝格，国泰君安证券研究

图 17：“续航”同样是蔚小理特车主的主要关注点

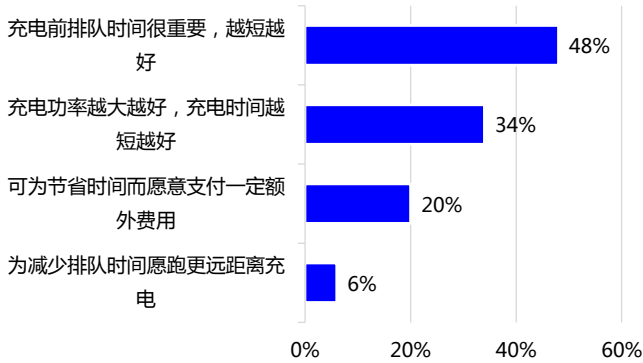


数据来源：罗兰贝格，国泰君安证券研究

细分来看，国内新能源车主正从“里程焦虑”转向“补能焦虑”。当前纯电车 600-700 km 续航已能应付绝大多数出行场景，“里程焦虑”开始向“补能焦虑”转变：根据亿欧智库调研，新能源车主对充电前排队时间、充电时间的关心比例分别达 48%、34%，同时为了节省时间 20%和 6%的车主愿意支付额外费用或选择更远距离充电桩，“充电时间”正成为当前新能源车使用的痛点。对于补能时间更短的高功率超充桩，认为非常有用、比较有用、一般有用、可能有用的车主分别达 18%、32%、24%和

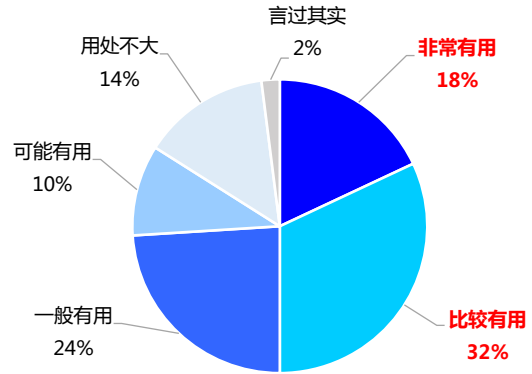
10%，更高功率的充电体验存在较为坚实的需求基础，而开启新一轮超快充时代的 800V 高压平台将成为新能源汽车下一发展阶段最有潜力的技术之一。

图 18：“充电时间”成为当前新能源车使用的痛点



数据来源：亿欧数据，亿欧智库，国泰君安证券研究

图 19：84%的车主对高功率超充补能持认可态度



数据来源：亿欧数据，亿欧智库，国泰君安证券研究

2.2.2. 车企积极布局 800V 平台车型与配套超充布局，2024 年 800V 有望大量爆发

当前新能源汽车产业正经历 800V 车型大规模爆发。2019 年全球首款 800V 平台量产车型保时捷 Taycan Turbo S 问世以来，由于新能源汽车市场竞争激烈、补能焦虑凸显以及 SiC 产业不断成熟，800V 平台车型近年开始不断爆发。其中，国内车企布局最为积极：小鹏在 2022 年推出的 G9、2023 年推出的 G6 和 2024 年将推出的 X9 均标配 800V 高压 SiC 平台；华为鸿蒙智行全面加速 800V 高压动力平台布局，旗下问界 M9、智界 S7 等车型均搭载华为 800V 高压平台；吉利旗下极氪、路特斯等品牌新车型标配 800V 架构等。长期坚持高电流路线的特斯拉亦在最新 Cybertruck 车型上选择拥抱 800V、甚至在 Semi 重卡上采用更高的 1000V 架构。800V 已成为中高端车型未来在电气架构领域竞争的重点方向。

表 3：800V 高压平台车型自 2023 年下半年开始大量上市

车企	800V 车型	上市/交付时间	高压平台情况
小鹏	G9	2022 年 9 月	全域 800V 高压 SiC 平台
	G6	2023 年 6 月	
	X9	预计 2024 年 1 月	
问界	M9	2023 年 12 月	“巨鲸” 800V 高压电池 +SiC 电机
智界	S7	2023 年 11 月	华为 Drive ONE 800V 高压 SiC 平台
阿维塔	阿维塔 11	2022 年 11 月	800V 架构
	阿维塔 12	2023 年 11 月	
特斯拉	Semi	2022 年 12 月	1000V 架构
	Cybertruck	2023 年 11 月	支持 815V
理想	Mega	预计 2024 年	800V 平台+5C 麒麟电池
极氪	007	2023 年 12 月 31 日	全域 800V+金砖电池

智己	LS6	2023年10月	全域800V
星途	星纪元ES	2023年12月	800V架构
蔚来	ET9	预计2025年	900V架构
	阿尔卑斯系列	预计2025年	全系800V
路特斯	Eletre	2022年11月	全域800V
	Emeya	预计2024年1月	
昊铂	昊铂GT	2023年7月	800V架构
奥迪	RS e-tron GT	2022年12月	800V架构
极狐	阿尔法S华为HI版	2023年5月	搭载750V超高压充电
小米汽车	SU7	预计2024年	800V架构

数据来源：各公司官网与发布会，国泰君安证券研究

除车端电气架构升级800V外，800V技术真正推广应用离不开配套超充技术研发与基建普及。国内智能汽车产业已完成相应准备，为800V落地扫清基建障碍：

800V 配套超充桩技术层面，国内主要智能汽车车企以及相关产业公司已完成高压超充桩研发。小鹏、理想、蔚来、埃安等国内主要新能源车企均已发布旗下800V超充桩产品。如极氪于2022年6月自研量产600kW全液冷充电桩极充V2，2023年9月发布极充V3，其单枪输出功率最高可达800kW的同时由于采用高压平台，充电线缆也更轻便。配套充电站方面，极氪极充站标配智能功率共享技术可根据每台在充车辆受电情况实时智能分配功率，最大化利用功率池，让每个桩都可成为超快充。还采用并柜整合输出方式将站点周围变压器的零散余量接入多个功率柜、灵活搭配储能模块等方式降低大功率超快充站选址限制、缓解电网压力。除此之外，供应链端亦积极研发推出800V超充桩，如华为发布的新一代全液冷超充最高支持1000V充电电压，实现最大600kW功率。

图 20：华为新一代全液冷超充最高支持 1000V 电压和最大 600 kW 功率



数据来源：华为数字能源官网

图 21：极氪最新极充站智能功率共享技术更好满足 800V 对充电站电网容量要求



数据来源：极氪发布会

超充建站层面，主要智能汽车车企均已公布庞大的超充站建设计划，未来数年内800V配套超充站有望在国内大规模建设、普及。蔚来提出在2023年提前达成“千站”计划后，在2024年再新建1000座换电站、布

局 2 万根充电桩。小鹏汽车则将至 2025 年底前建成 3000 座超快充站，至 2027 年底之前建成 5000 座超快充站，覆盖国内百城。理想发布电能战略，计划至 2023 年，布局 300 个 5C 超充站，至 2025 年，布局 1000+ 个 5C 超充站，实现对 90% 国家级干线高速的覆盖。极氪发布“千站万桩”计划：2024 年累计建设 1000 个极充站、2026 年累计建设 10000 根极充桩。华为数字能源总裁侯金龙在 2023 世界新能源汽车大会（WNEVC）表示计划于 2024 年率先在全国 340 多个城市和主要公路部署超过 10 万个华为全液冷超充桩。800V 相关基建在未来大量建设将为 800V 平台在新能源产业普及渗透提供坚实基础。

表 4：车企亦在积极建设 800V 配套的超充基础设施建设

车企	配套超充设施指标	超充设施建设计划
蔚来	2023 年 12 月发布 800V 直流快充桩：支持 800V，峰值功率 640kW	2024 年新建 1000 座换电站、布局 2 万根充电桩
小鹏	2022 年 8 月发布 S4 超充桩：支持 800V，单桩的最大功率为 480kW	至 2023 年，在重点城市、核心高速沿线上建设 S4 场站；至 2025 年，建设 3000 个小鹏超快充站
华为	2023 年 4 月发布新一代全液冷超充桩：最高支持 1000V 电压，最大 600 kW 功率	鸿蒙智行充电服务： 计划至 2024 年底布局 10 万+华为全液冷超快充桩
理想	2023 年 10 月发布理想 5C 超充桩：支持 800V，单桩最大功率 480 kW	电能战略： 计划至 2023 年，布局 300 个 5C 超充站；至 2025 年，布局 1000+ 个 5C 超充站
极氪	2022 年 6 月发布极充桩 V2：单枪峰值功率 600 kW； 2023 年 9 月发布极充桩 V3：单枪峰值功率 800 kW	“千站万桩”计划： 计划至 2024 年累计建设 1000 个极充站、至 2026 年累计建设 10000 根极充桩

数据来源：各公司发布会，各公司官网，国泰君安证券研究

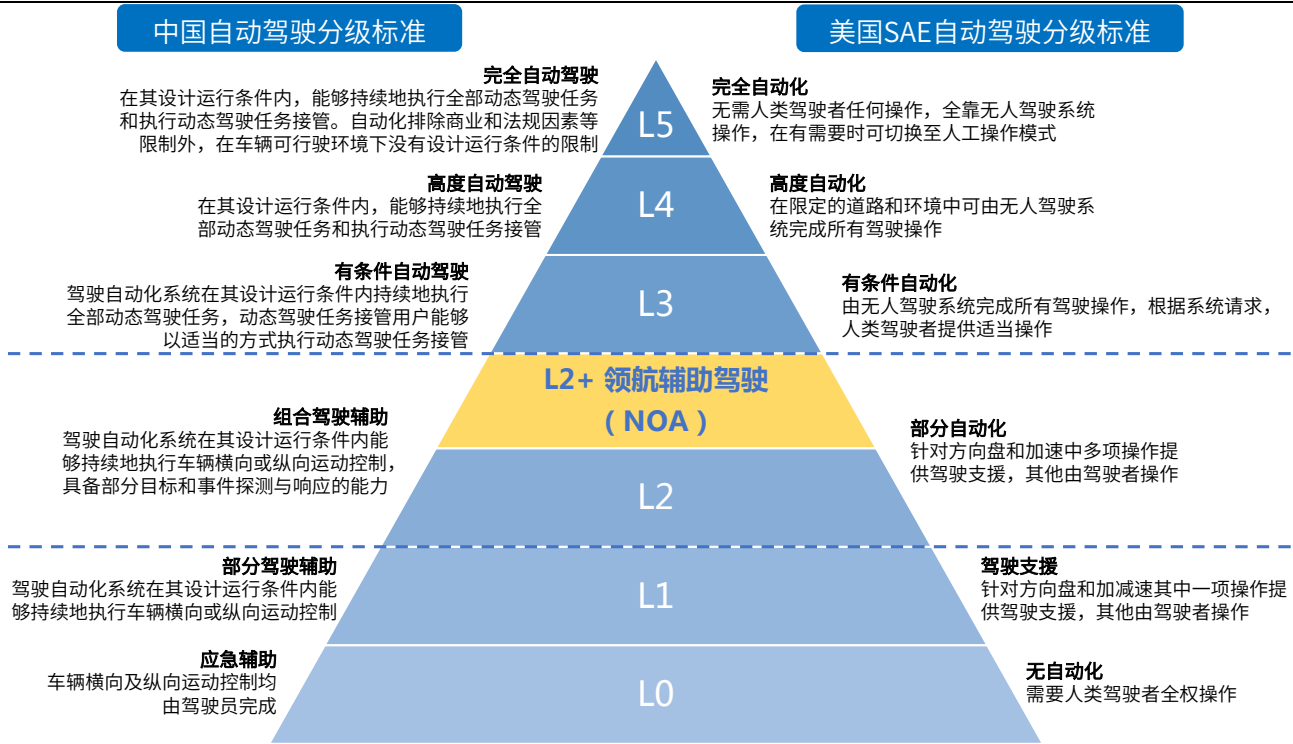
3. 趋势二：城市 NOA 引发智能驾驶“黑莓时代”，智能驾驶真正成为购车必要考量

3.1. 城市 NOA 是当前 L2 级辅助驾驶的最新发展阶段

3.1.1. NOA 可实现点到点自动驾驶，是更先进智能的 L2+ 辅助驾驶

NOA (Navigate On Autopilot) 是自动辅助导航驾驶或领航辅助驾驶。驾驶员在设定好导航路线并进入 NOA 的可使用路段后，可实现自动上下匝道、自动辅助超车、自动辅助变道、自适应巡航等多种功能，并在一定范围内实现点到点的自动驾驶功能。从安全责任角度看，NOA 运行过程中驾驶员仍然是驾驶的责任主体，必须随时监控系统并进行必要的调整，因而从自动驾驶分级标准看，NOA 虽能实现接近 L3 级别的有条件自动驾驶但仍属于 L2 级别内技术和功能较基础 L2 更高级的 L2+ 辅助驾驶。

图 22: 领航辅助驾驶 (NOA) 属于 L2 级别下的 L2+级别自动驾驶

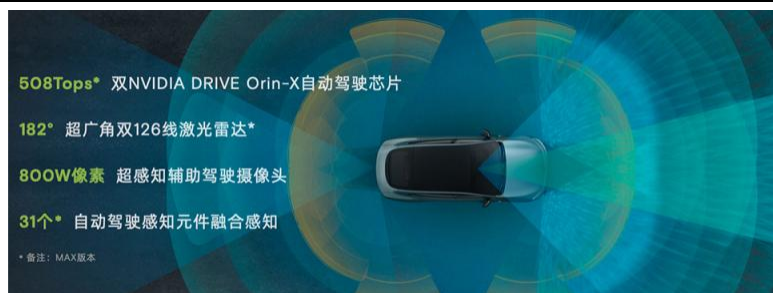


资料来源:《汽车驾驶自动化分级》, CSDN, 国泰君安证券研究

NOA 虽属于 L2 级别自动驾驶技术，比基础 L2 级辅助驾驶更先进，被称为 L2+级别自动驾驶，其和基础 L2 辅助驾驶的主要区别体现为：

- ✓ **硬件配置方面**，NOA 传感器配置相较基础 L2 级自动驾驶更加精进。基础 L2 级辅助驾驶配备多为 3R1V，由单视觉模块 FCM、单雷达模块 FCR（前向 ADAS 系统）以及两个后方雷达 SRRs（侧后 ADAS 系统）组成，没有单独集中式控制器。而 NOA 传感器配置的种类和数量比起基础 L2 级辅助驾驶更加丰富，高速 NOA 主要有 5V5R、6V1R、6V5R、7V5R、9V5R、10V1R、10V3R、10V5R、11V5R、12V5R、13V5R 等传感器配置方案，城市 NOA 主要有 7V1R、11V1R、11V1R1L、11V5R1L、11V5R2L、12V5R、12V5R2L、12V6R1L、12V6R3L 等传感器配置方案（其中，V 为摄像头，R 为雷达，L 为激光雷达）。此外，领航辅助驾驶还配有高精度地图、高精度 GPS 等高级传感器，以实现对环境的更全面的感知；

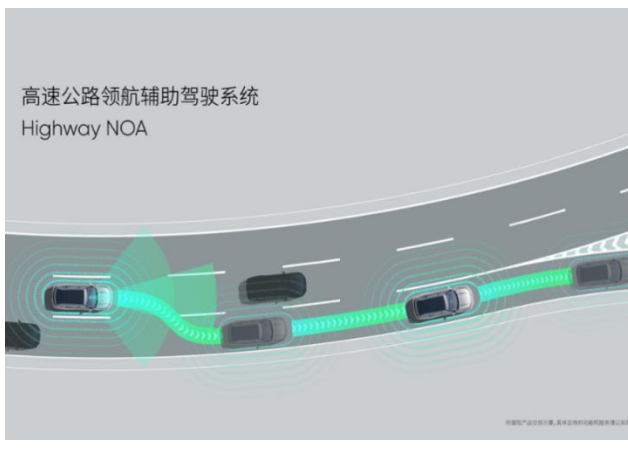
图 23: NOA 较基础 L2 配备更丰富的传感器和算力资源，实现更全面的感知和辅助驾驶判断



数据来源：小鹏汽车官网

- ✓ **算力需求方面，NOA 所需算力更高。**基础 L2 级辅助驾驶计算能力约需要 10 TOPS；领航辅助驾驶的计算能力需求基本在 10 TOPS 以上，城市 NOA 所需算力更高，可至 400 TOPS 以上；
- ✓ **功能方面，领航辅助驾驶更丰富、更智能。**基础 L2 级辅助驾驶能够提供部分辅助功能，主要包括自适应巡航控制、自动刹车系统、车道保持系统、自动泊车系统、智能限速辅助等功能。而 NOA 在 L2 辅助驾驶功能基础上增加：自动变道辅助 ALC (Automated Lane Change)、高速公路辅助 HWA (Highway Assist) 等功能，能够自主判断驶入、驶出高速的时机以及自主判断超车的时机，并实现不需要人为干预的自动变道超车。同时，车辆使用 NOA 领航辅助驾驶，如果预先设定好导航路线，即可在高精地图以及智能驾驶系统的辅助下，实现自动导航驾驶。

图 24: NOA 能够实现不需人为干预的变道超车



数据来源：有车智联

图 25: 小鹏在广东高峰拥堵路段完成自动驾驶测试



数据来源：小鹏汽车 B 站官方号

3.1.2. 城市 NOA 可在复杂城市道路中运行，是当前最先进的 L2 级辅助驾驶

根据应用场景分类，NOA 领航驾驶辅助可分为高速 NOA 和城市 NOA，城市 NOA 与高速 NOA 在多个方面存在区别，前者技术水平更领先、辅助驾驶能力更强大、工作场景更加复杂，属于更高级的 L2++ 辅助驾驶。两者的差异主要为：

- ✓ **应用场景方面，高速 NOA 局限于封闭的高等级道路，而城市 NOA 可在复杂市区道路中运行。**高速 NOA 普遍限制在特定高速公路和城区高架路开启，尤其在高速公路出入口、收费站等区域，能够提供更加精准的路线规划和实时路况分析，从而减少驾驶员的操作负担，提高行车效率。城区 NOA 可以在复杂的城市场景中实现变道、超车、过红绿灯等行为动作，预先设定目的地即可实现点到点的导航辅助驾驶功能，在拥堵的城市路段，能够提供更加智能的导航和驾驶辅助功能，从而减轻驾驶员的压力，提高行车安全性；

图 26: 高速 NOA 限定在高速/高架路段实现辅助驾驶



数据来源: 科瑞咨询

图 27: 城区 NOA 可在较复杂的城市场景实现辅助驾驶



数据来源: 科瑞咨询

- ✓ **使用功能方面，城市 NOA 的功能更加多样化。**高速 NOA 的主要功能包含自动上下匝道、自动辅助超车、自动辅助变道、自动调节车速等，旨在提高驾驶员的驾驶舒适性和安全性；城市 NOA 的功能更加多样化，除了本车道巡航跟车、超车变道、绕行静止车辆或物体，还可以实现红绿灯识别启停、自主打灯变道、避让其他交通参与者等功能，可以更好地适应城市道路的环境和交通状况。

表 5: 高速 NOA 和城市 NOA 在应用场景、功能、技术原理方面存在差异

	高速 NOA	城市 NOA
应用场景	主要用于高速公路上，结合高精度地图实现更加精准的路线规划和实时路况分析，辅助驾驶员驾驶	主要在城市道路，在拥挤路段通过驾驶辅助功能减轻驾驶员的压力，提高行车安全性
使用功能	自动上下匝道、自动辅助超车、自动辅助变道、自动调节车速等	智能跟车、超车变道、绕行静止车辆或物体，红绿灯识别启停、自主打灯变道、避让其他交通参与者等
技术原理	通过车辆的 GPS 定位、雷达、摄像头等传感器数据，结合高精度地图数据进行路径规划和路况分析	需要考虑更多的交通标志、行人、标线等因素，需要更高水平的硬件、更精准的地图数据和更高算力支撑

数据来源: 科瑞咨询, 国泰君安证券研究

- ✓ **技术原理方面，城市 NOA 对于技术的要求相较于高速 NOA 更高。**高速 NOA 面对工况较为单一，所需硬件水平有限，激光雷达必要性不高，主要利用车辆的 GPS 定位、部分毫米波雷达、摄像头等传感器数据，以及高精度地图数据进行路径规划和实时路况分析。城市 NOA 的应用场景路况更为复杂，需要考虑更多的交通标志、标线、行人等因素，需要更高水平的硬件、更精准的地图数据和更高的更高算力作为支撑。

表 6: 城市 NOA 对于算力的要求更高

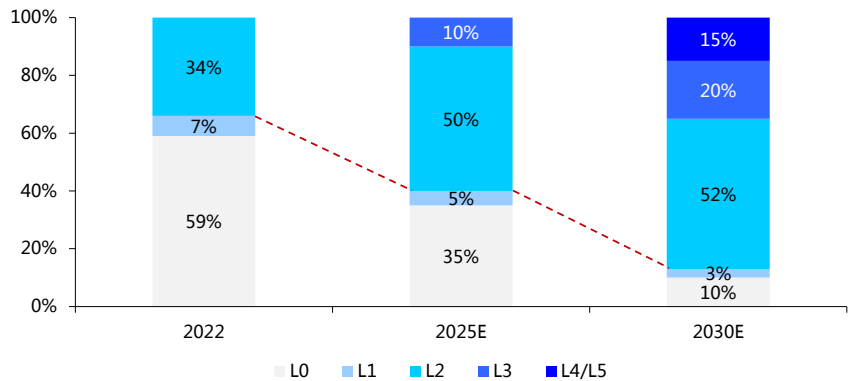
算力平台分级	公司名	使用芯片/对应算力	驾驶方案分类
高算力平台 ≥200TOPS	百度	双 Orin	城市 NOA 方案
	元戎启行	200TOPS	
	宏景智驾	200+TOPS	
	福瑞泰克	400+TOPS	
中算力平台 (20-200TOPS)	轻舟智航	J5	加强高速 NOA 方案、 极致性价比城市 NOA 方案 (通勤 NOA 等)
	小马智行	J5	
	元戎启行	80TOPS	
	智行者	128TOPS	
	映驰科技	J5	
	东软睿驰	J5+芯驰 X9	
低算力平台 (多 SOC) 5-20TOPS	禾多科技	高速 NOA (双 J3)	高速 NOA 方案
	纵目科技	高速 NOA (J3+TDA4)	
低算力平台 (单 SOC) 5-20TOPS	易航智能	高速 NOA (TDA4)	极致性价比高速 NOA 方案、行泊一体方案
	宏景智驾	高速 NOA (J3)	
	福瑞泰克	高速 NOA (J3)	
	AutoBrain	高速 NOA (TDA4)	
	纽劭科技	TDA4	
	映驰科技	J3	
	星宇股份	J3	
	魔视智能	TI/地平线	

数据来源: 高工智能汽车, 国泰君安证券研究

国内智能驾驶市场前景广阔, L2+至 L2++级自动驾驶是未来几年内智能驾驶主要发展等级。2022 年我国智能网联汽车应用服务市场规模达 1342 亿元, 随着科技变革、技术升级, 预计 2025 年市场规模将逐年扩张至 2223 亿元。同时, 预计未来十年国内高阶智能驾驶渗透率将稳步提升, 乐观估计到 2030 年, 国内 L0/L1/L2/L3/L4 级别自动驾驶渗透率将分别增长至 7%/11%/51%/20%/11%。其中, L2+至 L2++级别自动驾驶渗透率有望成为 L2 级内增长的主力, 在未来数年内迅速普及。

城市 NOA 的大规模应用将引发智能驾驶产业“黑莓时代”来临。城市 NOA 在实际应用中大量实现属于 L3 级自动驾驶的如城市拥堵路段自动驾驶辅助 (TJP)、全自动导航领航等功能, 其同 L3 级自动驾驶的界限更多体现在法规层面权责划分上是否实现突破, 但在技术层面城市 NOA 非常趋近 L3 级别。因而城市 NOA 技术走向成熟将在某种程度上代表 L3 级别自动驾驶在技术上的提前成熟, 所以智能驾驶也许是面临一个临界点, 如果 L3 级别自动驾驶实际落地应用将成为智能驾驶产业开启类似智能手机爆发式发展的“iPhone 时代”的话, 城市 NOA 在未来 1-2 年内加速落地则将是智能驾驶产业开启 iPhone 时代先声的“黑莓时代”的标志。

图 28: L2+、L2++级智能驾驶有望成为未来几年国内智能驾驶增长主要类型



数据来源: 盖世汽车研究院, 国泰君安证券研究

3.2. 城市 NOA 具备爆发的需求基础, 城市 NOA 能力将成为未来数年智能驾驶的竞争关键

3.2.1. 高速 NOA 推动整体 NOA 渗透率提升, 城市 NOA 成为主机厂在辅助驾驶下一阶段竞争的必然选择

2023 年中国乘用车标配 NOA 车型销量突飞猛进, NOA 渗透率呈稳步上升趋势。根据佐思汽研, 2022Q4-2023Q2 中国乘用车标配 NOA 车型突破了持续一年的发展滞留阶段进入高速增长期, 且环比增速呈现上升趋势: 至 2023Q2, NOA 车型销量达到 12.2 万辆, 同比增长 173.0%, 其中标配高速 NOA/城市 NOA 车型销量分别高达 7.5 万辆/4.7 万辆。2023 年 1-9 月, 高速 NOA 渗透率为 6.7%, 同比增加 2.5 pct; 城市 NOA 渗透率为 4.8%, 同比增加 2.0 pct; 预计 2023 年全年高速 NOA 渗透率将接近 10%, 城市 NOA 超过 6%。

图 29: 2023 年 NOA 车型销量迅猛增长

2021Q1-2023Q2 中国乘用车 (标配) NOA 车型销量/万辆



数据来源: 佐思汽车研究

图 30: 自 2021 年起, 国内 NOA 渗透率稳步提升

2021-2023 年国内乘用车领航辅助驾驶 (NOA) 渗透率

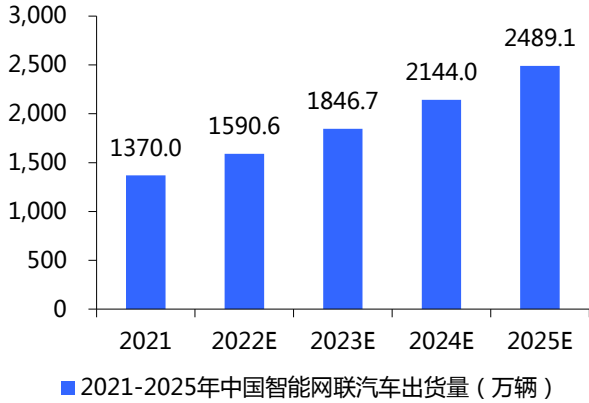


数据来源: 佐思汽车研究

2023 年前装标配 NOA 交付新车数量增长势头强劲。根据 IDC, 中国智能网联汽车出货量预计 2025 年增长至 2489 万辆, 年均复合增速约 16.1%。根据高工智能汽车研究院, 2023 年 1-9 月, 中国市场 (不含进出口) 乘

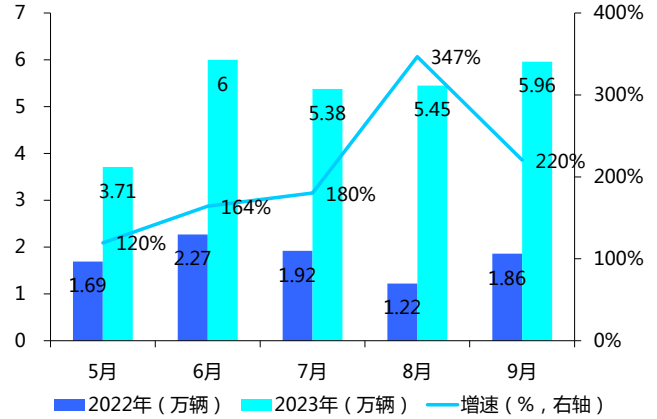
用车前装标配(软硬件)NOA交付新车 37.73 万辆,同比增长 151.20%, NOA 车型交付新车数量增速尤为显著,有望成为未来几年国内智能网联汽车增长的主力车型。

图 31: 中国智能网联汽车出货量稳定提升



数据来源: IDC, 前瞻产业研究院, 国泰君安证券研究

图 32: 前装标配 NOA 车型交付新车数量开始猛增



数据来源: 高工智能汽车, 国泰君安证券研究

国内高速 NOA 技术已走向成熟并推动整体 NOA 渗透率提升, 布局城市 NOA 是主机厂下一阶段在辅助驾驶领域的必然选择。高速 NOA 技术发展趋于成熟, 配备高速 NOA 的相关车型价格下探趋势明显: 小鹏 P5 等车型价格已下探至 20 万元以内, 正在加速下沉至 10-25 万元, 高速 NOA 正推动 NOA 在智能汽车产业加速渗透。从高阶辅助驾驶整体发展看, 更高阶的城市 NOA 将成为主机厂在高速 NOA 之后下一阶段的发展重点。

表 7: 高速 NOA 技术趋于成熟, 相关车型价格下探

指标	功能	推出时间	车型
特斯拉	封闭路段 NOA	2019 年 6 月	Model S、Model 3、Model X、Model Y (均选装)
蔚来	高速 NOP	2020 年 10 月	ET5、ET7、ES6、ES7、ES8、EC6、EC7 (均选装)
小鹏	高速 NGP	2021 年 1 月	P7 (480E/625E)、P5 (460E+/550E/550P)、G9、P7i、G6
理想	高速 NOA	2021 年 12 月	ONE、L7、L8、L9
广汽埃安	高速 NDA	2021 年 9 月	V Plus 80、LX Plus 80D
长城	高速 NOH	2022 年 1 月	蓝山四驱超长续航版、新摩卡 DHT-PHEV(选装)、ORA 闪电猫尊贵版/长续航版(选装)、ORA 闪电猫四驱高性能版
智己	高速 NOA	2022 年 8 月	LS7 选配
长安	高速 NCA	2022 年 8 月	阿维塔 11
极狐	高速 NCA	2022 年 9 月	阿尔法 S HI 先行版
吉利	高速 NOA	2022 年 10 月	博越 L 旗舰型(选装)
极氪	高速 NZP	2023 年 1 月先锋测试	极氪 001、极氪 009、极氪 X、极氪 007

数据来源: 各公司官网, 国泰君安证券研究

3.2.2. 重要车型激发市场对城市 NOA 关注与认可度, 2024 年有望成为国内城市 NOA 元年

2023 年下半年, 小鹏 G6、问界 M7 两款以城市 NOA 作为主要卖点的

重要车型上市大幅激发市场对城市 NOA 功能的关注度:

- ✓ 2023 年 6 月小鹏 G6 发布, 其中小鹏 G6 MAX 版本搭载 2 颗激光雷达、双 NVIDIA DRIVE Orin、13 个摄像头、12 个超声波雷达和 5 个毫米波雷达, 并引入由 XNet2.0+XPlanner 构成的全场景智驾架构 XBrain。XNet2.0 采用三网合一架构, 是具有时空理解能力的感知系统, 包括动态 BEV、静态 BEV、占据网络, 能在高速 NOA 功能之外实现城区 NOA 功能。G6 上市一月订单数超 4 万, 其中智能驾驶高配 Max 版占比高达 70%, 城市 NOA 成为小鹏在高阶辅助驾驶领域的重要差异化竞争力;
- ✓ 2023 年 9 月新款问界 M7 发布, 该车型装配华为智驾系统 ADS2.0, NCA(华为版 NOA)成为 M7 在高阶辅助驾驶功能上竞争的王牌: 依靠 M7 智驾版分别搭载 1 个激光雷达、3 个毫米波雷达、12 个超声波雷达、11 个高清视觉感知摄像头共计 27 个传感器, 以及在 BEV 基础上融合了 GOD (General Obstacle Detection)2.0 网络用于识别通用障碍物, 使系统能够更精确地识别白名单外的异形物体使得新 M7 可实现不依赖于高精地图的高速、城区高阶智能驾驶。问界新 M7 上市两个半月累计大定突破 10 万辆, 其中智驾版占比达 60%, 城区 NCA 选装率达 75%, 智能驾驶成为很多用户买车的重要考量, 大幅促进城市 NOA 在市场的认识度和接受度。

图 33: XNet 2.0+XPlanner 构成全场景智驾架构 XBrain 使 G6 具备更好的城市 NOA 能力



数据来源: 小鹏 G6 发布会

图 34: 问界新 M7 更精确的通用障碍物识别能力有助于增强城市 NOA 能力



数据来源: 问界 M7 发布会

布局城市 NOA 已成为当前国内主流车企的选择, 大部分于 2023 年年底落地, 2024 年有望成为国内城市 NOA 元年。小鹏自 2023 年 10 月 24 日起公测推送首批 20 座无图 (轻图) 城市智驾, AI 代驾也同时开始公测, 计划于 2023 年下半年实现城市 NOA 落地 50 城, 2024 年落地 200 城, 实现车位到车位的全场景辅助驾驶能力; 华为计划在 2023 年第四季度实现国内 45 城无图自动驾驶, 问界新 M7 计划于 12 月实现覆盖全国的城市 NOA; 蔚来计划在 2023 年内推出全场景驾驶辅助功能 NAD, 进行 NAD 城区 Beta 功能领航和早鸟计划; 理想于 2023 年 6 月提出高速 NOA 向城市 NOA 阶段过渡的“通勤 NOA”模式, 并计划于 2023 年年底再国内 100 座城市推送不依赖高精地图的城市 NOA 功能。

表 8: 主流车企城市 NOA 布局大部分于 2023 年底落地, 2024 年或开启城市 NOA 元年

主机厂	智驾技术	搭载车型	(计划)时间	相关规划
蔚来	NAD	ET5、ET7、	2022 年 12 月	发布 NOP+
		ES6、ES7、 ES8、EC6、 EC7	2023 年内	推出全场景驾驶辅助功能 NAD (包含城市驾驶辅助), 进行 NAD 城区 Beta 功能领航和早鸟计划
小鹏	XNGP	P5	2022 年 9 月	向部分广州的 P5 车型车主推送城市 NGP (有高精地图)
			2023 年下半年	P5 同步开放上海城市 NGP (有高精地图)
		G9、P7i、G6	2023 年上半年	落地北京、上海、广州、深圳, 无图城市能够带来红绿灯识别、启停, 以及无车道线的绕行等场景
			2023 年下半年	落地约 50 城、上线“AI 代驾”
理想	ADMAX	L7、L8、L9	2024 年	落地约 200 城, 实现全场景领航辅助驾驶
			2022 年 4 月	发布 ADMax3.0 城市 NOA
			2023 年 Q2	城市 NOA(不依赖高精地图)推送内测用户, 开启国内首个脱图城市 NOA 试驾
华为(问界、阿维塔、极狐)	华为 ADS2.0	问界 M5/M7 高阶智驾版、阿维塔 11/12、极狐阿尔法	2023 年年底	城市 NOA(不依赖高精地图)推送 100 座国内城市, 推出通勤 NOA 功能
			2022 年 9 月	极狐在深圳开通城市 NCA 功能
			2023 年 3 月	极狐在上海、广东开通城市 NCA 功能
			2023 年 Q2	在中国 5 座城市落地城市 NCA(有高精地图)
			2023 年 Q3	在中国 15 座城市实现脱图自动驾驶, 并首先搭载于 AITO 问界 M5 智驾版, 随后陆续扩大至阿维塔 11 和极狐阿尔法 SHI 等车型(无高精地图)
毫末智行(长城)	NOH	魏牌摩卡 DHT-PHEV、蓝山	2023 年 Q4	在中国 45 座城市实现无图自动驾驶, 问界新 M7 计划 12 月实现城区自动驾驶覆盖全国, 不依赖高精地图
			2023 年上半年	具备城市领航驾驶辅助功能的摩卡 DHT-PHEV 和蓝山先后上市, 毫末城市 NOH 首批落地北京、保定、上海等城市, 开启泛化测试
			2023 年下半年	毫末城市 NOH 落地将达到 100 城
上汽智己	IM AD	L7、LS7	2025 年	毫末 HPilot 全面进入全无人驾驶时代
			2023 年 4 月	L7 推送 5 个城市高速 NOA, 年内推广至全国
			2023 年内	智己城市 NOA 领航辅助以及替代高精地图的数据驱动道路环境感知模型公测
特斯拉	FSD	全系	2023 年底	无高精地图 DDL 智能驾驶服务开启公测
			2020Q3	小范围推送 Beta 版
			2023Q4	FSD V12 正式上线

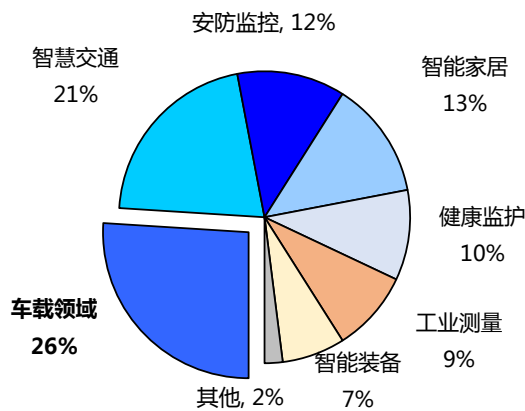
数据来源: 各公司官网, 佐思汽车研究, 汽车之家, 国泰君安证券研究

4. 趋势三: 毫米波雷达 SoC 化, 加速毫米波雷达“量与质”的渗透

4.1. 车载毫米波雷达与其他传感器良好互补, 是感知层重要组成部分

毫米波雷达是一种以波长位于1-10mm、频率在30-300GHz的电磁波作为放射波的雷达传感器。车载领域为当前毫米波雷达最大的应用场景，主要用于辅助驾驶和座舱监控。2022年中国毫米波雷达市场中，车载毫米波雷达占比达26%。作为辅助驾驶传感器的重要组成部分，毫米波雷达已大量应用于辅助驾驶系统中作为前向雷达，并在向四角、后向、侧向等位置延展，以实现盲区检测、自动泊车、后碰撞预警等更高阶、更丰富的辅助驾驶功能。在近年座舱智能化的风潮下，毫米波雷达正加速应用于座舱内儿童遗留检测、手势识别等领域，毫米波雷达相较摄像头在满足智能控制功能基础上能提供更好的私密性。

图 35: 2022 年车载领域占据国内毫米波雷达应用的首位



数据来源: AIOT, 国泰君安证券研究

图 36: 车辆的前向、后向、侧向、四角以及座舱内均可搭载毫米波雷达并实现不同功能



数据来源: 聚速电子, 国泰君安证券研究

毫米波雷达识别精度、识别距离及单价均介于激光雷达、超声波雷达与摄像头之间，是其他车载传感器的良好互补，共同组成智能汽车的感知系统：

- ✓ 第一，毫米波雷达能够全天候工作，提升智能驾驶稳定性：相较于摄像头和激光雷达受气候影响较大，容易受雨雪雾等不良天气影响。毫米波由于具有优秀的穿透性使毫米波雷达是主流车载传感器中唯一可在恶劣天气下工作的，能够确保在极端环境下车载感知系统持续工作。

图 37: 毫米波雷达具有带宽宽、波束窄、能够全天候工作、易小型化的优势

性能特点	✓ 毫米波工作频率范围：26.5~300GHz，带宽高达273.5GHz；	✓ 在相同天线尺寸下，毫米波的波束要比微波的波束窄得多；	✓ 毫米波的传播受气候的影响要小得多。	✓ 和微波相比，毫米波频率更高，波长短，因此元器件的尺寸要小得多。
	✓ 即使考虑大气吸收，即毫米波大气中传播时只能使用四个主要窗口，总带宽也可达135GHz，为微波以下各波段带宽之和的5倍。	✓ 例如一个12cm的天线，在9.4GHz时波束宽度为18度，而94GHz时波束宽度仅1.8度。	毫米波的传播受气候的影响要小得多。	和微波相比，毫米波频率更高，波长短，因此元器件的尺寸要小得多。
核心优势	极宽的带宽，能够缓解频率资源紧张问题	波束窄，能够分辨近距离目标，且观察目标细节	能够全天候、全工况工作	更易小型化，符合车载体积要求

数据来源: 国泰君安证券研究

请务必阅读正文之后的免责条款部分

- ✓ **第二，毫米波雷达具有较远的探测距离：**超声波雷达使用超声波信号并根据该信号发出与返回的时间差计算与障碍物之间的距离，虽其精度可以达到毫米级且成本低廉，但探测距离仅为 15-500cm，因而仅用于短距离测量。传统毫米波雷达探测距离可达 150-200m，新一代 4D 毫米波雷达如安波福 FLR7 的最大测距普遍达到了 300m 级别，能较好地满足远处障碍物的探测。
- ✓ **第三，毫米波雷达更易小型化，符合车载对体积的严苛要求：**和微波相比，毫米波频率更高，波长短，因此元器件尺寸要小得多，上车装配灵活度大。
- ✓ **第四，在满足全天候工况、较长的探测距离基础上，相较摄像头、超声波雷达与激光雷达，毫米波雷达提供了一个兼具感知性能以及上车成本的性价比选择：**相较成本比毫米波雷达低的超声波雷达和摄像头，毫米波雷达探测距离更长、受外界因素影响较小，能克服后两者的性能短板。相较感知精度更高的激光雷达，毫米波雷达成本具有较大优势，且能全天候工作并实现相近的探测距离，在新兴 4D 毫米波雷达成熟之后，4D 毫米波雷达亦能一定程度上实现成像功能，有望在中低端场景成为激光雷达的平替。

表 9：毫米波雷达识别精度、距离和成本介于激光雷达、摄像头以及超声波雷达之间

	毫米波雷达	激光雷达	摄像头	超声波雷达
测距/测速	纵向精度高，横向精度低	精度高	可测距，精度低	可测距，精度高
感知距离	传统：150-200m，4D 毫米波：300m	210-250m	150-160m	10m 之内
分辨率/角分辨率	20-60cm/5°	最小 1mm/ 最小 1°	-	-
行人、物体识别	难以识别	通过 3D 建模，易识别	通过 AI 算法识别	近物可感知，但无法识别
道路标线、交通信号识别	无法识别	无法识别	可识别	无法识别

数据来源：九章智驾，国泰君安证券研究

4.2. “CMOS+AiP+SoC”与 4D 毫米波雷达推动产业越过大规模发展临界点

4.2.1. MMIC 芯片工艺发展至 CMOS 时代，芯片集成度更高、体积与成本下降

MMIC 芯片工艺经 GaAs、SiGe 已发展至 CMOS 时代，CMOS MMIC 具有更低成本、更高集成度的优势。工艺的主要变化发生在 MMIC 芯片的射频材料部分，目前 SiGe 仍为主流工艺。SiGe 虽在高频特性、导热性等方面据有优势，但 SiGe MMIC 大多为分立式，造成雷达整体体积较大使其应用前景受到限制，同时相较集成度更高的 CMOS MMIC 在成本、尺寸和研发周期上占劣势，未来将逐步被 CMOS 工艺所替代。

CMOS MMIC 集成度更高，带来成本、体积和研发周期的优势。CMOS 晶圆的低价、CMOS 工艺在大规模生产上的成本优势，基于 CMOS 工艺的 MMIC 占系统总成本比重相较 SiGe 的 36% 下降至 18%，结合 SoC。受益于更高集成度，CMOS 工艺的毫米波雷达体积进一步缩小、雷达适配性更好，同时前端射频芯片需要量从 AsGa 和 SiGe 的 7-8 颗、2-5 颗降低至 1 颗，雷达模块设计复杂度和难度大幅降低，从而使研发周期缩短。

图 38：更高集成度、更低成本是 MMIC 芯片技术的发展脉络

	GaAs工艺	SiGe工艺	CMOS工艺	SoC工艺
射频部分主要材料	GaAs砷化镓 材料稀缺，成本高	SiGe锗硅 拥有高集成度、良率和成本优势	互补型半导体 工艺成熟、性价比高、集成度高、开发周期短	2019年新出现的工艺技术，称为系统级芯片，将收发模块和处理模块集成
前端射频芯片需要量	7-8颗	2-5颗	仅1颗	成本仍有30% 下探空间
前端射频芯片成本占比	40%左右	36%	18%	
	1990年	2009年	2017年	

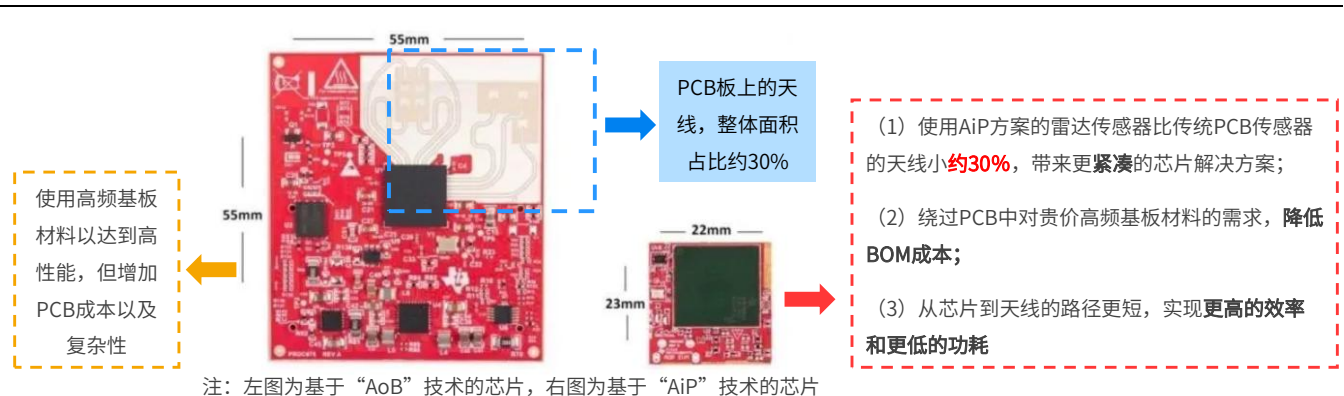
数据来源：加特兰，电子发烧友，国泰君安证券研究

4.2.2. AiP（封装天线）进一步带动毫米波雷达集成度提高、体积与成本下降

AoB（Antenna on Board，板载天线）将天线以及电源管理电路、闪存等集成在 PCB 基板上。AoB 方案中的天线放置在高频 PCB 基板材料上，增加了 PCB 的成本和结构复杂性，因而成本较高。AoB 是当前前向毫米波雷达的主流天线设计方案。

AiP（Antenna in Package，封装天线）是将收发天线、MMIC 芯片以及雷达专用处理芯片集成在同一封装内，是将毫米波雷达向更高集成化推进的技术方案。由于整体面积大幅缩小且绕过高频 PCB 材料需求，AiP 技术带动体积更小、成本更低的毫米波雷达诞生。同时更紧凑集成化的设计使芯片到天线的路径更短，带来更低功耗和更高效率，但因使用小型天线将导致雷达探测距离以及角分辨率下降。

图 39：AiP 方案的运用将使得毫米波集成度更高、功耗和成本进一步下降



数据来源：知乎@frostblade，德州仪器，国泰君安证券研究

4.2.3. 毫米波雷达 SoC 芯片开启高集成度、小型化、平台化和系列化时代

在毫米波雷达 CMOS 工艺、AiP 封装技术走向成熟并大量应用的背景下，毫米波雷达已逐步从不同模块分立向模块高度集成的“毫米波雷达 SoC”形态进化。毫米波雷达 SoC 技术将收发模块（MMIC、RF）和处理模块（DSP、MCU）集成于同一块芯片中，充分满足汽车及 IoT 行业对于整体小型化、集成化要求，是毫米波雷达产品形态的一次巨大提升，并使产品的平台化、系列化发展和下游模组研发变得更容易。

图 40：“SoC 集成”是毫米波雷达芯片的重要发展趋势



数据来源：九章智驾，芯论语，国泰君安证券研究

平台化、系列化的毫米波雷达 SoC 使下游用户的研发效率提高。毫米波雷达 SoC 支持各种调试功能，CPU 资源管理更加便捷，符合 Automotive SPICE 标准，可以让下游模组、毫米波雷达应用端用户导入更加容易，相关产品更快上市。

毫米波雷达 SoC 研发和规模化生产难度较高，掌握核心技术且能稳定量产的雷达芯片厂商具有较强竞争力。由于集合了多种模块，研发毫米波雷达 SoC 需要集合芯片设计、天线设计、封装设计等研发资源，车规领域还需配备强大的过车规团队和资源，并在制造环节投入较大的资源以稳定良率，对研发厂商的要求较高。较高的门槛亦是护城河，掌握核心技术并能稳定量产的毫米波雷达芯片产商将在未来分享更多市场份额。

图 41：毫米波雷达成本在“CMOS+AiP+SoC”工艺的带动下成本降低至第一代 GaAs 方案的 15%



数据来源：加特兰发布会

CMOS 半导体工艺、AiP 先进封装技术与 SoC 集成使得采用 SoC 芯片的毫米波雷达集成化更高、体积更小。一方面带动成本进一步降低约 25%，另一方面使毫米波雷达尺寸更小、应用场景大幅拓宽，结合同时带来的低功耗和模组开发难度降低，共同推动毫米波雷达的性价比不断提升，毫米波雷达及芯片产业已越过大规模落地应用的临界点。

4.3. 自动驾驶、国产替代与外延场景需求快速增长打开市场空间

4.3.1. 传感器成本下降结合性能提升，多融合方案相较纯视觉长期竞争力更强

多传感器融合路线在复杂驾驶场景下的稳定性优于纯视觉方案。纯视觉方案存在：易受到环境光线影响、算法开发难度和训练所需数据量巨大、测距和空间建模能力弱、在面对训练数据外场景时的可靠性较低等问题。由于多传感器融合方案加入了不同特性和能力的传感器，能提供距离、速度等更丰富维度的感知数据和更大的能力范围，如毫米波雷达克服纯视觉方案在雨雪雾等恶劣天气与眩光下的感知能力。

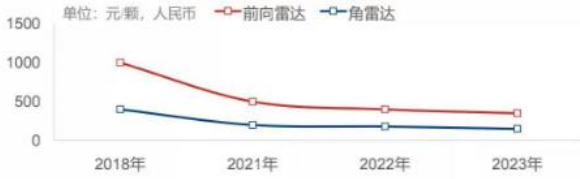
同时，非摄像头传感器也在出现成本下降、性能提升的变化，相较纯视觉方案依靠单一传感器，具备更多信息冗余的多传感器融合方案更具长线竞争力。一方面，传感器近年来成本不断下降。根据高工智能汽车数据，2023 年前向毫米波雷达价格从 2018 年的 1000 元以上下降至 500 元左右。另一方面，传感器性能正不断提升。如高通内部开发的“雷达深度神经网络”提升雷达探测效果，以及克服传统毫米波对静态物体识别能力缺陷的 4D 毫米波雷达。

传感器成本不断下降性能不断提升的背景下，多传感器融合或将成未来主流自动驾驶方案，引发更多毫米波雷达及芯片需求。特斯拉 HW4.0 纳入 4D 毫米波雷达接口的背后是近年搭载量提升带来规模效应推动传感器成本降低、以及毫米波雷达为代表的非摄像头传感器性能不断提升的趋势，使得多传感器融合路线成本降低、相对纯视觉方案的性价比不断提升。

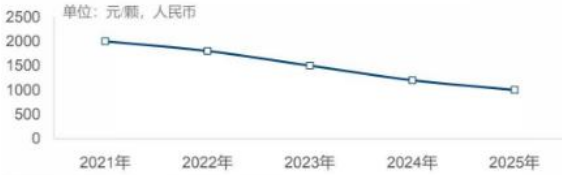
图 42：毫米波雷达成本近年来不断下降且趋势或将延续

图 43：中国乘用车毫米波雷达安装量有望在 2025 年达到 2432.1 万个，较 2021 年增长一倍

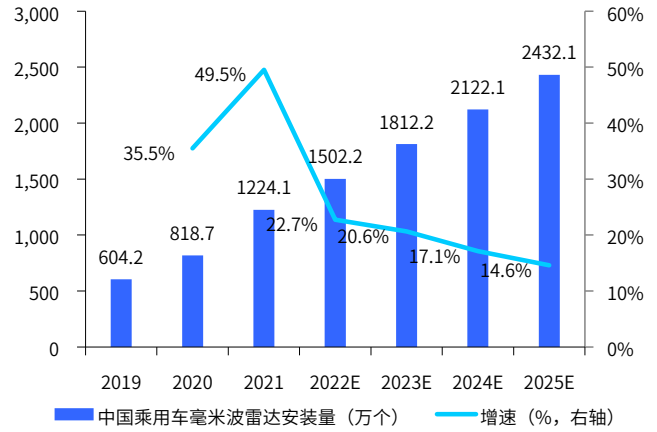
传统毫米波雷达价格趋势预测



4D成像雷达价格趋势预测



数据来源: 高工智能汽车



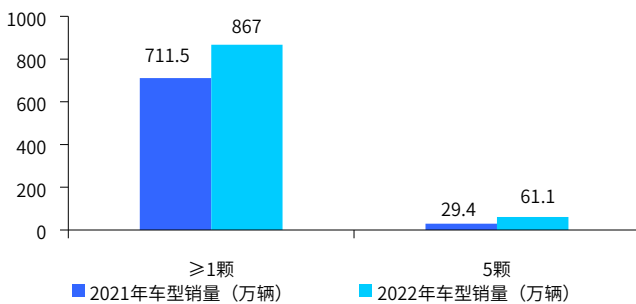
数据来源: 佐思汽研, 国泰君安证券研究

4.3.2. 自动驾驶渗透加速推动毫米波雷达搭载量提升, 未来市场空间可观

国内毫米波雷达迎来“装配车辆整体规模”和“单车搭载量”的同步增长, 需求基础的不断增长使得毫米波雷达及芯片市场空间不断打开。

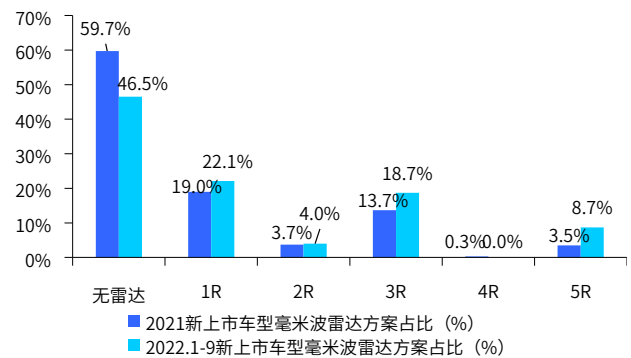
- ✓ 一方面, 在主机厂推出的新款车型中, 辅助驾驶功能逐步成为标配并带来搭载毫米波雷达汽车整体规模增长。2022年中国乘用车搭载毫米波雷达车型销量达867万辆, 相较2021年711.5万辆同比增长21.9%, 未搭载毫米波雷达的车型销量则同比下降15.0%; 2022年1-9月内推出的新款车型中, 未配备毫米波雷达的车型占比从2021年的59.7%下降至46.5%, 搭载毫米波雷达成为趋势。

图 44: 搭载毫米波雷达车型销量不断增长



数据来源: 佐思汽研, 国泰君安证券研究

图 45: 搭载毫米波雷达的车型数量明显增加

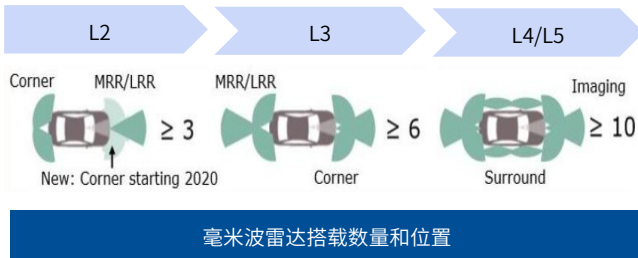


数据来源: 佐思汽研, 国泰君安证券研究

- ✓ 另一方面, 在全球L2及以上级别自动驾驶加速渗透背景下, 毫米波雷达单车搭载量增长空间巨大。当前上车的毫米波雷达主要为前向雷达, 通过一颗前向毫米波雷达探测前方车距以及角度, 用于完成自主紧急制动和自适应巡航控制的中远程雷达应用。在L2+及以上自动驾驶中, 如变道辅助、碰撞预警等更高阶的自动驾驶功能离不开毫米波雷达支持, 除前向外, 后向、角、侧向、舱内等都将成毫米波雷达配备的新位置。单车毫米波雷达搭载情况将不仅发生“从无到有”的变化, 更将不断从0-1发展阶段向1-10的阶段加速迈进, 为毫米波雷达打开更广阔的需求空间; 根据佐思汽研的数据, 2022

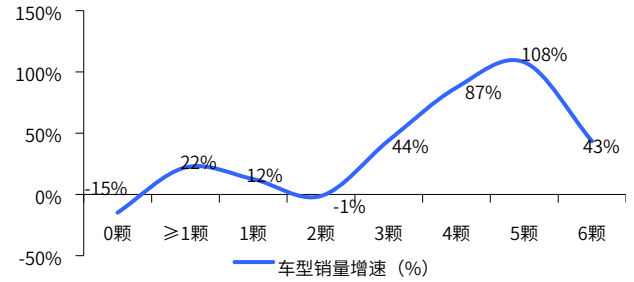
年搭载3颗、4颗、5颗和6颗毫米波雷达的销量增速分别达到44%、87%、108%和43%。

图 46: 高阶自动驾驶要求搭载更多毫米波雷达



数据来源: 英飞凌

图 47: 搭载 2 颗以上毫米波雷达车型销量增加明显



数据来源: 佐思汽研, 国泰君安证券研究

4.3.3. 座舱内毫米波市场逐步成熟, 有望成为产业下一增长极

座舱内的毫米波雷达将成应用新热点。智能座舱已成为智能汽车未来竞争的热点之一, 安装在座舱车顶的毫米波雷达能够进行全区域、全目标的探测识别, 且不受遮挡物影响。在毫米波雷达技术迭代驱动成本下降的背景下, 小型化、低成本、私密性更好的座舱内毫米波雷达存在大量潜在需求。

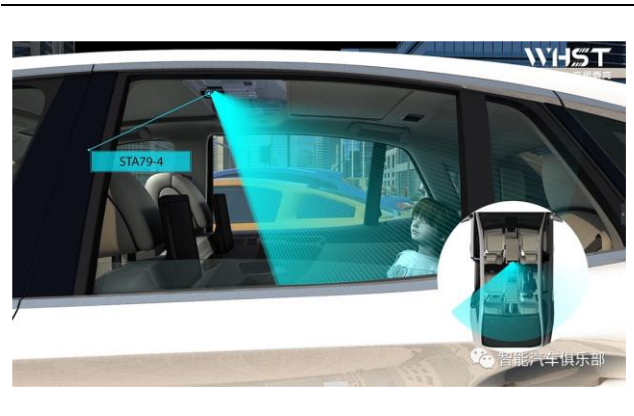
近年来, 车内乘员感知监控系统(OIS)重视度不断提升。如 Euro NCAP 已将对儿童车内遗留检测(Child Presence Detection)纳入打分系统, 标准要求检测出独自留在车内的孩子并向车主或紧急服务部门发出警报, 以避免中暑死亡。中国新车评价规程(C-NCAP)与美国国家公路交通安全管理局(NHTSA)也在制定新规则, 在舱内强制安装“预警系统”, 提醒检查后座, 尤其是儿童。根据高工智能汽车数据, 2021年中国市场乘用车标配搭载舱内生命体征感知功能的上险量达到4.41万辆。相较智能驾驶传感器级别毫米波雷达芯片, 舱内毫米波雷达芯片要求相对降低, 对于现有毫米波雷达及芯片龙头公司而言可利用强大研发和渠道优势, 抢占座舱毫米波市场机遇。

图 48: 毫米波雷达在座舱监控中具有独特优势, 未来有望广泛应用于 OIS

	压力传感器	摄像头	毫米波雷达
原理	重力感应	影像算法分析	电磁波多点检测
优势	方案相对成熟, 成本本低	通过画面可以精准分析后排情况	深度感知, 可透过遮挡物, 车内覆盖面广, 可进行生命体征检测, 成本低
局限	只能对后排有无被占据进行检测, 无法分析是人还是物、大人小孩	隐私风险、遮挡问题	区分活体位置方位

数据来源: 智能汽车俱乐部, 国泰君安证券研究

图 49: 森思泰克车内成员检测雷达隐藏在顶棚内部



数据来源: 森思泰克, 智能汽车俱乐部

5. 趋势四: 新性能、新场景, 4D 毫米波雷达开启产

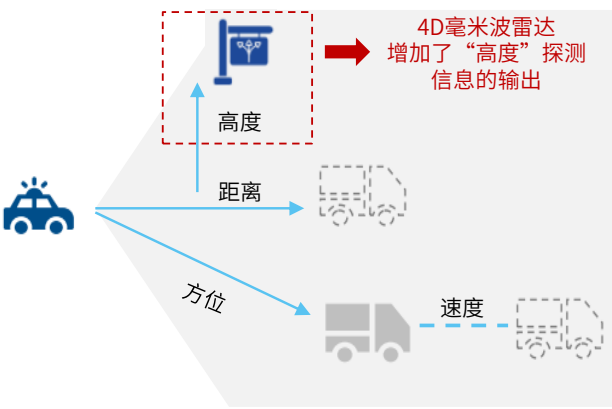
业全新增长周期

5.1. 延续优势+性能升级, 4D 毫米波雷达是毫米波雷达一次大幅进化

5.1.1. 4D 毫米波雷达增加“高度”探测信息, 各项性能进一步提升

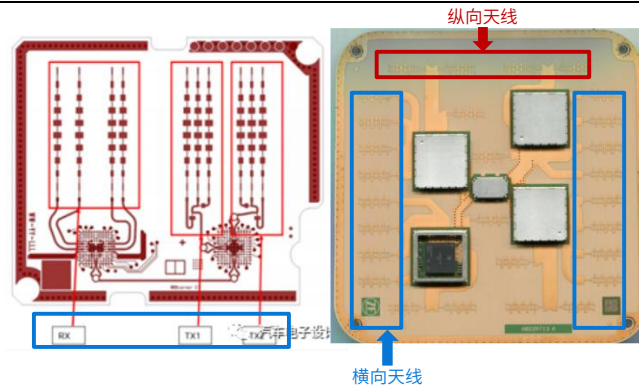
4D 毫米波雷达的“4D”是指：高度、距离、方位以及速度四个维度。相较传统毫米波雷达，4D 毫米波雷达增加了“高度”维度探测信息的输出。4D 毫米波雷达通过改变芯片技术，增加纵向天线数量实现俯仰角度的测量。4D 毫米波的高度信息输出原理和方位角类似，利用不同接收天线对同一回波信号的相位差计算得出角度的测量。毫米波雷达使用单片收发器，需通过增加虚拟通道 MIMO 数（虚拟通道数 = 接收天线数量 × 发射天线数量）实现俯仰角度的测量。输出高度信息的核心是要增加纵向天线数量，不同于传统 CMOS 毫米波雷达的单颗芯片构成形态，4D 毫米波雷达芯片通过级联、单芯片集成和虚拟孔径算法三种技术实现虚拟通道数增加，从而增加更多返回点接收高度信息。

图 50: 4D 毫米波雷达能提供更“立体化”的探测结果



数据来源：CSDN，国泰君安证券研究

图 51: 相较传统雷达，4D 毫米波雷达在硬件上增加了纵向方位的天线排列



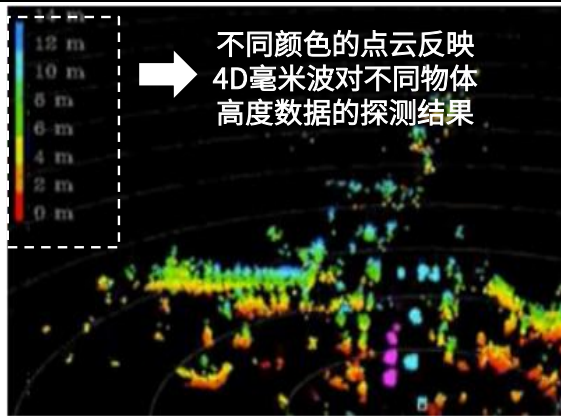
注：左为传统毫米波雷达PCB拆解图，右为4D毫米波雷达拆解图

数据来源：汽车电子设计，调皮连续波，国泰君安证券研究

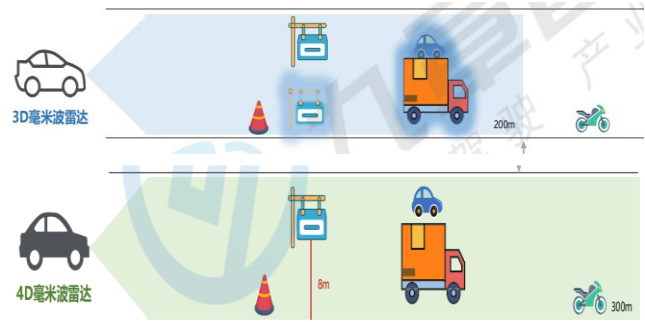
4D 毫米波雷达输出结果呈现立体点云状，相较传统毫米波雷达在识别度、灵敏度、分辨率等方面都有所提升。(1)4D 毫米波雷达识别度更高：由于增加了高度的探测，4D 毫米波雷达能输出类似激光雷达的立体点云数据，使其能够更有效解析测得目标的轮廓、行为和类别，对传统雷达难以探测的体积较小的、被遮挡的、静止的、或者处于横向移动状态的障碍物识别程度更高；(2)4D 毫米波雷达探测距离更远：根据 HASCO 的测试数据，4D 毫米波雷达可在 190 米外探测到摄像头无法探测到的障碍物轮胎。同时，较之传统毫米波雷达探测距离在 200m 以内，4D 毫米波雷达的探测距离已可提升至 300m；(3)4D 毫米波雷达分辨率更高：4D 毫米波雷达可借助天线布局和算法调整将传统雷达由于角分辨率不足而难以区分的如同向同距同速强弱目标区分开，应对复杂场景的能力更强。

图 52: 由于增加了高度信息，4D 毫米波雷达可输出一定的“立体点云”数据

图 53: 4D 毫米波雷达上车后的优势主要体现在探测距离、高识别度等方面



数据来源：傲酷，国泰君安证券研究

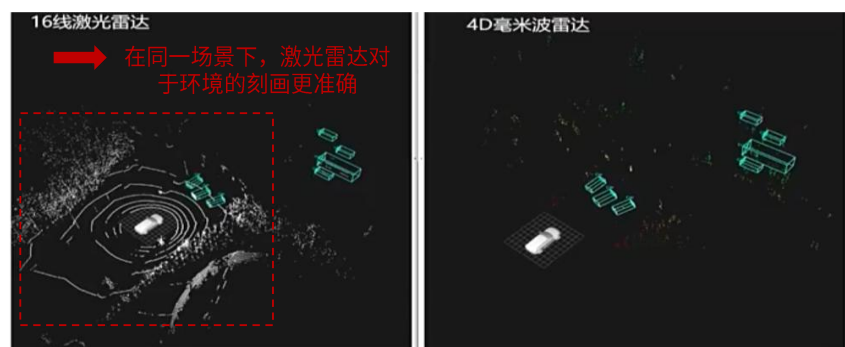


数据来源：九章智驾

5.1.2. 4D 毫米波雷达或有接近低线束激光雷达的性能潜力，但并非替代关系

4D 毫米波雷达与 16 线/32 线/64 线等低线束激光雷达成像质量相近，但在激光雷达向高线数发展的大背景下，二者竞争关系较弱、并非替代关系。4D 毫米波雷达点云和低线束激光雷达处于同一数量级，因此二者性能可比，但无法达到高线数激光雷达的水平。目前 4D 毫米波雷达点云数量级在万级及以内居多，同低线束激光雷达相近，而 96 线/128 线/144 线的高线数激光雷达的点云密度处于几十万或上百万的量级水平，两者差距较大；4D 毫米波雷达的瓶颈在于其水平和垂直角度分辨率存在上限，和高线数激光雷达差距较大。现有的 4D 毫米波雷达角分辨率最高在 1° ，大多处于 $1.5\text{-}2^\circ$ 水平，和低线束激光雷达水平相当，而高线数激光雷达的水平 and 垂直角分辨率能够达到 $0.1\text{-}0.2^\circ$ 。

图 54：4D 毫米波雷达的点云密度与低线束激光雷达相当



数据来源：CSDN，国泰君安证券研究

4D 毫米波雷达与激光雷达主要在测速精度以及恶劣环境下工作两个方面形成互补。(1) 测速精度：4D 毫米波雷达直接通过多普勒效应测速，较激光 ToF 法精度更高；(2) 恶劣环境下工作：4D 毫米波雷达依靠电磁波，能够在浓雾、雨天、强光环境下正常工作，弥补激光雷达的光学故障情况。在当前趋势下，4D 毫米波雷达较激光雷达具备一定成本优势。根据恩智浦，2021 年规模应用的激光雷达成本是四个级联毫米波雷达的 10 倍左右，预计未来随着装车量增加两种传感器的成本均会同步下降，但至 2030 年激光雷达成本预计仍为 4D 毫米波雷达 2 倍左右。

表 10: 4D 毫米波雷达相较激光雷达的突出优势在于全工况工作上

	4D 毫米波雷达	激光雷达
感知距离	300-350m	210-250m
分辨率	7.5-60cm	最小 1mm
行人、物体识别	可识别	通过 3D 建模, 易识别
可穿透性	能够穿透物体	前方有障碍物时易探测失效
恶劣天气	不受影响	雨雪雾等极端环境下识别失效 概率高
光照	不受影响	强烈阳光直射会引起失效
成本	较高	高

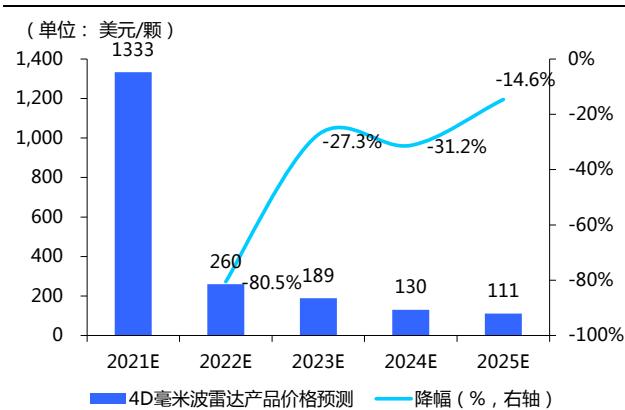
数据来源: 九章智驾, 国泰君安证券研究

5.2. “性能+成本”促使选用多传感器路线的车企积极布局 4D 毫米波雷达

毫米波雷达芯片化带动 4D 毫米波雷达的价格降幅可观。毫米波雷达芯片成本在“CMOS SoC+AmP”的技术下可实现大幅下降。根据加特兰, CMOS SoC AiP 技术较 CMOS SoC/CMOS/SiGe/GaAs 方案可分别节约 25%/50%/70%/85%的硬件成本。Arbe 预计, 2021-2025 年其 4D 毫米波雷达芯片组产品单价将从 1333 美元下降至 111 美元, 2022-2025 同年降幅分别为 80.5%/28.2%/31.6%/14.3%。根据公司招股说明书, 2021 年 4D 毫米波前向雷达单价为 1500 美元/颗, 2022 年单价下降至 220 美元。Arbe 公司作为当下国际 4D 毫米波雷达龙头, 其对 4D 毫米波雷达价格趋势的预测具备一定参考价值。

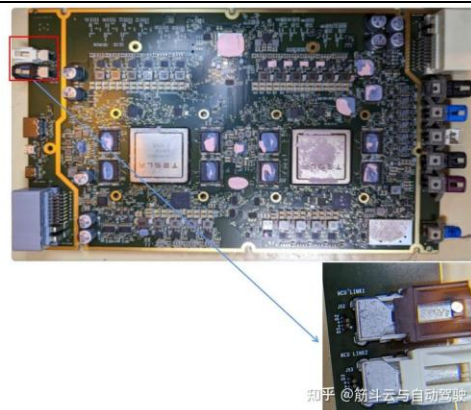
在毫米波雷达成本不断下降、4D 带来性能不断提升的背景下, 特斯拉纯视觉路线方案或出现变化。车企主要考虑 4D 毫米波雷达上车能够带来的功能体验升级以及成本收益, 飞凡汽车首席科学家金杰孟认为 4D 毫米波雷达就是一个成本相对较低, 且能够实现更好智驾体验的传感器。2023 年 2 月特斯拉最新的自动驾驶硬件系统 HW 4.0 实物图流出, 新的硬件系统预留了一个 Phoenix 毫米波雷达接口与雷达加热器, 未来 HW4.0 或将接入 4D 毫米波雷达, 并应用于特斯拉后续 Model X 等量产车型。

图 55: 4D 毫米波雷达年均降幅为 46%



数据来源: Arbe, 国泰君安证券研究

图 56: 特斯拉 HW 4.0 上或为 4D 毫米波雷达准备的 100 Mbps 以太网接口



数据来源: 知乎@筋斗云与自动驾驶

5.3. 起步虽晚但起点更高，国内 4D 雷达模组企业或凭技术和策略弯道超车

在智能化和智驾竞争白日化的中国市场，将现有毫米波雷达 4D 化是国内车企面对竞争、提供更好体验的选择之一，未来装备 4D 毫米波雷达的车型有望不断增加。国内 4D 毫米波雷达模组企业 4D 雷达产品的性能已达到国外同级别水平，4D 毫米波雷达竞争格局尚未成型，中国企业有望抢占市场。作为对传统雷达有替代作用的全新赛道，国内企业有望抓住毫米波雷达 4D 化的趋势，实现在毫米波雷达市场的弯道超车：

- ✓ **以角雷达为突破口：**国内毫米波雷达厂商于 2018 年开始实现角雷达量产，起步虽晚但起点更高：从技术更先进、性能更佳的 CMOS 毫米波雷达阶段开始研发，并从单价低但竞争并不激烈、非核心的角雷达切入，已逐渐在一线自主品牌和新势力车企中实现定点上车；
- ✓ **聚焦本土中小车企和新势力客户：**相较国际厂商将主要精力集中在一线主机厂和前向雷达的策略不同，国内毫米波雷达模组厂商充分发挥自身的本土优势，通过“国内中小车企→一线自主品牌→国际一线车厂”的路径发展客户，并利用国产新势力崛起对国产供应商更宽容和更灵活定点机制的机遇，努力做大做强并完成品质提升，将有望从长期切入毫米波雷达供应链的前列。

表 11：国内已有头部 4D 毫米波雷达企业模组产品性能和海外接近

指标	海外厂商				国内厂商	
	博世	大陆集团	Arbe	森思泰克	福瑞泰克	楚航科技
排名	整体 TOP1	整体 TOP2	—	整体 TOP6 国产 TOP1	国产 TOP3	国产 TOP4
最大探测距离	160m	95m	350m	80m	—	300m
距离精度	0.09-1.2m	±0.2m	—	±0.1m	0.09m	±0.1m
距离分辨率	0.45-0.47m	1.0m	0.6m	0.23m	—	0.4m
视场角	150°	150°	100°	150°	75°	60°
角度精度	0.1-0.4°	±5°	—	±0.5°	±1°	±0.1°
角度分辨率	4.5°	14°	1°	8.5°	—	1.5°
速度探测精度	0.04-0.06m/s	±0.2km/h	—	0.13m/s	0.1m/s	±0.1m/s
速度分辨率	0.23-0.24m/s	1.2km/h	0.1m/s	0.3m/s	—	0.2m/s
俯仰视场角	30°	12°	1.7°	12°	—	15°

数据来源：各公司官网，国泰君安证券研究

国内雷达产品在数据开放度高、服务质量高情况下仍能保持价格优势形成差异化竞争：

- ✓ **数据开放度高：**Cluster（点迹）数据是原始信息，Object（目标）数据是在算法处理过 Cluster 数据后的识别结果，海外厂商一般交付

给车企的为 Object 数据，在软硬解耦的大背景下车企更倾向于获得 Cluster 数据自行处理，因此相比于海外 Tier 1 的“黑盒交付”，国内厂商配合度更高，愿意根据整车厂要求进行定制化交付，产品具备适配优势；

- ✓ **服务质量高：**本土企业产业链稳定，响应速度快，同时能更好地识别中国用户的场景需求，并推进产品定制化与服务差异化；
- ✓ **价格优势：**国内 4D 毫米波雷达厂商在海外第一代 4D 毫米波雷达方案基础上进行了大量硬件成本优化，产品成本约为海外 1/3。

表 12：国内毫米波雷达模组厂商多聚焦为本土中小车企，抢占海外厂商的空白市场

雷达模组公司	2021 年国产乘用车毫米波雷达供应市场竞争力排名	首次量产时间			客户及其规模 注：出货量 20 万台以下的为中小车企
		24GHz 角雷达	77GHz 角雷达	前向雷达	
森思泰克	1 (量产规模 Top1)	2018 年	2019 年	—	一汽奔腾、一汽红旗、东风、吉利、理想、长安
德赛西威	2 (行业影响力 Top1)	2019 年	2021 年	2023 年	长城、奇瑞、通用五菱
福瑞泰克	3	—	2021 年	2020 年	吉利路特斯
楚航科技	4	—	2020 年	2022 年	长城、长安、奇瑞、东风、江铃、海马 (中小车企)、大运 (中小车企)、零跑 (中小车企)、合众 (中小车企)
木牛科技	5 (成长潜力 Top1)	—	—	—	国内多家新能源汽车 (中小车企)

数据来源：高工智能汽车，各公司官网，国泰君安证券研究

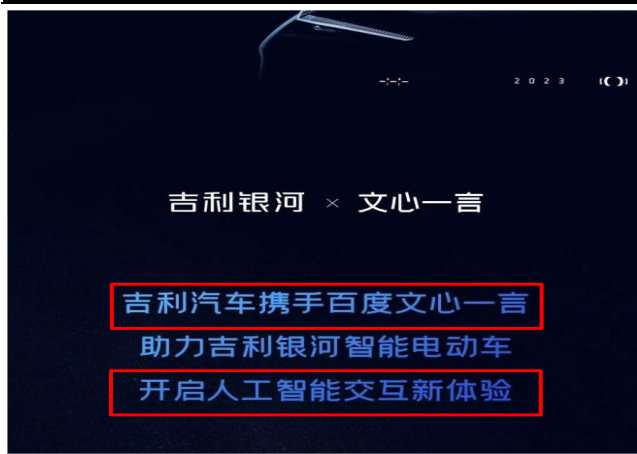
6. 趋势五：大模型赋能座舱，智能座舱新战场

6.1. 大模型将给予智能座舱一次深度进化

拥抱大模型技术是智能汽车行业全面且快速形成的共识。现象级大模型产品 ChatGPT 问世以来受到各行各业广泛关注，产业迅猛发展，正引领一次新的产业革命。当下汽车行业也正积极布局、拥抱大模型：无论是百度、商汤等人工智能龙头公司旗下大模型与众多车企官宣合作，还是蔚来、理想、小鹏等智能汽车头部车企公开自研大模型计划，或是华为等科技巨头宣布将在其汽车问界 M9 上接入盘古大模型，大模型技术正加速向中国智能汽车行业渗透。

图 57：吉利汽车加入百度文心一言大模型生态

图 58：华为问界 M9 接入盘古大模型 3.0



数据来源：吉利汽车，国泰君安证券研究



数据来源：华为，国泰君安证券研究

智能座舱将是**大模型上车的良好切入点**。当前智能座舱作为一个高度自动化和信息化的环境，存在大量可挖掘利用的数据信息和服务场景，是智能汽车技术革新和竞争的核心领域之一。而大模型背后强大计算处理能力、生成和多模态交互能力可带给智能座舱更高的智能化水平、更丰富的交互能力，从而提升智能座舱的安全性、效率、用户体验和商业潜力。大模型接入智能座舱将从语音识别、多模态交互、定制化服务以及更多智能应用和娱乐功能场景等多个方面赋能，让智能汽车提供更贴近消费者需求的体验服务，将汽车智能化向更高发展层次推进。

图 59：大模型将从多个维度提升智能座舱体验



资料来源：车云，捷途汽车，国泰君安证券研究

6.1.1. 大模型提供识别更精准、理解力更强大的车载语音助手

众多车企依托语音识别技术，实现大模型上车。由于大模型技术产品中的 ChatGPT 具有明显的对话功能与辅助属性，与智能座舱中的语音助手模块有高度的适配性。因此众多车企率先从语音助手模块突破，结合大模型技术，实现智能座舱更准确、强大、丰富的语音助手能力。

- ✓ 首先，大模型能够提供更准确、更流畅的语音识别功能。通过深度学习和自然语言处理技术，大型模型能够更好地理解和解析用户的

语音指令，提供更高质量的语音识别结果；

图 60：理想汽车 AI 语音助手的多元功能



数据来源：理想汽车

图 61：理想 Mind GPT 实现语音助手与多个用车场景结合



数据来源：理想汽车，国泰君安证券研究

- ✓ 其次，大模型具有更丰富的知识储备、更强大的语义理解能力。车载语音助手可以通过大模型学习用户的语言习惯、上下文信息以及个性化需求，更好地理解用户的意图和需求，做出更智能、更准确的回应。理想汽车的 Mind GPT 自带记忆网络，可以实现让车载 AI 助手“理想同学”能基于历史对话记住个性化偏好和习惯；
- ✓ 此外，通过模拟人类的语言表达方式和情感，大模型可以使车载语音助手更加自然、亲切。大模型能够更加自由流畅的对话，提供更好的用户体验。更关键的是，通过大模型赋能，车载语音助手可以成为大模型上车的窗口，与用户频繁使用的不同用车场景结合，探索更多的可能性。

6.1.2. 大模型给予智能座舱深度的多模态交互

多模态的大模型技术可以综合处理语音、视觉、触觉等多种类型的数据，进一步提升汽车领域智能座舱的应用。

- ✓ 在语音识别与自然语言处理方面，大模型可以提供更精准的语音识别功能，深度理解并解析驾驶者的语音指令，将驾驶者的语音指令转换为文字数据，实现智能的语音交互；
- ✓ 在视觉识别与图像处理领域，大模型可以通过深度学习和计算机视觉技术，对座舱内的图像数据进行分析和处理，识别驾驶者的面部表情、手势动作等非语言交互信号，并将其转化为相应的指令和反馈；
- ✓ 在触觉感知与反馈方面，大模型可以通过分析座椅传感器数据、振动信号等触觉感知信息，进一步增强座椅的响应能力。例如，根据驾驶者的体态和行为，智能调节座椅的支撑力和按摩力度，提供更舒适的驾驶体验。

图 62: 多模态的大模型打通不同信息形式的交互



数据来源：红杉资本，国泰君安证券研究

多模态的大模型技术把舱内外各种不同类型的传感器融合，将不同类型数据处理分析并综合，全方位地感知乘客和驾驶员的需求，提供专业化的服务。2023年12月理想汽车发布的OTA 5.0通过覆盖全车多音区的数字硅麦、3D ToF摄像头、IR传感器，以及基于空间多模态感知3M技术，“理想同学”可以充分感知舱内空间的多模态信息。例如，当驾驶员说话的时候，理想汽车将同时进行语音和图像的识别，通过驾驶员头部向右偏转的角度，判断驾驶员的说话对象是车载语音助手还是副驾驶乘客，进而做出反馈。将来车内大模型将无处不在，大模型将推进智能座舱多模态的交互能力，形成极致的用户交互体验，提升驾驶体验感与安全性。

图 63: 理想全自研多模态大模型 Mind GPT 提升智能座舱多模态交互能力，用户体验感强



资料来源：理想汽车，国泰君安证券研究

6.1.3. 大模型推动更个性化的智能座舱体验

智能座舱通过运用 AI 大模型，提供千人千面的个性化定制服务。通过 AI 大模型分析用户的行为习惯与个人偏好，智能座舱将为客户带来更精准、更具个性化的座舱界面和交互方式。

- ✓ **语音识别个性化:** 大模型可以根据用户的口音、语速、语言、文化背景和乘坐频率等特征进行个性化识别，优化显示语言、音频提示和界面布局，提供更加精准的服务，减少沟通障碍；
- ✓ **娱乐系统个性化:** AI 大模型可以分析乘客的娱乐偏好，推荐个性化内容，甚至根据历史行为预测乘客可能感兴趣的内容，包括音乐、电影、游戏等多种娱乐形式。例如，车载娱乐系统可以根据用户的音乐偏好推荐新的曲目，优化用户交互体验；
- ✓ **驾驶辅助个性化:** AI 大模型通过分析驾驶者以往的驾驶习惯和偏好进行个性化调整，结合驾驶辅助系统，推荐符合驾驶者偏好的合适导航路线，调整座椅姿势，智能调节座椅的支撑力和按摩力度，提高驾驶舒适度。根据乘客的喜好和需求，AI 大模型也可以实时调整座舱的环境，包括温度、湿度、照明等，以提供更加舒适的体验。

图 64: 商汤绝影智能座舱基于 AI 大模型提供丰富的个性化体验



数据来源：商汤绝影发布会

6.1.4. 大模型使智能座舱功能更加丰富

搭载 AI 大模型技术，智能座舱将丰富、升级驾驶功能。中国汽车行业正努力智能化转型，而随着技术的不断升级创新，搭载 AI 大模型技术后，智能座舱不仅仅局限于单模态、常见的车载语音、导航等功能，而是紧贴消费者需求，丰富环境控制、健康管理、娱乐与信息服务、汽车状态监测维修等智能座舱新功能。

- ✓ **智能座舱环境控制功能:** AI 大模型将综合温度和湿度传感器、空气质量监测器等数据，感知座舱内实际的温度、湿度和空气状况。基于用户偏好或座舱的设定，智能座舱系统可以通过调节空调系统来调节座舱温度和湿度，调整通风系统和空气过滤器，以确保座舱内

的空气质量达到舒适和健康的标准；

- ✓ **智能座舱健康管理功能:** 通过结合乘客的个人健康数据和座舱环境信息, AI 大模型可以提供个性化的健康管理方案。健康类传感器或提供心率、血压等生物识别数值, AI 大模型进行实时监测与数据分析, 进一步进行安全预警或驾驶分析, 保障驾驶安全;
- ✓ **智能座舱娱乐与信息服务功能:** AI 大模型可以结合历史记录和用户偏好信息, 提供给消费者个性化的音乐、电影、视频等娱乐项目推荐。AI 大模型还能根据乘客的偏向与出行目的, 为其提供个性化的信息推荐, 包括航班查询、酒店预订、美食推荐等。大模型不仅提升座舱智能化水平, 也紧贴用户需求, 显著提升乘客体验感与满意度。特别地, 基于多模态交互, 智能座舱或有能力监测驾驶员的疲惫或注意力集中状态, 及时提高或降低娱乐设备声音, 以保证驾驶安全;
- ✓ **车辆状况监测维修功能:** AI 大模型赋能车辆状况监测系统, 提高座舱维护效率。AI 大模型通过车辆传感器信息, 掌握车辆装备状态, 对故障进行及时预警, 以降低事故发生的可能性, 延长车辆使用年限。同时, AI 大模型也会对历史装备修理数据进行记忆, 以更精准、更快速地锁定问题, 提高智能座舱维护效率。

6.2. 大模型全面接入智能座舱仍面临众多难点与挑战

6.2.1. 大模型需要挑战更高的算力要求

大模型接入智能座舱算力支撑层面尚存巨大挑战。

(1) 大型深度学习模型通常包含数十亿甚至数百亿个参数, 当下车企获取海量训练算力的难度较大。大模型需要分析用户的行为偏好, 并根据用户的选择不断深入学习, 自我优化。这意味着需要巨量的训练算力资源, 在当前算力供不应求、算力价格高居不下的背景下, 车企独立训练大模型难度和成本极高;

(2) 大模型应用需要更高的云端算力支撑。除训练外, 大模型在智能座舱内实际提供实时准确交互的多模态交互应用的过程中, 还需要车企在云端提供大量运算推理资源支撑, 大模型运用量越大、所需消耗的云端算力越多, 对车企而言网络压力和成本也越高;

(3) 大模型上车对车端算力需求亦大幅增加。未来大模型大规模应用座舱后, 考虑到计算资源利用的性价比以及隐私保护等要求, 大模型使用过程中一部分计算和存储需要由车端计算资源完成, 需要由比当前水平更高的车载计算芯片支撑。但芯片技术进步、车规验证、芯片价格等因素都将成为车端算力芯片研发的种种困难。

6.2.2. 算法研发也是大模型上车的难点

大模型接入智能座舱存在高算法研发要求。

- ✓ 首先，多模态交互对算法技术提出了更高的要求。多模态交互引入了更大量、更高质量、更多样化的数据，因此需要优化算法研发和硬件配置以提高模型性能、泛化能力和响应速度。算法研发不仅需要关注初步设计和实现，还要关注模型的持续更新、学习和优化；
- ✓ 其次，算法研发的目标是确保数据信息在驾驶过程中的实时性、稳定性和可靠性。由于驾驶过程中会不断涌现实时的新数据和新的任务需求，需要及时处理并在短时间内提供用户反馈结果。因此，对模型算法进行定期的更新和改进至关重要。高水平的算法研发能够显著提升数据信息处理效果，从而改善智能座舱的使用体验。

6.2.3. 隐私保护问题是重中之重

随着智能座舱的复杂性和用户数据的增加，隐私安全问题将成为关注焦点。大模型技术的应用使智能座舱能够利用多传感器数据进行多模态深度交互。然而，涉及摄像头、语音、导航等多方面的隐私数据的存储和处理引发了消费者的担忧。更进一步，大模型作为具备学习记忆能力的智能技术，对用户个性化偏好进行记录和分析，这可能导致隐私泄露的风险。

大模型在座舱的应用需要多渠道保障数据安全。更好地推动大模型上车需要消除消费者对隐私安全的顾虑。在数据存储方面，可借助数据脱敏技术，采用加密、隐藏等处理方式，防止敏感信息泄露。在数据传输部分，同样建立严格的隐私保护体系，采用数据加密传输，形成数据本身和渠道的多重加密保护，以防范信息被非法盗用。

6.3. 车企正积极推动大模型在座舱内落地

汽车智能化转型大趋势下，车企纷纷布局大模型进入智能座舱。车企部分通过自行研发、部分与科技企业合作，纷纷推进大模型接入智能座舱，推动汽车智能化升级发展。其中，不同车企在应用场景也找寻独特亮点，形成差异化优势吸引消费者。

表 13: 头部车企推动大模型进入智能座舱的亮点

企业	大模型	在智能座舱中的应用
华为	智界 S7 车载助手小艺	<p>语音、环境助手: 满足语音识别、看图说话功能。通过自主学习与感知，在个性化识别用户偏好基础上主动提供服务，例如主动启动空气净化、主动调整空调等环境功能。</p> <p>娱乐功能: 小艺助手与文化科技公司、影院合作，在车载创新平台“欢银电影”上为用户带来智能订票观影服务，包括时间提醒、影院地址导航、取票号信息提示等。</p>
理想	Mind GPT AI 理想同学	<p>语音用车助手: 通过与理想同学对话，实现导航、按摩、音乐等常用车内设备开启功能。</p> <p>娱乐助手: 智能化推荐音乐、电影等，并具备模糊问答能力，可通过模糊描述帮你定位电影或歌曲，实现检索功能。</p> <p>知识老师: 通过语音或屏幕交互，可向理想老师提问关于天文、地理、历史、动物等多方面百科知识。</p>

商汤	商汤绝影 UniAD 大模型	<p>多模态大模型: 感知用户多方面需求。包括虚拟助手, 新闻、绘画、伴读等智能应用, 车辆状况监测等。</p> <p>记忆模块: 长短期记忆模块, 记录用户纪念日、日程安排、个人行为偏好等, 形成个性化行车体验。</p> <p>健康问诊: 利用传感器数据, 获取用户血压、心跳等健康数据指标, 提供健康咨询。在紧急情况下, AI-ECall 进行救援呼叫, 也可以实现自动驾驶接管。</p>
科大讯飞	奇瑞星纪元 ES 讯飞星火认知大模型	<p>5 大核心应用场景: 车辆工程师, 冷暖共享伙伴, 知识百科全书, 旅行规划管家, 身体健康顾问。</p> <p>全自由、全场景交互: 任务与聊天快速切换, 深度语义理解, 情感交互。</p> <p>知识库与车辆服务: 知识百科全书, 车辆工程师, 提供车辆服务与控制能力。</p>
小鹏	小鹏汽车智能座舱系统 XOS 天玑 XGPT 灵犀大模型	<p>交互界面多任务架构: 大屏按 3:7 比例呈现导航、娱乐等应用界面, 多任务可独立操作。全新 X Dock 可自定义不同高频功能放置, 实现常用功能交互。</p> <p>全场景车感 SR: 深度整合上车、行驶、临停、充电、停车等多个用车场景, 打造一站式服务体验。提供多达 20 种 ADAS 辅助警示, 360 度显示车辆感知范围, 保障驾驶安全。</p> <p>语音系统: 大模型接入语音系统, 全新 AI 小 P 拥有超过 800 项技能, 语音呼叫“小 P”即可实现任务传达。搭载大模型后, AI 小 P 的感知理解和推理能力大幅提升, 可主动推荐服务, 未来将实现远程手机操控。</p>
蔚来	蔚来汽车 Knowme GPT、NIO GPT、NOMI GPT	<p>NOMI 语音助手: 拟人化的表情, 反应速度接近人类, 智能判断是否需要接话。响应速度行业一流, 结合预测联想的流式全双工架构, 推理并预测用户想说的内容, 后台预执行, 提升响应速度。</p> <p>接入自研 GPT 模型: NOMI 已经接入了高达千亿 TOKEN 的自研 GPT 模型, 增加 NOMI 的理解和推理能力。</p>
百度	文言一心大模型	<p>头部车企加入合作: 汽车行业包括岚图、红旗、长城、东风日产、爱驰、零跑、吉利、海马、哪吒等在内的车企纷纷加入文心一言朋友圈, 表明和百度合作进行汽车大模型智能化发展的决心。</p> <p>配置智舱开发工具链: 百度的座舱大模型在文言一心大模型的基础上, 深度融合车内环境与用车场景, 同时配置开发工具链, 允许各车企以较低成本开发自己的个性化座舱功能。</p>
吉利	吉利银河 L6 全栈自研 AI 大模型 极氪 Kr AI 大模型	<p>语音模型: 500TB 超大规模中文文本数据构建及数据清洗算法开发, 模型使用 1.5T TOKEN 超大规模中文数据集。实现语音识别、智能对话, 理解能力强, 反映时间短, 对话流畅, 与车内其他简单功能交互, 通过语音实现功能开启关闭。</p> <p>视觉模型: Wow 壁纸, 内含海量原生精美图片, 用户可将其设置为中控屏和副驾屏的壁纸。AI 大模型可以根据用户选中的风格, 智能创造全新的独一无二个性化壁纸, 打造个性化的座舱环境。</p>

数据来源: 各公司官网与发布会, 国泰君安证券研究

7. 趋势六: AR HUD 加速上量, 有望成为智能汽车一块新屏幕

7.1. AR HUD 满足更安全、更丰富的智能汽车驾驶与交互体验

车载 HUD 是呈现驾驶信息的技术。HUD 是英文 Head-Up Display 的缩写，即抬头显示系统。该技术的核心是利用图像生成单元将信息通过光学成像系统投射到驾驶者视野前方，通过车载 HUD 驾驶员无需低头即可读取车辆以及驾驶相关信息，从而减少驾驶员低头次数、减少“盲驾”等驾驶风险。

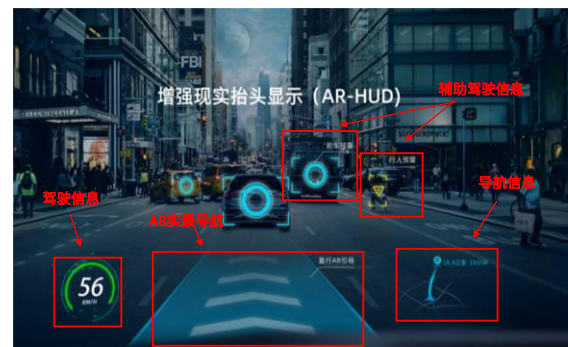
带来更丰富信息展示、更深入智能驾驶体验的 AR HUD 将成车载 HUD 未来重要发展方向。AR(增强现实)是将虚拟信息与现实场景融合叠加，呈现虚实相融视觉和互动体验的技术。而 AR HUD 则是利用 AR 光学成像和虚实融合技术将车辆行驶信息、智能驾驶等虚拟信息通过车载 HUD 设备投影到前挡风玻璃上，并使虚拟信息与车外实时、实际的路况相结合，向驾驶员呈现更加全面丰富且虚实相融的驾驶信息与体验的技术。在智能驾驶和智能座舱不断深度发展大背景下，AR HUD 因具有更大的成像显示区域、更多的应用体验场景、更丰富且更深入的人机交互与辅助驾驶体验，将成为未来车载 HUD 的技术进化趋势与最终形态。

图 65: 传统 C HUD 投影面积小，信息展示有限



数据来源: AutoLab

图 66: AR HUD 融合虚拟信息与现实场景从而提供更全面的驾驶信息



数据来源: 合肥疆程, 国泰君安证券研究

相较传统 HUD, AR HUD 成像区域更广、显示能力更佳。最初的 C HUD 成像区域仅为一小块前置的树脂半透明玻璃，视场角 (FOV) 仅为 $5^{\circ} \times 1^{\circ} \sim 4^{\circ}$ 、投射面积仅为 6~8 英寸，显示内容非常有限。WHUD 成像区域为部分的前挡风玻璃，FOV 为 $10^{\circ} \times 4^{\circ}$ 、投射面积提升至 7~15 英寸，成像区域有一定提升。而 AR HUD 由于要满足虚实相融的信息展示，成像区域必须更大，因而应用了更大和更先进的 PGU，带来 FOV 提升至 $13^{\circ} \times 5^{\circ}$ 及以上、投射面积大幅扩展至 20 英寸以上。同时，比较虚像距离 (VID) 等与 HUD 性能正相关的参数时，AR HUD 性能亦远超其他类型 HUD，无论成像范围还是虚实结合能力都更佳。

更大、更好的显示让 AR HUD 能反馈更多安全驾驶所需的信息，提升驾驶安全。保障安全是驾驶的首要原则与要求。HUD 的设计宗旨是将平视视线之下仪表盘和中控信息投射至视线前方，以降低危险的盲驾风险。传统的 C HUD 和 W HUD 虽然能够投射驾驶信息，在一定程度上减少驾驶员低头看仪表盘的频率，但其本质仍是车辆中控和仪表数据的简单

迁移，无法满足消费者对智能座舱以及智能驾驶体验越来越高的需求。如受限于屏幕显示范围，C HUD 仅能显示车速、导航、油量等仪表盘上最关键的一类驾驶信息；W HUD 在此基础上，虽融入了更多二类驾驶辅助信息，如娱乐信息，来电显示、实时路况等，但仍无法实现虚实融合。AR HUD 则很好地运用 AR 技术对更多更全面的道路驾驶信息进行实时反馈，大幅提升驾驶安全。

图 67: AR HUD 性能大幅进化，成为未来 HUD 的发展趋势

	成像示意图	成像区域	成像内容	FOV	VID	技术	特点
C HUD		前置半透明树脂玻璃	车速、导航、油耗、温度	5°×1~4°	2~3m	TFT 技术	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 价格低，安装便利 ✓ 车辆碰撞易造成二次伤害
W HUD		前挡风玻璃 (部分)	车速、导航、油耗、温度、周围路况、行车警告等	10°×4°	4~5m	TFT、DLP 技术	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 一体化节省空间；达到量产，目前主流 ✓ 光学结构复杂，成本高；信息有限，静态显示
AR HUD		前挡风玻璃 (全部)	车速、导航、油耗、温度、周围路况、行车警告、来电显示、中控娱乐信息、AR 实景导航、兴趣点 (POI) 信息、ADAS 辅助系统等	15°×5°	15m	算法技术；TFT、DLP、LCoS、Micro-LED 技术	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 显示信息多，虚实融合，兼容辅助驾驶功能；准备量产，未来趋势 ✓ 光学结构复杂，技术难度大，需要强大算力，体积大，成本高

数据来源：《车载 HUD 发展现状及趋势分析》，头豹研究所，国泰君安证券研究

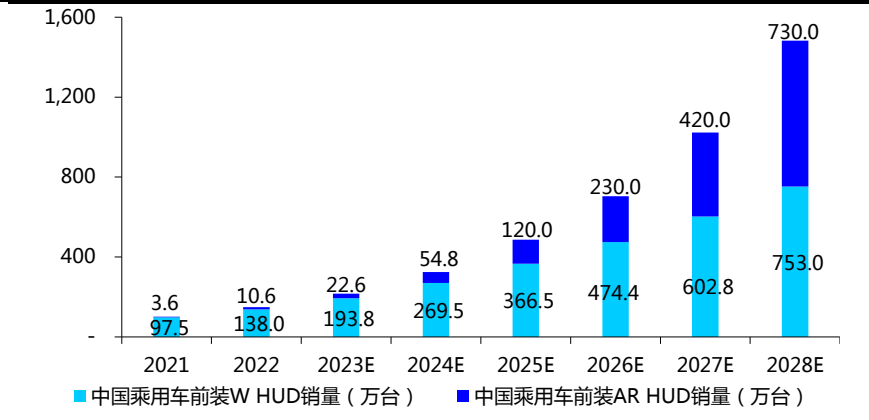
更大的显示范围带来更丰富多样的信息显示。前挡风玻璃是汽车最大的显示区域，将其作为主驾第一屏投射信息，有助于保证信息清晰易读、直观可见。同时，更大的成像区域提升信息显示的丰富度。根据 CAICV，驾驶信息可根据重要性分为三大类：一类为最重要的驾驶信息；二类为辅助驾驶信息；三类为重要程度低但提升体验感的信息。AR HUD 可以将这三类信息均投射至挡风玻璃上，并与实景融合，分层级清晰地动态显示各项虚拟数据。AR HUD 除了车速等显示仪表信息，还可满足驾驶者在以下多种驾驶场景的功能需求。

7.2. 车载 HUD 处于快速普及期，增长结构正向 AR HUD 迭代

7.2.1. 需求增长、技术进步等多重因素共同驱动 AR HUD 行业加速发展

多重因素共同作用驱动 AR HUD 高速发展。人类感知到的信息中约 80% 由视觉获取，AR HUD 作为车载 HUD 更新、更高级的发展形态，将虚拟信息与现实场景融合叠加，带来更丰富信息展示、更深入人机交互智能驾驶体验。AR HUD 高速发展的基础是消费者主观意愿、HUD 客观技术进步以及 AR HUD 符合当前智能汽车发展阶段下智能座舱、自动驾驶发展逻辑等三方面推动力。

图 68: HUD 市场快速扩张，AR HUD 增速迅猛已成为未来之势



数据来源：佐思汽研，国泰君安证券研究

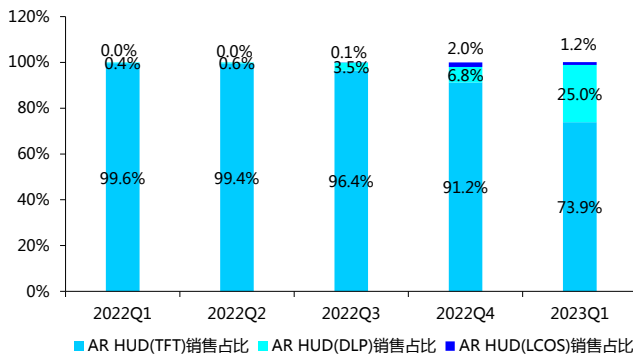
需求侧看，AR HUD 给予更加直观的“人机交互”的体验，消费者主观付费意愿较强。随着消费者需求升级，对汽车的认知从“交通工具”向“私人第三空间”转变，汽车也被赋予更强的交互属性。而 AR HUD 不但满足消费者从安全驾驶、导航等基本驾驶需求，还能拓展满足娱乐、信息交互、个性化体验等生活娱乐需求，最终成为虚实结合的主驾第一屏。且 AR HUD 作为视觉层面人机交互的创新技术，给予用户最直观的视觉体验与反馈，显性特征明显，是作为显性视觉交互层面的高级产品，并能够与其他模态产品结合作用，满足消费者创新体验。因此，在智能汽车愈演愈烈的市场竞争下，AR HUD 给予更加直观和更好的“人机交互”体验，消费者对此付费意愿不断上升，AR HUD 正成为车企构建座舱体验差异化优势的竞争重点并推动行业持续升级发展。

技术进步侧看，AR HUD 持续量产上车以及支撑 AR HUD 的微显示技术持续升级不断推动成本降低、性能提升。

- ✓ **PUG 层面：**未来 2-3 年内，TFT 技术仍有优化提升潜力，TFT 将向性价比方向优化维持主流量产方案地位。如疆程新一代独家 TFT 技术的高性价比 AR HUD，采用疆程专用 TFT 和独创背光耦合透镜系统，结合疆程独创低动态畸变光学仿真软件，成像效果显著提升、成本低。DLP PGU 占比自 2022Q1 的 0.4% 快速上升至 2023Q1 的 25%，2023 年上海车展 TI 推出最新款 DLP 技术 AR HUD：DLP4620S-Q1 带动 DLP 方案 PGU 性价比实现较大提升。DLP 在未来 5 年持续放量，占据高端市场。中长期看，LCoS、LBS 与 Micro-LED 虽还未实现大规模量产，但由于其性能潜力巨大，均有厂商积极布局研究，同时伴随 AR 整体产业持续发展，LCoS、LBS 与 Micro-LED 在长期有望将 AR HUD 性能推向更高的层次。
- ✓ **光学技术层面：**双焦面、多焦面正在布局研发量产，未来将取代单焦面方案，带来更丰富显示效果。国内已量产的 AR HUD 多采用单焦面 2D 显示，为了丰富显示效果，大众、奥迪等车型采用了双焦面 3D 显示方案。其中，上部区域显示导航等信息，VID 可达 10 米，下部显示车速和车辆状态等信息，VID 约 3m。国内华阳多媒体、泽景电子、怡利电子、未来黑科技等多家厂商开发双焦面 AR HUD 量产方案。部分企业甚至开始布局多焦面（2 个以上）显示技术。未来黑科技研发的光场 AR HUD 具备多焦面光学成像能力，计划

2024 年量产。静态、动态全息技术共同推进 AR HUD 成像技术升级。当前，体全息光栅波导 HOE（静态全息）是业界普遍看好的技术方向。同时，相较光波导、HOE，计算全息 CGH 技术（动态全息）不需要传统光学结构，利用计算机和算法生成全息图像即能在任意焦平面成像，且具有封装尺寸更小的优势，也吸引国内外多家主机厂和供应商布局投资，推进 CGH 计算全息 AR HUD 技术的开发。

图 69: TFT 维持主流 PGU 地位, DLP 与 LCoS 不断崛起



数据来源: 佐思汽研, 国泰君安证券研究

图 70: 奥迪基于 TFT 技术的双焦面 AR HUD



数据来源: 奥迪, 佐思汽研, 国泰君安证券研究

7.2.2. AR HUD 满足智能座舱、自动驾驶发展逻辑与需求, 是车企实现差异化竞争的重要手段

舱驾融合趋势下, AR HUD 作为显示硬件的重要性增强。AR HUD 为智能座舱各部分中, 能够同时体现汽车安全域以及娱乐域信息的重要硬件, 实现智能座舱域(娱乐信息)和智能驾驶域(驾驶信息)的融合。在舱驾融合成为趋势的背景下, AR HUD 功能重要性正进一步突出。AR HUD 显性特征明显, 有助于提高消费者对智能座舱高价接受度, 将成为智能座舱未来发展的重要竞争点。

图 71: AR HUD 作为重要硬件能够融合安全域和娱乐域的信息

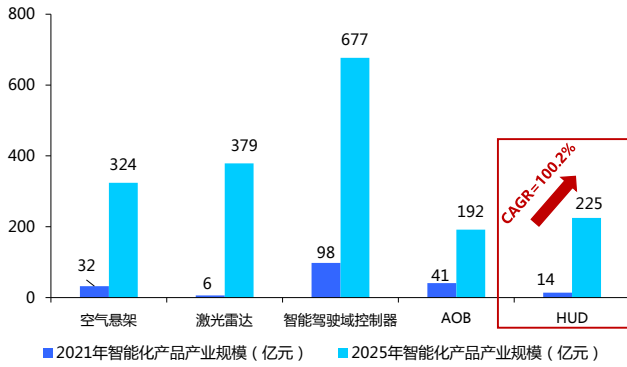


数据来源: 太平洋汽车, 国泰君安证券研究

AR HUD 率先受益于座舱智能化, 车企技术投入性价比高。随着座舱智能化加速, HUD 市场发展前景广阔。根据盖世汽车数据, 汽车智能化产

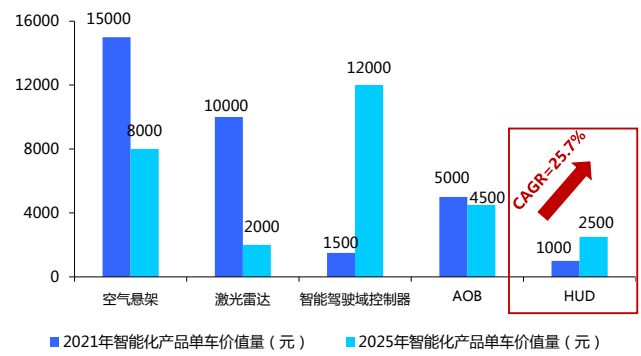
品市场规模前五中，仅有 HUD 与智能座舱概念相关，并预计产业规模将从 2021 年的 14 亿元增长至 2025 年的 225 亿元 (CAGR=100.2%)。同时，HUD 作为座舱智能化过程中少有的单车价值量上升产品，预计将从 2021 年的 1000 元/车提升至 2025 年的 2500 元/车，搭载 HUD 对于车企获取竞争力更具性价比。

图 72: 2025 年 HUD 产业市场规模大小预计将为智能化产品赛道前四



数据来源：盖世汽车，国泰君安证券研究

图 73: 2021-2025 年 HUD 产品单车价值量提升，车企投入性价比高



数据来源：盖世汽车，国泰君安证券研究

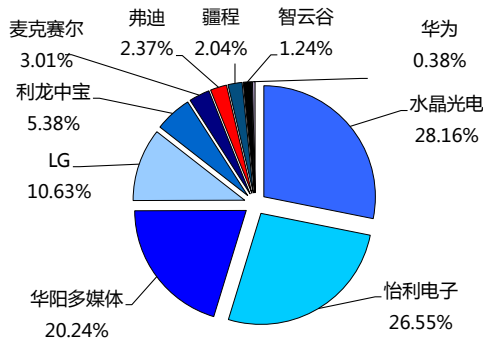
智能座舱快速渗透，AR HUD 符合发展逻辑与趋势，为最先受益环节。 智能化座舱的未来，是成为“第三生活空间”，AR HUD 作为重要硬件，显性度、感知度高，能够融合安全域和娱乐域的信息，满足未来智能座舱提供更加丰富化和生活化功能的需求。同时，HUD 产业规模不断扩大，HUD 产品单车价值量提升，先进的 AR HUD 技术助力更大的智能座舱竞争优势。因此，在座舱智能化背景下，AR HUD 产业发展推动力足。

7.3. 国内厂商快速崛起并有望凭借 AR HUD 弯道超车

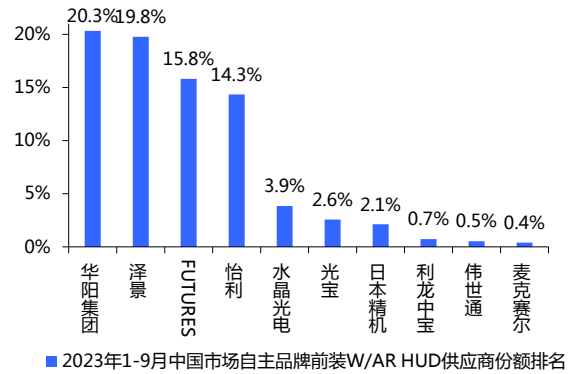
AR HUD 领域国内厂商弯道超车，发展势头远超国外。 国内 HUD 市场中，国外厂商由于领域起步早、具有先发优势，在前期形成了以国际企业为主的格局。而在新兴 AR HUD 领域，国内外厂商基本处于同一起跑线。在国内新能源、智能汽车行业蓬勃发展、多项国家政策支持、厂商积极技术创新等背景下，AR HUD 市场国内供应商占据主要地位。2023 年 1-9 月中国市场前装标配 AR HUD 市场份额中，国内厂商占据近 8 成，已彻底打破国外供应商垄断 HUD 市场的局面，国内厂商已完全位列 AR HUD 市场第一梯队。在 2023 年 1-9 月中国市场自主品牌乘用车前装标配 HUD 供应商中，几乎完全由国内厂商垄断。其中，华阳、泽景与 FUTURES 市场份额占据前三。

图 74: 2023 年 1-9 月中国市场前装标配 AR HUD 市场份额，国内厂商占比超八成

图 75: 2023 年 1-9 月中国市场自主品牌前装 W/AR HUD 供应商份额排名，国内厂商基本垄断



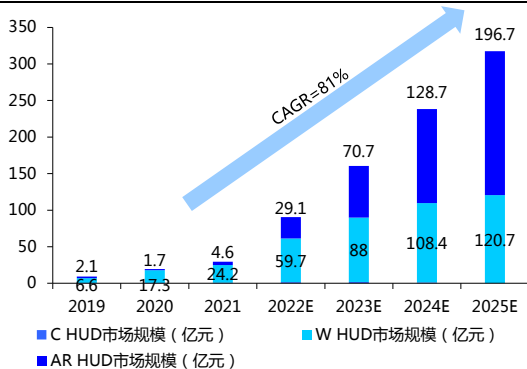
数据来源：高工汽车，国泰君安证券研究



数据来源：高工汽车，国泰君安证券研究

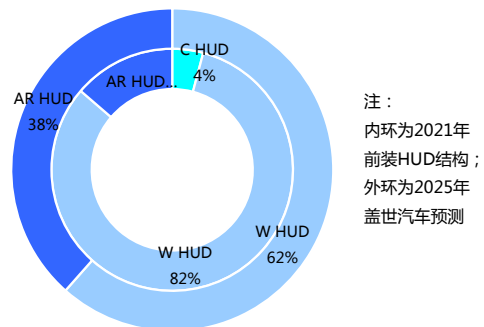
技术成熟、需求创造及成本下降为主要驱动力，AR HUD 市场空间将迎来翻倍式增长。随着 AR HUD 支撑技术成熟、本土供应链崛起、智能汽车竞争加剧，未来 AR HUD 产品体验和销量有望不断提升、成本持续下降，走向平民化时代。根据亿欧智库预测，2021-2025 年，AR HUD 市场规模将从 4.6 亿元提升至 196.7 亿元 (CAGR=156%)，增长率远高于 W HUD。在 AR 显示效果良好的前提下，HUD 市场加速向 AR HUD 过渡，AR HUD 需求将保持高速增长。

图 76：2025 年中国 HUD 市场规模将增至 300 亿



数据来源：亿欧智库，国泰君安证券研究

图 77：AR HUD 的市场比重将快速上升



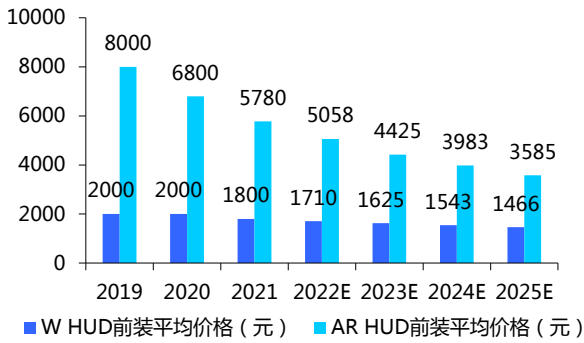
数据来源：盖世汽车，国泰君安证券研究

AR HUD 市场有望在未来形成价格下降、产量上升的增长模式。技术研发水平为成本下降、产量上升的核心要素。随着量产上车规模不断扩大以及智能汽车市场竞争加剧，AR HUD 成本或将保持下降趋势，AR HUD 选装价格由此前的万元级逐渐降至 5000 元左右甚至 3500 元级别，开始走向平民化。价格的下降亦将进一步推动 AR HUD 在整体 HUD 市场比重的快速上升，AR HUD 有望呈现良性的高速增长的模式。

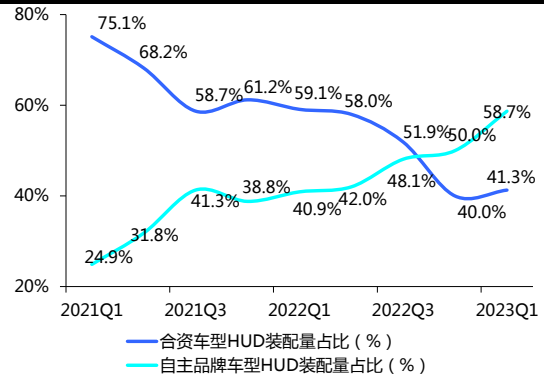
大众价位车型市场渗透空间大，自主品牌将为 AR HUD 市场增长主力。从 HUD 产品出现以来，其搭载车型一直以中高端车型为主。HUD 进一步规模化需要低价位区间车型的搭载推动，而 HUD 的技术成熟、成本下降也为其向下渗透满足必备条件。W HUD 将由中高端车型向大众下沉市场渗透，而 AR HUD 保持为中高端智能车型核心竞争点。据亿欧智库预测，2021-2025 年，中国 HUD 渗透率将从 5.4% 提升至 45%。

图 78：W HUD 与 AR HUD 前装均价呈下探趋势

图 79：自主品牌车企逐渐成为 HUD 装配量主力



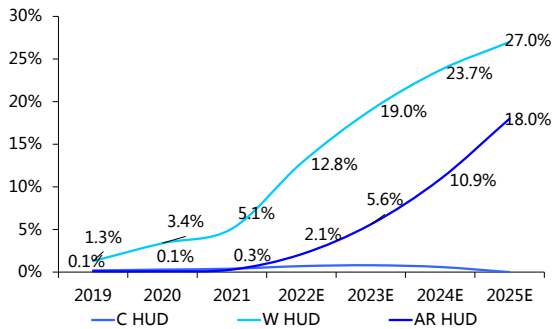
数据来源: 亿欧智库, 国泰君安证券研究



数据来源: 佐思汽研, 国泰君安证券研究

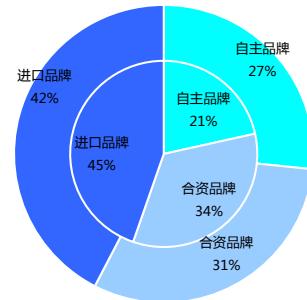
国内 AR HUD 厂商与自主品牌整车厂积极合作, 推进 AR HUD 的大规模上车量产。HUD 发展初期时, 进口车品牌搭载量最高, 但在当下 W HUD 转向 AR HUD 的过程中, 自主汽车品牌将成为增量贡献的核心: 根据汽车之家数据, 截至 2023 年 2 月国内共有 1385 款车型搭载 HUD, 其中自主品牌 369 款, 占比 27%, 相较 2022 年上升 6 pct。AR HUD 厂商也开始深入与主机厂客户协同发展, 探索经营合作模式, 联合双方资源提升竞争优势。如 FUTURES 与理想等车企量产定点深度合作, 获得较好成效: 在 2023 年 1-9 月中国市场自主品牌前装 W HUD/AR HUD 供应商份额排名中, FUTURES 以 15.81% 位列第三, 同比增幅达 1109.84%。

图 80: 2025 年中国 HUD 渗透率将提升至 45%



数据来源: 亿欧智库, 国泰君安证券研究

图 81: 自主品牌 HUD 搭载比例呈上升趋势



注: 内环为2022年数据、外环为2023年2月数据

数据来源: 汽车之家, 国泰君安证券研究

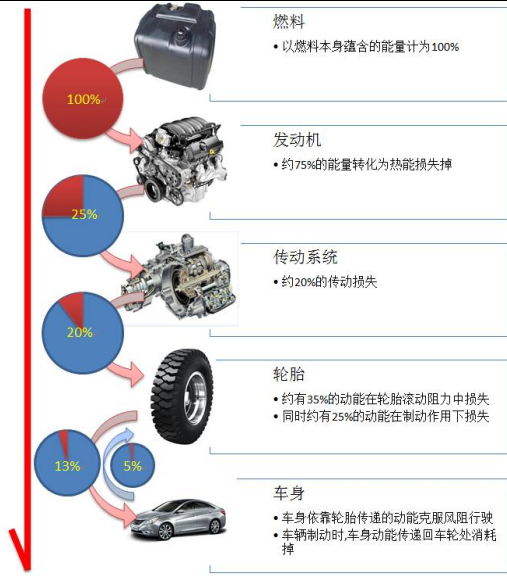
8. 趋势七: 提升一体化水平是高度竞争下整车制造端

提升量产能力与经济性的重要选择

8.1. “轻量化”是新能源车降低能耗、提升续航的紧迫需求

“车身重量”是影响汽车能效的重要指标。汽车的行驶即是由能量驱动发动机转化为动能, 并经过传动系统、轮胎变成运动的过程, 在这个过程中存在大量的能量损失, 主要由发动机效率损失、传动系统损失、轮胎滚动阻力损失、空气阻力损失、制动摩擦力阻力损失导致, 其中燃油车约 35% 的动能在轮胎滚动的阻力下损失。汽车滚动阻力计算公式为: $F_{pl}=W*f$, f 为滚阻系数, W 为下压力, 下压力在水平形式状态下等于车身重量, 车身越重、滚动阻力则越大。根据汽车工程学会与零碳汽车研究院, 每减重 1% 分别对 A 级、B 级、C 级汽车对应的节油率为 0.6%、0.7% 和 0.9%, 轻量化对节油的影响明显。

图 82: 轮胎滚动阻力是汽车阻力重要来源之一



数据来源: 知乎@王甲

图 83: 降低车重从而降低滚阻对节油效率影响明显

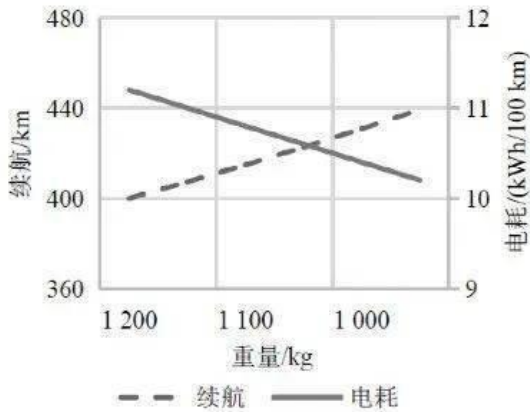
		减重1%对应的节油率	单位节油成本
A级		0.6%	7,400元/L
B级		0.7%	7,895元/L
C级		0.9%	8,400元/L

数据来源: 中国汽车工程学会, 零碳汽车研究院

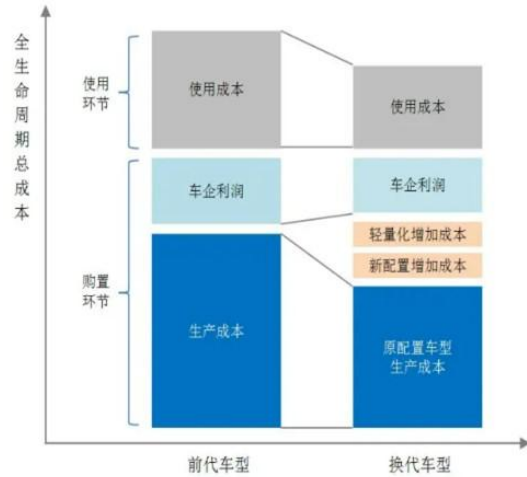
对于智能汽车而言,“轻量化”是增加续航的迫切需求。由于智能汽车多为新能源车,沉重的三电系统使其轻量化系数较传统燃油车高 1.5-4 倍(系数越高,轻量化程度越低),亦造成更高的滚动阻力进而影响续航。根据吉利汽车研究院仿真结果,整车重量每下降 100kg,续驶里程约增加 3.7%。以 ID4.X 为例,其长续航版由于配备 83.4 kWh 大电池,整备质量为 2120 kg,电耗为 14.6 kWh/100 km;而低配纯净版由于采用更小的 57.3 kWh 电池包,整备质量降低至 1960 kg,电耗降至 14 kWh/100 km。轻量化对提升智能汽车使用经济性有重要影响,除使用碳纤维等更加轻量化的材料外,通过一体化压铸、电池一体化(CTP、CTC、CTB)等新技术减少零部件使用亦是当前产业正在整车制造端加速应用以降低车重的有效手段。

图 84: 新能源汽车续航对整车重量较为敏感

图 85: 轻量化促进车辆的生产和使用成本的下降



数据来源：吉利汽车研究院，极氪汽车（宁波杭州湾新区）有限公司新能源开发中心

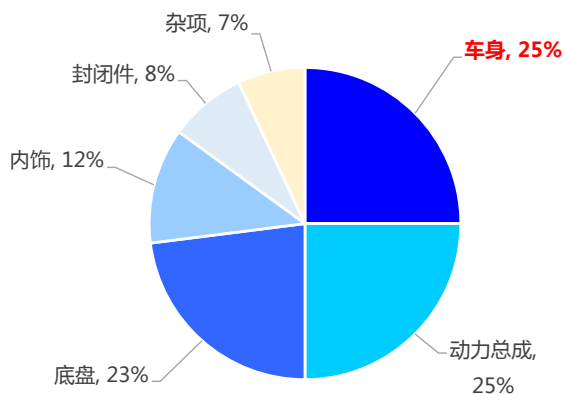


数据来源：中国汽车工程学会，零碳汽车研究院

8.2. 一体化压铸带来更轻量化和更安全的车身、规模量产效率提升和制造成本降低

一体化压铸技术大幅降低车身重量与制造流程。一体化压铸最早由特斯拉于 2019 年提出，是特斯拉高效生产能力的重要支撑之一，该技术将传统车身中单独、分散的小件重新集成化设计，并通过大吨位压铸机一次成型压铸为大型完整的铝制车身结构部件。由于传统整车质量中车身部分占比高达 25%，一体化压铸技术省去了传统车身制造中大量焊接与组装流程，通过一体化压铸对车身进行减重将有效降低整车重量。如小鹏汽车使用前后一体式铝压铸车身使车身重量减少 17%，一体化压铸是当前整车制造端实现轻量化的重要技术方向。

图 86：车身是整车质量最重要的组成部分



数据来源：中国汽车工程学会，国泰君安证券研究

图 87：小鹏通过一体化压铸使得整车重量降低17%



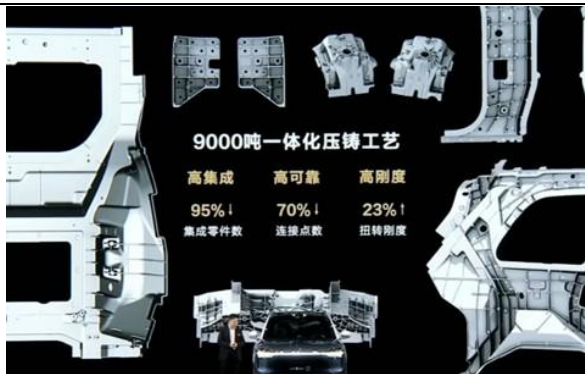
数据来源：小鹏社区

减少工序、提高零部件复用性，一体化压铸技术大幅提升整车的规模化量产效率。制造工序的简化直接带来生产效率的提升，Model Y 通过一体压铸技术将后底板从 Model 3 的 70 个零部件融合为 1 个，单个压铸加工时间从 1-2 小时缩短至 3-5 分钟；问界 M9 采用一体化压铸的后车身减少了 95% 的零件数和 70% 的连接点数。同时，一体化压铸由于使用新的合金材料，压铸件更加光滑、表面粗糙度更低，基本不再需要后续机

加工，整体生产效率和规模化产量大幅提升。不仅在单车制造端，一体化压铸对量产效率提升还体现在家族化车型的量产效率上，如极氪 007 所使用的后底板压铸件将在后续其他车型上继续使用。

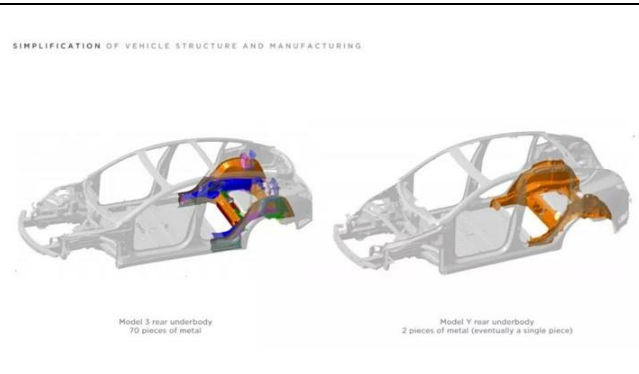
一体化压铸有效降低了整车大规模量产时的制造成本。由于工序和生产时间更少、制造过程中需要的人员和场地面积更少，对于大规模量产的车型，一体化压铸技术使整车生产更加降本提效。除此之外，在原料端，相较传统白车身制造使用的零件金属类型、金属含量不同，物料复杂无法直接回炉回收，一体压铸仅使用一种原材料，废料可直接融化再利用，原料回收率可达 95%，一体化压铸技术为整车制造减少更多原料损耗。同时，不同车型共用相同的一体压铸件也减轻了车企设计、物料管理等成本。

图 88: 问界 M9 采用一体化压铸大幅提升部件集成度



数据来源: 问界 M9 发布会

图 89: Model Y 一体压铸后车身实现将 70 个零件精简为 1 个



数据来源: 特斯拉

一体化压铸还带来安全性和空间利用率提升等额外优势。一方面，由于一体化压铸部件不存在焊点、焊缝，车身扭转刚度更高，因而在遭遇碰撞时不会出现冲击导致车体被撕裂的情况。另一方面，考虑到一体化压铸件受损后维修成本高昂，国内车企往往会额外增加防撞梁、多段式碰撞分区等安全防护设计，整车安全性将因此得到进一步提升。此外，一体化压铸还带来更高集成度的车身结构，减轻新能源汽车由于放置电池带来的空间损失，如蔚来在 ET5 中使用了一体化压铸后底板，在实现后底板减重 30% 的同时使后备箱空间增加了 11L。

图 90: 极氪 009 针对压铸后端铝车身设计额外的四段式碰撞分区



数据来源: 太平洋汽车

图 91: 一体化压铸后底板使蔚来 ET5 后备箱空间增加了 11L



数据来源: 汽车之家

一体化压铸技术已成为国内车企在量产能力层面竞争的热门风口。在特

斯拉开启一体化压铸大规模应用之后，当前一体化压铸技术已在国内智能汽车产业快速应用，使用的部件亦从后底板向中段、前段延伸。

表 14：一体化压铸技术正在国内新能源产业快速应用中

车企	车型	上市时间	一体化压铸使用情况
特斯拉	Model Y	2019 年 3 月	后底板
	Cybertruck	2023 年 11 月	后车身
极氪	009	2022 年 11 月	后车身
	001FR	2023 年 10 月	车身中段
	007	2023 年 12 月	后车身
小鹏	G6	2023 年 6 月	前后一体式压铸车身
	X9	预计 2024 年 1 月	
问界	M9	2023 年 12 月	后车身
蔚来	ET5	2022 年 9 月	后底板
高合	HiPhi Y	2023 年 7 月	后舱
理想	Mega	预计 2024 年	后地板骨架
小米	SU7	预计 2024 年	后底板

数据来源：各公司官网与发布会，国泰君安证券研究

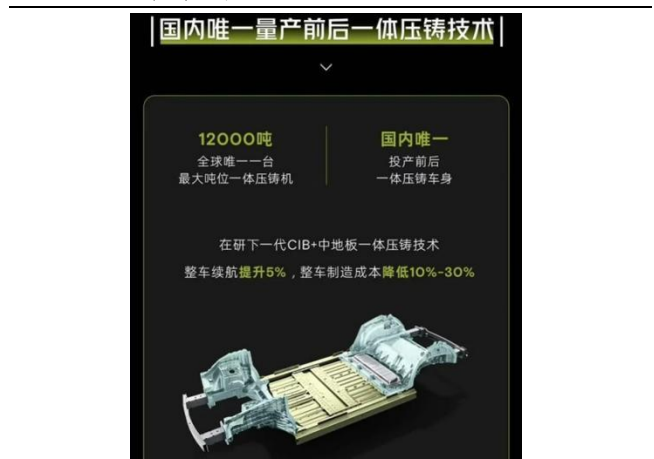
一体化压铸应用考验制造端工艺研发和量产把握能力、材料研发能力以及资源能力，国内相关技术领先正引发一轮高质量“军备竞赛”。一体压铸机设备成本在 6000 万元以上，投资巨大。同时一体化压铸大型件由于要避免大型铸铝件热处理后易形变的问题需使用免热处理铝合金材料，对使用的原材料研发要求高。应用一体化压铸技术需要非常高的研发、工艺把握和资源资金实力。由于大型一体化压铸机产业龙头多集中于国内，2022 年以来，国内车企利用本土产业链优势不断布局一体化压铸设备，新投产最大锁模力指标超越特斯拉的压铸机不断增加。在材料端，国内车企也取得较好突破：如极氪“纤晶”材料、小米汽车“泰坦合金”材料。来自供应链、设备投入和材料研发上的优势将不断推动一体化压铸技术在国内深入应用。

图 92：国内智能汽车产业正掀起一体压铸机“军备竞赛”



数据来源：哪吒汽车，小米汽车发布会，国泰君安证券研究

图 93：小鹏使用 12000 吨压铸机实现国内唯一前后一体压铸车身量产

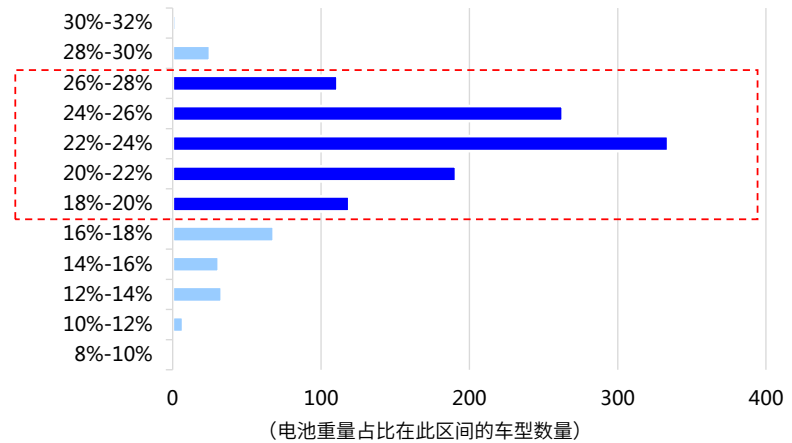


数据来源：小鹏社区

8.3. 一体化电池技术从三电层面进一步助力整车轻量化

电池部分轻量化是实现新能源整车轻量化的重要突破方向。三电系统是新能源汽车的核心，而额外的三电系统使新能源整车较传统燃油车增加约 200-300kg 的重量，导致新能源汽车空载重量接近传统燃油车满载重量。其中，动力电池在整车中的重量占比集中在 20%-28% 间，是三电系统重量的主要组成部分，因而推进电池轻量化将进一步提升整车减重和一体化程度。

图 94: 动力电池在新能源车的重量占比集中在 20%-28% 之间

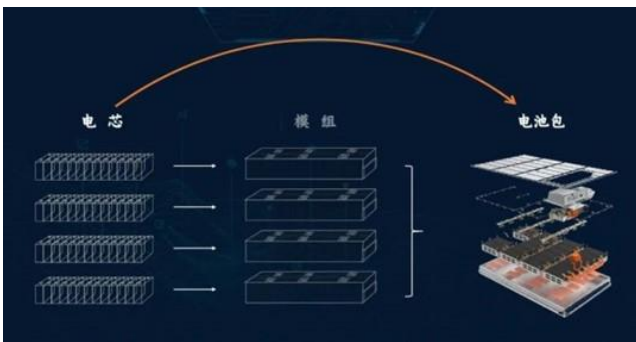


数据来源：懂车，国泰君安证券研究

一体化电池 (CTP、CTC、CTB) 技术提高电池包，乃至整车空间利用率。目前主流新能源车采用 CTM (Cell to Module)，即电芯集成在模组上的动力电池集成模式，该模式以“电芯-模组-PACK-装车”的流程方式配置，由于每个环节存在转换效率造成的空间浪费，因而传统 CTM 模式空间利用率在 40-50%、质量成组率在 65-75% 之间，空间利用率有优化提升潜力。提升电池包空间利用率主要通过提高电池包集成度实现，当下主要的一体化电池技术为：

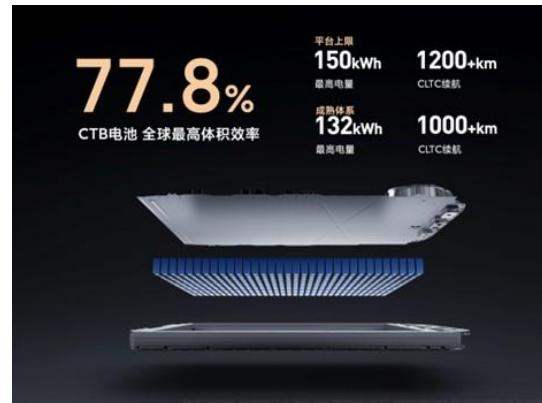
- ✓ **CTP (Cell to Pack):** 即电芯直接集成电池包技术，该技术跳过标准化模组环节，将电芯直接组成模组并直接集成于电池包上，主要分为完全无模组和大模组替代小模组两种方案。由于省去中间模组部件，采用 CTP 技术的电池包可集成更多的电芯，因而空间利用率和能量密度得到提升，电池包重量和成本也因为部件使用减少而下降。代表性的 CTP 产品为：宁德时代 CTP 高集成动力电池、比亚迪刀片电池、蜂巢能源叠片电池；
- ✓ **CTB (Cell to Body):** 即电芯车身一体化技术，该技术在 CTP 基础上将车身底板面板与电池包上壳体合二为一，整个电池包将作为结构体参与整车传力与受力，在一定程度上减少了车辆侧柱碰侵入量，提高碰撞安全性上。CTB 技术在 CTP 基础上进一步省去了电池包上盖，使电池包乃至整车空间利用率和一体化程度进一步提升：如小米汽车 CTB 方案将“电池包+底板”厚度压缩至 120mm，体积效率提升至 77.8%，帮助小米 CTB 技术平台能力上限可达到 150kWh 和 1200km 续航潜力。代表性的 CTB 产品为：比亚迪 CTB 刀片电池、小米汽车 CTB 电池；

图 95: CTP 将电芯直接组成模组并直接集成于电池包上，绕过中间模组环节



数据来源: 芝能汽车

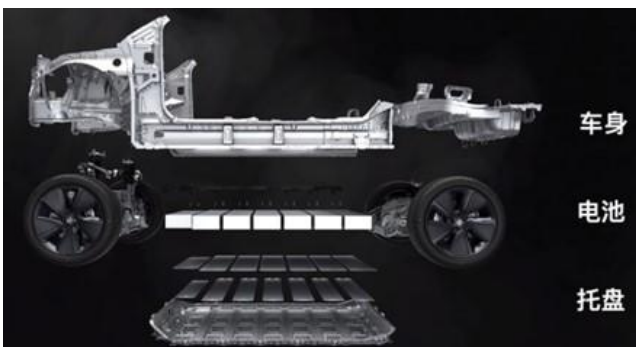
图 96: 小米汽车 CTB 技术使电池包体积效率达到 77.8%



数据来源: 小米汽车公众号

- ✓ **CTC (Cell to Chassis):** 即电芯底盘一体化或电芯到底盘技术, 该技术直接将电芯安装在一体冲压成型的车架底板内, 利用车身纵梁、横梁形成完整的密封结构。CTC 技术基本取消传统的模组和电池包设计, 让电池部分不再侵占车内空间, 相较传统 CTM 方案更大幅度地降低了零部件数量和车身重量, 同时利用车架对电池形成更好的保护。代表性的 CTC 方案为: 特斯拉整包封装技术 CTC 方案、零跑 CTC 技术方案。

图 97: CTC 技术将电芯与车身进行一体化设计



数据来源: 零跑汽车发布会

图 98: 特斯拉 CTC 方案彻底取消传统的模组和电池包设计

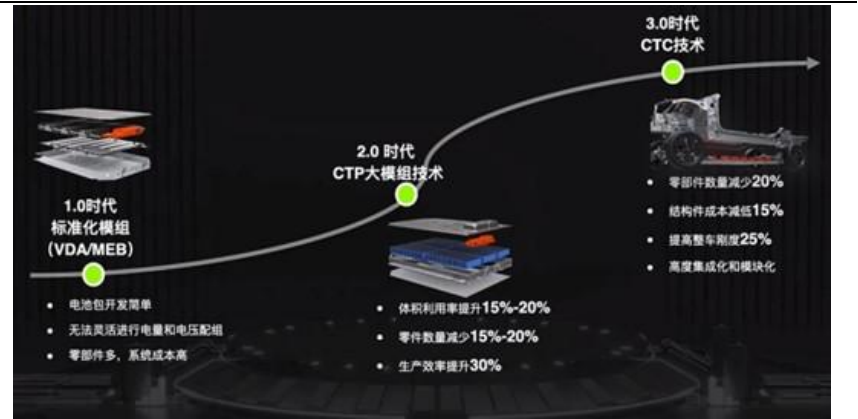


数据来源: IT 之家

在当前激烈竞争背景下, 提高续航、量产能力、降低制造成本的一体化电池发展趋势明确。结合电池生产工艺技术进步与一体压铸技术的加速应用, 一体化电池技术正带给智能汽车轻量化的综合性优势: 如根据零跑汽车, 其 CTC 方案使电池包零部件数量减少 20%, 结构件成本降低 15%, 电池布置空间增加 14.5%, 车身垂直空间增加 10 mm, 续航提升 10%, 同时电池与车身的融合还能带来车辆扭转刚度和安全性增强。当前通过一体化设计将电池与底盘集成度提升已成为行业趋势, 宁德时代、比亚迪、特斯拉、零跑等产业龙头公司已积极布局。未来, 一体化电池技术有望从三电层面持续释放“一体化”技术对智能汽车产业带来的轻

量化收益。

图 99：在当前整车轻量化趋势下，一体化电池技术应用趋势明确



数据来源：零跑汽车发布会

9. 趋势八：智能汽车算力膨胀时代，车载 Chiplet 或解决算力与性价比困境

9.1. 现有算力芯片形式难以满足高性能与高可靠、高性价比间的平衡难题

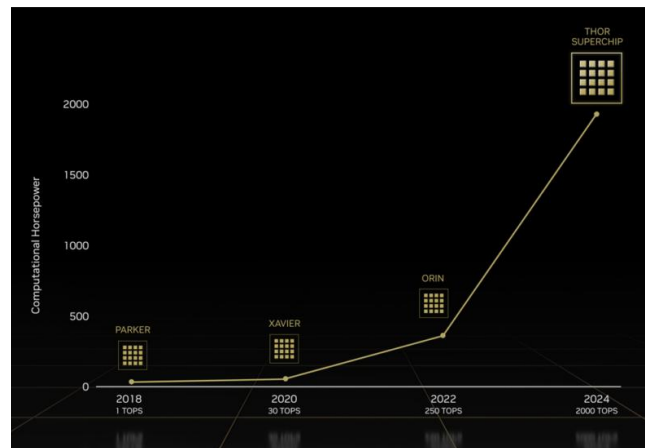
智能汽车已成为轮子上的计算平台，车载算力需求不断增长。配备高阶辅助驾驶功能的智能汽车搭载的芯片数量相对传统燃油车和低等级辅助驾驶汽车已大幅增加，智能汽车相较传统燃油车芯片数量增加了 60% 以上。大量传感器数据和通信数据处理、辅助驾驶决策、画面渲染等功能需要海量的算力以支撑，带来车载算力的高速增长：以英伟达为例，2018 年其推出的第一代自动驾驶芯片 Parker 算力仅为 1 TOPS，但其最新的第四代芯片 THOR 算力达 2000 TOPS，算力较第一代增长 2000%。

图 100：智能汽车相较燃油车对芯片需求量大幅增加

芯片类型	燃油车+L1 辅助驾驶	BEV+L3以上 自动驾驶
计算芯片	40-60个	130-170个
储存芯片	3-10个	50-80个
功率芯片	200-250个	270-320个
通信芯片	100-120个	150-200个
传感芯片	50-70个	60-80个
合计	400-500个芯片	650-800个芯片 (+60%~62.5%)

数据来源：罗兰贝格，国泰君安证券研究

图 101：英伟达 Thor 芯片较初代算力提升 2000%



数据来源：英伟达官网

算力与性价比的矛盾加速凸显。当下车载算力需求的增长速度远远超过

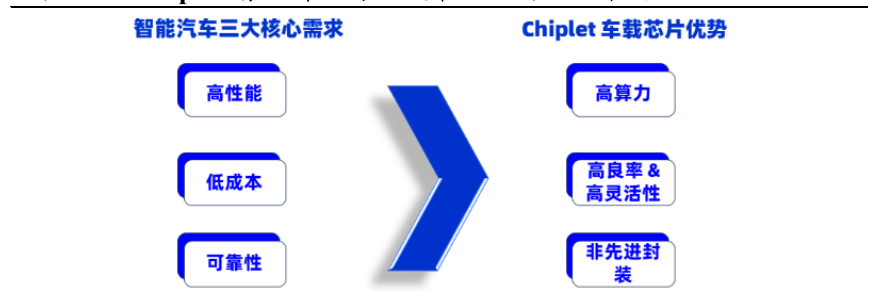
先进工艺的发展速度，尤其在 3-5 nm 先进制程阶段，成本增加速度大大超过算力提升的速度，先进制程性价比不断降低，摩尔定律开始失效。虽然激烈的竞争逼迫车企在智能驾驶、智能座舱等领域不断创新，但汽车产业本质是对成本敏感的大规模制造业、且当下智能汽车产业利润率普遍较低，如何平衡追求算力以满足极致性能和成本控制之间的问题是下一阶段智能汽车产业必须要面对的挑战。

现有主流车载芯片多由消费级芯片改造而来，无法支持智能汽车后续发展过程中对算力持续增长的需求。近年在智能汽车大量使用的高通“骁龙 8155”芯片由高通骁龙 855 手机芯片改造而来，使用台积电 7nm 工艺节点的制程，算力可达 8TOPS。消费级芯片改车规芯片虽较开发全新芯片难度更低，但消费级场景对芯片尺寸更敏感、且对算力要求较车规低，采用微缩路径较为合适，而当下车规场景对芯片尺寸要求较低但对算力的要求正不断膨胀中，两种场景对芯片关注点并不一致。从长期发展逻辑看，由改造消费芯片来满足智能驾驶、自动座舱对芯片算力需求的路径存在局限。

高性能、低成本与可靠性是智能汽车车载芯片的三大核心功能需求。从产业发展层面看，高阶辅助驾驶、智能座舱无不需要强大算力芯片支撑，智能汽车发展已进入高算力时代。从企业角度看，技术创新与激烈的市场竞争不断推动车企提升智能汽车的算力，但受先进制程技术进步放缓的影响，先进制程下的单一大芯片成本激增、性价比不断降低，汽车产业作为成本敏感型产业，车企亟需在高昂的芯片成本与追求更高性能之间找到更好的平衡。从车载场景看，相较于超算中心稳定的工作环境，车载工况环境恶劣，车载芯片需克服高温低寒、潮湿、振动冲击等多种考验，车载芯片对可靠性有着严苛的要求。

Chiplet 技术具有高算力、架构灵活、低成本等优势，契合车载芯片需求。目前，市场上主流车载芯片仍多由消费类电子芯片车规改造而来，其在性能潜力、可扩展性、研发周期等方面具有瓶颈，难以满足智能汽车爆发增长的算力需求。Chiplet 技术通过 die 的互联、叠加以同构同质、同构异质的方式在微缩路径之外提供又一种集成大量晶体管以提供更高算力的手段，亦规避了先进制程单一大芯片成本高昂的问题，使算力芯片成本更低。同时，针对车载恶劣工况的情况，通过特殊的互联技术，Chiplet 亦可在不用先进封装下实现内部 die 之间的高速高效信号传输，满足车载芯片高可靠性的要求。

图 102: Chiplet 有望解决智能汽车面临的三大难题



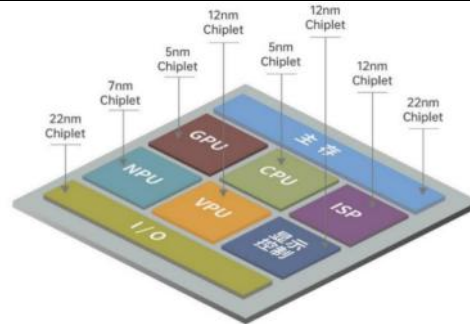
数据来源：国泰君安证券研究

9.2. Chiplet 是解决车载算力芯片发展瓶颈的重要选择

9.2.1. Chiplet 解决先进制程性价比难题

Chiplet 是将多个 die 集成以在控制成本的同时增加晶体管数量的技术。晶体管数量是衡量算力大小的核心指标，摩尔定律诞生以来的几十年中，半导体产业一直以通过微缩工艺缩小晶体管尺寸、增加单位面积晶体管密度的方式提高芯片算力。而 Chiplet 被译为“集成芯片”，顾名思义该技术绕过微缩工艺，选择在芯片架构上做创新，以堆叠集成更多 die（芯粒）的方式增加晶体管的总量。具体而言，Chiplet 将不同材质、不同工艺制程以及具备不同功能的 die 像“搭积木”一样集成组合到同一芯片系统中，以在满足特定功能和算力需求的同时与制造成本达到更好的平衡。

图 103: Chiplet 技术将不同功能、不同制程的芯粒封装集成为系统级芯片，是微缩之外一种新的算力提升路径



数据来源：芯原股份

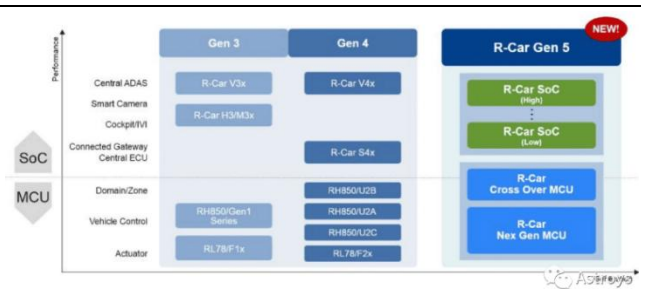
Chiplet 开始进入实际应用阶段，在车载芯片中的应用已逐步开始。2023 年 1 月英特尔发布了集成了 47 个 Chiplet 的 GPU Max 系列芯片——Ponte Vecchio，其包含的晶体管数量超过 1000 亿个；AMD 的 Instinct MI300 芯片在 4 块 6nm 芯片上堆叠了 9 块 5nm 芯片，共计搭载 6 个 GPU 和 3 个 CPU，使得整体晶体管总数达到 1460 亿个，相较前一代 Instinct MI250X 算力提升了 8 倍。在车载领域，海外汽车芯片巨头瑞萨电子（Renesas）已宣布把 Chiplet 技术带入其新产品 Gen 5 SoC 解决方案中，NXP、Infineon、ST、TI 汽车电子芯片公司等亦已开始强调 Chiplet 的使用。从算力指标和发展潜力上看，加速应用中的 Chiplet 已成为除单一大芯片之外，车载计算芯片的一种新技术选择。

图 104: 英特尔 GPU Max 系列通过 Chiplet 技术实现晶体管数量超过 1000 亿个



数据来源：英特尔

图 105: R-Car Gen 5 将引入 Chiplet 技术

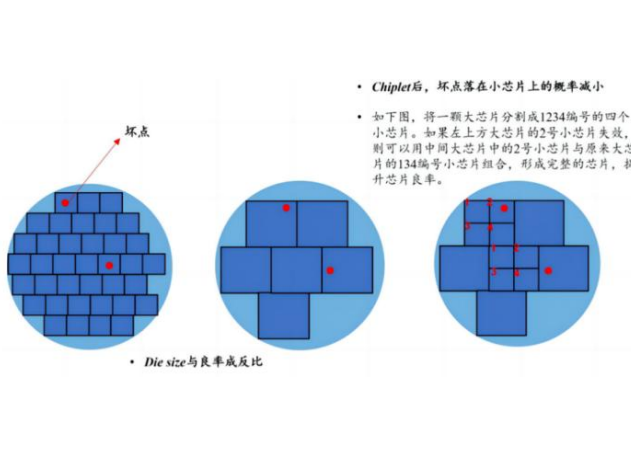


数据来源：瑞萨电子，Astrolys

Chiplet 使用良率更高的小尺寸芯粒，降低整体芯片的制造成本。晶圆制

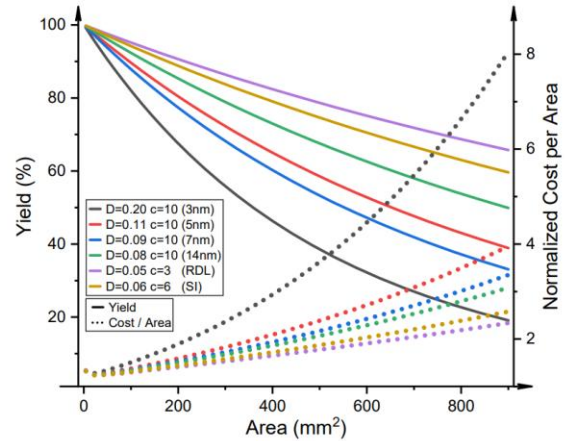
造不可避免地将产生许多缺陷点，且晶圆良率与晶圆面积呈负相关：700mm² 尺寸芯片的良率仅为 30%，但芯片面积下降至 150mm² 时良率将提升至 80%。单一大芯片由于面积较大，因而良率较低、成本较高。Chiplet 因采用更小面积但良率更高、成本更低的芯粒集成，在当前先进制程成本高昂的背景下，整体制造成本更具优势。

图 106: 异构集成: 可采用不同节点工艺制程



数据来源: 算力猩

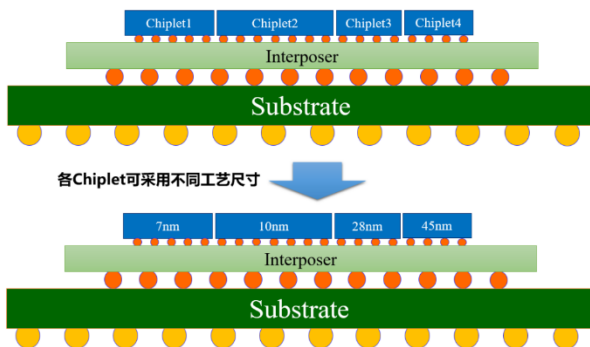
图 107: 良率随着芯片面积减少而上升: 150mm²芯片良率较 700mm²的 30%提升至 80%



数据来源: Yinxiao Feng and Kaisheng Ma: 《Chiplet Actuary: A Quantitative Cost Model and Multi-Chiplet Architecture Exploration》(2022)

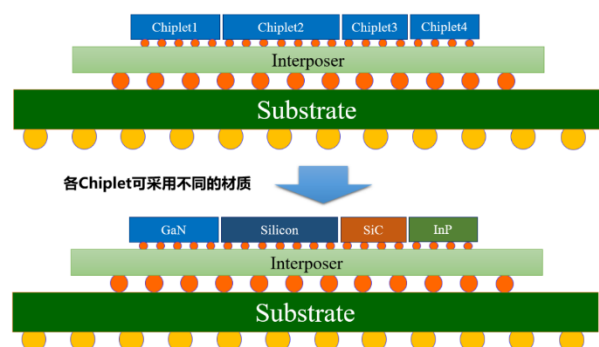
“异构异质”使 Chiplet 芯片对于不同芯粒可按需选择最低成本的工艺制程，突破了单一大芯片性价比局限。异构异质集成是 Chiplet 技术的特点之一，即将不同材质、不同工艺制程乃至不同尺寸的芯粒封装在一起。传统的 SoC 中不同功能的芯片工艺制程、尺寸需完全一致，但不同功能芯粒的最优性价比制程有差异，如计算类多采用 3-5 nm 先进制程、模拟类多采用 48 nm 以上成熟制程。Chiplet 支持异构异质，在用材与工艺制程选择上留有较强的组合空间，对于一些性能要求不高的芯粒可以选择更为低廉的工艺制程，更好地优化芯片整体制造成本。

图 108: 异构集成: 可采用不同节点工艺制程



数据来源: AIOT

图 109: 异质集成: 可采用不同材质



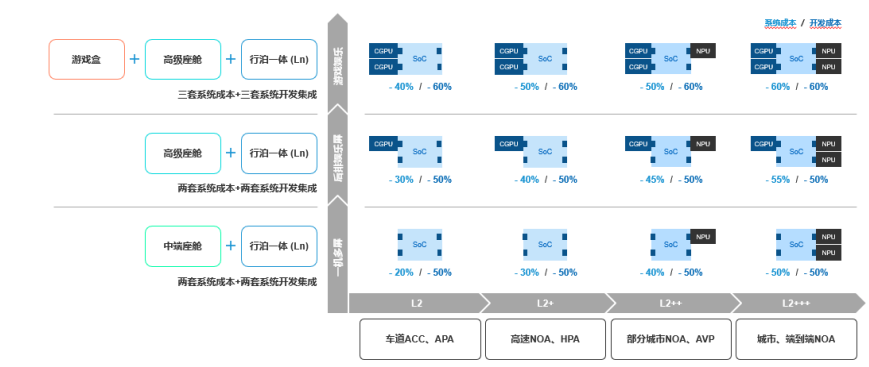
数据来源: AIOT

9.2.2. Chiplet 提供更灵活、研发周期更短和降本增效的算力解决方案

Chiplet IP 可复用使车载 Chiplet 芯片具有“平台化”能力，大幅缩减设计成本和周期。新芯片需从头开始进行芯片设计，设计成本巨大，周期较长。而 Chiplet 由于小芯粒可复用，芯粒设计出来经过测试后，可以放入已进行归档分类的芯粒库、将 Chiplet 设计平台化，在后续的新产品生产制造中可以根据需求选择相应的小芯粒进行集成，不必从头开始进行芯片设计与制造，相较 5nm 单一大芯片研发费用超过 5 亿美元、3nm 超 15 亿美元而言，将节约芯片的设计成本。Chiplet 能有效地缩短车载芯片研发周期、快速将车型推向市场应对激烈市场竞争。

Chiplet 异构异质架构极具灵活性，满足了不同车型的功能需求，定制化打造智能汽车方案。为了满足市场多样化需求，不同车型对车载芯片在自动驾驶、座舱等层面的算力和功能需求不同、芯片需求呈现“碎片化”趋势。Chiplet 架构灵活，可按需为不同类型智能汽车选择不同功能的芯粒，打造针对性强、定制化高的智能汽车方案。例如，智能汽车自动驾驶信息处理对芯片算力要求高，故可选用较多负责计算单元的芯粒，以提高车载芯片算力；对于重视乘车体验的车型，可以选择能够优化座舱体验的芯粒；对于强调性价比的车型，选择成本低廉的芯粒即可。

图 110: Chiplet 可系列化、平台化，满足不同车型差异化配置需求



数据来源：芯砺智能

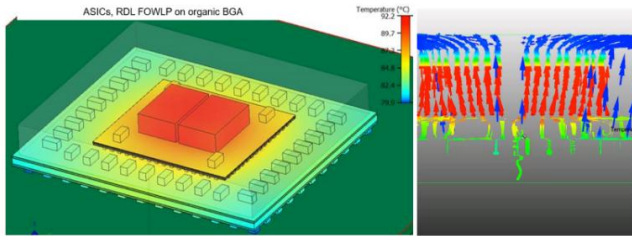
9.2.3. Chiplet 可避开先进封装，满足车载可靠性高要求

先进封装技术尚不够成熟、成本较高，对车载市场性价比低。先进封装技术主要指超高密度扇外型封装 (UHD FO)、嵌入硅桥技术、2.5D 硅转接板技术、3D 存储堆叠和混合键合技术。先进封装技术仍处于发展早期，存在散热、互联等各种技术和工艺挑战。同时，先进封装由于工艺复杂，良率较低、损耗大导致制造成本不菲：如台积电采用 CoWoS 技术的每片晶圆成本高达 4000~6000 美元。在追求极致芯片性能的 HPC 领域先进封装高昂成本尚能接受，但对于讲求规模效应、对成本更加敏感的汽车产业，采用先进封装制造的芯片成本则较难接受。

先进封装技术暂未通过车规验证，对于车载工况下的可靠性不足。先进封装由于堆叠层数的增加，芯粒散热以及如何避免芯粒间的热耦合已是先进封装需要面临的难题之一，但车载工况需要经历最高 150 摄氏度的考验可能进一步导致先进封装芯片性能和可靠性问题，将对先进封装的设计和工艺提出进一步的挑战。又如 3D 封装对芯粒进行垂直方向的堆

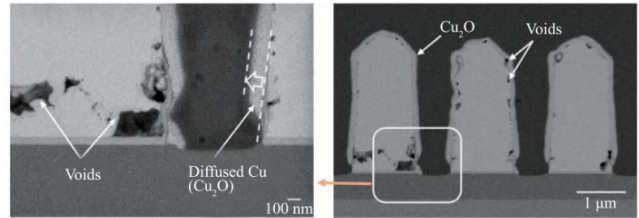
叠，在行车环境大量振动冲击下堆叠层存在开裂、分层等牢固性风险。在当前技术工艺条件和尚未有晶圆厂推进先进封装过车规验证的背景下，先进封装上车存在大量可靠性难题。

图 111: 先进封装的散热设计需要考虑除金属盖、TIM 和底部填充材料外的所有材料



数据来源: 西门子

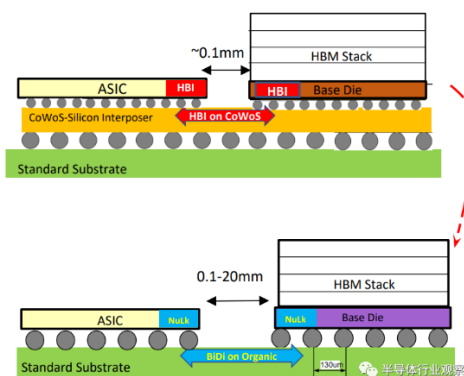
图 112: 高温和大电流使铜布线氧化失效形成大量孔洞，影响信号传输



数据来源: 马力, 项敏, 石磊, 郑子企: 《高端性能封装技术的某些特点与挑战》

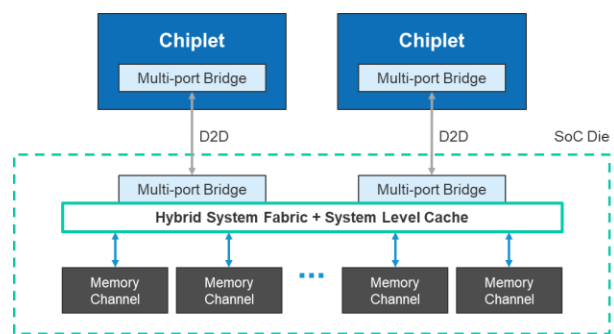
满足 Chiplet 高速互联后，Chiplet 可依靠成熟封装实现功能特点。先进封装并不是 Chiplet 应用的必要技术条件。如 Nulink 技术简化了芯片架构，避开了 Chiplet 对先进封装的要求。在车载领域，芯砺智能的 Chiplet D2D 窄并行高速互联技术通过一种用于片间互连的总线流水线性结构将芯片内部总线串行化，扩大了带宽、提高信号传输速度，同时又规避了先进封装技术带来的成本问题。可利用成熟的 MCM 技术实现芯粒之间延迟低于 5 ns 的高速互联，且互联 IP 已实现过车规，为车载 Chiplet 芯片提供了新的发展方案。

图 113: Nulink 技术不再需要硅中介层



数据来源: 半导体行业观察

图 114: 芯砺智能 D2D 高速互联 IP



数据来源: 芯砺智能

10. 风险提示

智能汽车市场整体发展不及预期风险: 当前智能汽车增速出现边际下滑，同时由于相关法规尚待完善，高阶自动驾驶商业化落地面临一定不确定性，进而存在拖累智能汽车市场需求增长的风险。

技术进步与量产落地不及预期风险: 智能汽车技术迭代较快，应用的新技术较多，其中大量技术与工艺仍处于不断完善成熟过程当中，若未来

相关新技术进步、技术难点解决速度不及预期，或将拖累相关细分产业整体发展。

市场竞争加剧风险：智能汽车是当前最具潜力的消费电子细分大市场之一，产业各细分赛道均有大量新参与者与产业资本入局，未来存在市场竞争加剧的风险。

本公司具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

本报告仅供国泰君安证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可升可跌。过往表现不应作为日后的表现依据。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

本公司利用信息隔离墙控制内部一个或多个领域、部门或关联机构之间的信息流动。因此，投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的情况下，本公司的员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向专业人士咨询并谨慎决策。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“国泰君安证券研究”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息或进而交易本报告中提及的证券。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议，本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

国泰君安证券研究

	上海	深圳	北京
地址	上海市静安区新闻路 669 号博华广场 20 层	深圳市福田区益田路 6003 号荣超商务中心 B 栋 27 层	北京市西城区金融大街甲 9 号金融街中心南楼 18 层
邮编	200041	518026	100032
电话	(021) 38676666	(0755) 23976888	(010) 83939888
E-mail :	gtjaresearch@gtjas.com		