

端到端与AI共振，智驾平权开启新时代

——汽车智能驾驶行业深度报告

分析师：刘乐
执业证书编号：S0020524070001
邮箱：liule@gyzq.com.cn

分析师：陈烨尧
执业证书编号：S0020524080001
邮箱：chenyeyao@gyzq.com.cn

1.端到端发展进入加速期，基于规则长期护航

- 1.1 端到端的定义、发展历程、实现方法及挑战
- 1.2 自动驾驶产业支持充足，标志性政策落地
- 1.3 车企抢滩DeepSeek，AI行业与智能驾驶共振
- 1.4 10万级别智驾落地推动行业进入智驾平权
- 1.5 汽车行业加速迈向智能驾驶全面普及时代

2.关注自研核心算法的整车企业

- 2.1 特斯拉：纯视觉方案+一体化端到端先驱
- 2.2 华为鸿蒙智行：模块化端到端，聚焦生态整合与全域协同
- 2.3 小鹏：云端蒸馏模型+纯视觉方案，大幅提升车端上限
- 2.4 理想：双系统并行，VLM规范端到端模型下限
- 2.5 比亚迪：智驾平权加速，边际变化可期

3.智能驾驶产业链

3.1 车端：电子电气架构向中央计算迈进

3.2 感知层

- 3.2.1 传感器数量减配、性能提升
- 3.2.2 激光雷达市场快速增长，格局集中
- 3.2.3 高阶智驾需要激光雷达提供安全冗余
- 3.2.4 前视摄像头市场分散
- 3.2.5 从全量感知到按需感知的算法演进

3.3 决策层

- 3.3.1 域控制器构成
- 3.3.2 智驾域控市场逐渐走向合作定制化
- 3.3.3 德赛西威：高算力智驾域控行业的领军企业
- 3.3.4 Momenta：提供基于端到端技术架构的自动驾驶解决方案
- 3.3.5 智驾域控芯片市场的竞争格局呈现多极化，SoC高性能更适应未来趋势

3.3.6 地平线：软硬结合是必由之路

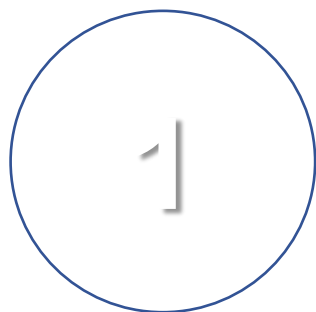
3.3.7 黑芝麻智能：依托技术创新，构建自动驾驶芯片产品矩阵

3.4 执行层

- 3.4.1 线控底盘结构及优势
- 3.4.2 智驾渗透加速线控底盘国产放量，行业格局集中，主机厂粘性高
- 3.4.3 线控底盘技术在自动驾驶领域的应用正逐渐普及
- 3.4.4 拓普集团：业务体系多元化，已形成XYZ三大系列产品线
- 3.4.5 线控制动发展历程
- 3.4.6 线控制动：EHB One-Box当前是主流方案
- 3.4.7 伯特利：线控制动持续攀升，全面打造XYZ三轴汽车底盘控制系统供应商
- 3.4.8 线控转向：L4级及以上自动驾驶必备，尚处市场导入期

4.投资建议

5.风险提示

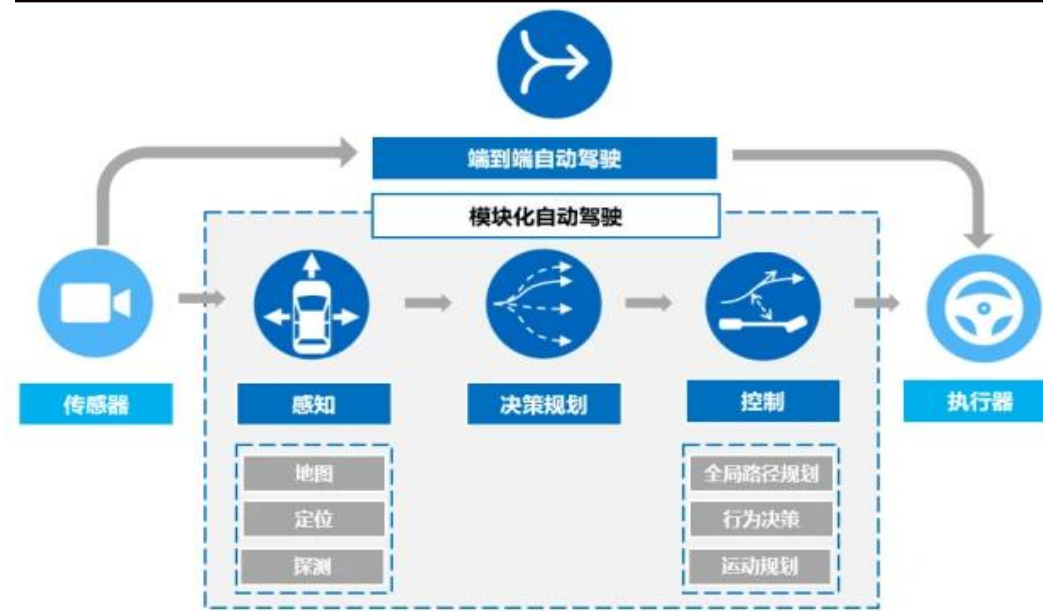


端到端发展进入加速期，基于
规则长期护航

在广义语境中，端到端是一种研发范式，指在一个任务中，从输入端到输出端，中间不经过任何其他处理环节，由一个模型完整实现输入到输出的全过程。在智能驾驶领域，端到端架构是指车辆将传感器采集的信息直接输入统一的深度学习神经网络，经过处理后直接输出驾驶命令。深度神经网络赋予端到端模型强大的学习能力，使其能从大量驾驶数据中自动学习复杂的驾驶模式和场景特征。

传统智驾系统的感知层、决策规划层和控制执行层之间相互独立，信息传递容易积累误差，且智驾方案依赖于工程师通过代码制定的规则，难以处理所有复杂场景，边际效应随着智驾能力的提升呈现几何式骤减。与基于规则的传统自动驾驶算法结构相比，端到端算法基于数据驱动，可以实现信息的无损传递。同时，端到端架构将感知、预测和规划结合为一个可以共同训练的单一模型，整个系统都针对最终任务进行优化，并且共享的骨干网络大幅提高了计算效率，使智驾方案具备更高的迭代效率，有效降低了维护成本。

图1：端到端与模块化自动驾驶

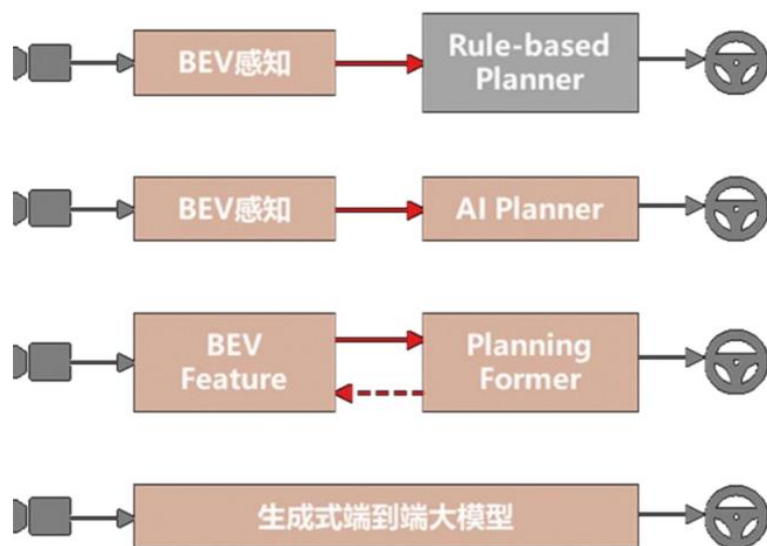


资料来源：电动车公社，国元证券研究所

端到端架构的本质是深度学习的全面使用与数据驱动。根据感知模块与决策模块之间的贯通程度，可分为模块化端到端与一体化端到端。

模块化端到端将感知模块和决策规划模块视为两个独立部分，分别使用神经网络，但模块之间仍存在人工设计的数据接口。例如，华为乾崮ADS 3.0由GOD感知网络和PDP决策规划网络组成，GOD负责感知障碍物，PDP则根据感知信息迅速做出决策。一体化端到端则将感知与规控模块全部打通，形成一个统一的大模型，使系统能够更直接、高效地处理信息并作出反应。业内典型代表为特斯拉、Momenta、理想等。这种架构取消了模块划分，减少信息损失的同时，对数据标注的需求也更少，同时具有更强的泛化性。从模块化端到端到一体化端到端是一种相对平滑的过渡形式。随着算法优化，技术将逐步向一体化端到端或端到端+多模态大模型的冗余双系统架构演进。

图2：端到端技术演进



感知“端到端”：
当前的主流感知算法路线

模块化“端到端”：
决策规划控制模块升级“端到端”并且两模块间的数据传递有望由人为定义的结果抽象为特征向量

One Model/单一模型“端到端”：
原始信号输入到最终规划轨迹的输出直接采用单一深度神经网络实现

资料来源：辰韬资本，Ai fighting，国元证券研究所

• 早期探索阶段（2016-2018年）

2016年：英伟达（NVIDIA）推出DAVE-2。端到端概念的提出可以追溯至英伟达于2016年发表的论文《End to End Learning for Self-Driving Cars》。同年，英伟达发布了基于卷积神经网络（CNN）的端到端自动驾驶系统DAVE-2，通过摄像头图像直接输出转向指令。这是端到端技术的早期尝试，标志着自动驾驶从模块化向一体化迈进的起点。

2017年：Wayve.AI成立并发布“Learning to Drive in a Day”。Wayve.AI采用强化学习结合深度学习的方法，仅用一天时间训练即可应对复杂城市驾驶场景，展示了端到端技术在快速学习和适应能力上的潜力。

2017年：Comma.ai推出OpenPilot。Comma.ai发布了OpenPilot软件，最初为L2级辅助驾驶系统，后逐步转向端到端神经网络模型，成为首个商业化端到端自动驾驶产品。

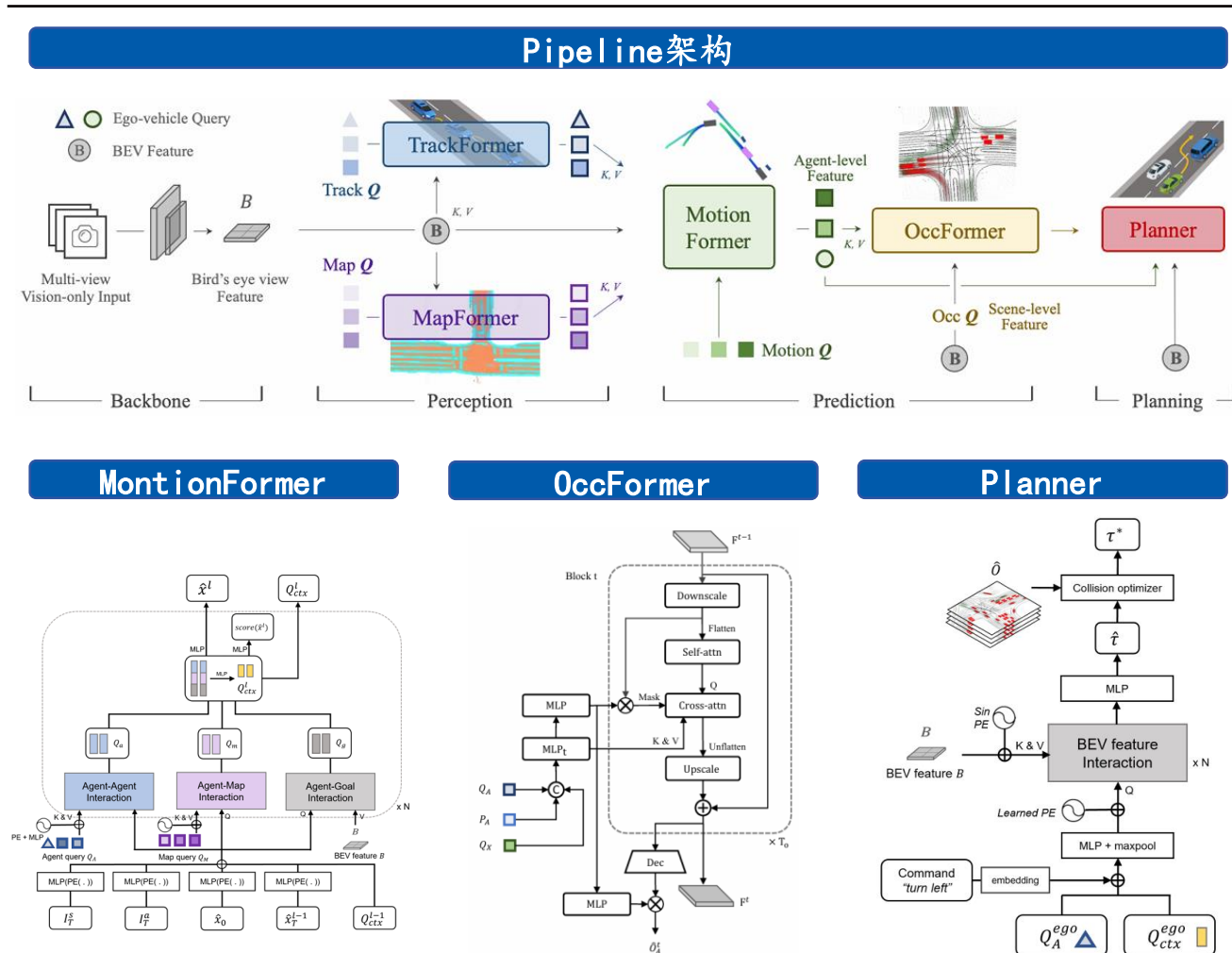
• 技术突破与现实应用阶段（2019年-）

2021年：特斯拉发布BEV（Bird Eye View）技术。特斯拉在AI Day上公布了BEV技术架构，通过多传感器融合实现感知模块的端到端化，为后续端到端技术的全面应用奠定了基础。

2023年：特斯拉FSD V12发布。特斯拉正式推出FSD V12版本，采用端到端架构，实现了感知、决策、规划的一体化，显著提升了驾驶体验的拟人化和安全性。这一版本成为行业标杆，推动了全球车企加速端到端技术的研发。

2023年：OpenDriveLab发布UniAD。OpenDriveLab推出了全栈Transformer端到端模型UniAD，整合感知、预测和规划模块，进一步提升了复杂场景下的环境理解和决策能力。

图3：UniAD架构设计概览



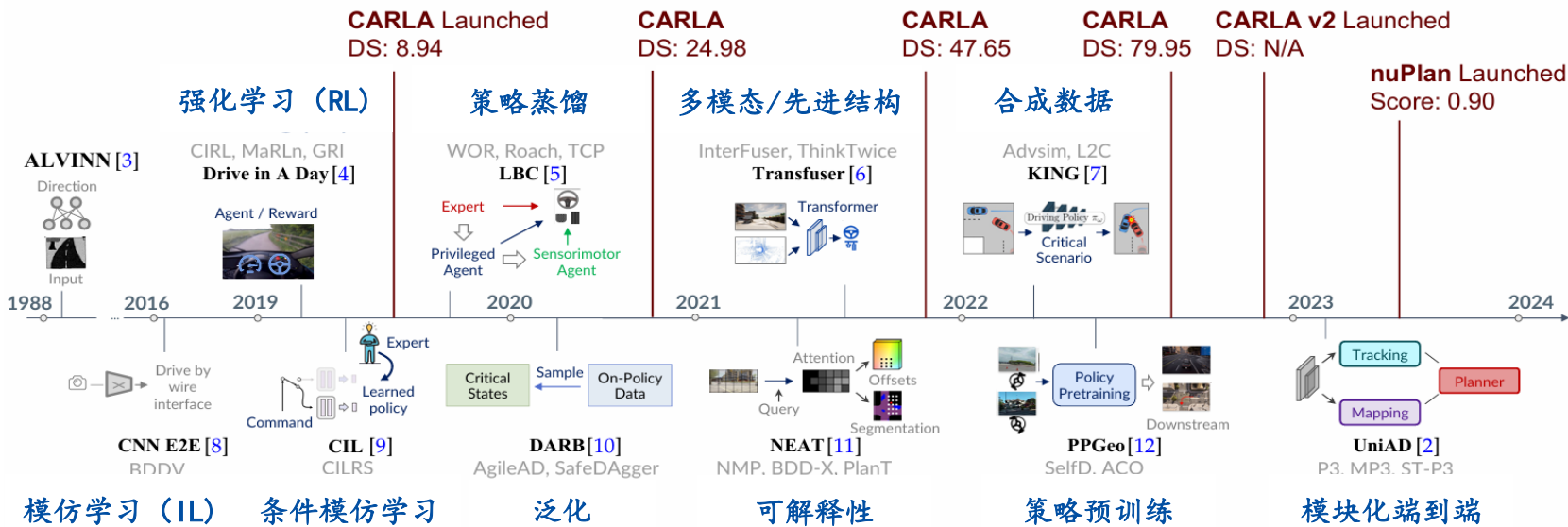
资料来源：Hu Y, Yang J, Chen L, et al, Planning-oriented Autonomous Driving, 国元证券研究所

端到端自动驾驶的起源可以追溯至1988年，当时ALVINN系统利用相机和激光测距仪的输入，通过简单神经网络生成转向指令。2016年，英伟达开发了端到端CNN原型系统，推动了这一概念在GPU计算时代的发展。随着深度神经网络的进步，端到端自动驾驶在模仿学习和强化学习方面取得突破，LBC中的策略蒸馏方法通过模仿优秀专家，提升了闭环性能。

为增强系统的泛化能力，尤其是针对专家策略和学习策略之间的差异，业内研究提出了在训练过程中聚合在线数据的策略。2021年左右，端到端自动驾驶迎来重要转折点。随着传感器配置在合理计算预算内普及，研究重点转向融合更多感知模态和先进架构（例如Transformer），以捕捉全局上下文和关键特征，例如TransFuser及其变体。这些设计结合对仿真环境的深入理解，使模型在CARLA基准测试中显著提升性能。

为提高自主系统的可解释性和安全性，一种解决方案是引入各种辅助模块以更好地监督学习过程，另一种则采取注意力可视化。2023-2024年，研究重点聚焦生成安全关键数据、预训练策略学习的基础模型或骨干网络，推动感知与规划模块的端到端整合。同时，更具挑战性的CARLAv2和nuPlan基准测试也被引入。

图4：端到端发展历程



资料来源：Chen L, Wu P, Chitta K, et al, End-to-end Autonomous Driving: Challenges and Frontiers, 国元证券研究所

算法实现层面，端到端的方法可以大致分为模仿学习和强化学习。模仿学习也称为从示范中学习，是一种通过模仿专家行为来训练智能体学习策略的方法。模仿学习中，一种广泛使用的方法是行为克隆（BC），将问题转化为监督学习问题。另一种方法是逆最优控制（IOC，也称为逆强化学习），利用专家示范来学习奖励函数。

表1：模仿学习的两大算法类别

类别	简述	优势	挑战
行为克隆（BC）	在行为克隆中，通过最小化规划损失来实现智能体策略与专家策略的匹配，其中监督学习中的损失函数用于度量智能体动作与专家动作之间的距离。早期应用于自动驾驶的BC，利用端到端神经网络从摄像头输入生成控制信号（如方向盘转动、加速等）。为了使基于BC的端到端驾驶模型能够应对复杂的城市场景，业内提出了进一步改进，如多传感器输入、辅助任务和改进的专家设计。	简洁性和高效性，因为无须手工设计奖励函数。	协变量偏移。协变量偏差指的是在训练过程中模型训练时所用的数据分布（例如，某些路况、驾驶场景的频率）与实际部署时遇到的数据分布（例如，实际道路的复杂性和多样性）不一致。对于一般的模仿学习，一些在线方法已经提出以解决这个问题。在端到端自动驾驶的背景下一一般采用DAgger方法。
逆最优控制（IOC）	逆最优控制是一种从专家示范中学习的算法，通过观察专家驾驶员的行为来推测出一个“奖励函数”。这个奖励函数可以理解为：专家做出的每一个动作都有一个“奖励值”，这些奖励值反映了每个行为的好坏。逆最优控制的主要方法分为对抗模仿学习（GAIL）与成本学习（Cost Learning）。	对抗模仿学习（GAIL）：不仅仅是模仿专家的行为，而是通过让学习系统和专家系统之间“对抗”来学习最佳策略。具体来说，GAIL的目标是让一个“判别器”区分专家行为和学习行为，系统通过不断调整自己的行为，使得这个“判别器”无法再区分专家的行为和系统自己的行为。 成本学习（Cost Learning）：将“奖励函数”替换成“成本函数”，两者含义相反。在成本学习中，自动驾驶系统会学习如何选择最低成本的行为。例如，在路上行驶时，系统会选择最少危险、最舒适的行驶轨迹，这些轨迹的“成本”是最小的。成本函数可以有不同的表示方法，例如鸟瞰图（BEV）中的成本体积、联合能量，以及概率语义占用层和自由空间层。	因果混淆。即模仿者会利用并依赖于输入组件与输出信号之间的错误相关性（模型可能会将某些表面上相关的因素，如天气、交通状况，错误地认为是决定驾驶行为的关键因素，从而导致决策不准确）。 在自动驾驶的场景中，奖励函数的定义非常复杂，因为要考虑的因素众多，比如路况、交通规则、其他车辆的行为等等，而且这些因素是动态变化的。所以，优化奖励函数非常困难。 成本学习方法中，为了生成更现实的成本，通常需要结合高清地图（HD maps）、辅助感知任务和多传感器数据，这增加了为多模态多任务框架学习和构建数据集的难度。

资料来源：Chen L, Wu P, Chitta K, et al, End-to-end Autonomous Driving: Challenges and Frontiers, 焉知汽车, 国元证券研究所

强化学习是一种通过“试错”学习的方法。智能体（比如自动驾驶系统）通过不断地尝试不同的动作，并根据结果得到奖励或惩罚，从而学习哪些动作是好的，哪些是不好的。这种方法最早依托于“深度Q网络”（DQN）应用在Atari游戏中，通过学习来控制游戏中的角色。

在自动驾驶中，强化学习的目标是让车辆学会在复杂多变的交通环境中做出最优决策，例如如何转弯、加速、刹车等。由于驾驶过程中存在众多不确定因素，如交通流量、路况变化等，决策任务极为复杂。强化学习通过让系统与环境互动，不断优化驾驶策略，从而提高驾驶的舒适性和安全性。

强化学习在应用中面临的主要挑战是需要大量的数据进行训练，而现实中很难保证所有可能的情况都能被模拟出来，并且训练过程需要大量的“试错”。为了弥补强化学习的不足，许多研究选择将强化学习与监督学习（SL）结合，例如隐式效用，通过使用监督学习对CNN编码器进行预训练。监督学习通过“标注数据”助力系统更好地理解环境，强化学习则帮助系统在复杂环境中逐步优化自身策略。二者结合，让系统既能从已有的知识中学习，又能在实践中持续改进。

图5：行为克隆（BC）

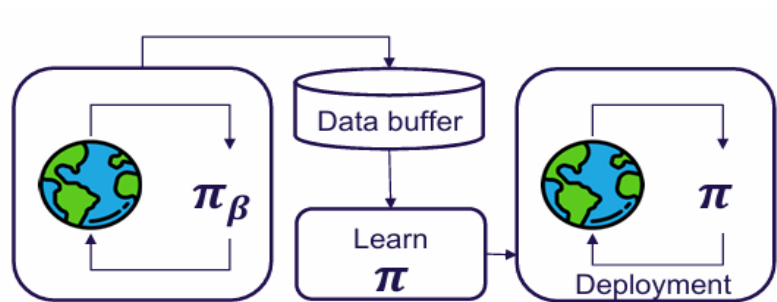


图6：逆最优控制（IOC）方法

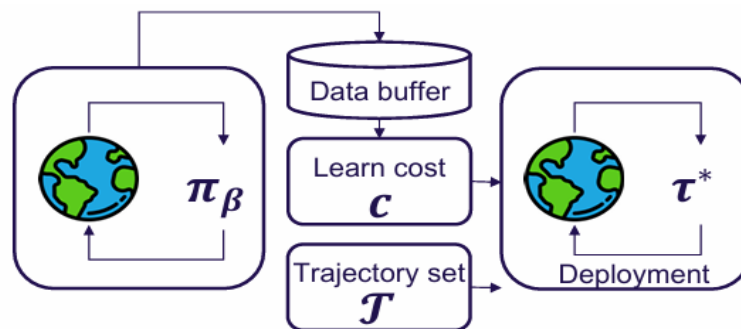
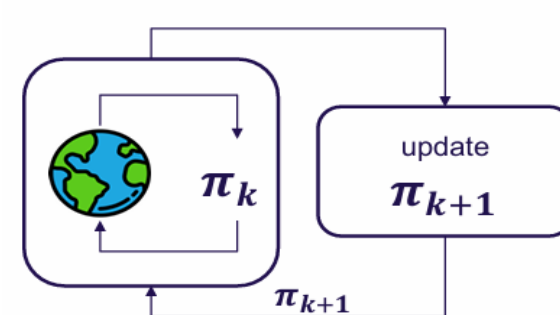


图7：强化学习方法



资料来源：Chen L, Wu P, Chitta K, et al, End-to-end Autonomous Driving: Challenges and Frontiers, 焉知汽车, 国元证券研究所

由于端到端算法基于数据驱动，大模型依赖大量的高质量数据进行训练。以训练数据为核心，重点关注数据量、数据标注、数据质量、数据分布、云端存储与超算中心等因素。2023年，特斯拉在端到端神经网络开发初期，就向系统输入了1000万个经过筛选的人类驾驶视频片段，按每段15秒估算，高清视频的总时长超过4万小时。根据特斯拉的测算，单个端到端模型至少需要经100万个分布多样且高质量的视频片段训练才能正常运作。此外，在大规模数据收集的基础上，需要对海量道路场景的数据进行标注，将其转化为支撑算法训练的数据，这也需要重资产投入。因此，优质训练数据的体量与企业的自研实力、综合产品力、资金投入、智驾车型销量等因素密切相关，这些因素在一定程度上强化了车企的马太效应。

真实数据中，长尾场景覆盖率低。长尾场景（暴雨、积雪或施工复杂环境中事故高发区域）中，车辆的行为决策需要高度鲁棒的模型支持，然而，这些场景在真实数据中占比极低，难以通过传统的路测覆盖全面。现有的仿真测试技术只能生成部分场景，而针对动态交互场景（如复杂的多车协同避让）的模拟能力有限，导致验证结果难以完全反映真实情况。因此，调整长尾场景在训练数据中的分布比例有很大的探索价值。目前的普遍解决方案是采用合成数据来模拟真实世界数据的特征分布。合成数据能够以较低成本增加训练数据的规模、丰富泛化场景的多样性，并有效生成长尾场景。例如，英伟达通过其Omniverse平台，利用合成数据提升模型对复杂场景的适应性。此外，特斯拉也采用合成数据生成边缘场景来扩充数据集，通过迭代方法捕捉更多边缘情况。

表2：主要车企辅助驾驶里程累计情况

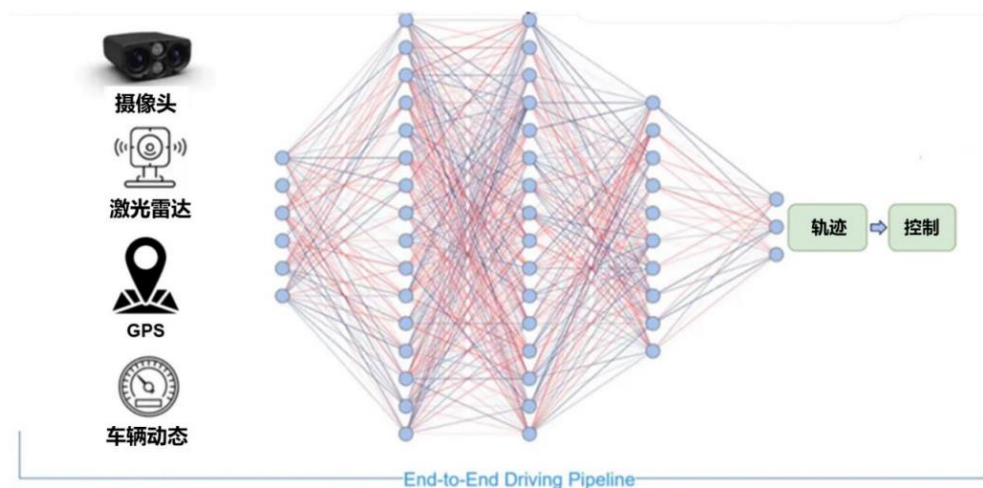
特斯拉	鸿蒙智行	理想	蔚来	小鹏
超16亿英里（2024年中报）	4.6亿公里（2024.08）	29.3亿公里（2024.12）	14.8亿公里（2024.11）	756万公里（实车测试里程，2024.07）

资料来源：汽车之家，中工汽车网，中国财经报，AI新能源低碳出行，国元证券研究所

道路交通的复杂程度与训练数据的体量使端到端的落地对于算力有极高的要求。道路交通环境的复杂性并不能完全用交通规则来覆盖。例如，机动车道上闯入的行人、自行车、两轮电动车等非规则的情况千差万别，难以用理论模型来归纳概括，只能尽可能扩大数据库来“教”自动驾驶系统，这无形中就会提升算力需求。从特斯拉的FSD自动驾驶系统看，端到端所需算力成倍增加：FSD V12全面采用端到端，用3000行代码替代了原来的30多万行代码，但算力要求提升了10倍，整个平台算力需要达到3000~5000TOPS才能满足端到端的需求。除了对车端算力的需求外，对云端算力要求也很高。由于端到端系统依赖大规模数据集，训练过程对算力资源需求极高，尤其是为了使大模型具备复杂路况识别能力，需要在大量模拟场景和真实世界数据上进行训练。通常，样本量越大，系统越成熟，这也推动了对高性能计算芯片和计算模块的需求。目前，特斯拉超算中心的算力支持由其自研的D1芯片和自研的超级计算机Dojo组成，投资约10亿美元。而国内一些车企的端到端则更多使用了云计算方案，如小鹏汽车的云计算大模型等。

端到端的另一挑战是大模型的黑盒属性。由于端到端模型直接从输入（传感器数据）到输出（控制指令）进行映射，决策过程是一个复杂的非线性映射，难以直观理解其内部逻辑。决策过程不透明且缺乏可解释性，可能导致开发者在调试和优化模型时难以定位问题的根源，造成模型调试和优化上的困难，安全性难以验证。

图8：一体化端到端架构



资料来源：Chib P S, Singh P, Recent Advancements in End-to-End Autonomous Driving using Deep Learning: A Survey, 国元证券研究所

近年来，工信部等部门陆续颁布多项智能网联汽车相关政策，助推智能驾驶从“小范围测试验证”加速迈入“规模化落地”，加快高阶智能驾驶的普及应用和商业化进程。随着智能网联汽车技术快速迭代和辅助驾驶的大规模应用，“车路云一体化”正处于转入规模化应用的关键时期，建成将具有巨大潜在价值：一方面，当车辆大规模接入车路云网络后，交通的通行效率将得到大幅提升；另一方面，该网络中大量的数据可以反哺真实世界模型、自动驾驶模型及机器人模型的训练。截止2024年5月，全国已有47个国家级智能网联测试示范区，16个双智试点城市，7个智能网联先导区，包括武汉、重庆、深圳、北京等无人驾驶提前布局的重点城市。全国共开放自动驾驶示范道路3.2万多公里，测试里程超过1.2亿公里，各地智能化路测单元部署超过8700套。

表3：相关政策文件及内容

发布时间	发布/制定单位	文件名称	相关内容
2020.10.20	国务院	《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》	推动新能源汽车与信息通信融合发展，推进以数据为纽带的“人—车—路—云”高效协同。基于汽车感知、交通管控、城市管理等信息，构建“人—车—路—云”多层数据融合与计算处理平台，开展特定场景、区域及道路的示范应用，促进新能源汽车与信息通信融合应用服务创新。
2023.11.17	工信部等四部门	关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知	在智能网联汽车道路测试与示范应用工作基础上，工业和信息化部、公安部、住房和城乡建设部、交通运输部遴选具备量产条件的搭载自动驾驶功能的智能网联汽车产品，开展准入试点；对取得准入的智能网联汽车产品，在限定区域内开展上路通行试点，车辆用于运输经营的需满足交通运输主管部门运营资质和运营管理要求。本通知针对智能网联汽车搭载的3级和4级驾驶自动化功能。
2024.1.15	工信部等五部门	关于开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点工作的通知	推动智能化路侧基础设施和云控基础平台建设，提升车载终端装配率，开展智能网联汽车“车路云一体化”系统架构设计和多种场景应用，形成统一的车路协同技术标准与测试评价体系，健全道路交通安全保障能力，促进规模化示范应用和新型商业模式探索，大力推动智能网联汽车产业化发展。
2024.7.1	工信部等五部门	关于公布《智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市名单》的通知	确定了20个城市（联合体）为智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市，北京、上海、深圳、广州、武汉、重庆、南京、苏州、成都、杭州—桐乡—德清联合体等在列。
2024.8.23	工信部	《汽车整车信息安全技术要求》	《汽车整车信息安全技术要求》规定了汽车信息安全管理要求，以及外部连接安全、通信安全、软件升级安全、数据安全等方面的技术要求和试验方法。《汽车软件升级通用技术要求》规定了汽车软件升级的管理要求，以及用户告知、版本号读取、安全保护、先决条件、电量保障、失败处理等车辆软件升级功能方面的技术要求。《智能网联汽车自动驾驶数据记录系统》规定了智能网联汽车自动驾驶数据记录系统的数据记录、数据存储和读取、信息安全、耐撞性能、环境评价性等方面的技术要求和试验方法，将为事故责任认定及原因分析提供技术支撑。

车企抢滩DeepSeek，AI行业与智能驾驶共振。2025年2月，比亚迪、吉利、极氪、岚图、东风、零跑、广汽、长城、智己、宝骏等20多家车企及供应商陆续宣布与DeepSeek大模型完成深度融合。

表4：主要企业接入DeepSeek情况

企业	合作内容
比亚迪	整车智能“璇玑架构”将接入Deepseek R1大模型的能力，以快速提升车端和云端的AI能力。在座舱端，其车型可借助R1大模型卓越的推理能力，更好理解用户的模糊意图和隐性需求，提供更加精准和个性化的服务。
吉利汽车	借助DeepSeek的蒸馏能力对自研星睿大模型进行训练，应用在车控、座舱交互及售后等场景。吉利介绍，将借助DeepSeek-R1的蒸馏能力对车控 FunctionCall 大模型、汽车主动交互端侧大模型等进行训练，以提升车载AI的主动感知能力。融合后的AI系统，不仅能精准理解用户的模糊意图，准确调用约2000个车载接口，还能基于车内外场景主动分析用户潜在需求，提供车辆控制、主动对话、售后等服务，大幅提升智能交互体验。
极氪汽车	借助 DeepSeek的蒸馏能力对自研大模型进行训练，应用在智能座舱的语音助手。吉利公布消息后极氪跟进。极氪Kr AI大模型融合DeepSeek，其语音助手 AI Eva能力将得到提升，进一步进化出深度思考能力。极氪团队会持续对自研大模型 Kr AI 做推理能力训练，希望进一步提升对用户模糊意图、隐性需求理解与预测能力。
东风系（岚图、猛士、奕派、风神、纳米）	主要应用在智能座舱场景。岚图汽车表示已完成与DeepSeek模型的深度融合，在2月14日将推出一个OTA来更新部分AI功能。融合后岚图知音的“逍遥座舱”将能够实现多种功能，包括AI多语义指令识别、AI作诗、AI作画、AI对联、AI闲聊和AI信息实时检索等。此举预计将提升岚图车机AI的反应速度、准确度和扩展性（此前，岚图合作百度文心一言和智谱AI大模型）。岚图汽车官宣后，东风汽车宣布旗下自主品牌全部接入，包括东风猛士、东风奕派、东风风神、东风纳米。
上汽系（智己、宝骏）	智己汽车已在智能座舱领域深度引入 DeepSeek 大模型，还一并引入豆包、通义千问等国产大模型，并通过深度联合训练的方式，来构建“插拔式AI 矩阵平台”。宝骏汽车创新性实现了DeepSeek和中枢大模型的“双模”部署，系统后台会根据适用场景，自行调用对应的大模型。后续也将实现任务智能调度，即用户简单问题快速响应、复杂问题深度思考后精准回答等。
长城汽车	自研Coffee Agent大模型与DeepSeek融合适配，DeepSeek的demo已在长城汽车上跑通。
长安系（长安启源）	DeepSeek大模型已正式接入长安天枢智能化架构，并将率先应用于启源E07车型，实现智能座舱与驾驶辅助系统的深度融合。
奇瑞汽车	奇瑞集团宣布旗下雄狮智能座舱系统Lion AI智舱大模型通过DeepSeek实现更精准的语音指令响应和更智能化的场景应用。在DeepSeek技术的加持下，雄狮智舱能够更精准地理解用户的模糊指令，并快速调用车载功能，如调节车内温度、播放音乐、导航等。融合后的雄狮智舱还将具备主动服务功能，能够基于车内外场景主动分析用户潜在需求。
零跑汽车	小零GPT大模型已部署DeepSeek-R1大模型，即将上线。

图9：DeepSeek大模型的优势：数据合成与增强

以Deepseek为代表的AI技术进步助推自动驾驶行业告别硬件堆叠、算力比拼，一场以AI融合为核心的高阶智能驾驶和智能座舱新竞赛即将展开。以往在大模型竞赛中，通常是围绕“数据、算法、算力”三要素中的算力进行突破，企业通过不断堆高算力水平来实现大模型训练和推理的加速。而DeepSeek的出现则打破了这种传统模式，选择从架构和算法创新入手，在有限的算力与训练成本下，显著提升算力利用效率。

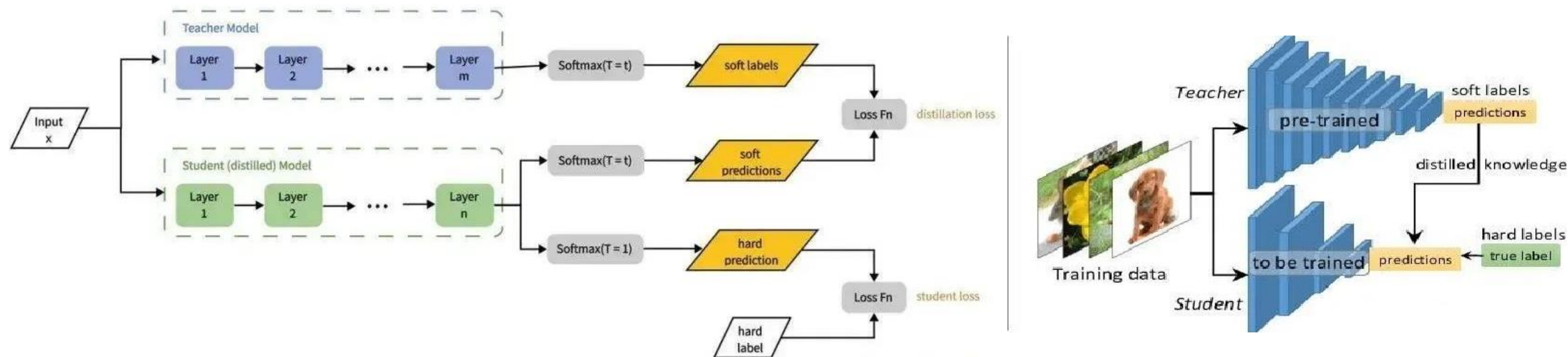


资料来源：焉知人形机器人，国元证券研究所

DeepSeek本身作为大语言模型，在算法优化与算力节省上拥有革新性优势，同时，基于视觉强化微调可以延伸至多模态模型，拥有多模态模型上车的共性优势，包括：（1）开源特性，使得车企可以快速调用 API，依据自身需求进行定制化开发，大幅缩短技术从引入到落地应用的周期。（2）通过对数据的深度挖掘、增强、保护以及跨领域迁移能力，应对极端场景。由于在自动驾驶中，真实路测难以覆盖所有危险场景（如行人突然横穿马路），DeepSeek可以构建高保真的长尾虚拟驾驶场景（如极端天气、突发事故），通过合成数据训练模型，弥补真实数据中罕见场景的不足。同时基于生成对抗网络（GAN），包括生成多样化的行人、车辆行为模式，提升模型对复杂交通场景的适应能力，使模型提前学习应对策略，避免实际路测中的安全隐患。同时，通过云端协同的方式，将数据合成和仿真训练放在云端完成，车端仅需加载轻量化模型，避免占用车端算力。这种提升极端路况的表现尤其适用于城市NOA。

(3) 云端高效训练。在云端，DeepSeek基于当前智驾企业积累的数据库，通过数据生成完善场景构建，仅需极少量标注数据即可实现高效训练。据NE时代新能源消息，这种方式可以节省约90%的标注成本，还可以生成海量的增强数据。据懂车帝消息，传统智驾系统需6-12个月完成场景训练，而DeepSeek的MoE（混合专家）架构可将周期压缩至45天。(4) 蒸馏技术提升研发效率、降低算力需求。车企可以将云端大模型通过DeepSeek的知识蒸馏技术压缩为适合自动驾驶车端部署的小模型，无需单独对车端模型进行训练。不同版本的智驾方案，在理想情况下可以来源于同一教师模型而无需重复开发，有助于提升开发效率、减少三方智驾企业的资金压力和项目周期压力，并逐渐模糊中高阶智驾技术边界。长远来看，基于教师模型蒸馏得到的学生模型也会更加精细化，且DeepSeek所展示的推理效率也有一定的借鉴意义，这也就意味车端所需的芯片算力要求会有所降低。个别企业表示，基于DeepSeek的技术路径，甚至可以在单Orin-X上部署L3的功能。(5) 语义分割、目标识别等赋能智能座舱。DeepSeek应用于座舱交互，能够实现更精准、流畅的语音交互，理解驾驶员的模糊指令，快速准确执行操作，将传统“指令式交互”转变为“场景化服务”。

图10、11：模型蒸馏技术原理



资料来源：Python见习室，吴建明利驰数字，国元证券研究所

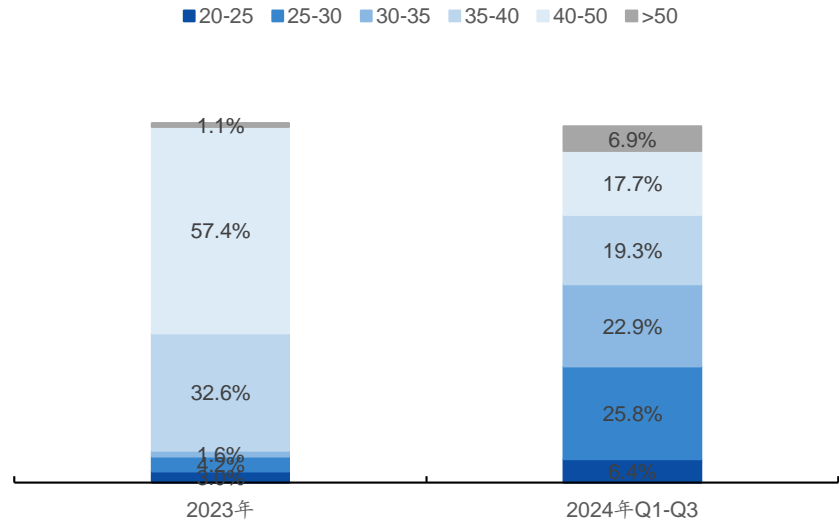
10万级别智驾落地推动行业进入智驾平权

随比亚迪引领的10万级别智驾落地，视觉感知方案与端到端大模型共同推动行业进入“智驾平权”时期。过去，由激光雷达、高算力芯片和海量数据训练等筑成的高门槛，使智能驾驶功能主要集中在豪华车上。2024年，中国市场乘用车入门级L2及以下辅助驾驶前装搭载虽高达52.44%，以NOA为代表的高阶智驾前装搭载率仅为8.62%，尤其是10-20万元价位区间高阶智驾的前装标配搭载率仅为1.31%，属于明显的市场洼地。

2024年1-9月，乘用车市场中城市NOA（自动导航辅助驾驶）技术的价格进一步下探，多个品牌推出了20万元以内搭载高阶智能驾驶功能的车型，标志着智能驾驶技术逐渐向更广泛的市场普及。2025年2月，比亚迪的“天神之眼”以三档技术方案精准切割市场：仰望品牌搭载天神之眼A，腾势与王朝系列匹配天神之眼B，而王朝网和海洋网共计21款车型将搭载天神之眼C，覆盖7万级到20万级的广泛价格区间。这种策略既保障了高端市场的竞争力，又以相对低成本的视觉感知方案，将高速NOA（领航辅助驾驶）功能推向大众市场。同时，更多的车企也在加入智驾普及赛道，抢抓布局20万以下的主流车型区间高阶智驾（NOA）市场。例如，零跑汽车即将上市的零跑B10搭载激光雷达，将城区端到端智驾普及至15万内区间；长安汽车也宣布2025年将品牌全线智能化，同时要将激光雷达下放到10万元以下车型上。目前，高速NOA标配车型价格已降至10万元区间，城区NOA标配车型价格则刚进入20万元区间，但价格下探速度仍在加快。

请务必阅读正文之后的免责条款部分

图12：2023-2024年乘用车城市标配NOA分价格占比（%）



资料来源：佐思汽车研究，国元证券研究所

表5：25-30万元标配城市NOA车型销量TOP5

车型	上市时间	2024年Q1-Q3销量（辆）
理想L6	2024年4月	41236
小鹏G6	2023年6月	4934
小鹏G9	2023年9月	4221
小鹏P7	2024年3月	3406
昊铂HT	2024年4月	606

表6：15-20万元标配城市NOA车型销量

车型	上市时间	2024年Q1-Q3销量（辆）
小鹏MONA M03	2024年8月	1388
AION V	2024年8月	514

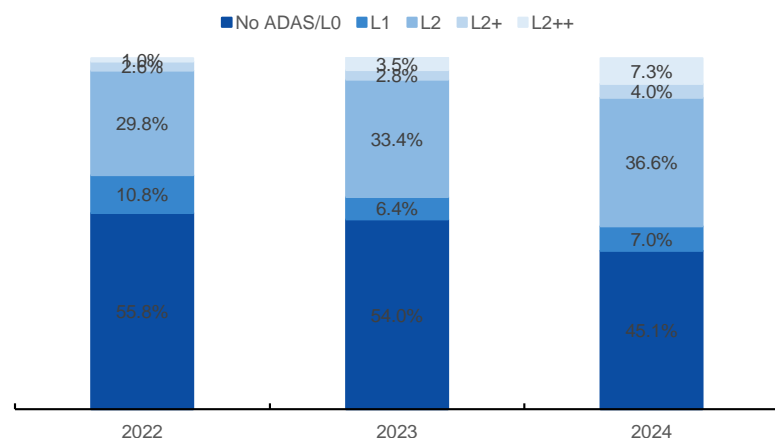
资料来源：佐思汽车研究，国元证券研究所

汽车行业加速迈向智能驾驶全面普及时代。2024年，国内新车L2级及以上辅助驾驶装配量达1098.2万辆，渗透率为47.9%。新能源车L2及以上渗透率达56.9%，高于燃油车。智能化已成为车企竞争焦点，主机厂加速推动高阶智驾系统量产，未能跟上智能化步伐的品牌可能逐渐失去竞争力。政策方面，国家和地方积极出台多项政策支持高阶智驾落地，目前已有50多个城市出台自动驾驶地方性法规，推动技术试点应用。

AI大模型技术的应用渗透进入自动驾驶领域，涵盖云端训练和车端部署，在硬件降本、性能提升和算法开源方面具有优势，同时降低了训练和推理成本。Deepseek将从数据、算法、算力等环节全面赋能，加速高阶智驾商用落地。随着端到端大模型优化，头部车企推出“车位到车位”功能，覆盖全场景并具备全程无接管能力，2025年智驾市场将进入“车位到车位”功能的竞争阶段。

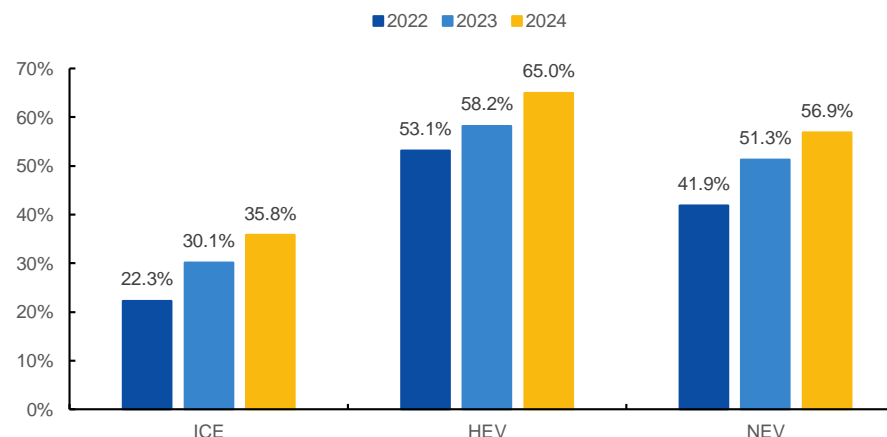
高阶智驾技术进步和规模化生产推动成本下降，10-20万元车型将成为渗透主力市场。预计2025年，智驾市场的车企之间围绕“车位到车位”功能的成熟度和用户体验，技术角逐将更加激烈；同时，NOA高阶智驾市场将迎来商业化拐点，消费者有望以更低的成本享受到高阶智能驾驶功能。

图13：2022-2024年乘用车不同级别ADAS渗透率（标配）



资料来源：盖世汽车研究院，国元证券研究所

图14：2022-2024年乘用车不同动力类型L2级及以上渗透率（标配）



资料来源：盖世汽车研究院，国元证券研究所

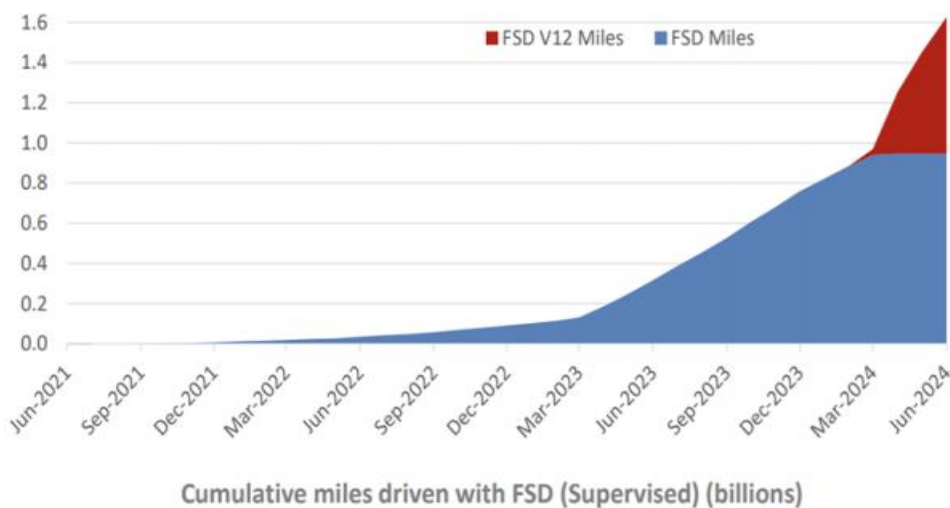
2

关注自研核心算法的整车企业

特斯拉经历了自研芯片、算法结构、数据标注与融合等方面的升级，一体化端到端技术架构逐渐完善。

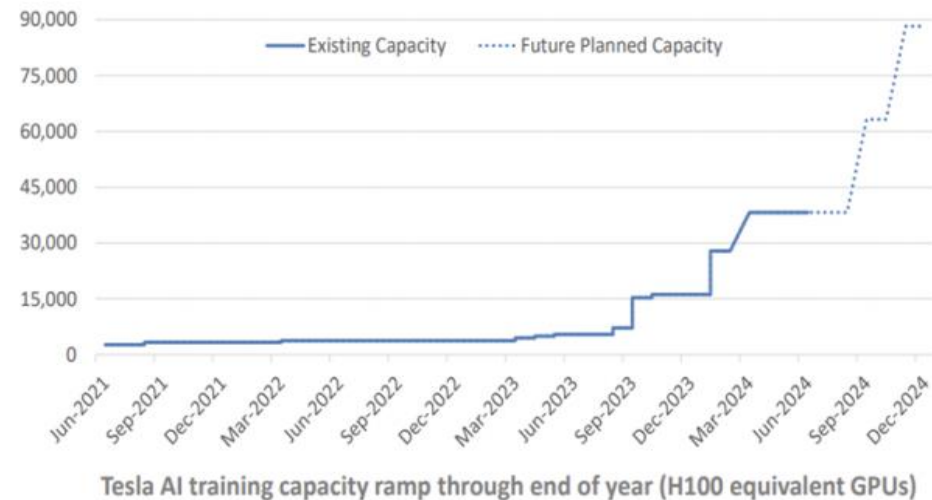
Full Self-Driving（完全自动驾驶，FSD）是特斯拉研发的最高级自动辅助驾驶系统，计划通过OTA（Over-The-Air）软件更新逐步实现L5级别的自动驾驶。截至2024年Q2，特斯拉宣布其FSD技术助力下的汽车已经行驶了超过16亿英里（约合25.75亿公里）；搭载基于全面端到端的FSD V12系统的汽车已经行驶了超过6亿英里（约合9.66亿公里）。到2024年底，特斯拉计划将FSD的AI训练能力提升至约9-10万个H100等效算力（对应90-100E FLOPS）。从Autopilot到端到端架构，特斯拉通过影子模式、HydraNet神经网络架构构建、数据自动标注、算法层面迭代（BEV+Transformer+占用网络等）、算力储备等布局实现了逐步迭代升级。

图15：FSD和FSD V12累计行驶里程（十亿英里）



资料来源：同花顺，国元证券研究所

图16：特斯拉AI算力走势

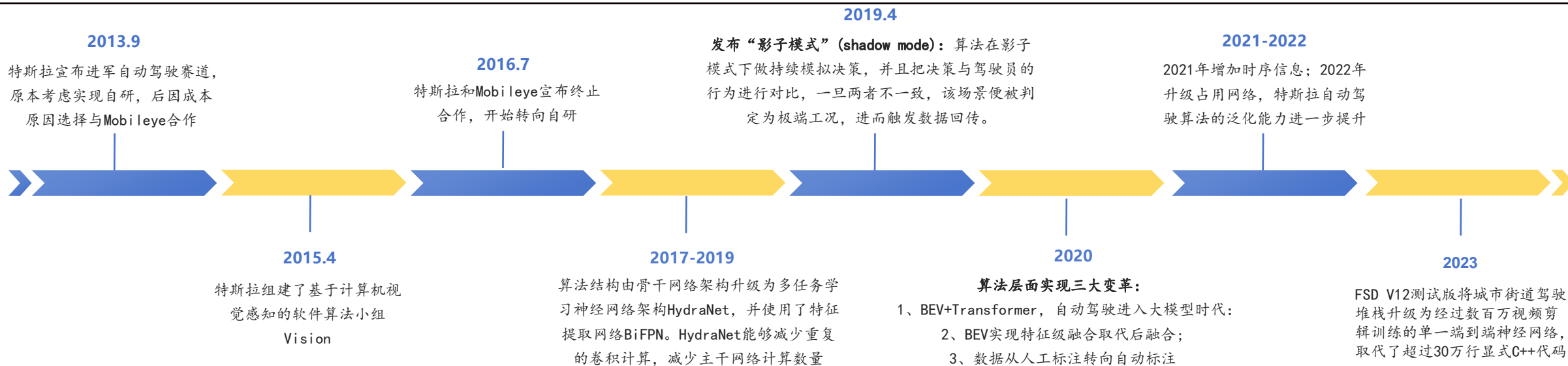


资料来源：同花顺，国元证券研究所

硬件层面，特斯拉构建了Dojo超级计算机系统，计划2024年算力规模突破100E FLOPS，为端到端模型的训练提供了强大支撑。

算法结构层面，FSD采用纯视觉解决方案，主要依靠8个摄像头采集视频数据，依靠AI芯片和神经网络算法进行数据处理，实现自动驾驶。特斯拉最初与Mobileye合作，2016年转向自研。2020-2022年，特斯拉实现了BEV+Transformer+占用网络升级，转向大模型时代。2023年12月，FSD V12测试版发布，采用端到端神经网络替代30万行C++代码，实现了城市道路自动驾驶，干预频次降至每千英里0.3次，复杂场景表现稳定。2024年12月，FSD V13发布，处理能力提升至36Hz原生清晰度，训练数据和算力分别提升4.2倍和5倍，延迟减少2倍。FSD计划于2025年第一季度进入中国和欧洲市场，并计划推出无监督版FSD，加速高阶自动驾驶商业化。

图17：特斯拉自动驾驶技术演进



资料来源：汽车之家，九章智驾，42号车库，车东西，国元证券研究所

请务必阅读正文之后的免责声明部分

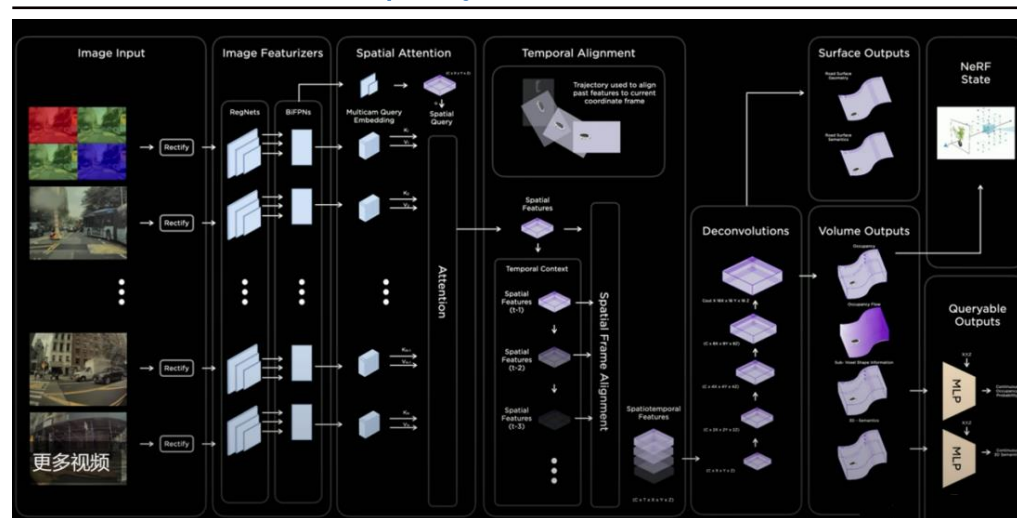
算法：逐步从感知模块端到端发展成为一体化端到端。2021年，感知模块从基于单图分析的 HydraNet 网络架构迭代至BEV+Transformer架构。特斯拉在HydraNet架构中引入Transformer构建BEV，同时增加基于时间的序列（feature queue）和基于空间的序列（video Module）总成拼接感知模块完整的架构，很好地应对了相对复杂非结构道路的识别问题。同年，FSD规划模块引入基于神经网络的规划模块和蒙特卡洛树搜索，实现了规划模块端到端的优化。2022年，为了更好的识别遮挡物的识别远距离、边缘区域等，引入Occupancy网络，实现了对3D空间的感知，形成了BEV+Transformer+Occupancy神经网络架构。通过摄像头的图片输入，端到端输出汽车周围环境向量空间数据，为规划模块决策提供支持。2023年12月，FSD V12方案的提出标志着端到端架构正式进入一体化，通过单一的神经网络直接处理摄像头数据并输出驾驶指令，摆脱了传统的模块化处理方法。

图18：2021年发布基于BEV+Transformer的感知算法架构



资料来源：Tesla AI Day 2021, CSDN, 国元证券研究所

图19：2022年引入Occupancy占用网络

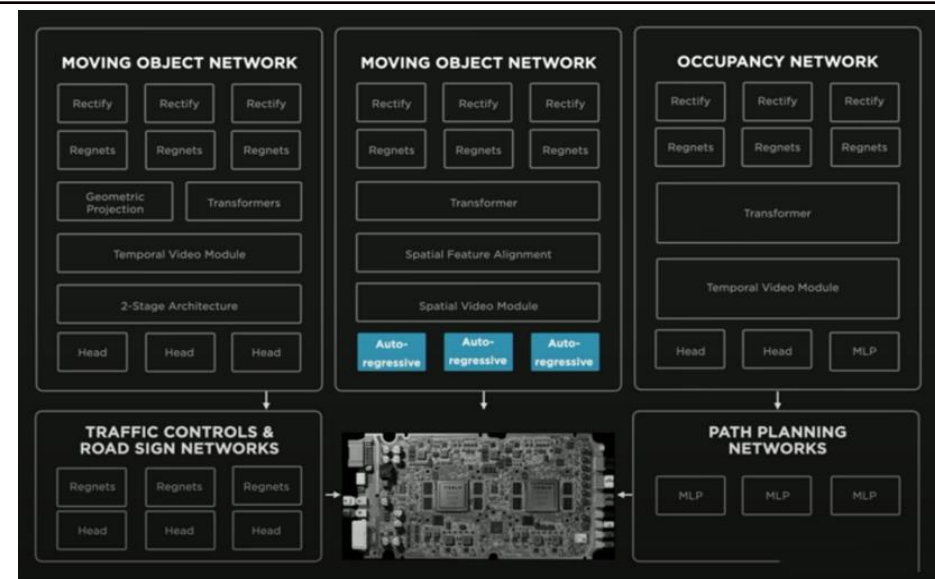


资料来源：Tesla AI Day 2022, CSDN, 国元证券研究所

数据：数据标注、数据引擎实现数据闭环。 特斯拉的数据标注是从外包到自制、从人工到自动化的过程。从2018到2021年，特斯拉的数据工程平台经历了3次迭代。2021年数据标注在3D空间的基础上增加了时间维度，标注效率较2018年提升了800倍；同年，特斯拉开始采用自动标注系统，主要流程分为高精度轨迹提取-多路径联合重建-新路径自动标注，通过融合多条路径，重建3D语义地图，并将其应用于新轨迹的自动标注上。自动标注算法对一万个驾驶旅程的12小时自动标注相当于500万小时的人工标注。此外，特斯拉通过影子模式搜集数据，经过清洗、标注，与仿真数据共同构建训练集。训练集也用于车载模型的训练，完成之后更新到车上，并以此往复完成数据流的闭环。

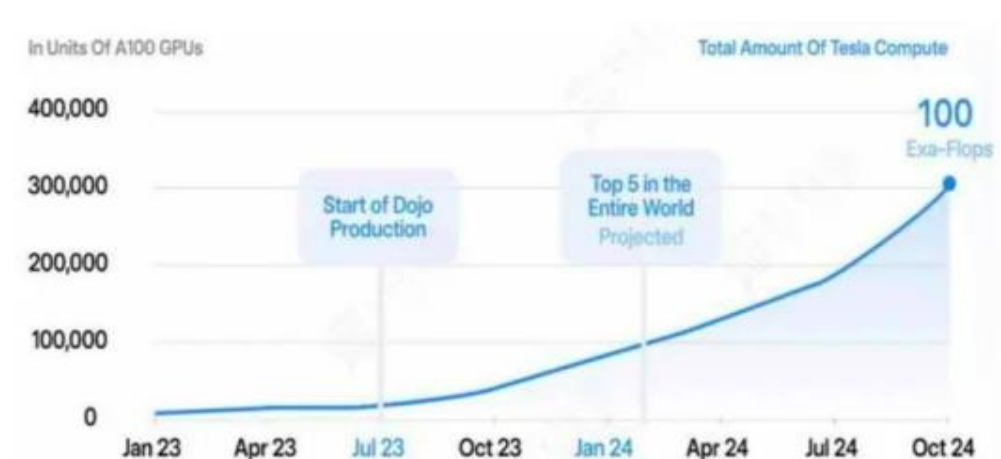
算力：建设车端算力与超算中心。 计算平台是自动驾驶系统的核心硬件，涵盖车端算力和训练用超算中心。特斯拉从外购转向自研，2019年4月推出自研车端芯片HW3.0，2024年2月升级至HW4.0，算力提升至HW3.0的五倍。自动驾驶算力的瓶颈在于训练环节，特斯拉为此开发了超级计算机Dojo，专注于深度学习模型训练，尤其是FSD的支持。Dojo于2023年7月投产，预计到2024年底，特斯拉将投资超10亿美元建设Dojo超算系统。

图20：FSD神经网络汇总



资料来源：Tesla AI Day 2022, CSDN, 国元证券研究所

图21：Dojo算力走势



资料来源：佐思汽车研究, 国元证券研究所

自动驾驶软件层面，目前主要分为三个层级，分别是BAP（基础版辅助驾驶）、EAP（增强版辅助驾驶）和FSD（完全自动驾驶），自动驾驶功能搭载程度依次递增。FSD的核心功能包括自动辅助导航驾驶、自动泊车、自动变换车道、智慧召唤、交通标志识别、辅助转向等。2024年1月发布的FSD V12.12在旧金山Market Street路口通过复杂路口通行测试，平均通过时间12秒，成功率88%。在硅谷测试中，该系统已能处理“隧道内无保护左转”等高阶场景，决策逻辑与人脑反应时误差仅0.3秒，实现了端到端系统的进一步优化。最新发布的FSD V13在V12的基础上增加了各种新功能，包括从驻车启动FSD、倒车和目的地停车功能等。

硬件系统迭代了多个版本，包括HW1.0、HW2.0/HW2.5、HW3.0以及最新的HW4.0。2019年，特斯拉在国内推出搭载HW3.0的Model 3/Y，FSD为付费选装形式，只能实现自动泊车、车道保持等基础功能。HW4.0的芯片算力提升五倍，为FSD的后续迭代提供硬件基础，主要搭载于Model X/S/3/Y车型上。

最新版FSD V13的新增亮点：①从驻车档启动 FSD（监控）；②集成的起停、倒车和停车功能；③改进避免碰撞的奖励预测；④重新设计的控制器实现更流畅、更准确的跟踪；⑤动态规划道路封闭路线，当车队检测到封闭道路时，会沿着受影响的路线显示封闭道路。

表7：FSD的核心功能模块

核心功能模块	技术实现	性能指标
高速领航	基于BEV实时规划车道级路径	变道成功率99%，平均耗时4.2秒
城市辅助	依赖Occupancy Network避让动态障碍物	无保护左转通过率85%
智能召唤	视觉SLAM定位+超声波雷达避障	停车场内最大响应距离150米
自动泊车	多摄像头联合重建3D车位模型	垂直车位泊入时间≤30秒

资料来源：HMI 智能座舱设计，国元证券研究所

表8：从HW3.0到HW4.0的硬件迭代

指标	HW3.0	HW4.0
成像	2D	3D
摄像头数量/像素	9个/120万	12个/500万
毫米波雷达	无	4D毫米波雷达
最大探测距离	250米	424米
芯片算力	双FSD一代芯片，144TOPS	双FSD二代芯片，算力提升5倍(约720TOPS)
芯片工艺	14nm制程	7nm制程
CPU内核	12个	20个
CPU内存	LPDDR4	GDDR6

资料来源：电车通，车规半导体硬件，国元证券研究所

表9：不同层级的自动驾驶软件及功能

自动驾驶功能	BAP (基础版自 动辅助驾驶)	EAP (增强版自 动辅助驾驶)	FSD (完全自动 驾驶)
主动巡航/跟车	√	√	√
车道维持/居中	√	√	√
自动辅助导航驾驶		√	√
自动变换车道		√	√
自动泊车		√	√
召唤/智慧召唤		√	√
交通识别/标志识别			√
市区自动辅助转向			√
自动速度偏移调整			√

资料来源：Ai fighting，国元证券研究所

华为的智能驾驶技术（ADS）采用的是激光雷达和视觉融合方案，主要依靠激光雷达采集数据以探索可行驶的空间，并通过AI芯片和算法对数据进行处理，实现自动驾驶。融合感知方案的上限较高，但同时算力算法的要求也高。ADS通过1500波长的激光雷达感知环境数据，可以突破视觉限制，受夜晚、雨天、雾天以及尘土等天气因素的影响很小，且激光雷达收集的数据自带距离向量，无需芯片重复计算；另一方面，激光雷达和视觉同时采集数据需要数据融合处理，对算力和算法的要求较高。相比特斯拉采取的纯视觉方案，ADS硬件成本较高，不过华为通过与主机厂合作构建鸿蒙智行生态，有望借助中国市场的规模优势，最终压低成本。

从2021年的ADS 1.0到2024年的ADS 3.0，硬件方案已历经三次迭代：

ADS 1.0 基于13个摄像头（前视觉双目+长短距）、三个激光雷达、六个毫米波，400TOPs算力的MDC，采用高精地图的方案；

ADS 2.0 基于11个摄像头、一个激光雷达，200TOPs算力的MDC。相比上一代，减去双目摄像头、两个激光雷达、三个毫米波，减去一块昇腾610算力为200TOPs算力的MDC，减去高精地图；

ADS 3.0 相比上一代，将一个激光雷达从128线换到了192线，其中一个毫米波雷达换成了4D毫米波雷达。192线雷达采样频率已经达到20hz。

图22：华为智能驾驶ADS版本演化



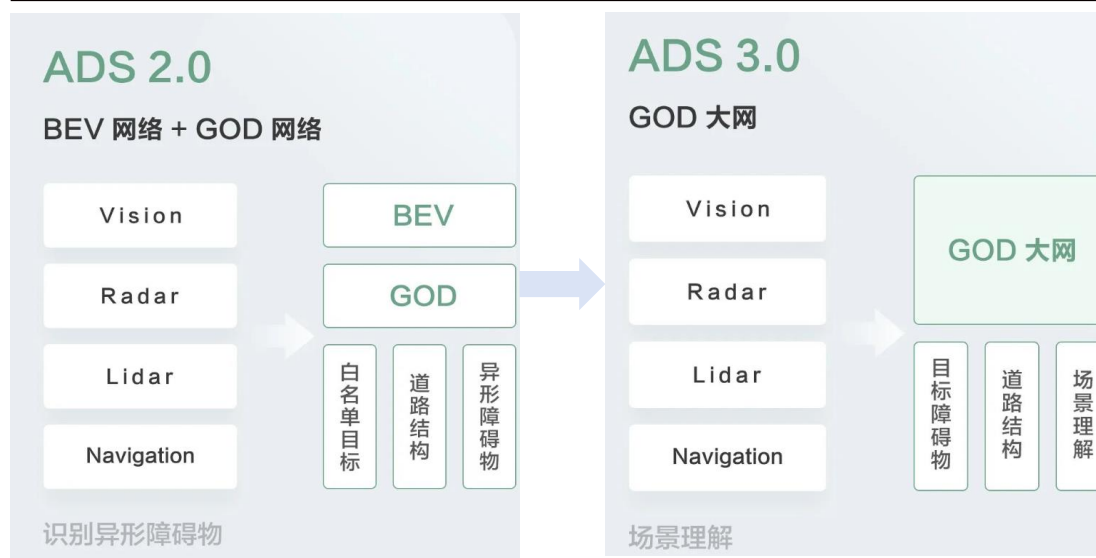
资料来源：Vehicle，国元证券研究所

2024年4月，华为推出了新品牌乾崮及其新一代智能驾驶解决方案ADS 3.0，以GOD网络（通用障碍物检测）和PDP网络（预测-决策-规划一体化）为核心，通过全栈自研的AI芯片、操作系统和融合感知传感器，实现了端到端技术的规模化量产。华为通过构建云端AI训练平台进行大量的数据训练，根据2024年6月发布的信息，ADS智能驾驶系统的云端学习训练算力达到7.5EFLOPS，训练数据量已达日行3500万公里，意味着每过24小时，系统就能迭代出一个“更聪明”的版本。

ADS 3.0升级点主要在于构建了GOD感知神经网络+PDP决策神经网络实现模块化端到端。在ADS 3.0当中，华为将GOD和RCR都神经网络化，并纳入到一个完整的 GOD 感知神经网络，规划决策模块构建了PDP决策神经网络，实现去BEV化。华为还在端到端模型中增加了“本能安全网络”进行下限兜底，增强模型可解释性与稳健性，避免端到端下限低的问题。

华为计划在2025年推动高速L3级自动驾驶的商用化，并开启城区L3级试点。通过算力冗余、感知冗余和操控冗余三个必备条件，以及途灵平台实现线控转向等关键技术，推动L3级自动驾驶的落地。所有配备激光雷达的车型将具备从车位到车位的高阶智能驾驶能力，同时，ADS基础版也将具备高速NCA和城市快速路NCA能力，不依赖高精地图，全国都可以开。

图23：算法从ADS 2.0升级至ADS 3.0

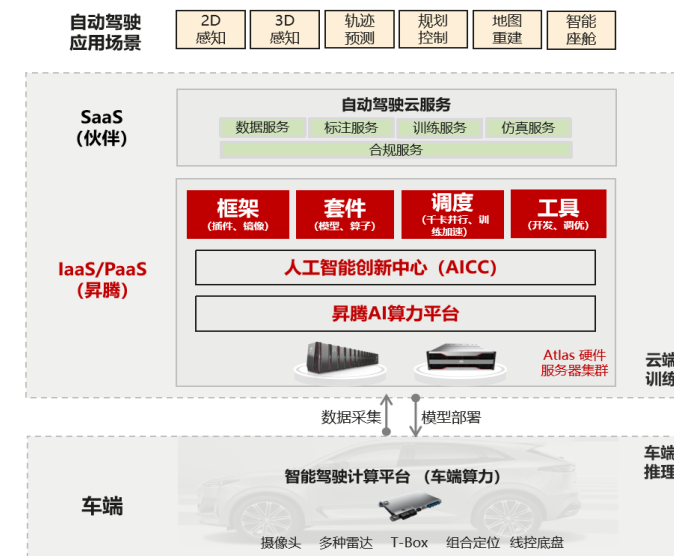


资料来源：华为乾崮智能汽车解决方案，国元证券研究所

依托昇腾AI构建智能网联车的算力底座，围绕开源生态和模型体系打造完整的软硬件解决方案。华为基于全栈自主开放兼容、灵活部署的AI算力底座，提供完整的自动驾驶和智能网联体系的基础解决方案，包括底层计算架构、核心硬件、大规模的集训系统、操作系统、编译器、编程语言以及各种各样的加速库等。在算力解决层面，提供基础的软硬件和围绕着智能网联汽车解决方案的可使用套件，包括框架、训练的模型以及更多工具和调度系统。同时，华为联合合作伙伴共同推出自动驾驶和智能网联云服务体系，以支撑上层各种场景需要。在自动驾驶模型测试层面，华为构建的工具链涵盖了自动驾驶、模型、算子、场景开发的全流程，从模型迁移到整个训练，包括数据预处理、后处理，以及模型的压缩、减支、优化部署等。

ADS 3.0体验亮点包括：①享界 S9 泊车代驾正式商用，到达目的地后，人可下车即走，车辆自主泊入，解决停车找位难、费时间等痛点；②开启条件不挑场景，可以从地库车位、路边临时停车等等状态下直接起步；③可以自己过闸机、下地库、自主泊车的几个功能无缝衔接，可实现车位到车位的智驾体验；④特殊场景应对：鬼探头，ADS 3.0能够及时避让或刹停；对向来车时会主动博弈避让。

图24：华为昇腾提供全栈自主的AI算力底座



资料来源：华为昇腾，盖世汽车，国元证券研究所

图25：ADS 3.0采用两段式端到端架构



资料来源：华为官网，国元证券研究所



小鹏：云端蒸馏模型+纯视觉方案，大幅提升车端上限

小鹏汽车自研城市领航辅助系统XNGP，其感知核心为基于Transformer的BEV视觉感知系统Xnet，以多相机多帧的纯视觉方案为核心，辅以激光雷达作为安全冗余，通过大模型深度学习网络对相机探测信息进行多帧时序前融合，进而输出BEV视角下动态目标物的4D信息以及静态目标物的3D信息。

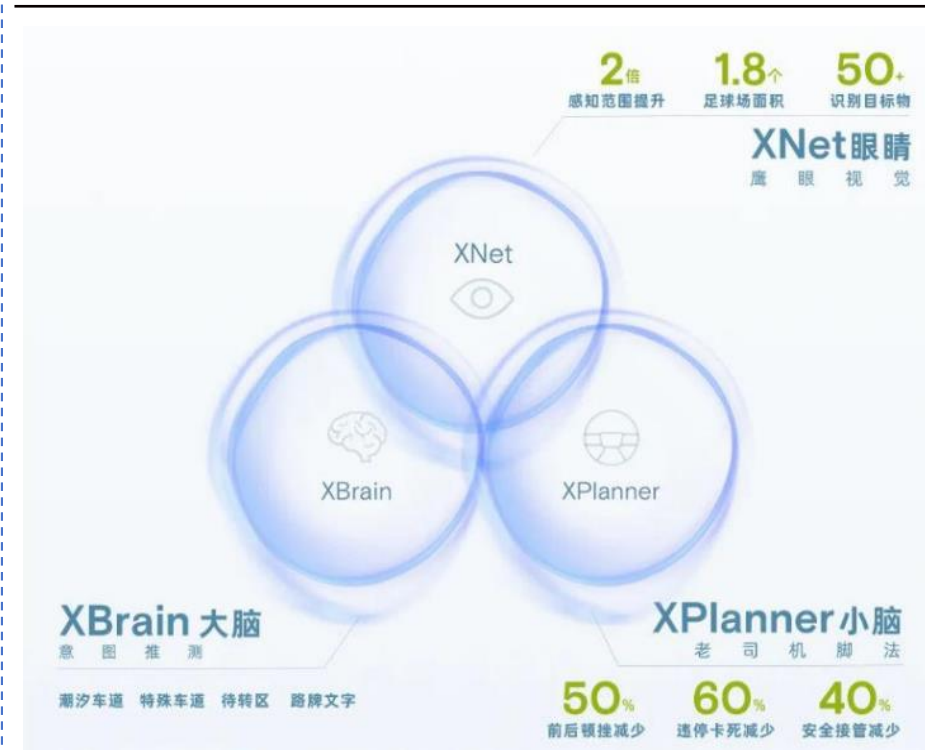
2024年5月，小鹏发布AI天玑系统，XNGP采用模块化端到端模型，由感知大模型 XNet、规控大模型XPlanner和规控大模型XBrain三部分组成：

感知大模型 XNet：聚合动态 XNet、静态 XNet、纯视觉2K占用网络，能够让自动驾驶系统对现实世界中的可通行空间进行3D还原，清晰识别静态障碍物细节，感知范围提升2倍，面积有1.8个足球场大小，能精准识别 50+个目标物。

大语言模型 XBrain：通过大语言模型网络，提高自动驾驶对复杂甚至未知场景的泛化处理能力，及对宏观逻辑的推理能力，从而做出兼顾安全及性能的拟人驾驶决策。能够认识待转区、潮汐车道、特殊车道、路牌文字，理解各种令行禁止、快慢缓急的行为指令。

规控大模型 XPlanner：基于图像数据的感知输入，实现对智驾行驶路径的规划控制。规划大模型基于数据驱动模式迭代，取代人类手写规则代码，使得驾驶策略向拟人进化，目前在效果上，前后顿挫减少50%、违停卡死减少40%、安全接管减少60%。

图26：小鹏XNGP模块化端到端架构

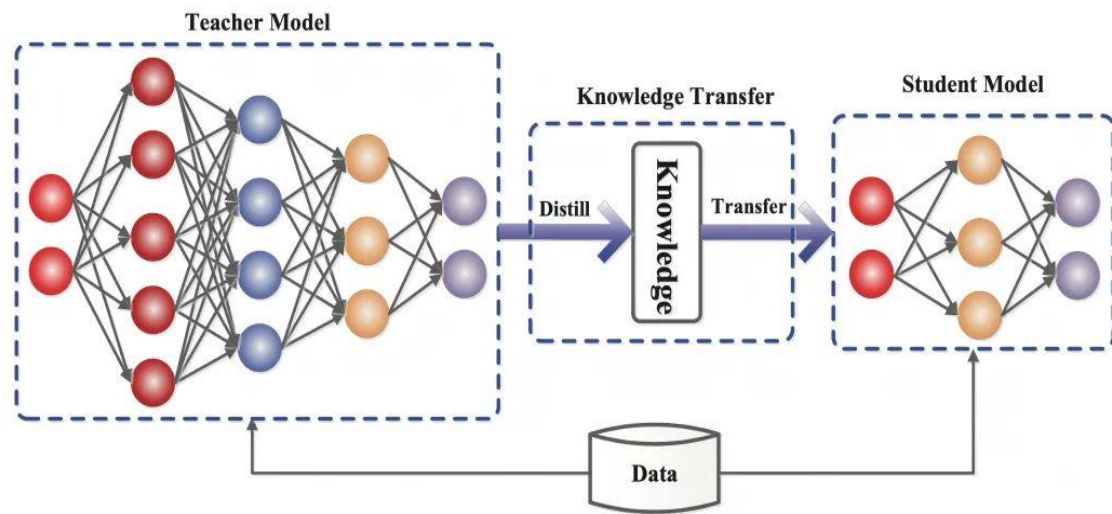


小鹏技术路线的演进是从记忆泊车到城市智驾、从有高精地图到无图方案、从激光雷达到纯视觉、从模块化到一体化端到端架构的全面变革。2022年，小鹏发布XNGP（全场景智能辅助驾驶）系统，开始探索端到端技术路线，逐步减少对高精度地图的依赖。2023年，小鹏推出XOS 5.0系统，引入BEV（Bird Eye View）感知技术和Transformer模型。2024年7月，XOS 5.2.0系统发布，通过模块化端到端提升了系统的泛化能力。2024年10月，XOS 5.4.0发布，全面采用一体化端到端，该版本采用视觉+轻雷达的方案，摆脱了对激光雷达的依赖。

算法层面，通过知识蒸馏的方式，将云端大模型(Teacher Model)的复杂知识和能力简化并传递到车端模型

(Student)，再上车应用，大模型经云端强化训练后，车端上限将大幅提高。XOS 5.4.0将云端的基础模型蒸馏到车端，不断适配车端的算力，使车端模型尽可能最优化。当前的云端模型参数量是车端模型的80倍以上，云端模型的知识层面不断地在迭代更新，算力也远超车端，因此它蒸馏出来的知识比车端要好。云端模型训练好之后，通过每一个OTA版本使其上车，可以实现车端模型更高效的优化。

图27：知识蒸馏中的教师模型与学生模型



资料来源：人工智能科学研究，国元证券研究所

小鹏认为，端到端的竞赛正在云端展开，云端大模型是制胜关键。由于当前车端芯片算力的限制，即便采用两片Orin芯片，能支持的车端模型参数量依然有限。而云端大模型可以全面吸纳智能驾驶数据，不遗漏重点信息细节。通过大量数据训练，尽可能穷尽智能驾驶中的长尾问题，以覆盖更多驾驶场景，使XNGP实现L3级的智能驾驶体验。

组织架构层面，小鹏自动驾驶部门新设AI模型开发、AI应用开发、AI效能开发三大板块，相较原来由产品研发部、架构、系统开发部等10多个部门组成，调整后智驾团队研发方向更加精简，专注于端到端模型的研发。资产投入方面，2024年，小鹏汽车在研发上将投入70亿元。截至目前，端到端大模型训练数据量已经从2000万clips扩展到1亿clips，预期2025年云端算力将会达到10 EFLOPS，相较2024年的规模增加2.6倍。

2025年，小鹏计划实现XNGP系统的全面普及，覆盖所有在售车型；推出L3级自动驾驶功能，在部分城市进行试点，并将XNGP系统推广至欧洲和东南亚市场，进一步扩大智能驾驶的全球影响力。预计城市NOA功能在2025年将下沉至15万元左右。

图28：主流的端到端架构



资料来源：小鹏P7+AI智驾技术分享会暨首发AI天玑5.4.0先享会，盖世汽车，国元证券研究所

图29：小鹏汽车的端到端架构



资料来源：小鹏P7+AI智驾技术分享会暨首发AI天玑5.4.0先享会，盖世汽车，国元证券研究所

2024年7月5日，理想汽车首次公开了其端到端自动驾驶技术架构，其技术路线采取端到端+视觉语言模型（VLM）双系统，通过VLM以及适当的强化学习手段来规范端到端模型的行为。结合VLM，端到端技术能够模拟人类驾驶的认知过程，进一步提升智能驾驶的适应性和安全性。

系统1-端到端

即“快系统”，指智驾系统在95%的场景下依赖直觉和本能进行驾驶，这能够大幅度提升安全、舒适和效率，并且具备拟人化的驾驶方式。输入是传感器，输出是行驶轨迹，全部由一个模型来实现，中间没有任何规则，是完全One Model结构的端到端。

系统2-VLM

即“慢系统”，指智驾系统在剩余5%的场景下会进行有意识地分析思考，其能够深刻理解物理世界的复杂交通环境和中文语义，辅助端到端，解决安全、导航、法规和舒适等方面的自动驾驶业内难题。例如，在通过高速收费站时，是利用VLM来识别收费站的环境，选择ETC车道通过，并且能识别闸机抬杆。

特点：

1. 流式视觉编码器可以缓存更长的视觉时序
2. 记忆模块缓存了多帧历史信息，可以更好执行超长时序的推理问题，解决超长时序的推理时延
3. 有一个自动驾驶的prompt问题库，系统2不但时刻看周围环境，给系统1做辅助决策，系统1也可以主动向系统2问问题，解决部分场景。比如有时导航不知道自己在高架上还是高架下，可以通过问系统2来更好的判断

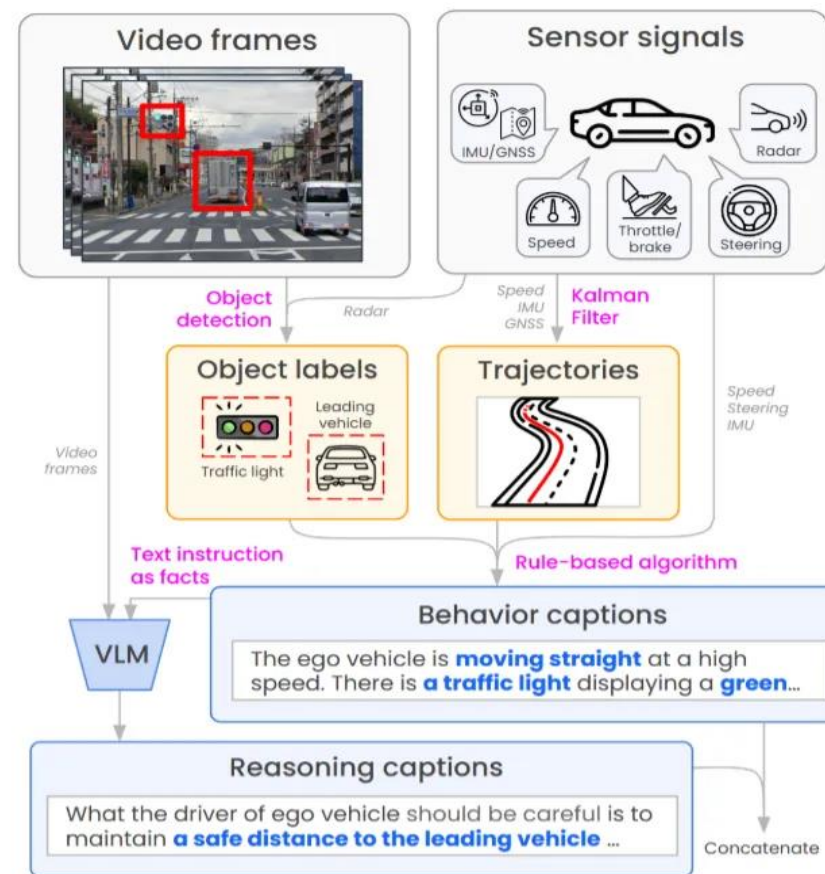
系统1是传感器输入输出轨迹的端到端，系统2是一个具备一定逻辑思考能力的视觉语言模型，与系统1是并行在跑。系统2整体是一个统一的Transformer解码器，将Prompt文本进行Tokenizer编码，然后将前视120度和30度相机的图像以及导航地图信息进行视觉信息编码，通过图文对齐模块进行模态对齐，统一交给VLM模型进行自回归推理。VLM输出的信息包括对环境的理解、驾驶决策和驾驶轨迹，并传递给系统1控制车辆。这套VLM系统可以做到周级或亚周级的迭代。具备通用障碍物理理解能力，超视距导航能力，道路结构理解能力，拟人的规划能力。

双系统工作原理：常规传感器进入到理想专门为Orin-X优化过的CNN主干网络，并提取特征融合，为了增强BEV空间特征表达能力，加入了记忆模块，不仅是时序记忆还有空间记忆。特意额外设计了另外两个输入，一个是自车状态信息，另一个是导航信息，信息进入Transformer编码器后，和加强后的BEV特征一起解码出动态障碍物、道路结构，OCC，行驶轨迹。这些输出主要有两重作用，第一重是输出EID，让用户放心，第二重是作为端到端模型的辅助监督任务，加速行驶轨迹的收敛。

带有推理逻辑的视觉语言大模型，在处理多元异构信息(视觉、听觉、文本 OOCR)得到结果时，具备更好的可感知性、可解释性。单一端到端模型中，深度学习的应用使得对模型的理解能力逐渐丧失，深度学习模型的不可解释和不可见性使人们难以理解模型的理论基础，而大模型众多参数更增加了理解难度，只能通过过拟合测试验证。在此基础上并联一个VLM模型的优势就在于使推理模型可解释性增强，并且应用强化学习实现无监督学习。

VLM的另一个优势在于数据挖掘与场景理解。智能驾驶依赖海量数据，但有效数据占比低，可以通过VLM模型进行高效挖掘，加速数据分析和场景理解的迭代。

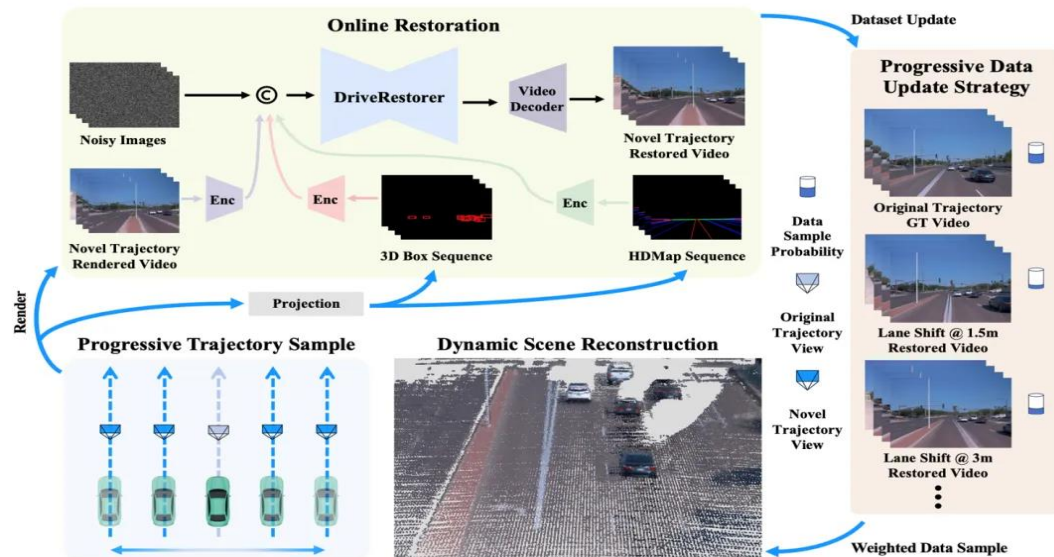
图30：VLM模型在驾驶过程中，自动标注视频帧和传感器信号以生成轨迹和其他标签。此外，对视频帧应用自动描述生成，以生成行为和推理的描述。



资料来源：Arai H, Miwa K, Sasaki K, et al, CoVLA: Comprehensive Vision-Language-Action Dataset for Autonomous Driving, 国元证券研究所

世界模型是端到端自动驾驶的闭环仿真系统，可视为VLM的逆向工程，通过文字提示生成视频。它与端到端模型可以协同工作——世界模型生成的视频输入车端大模型，车端大模型规划并执行动作，动作产生新场景和视角，再由世界模型生成新数据，形成闭环测试。世界模型可自监督生成视频，无需3D标签，利用海量驾驶视频训练，其核心价值是生成现实中难以采集的长尾场景视频。

图31：理想汽车与极佳的科技等联合推出ReconDreamer世界模型



资料来源：汽车之心，51CTO，国元证券研究所

在高级别自动驾驶中，世界模型将替代VLM模型在车端应用。理想目前将世界模型部署在云端，作为仿真器承担测试和训练任务。世界模型构建虚拟世界，为系统1的端到端模型和系统2的VLM模型提供测试环境，模型通过模拟测试后才会交付用户。目前，端到端模型+VLM模型的双系统已能胜任有监督自动驾驶，VLM主要起辅助提醒作用；但随着行业向无监督自动驾驶或L4级别发展，系统需要更强处理未知场景的能力，理想认为最终的方案是在车端使用世界模型替代VLM。世界模型将通过预测未来范式，融合数字与物理世界，打破感知与认知的隔阂，解决端到端模型对样本库外数据的预测失准问题，提升智能驾驶的泛化性和安全性，确保精准控制。

2025年1月，理想汽车推出最新版本OTA 7.0，将端到端+VLM的双系统拓展至高速和环路，依托800万Clips训练数据领跑行业，实现了更拟人、更高效的全场景智驾。高速端到端和行业首创的“AI推理可视化”的推出，为L3实现提供了基础。目前，高阶智驾功能（如AD Max）已覆盖50%以上的销量，30万元以上车型的AD Max占比超过75%。截至2024年12月，理想智驾总里程已达29亿公里，训练算力提升至8.1EFLOPS，超100亿的年研发投入有接近一半聚焦于人工智能，并建立了四支AI团队，分别解决不同问题。未来，理想将继续采取激光雷达与纯视觉融合的技术路线，推进端到端+VLM双系统的迭代，计划在2025年实现L3有监督智能驾驶，并在三年后推出L4级自动驾驶定义的产品。

图32：理想汽车双系统架构



图33、34：系统1（端到端）&系统2（VLM）架构



资料来源：理想汽车2024智能驾驶夏季发布会，自动驾驶之心，国元证券研究所

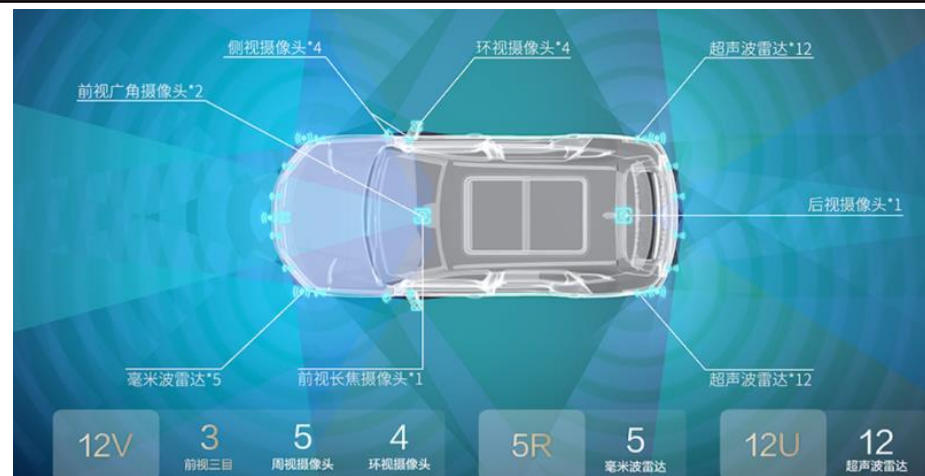
资料来源：理想汽车2024智能驾驶夏季发布会，自动驾驶之心，国元证券研究所

比亚迪全系车型搭载高阶智驾技术，技术下沉与生态闭环推动进入智驾平权。2023年7月，比亚迪推出自研高阶智能辅助驾驶系统“天神之眼”，首搭腾势N7。2024年1月，比亚迪发布整车智能战略。2024年12月底，天神之眼在全国开通无图城市领航。2025年2月，比亚迪发布“天神之眼”高阶智驾系统，包含三套技术方案。其中，天神之眼C（DiPilot 100）配置5个毫米波雷达+12个摄像头+12个超声波雷达，兼顾感知精度与成本控制，推动智驾平权。车型市场方面，10万级以上车型全系标配、10万级以下车型多数搭载天神之眼。其中，搭载天神之眼C的车型最低价7.88万元（海鸥次低配），推动高速NOA向10万级以下车型普及；城市NOA则主要匹配20万元以上车型。

技术下沉：当前行业普遍将高阶智驾捆绑在30万+车型，而比亚迪凭借垂直整合优势（自研芯片、三电、智驾算法），可能将城市NOA、代客泊车等功能下放到海豚、秦PLUS等走量车型，一定程度上改写了市场规则。

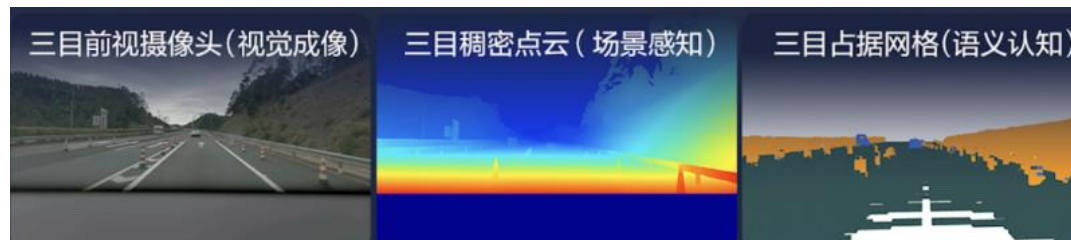
生态闭环：全系车型接入DeepSeek-R1大模型，标配基于高通骁龙最新车机芯片的智能座舱、全系中控屏、全液晶仪表盘，以及电容方向盘+专用智驾拨片。依托DeepSeek-R1大模型+璇玑架构+自研芯片，形成一个从底层硬件到AI服务的全栈生态。

图35：天神之眼前视三目传感器系统（5R12V12U）



资料来源：比亚迪智能化战略发布会，芝能智芯，国元证券研究所

图36：前视三目系统感知原理



资料来源：比亚迪智能化战略发布会，芝能智芯，国元证券研究所

天神之眼A - 高阶智驾三激光版 (DiPilot 600)：搭载于仰望品牌，配备3颗激光雷达+双Orin X芯片，堪称“智驾顶配”。它能实现城市领航、高快领航、易四方泊车等全域覆盖，比如在复杂城区道路自动避让行人、高速自动变道超车，甚至能通过四轮独立驱动完成极限车位泊车。

天神之眼B - 高阶智驾激光版 (DiPilot 300)：面向腾势及汉/唐等高配车型，采用1-2颗激光雷达+Orin X芯片。除了支持城市领航和高快领航，腾势Z9/Z9GT还具备易三方泊车能力，可实现狭窄车位自动泊入。

天神之眼C - 高阶智驾三目版 (DiPilot 100)：覆盖7万-20万主流车型，独创前视三目5R12V方案（高清摄像头+毫米波雷达）为纯视觉方案，不依赖激光雷达。支持高快领航、代客泊车，2025年底还将通过OTA升级记忆领航（可实现用户常走路线智驾）。

总体来看，比亚迪以三种不同的方案切割市场，智驾技术下沉主要体现在将高速领航、自动泊车等基础功能下放至20万以内主流车型，依托纯视觉方案控制成本，瞄准大众市场进行智驾普及。

图37：天神之眼产品矩阵

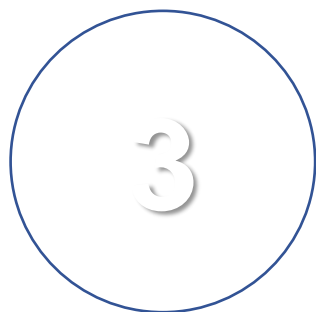
天神之眼 A	天神之眼 B	天神之眼 C
高阶智驾三激光版(DiPilot 600)	高阶智驾激光版(DiPilot 300)	高阶智驾三目版(DiPilot 100)
主要搭载品牌:仰望	主要搭载品牌:腾势、比亚迪	主要搭载品牌:比亚迪
城市领航 (CNOA)	城市领航 (CNOA)	记忆领航 (MNOA) <small>*计划2025年年内OTA推送</small>
高快领航 (HNOA)	高快领航 (HNOA)	高快领航 (HNOA)
车道领航 (ICC)	车道领航 (ICC)	车道领航 (ICC)
易四方泊车	易三方泊车 (仅腾势)	—
代客泊车 (AVP)	代客泊车 (AVP)	代客泊车 (AVP)
遥控泊车 (RPA)	遥控泊车 (RPA)	遥控泊车 (RPA)
自动泊车 (APA)	自动泊车 (APA)	自动泊车 (APA)
自动紧急制动 (AEB)	自动紧急制动 (AEB)	自动紧急制动 (AEB)
低速紧急制动 (MEB) <small>*计划2025年年内OTA推送</small>	低速紧急制动 (MEB) <small>*计划2025年年内OTA推送</small>	低速紧急制动 (MEB) <small>*计划2025年年内OTA推送</small>
全场景环境模拟显示 (SR)	全场景环境模拟显示 (SR)	全场景环境模拟显示 (SR)

- **算力层面**，天神之眼C配备英伟达Orin-N或黑芝麻，芯片算力为84TOPS，部分车型如24款汉EV采用的是地平线征程5，算力128TOPS。天神之眼B配备英伟达Orin-X，算力为254TOPS。天神之眼A则配备双英伟达Orin-X。
- **数据层面**，一是依托销量优势积累数据，催化大模型迭代。比亚迪通过440万搭载L2及以上的车辆，建立了超50万场景库，基于海量训练数据，可实现每天训练里程7200万公里，端到端大模型每7天可迭代一次。二是基于VLM多模态大模型，在挖掘海量数据的同时，自动获取感知难例以及驾驶员的驾驶行为，从而迅速积累高价值训练数据。
- **算法层面**，采用自研BAS 3.0行泊车算法，结构上属于模块化端到端网络，包括感知主干网和规控主干网。控制端将制动、转向、驱动的控制算法上移，利用AI能力，由中央大脑直接输出指令，做出最优决策。感知端基于璇玑架构的整车融合感知系统，通过中央计算平台实时监测车辆状态和驾驶员行为，提供全场景、全天候的智能安全保障。

图38：BAS 3.0+算法架构

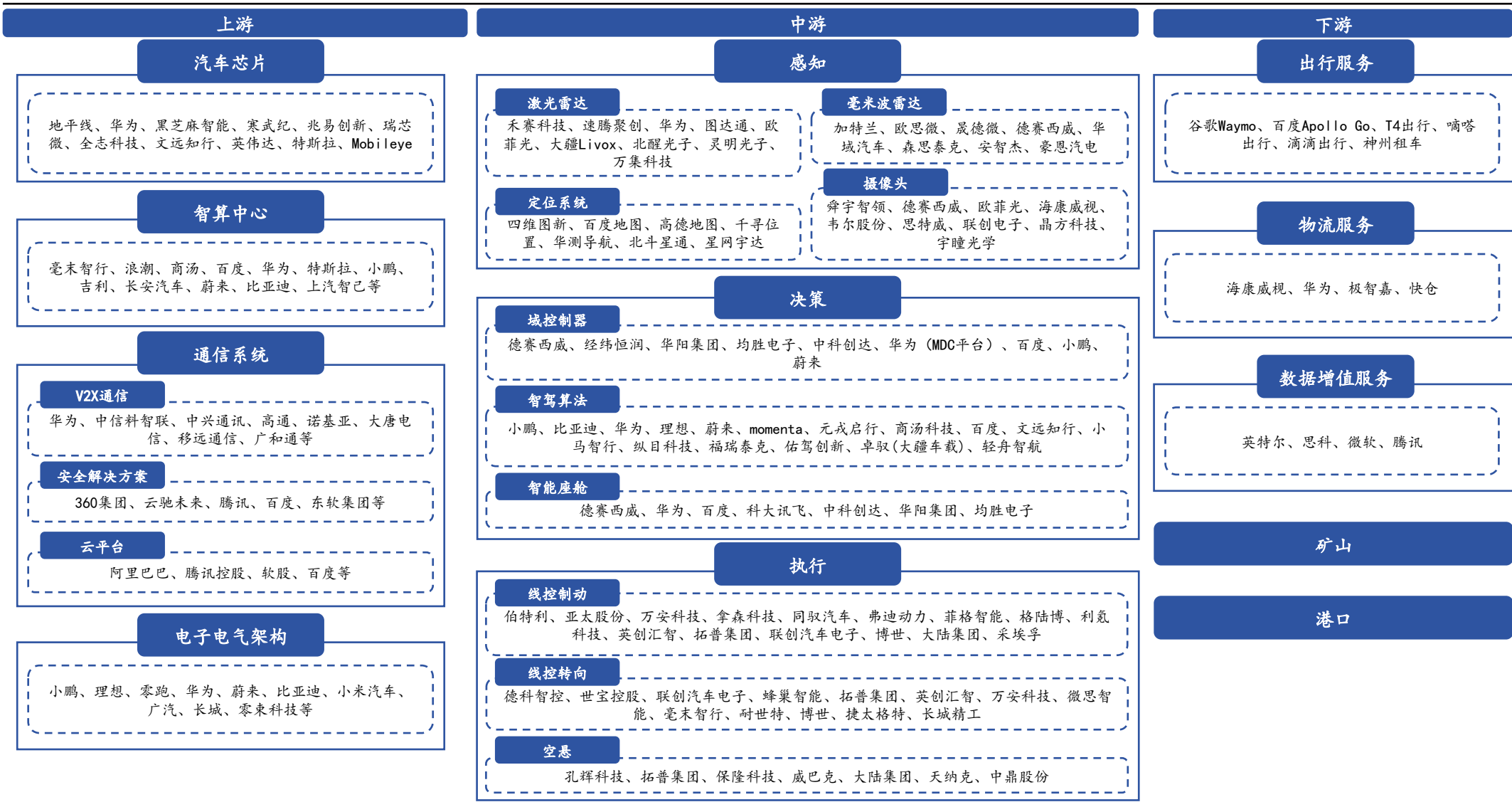


资料来源：比亚迪智能化战略发布会，芝能智芯，国元证券研究所



智能驾驶产业链

图39：智能驾驶产业链图



资料来源：国元证券研究所整理

汽车电子电气架构的升级路径表现为分布式（模块化→集成化）、域集中（域控制集中→跨域融合）、中央集中式（车载电脑→车-云计算）。

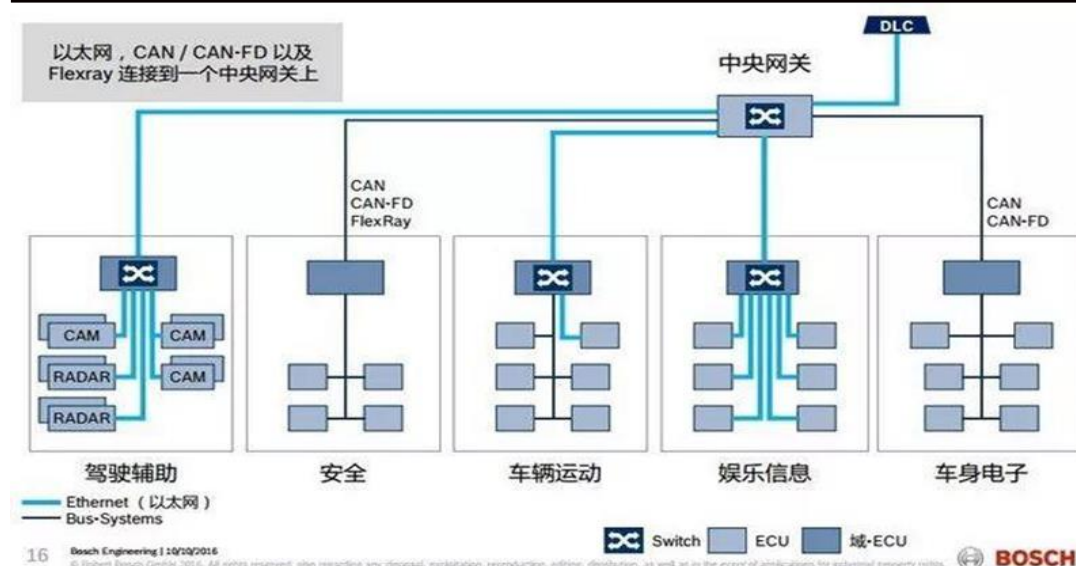
分布式阶段：传统分布式电子电气架构下，每个ECU通常只控制单一功能单元，如发动机、刹车、车门等，常见的有发动机控制器、传动系统控制器、制动控制器、电池管理系统等。各ECU通过CAN（Controller Area Network，控制器域网络）或LIN（Local Interconnect Network，局部互连网络）总线连接，按预定义协议交换信息。随着电子电气产品增加，ECU数量快速上升，总线线束长度和重量也随之增加，导致整车成本上升和组装自动化水平降低。

分布式架构存在算力分散、布线复杂、软硬件耦合深、通信带宽瓶颈等缺点。分布式架构的ECU来自不同供应商，有着不同的嵌入式软件和底层代码，软件生态复杂，导致整个系统缺乏兼容性和扩展性，主机厂严重依赖供应商而无法自主进行整车维护，更无法实现OTA。另外，随智能网联车功能越来越复杂，车辆传感器数量增加，由此产生的数据传输及处理的实时性要求提高，汽车内部网络通信数据量呈指数级增长趋势，传统的FlexRay、LIN和CAN低速总线已无法提供高带宽通信能力，也无法适应数据传输及处理的实时性要求。**分布式架构的极限是L2级别的自动驾驶，L3级别已经超出承受范围。要实现OTA和“软件定义汽车”，智能车必须解耦软硬件。**

域集中式阶段：功能域即根据功能划分的域控制器，最常见的是如博世划分的五个功能域（动力域、底盘域、车身域、座舱域、自动驾驶域）。域控制器间通过以太网和CANFD (CAN with Flexible Data-Rate) 相连，其中座舱域和自动驾驶域由于要处理大量数据，算力需求逐步增长。动力总成域、底盘域、车身域主要涉及控制指令计算及通讯资源，算力要求较低。

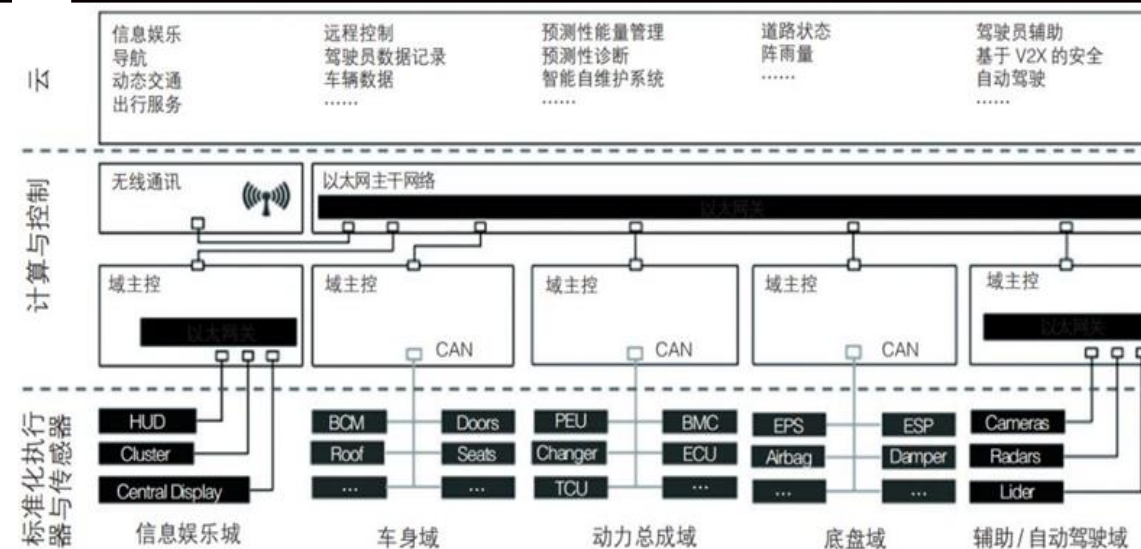
跨域融合阶段：在功能域基础上，为进一步降低成本和增强协同，出现了跨域融合，即将多个域融合到一起，由跨域控制单元进行控制。比如将动力域、底盘域、车身域合并为整车控制域，从而将五个功能域（自动驾驶域、动力域、底盘域、座舱域、车身域）过渡到三个功能域（自动驾驶域、智能座舱域、车控域）。

图40：博世划分的功能域



资料来源：博世，CSDN，国元证券研究所

图41：联合电子开发的电子电气架构

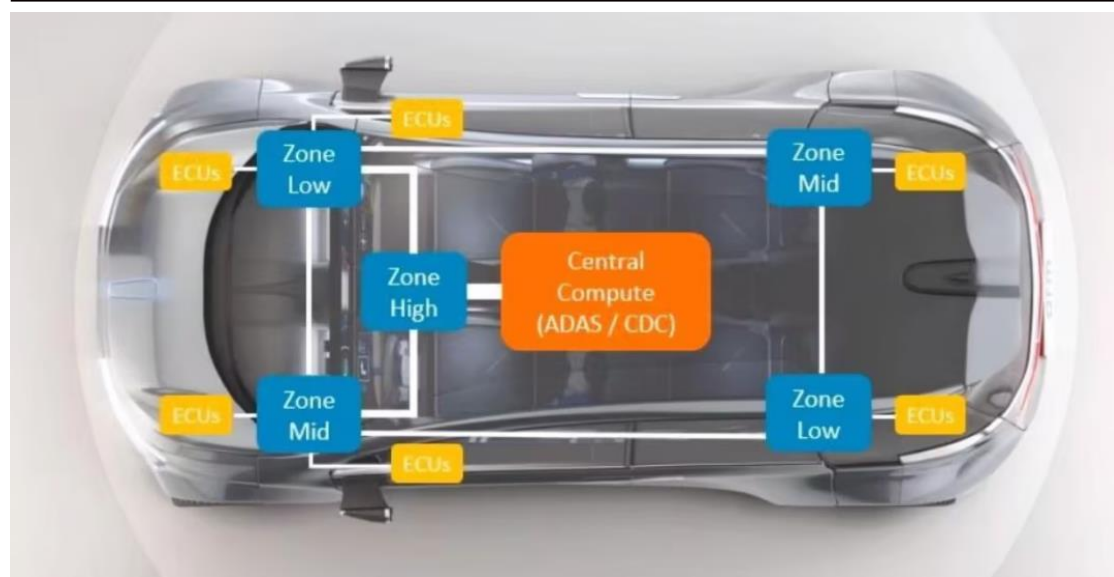


资料来源：联合电子，CSDN，国元证券研究所

中央计算+位置域阶段：功能域的深度整合推动了架构向通用计算平台的演进，并从功能域跨入位置域（如中、左、右域）。区域控制器平台（ZCU）作为整车计算系统的局部核心，承担特定区域内传感器、执行器及ECU的连接任务，同时处理该区域的初步数据计算和网络协议转换。位置域的布局优化了线束配置，降低了成本，减少了通信接口，提升了自动化组装效率。传感器和执行器就近接入区域控制器，不仅便于硬件扩展，也简化了结构管理。区域接入与中央计算相结合，确保了整车架构的稳定性和功能扩展性，新增外部部件可通过区域网关接入，硬件设计支持算力升级，为中央计算平台的应用软件迭代提供了充足算力支持。

汽车云计算阶段：将汽车部分功能转移至云端，车内架构进一步简化。车的各种传感器和执行器可被软件定义和控制，汽车的零部件逐步变成标准件，彻底实现软件定义汽车功能。

图42：中央计算+区域控制架构



资料来源：CSDN，国元证券研究所

请务必阅读正文之后的免责条款部分

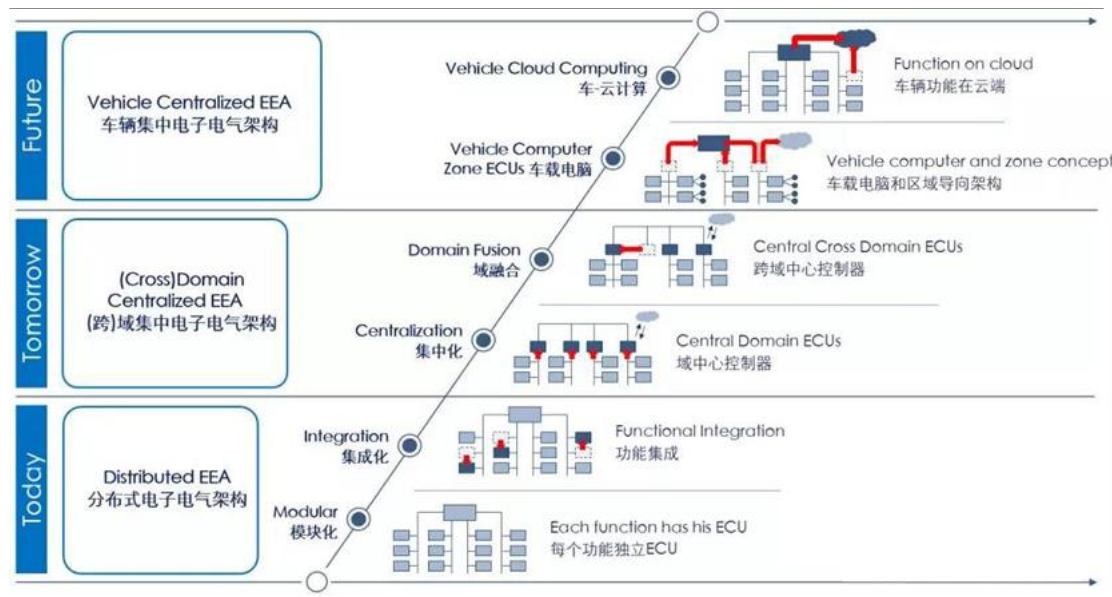
图43：车云一体计算架构



资料来源：智协慧同，中国汽车基础软件生态委员会，国元证券研究所

从本质上来看，电子电气架构的演进是算力逐渐集中的过程，也是功能实现主体由ECU、功能域控迈向区域域控、中央计算平台的过程。分硬件架构、软件架构、通信架构三方面看，硬件架构从分布式向域控制/中央集中式方向发展，软件架构从软硬件高度耦合向分层解耦方向发展，通信架构由LIN/CAN 总线向以太网方向发展。硬件层面，架构升级有利于提升算力利用率，减少算力设计总需求，使核心计算性能大幅提升。软件层面，架构升级有利于软硬件解耦分层，实现软件/固件在线升级、软件架构的软实时、操作系统可移植，还有利于采集数据信息多功能应用，有效减少硬件需求量，真正实现软件定义汽车。当前，传统分布式架构已经逐步过渡到基于域控的集中式架构。未来，架构形式进一步向中央集中式电气架构演进是实现高级别自动驾驶的必要条件。

图44：汽车电子电气架构发展趋势



资料来源：博世，CSDN，国元证券研究所

大模型的应用有望降低自动驾驶传感器硬件成本，降低自动驾驶普及门槛。自动驾驶传感器主要包括摄像头、超声波雷达、毫米波雷达、激光雷达、GPS等。超声波雷达在0.1-3米间精度较高，但易受天气和车速影响，主要应用于智能泊车功能；摄像头是实现众多预警、识别类高级辅助驾驶功能的基础；毫米波雷达使用波长为1-10 mm的电磁波，测距可达200m，具有较强的穿透能力，不受雨、雪、大雾等恶劣天气影响，但对非金属物体（如行人）的反射效果欠佳，无法全面识别周围环境；激光雷达精度高(角/速度/距离分辨率)，响应速度快，最远探测距离高达500米，对行人检测效果良好，但在极端天气下性能会受影响，且成本较高。

对环境进行三维建模，是高阶智能驾驶的必要条件，要求传感器具备高分辨率与三维探测能力。摄像头通过BEV、Occupancy Network等神经网络算法获得了这一能力，使得天生拥有这一能力的激光雷达重要性下降。

图45：主要车载传感器种类及特征

传感器	特征	检测方法	检测距离	强	弱	系统 (以丰田车为例)
毫米波雷达	电波 (频率)	根据发射频率和接收频率的差值测量距离、相对速度和方向	长	• 金属表面反射性良好 • 夜间、逆光、雾、雨、雪环境下也能使用	• 非金属表面反射不佳，检测困难(人、纸箱等)	• PCS • ACC • BSM • LVN
激光传感器 (LiDAR)	光波 (脉冲)	通过光线发射和反射的时间差，测量距离	中	• 非金属表面反射性良好 • 夜间、雾、雨环境下也能使用	• 穿过透明物体(玻璃等) • 逆光、暴雨、暴雪及浓雾环境下性能不佳	• PCS • LVN
		3D LiDAR检测方向和形状	长			
超声波雷达	声波 (脉冲)	通过发射波和回波之间的时间差，测量距离	短	• 玻璃、水面也能反射	• 被某些物体吸收(雪等) • 被风影响	• ICS • IPA • 误发送控制
画面传感器	摄像头	拍摄画面，识别目标物体	长(立体相机) 中(单镜头相机)	• 识别目标物体、颜色	• 夜间以及逆光、暴雨、浓雾环境下性能不佳	• LDA • LKA • LTA • AHB • AHS • PCS • RSA

资料来源：自动驾驶之心，国元证券研究所

图46：具有NOA功能的车型感知方案对比

车型	辅助驾驶级别	价格(万元)	毫米波雷达	超声波雷达	环境感知摄像头	环视摄像头	激光雷达	激光雷达性能	激光雷达品牌	支持NOA	
腾势N7	24款630Km四驱智驾Ultra版	L2	32.98	5	前6/后6	9	4	2	96线、200m探测距离、雷达点云数量【万/秒】78	速腾聚创	高速/城市
腾势N7	24款550Km后驱智驾Pro版	L2	23.98	5	前6/后6	9	4	-	-	-	高速
小鹏G9	24款570后驱长续航Max	L2	28.99	5	前6/后6	7	4	2	126线、200m探测距离、雷达点云数量(万/秒)78	速腾聚创	高速/城市
小鹏G9	24款570后驱长续航Pro	L2	26.39	5	前6/后6	7	4	-	-	-	高速
智界S7	24款705km后驱Max长航智驾版	L2	26.98	3	前6/后6	7	4	1	192线、250m探测距离	华为	高速/城市
智界S7	24款705km后驱Pro长航版	L2	24.98	3	前6/后6	6	4	-	-	-	高速
极越01	24款550Km后驱Max	L2	21.99	5	前6/后6	7	4	-	-	-	高速/城市
理想L6	24款L6 Pro	L3	24.98	1	前6/后6	6	4	-	-	-	高速
理想L6	24款L6 Max	L4	27.98	1	前6/后6	7	4	1	128线、200m探测距离、雷达点云数量(万/秒)153	禾赛科技	高速/城市

资料来源：易车网，牛塘行研，国元证券研究所

算法迭代和传感器性能提升，将会带来同等智驾功能所需的传感器数量减配或传感器种类变化。例如，华为2023年4月发布的自动驾驶ADS2.0系统，较第一代系统减少了激光雷达2个、毫米波雷达3个、摄像头2个，自动驾驶功能不减反增，依托Transformer+BEV算法升级，新增了城区车道巡航辅助增强和哨兵模式。

另一方面，大模型的落地要求更高的感知精度和更远的感知距离，推动传感器硬件性能提升。摄像头分辨率提升有助于感知模型精度提高，但同时也会带来计算量的增加，提升算力和传输带宽需求。4D毫米波雷达弥补了传统3D毫米波雷达缺乏的高度信息，但在角分辨率和点云数量上逊于高线束激光雷达。4D毫米波雷达在距离、方位、速度三个维度基础上增加了高度信息，并像激光雷达一样呈点云图，能呈现出更多细节；但生成点云相对稀疏，密度基本与32线激光雷达相当，与目前主流的百线以上激光雷达差距较大，且角分辨率较低。数据量对于多模态大模型的落地至关重要，因此短期内高线束激光雷达仍无法完全被毫米波雷达取代。随MEMS、FLASH逐步走向市场，激光雷达技术从机械式向全固态升级，分辨率和探测范围也持续提升，成本随着大规模量产将处于下降通道中，进一步拓展其在自动驾驶领域的应用空间。

激光雷达是通过发射激光来测量物体与传感器之间精确距离的主动测量装置，通过激光器和探测器组成的收发阵列，结合光束扫描，借助激光点阵获取周围物体的精确距离及轮廓信息，实现对周围环境的实时感知和避障功能。相比毫米波雷达和摄像头，具备强大的空间三维分辨能力。同时，激光雷达可以结合预先采集的高精地图，达到厘米级的定位精度，以实现自主导航。

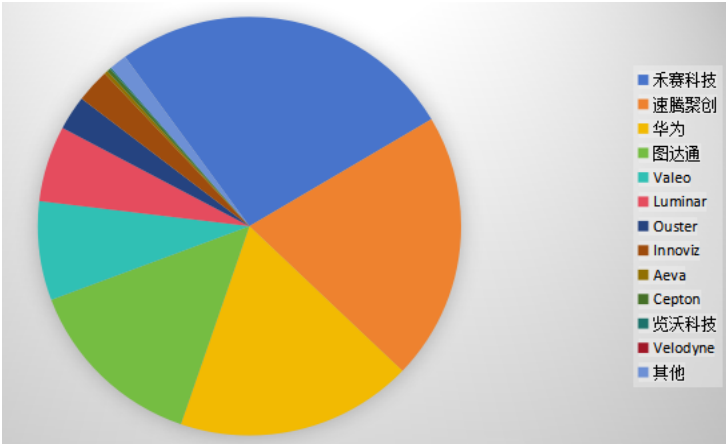
全球范围内，汽车激光雷达核心厂商主要包括禾赛科技、速腾聚创、华为、图达通和Valeo等。2024年，全球前5大厂商共占有86.92%份额。

2024年，中国激光雷达市场迎来显著增长，装机量突破150万颗，市场主要由速腾聚创、华为技术、禾赛科技和图达通等厂商主导。速腾聚创以514,995颗装机量和33.5%的市场份额位居榜首，彰显其行业领先地位。华为技术以420,538颗装机量和27.4%的市场份额紧随其后，凭借技术实力和品牌影响力稳居第二。禾赛科技以392,571颗装机量和25.6%的市场份额位列第三，展现其稳定竞争力。图达通以205,604颗装机量和13.4%的市场份额占据一席之地。其他供应商合计装机量仅为1,853颗，市场份额不足0.1%，凸显市场高度集中。

总体来看，激光雷达市场处于快速增长期，头部企业凭借显著优势巩固了市场主导地位。

请务必阅读正文之后的免责条款部分

图47：2024年全球激光雷达市场主要厂商收入份额



资料来源：各企业官网，QYResearch，国元证券研究所

表10：2024年国内激光雷达供应商装机量（颗）及市场份额（%）

企业	装机量（颗）	市场份额
速腾聚创	514995	33.50%
华为技术	420538	27.40%
禾赛科技	392571	25.60%
图达通	205604	13.40%
其他	1853	0.10%

资料来源：盖世汽车社区，国元证券研究所

2024年，激光雷达装机量暴涨，离不开以NOA为代表的中高阶智驾需求爆发。目前，支持城市NOA的车型版本（包括选配）普遍配备激光雷达，即便是部分现阶段仅支持高速NOA的车型，由于后期还有拓展城市NOA的规划，多数也都配置了激光雷达。

表 11：主要激光雷达供应商对比

企业	技术/产品优势	客户	商业进展	价格
速腾聚创	自研MEMS芯片技术、车规级激光雷达、超长距与短距探测技术。已经推出了M1、M2和M3三大固态激光雷达平台，涵盖中短距至超长距（300米）场景。	吉利汽车、广汽埃安、长城汽车、小鹏汽车、路特斯、LucidMotors、比亚迪等。	截至2024年第二季度，已获得80款车型的量产定点订单，累计交付激光雷达超58万台。其中，截至2024年3月，M平台系列（车规级前视固态激光雷达）累计销量突破40万台，获得全球22家车企63款车型定点，涵盖比亚迪、小鹏、吉利等主流品牌。	应用于ADAS的激光雷达平均单价由4300元（2023年Q1）降至2600元（2024年Q1）。
华为技术	192线激光雷达测距250米（最远），180米（10%反射率）。96线、192线的激光雷达采用转镜+电子扫描方式，是目前半固态激光雷达较为主流的扫描方式。发射激光的激光器从96线产品采用的EEL激光器，转为192线产品采用的VCSEL线阵列（线光源）。发射光路和接收光路均为非同轴。	问界（与赛力斯合作）、智界（与奇瑞合作）、享界（与北汽蓝谷合作）、江淮等。	截至2022年10月，搭载96线激光雷达的车型有长城机甲龙（4颗）、北汽极狐阿尔法S华为HI版（3颗）、阿维塔11（3颗）、哪吒S（3颗）、长安方舟架构（5颗）。2024年装机量42万台。	/
禾赛科技	自研360°远距激光雷达0T128，在收发模块上采用芯片化设计，零部件较上一代减少66%，核心生产工序所需时间缩短95%以上。主要面向L4级自动驾驶，包括港口物流自动化、工业机器人等工业物流场景。	理想、小米、比亚迪、奇瑞、长城、长安、岚图等。	截至2024年末，已经取得22家国内外汽车厂商的120款车型的量产定点合作，其中中国市值前十的车企中有9家选择禾赛。2024年，激光雷达产品累计出货量达50万台；其中，ADAS激光雷达产品累计出货量45.6万台。	2019年激光雷达的平均售价1.74万美元，2023年降至3200美元。
图达通	覆盖1550nm和905nm两大激光雷达技术路线。1550nm激光雷达以其高精度、长探测距离和安全性著称，主要应用于高端自动驾驶车型；而905nm激光雷达则以更低的成本和更高的性价比，逐渐渗透至中低端智驾车型中。	蔚来、深向、赢彻科技、陕重汽等。	截至2025年2月3日，蔚来的九款车型已采用图达通的激光雷达解决方案。此外与深向、赢彻科技、陕重汽等公司合作，累计交付超过39.1万套车规级激光雷达解决方案。目前，550nm的旗舰产品Falcon已累计交付超35万，905nm技术平台的Robin W也在蔚来ET9实现了前装量产交付。	/

资料来源：与非网，禾赛科技，芝能科技，甲子光年，汽车之心，每日经济新闻，赛博汽车，国元证券研究所

主流传感器路线主要分为三种。纯视觉方案以特斯拉为代表，仅通过摄像头的视觉感知实现对环境的精准识别，采用Transformer+BEV算法或Occupancy算法，成本较低，更接近人类驾驶；但较易受环境和天气影响，需要路外数据补充缺乏的长尾场景。视觉+毫米波雷达方案借助毫米波雷达的全天候识别能力提升自动驾驶系统在极端天气和幽暗环境下的安全性。视觉+毫米波雷达+激光雷达方案在此基础上增加了激光雷达以获取高精度点云信息，提高自动驾驶安全性。目前，国内车企中采用多传感器融合方案（激光雷达）的占据主流，主要是因为多传感器方案具备鲁棒性高、星系互补以及系统冗余的优势，可以弥补视觉算法研发经验的不足，更有利于实现全场景的NOA功能。

对于L3及以下自动驾驶，端到端模型上车让视觉方案的能力上限显示出非常好的成长性，削弱了激光雷达的必要性。小鹏科技日上宣布P7+不再区分Max和Pro版，均不使用激光雷达，后续大部分车型也计划采用纯视觉方案，进一步把高阶智驾功能下放到不带激光雷达的车型上。去掉激光雷达的好处是节省成本，将省下的成本用于堆算力、训练云端模型等需要大量研发资源投入的环节。

高等级（L4+）的自动驾驶仍然需要激光雷达提供安全冗余。端到端算法由于决策过程的不可解释性导致的安全性问题，可以引入感知冗余和规控冗余来解决。规控层面，传统端到端方案中的规划控制网络需要规则兜底，来弥补安全下限低的缺点；感知层面，激光雷达则可以提供感知冗余，提升自动驾驶系统的安全。因此，高级别自动驾驶出于安全层面的考量仍然需要激光雷达作为感知冗余。

图48：毫米波雷达、激光雷达和摄像头的比较。其中“1”到“6”表示从“极低”到“极高”的等级

Sensor type	mmWave radar	Lidar	Camera
Range resolution	4	5	2
Angle resolution	4	5	6
Speed detection	5	4	3
Detection accuracy	2	5	6
Anti-interference performance	5	5	6
Requirements for weather conditions	1	4	4
Operating hours	All weather	All weather	Depends on light conditions
Cost and processing overhead	2	4	3

资料来源：自动驾驶之心，国元证券研究所

车载摄像头主要的硬件结构包括光学镜头（其中包含光学镜片、滤光片、保护膜等）、图像传感器CIS、图像信号处理器 ISP、串行器、连接器等器件。前视摄像头是汽车智能驾驶系统中的重要部件，能够为车辆提供前方道路和物体的视觉信息，对辅助驾驶和自动驾驶功能的实现起到关键作用。比亚迪最新的前视三目智驾方案摄像头搭载数量为12颗，此前在低级别辅助驾驶或基础功能车型上，通常仅搭载3至5颗，配置逐渐下沉覆盖高低端全系车型。

2024年，前视摄像头市场竞争激烈。博世以2,798,555套装机量和20.1%的市场份额位居榜首。电装以1,328,558套装机量和9.6%的市场份额排名第二。舜宇智领以1,057,133套装机量和7.6%的市场份额位列第三，表现稳健。采埃孚以1,046,318套装机量和7.5%的市场份额紧随其后。

其他主要前视摄像头企业还有福瑞泰克、维宁尔、比亚迪半导体、特斯拉、法雷奥和安波福等，形成多元化格局。整体市场呈现分散化趋势，企业需不断提升产品性能以增强竞争力，从而在激烈竞争中扩大市场份额。

图49：车载摄像头结构



资料来源：安森美半导体公司，焉知汽车，国元证券研究所

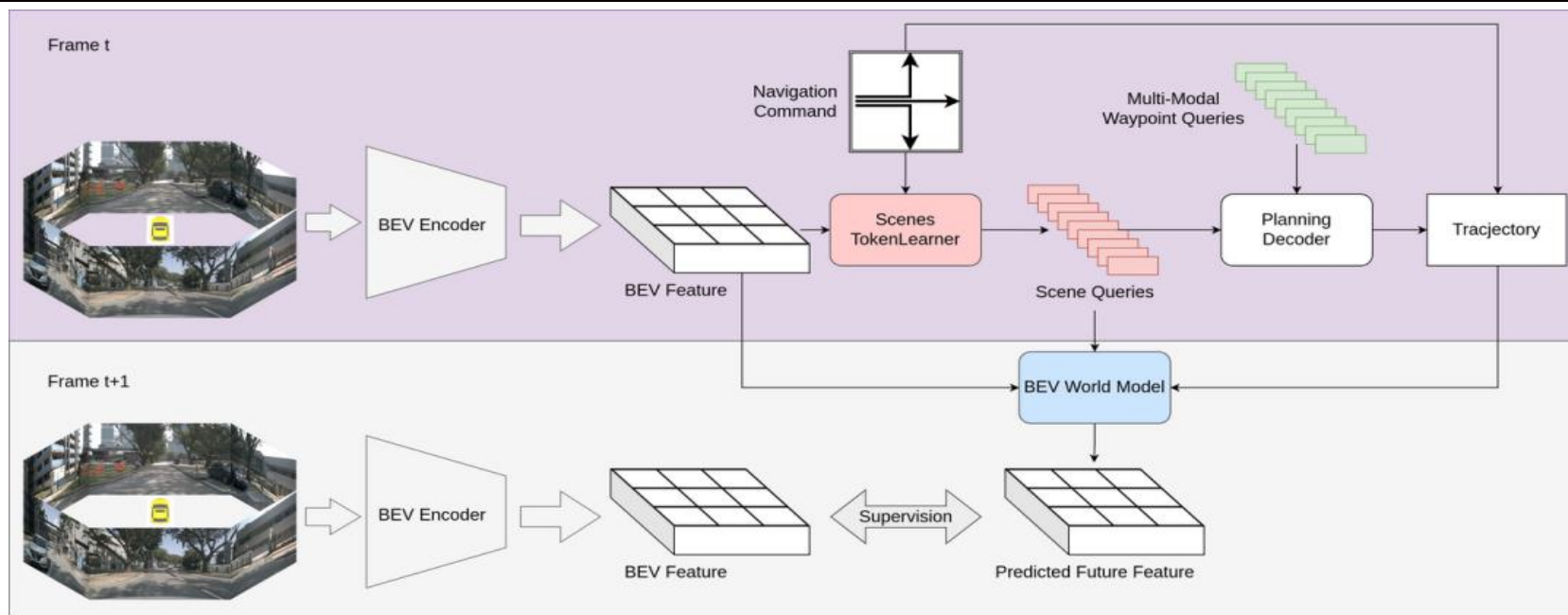
表12：2024前视摄像头供应商装机量（套）及市场份额（%）

企业	装机量（颗）	市场份额
博世	2798555	20.10%
电装	1328558	9.60%
舜宇智领	1057133	7.60%
采埃孚	1046318	7.50%
福瑞泰克	967293	7.00%
维宁尔	894746	6.40%
比亚迪半导体	870567	6.30%
特斯拉	661829	4.80%
法雷奥	604420	4.30%
安波福	539462	3.90%

资料来源：盖世汽车社区，国元证券研究所

在传统的感知-规划框架里，感知的目的是全量化尽可能多的获取精确的场景感知信息，让规划模块能有完备的输入以得出好的规划结果。这是由于传统框架模块化的设计使得感知无法获得规划的需求，所以只能尽可能多的提取有效信息给下游模块使用。对于感知而言，端到端最大的意义在于规划导向，也就是从全知全量的感知到可以学习的按需感知的变革。端到端架构打通了从轨迹生成任务到感知模块之间的反向传播通路，使一个可学习的而非人为设计的按需感知模块有可能成为自动驾驶的发展终局。基于人类先验知识定义的感知任务会约束模型的上限，而去除人为定义的可学习的感知模块，将极大减少模型对于标注资源和训练资源的需求，且按需感知的高效推理速度能使得端到端模型更快地走向大规模量产部署。

图50：稀疏场景表示(Sparse Scene Representation)：一种高效地针对性提取对端到端自动驾驶重要的场景信息的算法结构



资料来源：Li P, Cui D, Navigation-Guided Sparse Scene Representation for End-to-End Autonomous Driving, 国元证券研究所

智能驾驶域控制器的结构较为复杂，其功能实现依赖于主控芯片、软件操作系统、中间件及应用算法软件等多层次软硬件的协同工作。（1）硬件部分主要包括主控芯片、PCB板、无源元器件（如电阻电容）、射频元器件、支架、散热组件及密封金属外壳等，其中主控芯片是核心。在智能座舱域和自动驾驶域中，由于对算力要求较高，主控芯片通常由MCU芯片和SoC芯片共同组成。SoC芯片包含中央处理器（CPU）、图像处理器（GPU）、音频处理器（DSP）、深度学习加速单元（NPU）、图像信号处理器（ISP）、专用集成芯片（ASIC）及半定制电路芯片（FPGA）等，以满足多样化场景的硬件加速需求。相比之下，底盘域、车身域和动力域因算力需求较低且成本敏感，仍主要采用传统MCU芯片。域控制器与ECU的硬件结构类似，但其芯片算力更强，支持软硬解耦，多功能模块的实现依赖于主控芯片与软件的高度集成。

（2）软件主要包括底层操作系统、中间件和开发框架、上层应用软件层。底层操作系统涵盖基础汽车操作系统、定制操作系统、虚拟机及系统内核等，预计将成为Tier1供应商的重点发力领域。中间件与开发框架（如AP AutoSar、SOA）位于底层与上层之间，屏蔽处理器和操作系统的细节，提供与车辆网络、电源等系统交互的基础服务。上层应用软件层包括智能座舱HMI、ADAS/AD算法、网联算法及云平台等，直接实现车辆控制与智能化功能。整车厂将重点研发中间层和上层应用软件，以打造差异化竞争优势。

表13：域控制器构成

	具体构成	主要功能
硬件部分	计算芯片	负责摄像头图像处理、运行深度学习算法、输出识别结果、进行传感器融合和轨迹预测等。
	Safety MCU	主要处理功能安全要求较高的数据，负责逻辑运算，包括处理雷达等对外接口数据、车辆规控、通信等。
	存储芯片	负责数据存储，用于保存传感器数据、深度学习模型、驾驶决策等信息。
	其他无源器件	包括电阻、电容等无源器件、散热组件、密封性金属外壳、PCB板、接口、网关、电源管理芯片等，用于确保系统的正常运行和稳定性。其中，散热组件对于常伴随高热量产生的高性能计算芯片尤为重要。
软件部分	底层操作系统	负责管理硬件资源，并提供基本的系统功能。操作系统需要确保系统的稳定性和安全性，并提供与硬件的接口。
	中间层软件	负责提供中间件服务和数据通信，通常包括通信协议、传感器接口、数据处理等功能。
	上层应用软件	负责具体的驾驶决策和控制任务，通常包括深度学习算法、传感器融合、轨迹预测、驾驶决策等功能。

智驾域控市场逐渐走向合作定制化。自从特斯拉将软件从供应商的黑盒中提取出来收归融合于自身，“软件定义汽车”的造车思路打破了汽车产业旧有的零部件供应体系，车企自研程度加深，与供应商之间的身份定位逐渐转变，除完全委托代工以外，主要分为两种合作模式：

模式1：Tier1供应商为主机厂提供域控制器生产，这是当下最普遍的合作模式。Tier1采用白盒或灰盒模式，主机厂掌控自动驾驶或智能座舱应用层开发权限，芯片厂商、Tier1、主机厂往往形成了深度合作，芯片商提供芯片、开发软件栈和原型设计包，Tier1提供域控制器硬件生产、中间层以及芯片方案整合。这一模式的典型案例包括德赛西威+英伟达+小鹏/理想/智己、极氪+Mobileye+知行科技等。

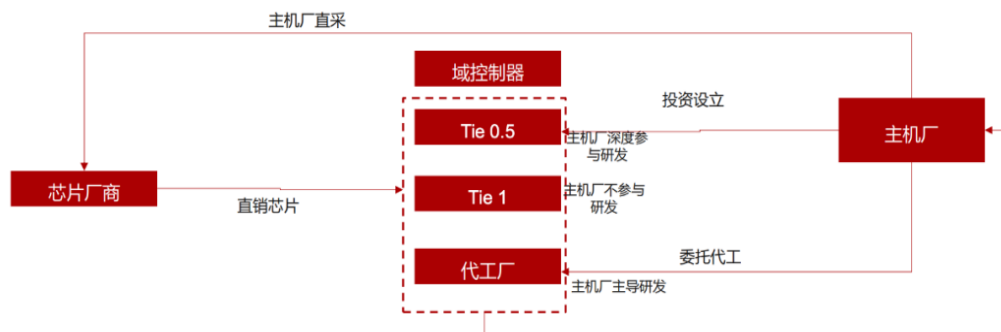
模式2：Tier0.5源于主机厂全栈自研的诉求，通过与主机厂深度绑定，Tier0.5将从全流程介入主机厂研发、生产、制造，甚至后期的数据管理和运营。可以分为三种类型：

(1) 部分主机厂分拆旗下零部件板块独立发展，比如上汽旗下联创汽车电子、长城旗下诺博科技和毫末智行、吉利旗下亿咖通；

(2) 部分主机厂则寻求与Tier1成立合资公司，比如宏景智驾与江淮汽车合资成立域驰智能，德赛西威与富奥股份、一汽集团合资成立富赛汽车电子；

(3) 部分芯片厂商转型成为Tier0.5，在缺芯背景下，芯片厂话语权不断加大，甚至主机厂不得不绕过Tier1向芯片厂直采，芯片厂已不满足于Tier2的角色，正寻求与主机厂形成深度绑定，在车型开发早期即介入。

图51：域控企业与主机厂合作模式



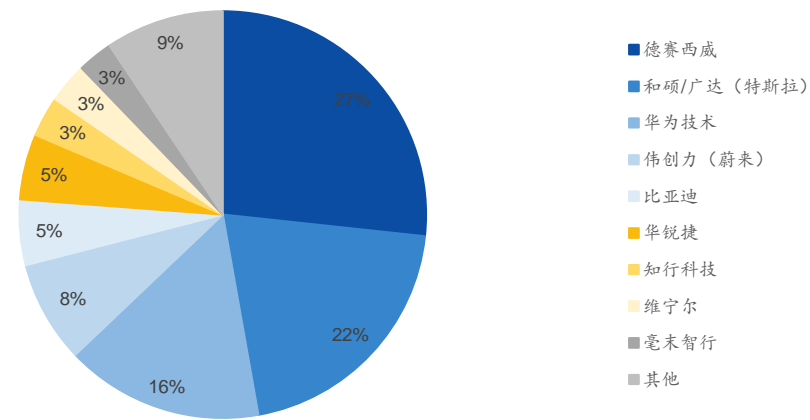
资料来源：解码Decode，国元证券研究所

上述模式可以看出，域控制器企业与Tier0.5、主机厂绑定仍是主流。2024年德赛西威装机量超越特斯拉代工的和硕/广达，排名第一，其背后的大客户理想汽车在终端市场销量猛增，起到了关键支撑。排名第四的伟创力则是为蔚来代工。此外，百度、毫末智行等在智驾域控方面也均与伟创力建立了合作。

虽然头部主机厂自研域控意愿较强，但受限于相关研发积累、资金限制及自身销量等问题，自研难度大、成本高，不一定有足够的销量来摊薄前期研发成本，域控企业的作用不容忽视。此外，合作有助于实现硬件、软件和通讯架构的多层协同优化，从而进一步实现大模型与芯片的适配和高效部署。产品布局全面、芯片开发设计实力强、量产制造能力丰富、出货量较大的供应商相对拥有竞争优势，“硬件+底层软件+中间件+系统集成”的软硬件全栈技术能力的供应商有望突围。

从市场格局来看，不同供应商在智驾域控市场中的表现呈现出多样化趋势。德赛西威凭借其864873套的装机量和高达26.7%的市场份额，稳居市场首位。紧随其后的是和硕/广达，以661829套的装机量占据了20.5%的市场份额。华为技术则以508722套的装机量和15.7%的市场份额位列第三。此外，伟创力、比亚迪、华锐捷等企业也占据了较大的市场份额。

图52：2024年智驾域控供应商装机量市场份额（%）

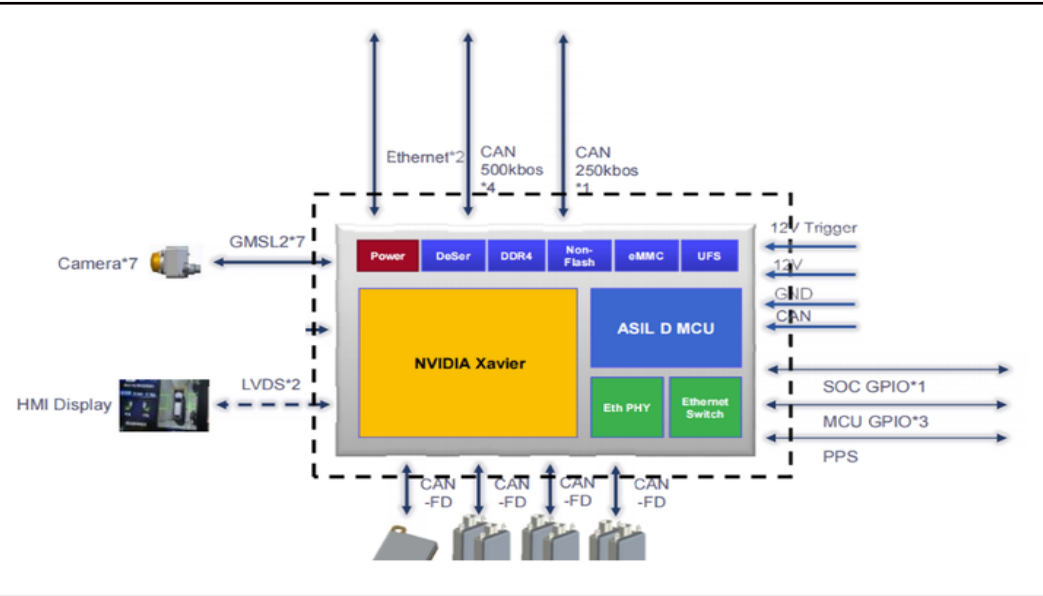


资料来源：盖世汽车，国元证券研究所

2010年，德赛集团收购外方股份，惠州市德赛西威汽车电子有限公司成立，面向后装市场推出SVAUTO品牌。新技术趋势下，传统零部件供应商都在转型，德赛西威也退出后装市场，聚焦汽车电子领域，向智能座舱、智能驾驶、车联网领域积极探索，其中信息娱乐系统、显示系统、液晶仪表等智能座舱产品在国内市场优势领先。目前，公司产品覆盖智驾域、座舱域、车身域，已经从传统的汽车电子供应商转型成为高算力智驾域控行业的领军企业。


紧抓电子电气架构演进机遇，与主机厂开展合作。随电子电气架构向车云协同的中央计算系统演进，中央计算平台已进入产业实践阶段。德赛西威与奇瑞合作开发了“高通8775舱驾一体中央计算平台”，还宣布与长线智能以及昊铂合作研发舱驾一体乃至中央计算平台。

图53：德赛西威IPU03采用英伟达Xavier+MCU架构




资料来源：GSDN，国元证券研究所
请务必阅读正文之后的免责条款部分

图54：德赛西威IPU04架构（应用于理想L9）



德赛西威域控制器（理想L9）



移远通信NAD模块（5G+DSSS）

组件	厂商（数量）
SoC	高通（数量：2）
MCU	NXP（数量：2）
以太网	Marvell
DRAM内存	美光 LPDDR4 48GB（数量：4）
NAND内存	美光 UFS 1T（数量：2）
电源供应	单片电源系统 高通
（解）串行器	模拟设备

资料来源：Yole Group，NE时代新能源，国元证券研究所

智能驾驶与智能座舱是公司两大主要业务。2021-2024年，公司智能驾驶业绩占比逐年增长，研发模式主要是与整车厂合作开发。

小鹏：2018年，英伟达Xavier芯片首度量产，德赛西威是全球六家合作授权商之一，也是其中唯一一家中国公司。基于Xavier，德赛西威开发出智驾域控制器IPU03，搭载于小鹏P7，在2020年顺利量产。随英伟达推出Orin芯片，小鹏开始基于Orin芯片自研智驾域控制器和底层软件，德赛西威负责代工。

理想：2020 年，理想汽车与德赛西威合作，基于英伟达Orin芯片开发出域控制器IPU04，理想自主研发智能驾驶应用层软件系统，德赛西威负责硬件和底层软件系统的设计、制造。

截至目前，德赛西威的高算力智能驾驶域控制器IPU04已在小鹏、理想、路特斯、上汽（飞凡）、高合、广汽等众多客户车型配套量产，营收规模快速提升；此外，中高算力的IPU03（包括英伟达、地平线方案）也在小鹏、理想等车企规模化交付。从座舱域控的配套车型来看，理想旗下车型（理想L7、理想L8、理想ONE）装机量占2023年公司总出货量比重超四成，奇瑞、星途、捷途三大品牌旗下车型装机量同样占比超四成。

智能驾驶域控：基于不同算力的产品矩阵布局完善。高算力产品保持领先地位，配套于理想、小鹏、路特斯、广汽埃安、极氪等客户；中算力和中低算力高性价比方案、国产芯片方案均已获得主流客户订单；此外正与长线智能、昊铂进行战略合作，开发新一代高算力中央计算平台芯片，推动舱驾一体落地。

智能座舱域控：基于高通8155芯片的座舱域控搭载于理想L系车型等。此外，自研并量产了基于瑞萨M3芯片的第二代座舱域控平台，获得了奇瑞瑞虎8PLUS的订单，该车型上市一年销量超过15万辆。第三代、第四代座舱域控已配套于理想等国内主流新势力、自主品牌，更多差异化座舱域控方案获得新项目定点。

车身域控：2022年起，公司开始孵化车身域控业务，2024年已实现量产，获得理想、奇瑞、PROTON等新订单。

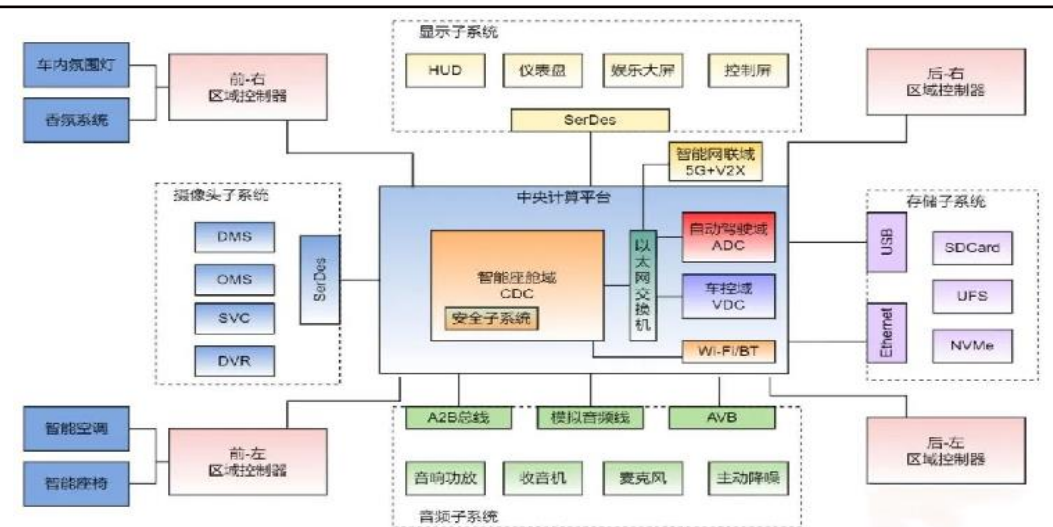
表14：德赛西威各主营业务收入（亿元）及毛利率（%）

项目/年份		2021年年报	2022年年报	2023年年报	2024年年报
营业收入 (亿元)	智能驾驶	13.87	25.71	44.85	73.14
	智能座舱	78.93	117.55	158.02	182.30
	其他业务	2.89	6.06	16.21	20.74
毛利率（%）	智能驾驶	20.78	21.52	16.22	19.91
	智能座舱	24.45	21.34	20.58	19.11
	其他业务	47.21	62.37	30.76	26.49
业务收入比 例（%）	智能驾驶	14.50	17.22	20.47	26.48
	智能座舱	82.49	78.72	72.13	66.01
	其他业务	3.02	4.06	7.40	7.51

资料来源：Wind，国元证券研究所

图55：智能座舱域控制器架构

智能座舱是AI与汽车产业深度融合的产物。2025年，德赛西威与高通共同推出了第五代智能座舱平台G10PH。作为全新一代AI智能座舱平台，G10PH平台具有跨域融合、端云一体等优势，为汽车制造商提供了实现智能、直观和个性化驾乘体验的工具，进一步引领了智能座舱的迭代进程。



资料来源：智能座舱研究，国元证券研究所

G10PH基于中央计算系统框架设计，将座舱内的所有功能整合在一起。该系统融合了多个通信技术，包括5G、近场通讯（NFC）和卫星通讯，同时预留了舱行泊一体设计的空间，以适应不同解决方案需求。通过自主底层链路设计，并结合自研板端大模型与云端应用，可以满足用户在车端设备、跨端设备、云端的丰富场景中管理和操作需求，而多通信技术的融合也让车联万物成为可能，提前为离家和到家等不同状态赋能，使车中时刻处于最适合的状态。作为业内首个集成端云一体大模型的人工智能解决方案，G10PH可支持丰富的车内生态应用，同时可以确保隐私数据的安全性。与此同时，德赛西威在车载数据方面积累了大量经验，这使得该模型能够更好地适配车载设备，提升用户体验。

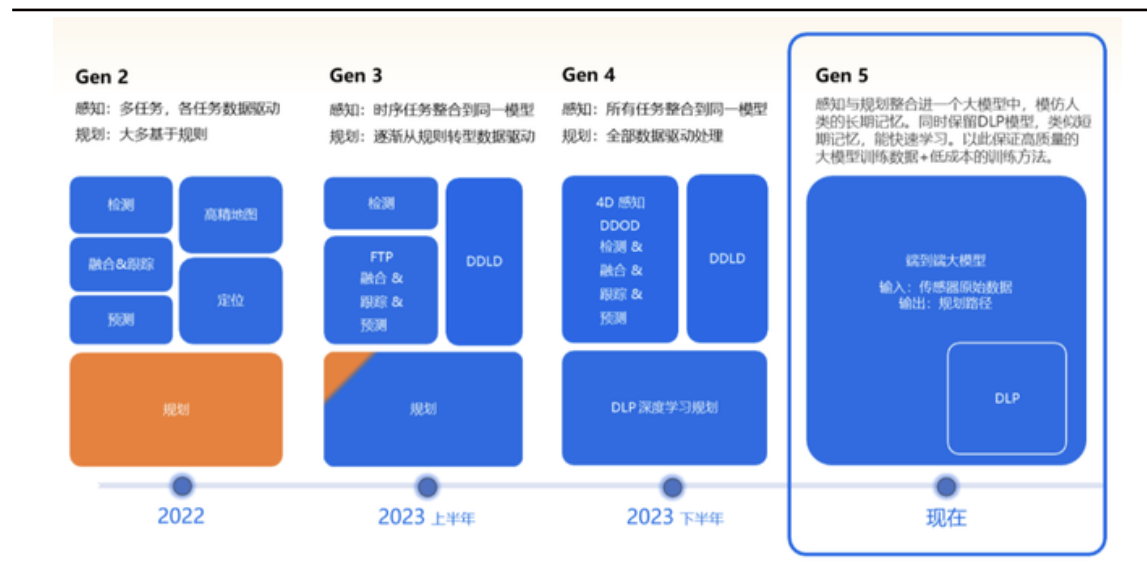
- **Momenta**的主要业务是提供基于端到端技术架构的自动驾驶解决方案。作为国内智能驾驶行业的头部算法Tier1之一，合作伙伴覆盖全球前十大车企，通过数据驱动的AI飞轮，在硬件成本控制、软件体验提升及长尾问题解决上形成突破性优势，为高阶自动驾驶的规模化落地提供范本。在Transformer提出的次年（2019），Momenta就开始用深度学习来解决自动驾驶的问题，发布了可量产的结构化道路自动驾驶解决方案Mpilot 和 L4 级无人驾驶技术MSD 。2023年，Momenta实现了两段式端到端（感知端到端+规控端到端），2024年实现了一段式端到端。2024年发布了首个量产智驾大模型，将感知与规划整合进一个大模型中，形成端到端、深度学习的自动驾驶解决方案。第一代模型的自动化率约为50%，而第五代超过了99%，意味着若新增100个问题，99个都可通过数据驱动，无须人工参与。该方案除了能够预测和应对各种复杂的驾驶场景，还能根据用户的驾驶习惯和偏好进行个性化调整。
- **MSD解决方案**：完全无人驾驶解决方案，旨在实现无需人为干预的自动驾驶。该方案已经应用于出租车和私家车等场景，其中代表性的产品是Momenta G0，它配备了12个摄像头、5个毫米波雷达和1个激光雷达。通过先进的感知、决策和控制算法，MSD解决方案能够在复杂环境中实现安全、高效的自动驾驶。
- **Mpilot解决方案**：针对私家车前装可量产的高度自动驾驶全栈式解决方案。其核心产品包括MpilotX等端到端的全场景、连续的高度自动驾驶解决方案。该方案可通过OpenSolution适配英伟达、高通等主流芯片硬件和传感器平台，逐步实现端到端的自动驾驶功能。在奔驰纯电CLA车型上，Mpilot方案将实现城区导航辅助驾驶功能，提升驾驶的便捷性和安全性。

Momenta智驾模型经历了多个发展阶段，最新版的大模型Gen 5已搭载于比亚迪、丰田等。该模型逐步整合不同任务，最终实现感知规划整合为完全由数据驱动进化的一体化端到端大模型，无需人为定义感知到规划接口，可综合分析全局隐含信息输出行驶轨迹，以类人驾驶方式“看路开车”。

通过数据驱动的端到端技术架构，结合量产自动驾驶（Mpilot）与完全无人驾驶（MSD）的双管线产品战略，基于从英伟达到高通的芯片，从高阶到中阶的解决方案均被Momenta涵盖。在2023年的无图城区NOA上，Momenta是落后于华为的，而到了端到端则表现出先发反超的迹象。这体现出了Momenta作为算法供应商的竞争优势，因为手写规则比拼工程师资源，而端到端比拼的核心则是对AI的认知理解。

图56：Momenta智能驾驶算法演进

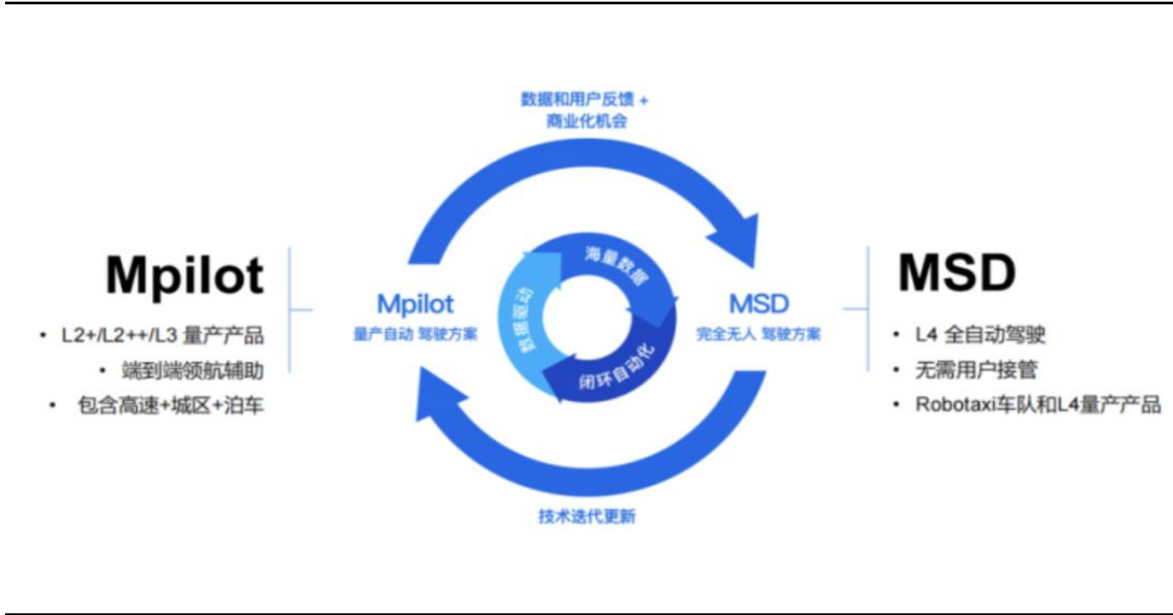
- Gen 2（2022年），感知为多任务且各任务数据驱动，规划大多基于规则，包括检测、高精地图、融合&跟踪等模块。
- Gen 3（2023年H1），感知将时序任务整合到同一模型，规划逐渐从规则转型数据驱动，有FTP融合&跟踪&预测等模块。
- Gen 4（2023年H2），感知所有任务整合到同一模型，规划全部数据驱动处理，涵盖4D感知DDOD检测&融合&跟踪&预测等。
- Gen 5（当前），感知与规划整合进一个大模型中，模仿人类长期记忆，保留DLP模型类似短期记忆，能快速学习。



资料来源：芝能科技，国元证券研究所

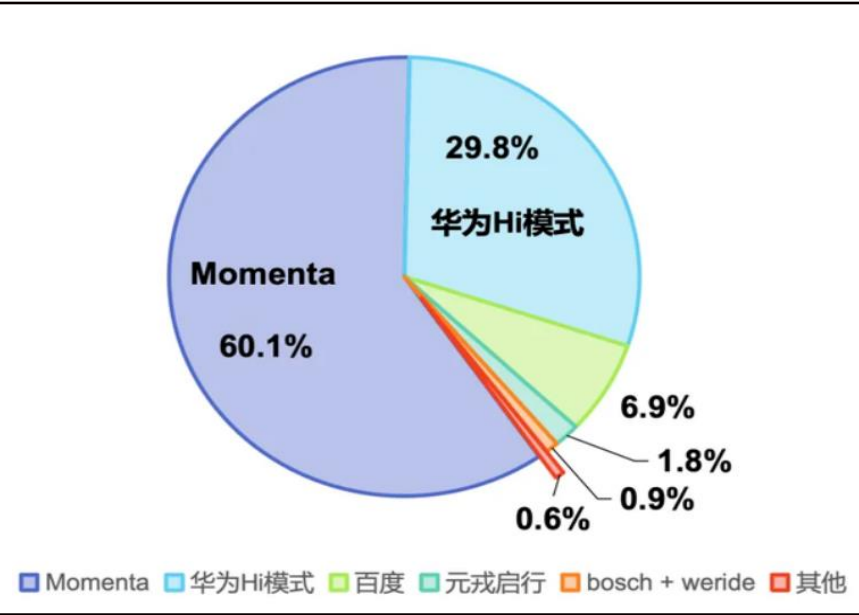
目前国内市场已有4家第三方头部智驾供应商量产了端到端大模型，分别为Momena、华为、百度Apollo及元戎启行。在2023年1月至2024年10月期间，Momena以60.1%的市场份额位居国内城市NOA榜首。当前配备Momena城市NOA技术的量产车型累计销量11.4万辆。公司与上汽、比亚迪、广汽、丰田、奔驰等数十家国内外车企建立了深度合作，定点车型超过100个，取得定点的客户涵盖了全球销量前十主机厂中的近七成。

图57：自动驾驶解决方案两大产品系列



资料来源：芝能科技，国元证券研究所

图58：城市NOA第三方智驾供应商市占率



资料来源：佐思汽研，国元证券研究所

依托自研智驾芯片，从软件供应商走向软硬一体。2023年底，Momenta成立芯片子公司新芯航途，半年后子公司估值达到约40亿元，足见市场对于其研发能力的认可。2024年11月，Momenta自研的第一款芯片已经流片待返回，定位中阶算力（80TOPS区间左右），对标英伟达的Orin N和地平线的J6E，瞄准走量的20-30万中算力主流车型，既避开英伟达Orin的高成本压力，又能满足车企性价比需求。预计将来，Momenta的中阶方案将切换至自研芯片，迈出软硬一体的第一步。

过去十年，自动驾驶行业经历了两轮泡沫——第一轮是L4 Robotaxi的热潮，第二轮是主机厂量产NOA的激烈竞争。Momenta是少数成功跨越这两轮泡沫的企业，通过快速吸引主机厂资源并实现规模化量产，奠定了其商业模式的基础。与行业其他企业相比，华为采用全面软硬一体化的策略，提供从芯片、操作系统、工具链到智能驾驶算法的完整解决方案，但其芯片主要自用。大疆则从中阶方案起步，高阶方案选择高通8650芯片。而Momenta自成立以来，始终专注于国内主机厂在高阶智驾领域青睐的英伟达Orin芯片，这使得在2024年之前，Momenta成为不具备自研能力的传统主机厂在采用Orin芯片时的几乎唯一选择。随着大疆中阶方案的兴起，Momenta迅速跟进，推出了低价中阶方案，进一步扩展其市场布局。总体来看，以软硬一体与端到端为核心的创新技术布局与前瞻性的市场策略放大了Momenta在高阶智驾上的优势。

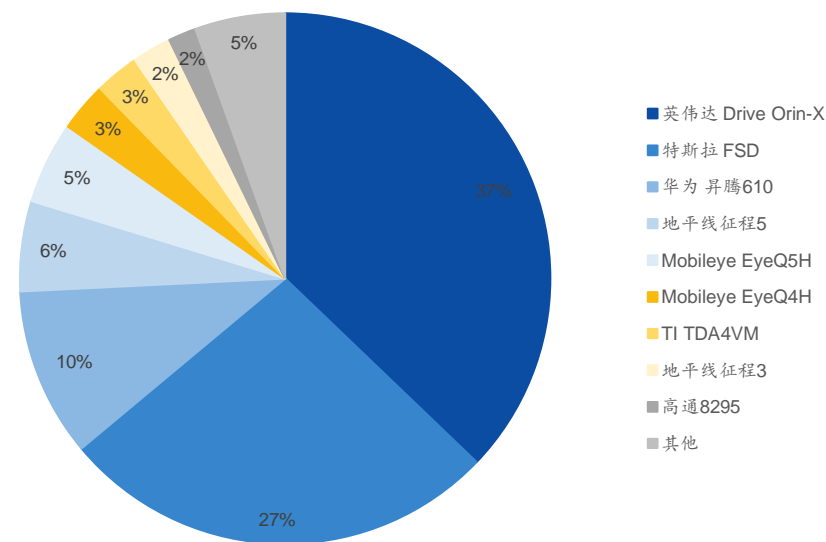
图59：Momenta部分量产定点车型

车企	车型	发布时间	上车功能
上汽	智己 L7	2022年3月	L2++级别的自动驾驶体验
	智己 LS7	2022年12月	
	智己 L6	2024年5月	
	智己 LS6	2024年9月	
比亚迪	腾势 N7	2023年7月	L2++级别的自动驾驶体验
	仰望 U8	2023年11月	
	腾势 D9	-	
	腾势 Z9	-	
广汽	昊铂 HT	2023年11月	高速NDA、城区NDA
	第二代 AION V 霸王龙	2024年7月	提供不依赖高精地图的智驾辅助功能
	埃安 RT	-	L2++级别的自动驾驶体验
	昊铂 GT	-	
广汽丰田 东风日产	铂智 3x	-	高速领航NOA、城市NOA、全场景泊车等 高速领航NOA、城市NOA、全场景泊车等
	N7	-	
奔驰	多款車型	-	不依赖高精地图，能够在城市区域实现辅助驾驶功能
一汽红旗	-	-	高阶智驾驾驶系统
丰田	多款車型	-	L2++级别的自动驾驶体验
奇瑞	风云	-	L2++级别的自动驾驶体验
通用	-	-	L2++级别的自动驾驶体验

智驾域控芯片市场的竞争格局呈现出多极化趋势，各厂商在不同细分市场和价格区间展开激烈角逐。随着端到端大模型的部署和应用，智驾功能对车端算力要求更高，加上城市NOA及后续L3功能的搭载，高算力芯片仍为头部主机厂中高端车型首选方案。随着自动驾驶技术的发展和市场需求的不断变化，未来，技术创新和成本控制将成为竞争的关键。

市场份额方面，市场呈现显著的头部效应。英伟达Drive Orin-X以2,100,220颗装机量和39.8%的市场份额位居第一。特斯拉FSD以1,323,658颗装机量和25.1%的市场份额紧随其后，得益于其在自动驾驶领域的技术积累和广泛应用。国产芯片厂商也表现强劲，华为昇腾610以500,492颗装机量占据9.5%的市场份额，地平线征程5和征程3分别以268,593颗和164,819颗装机量，占据5.1%和3.1%的市场份额。整体来看，智驾域控芯片市场选择日益多元化，随着技术发展和市场普及，竞争将更加激烈。

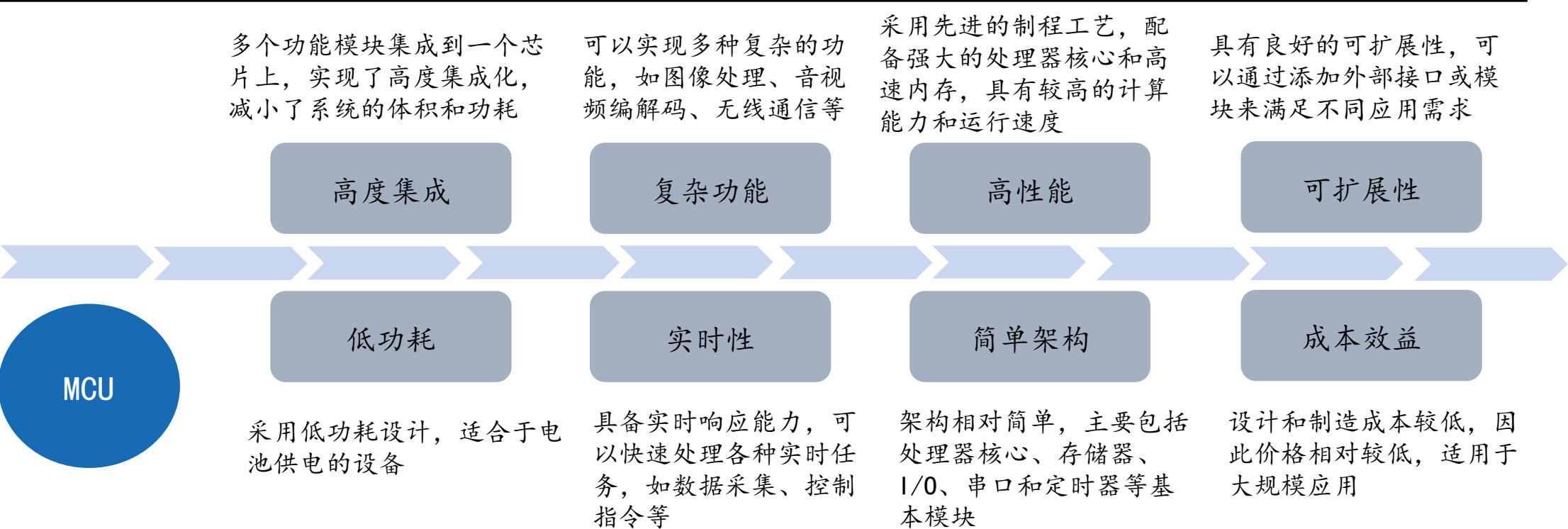
图60：2024年智驾域控芯片装机量市场份额（%）



资料来源：盖世汽车，国元证券研究所

主控芯片负责处理车辆摄像头、激光雷达、毫米波雷达等传感器收集到的数据，并进一步将“制动、加速、转向”等驱动讯号发送给相应控制模块的芯片，是智能驾驶域控制器的核心，决定着整车智能化的水平，也是行业关注的焦点。随着汽车智能化、网联化进程不断加速，智驾芯片需要具备更强的异构数据吞吐能力，以及更快的数据处理能力。因此，具备更高数据传输效率、更强计算能力的SoC芯片成为智驾芯片的主流趋势。

图61：SoC芯片优势

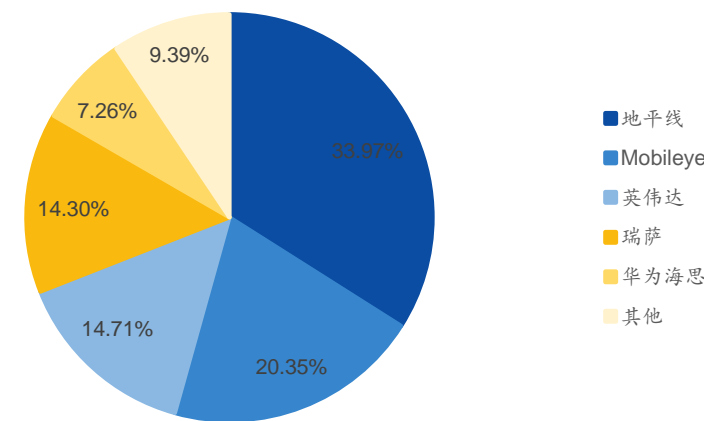


资料来源：中国电子报，汽车电子与软件，研智调研，国元证券研究所

地平线成立于2015年7月，定位为软硬结合的计算硬件公司，为高级辅助驾驶和高阶自动驾驶提供核心解决方案。高阶智驾竞争局势日渐清晰，软硬一体、全栈自研成为行业大趋势，地平线整合了领先的算法、专用的软件和先进的处理硬件，截至2024年8月累计交付的超600万套的辅助驾驶、智能驾驶计算方案中，几乎没有只是硬件交付的。最新版本为2024年4月发布的车载智能计算方案征程®6系列，以及基于征程6P打造的Horizon SuperDrive™（HSD）全场景智能驾驶解决方案，计划于2025年三季度量产。

2024年，地平线在自主品牌乘用车前视一体机计算方案市场占有率达到43.58%，较2023年提升19个百分点；同时，在自主品牌乘用车智驾计算方案市场占有率达到33.97%，两大细分市场均位列赛道第一，主要得益于去年地平线在比亚迪、吉利、奇瑞、一汽、上汽、北汽、广汽等多家自主品牌头部车企实现规模化量产上车。自2021年起，按解决方案总装机量计算，地平线是首家且每年均为最大的提供前装量产的高级辅助驾驶和高阶自动驾驶解决方案的中国公司，中国十大OEM均已选择地平线的智驾解决方案。截至2024年11月，征程系列出货量突破700万套，获290+款量产定点车型，130+款量产上市车型，合作车企40余家。

图62：2024年中国市场自主品牌乘用车智驾计算方案供应商市场份额



资料来源：高工智能汽车，国元证券研究所

智驾芯片方面，地平线最新推出的征程6系列芯片包含六款产品：征程6B、6L、6E、6M、6H和6P，覆盖从低阶到高阶的全场景智能驾驶需求。该系列采用CPU、BPU、MCU和GPU四芯合一的高集成设计，具备同代一致、代际兼容和系统最优等特性，标志着地平线从单点式研发向系列化产品的关键跨越。

其中，征程6P面向高阶智驾，具备高集成度、高算力（560TOPS）、高效率、高处理能力、高接入能力及高安全性六大优势，支持感知、规划决策和控制等全栈计算任务，重新定义了全场景NOA的计算效率。

针对中阶智驾市场，地平线推出城区性价比方案征程6M和高速NOA方案征程6E，并提供符合AEC-Q104车规标准的SiP模组及Matrix 6域控参考设计，以超高集成度实现更低功耗和更优系统成本。地平线已与多家Tier1及硬件合作伙伴达成征程6E/M的合作，预计2024年第二季度将有超过50家生态伙伴推出基于这两款芯片的准量产级产品。在低阶智驾市场，地平线基于征程6B联合索尼推出全球首款1700万高性能前视感知方案，显著提升主动安全的探测距离、视野范围和清晰度。

表15：地平线智驾芯片产品矩阵

芯片名称	J2	J3	J5	J6P
工艺制程	28nm	16nm	16nm	7nm
适用范围	L0-L2/L2+	L2+/L3	/	全场景智能驾驶
算力	4TOPS	5TOPS	128TOPS	560TOPS
CPU	2核ARM®Cortex®- A53 (1 GHz)	4核 Arm® Cortex®-A53 最高 (1.2GHz)	8核Arm® Cortex® -A55	18核ARM Cortex-A78AE
BPU	2*BPU(伯努利架构1.0)	2*BPU(伯努利架构2.0)	2*BPU(贝叶斯架构2.0)	BPU(纳什架构1.0)
视频处理	4路图像处理	4-6路图像处理	16路图像处理	/
DSP/DSF	/	/	双核DSP	/
存储	32-bit LPDDR4	LPDDR4	LPDDR4	LPDDR5
典型功耗	2W	2.5W	30W	/
安全标准	AEC-Q100 Grade 2	ASIL-D	ASIL-B(D) AEC-Q100 Grade 2	ASIL-D

资料来源：汽车视界研究，国元证券研究所

对于高阶自动驾驶在硬件层面的落地，业内普遍的困扰是，目前市面上大部分的自动驾驶芯片均是在Transformer出现之前设计的，对Transformer的支持并不友好。所以大多数厂商都在积极寻求折中方案，比如对算子重新适配，优化网络架构和底层软件、改善带宽要求。

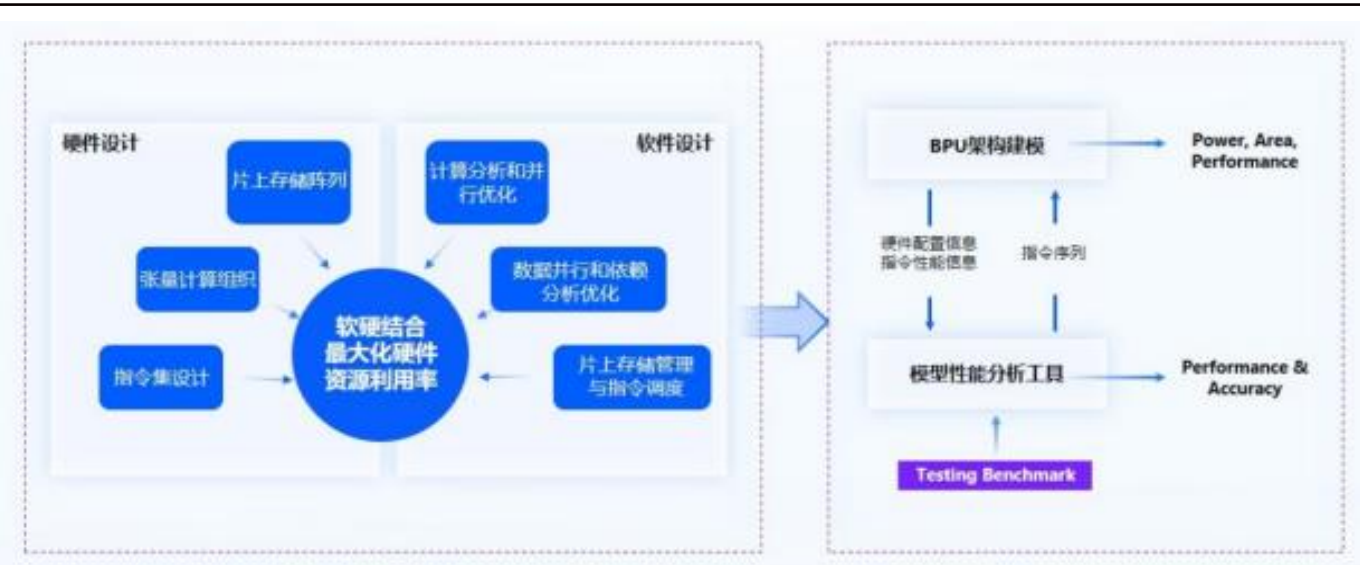
在此基础上，软硬一体的路线有助于芯片厂商最大化地发挥其能力。例如，征程6P搭载了地平线专门为大参数量Transformer而生的纳什架构。相比于最早的伯努利架构，纳什架构使得征程6计算性能在CNN上提升了200倍，在Transformer性能上提升了20倍。地平线的解决方案着重优化算子，依托软硬结合的方式对算子进行硬件加速，使得其计算时间与计算量相匹配，让算力和存储单元发挥真正的能力和效果。

图63：传统方案无法兼顾系统上限与下限

	01 Rule-based System	02 End-to-End System
系统上限	<div>✖</div> <div>基于人工手写规则，限制系统上限，无法解决bad case</div>	<div>✔</div> <div>端到端架构实现信息无损传递，系统上限高</div>
系统下限	<div>✔</div> <div>规则兜底，系统下限可控</div>	<div>✖</div> <div>黑盒模式存在不可解释性，系统下限不可控，bad case迭代存在挑战</div>

资料来源：公司官网，汽车之家，国元证券研究所

图64：通过软硬结合设计发挥芯片最佳计算效率

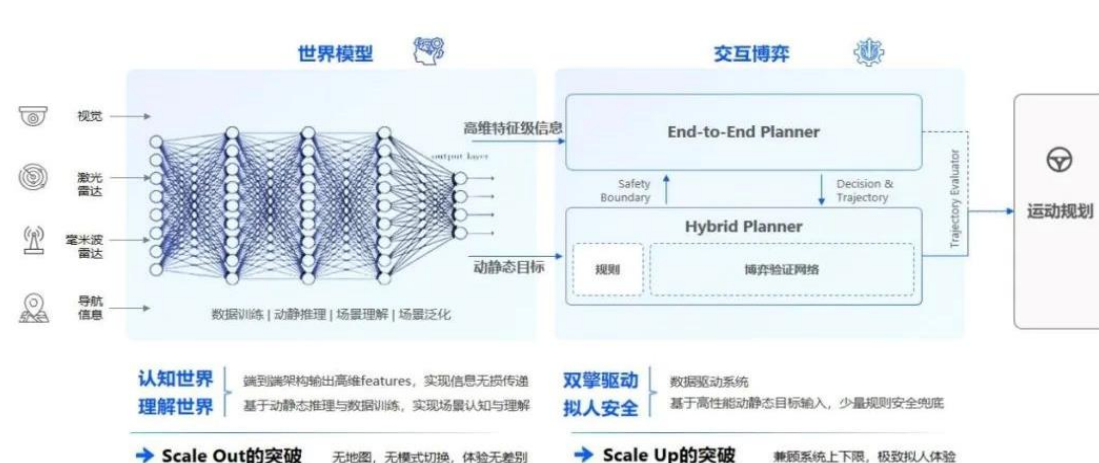
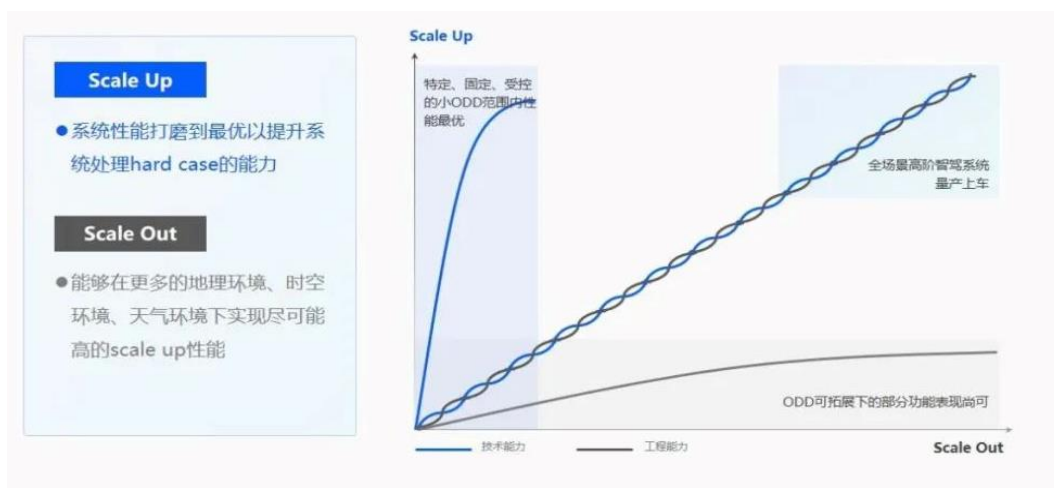


资料来源：公司官网，汽车之家，国元证券研究所

通过“端到端+少部分规则算法安全兜底”双擎驱动，给端到端加入了hybrid planner作第二双眼睛，通过数据与少量安全规则的博弈，保证决策的正确性。高阶智驾的能力进展主要关注两个维度，Scale up和Scale out。前者代表系统能力上限，指系统处理各种极端环境和复杂交通流等hard case的能力；后者代表系统泛化能力，即覆盖更多场景的能力，包含不同时间、不同天气、不同环境、不同城市。地平线的HSD解决方案引入了世界模型（World Model），让系统去认知和理解世界，进而达到Scale out突破。同时，通过引入交互博弈模块（PNC，即Planning&Control/规划），利用当前上限最高的神经网络技术作为其核心以保证拟人化，提升Scale up上限。为了进行更加精细的安全兜底，地平线还设计了少量安全兜底规则，最终行驶轨迹并不由端到端来决定，而是由底层混合的Planner来做决定，根据比较明确的验证规则来决定是否向下游释放，从而进行安全兜底。用规则系统守住系统下限、用端到端提高系统上限，依托这种双擎驱动，HSD在Scale out和Scale up方面均有很好的表现。

图65：高阶智驾须同时解决Scale up和Scale out

图66：HSD通过世界模型与交互博弈实现Scale Up和Scale Out的最优解



资料来源：公司官网，汽车之家，国元证券研究所

资料来源：公司官网，Xauto报告，国元证券研究所

与上下游产业链合作伙伴高效协同，优化量产交付系统，加速量产开发与落地效率。

合作车企方面，征程6系列已获超20家车企及汽车品牌的平台化合作，覆盖比亚迪、奇瑞、大众等多家头部车企。征程6系列首发落地比亚迪天神之眼C高阶智驾方案，天神之眼C是比亚迪主要面向旗下10-20万区间的王朝、海洋系列车型推出的方案，将成为征程6系列大规模量产落地的重要支点。地平线作为比亚迪两家核心车载智能计算方案合作伙伴之一，截至目前，已经有上百万台比亚迪产品搭载地平线征程系列计算方案。2023年12月，地平线与大众汽车集团旗下的软件公司CARIAD成立了合资公司酷睿程（CARIZON），开发可以应用于本地复杂交通环境的全栈软件方案，随后2024年，双方还官宣了基于征程6系列的合作。

合作Tier-1方面，博世、大陆、四维图新、福瑞泰克、轻舟智航、鉴智机器人、易航智能等多家行业头部软硬件合作伙伴已基于征程6系列开发差异化的智驾解决方案，并持续收获车企定点。例如，轻舟智航基于征程6M的中高阶智驾方案“轻舟乘风”已获头部新势力车企量产项目定点；鉴智机器人基于地平线征程6E的多款中阶方案获头部车企自主品牌与Tier-1定点。

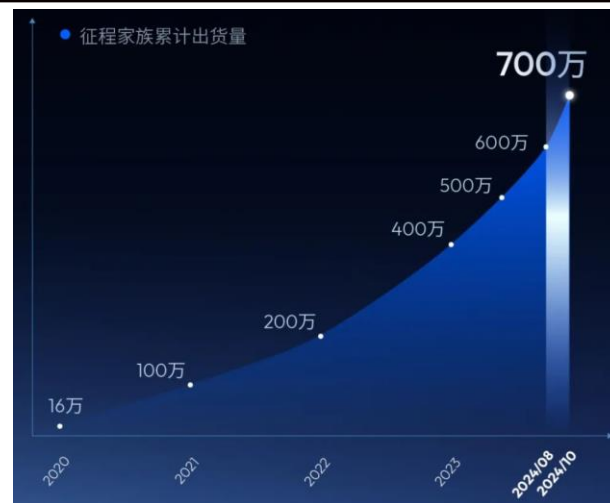
图67: 合作车企及车型情况



资料来源：公司公众号，国元证券研究所

请务必阅读正文之后的免责条款部分

图68: 征程系列累计出货量突破700万



资料来源：公司公众号，国元证券研究所

黑芝麻智能成立于2016年，2024年8月在港交所主板上市，期间先后完成10轮融资，受到具有汽车相关背景的众多资本追逐，包含2018年的蔚来资本、2019年的上汽集团、2021年的小米长江产业基金及富赛汽车(一汽集团、富奥汽车和德赛西威成立的合资公司)、2022年的博世集团及东风汽车集团等。公司业务覆盖自动驾驶芯片及解决方案、智能影像解决方案两大领域，其中，自动驾驶芯片及解决方案业务占比达88.5%。公司自行研发IP核、算法和支持软件驱动的SOC和基于SOC的解决方案，主要产品为自动驾驶高算力芯片华山系列，以及跨域计算芯片武当系列。根据弗若斯特沙利文数据，2023年，按出货量计算，黑芝麻智能是全球第三大车规级高算力SoC供应商，仅次于英伟达和地平线。

2020年6月，国内首款支持L2+/L3自动驾驶的车规级芯片华山A1000/A1000L问世；2021年4月，华山A1000 Pro发布，支持高阶自动驾驶功能，实现泊车、城市道路及高速场景的无缝衔接。目前，华山A1000已全面量产，被一汽集团、东风集团、吉利集团、江汽集团等多家头部车企采用，搭载于领克08、合创V09、东风eπ 007及东风eπ 008首款纯电SUV等车型。

2023年4月，武当系列C1200正式发布，其中C1296成为行业首颗高性能、高集成度的本土多域融合芯片平台。该芯片内置车规级高性能CPU、GPU、DSP、NPU及实时控制处理单元，同时集成高算力MCU和R5F，全面支持智能座舱、智能驾驶及整车数据交换的跨域融合，能够满足整车电子电气架构演进的各阶段需求。

表16：黑芝麻智驾芯片产品矩阵

芯片名称	华山系列			武当系列	
	A1000L	A1000	A1000pro	C1236	C1296
工艺制程	16nm	16nm	16nm	7nm	7nm
适用范围	L2/L2+	L2+/L3	L3/L4	单芯片NOA	多域融合
算力	16TOPS	58TOPS	106TOPS	32KDMIPS (16KDMIPS in DCLS)	32KDMIPS (16KDMIPS in DCLS)
CPU	6核 ARM Cortex A55 (1.2GHZ)	8核 ARM CortexA55 (1.5GHZ)	16核 ARM CortexA55(1.5 GHZ)	8核 ARM CortexA78AE	10核 ARM CortexA78AE
视频处理	8路图像处理	16路图像处理	20路图像处理	12路图像处理	12路图像处理
DSP/DSF	3核DSP	5核DSP	10核DSP	5核DSP	5核DSF
存储	64bit LPDDR4	64bit LPDDR4	4*32bit LPDDR4	64bit LPDDR5/LPDDR4	64bit LPDDR5/LPDDR4
典型功耗	15W	18W	25W	X	X
安全标准	ISO26262AEC-Q100	ISO26262 ASIL-BAEC-Q100 Grade-2	ISO26262 ASIL-BASIL-D	ISO26262 ASIL-DAEC-Q100 Grade-2	ISO26262 ASIL-DAEC-Q100 Grade-2

资料来源：汽车视界研究，国元证券研究所

目前最新版芯片是2024年12月发布的华山A2000家族，包含A2000 Lite、A2000和A2000 Pro三款产品，可以满足NOA、Robotaxi等不同等级的自动驾驶需求。A2000家族芯片集成了业界领先的CPU、DSP、GPU、NPU、MCU、ISP和CV等多功能单元，具备高度集成化和单芯片多任务处理能力，并原生支持Transformer模型。其中，A2000 Lite专注于城市智驾，A2000支持全场景通识智驾，A2000 Pro则面向高阶全场景通识智驾，其算力为当前主流旗舰芯片的4倍。

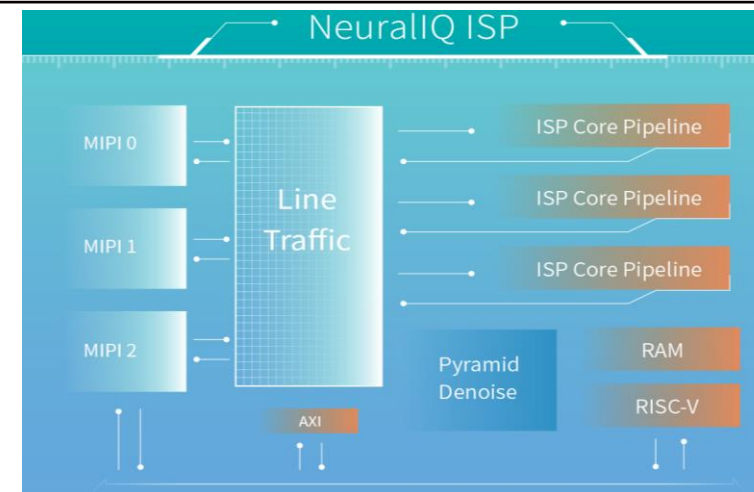
核心技术1：图像处理核心ISP多模式处理。支持16路高清相机的接入，每秒处理36亿3曝光像素，12亿单曝光像素的高处理率管道，每个管道可并行在线处理多路视频，支持在线、离线和混合处理模式。图像处理：支持HDR处理，符合高动态曝光、低光降、LED闪烁抑制等车规图像处理要求，适用于自动驾驶相关的多个应用场景。在图像去噪、低光暗环境、HDR高清成像模块表现较好。

图69：华山A2000家族产品矩阵



资料来源：公司公众号，国元证券研究所

图70：ISP核心架构



资料来源：汽车视界研究，国元证券研究所

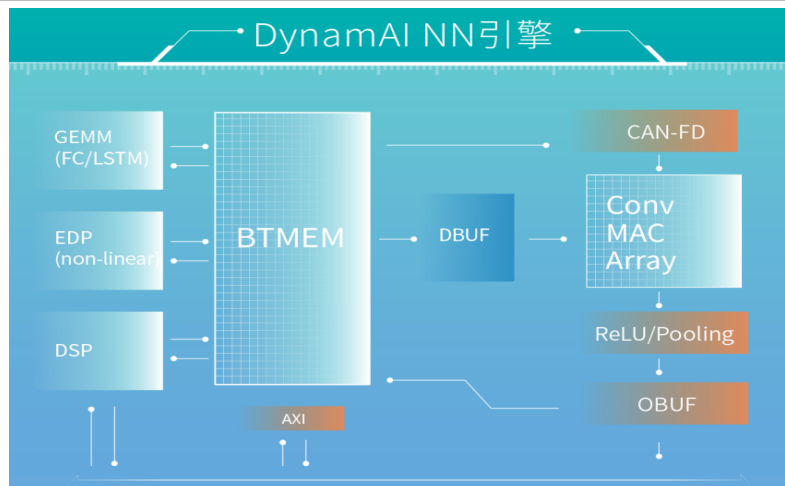
核心技术2：神经网络加速器NPU。

- 软硬件同步优化：通过可适配量化、结构化剪裁压缩、硬件可执行软件的子图规划实现软硬件同步优化，支持稀疏加速和配备自动化开发工具
- 多阵列高算力：NPU内部可搭载多个3D卷积MAC阵列、1个2D GEMM阵列，以及1个EDP运算单元和5个DSP，支持4/8/16位多种运算精度，可使华山A1000系列在算力方面得以实现58TOPS。
- 另外NPU在低光环境下，可有效对低光环境中的中小物体进行探测；配合ISP对不同场景的障碍物、交通标志和行人进行理解。

核心技术3：独立完整的SOC芯片设计能力。智能驾驶SoC芯片以ARM中央处理器为核心，集成多种高速通信接口，如PCIe、USB Auto和Ethernet，以及eMMC存储解决方案。芯片支持多种通信协议，包括UART、CAN-FD和I2C SP1，确保与车载设备的兼容性和高效数据传输。为满足功能安全需求，芯片采用ISO 26262标准的安全保护NOC总线，并通过GPIO 125提供丰富的输入输出选项。视频编解码器和图像信号处理器（ISP）支持高清视频处理，MIPI CSI接口可连接多个高动态范围（HDR）摄像头，为视觉系统提供强大硬件支持。此外，芯片集成NN AI（NPU）加速引擎和图像处理核心DSP，专门用于加速神经网络和数字信号处理任务，显著提升智能驾驶系统在图像识别、环境感知和决策制定方面的性能。

请务必阅读正文之后的免责条款部分

图71：NPU核心架构



资料来源：汽车视界研究，国元证券研究所

图72：SOC芯片设计



资料来源：汽车视界研究，国元证券研究所

新一代通用AI工具链BaRT与双芯粒互联技术BLink共同赋能自研NPU，充分释放并灵活扩展其计算性能，构建了强大的智能驾驶技术底座，为A2000家族的性能跃迁提供坚实保障。与此同时，黑芝麻智能推出自研NPU新架构“九韶”，专为满足自动驾驶需求设计，作为高性能AI芯片的核心计算单元。九韶NPU采用领先的大核架构，支持智驾大模型的实时推理，显著降低算法延迟，并通过基于优先级抢占的机制，为复杂计算任务提供高效支持。

九韶NPU是业界最高安全等级的NPU，能够避免模型推理中的随机错误和失效，支持训练与部署的一致性，确保自动驾驶系统的高安全性和确定性。其特点包括高算力、高能效和高带宽，为智能驾驶技术的迭代升级奠定基础。它支持混合精度（如INT8/FP8/FP16），并针对高精度量化和Transformer提供硬件加速，简化开发者的量化和部署工作。九韶NPU还具备低延时、高吞吐的三层内存架构，包括大容量高带宽的专用缓存、片内共享缓存以及对称双数据通路和专用DMA引擎，提升了性能和有效带宽，降低了对外部存储带宽的依赖，实现了性能、带宽和成本的极致平衡。此外，通过BLink技术，A2000家族芯片可实现软件单OS跨片部署，支持高带宽C2C一致性连接，满足NUMA跨芯片访存需求，降低了软件开发和部署的难度。

图73：九韶NPU架构



资料来源：高工智能汽车，国元证券研究所

线控底盘（X-by-wire），是指以电信号取代机械或液压装置实现对车辆精确控制的底盘技术，由线控驱动、线控制动、线控转向、线控换挡和线控悬架五大核心系统组成。线控底盘通过电子系统实现人机解耦，提高了响应速度和控制精度，与传统机械底盘相比，整体传输信息效率高、时间短、控制精确，有望和智能化结合完成汽车主动控制工作，是高阶自动驾驶的大势所趋。

优势1：快速响应，支撑智能化。以电信号取代机械联结与机械能量传递，系统指令响应速度更快并减少能量传递损耗，是L3及以上自动驾驶汽车实现的基础保障。

优势2：精确控制，提升体验感。应用精确且敏感的传感器、控制单元及电磁机构，并通过底盘域多系统协调，实现更精准的车辆控制提升车辆的安全性和操控性。

优势3：软硬件解耦，加速智能化转型。线控底盘取消大量机械、液压、气动等连接部件，底盘结构更紧凑、整备质量更轻，利于OTA升级和模块化，加速软硬件解耦。此外，基于模块化一体化平台，可以大幅缩短开发周期，快速响应市场。

图74：线控底盘核心系统

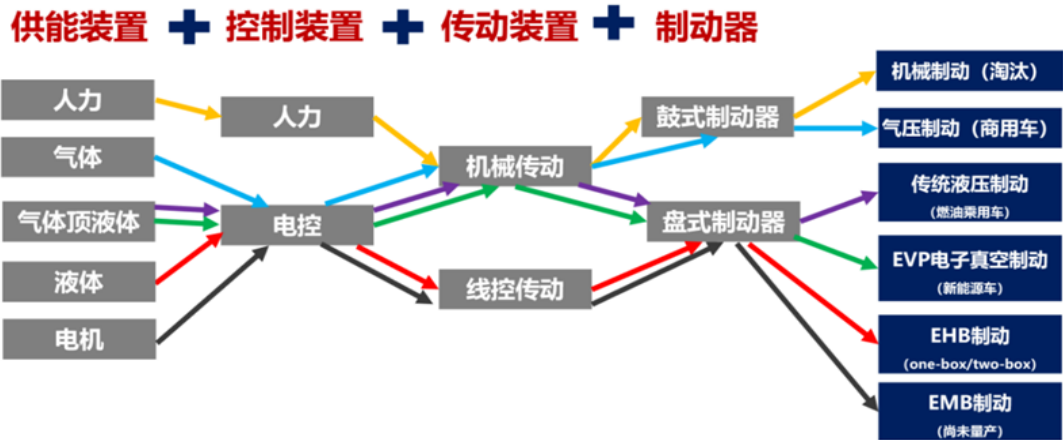
线控驱动 throttle-by-wire	纵向速度、加速度控制 动力源，储能
线控转向 steering-by-wire	转向角度、角速度控制， 实现行驶方向改变
线控制动 brake-by-wire	纵向减速度控制
线控悬架 Suspension-by-wire	增加电控系统，支撑底 盘与车轮缓冲和吸振
线控换挡 shift-by-wire	直接用电信号传递给 ECU，完成换挡操作

资料来源：汽车技研，国元证券研究所

高阶智能驾驶落地进行加快下，线控底盘重要性凸显。随着高阶智能驾驶技术的进步，机器驾驶比例不断提高，驾驶员接管频率逐渐降低。为确保机器驾驶过程中的安全性，高阶自动驾驶车辆需在制动、转向等关键执行环节设计双重或多重冗余系统。考虑到车内空间、信号传输效率和响应精度等因素，采用线控结构替代传统机械结构是实现执行器多重安全冗余的必要条件。

行业放量为国产线控底盘零部件供应商提供崛起机会。2023年，中国市场乘用车（不含进出口）前装标配线控制动（One/Two Box）交付量达795.77万辆，同比增长60.31%，搭载率提升至37.68%。尽管伯特利、利氮科技、同驭汽车科技、比博斯特等本土厂商已实现产品规模化量产，本土供应商市占率从2022年的8%提升至2023年的20%（不含主机厂自研部分），但博世、大陆、万都等外资厂商仍占据约70%的市场份额。在线控转向领域，行业尚处于起步阶段，博世、捷太格特、采埃孚天合等传统电动助力转向系统巨头凭借早期布局和技术优势，已推出概念车型。随着技术创新的突破和本土供应链安全需求的提升，国内外产品代际差距逐步缩小，国内厂商市场份额逐年扩大。技术积淀催化之下，智能底盘市场规模化和本土化格局正在重构。硬件层面，伴随整车电子电气架构的集中化趋势，底盘功能进一步集成，例如将悬架、转向和控制系统的控制器整合为紧凑的智能底盘控制单元，以实现更精准的转向与制动协同。软件层面，统一的底盘控制软件平台有望诞生，通过算法实时处理和分析传感器数据，协调各部件分工，提升整体性能。

图75：制动技术的发展本质是对供能、控制、传动装置的电子化升级

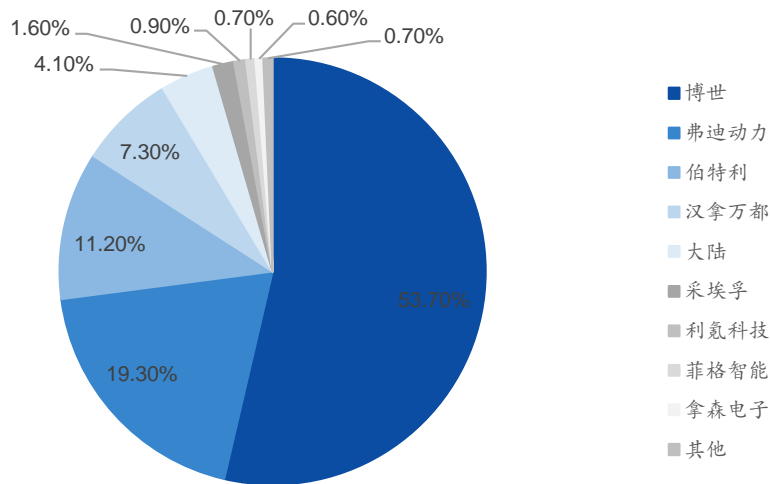


资料来源：智能底盘之家，国元证券研究所

线控底盘作为汽车功能安全等级最高的核心安全件（ASIL D级），其开发涉及底盘核心技术与高安全等级电控系统。由于线控底盘的安全性和技术要求极高，整车厂对其把控严格，更换供应商的频率较低。以电子液压制动（EHB）为例，产品的成熟度、量产经验和供应份额的领先优势在很大程度上决定了行业格局。此前，我国线控制动市场长期被外资企业垄断，本土企业机会有限。然而，2020年汽车芯片短缺危机促使主机厂更加注重供应链的自主可控，加上资本的推动，线控制动成为资本市场热门赛道。目前，国内本土供应商的市场份额相对集中，主要包括深耕底盘技术的上市公司如伯特利、亚太、拓普等，以及创业型线控底盘供应商如拿森、英创汇智、同驭、格陆博等。

2024年上半年，国内厂商中市场份额排名第一的是比亚迪自建的垂直供应商弗迪系，但业务主要局限在集团内部。2024年，本土企业拿森科技和伯特利实现了市占率的大幅突破，线控制动（One/Two Box）产品的销量达到百万量级，位列国产供应商第一梯队，承担起进口替代的重要战略角色。拿森科技是为数不多兼具Onebox、Twobox完整线控底盘综合解决方案的新势力企业，在2018年便实现了国内首个电控制动助力系统NBooster的大批量投产，在2023年实现了Onebox产品的批量投产。总体看，行业格局偏向走马圈地，新势力厂商与背后车厂的绑定日益稳固。在主流OEM供应链不断收缩、供应格局趋于头部集中、窗口期即将关闭的大背景下，企业的核心竞争力体现在快速获取量产资源并实现迭代的能力。

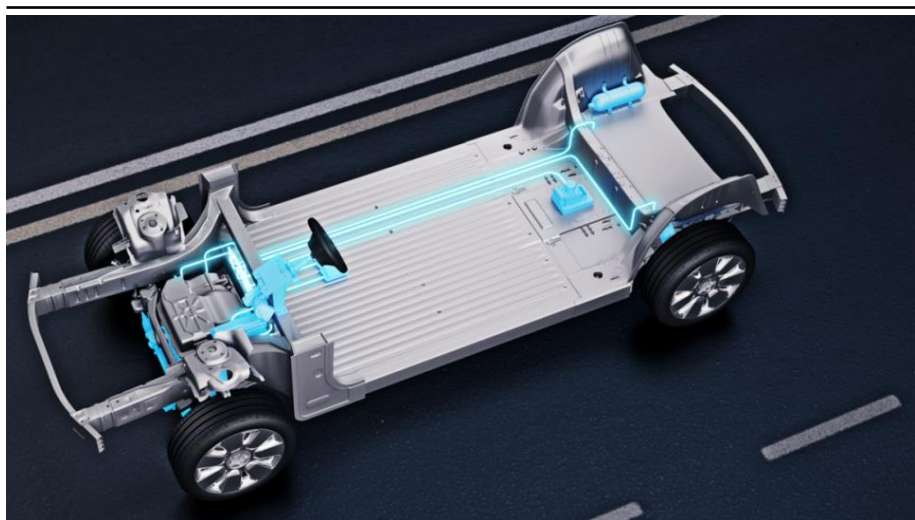
图76：2024年上半年国内线控制动市场竞争格局



资料来源：盖世汽车研究院，深企投研究，国元证券研究所

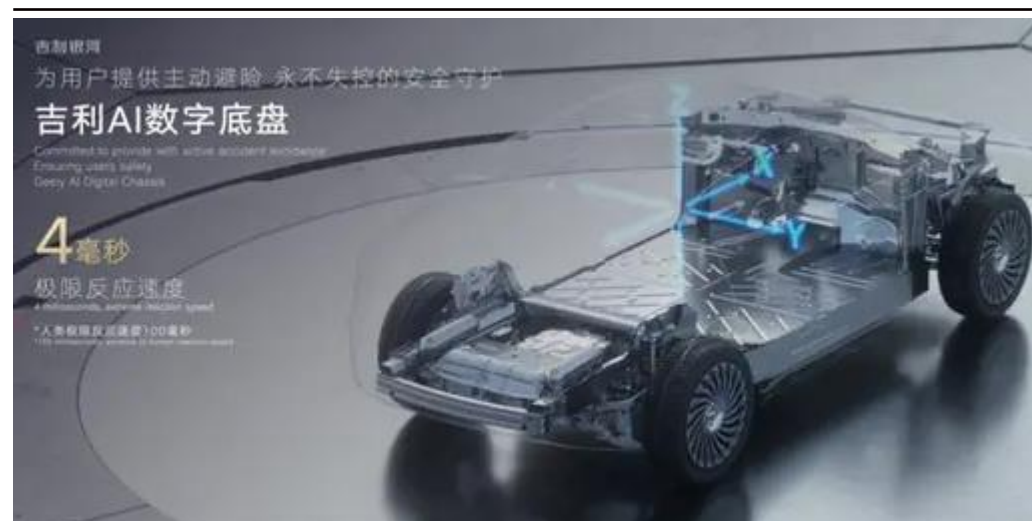
产业应用方面，部分企业已在低速无人车、无人专用车、科研教研平台等领域实现了小批量应用。例如，济驭科技推出四大系列通用线控底盘，尚元智行发布了四款滑板底盘产品。2024年，中国市场（不含进出口）乘用车前装标配电子液压制动系统（EHB）交付新车1172.13万辆，同比增长61.24%，搭载率首次突破50%，达到55.51%，其中新能源车型搭载率高达83.17%，为2025年AI底盘的发展奠定了基础。据通渠有道等机构测算，综合汽车与低速装备两大领域，预计2025年中国线控底盘市场规模将达到282亿元，2030年市场规模达1267亿元，其中汽车线控底盘市场规模占比约为89%。

图77：线控底盘示意图



资料来源：搜狐汽车，国元证券研究所

图78：吉利AI数字底盘



资料来源：易车网，国元证券研究所

市场规模测算口径：①汽车销量预测参照《节能与新能源汽车技术路线图2.0》，汽车线控底盘渗透率结合《智能电动底盘技术路线图》测算（原则上低于新能源汽车渗透率），汽车线控底盘单车价值按照单车制动+转向+悬架等总价值计算；②低速装备中，无人车主要指末端配送车辆，专用车主要指环卫车、港口集卡和宽体自卸车。

按自由度划分，线控底盘执行X、Y、Z三向六自由度协调控制。X、Y、Z轴分别代表线控制动、线控转向以及线控悬架，开发难度高，是线控底盘系统中的核心组成部分。

表17：线控制动、线控转向和线控悬架一览

类目	线控制动	线控转向	线控悬架
主要作用	掌控自动驾驶的底盘安全性和稳定控制，制动性能指标主要包括响应速度快、平顺性好等	通过转弯的指令目标输入和汽车转向轮的变化之间的关系，匹配转向机构与行驶需要，掌控自动驾驶路径与方向的精确控制	传递作用在车轮和车身之间的力和力矩，并缓和由不平路面传递给车身的冲击载荷，衰减由此引起的承载系统的振动，以保证汽车平顺地行驶
渗透率	约19%（2022年）	<1%（2023年）	约1.2%（2022年）
单车价值	2000-2500元	4000元左右	10000-20000元
技术攻关目标	踏板模拟、主动制动和制动能量回收	路感反馈控制、转向执行控制，以及故障诊断与容错控制	螺旋弹簧+减震器组合向空气弹簧+CDC型减震器组合升级
国外供应商	博世、大陆、采埃孚、舍弗勒等	博世、采埃孚、捷太格特、NSK、耐世特等	采埃孚、大陆、曼德、蒂森克虏伯、日立等
国内供应商（含正在布局）	伯特利、拿森科技、同驭汽车、格陆博、英创汇智、拓普集团、万向集团、亚太股份、联创电子等	拓普集团、华为、辰致科技、红旗、伯特利、同驭汽车、联创电子、浙江航驱、拿森科技等	拓普集团、保隆科技、天润工业等

资料来源：高工智能汽车，盖世汽车，焉知汽车，汽车材料网，汽车制动网，CSDN，国元证券研究所

线控底盘的三大核心系统中，X轴为线控制动，以电控信号取代传统制动系统部分或全部机械部件，解决新能源车缺少真空泵源困境，通过电信号获得更快信息传输及响应速度；Y轴为线控转向，以电子控制器取代方向盘与转向轮之间机械连接，提高响应速度；Z轴为空悬，以空气弹簧取代传统弹簧，搭配可变阻尼减振器减轻颠簸。又由于制动和转向间存在很强的相互制约的耦合关系，最终，智能底盘将向三轴融合发展。

图79：线控底盘核心系统



资料来源：汽车技研，国元证券研究所

在底盘域集成、软硬解耦、全面线控化的行业主旋律下，智能底盘正向AI化纵深发展。2024年初，蔚来推出全栈自研的AI底盘技术，融合车端多传感器和云端数据，通过群体智能生成4D路况图层，提前匹配底盘参数组合，显著提升了数据利用效率。吉利的AI数字底盘则借助高算力本地域控和云端算力，融合AI大模型与数字底盘，实现了道路数据云端共享和车辆状态的实时感知与预测。此外，小米的智能底盘预研技术通过全主动悬架、超级四电机系统等数字化控制技术，实现了对汽车三向六自由度的精准调控。从技术发展趋势看，以线控底盘的硬件和软件算法为基础，借助AI能力突破底盘的安全性、舒适性和操控性上限，已成为各OEM在智能底盘领域的全新竞争焦点。

拓普集团成立于1983年，主营业务是汽车零部件的研发、生产及销售，涵盖汽车NVH减震系统、内外饰系统、轻量化车身、智能座舱部件、热管理系统、底盘系统、空气悬架系统、智能驾驶系统等八大产品体系。深耕汽车零部件领域四十年，分别于2004年、2009年、2020年、2021年、2023年布局底盘系统和轻量化、汽车电子、热管理、空气悬架和车身一体式铸造、执行器领域。

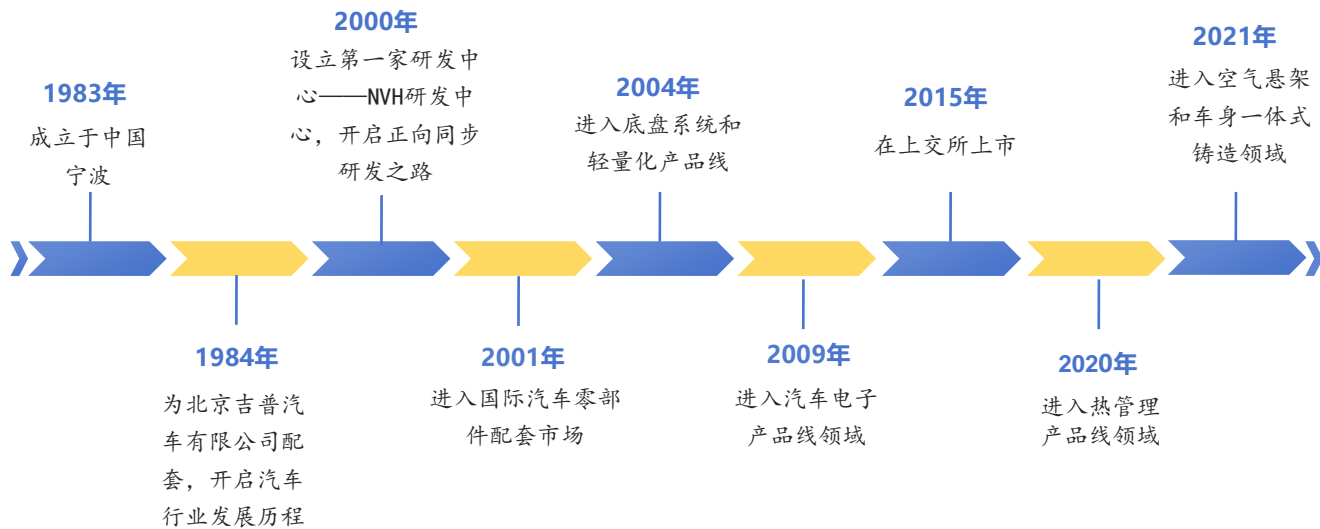
业务体系多元化，涵盖汽车零部件和人形机器人两大板块。在汽车零部件领域，公司与众多国内外知名车企深度合作。国内与华为-赛力斯、理想汽车、蔚来汽车合作紧密；国际方面，2016年进入特斯拉供货体系，合作领域不断拓展，此外还与美国创新车企RIVIAN等展开合作。在人形机器人业务上，2022年布局运动执行器，2023年成立“机器人事业部”，加大研发投入，成功研发电驱执行器和旋转执行器并获客户认可。2024年1月，公司与宁波经济技术开发区签署50亿元投资协议建设生产基地，电驱系统已投产交付，标志着向产业化迈进。

图80：线控底盘一站式解决方案



资料来源：公司公众号，国元证券研究所

图81：公司发展历程



资料来源：公司官网，国元证券研究所

线控底盘领域，已形成线控制动、线控转向、线控悬架等X/Y/Z三大系列产品线，为客户提供线控底盘一站式解决方案。底盘技术打破国际垄断，形成了丰富的轻量化底盘产品线，是全球范围内少数能够同时掌握高强度钢和轻合金核心工艺的制造商。在空气悬架领域，突破闭式空气悬架（C-ECAS）核心技术，国内首个自主研发的C-ECAS于2023年11月正式量产下线并定点8个项目，年订单量40万台套。

表18：线控底盘产品线布局

产品管线	产品名称	简介/商业进展
线控制动（X）	智能刹车系统	最新版本采用了全解耦式制动技术。在结构上，IBS2.0高度集成化，优化了制动主缸、电磁阀。IBS2.0重新布置了液压管路，使布局更简化，所需组装的零件更少。
	手感模拟系统（HWA）	采集和处理驾驶员手力、方向盘转角、齿条位置、路面反馈等信号，结合整车车速实现手感模拟。同时实现方向盘静默/收纳和游戏支持等功能。
线控转向（Y）	前轮转向系统（RWA）	采集和处理手感模拟器角度，齿条位置，路面反馈，ADAS控制等信号，结合整车状态，实现前轮转向功能。
	后轮转向系统（RWS）	采集和处理手感模拟器角度、前轮位置等信号，结合整车状态实现后轮转向控制实现低速的后轮反向转向降低转弯半径和高速的同向转向增强车辆稳定性的功能。
线控悬架（Z）	闭式空气悬架系统	全主动悬架系统通过一系列传感器监测多个参数，包括车速、转向角度、车辆加速度、制动力和路面状况，这些信息被送到中央控制单元（ECU），ECU根据这些数据指挥电动执行器调整每个车轮上的悬架刚度和阻尼。
	电机直驱式全主动悬架系统	CDC减震器即连续减震控制系统，通过传感器检测车辆的行驶状态和驾驶员的操作意图，主动调整减震器的阻尼，实现在不同路况和车速下保持车身的稳定性，提高操控性能和驾驶安全性。同时，CDC减震器还能够有效降低车辆的振动和噪音，提高驾驶的舒适性。

资料来源：公司公众号，国元证券研究所

线控制动的核心也是对车辆的速度控制，通过控制施加在车轮上的制动力来控制车轮转速，从而达到控制车速的目的。从传统制动发展至线控制动的过程大致分为四个阶段：

1. 机械液压制动到电子液压助力的演进

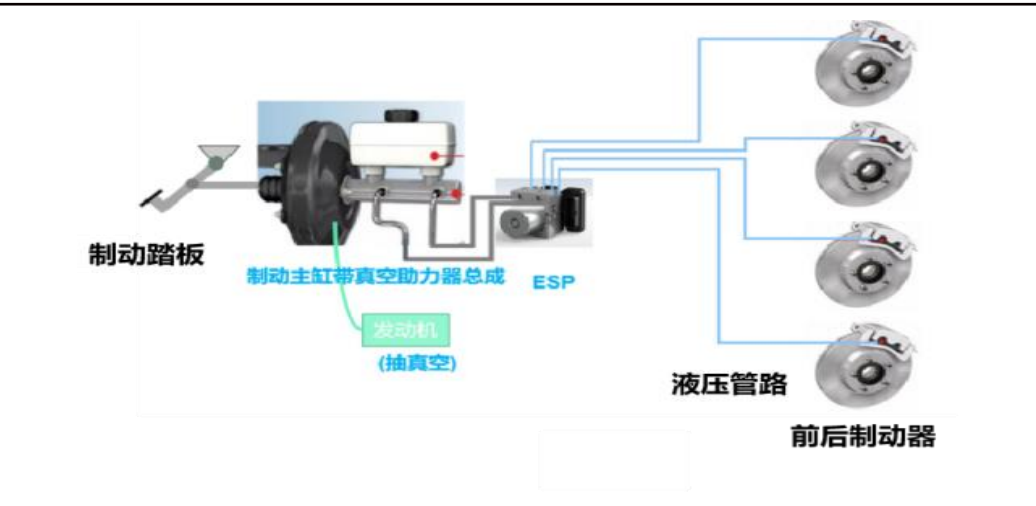
最早的制动系统完全依靠驾驶员通过机械装置直接向制动器施加作用力来产生制动力。然而，随着汽车重量增加，仅靠人力的机械制动已无法满足需求，因此人们引入了助力装置。早期采用的是真空助力方式，系统包括真空助力器和液压制动两部分。驾驶员踩下制动踏板，踏板力通过杠杆放大后传递到真空助力器，再经助力器进一步放大，推动主缸将制动液送入轮缸，产生制动力，最终通过卡钳夹紧制动盘实现车轮制动。随着对制动性能和安全性的要求不断提高，液压制动系统结合电子控制技术，衍生出一系列电子辅助制动系统，如防抱死制动系统（ABS）、牵引力控制系统（TCS）和车辆动态控制系统（VDC）。博世在1995年推出集成ABS、TCS和VDC功能的ESP，并实现量产及应用。此后，其他厂商也推出了类似产品，统称为电子稳定性控制系统（ESC）。至此，汽车制动系统演变为“真空助力+ESP”的方案。

表19：电子稳定性控制系统（ESC）包含的部分功能

名称	功能
ABS 防抱死制动系统	防止紧急制动时制动轮抱死，以取得最佳的制动效果
EBD 电子制动力分配	监测车轮与地面的附着力，最优分配制动力，减少制动距离
TCS 牵引力控制系统	车轮打滑时制动，恢复轮胎的抓地力
VDC 车辆动态控制	控制个别车轮的转速，防止打滑、失控，保持行驶方向
HAC 坡道起步辅助	坡道上起步时防止溜车
HDC 陡坡缓降	下坡时保持车速

资料来源：汽车学堂Automoooc，国元证券研究所

图82：传统燃油车制动系统结构示意图



资料来源：汽车学堂Automoooc，国元证券研究所

2. 电机助力eBooster的突破

传统的机械液压制动系统中，真空助力器的真空源通常来自发动机的进气歧管。然而，在电动汽车或增程式混合动力汽车中，由于没有发动机或发动机不持续工作，传统的真空助力器无法获得稳定的真空源，使用受到限制。此外，新能源汽车需要通过电机进行制动能量回收以提升续航里程，而传统的真空助力器难以满足这一需求，因此出现了两种解决方案：

电子真空助力：第一种方案是采用电子真空泵来保证真空助力器的真空环境。这种方案的优点是维持真空+液压为主体的结构，技术成熟且成本较低；能够采用12V的车载电源，现有的车辆电路系统满足要求。缺点是性能相对较差，噪音大，并且故障率高。同时这种方案依然是机械传动，而非线控系统，不能满足汽车智能驾驶辅助功能如ADAS等的需求。

电机助力：第二种方案是采用电机助力的方式，完全放弃了真空助力，而采用电机+减速器替代了真空泵和真空助力器。最早的电机助力的产品是由博世推出的，命名为iBooster。在博世以后，国内外市场上又涌现出了电动助力器产品，各个厂家对其命名各异，但统称eBooster。iBooster利用传感器感知驾驶者踩下制动踏板的力度和速度，并将信号处理之后传给电控单元，电控单元计算出所需的制动力，并将信号传递至伺服电机，伺服电机输出对应的扭矩，并在机电放大机构的驱动下，推动制动主缸内的制动液，从而形成制动力达到制动效果。

图83：电机助力制动系统能量传递示意图

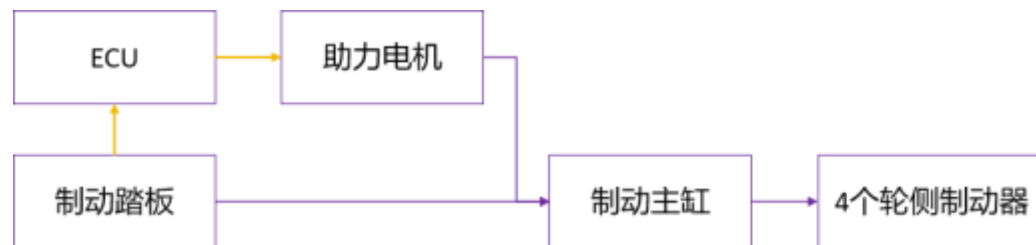


图84：博世第二代iBooster



资料来源：汽车学堂Automoc，国元证券研究所

资料来源：汽车学堂Automoc，国元证券研究所

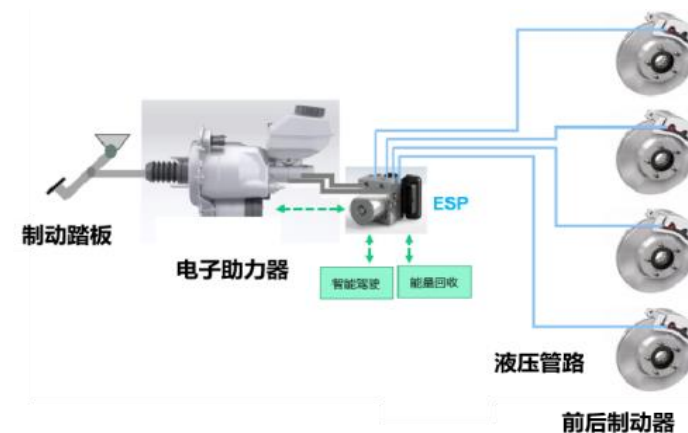
3. 电子液压制动系统（Two-box与One-box）

由于制动执行机构依然是采用的液压传动的方式，这类电机助力制动系统被称为电子液压制动系统EHB（electro hydraulic brake system）。根据助力系统与ESP的集成部不同，EHB又分为Two-box和One-box两种方案。

Two-box方案中，iBooster与ESP是两个独立的模块，协同工作。Two box方案除了实现制动助力和稳定性控制外，iBooster与ESP互为冗余，一旦iBooster失效，ESP系统将接管并提供制动助力；即便是在在两者都失效的情况下，驾驶员仍然可以通过纯液压制动系统制动。L2及以下的智能辅助驾驶系统对制动系统没有冗余需求，对线控制动系统的需要主要是高动态响应特性以及制动能量回收功能，在这种情况下，two box方案的成本与体积都不具优势。

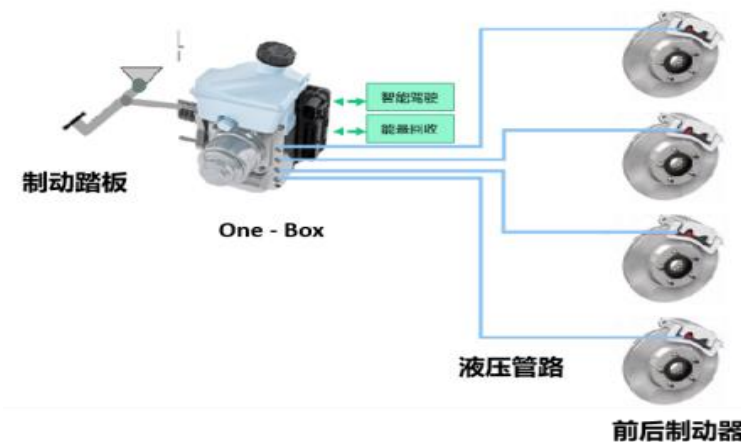
One box方案将iBooster与ESC集成为一体。与Two box方案相比，制动助力都是由电机提供，主要的差异在于one box中制动踏板与助力器完全解耦。以博世的IPB为例，制动系统主要由制动踏板、制动主缸、踏板模拟器，建压部分以及压力调节部分组成。

图85：Two-box系统结构



资料来源：汽车学堂Automoooc，国元证券研究所

图86：One-box系统结构



资料来源：汽车学堂Automoooc，国元证券研究所

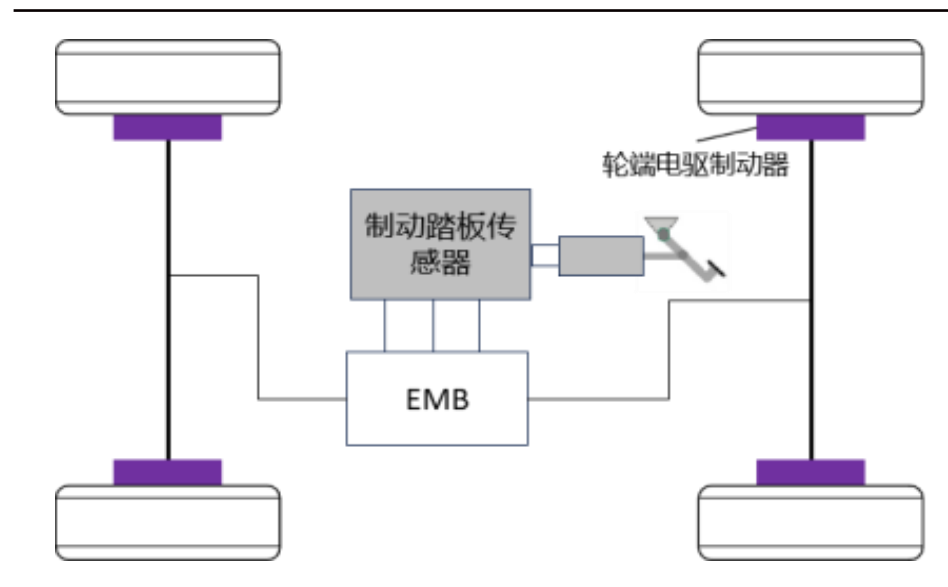
4. 电子机械制动系统EMB（electro-mechanical brake）

EMB与EHB最大的区别在于取消了制动液压系统，EMB的制动力矩完全由四个轮端电机驱动的制动卡钳产生，制动踏板与制动系统之间实现了机械解耦，所有信号通过电信号传递，实现了真正的“线控”制动。相比EHB，EMB取消了液压制动装置，降低了主机厂的装配成本，并支持软硬件解耦。其结构更简单，体积更小，减少了整车的安装布置空间和重量。EMB通过电信号直接控制轮端电驱制动器，将汽车制动响应速度从约150毫秒缩减至80毫秒，大幅提升了行驶安全性。

虽然EMB有很多优势，但高度线控化也对EMB的可靠性提出了更高的要求。制动执行机构采用电机驱动，轮端集成了电机及驱动模块、减速模块、传感器等，车辆运行时车轮的震动、制动时产生的高温、以及雨水灰尘的腐蚀都对相关元器件的性能提出更高要求。轮端制动需要更大的制动力，需要制动电机产生足够的功率，而轮侧空间有限，这就需要电机以较小的体积产生较大的功率，同时需要48V或更高电压来进行驱动。此外，EMB没有机械冗余，当系统线路短路或电源故障，如何满足失效备份的法规要求也是挑战。

由于面临着上述技术和工程上的诸多难题，目前EMB系统尚未成熟，预计最快在2026年实现在高端车型上的小批量量产。

图87：电子机械制动系统(EMB) 结构



资料来源：汽车学堂AutomooC，国元证券研究所

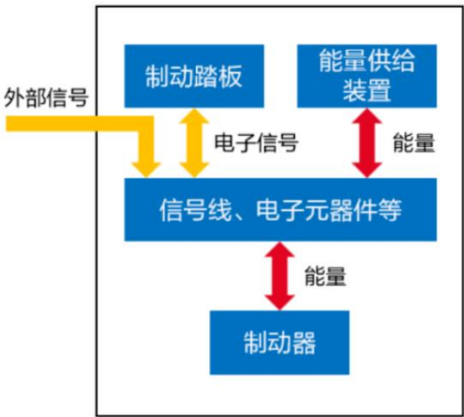
EHB线控制动系统采用液压系统做备份，为半线控制动产品。目前集成化更高、成本更低的EHB One-Box方案为主流。

EHB为半线控制动系统

电子液压制动系统（EHB）构成：EHB由内置踏板位移传感器、踏板感觉模拟器、电机、减速传动机构、制动主缸、壳体和控制器等组件组成，相较于传统的液压制动，EHB利用电子助力器替代了真空助力器。

EHB工作原理：首先油门踏板传感器将驾驶员的实际操作转成电信号，并将其传递给电控单元（ECU）。ECU对接收到的指令进行综合计算。若判定为正常操作，ECU会再次将信号传递给制动执行器，最终实现制动操作。

图88：电子液压制动系统（EHB）



资料来源：汽车电子电器技术漫谈，希迈汽车底盘，国元证券研究所

请务必阅读正文之后的免责条款部分

正常工作时：制动踏板与制动器之间的液压连接断开，备用阀处于关闭状态，电子踏板配有踏板感觉模拟器和电子传感器，ECU通过传感器信号判断驾驶员的制动意图，并通过电机驱动液压泵进行制动

电子系统发生故障时：备用阀打开，EHB系统变成传统的液压系统

由于备用系统中包含复杂的制动液传输管路，EHB系统被视为线控制动系统（BBW）的先期产品

EHB One-Box为目前主流方案

EHB方案分类：EHB系统可以根据集成度高低分为Two-Box和One-Box，相比Two-Box方案，One-Box方案集成ESC，集成度更高，重量轻，成本低，支持多功能泊车 and 自动驾驶的扩展，满足自动驾驶的冗余要求。

表20：One-Box与Two-Box方案对比

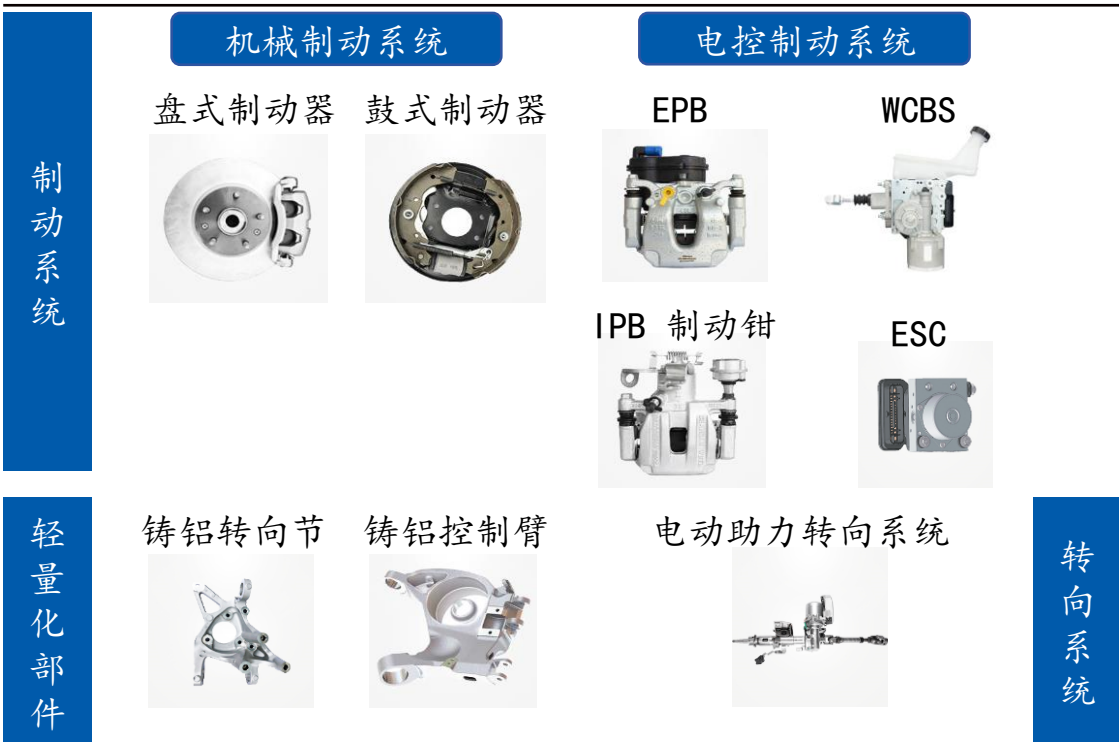
	One-Box	Two-Box
图示		
集成模式	EHB系统内集成了ABS/ESC	EHB与ABS/ESC相互独立
结构	1个ECU控制1个制动单元	2个ECU控制2个制动单元
成本	集成度高，单价1600-1700元	集成度低，单价1900-2000元
踏板状态	踏板解耦	踏板耦合
能量回收	制动回馈：0.3-0.5g减速度	制动回馈：0.3g以下减速度
自动驾驶应用等级	L3及以上，搭配RBU实现制动双重冗余	L2级及以下，搭配ESC实现制动冗余
代表量产厂商	博世、大陆、采埃孚、伯特利、弗迪动力、利氮科技	同驭科技、拿森电子、格陆博、利氮科技

资料来源：希迈汽车底盘，国元证券研究所

线控制动持续攀升，全面打造XYZ三轴汽车底盘控制系统供应商。伯特利成立于2004年，致力于汽车制动系统的研发和生产。成立以来持续聚焦新技术的研发，陆续推出电子驻车制动系统、产品轻量化、线控制动系统、智能驾驶系统等多款产品，并应用于国内外汽车品牌。当前，公司正分步推进新一代线控制动系统（EMB）、线控转向系统和主动悬架的开发工作，业务布局不断完善。

以创新驱动发展，致力于实现汽车制动、转向、悬架，底盘三大系统的全部自研自制。2009年，伯特利电子公司成立，标志着公司在电控制动领域布局的拓展；2012年，电子驻车制动（EPB）实现批量投产，成为全球第二家、中国首家EPB量产企业；2013年实现ESC量产；2018年，发明全球首款双控EPB，并率先实现量产；2019年，发布线控制动系统WCBS，成为中国首家发布ONE-BOX线控制动的企业，并于2021年实现量产。至此，公司从最初的机械制动产品供应商成长为具备整车制动系统开发能力的企业。2022年5月，公司收购万达转向，业务拓展至线控转向，迈向打造智能底盘总体技术目标。2023年，公司新增固定式卡钳、电动助力转向系统（EPS）产线。未来，公司计划不断加大研发投入，加速实现新一代线控制动系统WCBS2.0及EMB的产业化。

图89：伯特利产品矩阵

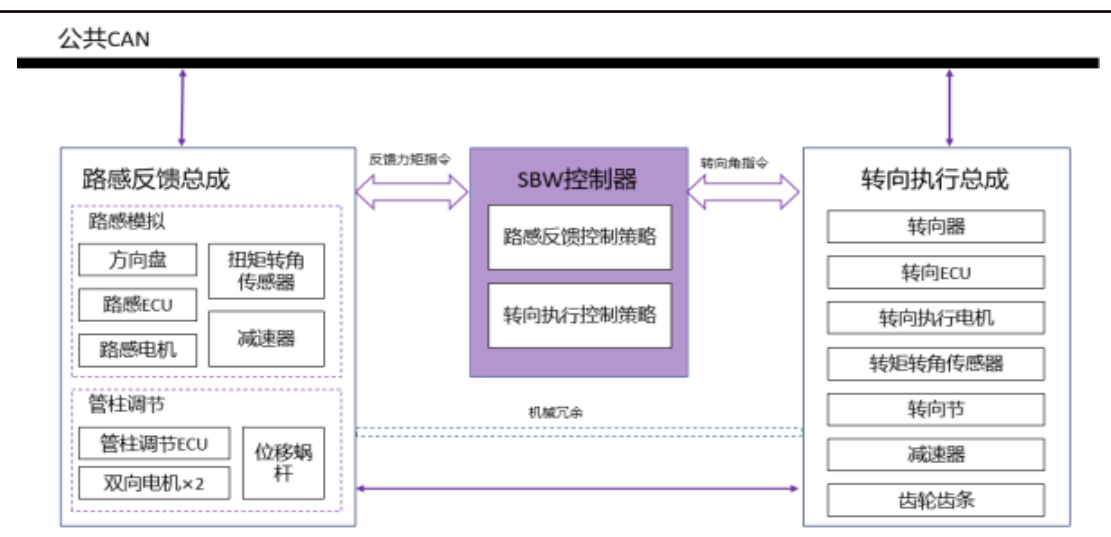


资料来源：公司官网，国元证券研究所

图90：线控转向组成结构

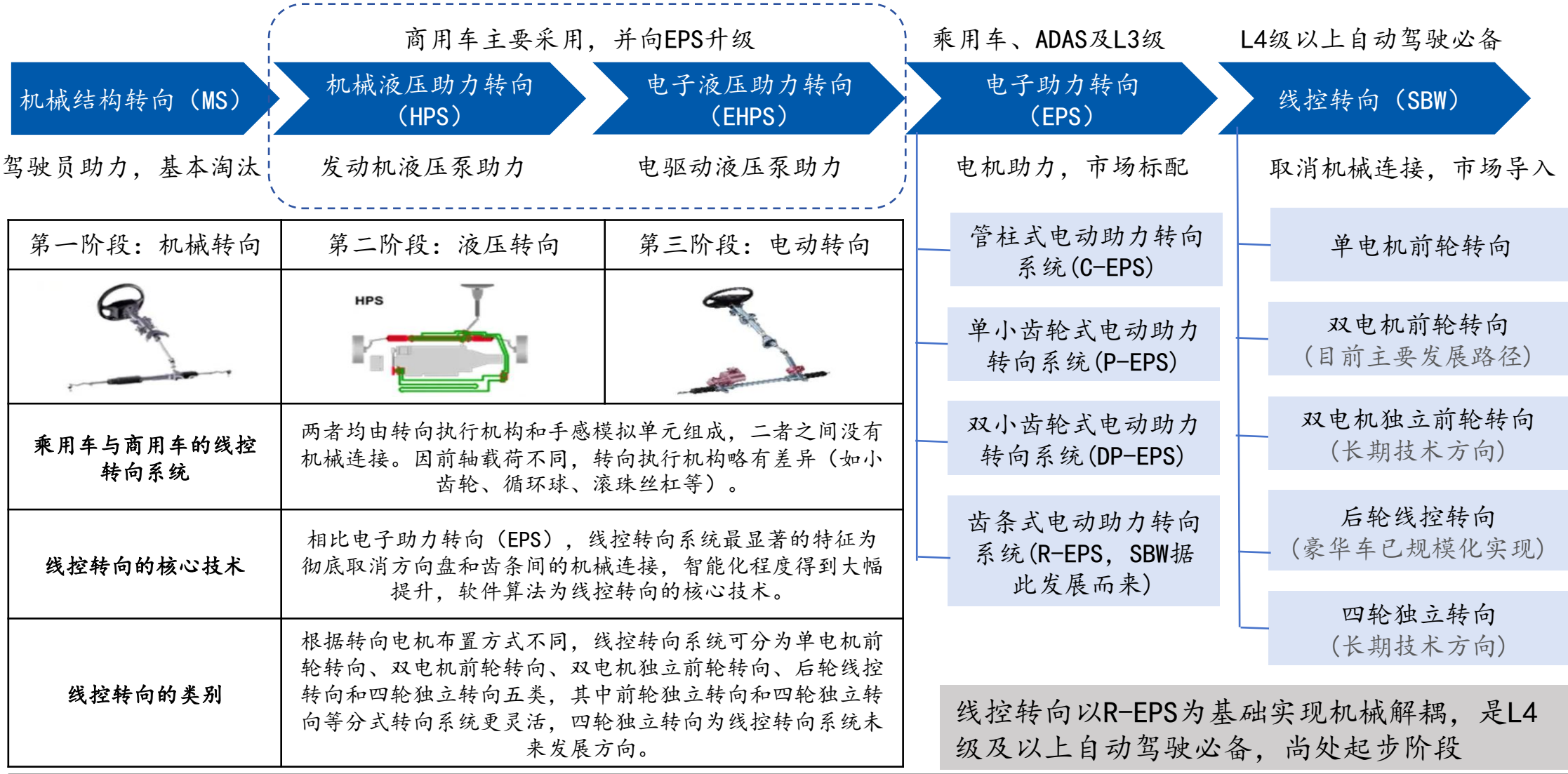
汽车转向系统作为控制车辆横向运动的核心部件，对车辆的操作稳定性和安全性起着决定性作用。与驱动系统和制动系统类似，转向系统也经历了从纯机械转向到机械液压助力转向、电子液压助力转向、电动助力转向，再到线控转向的演变过程。目前，电动助力转向已成为汽车转向系统的主流配置，截至2022年8月，其前装搭载率已高达98.71%；未来，技术路径将向线控转向发展。

线控转向（SBW）系统由路感反馈总成、转向执行总成、控制器及相关传感器组成，其核心在于方向盘与转向执行器之间的机械解耦。转向信号由SBW控制器根据驾驶意图生成，这一意图既可以通过方向盘扭矩和转角传感器获取的驾驶员操作信号来确定，也可以由自动驾驶系统直接发出。相比传统的电动助力转向系统（EPS），线控转向系统在响应速度上更为迅速，能够更精准地执行转向指令，同时为自动驾驶功能提供了更好的拓展性。它通过精确控制车辆方向，提升了紧急转向操作的正确性和安全性，减少了人为操作失误带来的风险。此外，由于取消了机械连接，线控转向系统不仅体积更小，还能释放更多车内空间，为车辆设计提供了更大的灵活性。同时，系统可以根据驾驶模式选择性地调整路感反馈，优化驾驶体验，使驾驶过程更加轻松和舒适。

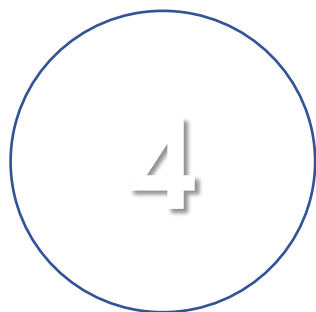


资料来源：汽车学堂Automoooc，国元证券研究所

图91：线控转向技术演进过程



资料来源：中国汽车工程学会标准，汽车技研，盖世汽车社区，国元证券研究所



投资建议

● 车企抢滩DeepSeek，AI行业与智能驾驶共振

在AI技术的驱动下，当下自动驾驶技术已告别硬件堆叠、比拼算力的时代，一场锚定AI融合的高阶智驾、智能座舱新竞赛即将拉开帷幕。2025年2月，比亚迪、吉利、极氪、岚图、东风、零跑、广汽、长城、智己、宝骏等20多家车企及供应商陆续宣布与DeepSeek大模型完成深度融合。在全球大模型竞赛中，以往方法是围绕“数据、算法、算力”三要素中的算力进行突破，通过不断堆高算力水平来实现大模型训练和推理的加速；而以DeepSeek等为代表的大模型的出现打破了这种传统模式，选择从架构和算法创新入手，在有限的算力与训练成本下，显著提升算力利用效率。DeepSeek大模型上车的优势主要有：开源特性，数据合成与增强能力，云端高效训练，以及蒸馏技术提升研发效率、降低算力需求。

● 10万级别智驾落地推动行业进入智驾平权

随比亚迪引领的10万级别智驾落地，视觉感知方案与端到端大模型共同推动行业进入“智驾平权”时期。2024年，城市NOA的价格进一步下探，包括丰田、奇瑞、小鹏等在内的多个品牌推出20万元以内搭载高阶智驾的车型。2025年2月，比亚迪的“天神之眼”以三档技术方案精准切割市场，既保障了高端市场的竞争力，又以相对低成本的视觉感知方案，将高速NOA（领航辅助驾驶）功能推向大众市场。同时，更多的车企也在加入智驾普及赛道。目前，高速NOA标配车型的价位已经进入10万元区间，城区NOA标配车型价格则刚进入20万元区间，但继续下探的速度还在加快。

● 汽车行业加速迈向智能驾驶全面普及时代

- ✓ 从政策端看，国家和地方积极出台多项政策，推动高阶智驾系统的落地。目前国内已有50多个城市相继出台自动驾驶地方性法规，通过地方立法先行先试，支持自动驾驶技术在更大范围、更多场景和更大规模试点应用。
- ✓ 从技术创新层面看，AI大模型技术已应用于自动驾驶领域中的云端模型训练和车端模型部署，在硬件降本、性能表现、算法开源等方面具有领先优势，在提升推理能力的同时，还可降低模型训练和推理成本。
- ✓ 随着端到端大模型持续优化，高阶智驾的技术进步和规模化生产，成本逐步降低将加速其渗透，10-20万元车型将成为高阶智驾渗透的主力市场，2025年NOA高阶智驾市场将迎来商业化拐点。

1. 端到端技术落地的挑战体现在数据、算力、模型的可解释性。头部车企积累的数据+算力资源强化马太效应，而三方智驾供应商的核心竞争优势是对AI的认知理解。目前国内端到端技术路径百花齐放，从感知层面分为激光雷达方案与纯视觉方案；从算法层面主要分为模块化端到端、一体化端到端（云端蒸馏）、一体化端到端+VLM双系统等。其中，双系统并行方案既保留了大模型的高泛化能力与决策的流畅性，同时通过VLM以及适当的强化学习手段来规范端到端模型的下限，进一步提升智能驾驶的适应性和安全性。关注自研端到端核心算法、智驾方案下沉突围，以及深耕算法可解释性的车企与智驾供应商，例如理想、比亚迪、Momenta。

2. 感知层面，主要分为激光雷达方案与纯视觉方案

2-1. 激光雷达方案以鸿蒙智行、比亚迪（20万以上车型）为代表。由于端到端架构决策过程的不可解释性，高等级（L4+）的自动驾驶仍然需要激光雷达提供安全冗余。激光雷达市场正在快速增长，格局集中，头部厂商多有合作的产业投资方。2024年，激光雷达装机量暴涨，离不开以NOA为代表的中高阶智驾需求爆发。目前，支持城市NOA的车型版本（包括选配）普遍配备激光雷达，即便是部分现阶段仅支持高速NOA的车型，由于后期还有拓展城市NOA的规划，多数也都配置了激光雷达。关注速腾聚创、华为技术、禾赛科技及图达通等企业。

2-2. 纯视觉方案以特斯拉、小鹏、比亚迪（7-20万车型）为代表，通过以端到端为首的神经网络算法弥补摄像头三维探测能力的缺失，成本较低，在L3及以下自动驾驶领域内，成长上限非常高。从硬件基础车载摄像头供应商来看，前视摄像头市场竞争激烈且较为多元化，关注舜宇智领、福瑞泰克、韦尔股份、思特威、联创电子、比亚迪半导体等企业。

3. 决策层面，智驾域控市场逐渐走向合作定制化。“软件定义汽车”的造车思路打破了汽车产业旧有的零部件供应体系，车企自研程度加深，与供应商之间的身份定位逐渐转变：（1）Tier1供应商为主机厂提供域控制器生产，这是当下最普遍的合作模式；（2）Tier0.5源于主机厂全栈自研的诉求，通过与主机厂深度绑定，从全流程介入主机厂研发、生产、制造，以及后期的数据管理和运营。这两种模式均体现了域控制器企业与Tier0.5、主机厂的绑定。同时，作为实现高级别自动驾驶的先决条件，电子电气架构形式进一步向中央集中式电气架构演进，域控制器企业与主机厂共同研发中央计算平台。关注凭借“硬件+底层软件+中间件+系统集成”的软硬件全栈技术能力，具备与主机厂合作基础的域控制器企业，例如德赛西威。

4. 智驾域控芯片市场的竞争呈现多极化趋势，供应商在不同细分市场和价格区间展开角逐。随着端到端大模型的部署和应用，智驾功能对车端算力要求更高，加上城市NOA及后续L3功能的搭载，高算力芯片仍为头部主机厂中高端车型首选方案；同时，软硬一体、全栈自研成为行业大趋势。关注软硬结合，具备技术创新和成本控制能力的供应商，例如地平线。

5. 执行层面，高阶智能驾驶落地驱动下，行业放量为国产线控底盘零部件供应商提供崛起机会。

5-1. 包括伯特利、利氮科技、同驭汽车、比博斯特等本土厂商已实现产品的前装规模化量产，本土供应商市占率从2022年的8%提升至2023年的20%（不含主机厂自研部分）左右。技术基奠催化之下，智能底盘市场规模化和本土化格局正在重构，在主流OEM供应链不断收缩、供应格局趋于头部集中、窗口期即将关闭的大背景下，企业的核心竞争力体现在快速获取量产资源并实现迭代的能力。

5-2. 线控制动领域，目前集成化更高、成本更低的EHB One-Box方案为主流。产品成熟度、成熟的量产经验和供应份额的领先优势一定程度上决定了行业的格局。线控转向以R-EPS为基础实现机械解耦，响应灵敏度更好、智驾功能拓展性高，是L4级及以上自动驾驶必备，尚处市场导入期。关注线控底盘一站式解决方案的供应商，例如拓普集团；同时关注线控制动上市企业（伯特利）与新势力企业（拿森科技、同驭汽车）。



风险提示

- **国内外政策波动预期风险。**我们假定国内对电动智能汽车产业政策保持稳定，对自动驾驶、V2X、机器人等新兴产业鼓励趋势不变，海外对汽车出口及直接投资短期相关壁垒温和。若相关政策超预期，则存在行业发展不达预期风险。
- **宏观经济复苏不及预期风险。**汽车产业的短期波动与宏观经济的波动密切相关，我们对行业发展的预期基于宏观经济稳定复苏做出，若宏观经济复苏不及预期在产业发展存在不及预期风险。
- **技术进步及商业模式落地不及预期风险。**技术及商业模式落地的短期趋势发展受多个因素影响，且具有一定的离散特征。若一体化端到端技术与商业模式落地不及预期，虽然长期趋势不变，但对短期的产业及相关企业估值仍将形成冲击。
- **行业竞争格局激化超预期风险。**新能源汽车行业处于技术进步与行业竞争关键期，我们对市场竞争进行了充分预期，但仍有竞争剧烈程度超预期的可能，则将对行业以及二级市场造成冲击。
- **上游原材料价格超预期风险。**报告基于上游原材料价格保持相对稳定得出结论，但不排除价格存在大幅提升的可能性，这些将冲击相关企业的盈利。

投资评级说明

(1) 公司评级定义

买入	股价涨幅优于基准指数 15%以上
增持	股价涨幅相对基准指数介于 5%与 15%之间
持有	股价涨幅相对基准指数介于-5%与 5%之间
卖出	股价涨幅劣于基准指数 5%以上

(2) 行业评级定义

推荐	行业指数表现优于基准指数 10%以上
中性	行业指数表现相对基准指数介于-10%~10%之间
回避	行业指数表现劣于基准指数 10%以上

备注：评级标准为报告发布日后的6个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的相对市场表现，其中A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数或纳斯达克指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证50指数。

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，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本人承诺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操守和专业能力，本报告清晰准确地反映了本人的研究观点并通过合理判断得出结论，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

证券投资咨询业务的说明

根据中国证监会颁发的《经营证券业务许可证》（Z23834000），国元证券股份有限公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询业务是指取得监管部门颁发的相关资格的机构及其咨询人员为证券投资者或客户提供证券投资的相关信息、分析、预测或建议，并直接或间接收取服务费用的活动。证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

法律声明

本报告由国元证券股份有限公司（以下简称“本公司”）在中华人民共和国境内（台湾、香港、澳门地区除外）发布，仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。若国元证券以外的金融机构或任何第三方机构发送本报告，则由该金融机构或第三方机构独自为此发送行为负责。本报告不构成国元证券向发送本报告的金融机构或第三方机构之客户提供的投资建议，国元证券及其员工亦不为上述金融机构或第三方机构之客户因使用本报告或报告载述的内容引起的直接或连带损失承担任何责任。本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的信息、资料、分析工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的投资建议或要约邀请。本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。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。本公司建议客户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。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本报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取投资银行业务服务或其他服务，上述交易与服务可能与本报告中的意见与建议存在不一致的决策。

免责声明

本报告是为特定客户和其他专业人士提供的参考资料。文中所有内容均代表个人观点。本公司力求报告内容的准确可靠，但并不对报告内容及所引用资料的准确性和完整性作出任何承诺和保证。本公司不会承担因使用本报告而产生的法律责任。本报告版权归国元证券所有，未经授权不得复印、转发或向特定读者群以外的人士传阅，如需引用或转载本报告，务必与本公司研究所联系并获得许可。网址：www.gyzq.com.cn

国元证券研究所

合肥	上海	北京
地址：安徽省合肥市梅山路 18 号安徽国际金融中心 A 座国元证券 邮编：230000	地址：上海市浦东新区民生路 1199 号证大五道口广场 16 楼国元证券 邮编：200135	地址：北京市东城区东直门外大街 46 号天恒大厦 A 座 21 层国元证券 邮编：100027