

智能驾驶行业专题

汽车智能化下的投资机遇探析

优于大市

核心观点

汽车智能化奇点时刻将近。当前汽车智能化已经具备技术底层突破（端到端大模型上车）、爆款产品出现（问界 M7/M9 等）、可持续跟踪的数据（渗透率相关数据），海内外共振（海外跟踪特斯拉 FSD V12 版本持续迭代）。我们认为，智能驾驶空间巨大（远期国内近 3000 亿空间），奇点时刻渐近，技术迭代和产品渗透率有望加速。

特斯拉引领国内 L3 车企高阶智能驾驶方案迭代。特斯拉 FSD 算法持续升级（2021 年 BEV+Transformer—2022 年引入 Occupancy Network—2023 年引入端到端融合大模型），引领行业发展。从硬件层面减少雷达配置、到软件层面提供 BEV、Transformer、Occupancy network 等大模型实现视觉方案，均是特斯拉走在行业前列。2023 年后特斯拉推出 FSD V12 的端到端模式，带动行业进入新一轮快速迭代周期。

智能化在汽车产业链带来核心机遇（上游基建、中游车端、下游运营）。1) 上游基建端，各家车企加快布局高算力数据集群训练大模型。2) 中游车端，架构方面，车辆电子电气架构从分布式-域集中式（功能域）-跨域融合-中央架构；硬件方面，与智能驾驶相关的汽车零部件，主要围绕感知（摄像头、雷达等）、决策（域控制器）、执行环节（线控底盘）进行布局，在大模型落地及高阶自动驾驶加速上车的趋势下，越来越多的车企传感器方案重心向视觉倾斜，利好感知层高像素摄像头（500 万+像素）、决策层大算力车载域控制器（1000TOP+）、执行层底盘端线控制动和线控转向等；软件方面，大模型助力，实现硬件成本下降+城区 NOA 落地，目前特斯拉、Momenta（感知+规划端到端及 one-model 端到端两条线）率先实现模型落地，国内华为、小鹏、理想均已发布感知及规划端到端模型（神经网络覆盖）。3) 下游运营端（Robotaxi 等），智能驾驶或将带来汽车出行模式的颠覆性变革，当前国内萝卜快跑、小马智行、如祺出行等均在部分城市实现 Robotaxi 试运营，海外特斯拉将 Robotaxi 作为宏图第三篇章，预计 2024 年有望亮相发布。

投资建议：整车核心推荐比亚迪、小鹏汽车、理想汽车。零部件核心推荐德赛西威（交互及计算底座）、科博达（域控制器平台型企业）、华阳集团（汽车电子）、伯特利（执行层）、保隆科技（执行层）、均胜电子（决策层）、沪光股份（数据传输），建议关注豪恩汽电（感知层）。

风险提示：汽车供应链紧张风险，销量不及预期风险。

重点公司盈利预测及投资评级

公司代码	公司名称	投资评级	昨收盘 (元)	总市值 (百万元)	EPS		PE	
					2023	2024E	2023	2024E
601799	星宇股份	优于大市	123.18	351.90	3.86	5.43	32	23
002920	德赛西威	优于大市	106.55	591.36	2.79	3.87	38	28
603786	科博达	优于大市	56.65	228.81	1.51	2.23	38	25
002906	华阳集团	优于大市	29.75	156.08	0.89	1.23	33	24
603197	保隆科技	优于大市	36.11	76.57	1.79	2.40	20	15
603596	伯特利	优于大市	45.52	276.10	2.06	2.65	22	17
600699	均胜电子	优于大市	15.43	217.36	0.77	0.97	20	16

资料来源：、国信证券经济研究所预测

行业研究 · 行业专题

汽车 · 汽车零部件

优于大市 · 维持

证券分析师：唐旭霞

0755-81981814

tangxx@guosen.com.cn

S0980519080002

证券分析师：杨杉

0755-81982771

yangshan@guosen.com.cn

S0980523110001

联系人：余珊

0755-81982555

yushan1@guosen.com.cn

市场走势



资料来源：、国信证券经济研究所整理

相关研究报告

《汽车智能化月报系列（十五）-小鹏汽车端到端大模型量产上车，小米 SU7 城市智能驾驶即将开通十城》——2024-06-04
 《eVTOL 行业专题：低空经济的先导产业，飞行汽车商业化渐近-20240516》——2024-05-16
 《汽车智能化月报系列（十四）-特斯拉北美 FSD 月度付费降价 50%，小鹏 3 月 XNGP 城区智驾月活用户渗透率达 82%》——2024-04-14
 《汽车智能化月报系列（十三）-小鹏推送无限 XNGP 智能辅助驾驶功能，禾赛科技 2023 年经营现金流转正》——2024-03-18
 《汽车智能化月报系列（十二）-12 月 L2 级及以上渗透率达 41%，小鹏春运智驾总里程同比提升 177%》——2024-02-20

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

内容目录

前言：汽车智能化下的投资机遇探析	7
汽车智能化奇点时刻将近	18
L3 级别是汽车自动化道路的一次跃升，当前处在 L2-L3 进阶期	18
从政策分析智能驾驶的节奏	19
智能驾驶奇点时刻将近	22
以特斯拉技术迭代看行业发展方向	24
技术层面：端到端方案加速模型迭代，构建更类人驾驶体验	24
数据层面：构建数据闭环，可扩展智算中心适配训练量提升	29
用户层面：目前整体渗透率偏低，FSD 入华或将加速	31
智能化在汽车产业链的核心变化（上游基建、中游车端、下游运营）	36
上游基建-算力端：数据需求提升，部分公司布局智算中心	37
车端-架构：分布式-集成式，实现 L3 的技术底层需要电子电气架构变革	39
车端-硬件：感知-决策-执行层，视觉成为感知系统重心，域控算力升级	45
车端-软件：大模型助力硬件降本和城区 NOA 落地，端到端方案加速推进	60
下游运营-商业模式：出行方式变革，Robotaxi 商业化落地在即	66
投资建议	72
风险提示	74

图表目录

图 1: 汽车智能化下的投资机遇探析	9
图 2: 从全球智能手机的出货量（亿部）及渗透率看新能源车和智能车的发展阶段	9
图 3: 每一轮新技术驱动下的景气度行情，离不开四要素	10
图 4: 特斯拉智能驾驶软件发展	10
图 5: HW5.0 在研，特斯拉智能驾驶硬件加速进化	11
图 6: 智能化在汽车产业链的核心变化（上游基建、中游车端、下游运营）	12
图 7: 华为 HI 的内容总结	12
图 8: 汽车电子电气架构演变趋势	13
图 9: 各国 Robotaxi 商业化进展动态	16
图 10: Robotaxi 产业链	16
图 11: 智能汽车渐进式发展	18
图 12: 每一轮新技术驱动下的景气度行情，离不开四要素	23
图 13: 从全球智能手机的出货量（亿部）及渗透率看新能源车和智能车的发展阶段	24
图 14: 特斯拉智能驾驶软件发展	25
图 15: HW5.0 在研，特斯拉智能驾驶硬件加速进化	25
图 16: 自动驾驶通用算法框架	26
图 17: 自动驾驶端到端模型	26
图 18: CVPR 2022 分享的 Occupancy Networks 模型框架	27
图 19: 特斯拉 AI day 披露最终架构规划	28
图 20: 自动驾驶视频生成模型	28
图 21: 多视点视频生成	29
图 22: 特斯拉推进数据的自动标注	30
图 23: 特斯拉自研 AI 芯片 D1	30
图 24: 特斯拉截至 2024 年第一季度算力情况	31
图 25: 特斯拉北美地区分车型 FSD 渗透率（%）	32
图 26: 特斯拉全球分车型销量结构（单位：辆，%）	32
图 27: FSD 接管里程明显提升	34
图 28: 特斯拉全球分区域销量结构（单位：辆，%）	34
图 29: 特斯拉北美区一次性买断价格持续增长（单位：美元）	35
图 30: 智能化在汽车产业链的核心变化（上游基建、中游车端、下游运营）	36
图 31: 从数据流的角度看未来汽车核心要素	37
图 32: 智能计算中心总体架构图	38
图 33: 华为 HI 的内容总结	39
图 34: 汽车电子电气架构演变趋势	40
图 35: 分布式电子电气架构	40
图 36: 博世 DCU 电子架构	40
图 37: 跨域融合、“区域控制器+中央计算机方案”是下阶段发展方向	42

图 38: 大众的 MEB 平台的 E3 架构	43
图 39: 华为 GC 架构	43
图 40: 舱驾一体化 One Box、One Board、One Chip 示意图	43
图 41: 沃尔沃区集中式架构	44
图 42: 丰田 e-TNGA 架构	44
图 43: 2022 年 1 月-2024 年 3 月乘用车前视摄像头渗透率	49
图 44: 2022 年 1 月-2024 年 3 月乘用车前视摄像头分像素上险量占比	49
图 45: 2020-2025E 中国乘用车 ADAS 摄像头搭载量	49
图 46: 2020-2025E 中国乘用车 ADAS 摄像头市场规模	49
图 47: 车载摄像头产业链	50
图 48: 激光雷达相比现有传感器的优势	50
图 49: 激光雷达系统组成	50
图 50: 激光雷达上游主要零部件（按照激光路径）	51
图 51: 激光雷达产业链	51
图 52: 2022 年 1 月-2024 年 3 月乘用车自动驾驶域控制器渗透率	53
图 53: 2022 年 1 月-2024 年 3 月乘用车自动驾驶域控制器分芯片方案上险量占比	53
图 54: 自动驾驶域控制器主流核心玩家优劣势	55
图 55: 2023 年 1-12 月智驾域控供应商装机量排行	56
图 56: 2023 年 1-12 月智驾域控芯片搭载量排行	56
图 57: 国内线控制动市场规模（单位：亿元）	57
图 58: 国内供应商在乘用车线控制动市场份额提升	57
图 59: 线控转向系统示意图	58
图 60: 线控转向规划	58
图 61: 领克 ZERO 全自动空气悬架系统部分功能	59
图 62: ADS 3.0 采用全新架构	64
图 63: ADS 3.0 决策采用全新 PDP 架构	64
图 64: 小鹏 AI 天玑系统	64
图 65: Momenta 端到端模型规划	65
图 66: 理想汽车自动驾驶架构	66
图 67: 各国 Robotaxi 商业化进展动态	67
图 68: 特斯拉 Robotaxi APP	68
图 69: 特斯拉 Robotaxi 毛利	68
图 70: 2026E-2035E 特斯拉出行投入运营车辆	68
图 71: 2027E-2030E 特斯拉移动出行业务收入	68
图 72: Robotaxi 三种常见的商业模式	69
图 73: Robotaxi 产业链	72

表1: 含城区辅助驾驶的自动驾驶市场规模	8
表2: 传统多模块方案与端到端方案的对比	8
表3: 电动、智能增量零部件赛道选择	13
表4: 城区 NOA 进程	14
表5: 自动驾驶端到端模型进展	14
表6: Robotaxi 运营收入和成本测算（根据萝卜快跑公开数据，以武汉市运营情况为例）	15
表7: SAE 无人驾驶自动化程度划分	19
表8: 中国驾驶自动化等级与划分要素的关系	19
表9: 全球分国家智能驾驶相关政策	20
表10: 国内各省市智能驾驶政策	21
表11: 特斯拉 FSD 正式发布后历史价格及功能梳理	32
表12: 特斯拉 V12 版本用户体验明显提升	33
表13: FSD 不同版本用户评分情况	33
表14: 特斯拉 FSD BETA 逐步扩大测试范围	35
表15: 目前汽车行业的智算中心建设情况	38
表16: 域控制器 DCU 有效解决分布式 ECU 架构的技术瓶颈	41
表17: 汽车 L1-L5 升级过程中控制器逐渐集成化	41
表18: 五大类型域控制器产品特点	41
表19: 跨域融合的设计思路	42
表20: 主流车企/Tier1 舱驾一体产品	44
表21: 主流车企电子电气架构特点	45
表22: 智能驾驶硬件价格水平	46
表23: 国内特斯拉和新势力代表性车型智能化配置	46
表24: 电动、智能增量零部件赛道选择	47
表25: 特斯拉和国内新势力等车企摄像头数量增加	48
表26: 全球及国内乘用车激光雷达市场规模	51
表27: 电动、智能增量零部件赛道选择	52
表28: 自动驾驶 SoC 主要生产厂商及配套车企	54
表29: 典型自动驾驶域控制器厂商及其量产情况	55
表30: 部分线控制动厂商及产品情况	57
表31: 部分线控转向供应商布局情况	59
表32: 空气悬架系统及零部件国内供应商	60
表33: 传统多模块方案与端到端方案的对比	60
表34: 城区 NOA 进程	61
表35: 车企感知大模型配置情况	61
表36: 国内新势力加速落地高阶智能驾驶	62
表37: 国内特斯拉和新势力代表性车型智能化配置	63
表38: 自动驾驶端到端模型进展	66
表39: Robotaxi 运营收入和成本测算（根据萝卜快跑公开数据，以武汉市运营情况为例）	69
表40: 主机厂在 Robotaxi 产业链的投资布局	70
表41: 主机出行服务产业布局与 Robotaxi 进展	70

表 42: 国内外车企与自动驾驶公司 Robotaxi 进展	71
表 43: 重点公司盈利预测及估值	73

前言：汽车智能化下的投资机遇探析

汽车或为最早落地的“具身智能”，市场空间大

智能驾驶汽车本质也是具身智能的产品之一（做极致类比相当于一个大型轮式机器人），和服务机器人相比，智能驾驶汽车一定程度替代司机的劳动付出（家庭服务机器人替代保姆），司机的驾驶行为是较为标准化的动作，如果不考虑安全法规要求，单纯从技术实现难度看，智能汽车有望成为较早落地的具身智能产品。

● 智能驾驶是第一步

1) 汽车自动驾驶替代司机（遵循交规，偏标准化-通用人工智能）

需求空间：全球 14 亿保有量汽车，年化近 1 亿汽车销量（2023 年全球汽车销量 9272 万辆），假设驾驶劳动补偿按每车每月 4000 元劳动力计算（不考虑私家车劳动力成本相较运营车的折价），测算理论上年化近 5 万亿潜在劳动力市场空间可以由自动驾驶实现。

供给空间：全球 14 亿保有量汽车，年化近 1 亿汽车销量（2023 年全球汽车销量 9272 万辆），假设自动驾驶软件包买断成本按 2 万计算，在不考虑共享汽车潜在减少汽车年销量的背景下，测算理论上自动驾驶供给端潜在年化空间 2 万亿。

● 共享出行是第二步

完全无人驾驶之后，个人车辆可以在闲置时间段共享出行，让你的爱车出去“挣钱”。特斯拉或将于 2024 年发布无人驾驶出租车（Robotaxi）产品。

需求空间：全球 80 亿人口，全球城市化率接近 60%，城市人口日均出行距离假设 20 公里，其中公共交通占比 50%，测算约 480 亿公里日均乘用车潜在需求里程。

供给空间：全球 14 亿保有量汽车，假设远期保有量降至 10 亿，其中 30%用于共享出行，日均有效供给 300 公里里程，测算约 900 亿公里日均共享出行潜在供给里程。

车主盈利：共享电动车购置成本 20 万，5 年运营周期（每年工作 300 天），日均折旧约 130 元，日均用电成本 50 度*1.5 元=75 元，日均运营收费 300 公里*1 元=300 元，测算理想情况下车主可实现日均盈利 100 元。

● 2025 年国内自动驾驶有望超 500 亿市场空间，远期近 3000 亿空间

可替代的劳动力空间巨大：智能驾驶汽车的劳动力替代空间巨大，假设在驾驶方面的劳动力成本按每月 1000 元计算（保守假设运营车辆司机月薪 4000 元，私家车驾驶时间按运营车辆司机四分之一计算），无人驾驶实现后，测算每车每年劳动力节省成本有望破万元（当前华为 ADS 2.0 包年价格 7200 元），考虑 6-8 年汽车生命周期，每车生命周期劳动力节省成本近 6 万元（当前特斯拉 FSD 北美买断价格 8000 美元），无人驾驶所节省的劳动力成本可以覆盖当前国内外高阶自动驾驶的收费，渗透率提升空间较大。全球 14 亿汽车保有量（不考虑无人驾驶导致保有量下降），我们测算远期无人驾驶 100%渗透之后所节省的全球汽车驾驶员劳动力的潜在市场空间有望过 10 万亿（年化）。

预计 2025 年国内带城区辅助驾驶功能的智能驾驶市场规模约 510 亿元。我们测算 2023 年车主购买带有城区辅助驾驶功能的车预计占我国乘用车市场整体的 0.3%，假设单车买断价 3.6 万元，市场规模约 27 亿元；至 2025 年，广汽、理想、小鹏、比亚迪、问界、小米、蔚来、吉利、特斯拉等车企发力下，国内带有城区

辅助驾驶的自动驾驶渗透率预计到 6%，市场规模约 510 亿元；到远期假设我国 80% 乘用车搭载城区辅助驾驶功能，其中 60% 车主愿意支付 2 万元买断费用，我国乘用车自动驾驶市场规模预计达 2880 亿元。

表1: 含城区辅助驾驶的自动驾驶市场规模

	2023	2024E	2025E	远期
车型	小鹏 G6、G9、P7i、广汽、理想、小鹏、比亚迪、问界、广汽、理想、小鹏、比亚迪、问界、小米、问界 M5	小米、蔚来、吉利等	蔚来、吉利、特斯拉等	绝大部分乘用车企
预计车型销量	15.1	100	300	2400
乘用车总销量（万辆）	2606	2680	2734	3000
带城区辅助驾驶的车型渗透率	0.6%	3.7%	11%	80%
付费率	50%	50%	50%	60%
自动驾驶渗透率	0.3%	1.9%	5.5%	48.0%
智驾价格（元/买断）	36000	36000	34000	20000
市场规模（亿元）	27	180	510	2880

资料来源：搜狐汽车，高工智能汽车，国信证券经济研究所整理

城市 NOA 持续落地，端到端技术方案加速推进。目前，NOA 功能从高速 NOA，卷向城市 NOA，城市无图 NOA 已经成为下一阶段的技术需求。特斯拉引领，国内车企跟随，通过 BEV+Transformer 模型助力，实现硬件成本下降+城区 NOA 落地。目前，端到端方案也在加速推进，特斯拉、momenta（感知+规划端到端及 one-model 端到端两条线）率先实现模型落地，国内华为、小鹏、理想均已实现感知及规划端到端（神经网络覆盖）。端到端自动驾驶是直接从传感器信息输入（如摄像头图像、LiDAR 等）到控制命令输出（如转向、加减速等）映射的一套系统，最早出现在 1988 年的 ALVINN 项目，通过相机和激光测距仪进行输入和一个简单的神经网络生成的转向进行输出。2024 年初，特斯拉 FSD V12.3 版本发布，智驾水平让人惊艳，端到端自动驾驶方案受到国内主机厂和自动驾驶方案企业的广泛关注。与传统的多模块方案相比，端到端自动驾驶方案将感知、预测和规划整合到单一模型中，简化了方案结构，可模拟人类驾驶员直接从视觉输入做出驾驶决策，以数据和算力为主导，能够有效解决模块化方案的长尾场景，提升模型的训练效率和性能上限。

表2: 传统多模块方案与端到端方案的对比

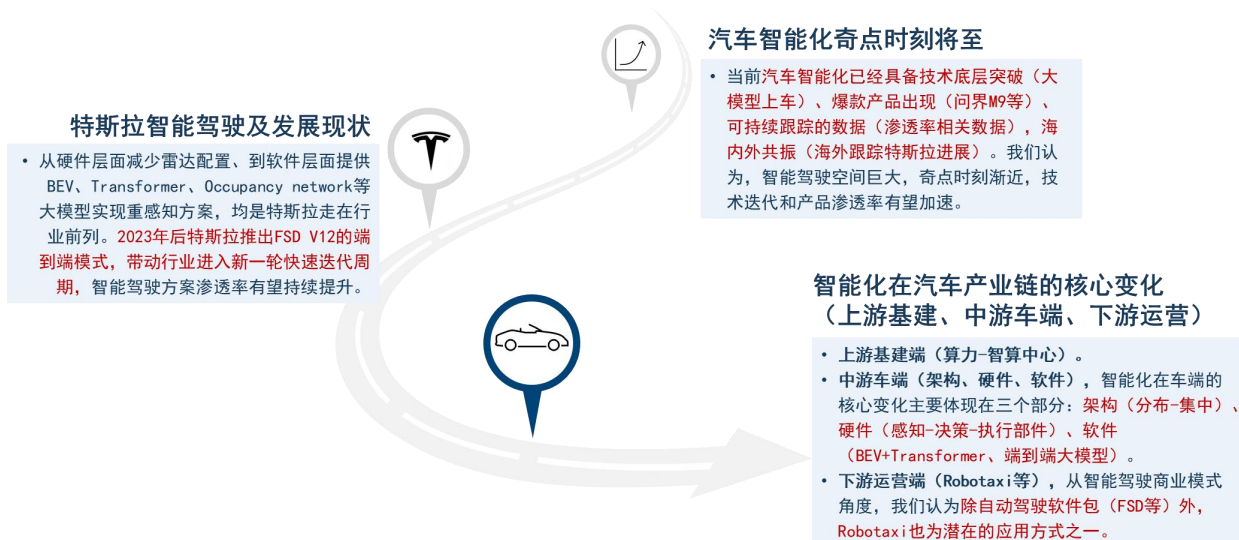
方案类型	模块化自动驾驶	端到端自动驾驶
驱动类型	规则驱动（Rule-based）编写代码制定规则	数据驱动（Data-driven）海量数据去训练系统
任务方式	多任务学习	单任务学习
模型	分为多个模块，每个模块采用独立模型	采用端到端，一体化大模型
泛化性	较差	良好

资料来源：佐思汽车研究，国信证券经济研究所整理

笔者认为，每一轮新技术驱动下的景气度行情，离不开以下四要素：1）技术底层突破；2）爆款产品出现；3）可持续跟踪的数据；4）海内外行情共振。当前汽车智能化已经具备技术底层突破（端到端大模型上车）、爆款产品出现（问界 M7/M9 等）、可持续跟踪的数据（渗透率相关数据），海内外共振（海外跟踪特斯拉 FSD V12 版本持续迭代），目前高阶智能驾驶渗透率较低（5%以内），供给端不断推陈出新，智能驾驶奇点时刻渐近。

复盘特斯拉智能驾驶发展之路，从硬件层面减少雷达配置、到软件层面提供 BEV、Transformer、Occupancy network 等大模型实现重感知方案，均是特斯拉走在行业前列。2023 年后特斯拉推出 FSD V12 的端到端模式，带动行业进入新一轮快速迭代周期，智能驾驶方案渗透率有望持续提升。

图1：汽车智能化下的投资机遇探析

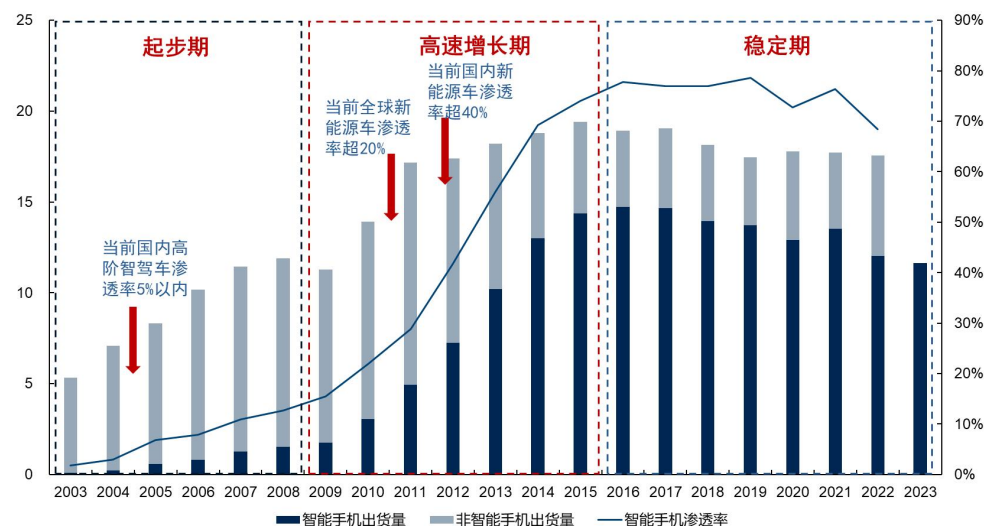


资料来源：汽车之家，国信证券经济研究所整理

1、汽车智能化奇点时刻将至

L3 级别是汽车自动化道路的一次跃升，相较于 L0-L2 级别的人类主导驾驶、车辆只做辅助的模式，L3 开始，车辆自动驾驶系统在条件许可下可以完成所有驾驶操作（作用不亚于驾驶员）。从技术实现难度看，家庭服务机器人替代保姆（任务非线性，偏非标-实现难度更大），汽车自动驾驶替代司机（遵循交规，偏标准化-通用人工智能），智能汽车有望成为较早落地的具身智能产品，测算 2025 年国内自动驾驶有望超 500 亿市场空间，远期近 3000 亿空间。

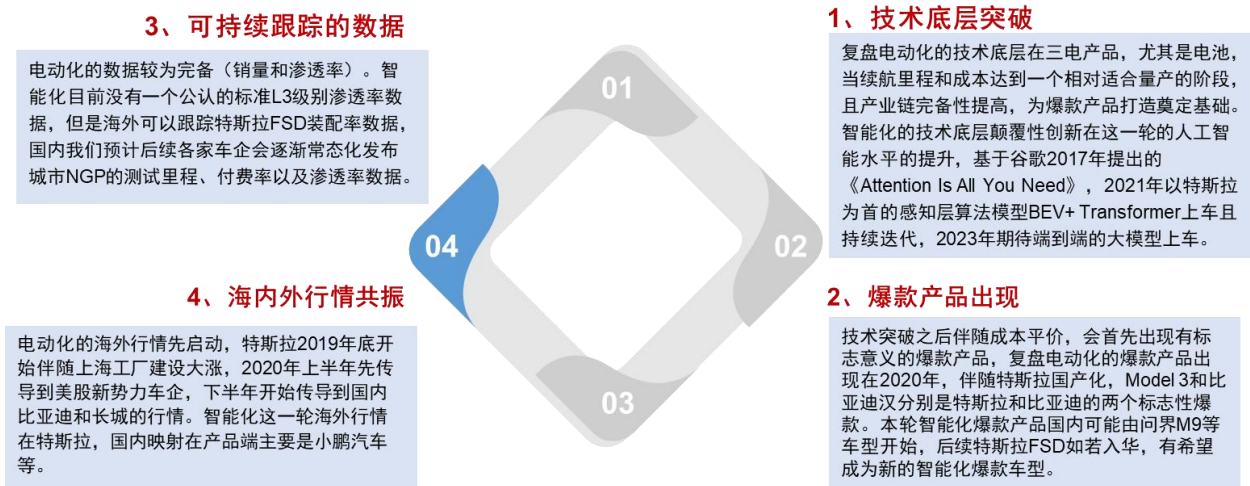
图2：从全球智能手机的出货量（亿部）及渗透率看新能源车和智能车的发展阶段



资料来源：wind, IDC, Gartner, 国信证券经济研究所整理

当前汽车智能化已经具备技术底层突破（端到端大模型上车）、爆款产品出现（问界 M7/M9 等）、可持续跟踪的数据（渗透率相关数据），海内外共振（海外跟踪特斯拉 FSD V12 版本持续迭代）。我们认为，智能驾驶空间巨大，奇点时刻渐近，技术迭代和产品渗透率有望加速。

图3：每一轮新技术驱动下的景气度行情，离不开四要素

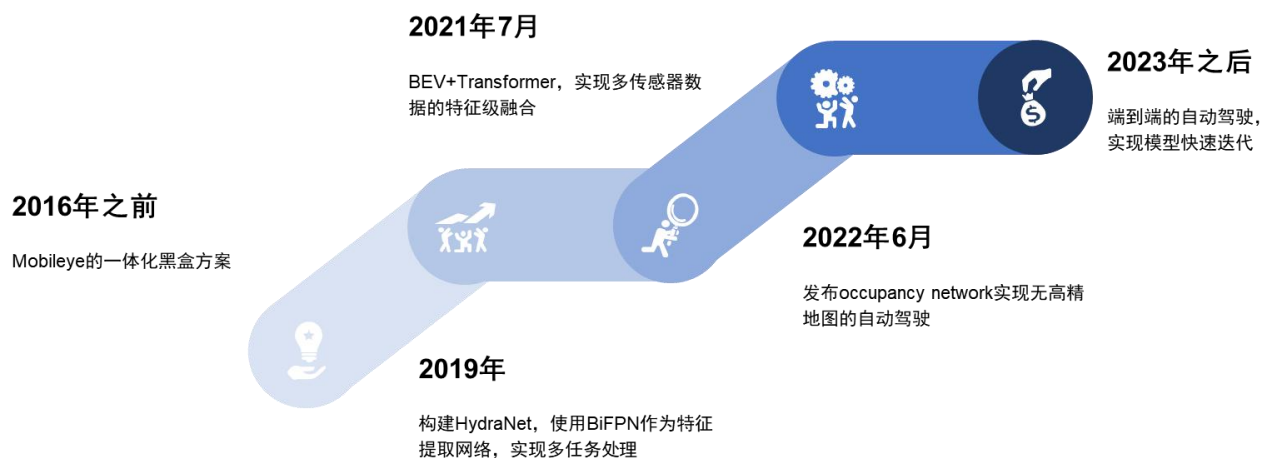


资料来源：汽车之家，国信证券经济研究所整理

2、特斯拉智能驾驶发展现状

特斯拉 FSD 算法持续升级（2021 年 BEV+Transformer—2022 年引入 Occupancy Network—2023 年引入端到端融合大模型），引领行业发展。智能驾驶方案存在较高技术壁垒，从硬件层面减少雷达配置、到软件层面提供 BEV、Transformer、Occupancy network 等大模型实现重感知方案，均是特斯拉走在行业前列。2023 年后特斯拉推出 FSD V12 的端到端模式，带动行业进入新一轮快速迭代周期，智能驾驶方案渗透率有望持续提升。

图4：特斯拉智能驾驶软件发展



资料来源：wind、路咖汽车、百家号、懂车帝、汽车之家、技术邻，国信证券经济研究所整理

图5: HW5.0 在研, 特斯拉智能驾驶硬件加速进化

硬件进阶	Hardware 1.0 14年10月-16年10月		Hardware 2.0 16年10月-17年8月		Hardware 2.5 17年8月-19年4月		Hardware 3.0 19年4月-23年			Hardware 4.0 2023-2024年		Hardware 5.0 (AI5) 2025年		
传感器:	1*前置摄像头+1*毫米波雷达+12*中程超声波雷达		3*前置摄像头+2*侧相机+2*侧后置摄像头+1*毫米波雷达+12*远程超声波雷达		21年5月起, 北美Model 3&Y移除毫米波雷达; 22年起S&X移除。 22年10月起, 北美、欧洲、中东、台湾和韩国Model 3&Y移除超声波雷达; 23年起S&X移除。					2*前置相机 (升级至5MP) +2*侧相机+2*侧后置相机 配备4D毫米波雷达接口				
芯片:	Mobileye EyeQ3 极小		NIVID Drive PX2 8TOPS		增加NIVID Tegra Parker 增加1TOPS		自研FSD芯片*2 72TOPS*2			自研二代FSD芯片*2 算力为上一代的5倍 或为300~500TOPS		-		
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
技术迭代:			2D detector 追赶行业进度		多任务学习神经网络架构 HydraNet		引入BEV+Transformer 引领行业发展		升级占用网络 引领行业发展		升级端到端大模型 引领行业发展		HW3.0和HW4.0分开训练 (24年截至6月, HW4.0模拟3.0版本运行)	
实现效果:			算法自研		一个神经网络同时 完成多任务, 如车道线&信号灯检测		多角度图像融合统一 成鸟瞰图视角		2D鸟瞰图升级3D, 从识别转向空间占用, 感知规划融合		感知、决策、 控制融合			
软件进阶	Mobileye 黑盒方案 14年10月-16年10月		Software 1.0 16年10月-18年		Autopilot 4.0 18年-19年		Software 2.0 19年-21年		FSD V10/V11 21年-22年		FSD V12 23年12月		FSD V13等等 即将推出	

资料来源: wind、路咖汽车、百家号、懂车帝、汽车之家、技术邻, 国信证券经济研究所整理

3、智能化在汽车产业链的核心变化（上游基建、中游车端、下游运营）

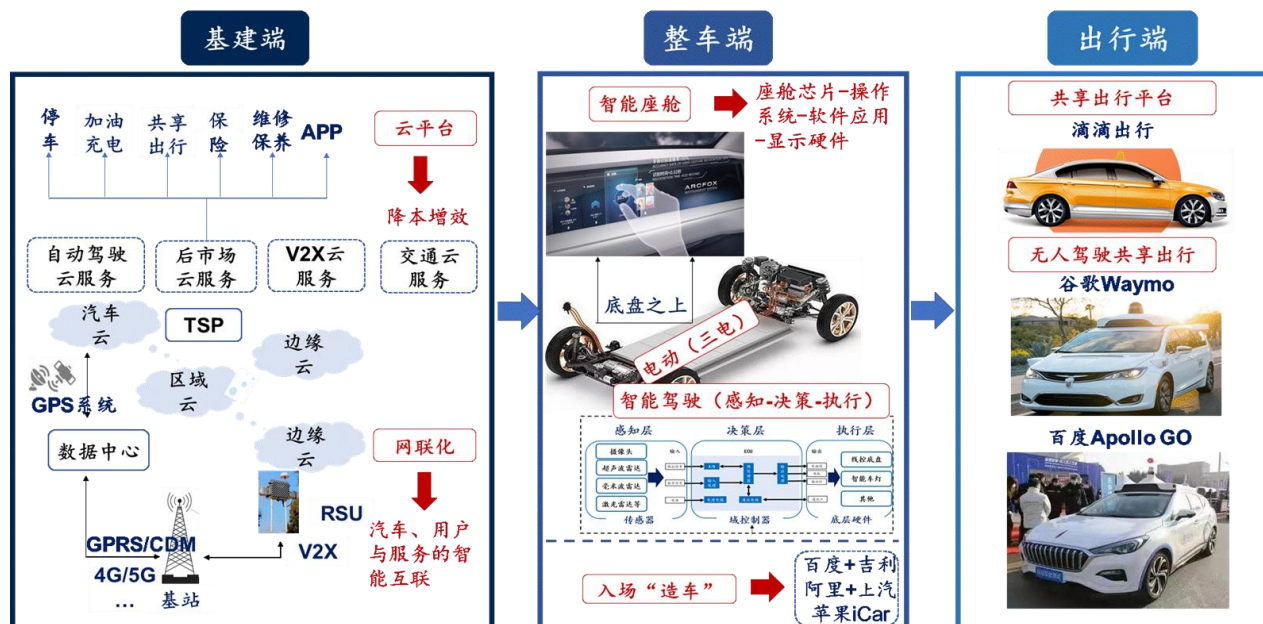
智能化在汽车产业链的核心变化主要体现在三个部分：上游基建（算力-智算中心）、中游车端（架构、硬件、软件）、下游运营（Robotaxi 等）。

1) 上游基建端（算力-智算中心），随智能驾驶等级提升，数据计算量增大，算力要求提高，为匹配数据量增长并做好后续大规模数据训练准备，部分公司开始布局智算中心。

2) 中游车端（架构、硬件、软件），智能化在车端的核心变化主要体现在三个部分：架构（分布-集中）、硬件（感知-决策-执行部件）、软件（BEV+Transformer、端到端大模型）。架构方面，智能驾驶时代，车辆电子电气架构从分布式-域集中式（功能域）-跨域融合-中央架构。硬件方面，我们认为在大模型落地及高阶自动驾驶加速上车的趋势下，越来越多的车企传感器方案重心会向视觉倾斜，会有更多的 800 万像素摄像头上车；同时 1000+TOPS 的大算力域控制器数量增多，底盘端线控制动和线控转向渗透率也将提升。与智能驾驶相关的汽车零部件，主要围绕感知（摄像头、雷达等）、决策（域控制器）、执行环节（线控底盘）进行布局。软件方面，大模型助力，实现硬件成本下降+城区 NOA 落地，目前特斯拉、momenta（感知+规划端到端及 one-model 端到端两条线）率先实现模型落地，国内华为、小鹏、理想均已实现感知及规划端到端（神经网络覆盖），小米、大疆等玩家暂时停留在感知端到端阶段。

3) 下游运营端（Robotaxi 等），从智能驾驶商业模式角度，我们认为除自动驾驶软件包（FSD 等）外，Robotaxi 也为潜在的应用方式之一，新势力（特斯拉、小鹏等）依靠其先进的自动驾驶技术迅速获得政策批准开始积累路测里程，并有望在 2025 年之前开始商业化探索。

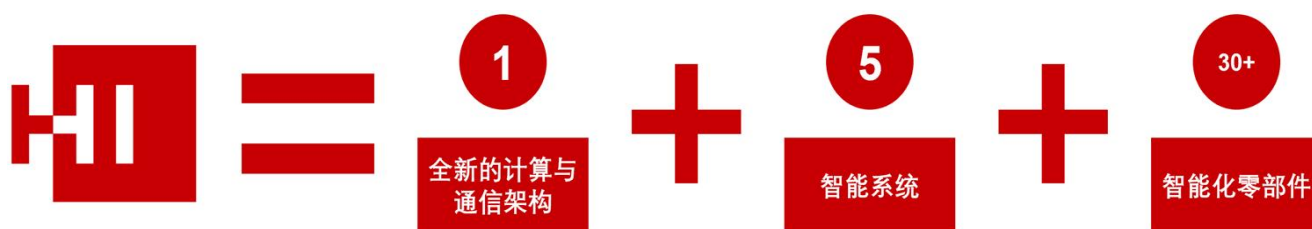
图6: 智能化在汽车产业链的核心变化（上游基建、中游车端、下游运营）



资料来源：汽车之家，国信证券经济研究所整理

参考华为智能汽车解决方案品牌 HI 对于智能汽车核心理念，HI 包含了 1 个全新的计算与通信架构和 5 大智能系统，以及激光雷达、AR-HUD 等 30 余款智能化部件，提供了 3 大计算平台和 3 大操作系统，既代表技术创新，也代表商业模式的创新。因此，我们认为，智能化在车端的核心变化主要体现在以下三个部分：1) 架构（分布-集中）；2) 硬件（感知-决策-执行部件）；3) 软件（BEV+Transformer、端到端大模型）。

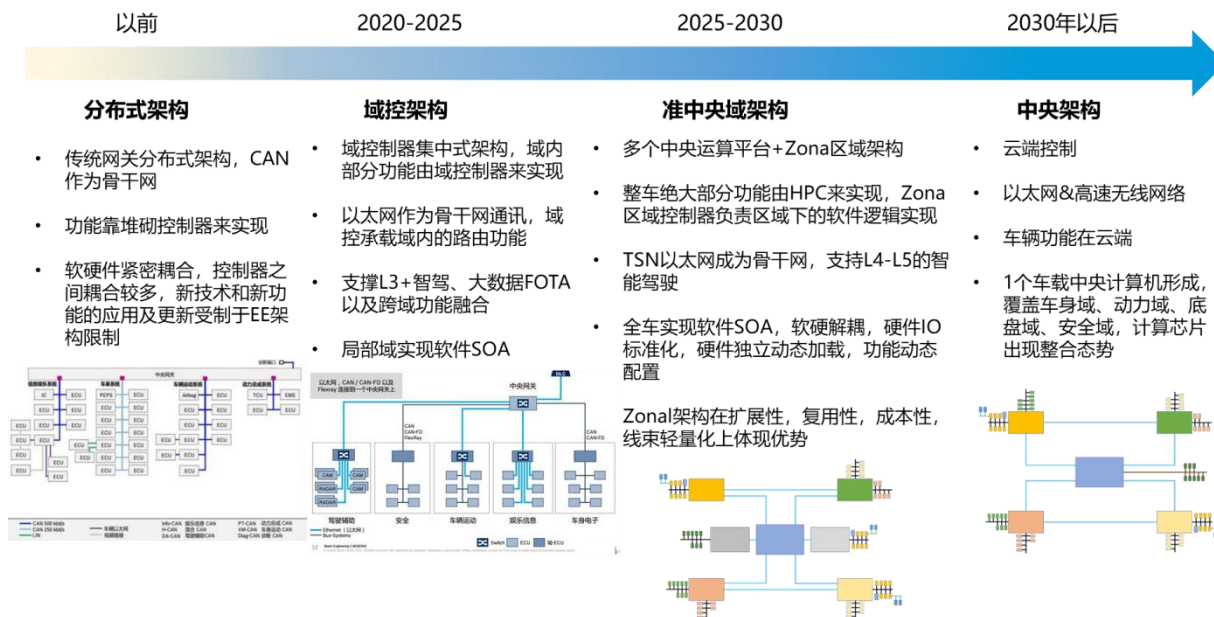
图7: 华为 HI 的内容总结



资料来源：华为智能汽车解决方案，国信证券经济研究所整理

1) 车端-架构，智能驾驶时代，车辆电子电气架构从分布式-域集中式（功能域）-跨域融合-中央架构。

图8: 汽车电子电气架构演变趋势



资料来源: 佐思汽车研究, 博世, 国信证券经济研究所整理

2) 车端-硬件, 我们认为在大模型落地及高阶自动驾驶加速上车的趋势下, 越来越多的车企传感器方案重心会向视觉倾斜, 会有更多的 800 万像素摄像头上车; 同时 1000+TOPS 的大算力域控制器数量增多, 底盘端线控制动和线控转向渗透率也将提升。与智能驾驶相关的汽车零部件, 主要围绕感知(摄像头、雷达等)、决策(域控制器)、执行环节(线控底盘)进行布局。

表3: 电动、智能增量零部件赛道选择

	当前渗透率	单车价值量 (元)	起配节点	上市公司
车载摄像头	57%	3000	2020 年之前	舜宇光学、联创电子、德赛西威、豪恩汽电等
激光雷达	4%	6000-10000+	2022 年	速腾聚创、禾赛科技、炬光科技、长光华芯、永新光学、腾景科技、天孚通信等
自动驾驶域控制器	13%	5000-10000+	2021 年	德赛西威、科博达、均胜电子、华阳集团、经纬恒瑞等
HUD (抬头显示)	7%	1000-4000	2021 年	华阳集团
HUD 前挡玻璃	7%	400-600	2021 年	福耀玻璃
全景天幕 (不含调光)	5%	1000-2000	2021 年	福耀玻璃
调光天幕	0%	3000	2022 年	福耀玻璃
ADB 车灯	7%	4000	2022 年	星宇股份
DLP 车灯	<1%	10000	2023 年	星宇股份
氛围灯	<5%	1000	2021 年	科博达、星宇股份
车载声学 (功放)	<20%	1000	2021 年之前	上声电子、华阳集团
线控制动	38%	2000	2022 年	伯特利、亚太股份、拓普集团等
线控转向	0%	3000	研发阶段	耐世特
空气悬架	3%	10000	2023 年	中鼎股份、保隆科技、天润工业、拓普集团
多合一电驱动	<30%	20000+	2021 年之前	巨一科技、英搏尔、精进电动、汇川技术、大洋电机、正海磁材
多合一小三电	<30%	2000	2021 年之前	欣锐科技、麦格米特等
新能源热管理	<30%	5000-8000	2021 年之前	三花智控、银轮股份、拓普集团等
一体化压铸	<5%	>10000	2022 年	文灿股份、广东鸿图、爱柯迪、旭升股份、泉峰汽车、立中集团、永茂泰、力劲科技、合力科技等
高压、高速线束及连接器	<30%	3000+	2021 年之前	沪光股份、瑞可达、永贵电器、电连技术、中航光电等
汽车座椅 (存量部件)	100%	4000-7000	2021 年起国产化加速	继峰股份、天成自控、上海沿浦
安全气囊 (存量部件)	100%	1000+	2021 年起国产化加速	松原股份、均胜电子

资料来源：，高工智能汽车，盖世汽车，国信证券经济研究所整理

3) **车端-软件，大模型助力，实现硬件成本下降+城区 NOA 落地。**BEV 等大模型落地实现了摄像头的 2D 数据的深度测试，同时减少了高精地图依赖；在中国存在很多城区快速建设、道路频繁变化的城市，受限於高精地图的高成本（头豹研究院指出高精地图辅助自动驾驶的服务费预估每辆车为 700-800 元/年，是普通导航电子地图的 20-35 倍），城区 NOA 上车缓慢。特斯拉及华为等自动驾驶公司给出的 occupancy network/GOD 网络等方案实现无高精地图的辅助驾驶，城区 NOA 落地加速。

表4: 城区 NOA 进程

公司名称	城区 NOA 进程	传感器变动情况
特斯拉	2020 年 10 月，FSD BETA 支持城区 NOA（非中国区）；2022 年 11 月，FSD BETA V11 发布，高速公路启用 FSD Beta，改进占用网络在雨水反射等路况表现等；2023 年 11 月，FSD V12 发布，感知、规划几个模型融合成端到端大模型，自动驾驶系统迭代加速。	16-21 年使用 3 个前置摄像头+2 个侧面相机+2 个侧面后置摄像头+1 个前置毫米波雷达+12 个远程超声波雷达，21 年后逐步取消雷达装置。
小鹏	2022 年 9 月上线城市 NGP；2024 年 5 月 20 日，国内首个量产上车的端到端大模型，小鹏 XNGP 出口荷兰、瑞典、丹麦和挪威上市的 G9 减少城区智驾已完成 100%无图化；截至 2024 年 7 月 2 日，XNGP 城区智驾累计覆盖 356 城。	雷达
理想	2023 年 6 月北京、上海开放城市 NOA 内测；2023 年 12 月，AD2.0 全面升级至 AD3.0，全景智能驾驶（NOA）全国都能开，实现全国高速及城市环线全覆盖，全国 110 城的城市道路陆续开放；2024 年 7 月，理想汽车 OTA 6.0 智能驾驶即将迎来升级无图 NOA。	最新申报 L9 Pro 取消雷达
问界	2023 年 7 月开放上海、广州、深圳、重庆、杭州 5 城的成熟 NCA；2024 年 3 月，问界 M5、新 M7 智驾版 OTA 重磅升级，实现全国都能开、越开越好开的城区智能领航辅助（City NCA）。	华为 ADS 1.0 使用 3 颗激光雷达、3 颗毫米波雷达、11 个摄像头组以及 12 颗超声波雷达；华为 ADS 2.0 减少 2 颗激光雷达
蔚来	2023 年 9 月，蔚来正式宣布增强领航辅助 NOP+ 将从高速进入城区	乐道 L60 采用纯视觉的智能驾驶辅助方案
长城	2024 年 4 月，在 2024 年北京国际汽车展览上，长城旗下魏牌蓝山智驾版车型对外亮相，支持无图城市 NOA 智能驾驶功能，5 月开启试驾体验。	搭载了 1 个激光雷达、3 个毫米波雷达、11 个高清摄像头、12 个超声波雷达
比亚迪	2024 年 1 月，腾势 N7 将迎 OTA 重大更新：包括了 46 城市 NOA、遥控泊车、自动泊车等智能驾驶方面的升级；7 月，腾势 N7 开启新一轮 OTA 升级，包括新增全国无图高快领航、代客泊车、哨兵模式、红灯倒计时功能等，以及包括优化城市领航功能、车道领航功能等。	12 个超声波雷达、5 个毫米波雷达、13 个摄像头、2 个激光雷达。

资料来源：高工智能汽车，公司官网，易车，搜狐汽车，太平洋汽车网，国信证券经济研究所整理

若我们定义 one-model 端到端为自动驾驶模型最终形态，目前特斯拉、momenta（感知+规划端到端及 one-model 端到端两条线）率先实现模型落地，国内华为、小鹏、理想均已实现感知及规划端到端（神经网络覆盖），小米、大疆等玩家暂时停留在感知端到端阶段。

表5: 自动驾驶端到端模型进展

	感知端到端	规划端到端	one-model 端到端	上车情况
特斯拉			√	特斯拉 model 3 等
小鹏	√	√	×	小鹏 X9 等
华为	√	√	×	鸿蒙智行模式的问界、智界等
理想	√	√	×	理想 L9 等
小米	√	×	×	小米 SU 7
蔚来			×	-
大疆	√	×	×	汽大众途观 L Pro 等，今年超 20 款车上市
momenta	√	√	√	广汽丰田等

资料来源：公司官网、36 氪，国信证券经济研究所整理

运营端，从智能驾驶商业模式角度，我们认为除自动驾驶软件包（FSD 等）外，Robotaxi 也为潜在的应用方式之一。

我们对 Robotaxi 运营收入和成本进行测算，假如 Robotaxi：1) 20 万单车成本，2) 1 个安全员能负责 2-3 台 Robotaxi 车，3) Robotaxi 每台每天 20 单，4) Robotaxi 运营单价是网约车 8 折的前提，不考虑前期百度投入的算法研发和车辆保险成本，测算发现 Robotaxi 可以实现盈亏平衡，测算过程如下：

1) **收入端**：假设有 1000 台 Robotaxi 车，每车每天 20 单，平均客单价 16 元，单月 Robotaxi 收入 960 万元。

2) **成本端**：安全员 400 人，假设人均月薪 7000 元，月人员成本 280 万元，一天充电一次 40-50 度电（单日成本 50 元），月充电成本 1500 元*1000 台=150 万，单车价格 20 万（5 年折旧假设），月折旧成本 3333 元*1000 台=333 万，单月成本 763 万元。

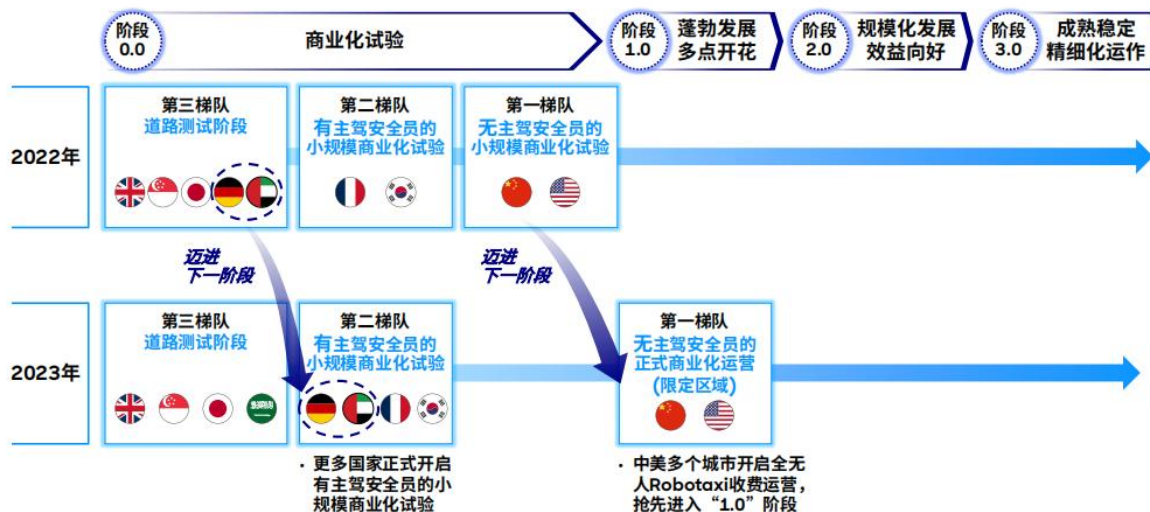
表6: Robotaxi 运营收入和成本测算（根据萝卜快跑公开数据，以武汉市运营情况为例）

Robotaxi 运营收入和成本测算		备注
收入端：		
假设运营 Robotaxi 车辆数（台）	1000	
假设每台 Robotaxi 每天接单数（单）	20	
每台 Robotaxi 平均客单价（元）	16	假设 Robotaxi 每公里单价是网约车的 8 折
Robotaxi 每天运营收入（万元）	32	
Robotaxi 每月运营收入（万元）	960	
成本端：		
假设安全员人数（人）	400	此处安全员含后台管理、监控、地勤等维护 1000 辆车所需要的所有人员
假设安全员人均月薪（元）	7000	
假设每台 Robotaxi 每天充电度数（度）	40-50	
每台 Robotaxi 每天充电成本（元）	50	
Robotaxi 每月安全员成本（万元）	280	
Robotaxi 每月充电成本（万元）	150	
假设 Robotaxi 单车价格（万元）	20	
假设 Robotaxi 单车折旧年限（年）	5	
Robotaxi 单车月折旧成本（元）	3333	
Robotaxi 月折旧成本（万元）	333	
Robotaxi 每月运营成本（万元）	763	

资料来源：Apollo 官微，国信证券经济研究所整理

目前，全球不同国家 Robotaxi 商业化发展主要分为三个梯队，中国 Robotaxi 市场处于全球领先地位。在第一梯队中，领先国家已成功进行无主驾安全员的商业化小规模应用，并已准备开始商业化发展，向 Robotaxi 商业化的第一阶段迈进。例如，美国以 Waymo 为首，已成功进行 Robotaxi 无驾驶员的商业化运营，中国萝卜快跑在武汉投入 Robotaxi（自动驾驶出租车）。在第二梯队中，各国已成功进行有主驾安全员的面向公众的 Robotaxi 商业化试运营。例如，韩国推出面向大众的配备主驾安全员的 Robotaxi 收费运营服务。在第三梯队中，各国仍处于 Robotaxi 测试阶段，并在努力追赶领先玩家。总体来看，中国 Robotaxi 市场已处于全球领先地位。

图9: 各国 Robotaxi 商业化进展动态



资料来源：罗兰贝格，国信证券经济研究所整理

从产业链看，自动驾驶出租车 Robotaxi 产业链包含：1）提供高精地图与定位、传感器、芯片、AI 训练、智慧道路支持的供应商；2）供给侧的自动驾驶公司、主机厂、出行服务商；3）需求侧的乘客；4）监管侧的地方政府。

图10: Robotaxi 产业链



国信汽车团队自 2018 年起重点研究汽车智能驾驶赛道，发布了多篇行业前瞻深度报告，本篇报告为《前瞻研究系列二十二：汽车行业中期投资策略之一—汽车智能化下的投资机遇探析》，主要就智能驾驶行业现状、特斯拉智能驾驶进展、智能化在车端的核心变化（架构、硬件、软件）、智能化的新商业模式（Robotaxi）进行系统梳理，以期为读者了解智能驾驶提供参考。

国信汽车团队往期汽车智能驾驶相关报告见下：

《汽车前瞻研究系列（一）：共享汽车，非成熟条件下的模式探讨》-20181226

《汽车前瞻研究系列（二）：ADAS+车联网，无人驾驶之路》-20190510

《汽车前瞻研究系列（七）：域控制器，承启汽车 L3 时代》-20200406

《汽车前瞻研究系列十：汽车软件—在隐秘角落重塑价值》-20200816

《汽车前瞻研究系列十一：基于商业模式变革视角探讨特斯拉业务和估值》
-20210111

《汽车前瞻研究-科技造车系列深度一（国内篇）：科技巨头入局，激活造车新动能》
-20210406

《汽车前瞻研究系列（十六）：激光雷达的市场空间、技术路线及产业链拆解》
-20220127

《智能驾驶行业专题 - 算法篇：AI 赋能背景下看汽车智能驾驶算法的迭代》
-20230807

汽车智能化奇点时刻将近

核心：L3 级别是汽车自动化道路的一次跃升，相较于 L0-L2 级别的人类主导驾驶、车辆只做辅助的模式，L3 开始，车辆自动驾驶系统在条件许可下可以完成所有驾驶操作（作用不亚于驾驶员）。从技术实现难度看，家庭服务机器人替代保姆（任务非线性，偏非标-实现难度更大），汽车自动驾驶替代司机（遵循交规，偏标准化-通用人工智能），智能汽车有望成为较早落地的具身智能产品，测算 2025 年国内自动驾驶有望超 500 亿市场空间，远期近 3000 亿空间。当前汽车智能化已经具备技术底层突破（端到端大模型上车）、爆款产品出现（问界 M7/M9 等）、可持续跟踪的数据（渗透率相关数据），海内外共振（海外跟踪特斯拉 FSD V12 版本持续迭代）。我们认为，智能驾驶空间巨大，奇点时刻渐近，技术迭代和产品渗透率有望加速。

L3 级别是汽车自动化道路的一次跃升，当前处在 L2-L3 进阶期

车辆自动驾驶级别主要参照 0-5 级分类。目前全球公认的汽车自动驾驶技术分级标准主要有两个，分别是由美国高速公路安全管理局（NHTSA）和国际自动机工程师学会（SAE）提出。中国于 2020 年参考 SAE 的 0-5 级的分级框架发布了中国版《汽车驾驶自动化分级》，并结合中国当前实际情况进行了部分调整，大体上也将自动驾驶分为 0-5 级。

图11：智能汽车渐进式发展

	 L0 无自动驾驶功能	L1 单一功能辅助驾驶	L2 多功能协同辅助驾驶	L3 有限自动驾驶	L4 完全自动驾驶	
	 L0 无自动驾驶功能	L1 驾驶员辅助	L2 部分自动驾驶	L3 有限自动驾驶	L4 高度自动驾驶	L5 完全自动驾驶
《中国制造2025》	DA 驾驶辅助		PA 部分自动驾驶		HA 高度自动驾驶	FA 完全自动驾驶
功能	无	ABS/ESP/CCS/ACC/LKA	转向+速度控制	自动驾驶（有条件）	自动驾驶（限制场景）	自动驾驶
操控	人类控制	人类（主） 车辆（辅）	人类（主） 车辆（辅）	人类+车辆	车辆（主） 人类（辅）	车辆控制
自动驾驶应用场景	无	限定场景				全部场景

资料来源：各政府官网，国信证券经济研究所整理

L3 级别是汽车自动化道路的一次跃升。从法规和技术两个维度来看，L3 级别自动驾驶都是汽车自动化道路上的大跃升。从法规来看，SAE 和中国《汽车自动化分级》规定 L0-L2 级别均是人类主导驾驶，车辆只做辅助，L0、L1 和 L2 之间的差异主要在于搭载的 ADAS 功能的多少，而 L3 开始，人类在驾驶操作中的作用快速下降，车辆自动驾驶系统在条件许可下可以完成所有驾驶操作（作用不亚于驾驶员），驾驶员在系统失效或者超过设计运行条件时对故障汽车进行接管；从技术来看，L0-L2 主要运用的传感器有摄像头、超声波雷达和毫米波雷达，L3 及之后原有传感器配套数量上升，同时高成本的激光雷达方案难以避免，传感器之间的协同要求提升，多传感器融合算法愈发复杂，所需控制器芯片算力大幅提升。

表7: SAE 无人驾驶自动化程度划分

阶段	名称	定义描述	操作（转向、加速/减速）执行	环境监控	动态驾驶任务	行驶情景
0	无自动化	所有驾驶工作都完全由驾驶者完成	驾驶员	驾驶员	驾驶员	无
1	辅助驾驶	部分操作（转向或加速/减速）由一个辅助系统根据行驶环境获取信息完成，驾驶员完成其他驾驶任务	驾驶员和系统	驾驶员	驾驶员	部分
2	部分自动化	部分操作（转向和加速/减速）由多个辅助系统根据行驶环境收集信息完成，驾驶员完成其他驾驶任务	系统	驾驶员	驾驶员	部分
3	有条件自动化	驾驶操作由自动驾驶系统完成，驾驶员要根据提示做出合理应对	系统	系统	驾驶员	部分
4	高度自动化	驾驶操作由自动驾驶系统完成，即便在驾驶员没有根据提示做出合理应对	系统	系统	系统	部分
5	完全自动化	在所有道路种类和环境情况下，驾驶操作完全由自动驾驶系统完成	系统	系统	系统	全部

资料来源：SAE，国信证券经济研究所整理（注 1：动态驾驶任务包括操作层面（转向、刹车、加速、监控汽车和道路）和策略层面（决定变道、转弯、使用信号灯的时间）的驾驶任务，但不包括战略层面（规划路线等）的驾驶任务；注 2：驾驶模式指具有典型动态驾驶任务要求的驾驶情景（如高速公路并道、低速交通阻塞等））

表8: 中国驾驶自动化等级与划分要素的关系

分级	名称	车辆横向和纵向运动控制	目标和事件探测与响应	动态驾驶任务接管	设计运行条件
0 级	应急辅助	驾驶员	驾驶员和系统	驾驶员	有限制
1 级	部分驾驶辅助	驾驶员和系统	驾驶员和系统	驾驶员	有限制
2 级	组合驾驶辅助	系统	驾驶员和系统	驾驶员	有限制
3 级	有条件自动驾驶	系统	系统	动态驾驶任务接管用户（接管后成为驾驶员）	有限制
4 级	高度自动驾驶	系统	系统	系统	有限制
5 级	完全自动驾驶	系统	系统	系统	无限制

资料来源：汽车自动驾驶分级报批稿，国信证券研究所整理 注：排除商业和法规因素限制

从政策分析智能驾驶的节奏

各国政策在不断放开对自动驾驶的限制。

中国方面，管理细则不断完善、北京市、上海市、广州市、深圳市等地区相继发布无人驾驶车辆道路测试与商业示范管理实施细则，允许自动驾驶汽车和自动驾驶技术公司开展商业化运营，试点规模不断扩大、地区不断放开（从北上广深拓展到北上广深重庆武汉等）商业化快速推进。2023 年 11 月，工业和信息化部、公安部、住房和城乡建设部、交通运输部发布《四部委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，四部门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，本通知中智能网联汽车搭载的自动驾驶功能是指国家标准《汽车驾驶自动化分级》（GB/T 40429-2021）定义的 3 级驾驶自动化（有条件自动驾驶）和 4 级驾驶自动化（高度自动驾驶）功能。2024 年 1 月，工业和信息化部、公安部、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部发布《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》，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，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。

美国方面，以加州为主的地方一线城市遵循“道路测试-示范应用-示范运营-商业运营”的推进顺序，同样表现为范围扩大和地区扩张。

欧洲方面,立法快于商业化进程,英国于 2024 年 5 月批准通过了《自动驾驶法案》,此次英国新法案的核心内容之一就是确定事故发生后的责任承担问题。法案中明确表示,“如果发生事故,将由企业承担责任”。每辆获得批准的自动驾驶汽车都有相应的“已授权的自动驾驶实体”,当自动驾驶模式被激活时,该实体将为车辆安全问题负责。

表9: 全球分国家智能驾驶相关政策

地区	时间	部门	法规或政策名称	具体内容
美国	2022. 3	国家航空运输安全管理局	无人驾驶汽车乘客保护规定	全智能驾驶汽车不需要再配备传统的方向盘、制动或油门踏板等装置满足碰撞中的乘员安全保护标准;智能驾驶汽车必须提供与人类驾驶车辆同等水平的乘员保护。
	2023. 3	美国智能驾驶汽车行业协会	发布政策框架,概述联邦政策框架提出了对美国国会和交通部的几项建议,以指导联邦采取相应行动,并推动智能驾驶汽车立法和监管的关键优先事项。	智能驾驶汽车在美国的部署和商业化。该协会的成员包括 Aurora、Cruise、福特、大众、Waymo 和 Zoox。
	2023. 6	美国国家公路交通安全管理局	《联邦机动车安全标准:轻型车辆自动紧急制动系统》	将自动紧急制动系统(AEB)和行人 AEB 系统纳入轻型车辆的新联邦机动车辆安全标准(FMVSS)中。
	2023. 12	美国联邦机动车辆安全管理局	修订《联邦机动车辆安全法规》	对商用机动车辆运营、检查、维修和保养法规的拟议修改将安全和安保放在首位,促进创新,促进对配备自动驾驶系统的商用机动车辆采取一致的监管方法,并承认人类操作员与自动驾驶系统之间的区别。
	2024. 1	加州	《SB-915 Local government: autonomous vehicles》	允许州内各城市自行制定关于自动驾驶乘用车出行服务的法规,地方政府可以规定车辆上限和服务时间,并可以要求企业建立使得安全响应人员能够控制车辆的系统。
	2024. 4	加州	《AB-3061 Vehicles: autonomous vehicle incident reporting》	自 2025 年 7 月 31 日起自动驾驶乘用车出行服务生产企业就涉及车辆碰撞、交通违规、自动驾驶模式失灵,或对残疾乘客造成通行障碍或歧视的事件向加州 DMV 报告,报告内容包含各类运行数据,如果企业不配合则将面临每日高额罚款。
欧盟	2024. 5	欧盟理事会	《人工智能法案》	法旨在保护基本权利、民主、法治和环境可持续性免受高风险人工智能的侵害,同时促进创新并确立欧洲在该领域的领导者地位。该法规根据人工智能的潜在风险和影响程度规定了人工智能的义务。
英国	2024. 5	英国议会	《自动驾驶汽车法案》	此次英国新法案的核心内容之一就是确定事故发生后的责任承担问题。法案中明确表示,“如果发生事故,将由企业承担责任”。每辆获得批准的自动驾驶汽车都有相应的“已授权的自动驾驶实体”,当自动驾驶模式被激活时,该实体将为车辆安全问题负责。
日本	2024. 5	日本经济产业省	汽车数字化转型战略草案	到 2030 年日本国内外销售 1200 万辆软件定义汽车,在全球软件定义汽车(SDV)市场占据 30%的份额。根据这一战略,日本各家车企将共同开发所需的半导体和人工智能(AI)技术,以支持新一代汽车的发展。具体来说,丰田汽车、日产汽车、本田等主要厂商将合作开发这些关键技术。此外,日本还计划与美国等领先的 IT 企业合作,以进一步推动软件定义汽车的普及和技术进步。
中国	2022. 7	深圳市第七届人民代表大会常务委员会	《深圳经济特区智能网联汽车管理条例》	有条件智能驾驶和高度智能驾驶的智能网联汽车,应当具有人工驾驶模式和相应装置,并配备驾驶人;无驾驶人的完全智能驾驶智能网联汽车只能在市公安机关交通管理部门划定的区域、路段行驶;有驾驶人的智能网联汽车发生道路交通安全违法情形的,由公安机关交通管理部门依法对驾驶人进行处理;完全智能驾驶的智能网联汽车在无驾驶人期间发生道路交通安全违法情形的,由公安机关交通管理部门依法对车辆所有人、管理人进行处理等。
	2023. 6	工信部	国务院政策例行吹风会	将启动智能网联汽车准入和上路通行试点,组织开展城市级“车路云一体化”示范应用,支持有条件的智能驾驶,这里面讲的是 L3 级,更高级别的智能驾驶功能商业化应用。
	2023. 7	工信部、国家标准化管理委员会	《国家车联网产业标准体系建设指南(智能网联汽车)(2023 版)》	明确建设重点方向包括信息感知融合、自动驾驶、功能安全等多环节。其中自动驾驶标准是指 3-5 级自动驾驶功能,主要包括功能规范、试验方法和关键系统。功能规范标准以高速公路、城市道路等不同应用场景为基础,综合考虑自动驾驶功能级别和相应设计运行条件,提出相应场景下的技术要求及评价方法和指标
	2023. 9	交通运输部	《公路工程设施支持自动驾驶技术指南》	该指南包括 11 章和 2 个附录,规定了公路程设施支持自动驾驶的技术要求。
	2023. 9	交通运输部	《交通运输部关于推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展的意见》	到 2027 年,公路数字化转型取得明显进展;到 2035 年,全面实现公路数字化转型,建成安全、便捷、高效、绿色、经济的实体公路和数字孪生公路两个体系。
	2023. 11	住房和城乡建设部	《住房和城乡建设部关于全面推进城市综合交通体系建设的指导意见》	推进智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展,改造升级路侧设施,建设支持多元化应用的智能道路,在重点区域探索建设“全息路网”。支持智能道路工程关键技术研究,研究制订相关标准规范,满足城市道路智能化建设和车路协同项目需要
	2023. 11	工业和信息化部、公安部、住房和城乡建设部、交通运输部	四部委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(以下简称智能网联汽车产品),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部主管部门运营资质和运营管理要求。本通知中智能网联汽车搭载的自动驾驶功能是指国家标准《汽车驾驶自动化分级》(GB/T 40429-2021)定义的 3 级驾驶自动化(有条件自动驾驶)和 4 级驾驶自动化(高度自动驾驶)功能(以下简称自动驾驶功能)。
	2023. 12	交通运输部	《自动驾驶汽车运输安全服务指南(试行)》	使用自动驾驶汽车在城市道路、公路等用于社会机动车通行的各类道路上,从事城市公共汽车客运、出租汽车客运、道路旅客运输经营、道路货物运输经营活动的相关指南。
	2024. 1	国家数据局等 17	《“数据要素 x”三年行动支持交通运输龙头企业推进高质量数据建设和复用,加强人工智能工具应用,助力	

	部门	计划（2024-2026 年）	企业提升运输效率。推进智能网联汽车创新发展，支持自动驾驶汽车在特定区域、特定时段进行商业化试运营试点，打通车企、第三方平台、运输企业等主体间的数据壁垒，促进道路基础设施数据、交通流量数据、驾驶行为数据等多源数据融合应用，提高智能汽车创新服务、主动安全防护等水平。
2024. 1	工业和信息化部、公安部、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部	《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》	坚持“政府引导、市场驱动、统筹谋划、循序建设”的原则，建成一批架构相同、标准统一、业务互通、安全可靠的城市级应用试点项目，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. 2	国家标准化管理委员会	《2024 年全国标准化工作要点》	从 6 个方面提出 90 项标准化工作要点，在大力建设现代化产业体系，集中力量开展一批标准稳链重大标志性项目方面，明确围绕智能网联汽车辅助驾驶安全，发布实施先进驾驶辅助系统（ADAS）系列安全标准。
2024. 3	国家网信	《促进和规范数据跨境流动规定》	规定明确了重要数据出境安全评估申报标准，明确了免于申报数据出境安全评估、订立个人信息出境标准合同、通过个人信息保护认证的数据出境活动条件，设立自由贸易试验区负面清单制度。
2024. 3	/	国家标准 GB/T 43697-2024《数据安全 数据分类分级规则》	为数据分类分级管理工作的落地执行提供重要指导，对我国数据跨境流动安全管理制度的实施具有重大意义。
2024. 4	市监局、国家发改委等七部门	《以标准提升牵引设备更新和消费品以旧换新行动方案》	推动汽车标准转型升级。修订电动汽车动力电池安全标准，加大新能源汽车整车安全、充换电标准供给，加强自动驾驶、激光雷达等智能网联技术标准研制，加快先进技术融合迭代，提升网络安全等级和数据安全保护水平。完善汽车售后服务及维修标准，营造有利于新能源汽车发展的消费环境。
2024. 5	国家发改委、国家数据局、财政部、自然资源部四部门	《关于深化智慧城市发展 推进城市全域数字化转型的指导意见》	到 2027 年，全国城市全域数字化转型取得明显成效，形成一批横向打通、纵向贯通、各具特色的宜居、韧性、智慧城市，有力支撑数字中国建设。统筹推进城市算力网建设，实现城市算力需求与国家枢纽节点算力资源高效供需匹配，有效降低算力使用成本。推动综合能源服务与智慧社区、智慧园区、智慧楼宇等用能场景深度耦合，利用数字技术提升综合能源服务绿色低碳效益。推动新能源汽车融入新型电力系统，推进城市智能基础设施与智能网联汽车协同发展。
2024. 5	自然资源部	《智能网联汽车时空数据安全管理基本要求（征求意见稿）》	该标准规定了智能网联汽车对时空数据进行保密处理，以及存储、传输等环节进行地理信息安全处理的基本要求，适用于面向社会销售且在中国境内运行的智能网联汽车。
2024. 6	工业和信息化部、公安部、住房和城乡建设部、交通运输部	《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》	确定了首批 9 个进入试点的联合体。车辆运行所在城市为重庆市、广东省广州市和深圳市、上海市、北京市、海南省儋州市、河南省郑州市。首批试点企业包括比亚迪、上汽、广汽、北汽蓝谷、中国一汽、上汽红岩、宇通客车、蔚来科技、长安汽车九家企业。
2024. 7	工业和信息化部、公安部、住房和城乡建设部、交通运输部	《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》	7 月 3 日，“车路云一体化”首批试点城市名单正式公布，北京、上海、重庆、鄂尔多斯、沈阳、长春、南京、苏州、无锡、杭州—桐乡—德清、合肥、福州、济南、武汉、十堰、长沙、广州、深圳、海口—三亚—琼海、成都等 20 个城市（联合体）入选。

资料来源：各政府官网，北京市高级别自动驾驶示范区，国信证券经济研究所整理

表10：国内各省市智能驾驶政策

省市	时间	部门	法规或政策名称	具体内容
深圳市	2024. 2	深圳坪山区	《坪山区人民政府关于打造具备国际竞争力的产业集群和培育具有发展潜力的产业集群的意见》	重点发展智能手机、智能座舱、智能机器人等细分领域。在 2023 年实现 350 亿元产值基础上，力争至 2025 年实现产值 500 亿元，至 2030 年实现产值 1000 亿元。
北京市	2024. 3	北京市高级别自动驾驶示范区	《北京市智能网联汽车政策先行区智能网联客运巴士管理细则（试行）》	示范应用阶段单车自动驾驶里程不少于 2000 公里且服务不少于 500 人次，具备申请基础条件。
	2024. 3	北京市高级别自动驾驶示范区	《北京市智能网联汽车政策先行区智能网联重型卡车管理细则（试行）》	拟申请车辆在示范应用阶段每车自动驾驶里程不少于 2000 公里，并完全覆盖开展商业化试点服务的道路。企业还应具备明确的商业化试点方案与本地化运营服务保障能力。
上海市	2024. 2	上海市交通委、科技委	《上海市交通领域科技创新发展行动计划》	开发具有自主知识产权的车路协同感知、通信和控制装备，推动智慧道路、智能汽车和车路协同技术融合发展，构建自动驾驶险态场景库，加快车路协同车速引导、车队编组行驶等技术落地，探索自主式交通系统数据资产化与产品化。丰富自动驾驶应用场景，打造一批自动驾驶商业运营项目。推动洋山智能重卡示范应用升级，试点货车队列行驶、港区无人驾驶技术，支持洋山港—东海大桥—深水港物流园区自动驾驶集卡车路协同系统的规模化建设及应用。
	2024. 2	上海市政府	《上海市落实〈全面对接国际高标准经贸规则推进中国（上海）自由贸易试验区高水平制度型开放总体方案的实施方案〉	鼓励在智能网联汽车示范应用过程中探索商业模式，加快推进智能网联汽车商业化应用。
	2024. 3	上海市通管局等 11 个部门联合印发。	《上海市智能算力基础设施高质量发展“算力浦江”智算行动实施方案（2024-2025 年）》	到 2025 年，本市智能算力规模超过 30EFlops，占比达到总算力的 50%以上。算力网络节点间单向网络时延控制在 1 毫秒以内。智算中心内先进存储容量占比达到 50%以上。
重庆市	2024. 1	重庆市经信委、公安局等六部门	《重庆市智能网联汽车准入和上路通行试点管理办法（试行）》	允许 L3 和 L4 级别自动驾驶汽车在申请后展开试点

湖南省	2024. 1	湖南省工信厅	《关于发布湖南省智能网联汽车典型示范应用场景的通知》	设立了七项智能网联汽车典型示范应用场景
云南省	2024. 2	云南省工信厅等 5 部门	《关于组织开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点工作的通知》	鼓励在限定区域内开展智慧公交、智慧乘用车、自动泊车、城市物流、自动配送等多场景应用试点。选取部分公交线路（含 BRT），实现全线交通设施联网识别和自动驾驶模式运行；部署不少于 200 辆的智慧乘用车试点，部分可实现无人化示范运行；完成不少于 10 个停车场的智能化改造，每个停车场不少于 30 个车位支持自动泊车功能；部署不少于 50 辆的城市物流配送车试点，部分实现特定场景下自动化示范运行；部署不少于 200 辆的低速无人车试点，实现车路协同自动驾驶功能的示范应用。
浙江省	2024. 2	浙江省人民政府办公厅	《关于支持国家级车联网先导区（浙江德清）高质量发展的若干意见》	支持德清县扩大路段测试范围，在省交通集团测试场（杭州绕城西复线莫干山至舞阳 K15+000—K26+140 约 11 公里路段）区域探索高速公路测试模式，并向社会公开。支持德清县与省交通集团智慧研究院共同研究车、路、通信交互机理，推进省交通集团测试场路段车联网改造工程，开展车路协同、自动驾驶等测试应用。
	2024. 3	浙江省人大常委会批准	《杭州市智能网联车辆测试与应用促进条例》	《条例》一是明确市人民政府建立监督管理联合工作机制，按照分级管理原则，从低风险到高风险、从简单类型到复杂类型规范智能网联汽车和低速无人车道路测试、创新应用活动具体流程，具体包括管理机制、申请条件、审查流程、行为规范、监管要求和退出机制等六方面内容。二是规定低速无人车应当在非机动车道内行驶，通过地方性法规赋予低速无人车路权。三是在全国率先探索商业化模式，明确在创新应用过程中向不特定对象收取费用的，应用主体应当提前七日向社会公布有关计费规则。
河北省	2024. 3	河北省工信厅、公安厅、交通厅	《河北省智能网联汽车道路测试与示范应用实施细则》	明确智能网联汽车测试的相关规定
青岛市	2024. 3	青岛市工信局、公安局、交通局	《青岛市低速无人驾驶车辆道路测试与商业示范管理实施细则（试行）》	申请商业示范的车辆本身或同款（即同型号、同系统、同配置）车辆应以自动驾驶模式在拟进行商业示范的路段或区域进行累计不少于 240 小时或 1000 公里的道路测试，在测试期间未发生道路测试车辆方承担主要责任的交通事故，方可开展商业示范。
四川省	2024. 3	四川省政府	《支持新能源与智能网联汽车产业高质量发展若干政策措施》	支持各市（州）加大新能源与智能网联汽车重点项目引育力度。引导整车企业在川设立研发、销售和结算中心并实体化运营，对符合条件的产业重大项目，省级财政给予项目所在市（州）资金支持，统筹用于支持产业发展。
成都市	2024. 4	成都市	《成都市智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范实施细则 V2.0（征求意见稿）》	申请示范应用的车辆，应以自动驾驶模式在拟进行示范应用的路段、区域进行过合计不少于 240 小时或 1000 公里的道路测试。
南京市	2024. 4	南京市工信局	《南京市智能网联汽车道路测试与示范应用管理实施细则（试行）》	应以自动驾驶模式在拟申请商业化试点的路段和区域进行过示范应用满 3 个月、合计自动驾驶行驶里程合计不低于 10000 公里，且单车不少于 360 小时或 1500 公里，未发生交通违法和有责任交通事故，经市联席工作小组评估通过，可申请为期 12 个月的示范运营。。
武汉市	2024. 4	武汉经开区	《促进智能网联汽车产业创新发展及软件十条等若干措施》	包括支持总部项目落户、支持项目用地用房、鼓励开展道路交通测试等十条措施，最高补助 2 亿元。

资料来源：各政府官网，低速无人驾驶产业联盟，国信证券经济研究所整理

智能驾驶奇点时刻将近

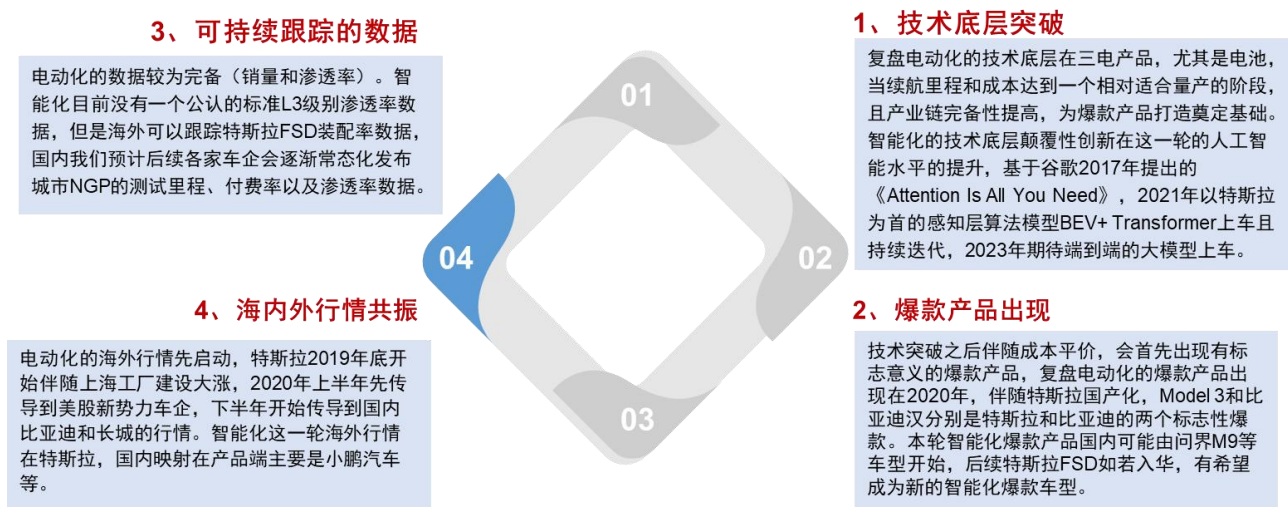
笔者认为每一轮新技术驱动下的景气度行情，离不开以下四要素：

- 1) 技术底层突破。**复盘电动化的技术底层在三电产品，尤其是电池，当续航里程和成本达到一个相对适合量产的阶段，且产业链完备性提高，为爆款产品打造奠定基础。智能化的技术底层颠覆性创新在这一轮的人工智能水平的提升，基于谷歌 2017 年提出的《Attention Is All You Need》，2021 年以特斯拉为首的感知层算法模型 BEV+Transformer 上车且持续迭代，2023 年端到端的大模型上车。
- 2) 爆款产品出现。**技术突破之后伴随成本平价，会首先出现有标志意义的爆款产品，复盘电动化的爆款产品出现在 2020 年，伴随特斯拉国产化，Model 3 和比亚迪汉分别是特斯拉和比亚迪的两个标志性爆款。本轮智能化爆款产品国内可能由小鹏 G6 等车型开始，后续特斯拉 FSD 如若入华，有望成为新的智能化爆款车型。
- 3) 可持续跟踪的数据。**电动化的数据较为完备（销量和渗透率）。智能化目前没有一个公认的标准 L3 级别渗透率数据，但是海外可以跟踪特斯拉 FSD 装配率数据，国内我们预计后续各家车企会逐渐常态化发布城市 NGP 的测试里程、付费率以及渗透率数据。

4) 海内外行情共振。电动化的海外行情先启动，特斯拉 2019 年底开始伴随上海工厂建设大涨，2020 年上半年先传导到美股新势力车企，下半年开始传导到国内比亚迪和长城的行情。智能化这一轮海外行情在特斯拉，国内映射在产品端主要是小鹏汽车等。

当前汽车智能化已经具备技术底层突破（端到端大模型上车）、爆款产品出现（问界 M7/M9 等）、可持续跟踪的数据（渗透率相关数据），海内外共振（海外跟踪特斯拉 FSD V12 版本持续迭代）。我们认为，智能驾驶空间巨大，奇点时刻渐近，技术迭代和产品渗透率有望加速。

图12：每一轮新技术驱动下的景气度行情，离不开四要素



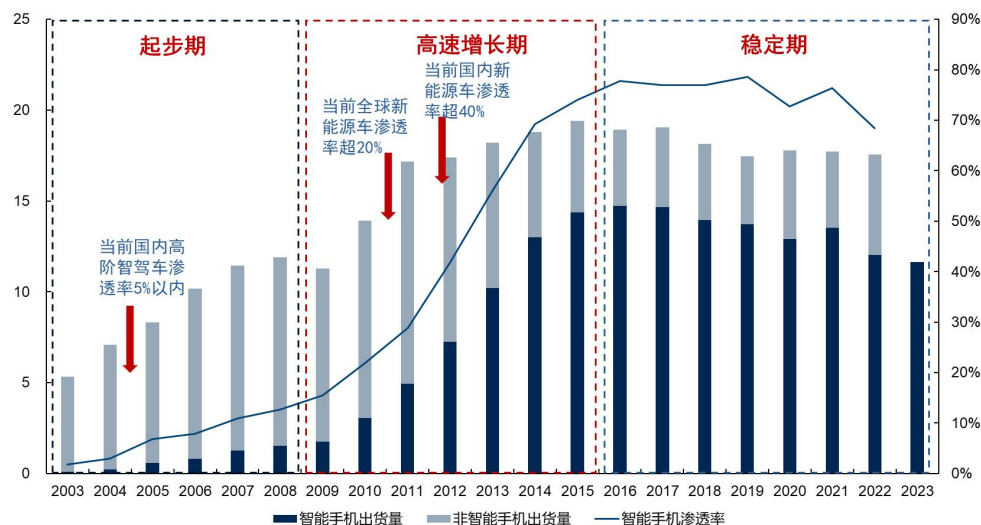
资料来源：汽车之家，国信证券经济研究所整理

电动化上半场，智能化下半场。汽车智能化和电动化相互促进：

- 1) 电动化趋势带来整车格局变化，全球整车龙头从大众/丰田或将演绎为特斯拉/新势力等，新势力车企为打造差异化产品力，会加装智能化配置“军备竞赛”。
- 2) 智能化的底层是电子电气架构变革，汽车从原来机械组件变成电子组件，终端设备用电需求增加，电动化对智能化具备底层技术正反馈（动力电池一部分电分流车内低压器件）。
- 3) 智能化算法能省电或节油，自动驾驶车辆的算法精密度提升能进行能量回收。智能化对电动化具备底层技术正反馈。

电动化渗透率从5%奇点（2020年）起加速，破30%（2022年H2）开始减速，2025年估计渗透率到55%+。电动化上半场，智能化下半场，目前智能化渗透率很低（预计高阶智能驾驶渗透率5%以内），发展潜力大。

图13: 从全球智能手机的出货量（亿部）及渗透率看新能源车和智能车的发展阶段



资料来源: wind, IDC, Gartner, 国信证券经济研究所整理

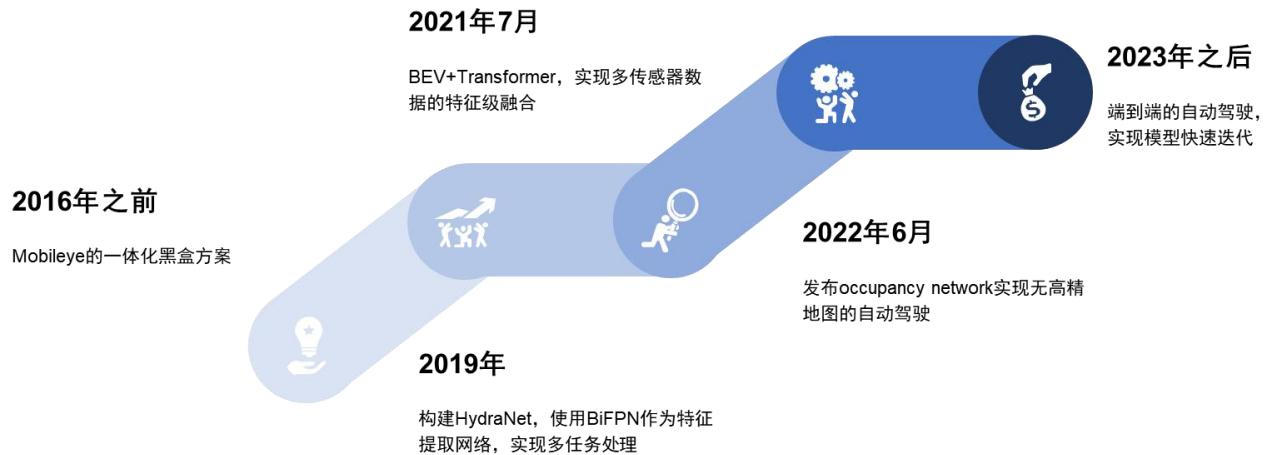
以特斯拉技术迭代看行业发展方向

核心：特斯拉 FSD 算法持续升级（2021 年 BEV+Transformer—2022 年引入 Occupancy Network—2023 年引入端到端融合大模型），引领行业发展。智能驾驶方案存在较高技术壁垒，从硬件层面减少雷达配置、到软件层面提供 BEV、Transformer、Occupancy network 等大模型实现重感知方案，均是特斯拉走在行业前列。2023 年后特斯拉推出 FSD V12 的端到端模式，带动行业进入新一轮快速迭代周期，智能驾驶方案渗透率有望持续提升。

技术层面：端到端方案加速模型迭代，构建更类人驾驶体验

特斯拉智能驾驶方案可以简单分为四个阶段。2014 年 10 月-2016 年 7 月，特斯拉与 Mobileye 深度合作，当时的 Hardware 1.0 硬件配置为 1 个前置摄像头+1 个毫米波雷达+12 个中程超声波雷达，选用 Mobileye EyeQ3 芯片，软件方案为 Mobileye 黑盒模式。至 2016 年 10 月，特斯拉开始自研软硬件系统，发布第二代硬件 Hardware 2.0，配 8 个摄像头+12 个远程超声波雷达+1 个前置毫米波雷达，选用英伟达 Tegra Parker 芯片，芯片算力从 Mobileye EyeQ3 的 0.256TOPS 提升到 NVIDIA Tegra Parker 的 1TOPS，最关键在于英伟达芯片+安森美等传感器脱离 mobileye 的软硬件一体模式；软件上选用行业内通用的卷积神经网络实现 2D 图像检测，但是 2016 年 10 月更新硬件 HW2.0 版本，直到 2017 年 1 月 Tesla 配备 HW 2.0 的车辆补齐 AEB、防碰撞预警、车道保持、自适应巡航等多种 Autopilot 功能；2019 年-2021 年 5 月，特斯拉升级 Hardware3.0 硬件配置，传感器不变，搭载 2 个自研 FSD 芯片，同时逐步在软件算法引入 BEV+Transformer+Occupancy network 等模型，技术层面引领行业发展。2021 年 5 月起，特斯拉转向纯视觉方案，逐步减少超声波雷达及毫米波雷达配置，芯片配置保持不变。2023 年后，特斯拉发布新一代端到端大模型及新一代硬件配置 Hardware 4.0，智能驾驶技术路线进入新时代。而新一代智能驾驶系统 HW5.0（又名 AI5.0）有望 25 年上市，进一步提升自动驾驶系统处理能力。

图14: 特斯拉智能驾驶软件发展



资料来源: wind、路咖汽车、百家号、懂车帝、汽车之家、技术邻, 国信证券经济研究所整理

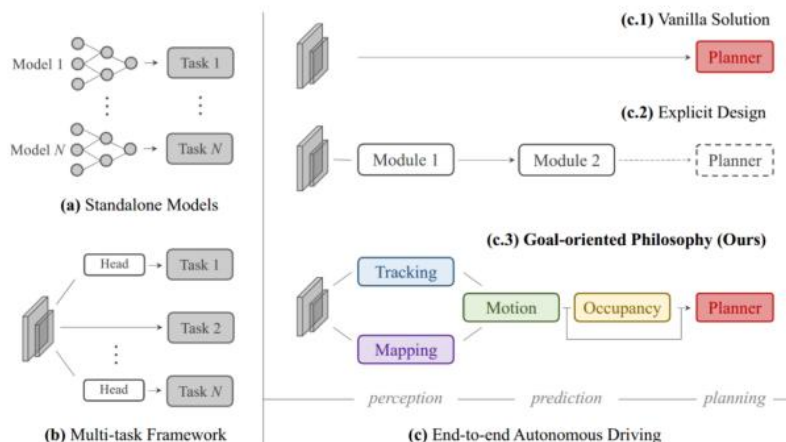
图15: HW5.0 在研, 特斯拉智能驾驶硬件加速进化

硬件进阶	Hardware 1.0 14年10月-16年10月		Hardware 2.0 16年10月-17年8月		Hardware 2.5 17年8月-19年4月		Hardware 3.0 19年4月-23年			Hardware 4.0 2023-2024年		Hardware 5.0 (AI5) 2025年		
传感器:	1*前置摄像头+1*毫米波雷达+12*中程超声波雷达		3*前置摄像头+2*侧相机+2*侧后置摄像头+1*毫米波雷达+12*远程超声波雷达				21年5月起，北美Model 3&Y移除毫米波雷达；22年起S&X移除。 22年10月起，北美、欧洲、中东、台湾和韩国Model 3&Y移除超声波雷达；23年起S&X移除。			2*前置相机（升级至5MP）+2*侧相机+2*侧后置相机 配备4D毫米波雷达接口				
芯片:	Mobileye EyeQ3 极小		NIVID Drive PX2 8TOPS		增加NIVID Tegra Parker 增加1TOPS		自研FSD芯片*2 72TOPS*2			自研二代FSD芯片*2 算力为上一代的5倍 或为300~500TOPS		- 算力或为HW4.0的10倍		
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
技术迭代:			2D detector 追赶行业进度		多任务学习神经网络架构 HydraNet		引入BEV+Transformer 引领行业发展		升级占用网络 引领行业发展		升级端到端大模型 引领行业发展		HW3.0和HW4.0分开训练 (24年截至6月，HW4.0模拟3.0版本运行)	
实现效果:			算法自研		一个神经网络同时完成多任务，如车道线&信号灯检测		多角度图像融合统一成鸟瞰图视角		2D鸟瞰图升级3D，从识别转向空间占用，感知规划融合		感知、决策、控制融合			
软件进阶	Mobileye 黑盒方案 14年10月-16年10月		Software 1.0 16年10月-18年		Autopilot 4.0 18年-19年		Software 2.0 19年-21年		FSD V10/V11 21年-22年		FSD V12 23年12月		FSD V13等等 即将推出	

资料来源: wind、路咖汽车、百家号、懂车帝、汽车之家、技术邻, 国信证券经济研究所整理

软件升级大趋势为向端到端持续迭代。端到端的核心是减少人工干扰, 扩大模型处理复杂场景上限。传统分解式模型对不同传感器传递的信息进行特征提取, 并通过人工定义进行 rule-based 代码编写对特征加以处理, 通过感知端神经网络大模型传输给规划端, 经过人工算法定义场景并加以执行, 在核心关卡均需人为参与规则定义, 而现实自动驾驶场景复杂, 难以穷举。端到端以 date-based 取代 rule-based, 以一整个神经网络模型取消传统分解式模型下 30 万行代码, 通过海量数据训练确定关键参数, 大幅减少人为干扰场景, 进而有效扩大自动驾驶模型处理复杂场景上限。

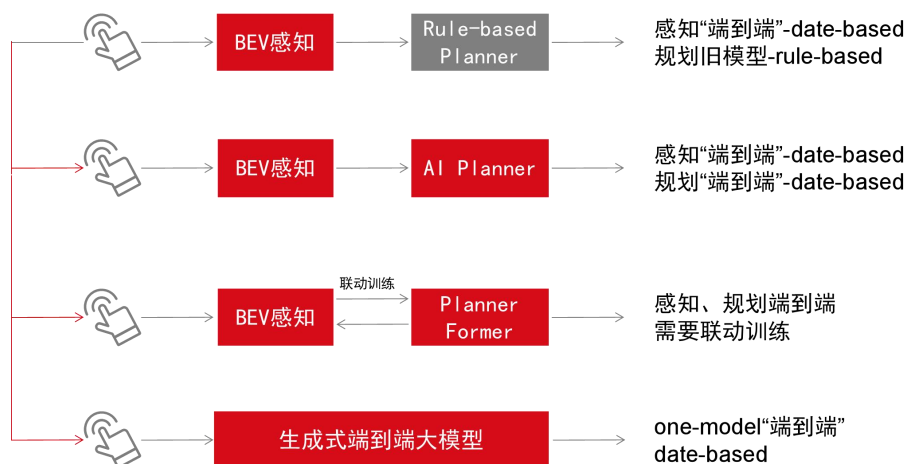
图16: 自动驾驶通用算法框架



资料来源：Yihan Hu, Jiazhi Yang, Li Chen et: Planning-oriented Autonomous Driving, 《CVPR 2023 award candidate》，国信证券经济研究所

进一步，智能驾驶可以分为感知、规划、执行三个层面；端到端模型可以分为感知端到端、决策端到端、模块化端到端和 one-model 端到端四类；前面三种为传统分解式模型，即感知模型与规划模型分开，传感器输入信息经过感知模型处理后传递给规划模型并进行路径决策，依照神经网络覆盖度加以区分；1) 感知端通过 BEV+Transformer 等以神经网络模型覆盖，感知稳定性有效提升即为感知端到端；2) 规划、决策等以一个神经网络模型覆盖，但与感知模块保持独立训练，同时感知与决策连接端口如障碍物位置、道路边界等仍是基于人类理解的 rule-based；3) 感知和决策模块需要通过梯度传导联合训练，但是感知和规划两个模块输出的并不是 rule-based 下抽象结论，而是特征向量。One-model 端到端则以一整个神经网络模型处理数据全流程，不再有明确的感知和规划定义，最大保证信息无损化传输，减少人工干扰，有效加速模型迭代。

图17: 自动驾驶端到端模型

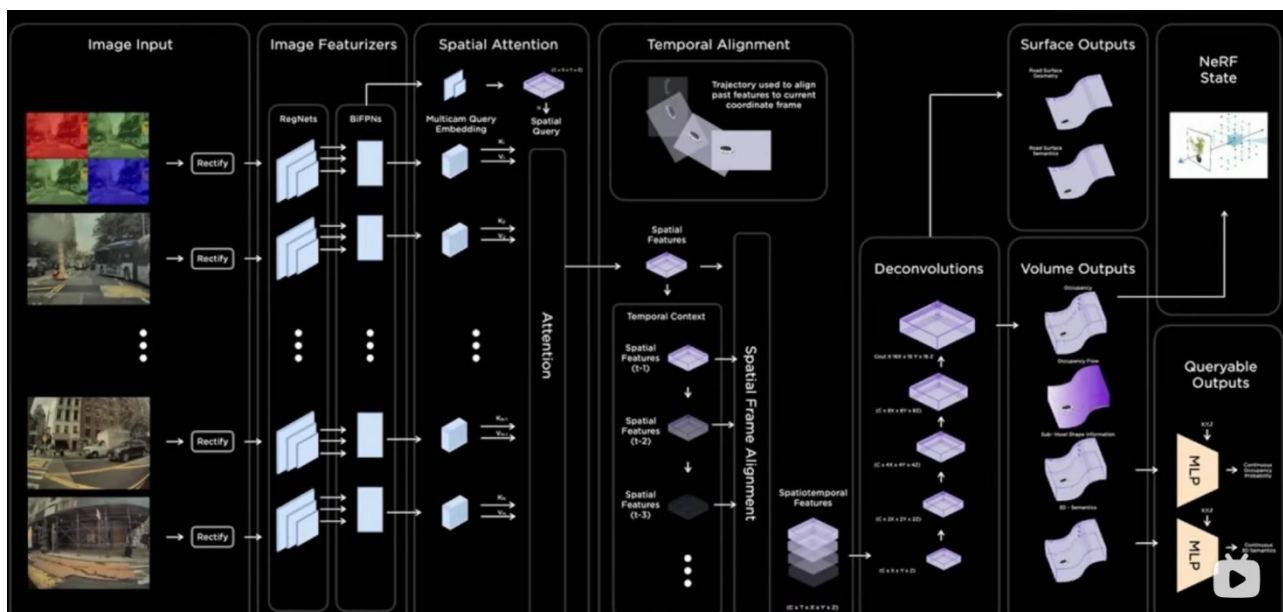


资料来源：九章智驾，国信证券经济研究所整理

参考特斯拉的迭代方式，率先在分解式模型下通过感知层神经网络化迭代实现感知端到端带来无图驾驶，2018-2019 年特斯拉构建了多任务学习网络 HydraNet，

在 input 端输入摄像头的原始图像数据，在主干网络使用卷积神经网络模型 regnet 进行特征的识别提取，对特征数据赋予时间信息，进一步实现对不同时间目标的融合。HydraNet 设置多个 head 同时处理多项任务，比如同时检测车道线及红绿灯等；主干网络提取的特征在多个 head 任务中共享，减少重复计算；同时任务间又相对独立，存在较低耦合，不会互受影响。2021 年推出 BEV+Transformer 架构，2022 年又提出 Occupancy network，通过感知算法处理传感器数据，然后将处理结果送入规划控制模型得出交互博弈的动态最优解。特斯拉在感知、规控两处模型创新性设计引领行业发展。

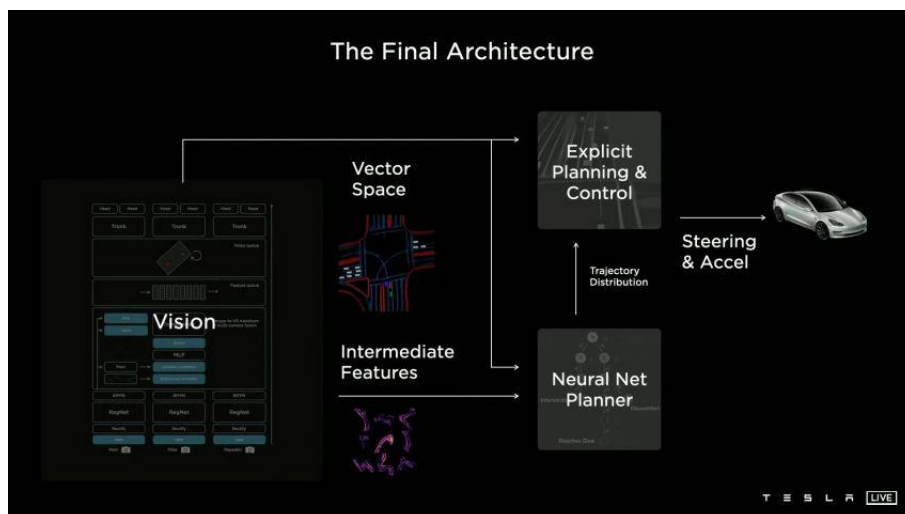
图18: CVPR 2022 分享的 Occupancy Networks 模型框架



资料来源：特斯拉，国信证券经济研究所整理

2023 年特斯拉推出 one-model 端到端架构，实现神经网络从感知端向规划端延伸。传统自动驾驶软件开发基于模块化方法，包括用于物体检测和追踪、轨迹预测以及路径规划和控制的独立组件。特斯拉 2021 年前后提出 BEV+Transformer 架构，感知端首次引入神经网络大模型，加速模型进一步向脱离人类穷举规则进化。神经网络大模型核心是人为定义超参数决定训练过程和训练架构，但在训练过程中通过数据及反向传播和梯度下降等方法不断更新神经网络核心的权重和偏差等参数，增强基于数据得到的训练结果，模型整体从 rule-based 向 data-based 演进。特斯拉 FSD V11 及之前的版本，自动驾驶模型更多在感知端实现神经网络的迭代和演进，在规划端仍是依靠感知端输出结果并做人类定义规则模式。而端到端模型端到端自动驾驶系统采用一个统一模型接收传感器输入并生成车辆轨迹，将神经网络延伸至规划端，简化数据处理中人为定义过程，并提供了一种更加全面、以数据为依据的方法来处理现实世界中的各种情况。

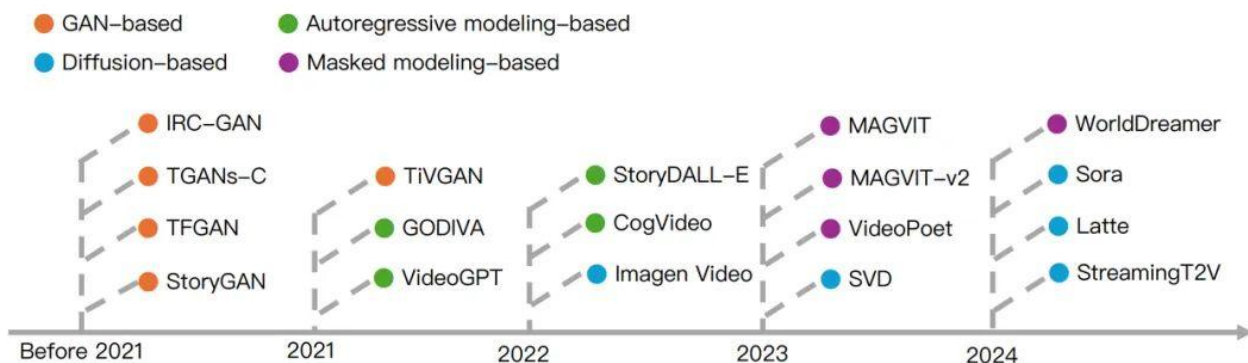
图19: 特斯拉 AI day 披露最终架构规划



资料来源: 公司官网, 国信证券经济研究所整理

General world model 提供真实世界仿真, 加速自动驾驶模型进化。自动驾驶模型迭代验证需要海量数据支撑, momenta 曾提出需要 1000 亿公里 (100 万台年跑 10 万公里的出租车) 才能验证 L4 级自动驾驶, 世界模型可以加速模型验证。世界模型是指通过对感知信息的处理和数据建模实现对现实世界的模拟和真实表达, 核心作用为估计当前环境缺失信息和预测未来发展状态。现行世界模型可以分为以 GAN 为基础的模型 (IRC-GAN、TGANs-C、TFGSN、StoryGAN、TiVGAN 等, 生成器与判断器对抗训练, 生成更真实视频)、基于自回归建模 (GODIVA、VideoGPT 等, 关注时间序列中依赖关系)、扩散建模 (Imagen Video、SVD、CogVideo 等, 将先验数据转换为随机噪声并逐步还原, 图像处理能力出色, sora 源于此) 和掩码建模 (MAGVIT、VideoPoet、WorldDreamer 等, 将部分元素替换或者隐藏以用于模型训练, 在自然语言处理表现出色) 模型, 均取得良好生成效果。

图20: 自动驾驶视频生成模型

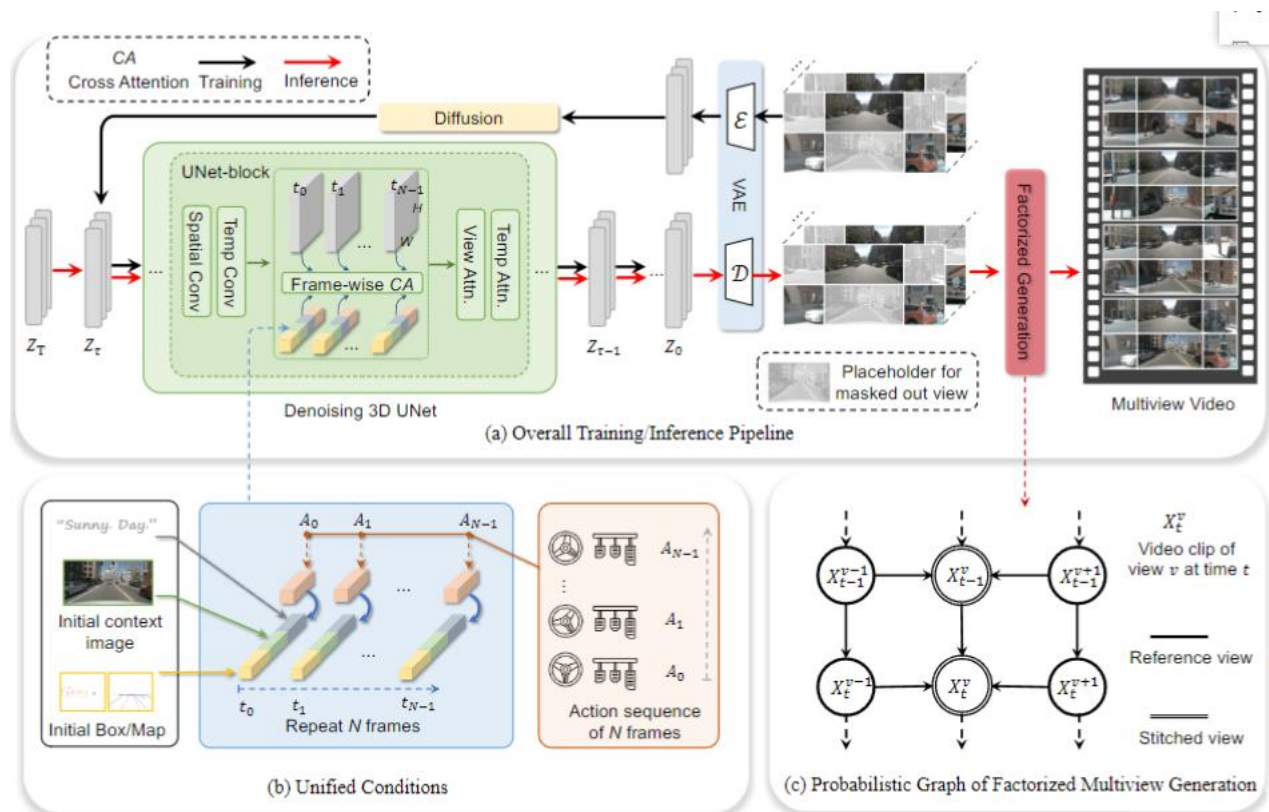


资料来源: 机器之心, 国信证券经济研究所整理

世界模型更进一步助力或在于构建自动驾驶基础结构。对自动驾驶而言, 世界模型意义在于模拟环境解决 corner case 训练, 通过自监督学习方式生成更多数据, 解决自动驾驶模型训练中长尾问题, 现存包括 Iso-Dream、MILE、TrafficBots、Think2Drive 等基于世界模型模拟环境用于测试训练端到端模型; 更进一步可能

在于构建自动驾驶模型本身，在现实场景中实现世界模型对未来场景等预测，Drive-WM 将世界模型与端到端规划结合，利用世界模型生成从规划器中采样轨迹预测未来场景，使用基于图像的奖励函数评估未来，并选择最优轨迹扩展规划树。

图21：多视点视频生成



资料来源：Wang Y, He J, Fan L, et al. Driving into the future: Multiview visual forecasting and planning with world model for autonomous driving[C]//Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2024: 14749-14759.，国信证券经济研究所整理

数据层面：构建数据闭环，可扩展智算中心适配训练量提升

数据闭环是高阶智能驾驶的必经之路。大模型及端到端模型训练均需要大量数据，特斯拉构建数据采集→搭建数据集→自动标注→送入模型训练→量化部署上车的数据闭环。

在数据采集层面，智能驾驶系统需要大量数据提供模型测试和优化，尤其是多样化、包含 corner case、标注深度、速度、加速度信息的数据。特斯拉基于数据集训练算法、通过云端部署到拥有影子模式（Shadow Mode）的车队中，影子模式在司机驾驶时运行但不控制车辆，运行算法中人类驾驶员行为与系统模拟行为不一致时，系统将此场景识别为“corner case”并上传搭建数据集，并用于后续的模式训练迭代。特斯拉智能驾驶数据集中的数据来自人工标注、自动标注、虚拟仿真及大规模生成四部分。人工标注是最传统的数据来源，直到 2018 年时，特斯拉还在 2D 图像上采用人工标注，但效率低、难以满足模型迭代需求。2019 年，特斯拉开始使用自动标注取代人工贴标，效率获得大幅度提升。特斯拉通过运行中的车辆采集数据，将包含图像、IMU、GPS 等数据的视频图像上传至服务器，对

图像做预处理、输出深度等信息，再以 SLAM 等 AI 模型实现三维场景重建。标注效率显著提升，但考虑智能驾驶存在众多无法穷举的“corner case”场景、难以标注场景，特斯拉推进虚拟仿真及大批量生成，公司用尽量真实的传感器模拟和渲染设计虚拟数据，进一步扩充数据集丰富度。

图22: 特斯拉推进数据的自动标注

Challenge: Build an Auto-Labeling Machine for Lanes Net

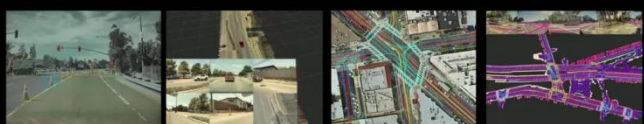
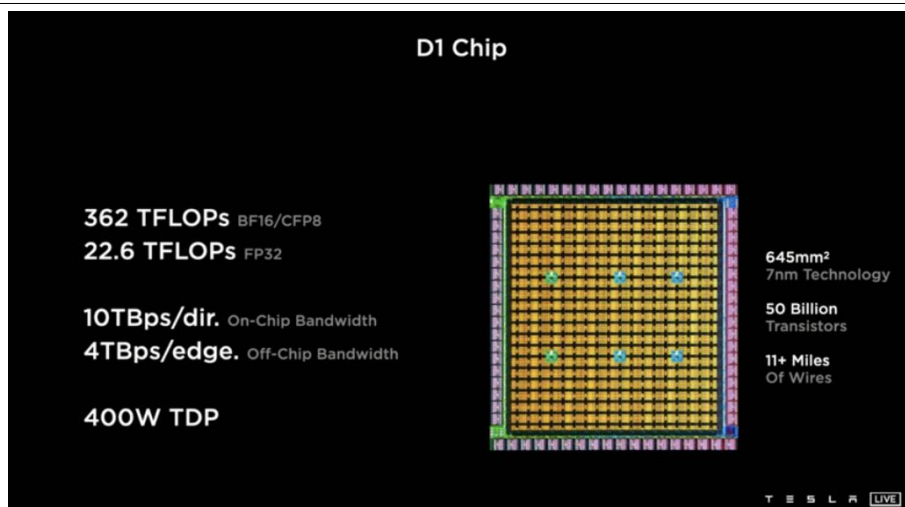


	image space (2018)	single trip (2019)	top-view (2020)	multi-trip (2021-)
3D label	unknown	manual	aligned	reconstructed
reprojection	< 1 pixel	< 3 pixel	< 7 pixel	< 3 pixel
topology	local	up to trajectory	unlimited	up to reconstruction
Labeling / clip	533 hrs	3.5 hrs	< 0.1 hr (avg)	< 0.1 hrs (avg)
compute / clip	not needed	1 hr	2 hrs	0.5 hrs (avg)
scalability	low	medium	high	very high
eng. effort	low	medium	high	very high

资料来源：特斯拉投资者交流日，国信证券经济研究所整理

数据中心端，可扩展性结构适配智能驾驶模型。Transformer 模型进一步奠定大模型领域主流算法结构，特斯拉自研 FSD 芯片提升车端智能驾驶算力；同时大数据量上车催化了算力需求的提升，数据训练中心算力需求同比提升。特斯拉 2021 年研发 AI 芯片 D1，同时将 25 个 D1 芯片封装成一个训练模块，达成 9 Petaflops 的算力，随后再将训练模块组成机柜，达到 1.1 EFLOP 算力，进一步提升数据训练中心能力。与特斯拉另外用 5760 个 Nvidia A100 构建的 1.8 EFLOPS 超算中心相比，DOJO 的特色不在于算力的突破性进展，而是通过对称的分布式架构实现高扩展性；具体而言，通过 2D Mesh 架构连接形成互联对称、内存访问对称，同时具备分布式架构，每个 Node 都具有相同的处理能力和存储能力，可以实现增加机器但不影响模型运行性能的可扩展性，使模型开发和训练不会受模型分割等影响。

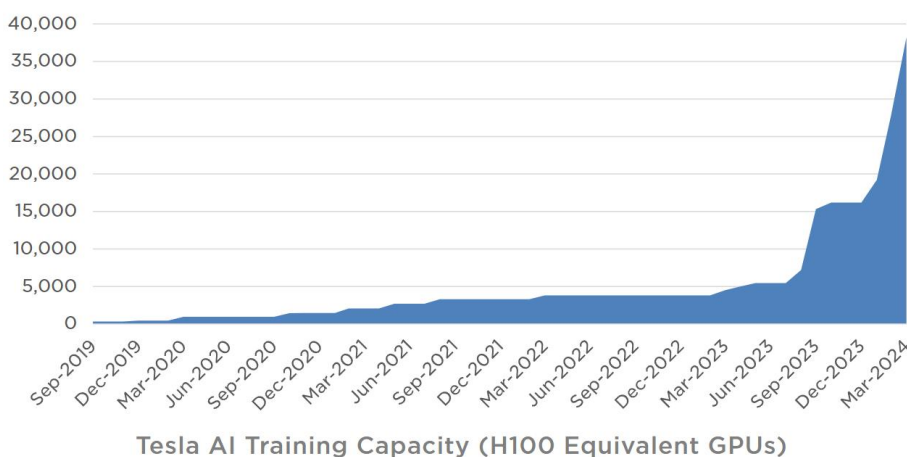
图23: 特斯拉自研 AI 芯片 D1



资料来源：特斯拉投资者交流日，国信证券经济研究所整理

特斯拉 AI 训练算力达有望从等效 3.7 万颗英伟达 H100 升级至 8.5 万颗水平。特斯拉 21 年 6 月启用使用 720 个节点的 8 个 NVIDIA A100 Tensor Core GPU (共 5760 个 GPU)，实现 1.8 exaflops 级别的超强性能；23 年为加速 FSD V12 模型上车，启动搭载 1 万颗英伟达 H100 GPU 的超级计算机用于训练 FSD 全自动驾驶系统及基于自研 D1 芯片的 dojo，AI 产能快速爬升。截至 24 年一季度末，特斯拉 AI 训练算力达约 3.7 万颗英伟达 H100 水平。其中包括公司 H100 芯片及 Dojo。同时在 4 月财报会议中，马斯克提出将投入 100 亿美元用于 AI 训练和推理，在今年底前将特斯拉 AI 算力增加至等效 8.5 万颗英伟达 H100 芯片水平，并将进一步建设冷却功率高达 500MW 的冷却系统来满足飞速增长的数据中心功率。

图24: 特斯拉截至 2024 年第一季度算力情况



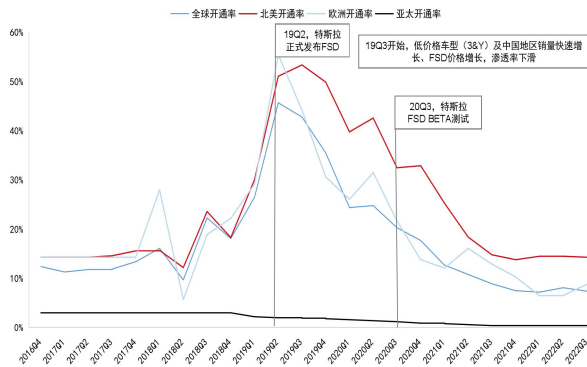
资料来源：公司财报，国信证券经济研究所整理

用户层面：目前整体渗透率偏低，FSD 入华或将加速

FSD V12 提供更类人驾驶体验，价格下调至 8000 美元位置以及潜在 FSD 入华进展，渗透率有望加速上行。2023 年前 FSD 处于分解式模型时代，虽受限于 FSD 区域开放进程、产品定位定价及迭代速度等因素，FSD 渗透率在不同车型及区域间存在较大差异，但整体版本迭代速度相对较慢，渗透率爬坡增速较弱。2023 年末特斯拉推出 FSD V12 版本，端到端模型提供更类人驾驶体验，叠加价格下调至 8000 美元位置以及潜在 FSD 入华进展有望加速渗透率上行。

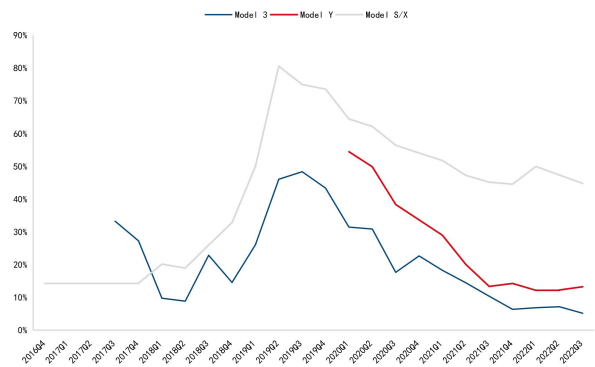
2016 年之前，特斯拉的辅助驾驶功能分为 autopilot 及 enhanced autopilot 两档，前者标配，包括交通感知巡航控制、自动辅助转向两项功能；后者提供高速导航、自动变道、自动泊车、智能召唤功能，需要购车时额外付费 5000 美元购买（购车后需要 6000 美元）。2016 年特斯拉推出 FSD 预定，当时并没有给出功能，只需要在购车时额外增加 3000 美元可以获得预定；2019 年第二季度特斯拉正式发布 FSD 应用版本，价格增长至 5000 美元，同期取消 enhanced autopilot 购买；FSD 订购率飙升至历史最高。此后，随着低价格车型（3&Y）及中国地区销量快速增长、FSD 价格增长，2019 年第三季度开始 FSD 渗透率呈现下降趋势，截至 2022 年 Q3，特斯拉 FSD 全球订购率在 7.4%，北美和欧洲地区略高，在 14.30%和 8.80%，亚太地区仅为 0.4%。

图25: 特斯拉北美地区分车型 FSD 渗透率 (%)



资料来源: Troy Teslike, 国信证券经济研究所整理

图26: 特斯拉全球分车型销量结构 (单位: 辆, %)



资料来源: wind, 国信证券经济研究所整理

低价格车型 (3&Y) 及中国地区销量快速增长、FSD 价格增长, 2019 年第三季度开始 FSD 渗透率呈现下降趋势。往后展望, 伴随 FSD V12 提供更类人驾驶体验, 价格下调至 8000 美元位置以及潜在 FSD 入华进展, 渗透率有望加速上行。

1) FSD 版本持续迭代, 最新 V12 带来端到端模型革新。FSD 自 2019 年正式推出后, 经历几轮涨价和多次系统更新, 比如 2020 年 FSD BETA 版推出城区自动转向, 2022 年 11 月将高速公路辅助驾驶系统融入 FSD BETA 版本。但是受限于法规等限制, 并没有推动真正的功能性革新。马斯克 2023 年推出 FSD V12 版本去掉“BETA”, 启用端到端的自动驾驶大模型, 将多年来行业通用的感知、规划几个模型融合成大模型, 减少中间模型训练工作量、加速自动驾驶算法迭代、提升用户体验。2024 年 7 月, 进一步向用户推广 FSD V12. 4. 2, 改用摄像头取代方向盘监测系统, FSD 每次干预行驶里程数 5-10 倍提升, 马斯克称其存在巨大更新以至于可以称为 V13, FSD 系统渗透率有望进一步提升。

表11: 特斯拉 FSD 正式发布后历史价格及功能梳理

时间	北美区版本	主要更新功能	北美区售价	国内功能	国内售价
2019 年 4 月	FSD 2019. 12. 1	增强型召唤辅助泊车; 自动变道; 哨兵模式	5000 美元	标配 AP (自适应巡航、车道保持) +EAP (高速上自动辅助导航、高速上自动辅助变道、智能召唤、自动泊车)	
2019 年 5 月	FSD 2019. 16. 2	自动辅助转向; 行程规划	6000 美元		
2019 年 11 月	FSD 2019. 36. 2	预定出发时间; 钥匙泊车; 上车前关联日历等信息的道路规划	7000 美元		56000 元
2020 年 7 月	FSD 2020. 24. 6	自动驾驶交通信号灯和停车标志控制	8000 美元		
2020 年 10 月	FSD BETA	自动变道/根据导航上下高速, 主动避让路上的人和车以及障碍物; 城区自动转向	10000 美元		
2022 年 1 月	FSD BETA V10. 6	针对交通载具优化目标检测网络架构, 识别精度提高, 新的可见性网络平均相对误差降低 18. 5%, 在高曲率和夜间情况下, 新通用静态目标网络的检测精度提高 17%	12000 美元		
2022 年 9 月	FSD BETA V10. 69	添加“深度车道引导”模块, 将视频流中提取特征与粗略地图数据融合; 增加基于慢速移动的不明物体进行控制规划; 升级占用网络, 使用视频而非单一时间图像等。	15000 美元		64000 元
2022 年 11 月 (更新时间)	FSD BETA V11	高速公路启用 FSD Beta; 改进占用网络在雨水反射等路况表现等;	15000 美元		
2023 年 11 月	FSD V12	感知、规划几个模型融合成端到端大模型, 自动驾驶系统迭代加速。	12000 美元		
2024 年 7 月	FSD V12. 4. 2	改用摄像头取代方向盘监测系统, FSD 每次干预行驶里程数 5-10 倍提升	8000 美元		

资料来源: elon mask twitter、not a tesla app、汽车之家、国信证券经济研究所整理

FSD V12 优势在于提供更类人驾驶体验, 能够在部分场景自主发掘提供超越地图导航表现。FSD v12 能够解决狭窄道路对向行驶、临时施工标志等场景, 在减速

带、制动、黄灯等情况能够实现更加平滑的处理。甚至在部分环境下，FSD V12 系统能够通过传感器自主发现更优路径，脱离导航地图推荐路线实现更自主的驾驶体验。

表12: 特斯拉 V12 版本用户体验明显提升

版本	升级后	用户
V12	能够解决狭窄道路对向车辆行驶通行权问题	@A I DRIVER
V12	改善 V11 仍经常需要人工按加速按键情况	@FSD (Beta) Test Pilot
12.3	能够判断对面车辆在黄灯时是停下还是继续行驶	@Edge Case
12.3	解决盲目左转和右转的问题	@Edward Pennington Calderhead
12.3	完美处理了减速带、加速、制动和转弯等场景处理舒适度相比 V11 明显改善	@Dave Lee
12.3.6	更早做车道决策、平滑处理拐弯等情况	@MumblingOldMan
12.3.4	解决 V11 无法处理的阅读临时施工标志并正确选择坡道	@JC Christopher
12.4.3	实现超越地图导航表现	@Tesla Newswire
12.4	干预里程提高 5 倍到 10 倍	@Elon musk
12.5	自动驾驶一年干预一次，高速公路和城市街道合并为一个堆栈，解决高速公路可能存在错过出口、变换车道犹豫、合并不当、刹车晚等问题	@Elon musk

资料来源：Not a Tesla App、X，国信证券经济研究所整理

具体看 FSD V12 在施工区域、减速带、丝滑转向、道路选择等场景存在明显改善。根据 Tesla FSD Tracker 数据，用户从 0-5 为特斯拉 FSD 运行的各项场景打分，0 分代表从无运行，5 分代表始终运行，我们发现 FSD V11.4.9 在施工区域及减速带场景云执行效果并不好，较少做到减速平稳运行或者识别施工区域指示牌等情况；而在 FSD V12.3.6 下出现明显改善，多数路况均能实现模型的良好运转。

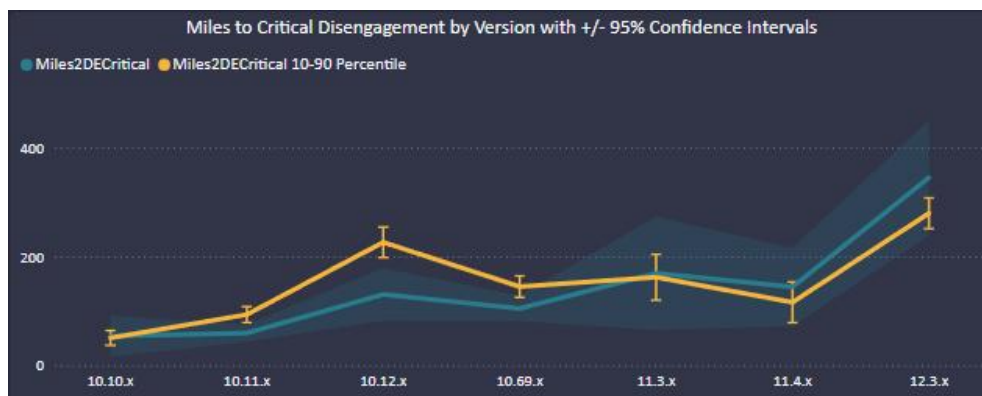
表13: FSD 不同版本用户评分情况

	V12.3.6	V11.4.9	V11.3.6
变道	4	4	4
速度适宜	4	4	4
及时应对减速	4	4	3
丝滑转向	4	3	4
安全完成所有转向	4	3	3
通道选择	4	3	3
能见度有限	4	3	3
环形路况	4	3	3
施工区域	4	2	2
减速带	3	2	2
停校车	3	2	2
避开坑洼等道路	2	2	2
靠边停车让急救车辆	2	2	2
交警手势	2	2	2

资料来源：Tesla FSD Tracker，国信证券经济研究所 注：该网站数据来自特斯拉用户主动申报 0 分为自动驾驶系统从不运行成功，5 分为每次都运行成功

用户体验升级同样体现在接管里程延长。根据 Tesla FSD Tracker 网站数据，特斯拉 FSD V12.3 在关键场景的接管里程从大约 100 英里提升到 300 英里量级，同时大量测评博主及个人用户提出 V12 版在左转、复杂参与者场景等具有更灵活处理能力，具备部分场景脱离导航灵活行驶的类人驾驶能力，端到端模型的泛化能力得到明显验证。2024 年特斯拉股东大会提出 FSD 模型目前已经实现几乎完全消除静态物体碰撞影响，同时进一步在影子模式下运行 FSD 模型验证并提升端到端表现。

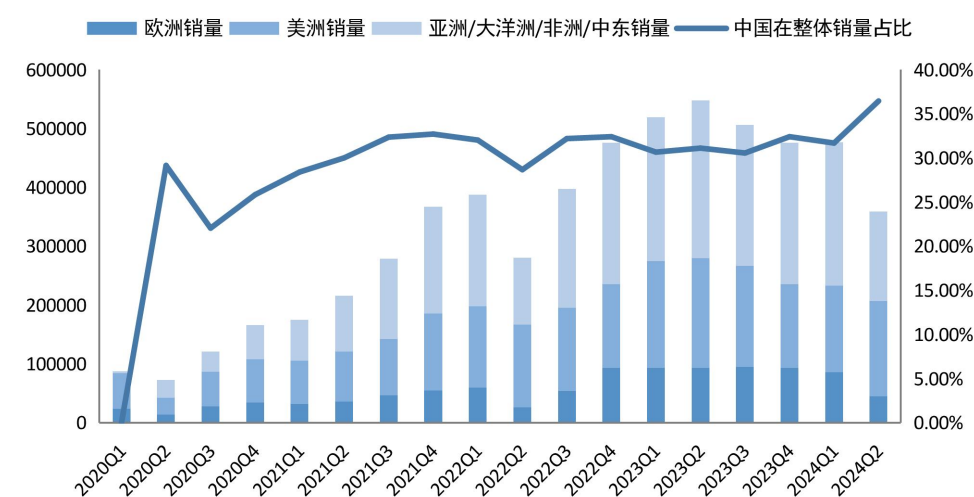
图27: FSD 接管里程明显提升



资料来源: Tesla FSD Tracker, 国信证券经济研究所 注: 该网站数据来自特斯拉用户主动申报

2) 中国为代表的亚太地区销量规模增长提供 FSD 入华后渗透率提升广阔空间。国内特斯拉销量持续增长, 截至 2024 年第二季度, 中国地区特斯拉销售车型累计超过 268 万台, 但是由于数据安全问题, 特斯拉尚未能向中国地区用户完全开放 FSD 功能, 待开发市场广阔。目前国内用户手册上并没有完全智能驾驶能力 (Beta) 功能, 支付 6.5 万元费用后所得体验仅为标配 AP (自适应巡航、车道保持)+EAP (高速上自动辅助导航、高速上自动辅助变道、智能召唤、自动泊车), 而 EAP 单独售价仅为 3.2 万元, 国内 FSD 订购率极低。我们认为 **FSD 完全进入中国关键在于数据**。马斯克在 2021 年 9 月世界互联网大会上提出, 特斯拉已在中国设立数据中心, 将中国业务产生的所有数据本地化, 包括生产、销售、服务和充电。初步解决个人数据存储问题, 未来进一步解决自动驾驶数据存储及自动驾驶模型本地化迭代难题后, 在国内外法规加速落地情况下, 中国及亚太地区渗透率有望加速提升。

图28: 特斯拉全球分区域销量结构 (单位: 辆, %)

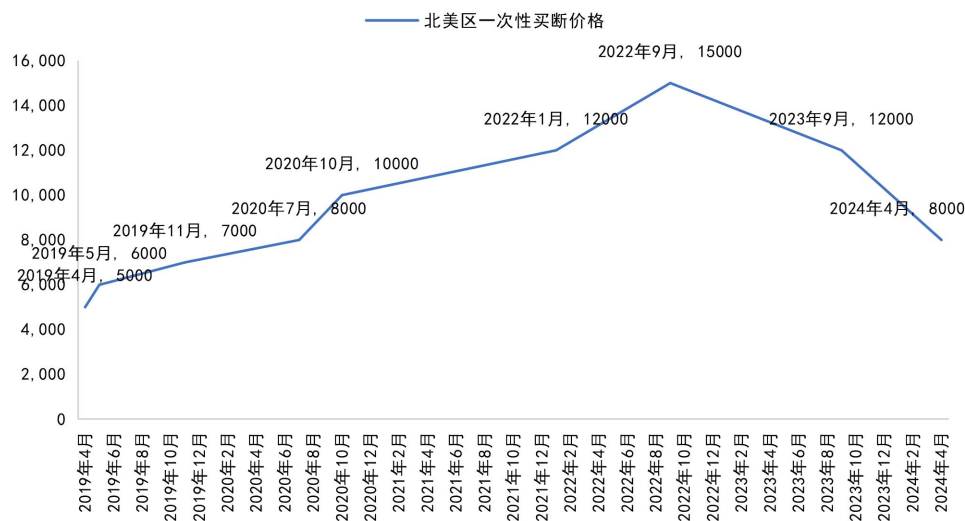


资料来源: Marklines, 国信证券经济研究所整理

3) FSD 价格调整到 8000 美元。2016 年北美 FSD 售价为购车时在 EAP 基础上增加 3000 美元预订或购车后支付 4000 美元预订; 在 2019 年 4 月, 特斯拉正式发布 FSD 应用包, 价格上涨至 5000 美元, 经过多轮涨价, 最新到 2023 年的 V11 版本, FSD 售价跃升到 15000 美元, 2023 年 9 月 FSD 价格下调到 1.2 万美元, 2024 年 4 月,

为吸引更多用户，价格进一步下调到 8000 美元。

图29：特斯拉北美区一次性买断价格持续增长（单位：美元）



资料来源：elon mask twitter、车智、not a tesla app、汽车之家、国信证券经济研究所整理

4) 澳洲、德国等地 FSD BETA 开启推送。特斯拉 2020 年 10 月推出 FSD BETA，首次推出仅向美国少数用户开放测试，需要用户主动申请并通过安全评分系统评估；2022 年 2 月，该功能向加拿大少数用户开放；2022 年 11 月，特斯拉向全北美用户开放测试权限，用户申请即可使用。直到 2023 年 5 月，根据 Teslascope 平台，特斯拉 FSD BETA 首次在澳大利亚、德国、比利时开启推送，FSD BETA 首次向北美以外地区拓展，欧洲、澳洲渗透率有望提升。2024 年 3 月，根据 Teslascope 消息，特斯拉 FSD Beta 测试版可能会从今年 10 月开始在欧盟部分地区进行测试，FSD 欧洲版将于 2025 年登陆欧洲市场。

表14：特斯拉 FSD BETA 逐步扩大测试范围

开放时间	开放地区	涉及人群
2020 年 10 月	美国	少数用户开放测试，需要用户主动申请并通过考核
2022 年 2 月	加拿大	
2022 年 11 月	全北美	所有用户，购买、申请即可用
2023 年 5 月	澳大利亚	个位数用户开放测试
2023 年 5 月	德国、比利时	
2024 年 3 月	欧洲	FSD Beta 测试版可能会从 24 年 10 月开始在欧盟部分地区进行测试，预计 25 年登陆欧洲

资料来源：智行驾道、Teslascope，国信证券经济研究所整理

4) 特斯拉将无人驾驶出租车 Robotaxi 或将于 2024 年发布，B2C+C2C 双模式拉动 FSD 渗透率提升。马斯克在 2016 年提出共享车队概念，提出车主可以将自己的车加入共享车队，同时特斯拉会在需求旺盛的地区布局自己的车队；2019 年明确指出特斯拉车主可以选择将自己的车加入 Robotaxi 中，特斯拉会从其中抽取 25%~30%分成的商业模式。2022 年马斯克重申 Robotaxi 将于 2024 年量产，采用无方向盘或者踏板设计；特斯拉无人驾驶出租车 Robotaxi 或将于 2024 年发布。按照特斯拉官方测算，Robotaxi 出行成本低至每英里 0.18 美元以下，远低于目前的出行费用（如深圳滴滴快车每公里收费 2-2.5 元，折合传统/拼车每英里 0.5-0.7 美元），Robotaxi 落地空间广阔。马斯克预计每辆 Robotaxi 每年可带来超 3 万美元的利润，可连续载客 11 年。B2C 模式增加特斯拉配 FSD 车型出货量，

C2C 模式提升客户订购率，Robotaxi 落地后，FSD 渗透率有望持续上行。

智能化在汽车产业链的核心变化（上游基建、中游车端、下游运营）

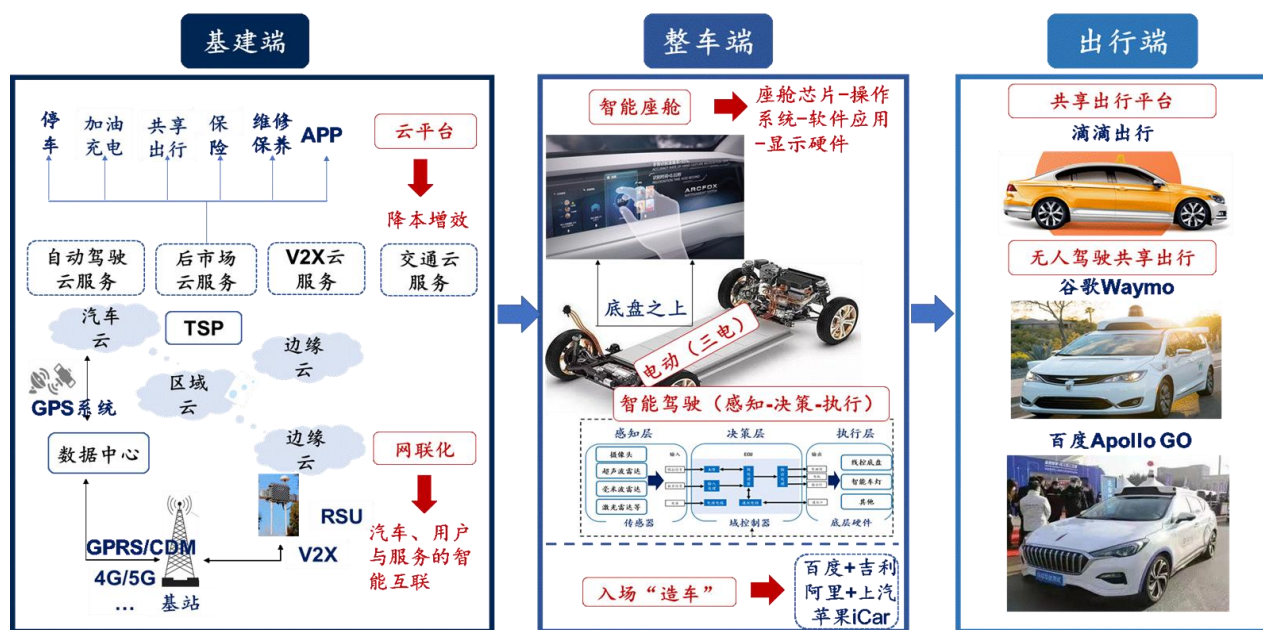
核心：智能化在汽车产业链的核心变化主要体现在三个部分：上游基建（算力-智算中心）、中游车端（架构、硬件、软件）、下游运营（Robotaxi 等）。

1) **上游基建端（算力-智算中心）**，随智能驾驶等级提升，数据计算量增大，算力要求提高，为匹配数据量增长并做好后续大规模数据训练准备，部分公司开始布局智算中心。

2) **中游车端（架构、硬件、软件）**，智能化在车端的核心变化主要体现在三个部分：架构（分布-集中）、硬件（感知-决策-执行部件）、软件（BEV+Transformer、端到端大模型）。架构方面，智能驾驶时代，车辆电子电气架构从分布式-域集中式（功能域）-跨域融合-中央架构。硬件方面，我们认为在大模型落地及高阶自动驾驶加速上车的趋势下，越来越多的车企传感器方案重心会向视觉倾斜，会有更多的 800 万像素摄像头上车；同时 1000+TOPS 的大算力域控制器数量增多，底盘端线控制动和线控转向渗透率也将提升。与智能驾驶相关的汽车零部件，主要围绕感知（摄像头、雷达等）、决策（域控制器）、执行环节（线控底盘）进行布局。软件方面，大模型助力，实现硬件成本下降+城区 NOA 落地，目前特斯拉、momenta（感知+规划端到端及 one-model 端到端两条线）率先实现模型落地，国内华为、小鹏、理想均已实现感知及规划端到端（神经网络覆盖），小米、大疆等玩家暂时停留在感知端到端阶段。

3) **下游运营端（Robotaxi 等）**，从智能驾驶商业模式角度，我们认为除自动驾驶软件包（FSD 等）外，Robotaxi 也为潜在的应用方式之一，新势力（特斯拉、小鹏等）依靠着其先进的自动驾驶技术迅速获得政策批准开始积累路测里程，并有望在 2025 年之前开始商业化探索。

图30：智能化在汽车产业链的核心变化（上游基建、中游车端、下游运营）



资料来源：汽车之家，国信证券经济研究所整理

从数据流的角度看未来汽车核心要素，数据流从获取、储存、输送、计算再应用到车端实现智能驾驶、应用到人端通过视听触等五感进行交互，数据流方向在车端涉及到的变化涵盖架构（汽车电子电气架构）、硬件（传感器、域控制器、线束、线控制动、空气悬架等）、软件（大模型）。

图31：从数据流的角度看未来汽车核心要素



资料来源：汽车之家，国信证券经济研究所整理

上游基建-算力端：数据需求提升，部分公司布局智算中心

当前的智能驾驶模型普遍基于深度学习构建，前期输入大量数据训练模型，使得模型具备类似人类驾驶员的感知、规划、执行能力，并通过训练矫正其行为。同时考虑现实存在 corner case，智能驾驶模型上车后也需要不断接收用户数据或使用仿真数据对模型迭代训练。随智能驾驶等级提升以及越来越多的大模型算法上车，数据计算量增大，算力要求提高，为匹配数据量增长并做好后续大规模数据训练准备，部分公司开始布局智算中心。

根据国家信息中心定义，智算中心是智能时代面向社会全域多主体的新型公共基础设施，集算力生产供应、数据开放共享、智慧生态建设和产业创新聚集四大功能于一体，为有海量数据存储、处理、分析及应用支撑需求的各类场景提供载体支撑，提供包括生产、聚合、调度、释放算力四个环节能力；1）生产算力，基于强大服务器和多种算力芯片，对智能驾驶模型提供数据处理、训练；2）聚合算力，采用最新网络和存储技术实现文件、对象、块、大数据存储服务一体化及同一架构上不同应用件数据融合，并在需要时将数据高效传出；3）调度算力，基于智能驾驶系统对算力的需求特点，通过虚拟化、容器化等技术，CPU、GPU、FPGA、ASIC 等算力资源进行标准化和细粒度切分，满足多样化需求，保障系统开发和业务的高效运行。4）释放算力，采用全流程软件工具，针对不同场景应用需求，通过机器学习自动化的先进方法产出高质量模型或服务。

图32: 智能计算中心总体架构图



资料来源：《智能计算中心规划建设指南》，国信证券经济研究所整理

智算中心建设周期长，初始投资大，主机厂出于算力需求开始建设。但是高阶智能驾驶模型尤其是端到端模型数据计算量巨大，部分有实力的主机厂及企业已经开始布局。参考佐思汽车信息，2023年1月，吉利汽车的星睿智算中心正式上线，总投资10亿元，规划机柜5000架。该中心目前的云端总算力达81亿亿次每秒，预计到2025年，算力规模将扩充到120亿亿次每秒；覆盖包括智能网联、智能驾驶、新能源安全、试制实验等业务领域，提升吉利整体20%研发效率。特斯拉的dojo超算中心进一步提升其综合业务能力（智算中心是CPU+AI芯片，针对特定的人工智能行业赋能；超算中心采用CPU+GPU的芯片架构，可针对行星模拟、工程仿真等多种领域实现通用化大精度计算赋能）。

表15: 目前汽车行业的智算中心建设情况

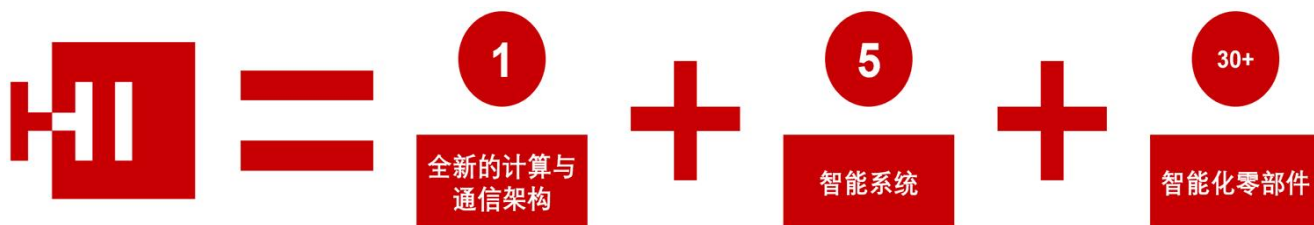
公司分类	公司名称	智算中心	发布时间	芯片	算力
自动驾驶公司	毫末智行	雪湖·绿洲智算中心(与火山引擎联合)	2023.01	/	670PFLOPS
	浪潮	淮海智算中心(与宿州市政府合作)	2022.07开工, 暂未建成	多元异构AI芯片结构, 接入国内外十余款芯片, 支持多元芯片融合	300PFLOPS
供应商	商汤	上海AIDC	2022.01	/	总算力4910PFLOPS(目前投入使用1期为3740PFLOPS)
	百度	百度智能云-昆仑芯(盐城)智算中心	2022.05	自研昆仑芯	200PFLOPS
	华为	百度阳泉智算中心	2022.12	/	4EFLOPS
	华为	Atlas 900 AI集群	2019.9	数千个自研昇腾910, 单个算力320TFLOPS	256~1024PFLOPS
主机厂	特斯拉	基于英伟达GPU的大型超算Dojo(自研)超算中心	2021.6	5760个英伟达A100, 单个算力312TFLOPS	1.8EFLOPS
	小鹏	扶摇智算中心(与阿里云联合打造)	2021.08	3000个自研D1芯片, 单个算力362TFLOPS	1.1EFLOPS
	吉利	星睿智算中心	2022.08	/	600PFLOPS
	吉利	星睿智算中心	2023.01	/	810PFLOPS

长安汽车	长安人工智能数据中心（与百度合作）	2023. 08	/	142PFLOPS
蔚来	蔚来（合肥智算中心）	/	/	/
比亚迪	云辇智算中心	2023. 4	/	/
上汽智己	云上数据超级工厂	/	/	助力智己汽车全域智能的持续进化

资料来源：佐思汽研、各公司官网、36 氪，国信证券经济研究所整理

参考华为智能汽车解决方案品牌 HI 对于智能汽车核心理念，HI 包含了 1 个全新的计算与通信架构和 5 大智能系统，以及激光雷达、AR-HUD 等 30 余款智能化部件，提供了 3 大计算平台和 3 大操作系统，既代表技术创新，也代表商业模式的创新。因此，我们认为，智能化在车端的核心变化主要体现在以下三个部分：1) 架构（分布-集中）；2) 硬件（感知-决策-执行部件）；3) 软件（BEV+Transformer、端到端大模型）。

图33：华为 HI 的内容总结



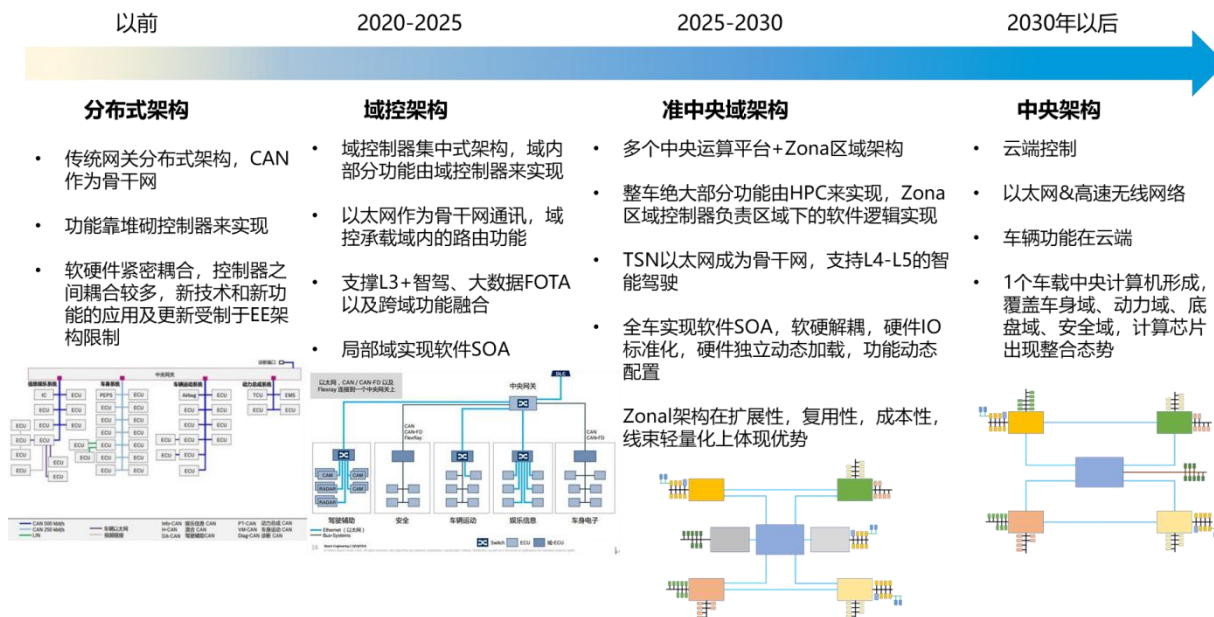
资料来源：华为智能汽车解决方案，国信证券经济研究所整理

车端-架构：分布式-集成式，实现 L3 的技术底层需要电子电气架构变革

汽车电子电气架构奠定车辆底层框架。汽车电子电气架构（Electronic and Electrical Architecture，文中简称 EEA）是由车企所定义的一套整合方式，类似于人体结构和建筑工程图纸，也就是搭了一副骨架，需要各种“器官”、“血液”和“神经”来填充，使其具有生命力。具体到汽车上来说，EEA 把汽车中的各类传感器、ECU（电子控制单元）、线束拓扑和电子电气分配系统完美地整合在一起，完成运算、动力和能量的分配，实现整车的各项智能化功能。

智能驾驶时代，车辆电子电气架构从分布式-域集中式（功能域）-跨域融合-中央架构。

图34: 汽车电子电气架构演变趋势



资料来源：佐思汽车研究，博世，国信证券经济研究所整理

1) **分布式**：主要用在 L0-L2 级别车型，此时车辆主要由硬件定义，采用分布式的控制单元，专用传感器、专用 ECU 及算法，一个功能对应一个 ECU、线束布局复杂，不同 ECU 不能协同、算力浪费，不同 ECU 由不同供应商开发、软件难以复用专用传感器、专用 ECU 及算法。

2) **域集中式（功能域）**：即域控制器集中式架构，其出现的背景在于随着车载传感器数量越来越多，传感器与 ECU 一一对应使得车辆整体性能下降，线路复杂性也急剧增加，同时分布式 ECU 架构在自动驾驶功能实现上面临诸多技术瓶颈，此时 DCU（域控制器）和 MDC（多域控制器）应运而生，以更强大的中心化架构逐步替代了分布式架构。其结构特点在于由多个 ECU 合并成一个域控制器，从 L3 级别开始，【跨】域集中电子电气架构走向舞台，通过域控制器的整合，分散的车辆硬件之间可以实现信息互联互通和资源共享，软件可升级，硬件和传感器可以更换和进行功能扩展。

图35: 分布式电子电气架构

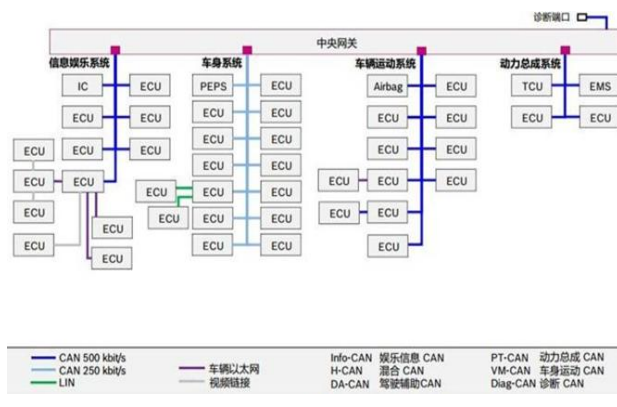
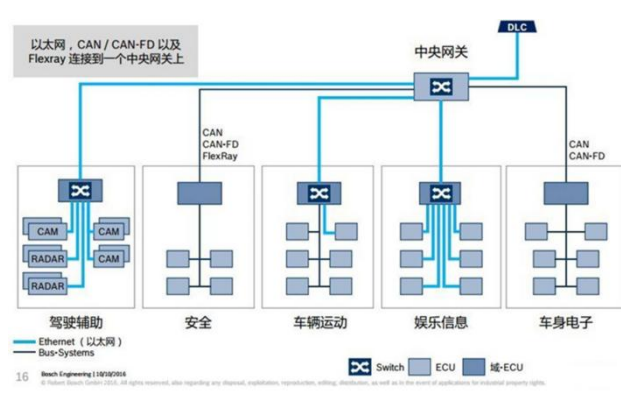


图36: 博世 DCU 电子架构



资料来源：博世，国信证券经济研究所整理

资料来源：博世，国信证券经济研究所整理

表16: 域控制器 DCU 有效解决分布式 ECU 架构的技术瓶颈

计算平台	分布式 ECU	域控制器 DCU
通讯网关	CAN 总线	以太网
传输速度	10kbit/s-124kbit/s (CAN-FD 最大 8Mbps)	10Gbit/s-100Gbit/s
通讯性能	总线负载率高，信号在自网络中重复发送	高带宽、低延时、低成本
协同性	各 ECU 独立运转，协同性差	域内统一连接控制、跨域协同
硬件数量	ECU 数量近百个、硬件成本和能耗大、占据大量空间	ECU 数量大幅下降、能耗下降、空间节省
算力冗余	算力冗余大，浪费严重	域内算力有效利用，核心计算性能大幅提升
OTA 升级	大量分离嵌入式 OS 和应用程序 FirmWare 由不同 Tier1 提供，导致没法统一维护和 OTA 升级	统一管理与信息交互，便于 FOTA、SOTA 升级
集成验证难度	集成验证难度大，复杂功能难以开发	复杂功能开发难度大幅下降

资料来源：博世，盖世汽车，国信证券经济研究所整理

表17: 汽车 L1-L5 升级过程中控制器逐渐集成化

级别	架构类型	说明	ECU 数量（豪华车，个）
L1	分散式	以往的做法	100
L2-3	部分域集中化	按照域和功能将 ECU 加以整合	60-80
L4-5	区集中化	按照所处位置将不同域的 ECU 加以整合	30-60
L4-5	域集中化	整合为 1-5 个域控制器和 15-40 个区控制器，对所有域和区具有完全控制能力	20-45

资料来源：Aptiv，国信证券经济研究所整理

2021-2022 年大部分主机厂已实现域控集中式架构量产，典型代表为长城 GEEP3.0 架构、小鹏的 EEA 2.0 架构等。这个阶段会出现五大功能域，也就是动力域、底盘域、车身域、座舱域、自动驾驶域。现阶段按产品属性，可将五大域分为传统域与智能域。传统域包括动力总成域、底盘域和车身域，对算力要求较低；智能域包括座舱域和智驾域，对算力要求较高。过去两年，在智驾和智舱两个核心板块，已基本实现了域内融合：据盖世汽车研究院配置数据显示，2023 年中国市场份额座舱域控前装标配交付量达到 347.6 万套，搭载率提升到 16.5%；智驾域控前装交付量为 183.9 万套，搭载率提升到 8.7%。

表18: 五大类型域控制器产品特点

类型	动力域	底盘域	车身域	座舱域	驾驶域
功能简介	主要用于动力总成的优化与控制，也就是对发动机/变速器/电机/电池等主要系统单元进行相关功能的控制	主要负责汽车行驶控制，包括助力转向系统 EPS、车身稳定系统 ESC、电动刹车助力器、安全气囊控制新系统、空气悬架、车速传感器等	主要功能包括传统 BCM 功能、PEPS（无钥匙进入和启动）、车窗控制、天窗控制、空调模块、座椅模块等	实现一芯多屏等座舱功能，实现 HUD、仪表盘、导航等部件的融合	使车辆具备多传感器融合、定位、路径规划、决策控制的能力，通常需要外接多个摄像头、毫米波雷达、激光雷达等设备，以及图像识别、数据处理等
芯片要求	32 位 MCU 芯片	32 位 MCU 芯片	32 位 MCU 芯片	高性能 CPU 芯片	高性能 AI 芯片
运算能力	要求较低	要求较低	要求较低	40-200K DMIPS	20-1000Tops
功能安全	ASIL-C/D 安全等级	ASIL-D 安全等级	ASIL-B/C 安全等级	ASIL-B/C 安全等级	ASIL-D 安全等级
核心壁垒	1) 发动机 ECU 基本被垄断，自主开发能力较弱 2) 混动系统控制策略及持续升级的排放法规达成策略开发 3) 符合 Autosar 软件架构 4) 通信、诊断、功能安全	1) 集成驱动/制动/转向整体控制算法，协同控制能力 2) 符合 Autosar 软件架构 3) 通信、诊断、功能安全	1) 有较强的传统 BCM 开发经验，如车窗模块及空调等模块的开发能力 2) 较强的硬件集成能力 3) 符合 Autosar 软件架构 4) 通信、诊断、功能安全	1) CPU 芯片及外围电路硬件集成能力 2) 操作系统/中间件层软件的开发及应用能力 3) 通信、诊断、功能安全	1) GPU/CPU/NPU/MCU 等多芯片硬件集成能力 2) 实时操作系统/中间件软件的开发及应用能力 3) 通信、诊断、功能安全

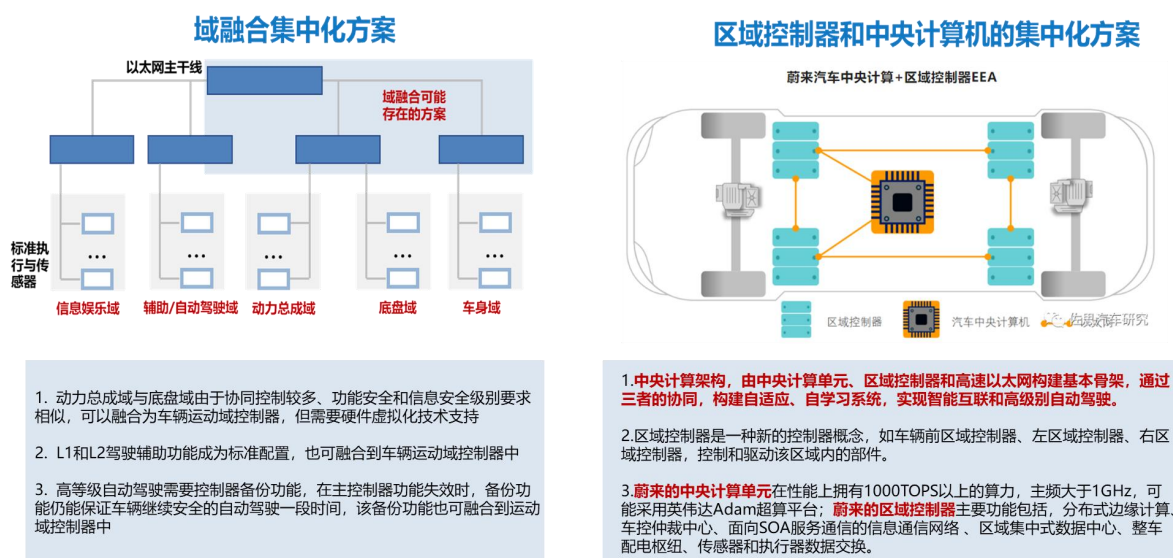
单车价值	较高	较高	一般	高	高
------	----	----	----	---	---

资料来源：汽车之家，盖世汽车，国信证券经济研究所整理

3) 跨域融合和中央计算阶段：

当前汽车行业整体站在了电子电气架构由分布式转向域集中式的档口。以功能区分的域控制器存在算力资源浪费和性能倾向性，而跨域融合方案和基于区域控制器和中央计算机的方案可以进一步降低线束数量，做性能的整合，降低物料成本的同时，提高域控制器性能的集成度。因而，主机厂也开始加码布局跨域融合和“区域控制器+中央计算机”方案。

图37：跨域融合、“区域控制器+中央计算机方案”是下阶段发展方向



资料来源：盖世汽车，佐思汽车研究，国信证券经济研究所整理

各大厂商对于域与域之间的协同合作有不同的侧重和做法，但发展思路均是先将

表19：跨域融合的设计思路

跨域融合	布局方式	相关案例
底盘域+车身域+动力域	底盘域、车身域和动力域融合成一个整车中央控制域	主机厂：大众、广汽、理想、极氪等经典三域融合架构，由整车中央控制域、智能座舱和智能驾驶域三域组成 Tier1：大陆、采埃孚、安波福等已推出车身、动力、底盘三域融合产品
底盘域+车身域	将车身域与座舱域融合	主机厂：吉利旗下亿咖通与百度 APOLLO 联合打造的吉利汽车 OS 将座舱域与整车控制域融合打通，实现人车交互、全车智控、边缘 AI、开放生态等四大功能。 Tier1：博泰车联网基于高通 8295 芯片布局座舱域和车身域融合
座舱域+智驾域	自动驾驶域和智能座舱域融合成另一个高性能计算单元	主机厂：上汽零束采用舱驾融合 HPC 与中央控制 HPC，配置四个区域控制器形成双域融合架构 Tier1：博世、创时智驾、中科创达等均计划推出舱驾合一方案
底盘域+智驾域	将底盘域与智能驾驶域融合成一个域控制器	主机厂：蔚蓝推出跨域融合的底盘域控制 ICC，将驾驶域控和底盘域控 ICC 所负责的系统相互结合
区域控制器+中央计算机方案	通过区域控制器+中央计算机方案实现跨域融合	主机厂：全球主机厂均在加紧研发区域控制器+中央计算机方案的架构 Tier1：博世、大陆、东软睿驰、德赛西威等已着手研发中央计算平台，为中央架构做准备

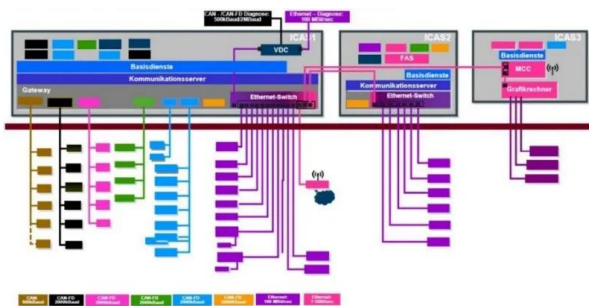
资料来源：佐思汽车研究，国信证券经济研究所整理

部分域的功能集成到一个高性能计算单元内，再逐渐聚合更多域的功能。当前形成了两种主流的跨域融合方案：按功能融合、按位置融合。

➤ 按功能融合：三域架构/舱驾一体

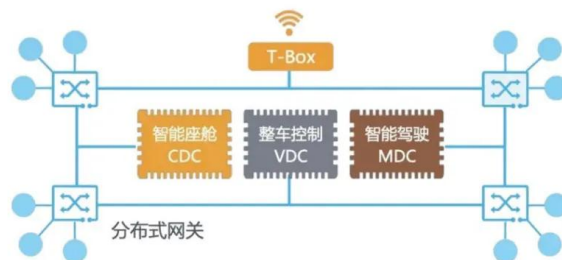
三域架构：动力域、底盘域和车身域逐步整合为整车控制域，进而构建了三域集中式架构，并朝着整车中央计算平台的发展方向迈进。三域架构一般将全车划分为车控域控制器、智能驾驶域控制器、智能座舱域控制器三大功能域，分别实现 车辆行驶、自动驾驶、信息娱乐等功能。大众 MEB 平台的 E3 架构、宝马 iNEXT 车型架构、华为 CC 架构等均属于此类。

图38：大众的 MEB 平台的 E3 架构



资料来源：盖世加速营，国信证券经济研究所整理

图39：华为 CC 架构

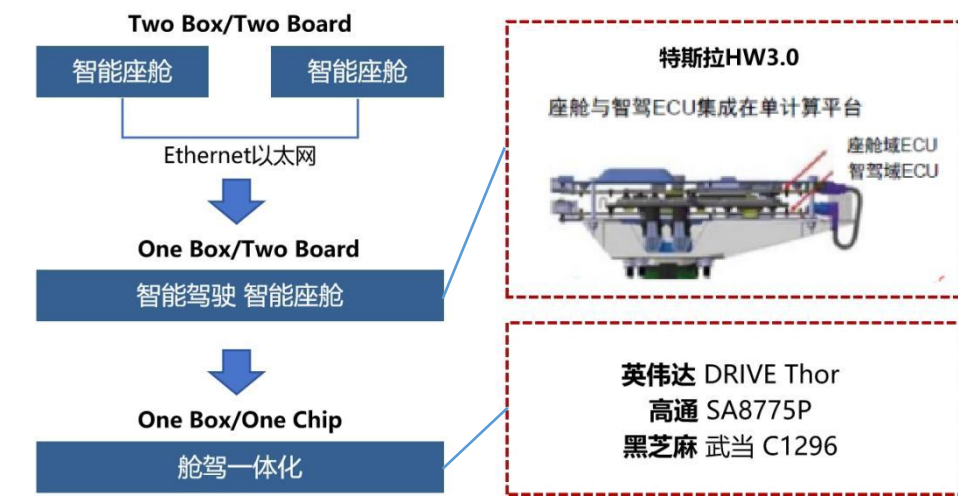


资料来源：盖世加速营，国信证券经济研究所整理

舱驾一体：在智能化驱动的行业风向中，各大厂商将域融合的研究重点放在了与用户智能化体验高度相关的舱驾一体之中。在域集中架构下，智驾域和座舱域虽然已经实现了域内融合，但这两个域之间仍然是彼此独立，整体是 Two Box、Two Board。而舱驾一体则致力于实现 One Box、One Board、One Chip，其中 One Chip 被普遍认为是舱驾融合的“终极方案”，即在一颗 SoC 芯片上同时运行智驾域和智舱域。但由于更高的系统集成度，导致单芯片舱驾融合在软件适配，以及硬件选型等方面相较于前两种方案要求也更高。受制于当前芯片和软件技术成熟度，出现了舱泊方案、舱行泊方案等过渡形式。

英伟达和高通相继推出面向中央计算架构的 DRIVE Thor 和 Snapdragon Ride™ Flex SoC（SA8775P），高达 2000TOPs 的算力使得在一颗芯片上同时部署智舱域和智驾域成为可能，舱驾融合由此拉开单 SoC 发展序幕。

图40：舱驾一体化 One Box、One Board、One Chip 示意图



资料来源：盖世汽车，国信证券经济研究所整理

表20: 主流车企/Tier1 舱驾一体产品

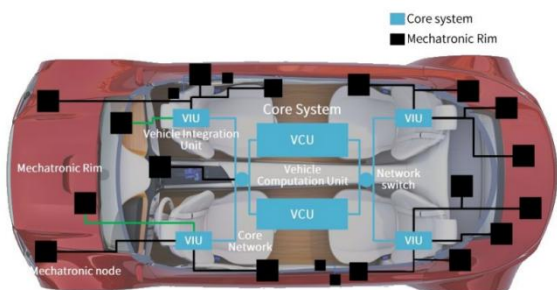
主机厂/Tier1	发布日	舱驾一体产品	芯片数量	SoC 方案	功能
特斯拉	-	中央计算单元 CCM	One Box	自研 FSD+AMD Ryzen	
零跑	2023 年 7 月	“四叶草”中央超算平台	One Box	英伟达 Orin-X+高通 SA8295+恩智浦 S32G (高配)	两颗芯融合四域，实现中央超算。用一个中央计算机，对智驾、座舱、车身、驾驶四大领域的功能实现统一管理。
小鹏	2023 年 10 月	XEEA3.5 架构平台	One Board	/	/
蔚来	2024 年 2 月	中央计算平台 ADAM	-	1 颗高通 SA8295P+4 颗英伟达 Orin X	
亿咖通	2023 年 3 月	ECARX Super Brain	-	芯擎科技龍鷹一号+黑芝麻智能 A1000	舱驾一体，实现 L2+功能。
	2023 年 3 月	ECARX Antora Series	-	2 颗芯擎科技龍鷹一号	可支持主流的「舱行泊」一体功能及基于 AI 大模型的功能开发。
博世	2024 年 4 月	单芯片的舱驾融合解决方案	One Chip	高通 SA8775	集成了高速 NOA、家庭区域泊车、A 大模型等智能座舱功能，总成本可降低 30%。
安波福	2024 年 4 月	国产系统级芯片舱行泊融合系统	One Chip	单颗国产 SoC 芯片	可实现座舱、ADA5、CMS 等功能的高度集成，支持 4K 60Hz 三联屏+2 路 CMS 屏幕 60Hz 显示。单芯片同时运行 Linux、QNX 和 Android 等不同操作系统，可以支持 L4 高级别自动驾驶需求
	2024 年 4 月宣布研发	舱驾一体平台	One Chip	英伟达 DRIVE Thor	
德赛西威	2024 年 5 月	ICPS01E 中央计算平台	One Chip	高通 SA8775	舱行泊一体功能，包括领航辅助驾驶功能及一体式交互智能座舱
	2022 年 4 月	ICP Aurora	-	英伟达 Orin-X+高通 SA8295P+黑芝麻 A1000	集成智能座舱、智能驾驶、网联服务等在内的核心功能域
四维图新	2024 年 4 月	NI in Car 舱行泊一体系统	-	杰发 AC8025+地平线征程 3 道、NOP Lite、ACC、AEB、APA、RPA、DMS 等功能，成本至少能降低 20%	采用 5V5R 传感器配置，可以实现 HWA 拨杆变道、NOP Lite、ACC、AEB、APA、RPA、DMS 等功能，成本至少能降低 20%
东软睿驰	2024 年 4 月	中央计算单元 X-Center2.0	One Chip	芯驰单颗 X90C	2.5K 的多连屏显示、AR-HUD 等主流座舱功能，以及高速 NOA、高速公路辅助驾驶 HWA、智能限速控制 15C、魔毯等 L2+级 ADAS
均联智行	2023 年 12 月	中央计算单元产品 (nCCU)	One Chip	单颗黑芝麻智能武当 C1296 芯片	包含多个域，支持座舱、智驾、网关、车身等功能的自由组合

资料来源：盖世汽车，高工智能汽车，焉知汽车，国信证券经济研究所整理

➤ 按位置融合：区集中式

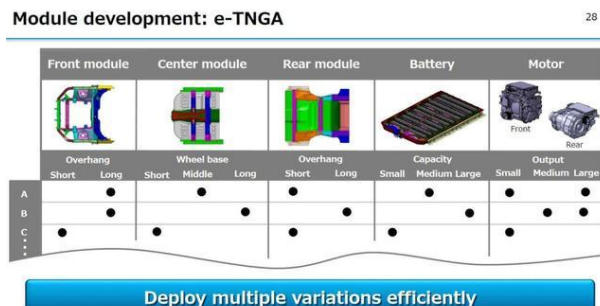
按照汽车的物理空间，将全车划分为多个区域，如左车身域、右车身域等。由于各处 ECU 均有区域控制器（zone ECU，ZCU）中继，再连接至中央计算机，线束数量能够大量减少，释放更多物理空间。特斯拉、沃尔沃、丰田等均属于此类。

图 41: 沃尔沃区集中式架构



资料来源：盖世加速营，国信证券经济研究所整理

图 42: 丰田 e-TNGA 架构



资料来源：丰田，国信证券经济研究所整理

表21: 主流车企电子电气架构特点

车企	推出时间	EE 架构名称	车型	架构硬件组成
特斯拉	2017	准中央架构	Model 3	分为 CCM (中央计算模块)、BCM FH (前车身控制模块)、BCM LH (左车身控制模块)、BCM RH (右车身控制模块)。
丰田	/	TNGA/e-TNGA 架构	/	中央集中 (负责计算和信息处理)+区域控制器 (多个) 相结合, 按物理空间将整车对称分为多个区域, 以太网通讯。
大众	2020	E3 1.1	ID 家族	车控、智驾、座舱三域划分
	2024	E3 1.2	MacanEV、Q6 e-tron	车控、智驾、座舱三域划分
	2025 (E)	E3 2.0	奥迪 Artemis	车控、智驾、座舱三域划分
理想	2021	LEEA1.0	理想 ONE	传统分布式 ECU 架构
	2022	LEEA2.0	理想 L9	三域融合架构, 中央控制域 (包含动力、车身和部分底盘的功能), 这里主要实现的是车身控制单元 (BCM) 和中央网关进行融合, 并且基于自动驾驶控制域 (英伟达 Orion*2) 和智能座舱控制器 (8155*2) 进行开发。
	2023	LEEA3.0 纯电平台	理想 L7	中央计算平台+区域控制架构。
小鹏	2018	EEA1.0	小鹏 G3	分布式架构
	2020	EEA2.0	小鹏 P5、P7	三域架构, 包括自动驾驶、座舱以及车身三域, 能够实现整车级 OTA 以及支持百兆以太网通信, 例如高速 NGP 功能、AVP 记忆泊车功能, 这些都是通过后续 OTA 升级推送的。
	2022	X-EEA3.0	小鹏 G9	中央计算平台+左右区域控制架构, 支持 XPIL0T4.0
蔚来	2023	X-EEA3.5	小鹏 G6	舱驾融合车载计算中心+域控制器架构
	/	第一代	ES8、ES6、EC6	分布式、独立 ECU
	/	第二代	ET5、ET7	五大功能域划分: 动力域、底盘域、座舱域、驾驶域、车身域
	/	下一代架构		中央计算平台是最高决策层, 四个区域控制器根据车的物理位置划分, 分配数据和电力
长城	2020	GEEP3.0	长城大多车型	四大域控制架构, 包括动力底盘域、车身域、座舱域和驾驶域
	2022	GEEP4.0	全新电动/混动平台, 并陆续扩展到全系车型	三域融合架构, 由中央计算平台 (CCU)、智能座舱模块 (HUT)、智能驾驶模块 (ICU), 及 3 个区域控制器 (VIU_L、VIU_R 以及 VIU_F) 组成
	2024	GEEP5.0	/	一个中央计算单元+五个区域控制器
广汽	2023	星灵架构	传祺 E8、昊铂 GT、昊铂 HT	三域融合架构, 由中央计算平台、智能驾驶模块、智能座舱模块、4 个区域控制器组成, 支持 L4
上汽	2022 年量产	零束全栈 1.0	智己、飞凡	三域融合架构, 中央计算 (车控及数据融合中心)+智能驾驶 (智驾控制中心)+智能座舱 (交互中心)+AIBox (算力拓展中心), 支持 L2.9+智驾
	计划 2025 年量产	零束银河全栈 3.0 方案	将率先搭载智己车型	中央计算+区域控制, 2 个高性能计算单元 (智能座舱、智能驾驶及智能驾驶冗余备份等)+4 个区域控制器 (实现各自不同区域的相关功能), 支持 L4+智驾
吉利	/	GEEA 2.0	吉利、领克、几何	三个功能域, 分为座舱、运动和能量 (底盘、动力等) 以及自动驾驶, 由各自的高算力 ECU 进行控制。
	2024	GEEA 3.0	银河 E5	中央计算平台架构
一汽红旗	2024	FEEA3.0	一汽红旗 E001、E202	通过中央计算+区域控制简化拓扑结构, 控制器数量减少 50%
沃尔沃	2015	SPA1	/	域控制器架构, 有信息娱乐、主动安全、底盘+发动机、车身四个域
	2022	SPA2	XC90 电动版	三域融合架构
长安	2022	C11A2.0	长安深蓝 EPA1 平台全系	三域融合架构

资料来源: 盖世汽车, 佐思汽车研究, 九章智驾, 电子发烧友, 新出行, 亿欧智库, 国信证券经济研究所整理 (注: 三域融合指的是将车身域、底盘域和动力域融合成中央控制域, 再与座舱域、驾驶域组成三域架构。)

车端-硬件: 感知-决策-执行层, 视觉成为感知系统重心, 域控算力升级

从硬件成本来看, 传统方案硬件成本 3 万元+, 特斯拉纯视觉方案成本节省 1-2 万。1) 国内常规城市 NGP 配置, 以小鹏 G6 为例, 目前小鹏 G6 Max 版搭载 31 颗传感器, 包括 12 颗摄像头+12 颗超声波雷达+5 颗毫米波雷达+2 颗激光雷达, 整车传感器+域控成本约 3 万元。2) 特斯拉纯视觉方案配置 (从 HW1.0-HW5.0), 以 2019 年推出的 HW3.0 为例, 传感器配置为: 8 摄像头, 1 毫米波雷达, 12 超声波雷达; 芯片配置为 3 颗自研 FSD 芯片。2021 年 5 月, 特斯拉取消毫米波雷达; 2022 年 10 月, 特斯拉取消 12 个超声波雷达 (明确表示从 2022 年 10 月开始, 面向北美、欧洲、中东和中国台湾制造交付的 Model 3 和 Y 都不再有超声波雷达, 2023

年开始面向全球交付的 Model S 和 X 也不再拥有超声波雷达）。

表22: 智能驾驶硬件价格水平

硬件品类	细分品类	单个价格（预计）
摄像头	120 万像素	100~200 元
	500 万像素	300~400 元
	800 万像素	400~500 元
毫米波雷达	3D 角雷达	200~300 元
	3D 前向雷达	400~500 元
	4D 毫米波雷达	1500~2000 元
激光雷达		5000~6000 元
超声波雷达		百元内
域控	L2	2000~3000 元
	L3	
	L4	5000+~10000+元

资料来源：九章智驾、斗牛财经、艾邦制造、豪恩汽电招股书、奥迪威招股书、佐思汽车研究、高工智能汽车，国信证券经济研究所整理

从硬件配置发展趋势来看，大模型及高阶自动驾驶落地催化硬件配置变革。我们整理了目前特斯拉和国内造车新势力的代表车型智能化配置，出于硬件预埋角度，虽然目前国内暂时无法落地高等级自动驾驶，蔚来等部分车企还是选择配置 30+ 颗传感器，其中包括 800 万像素摄像头，为后续高阶智能驾驶落地后 OTA 升级做足准备。我们认为在大模型落地及高阶自动驾驶加速上车的趋势下，越来越多的车企传感器方案重心会向视觉倾斜，会有更多的 800 万像素摄像头上车；同时 1000+TOPS 的大算力域控制器数量增多，底盘端线控制动和线控转向渗透率也将提升。

表23: 国内特斯拉和新势力代表性车型智能化配置

车企	车型	上市时间	ADAS 系统	传感器	自动驾驶芯片	芯片总算力	主要功能
特斯拉	Model 3	2021.12	Autopilot 3.0	前视摄像头*3；侧视摄像头*4； 后视摄像头*1；车内摄像头*1； 毫米波雷达*1；超声波雷达*12	FSD*2	144T0PS	自动辅助变道、自动辅助导航驾驶
	Model Y	2023.03（工信部申报时间）	Autopilot 3.0	前视摄像头*3；侧视摄像头*4； 后视摄像头*1；车内摄像头*1	FSD*2	144T0PS	自动辅助变道、自动辅助导航驾驶
蔚来	ES8 (2024 款)	2024.02	NIO Aquila	摄像头数量 11（7 颗 800 万像素 高清摄像头、4 颗 300 万像素 高感光环视专用摄像头）；超 声波雷达数 12；毫米波雷达数 5；激光雷达数量 1	NVIDIA Orin-X*4	1016T0PS	车侧盲区影像、360 全景影像、全速 自适应巡航、自动变道辅助、匝道自 动驶出（入）、高速路段导航辅助驾 驶、自动泊车（高配、标配）
	ET7 (2024 款)	2024.04	NIO Aquila	33 个感知硬件（包括 7 个 800 万像素高清摄像头、4 个 300 万 像素环视摄像头、1 个高精度激 光雷达、5 个毫米波雷达、12 个超声波雷达	NVIDIA Orin*4	1016T0PS	车侧盲区影像、360 全景影像、全速 自适应巡航、自动变道辅助、匝道自 动驶出（入）、高速路段导航辅助驾 驶、自动泊车（高配、标配）
	ES6 (2024 款)	2024.02	NIO Aquila	车外摄像头*11；车内摄像头 *2；超声波雷达*12；毫米波雷 达*5；激光雷达*1	NVIDIA Orin-X*4	1016T0PS	车侧盲区影像、360 全景影像、全速 自适应巡航、自动变道辅助、匝道自 动驶出（入）、高速路段导航辅助驾 驶、自动泊车（高配、标配）
	ET5 (2024 款)	2024.02	NIO Aquila	车外摄像头*11；车内摄像头 *2；超声波雷达*12；毫米波雷 达*5；激光雷达*1	NVIDIA Orin*4	1016T0PS	车侧盲区影像、360 全景影像、全速 自适应巡航、自动变道辅助、匝道自 动驶出（入）、高速路段导航辅助驾 驶、自动泊车（高配、标配）
	X9	2024.01	XPilot4.0	车外摄像头*11；车内摄像头 *1；超声波雷达*12；毫米波雷 达*3；激光雷达*2	NVIDIA DRIVE Orin*2	508T0PS	全场景智能辅助驾驶、AI 代驾、城市 NGP 智能导航辅助驾驶、LCC 车道居 中辅助（支持红绿灯启停）、VPA 停 车场记忆泊车（支持远距离跨楼层）
小鹏	G9	2022.09	XPilot4.0	车外摄像头*11；车内摄像头 *1；超声波雷达*12；毫米波雷 达*5；激光雷达*2	NVIDIA DRIVE Orin*2	508T0PS	自动泊车 APA、高速辅助驾驶、城区 辅助驾驶
	G6	2023.07	XNGP	最多 31 个感知元件，Pro 版包	NVIDIA DRIVE	508T0PS	城市 NGP 智能导航辅助驾驶、LCC 车

				括 12 个摄像头、12 个超声波雷 达、5 个毫米波雷达；Max 版加 2 个激光雷达	Orin*2		道居中辅助、高速自主变道、自主上 下匝道
P7i	2023. 09	XNGP		31 个感知元件，前向双激光雷 达、摄像头、毫米波雷达、超 声波雷达四重感知融合	NVIDIA DRIVE Orin*2	508TOPS	“全场景辅助驾驶”，包含高速 NGP、 城市 NGP、LCC 增强版以及其他智能 辅助行车等
L6 (2024 款)	2024. 04	理想 AD Pro/Max 系统		车外摄像头*11；车内摄像头 *1；超声波雷达*12；毫米波雷 达*1；激光雷达*1（高配）	低配：地平线征 程 5；高配：双 NVIDIA Orin-X	低配： 128TOPS；高 配：508TOPS	全速自适应巡航、自动变道辅助、匝 道自动驶出（入）、高速和城市路段 导航辅助驾驶、自动泊车、巡迹倒车、 记忆泊车、自动代客泊车（高配）
MEGA	2024. 03	理想 AD Max 系统*2		车外摄像头*12；车内摄像头 *2；超声波雷达*12；毫米波雷 达*1；激光雷达*1	NVIDIA DRIVE Orin X*2	508TOPS	360 全景影像、全速自适应巡航、自 动变道辅助、匝道自动驶出（入）、 高速和城市路段导航辅助驾驶、自动 泊车、记忆泊车、自动代客泊车
L7 (2024 款)	2024. 02	理想 AD Pro/Max 系统		车外摄像头*11；车内摄像头 *2；超声波雷达*12；毫米波雷 达*1；激光雷达*1（高配）	低配：地平线征 程 5；高配：双 NVIDIA Orin-X	低配： 128TOPS；高 配：508TOPS	360 全景影像、全速自适应巡航、自 动变道辅助、匝道自动驶出（入）、 高速和城市路段导航辅助驾驶、自动 泊车、记忆泊车、自动代客泊车（高 配）
L8 (2024 款)	2024. 03	理想 AD Pro/Max 系统		车外摄像头*11；车内摄像头 *2；超声波雷达*12；毫米波雷 达*1；激光雷达*1（高配）	低配：地平线征 程 5；高配：双 NVIDIA Orin-X	低配： 128TOPS；高 配：508TOPS	360 全景影像、全速自适应巡航、自 动变道辅助、匝道自动驶出（入）、 高速和城市路段导航辅助驾驶、自动 泊车、记忆泊车、自动代客泊车（高 配）
L9 (2024 款)	2024. 03	理想 AD Pro/Max 系统		车外摄像头*11；车内摄像头 *2；超声波雷达*12；毫米波雷 达*1；激光雷达*1	低配：地平线征 程 5；高配：双 NVIDIA Orin-X	低配： 128TOPS；高 配：508TOPS	360 全景影像、全速自适应巡航、自 动变道辅助、匝道自动驶出（入）、 高速和城市路段导航辅助驾驶、自动 泊车、记忆泊车、自动代客泊车（高 配）
M5 激光雷 达版	2023. 04	ADS 2.0		车外摄像头*11；车内摄像头 *1；超声波雷达*12；毫米波雷 达*1；激光雷达*1	昇腾	200TOPS	高速、城区高阶智能驾驶
新 M7 智驾 版	2023. 11	ADS 2.0		1 个顶置激光雷达、3 个毫米波 雷达、11 个高清视觉感知摄像 头及 12 个超声波雷达	/	/	高速、城区高阶智能驾驶
M9 (2024 款)	2023. 12	HUAWEI ADS		车外摄像头*11；车内摄像头 *2；超声波雷达*12；毫米波雷 达*3；激光雷达*1	/	/	车侧盲区影像、360 全景影像、全速 自适应巡航、自动变道辅助、匝道自 动驶出（入）、高速路段导航辅助驾 驶、自动泊车、巡迹倒车、记忆泊车 （高配、标配）
小米 SU7	2024. 03	Xiaomi HyperOS		车外摄像头*11；车内摄像头 *1；超声波雷达*12；毫米波雷 达*3；激光雷达*1（高配）	低配：NVIDIA DRIVE Orin；高 配：双 NVIDIA Orin-X	低配： 84TOPS；高 配：508TOPS	车侧盲区影像、360 全景影像、全速 自适应巡航、自动变道辅助、匝道自 动驶出（入）、高速和城市路段导航 辅助驾驶、自动泊车（高配、标配）

资料来源：九章智驾，搜狐汽车，汽车之家，公司官网，懂车帝，国信证券经济研究所整理

与智能驾驶相关的汽车零部件，主要围绕感知、决策、执行环节进行布局。

表24：电动、智能增量零部件赛道选择

	当前渗透率	单车价值量（元）	起配节点	上市公司
车载摄像头	57%	3000	2020 年之前	舜宇光学、联创电子、德赛西威、豪恩汽电等
激光雷达	4%	6000-10000+	2022 年	速腾聚创、禾赛科技、炬光科技、长光华芯、永新光学、腾景 科技、天孚通信等
自动驾驶域控制器	13%	5000-10000+	2021 年	德赛西威、科博达、均胜电子、华阳集团、经纬恒瑞等
HUD（抬头显示）	7%	1000-4000	2021 年	华阳集团
HUD 前挡玻璃	7%	400-600	2021 年	福耀玻璃
全景天幕（不含调光）	5%	1000-2000	2021 年	福耀玻璃
调光天幕	0%	3000	2022 年	福耀玻璃
ADB 车灯	7%	4000	2022 年	星宇股份
DLP 车灯	<1%	10000	2023 年	星宇股份
氛围灯	<5%	1000	2021 年	科博达、星宇股份
车载声学（功放）	<20%	1000	2021 年之前	上声电子、华阳集团
线控制动	38%	2000	2022 年	伯特利、亚太股份、拓普集团等
线控转向	0%	3000	研发阶段	耐世特

空气悬架	3%	10000	2023 年	中鼎股份、保隆科技、天润工业、拓普集团
多合一电驱动	<30%	20000+	2021 年之前	巨一科技、英搏尔、精进电动、汇川技术、大洋电机、正海磁材
多合一小三电	<30%	2000	2021 年之前	欣锐科技、麦格米特等
新能源热管理	<30%	5000-8000	2021 年之前	三花智控、银轮股份、拓普集团等
一体化压铸	<5%	>10000	2022 年	文灿股份、广东鸿图、爱柯迪、旭升股份、泉峰汽车、立中集团、永茂泰、力劲科技、合力科技等
高压、高速线束及连接器	<30%	3000+	2021 年之前	沪光股份、瑞可达、永贵电器、电连技术、中航光电等
汽车座椅（存量部件）	100%	4000-7000	2021 年起国产化加速	继峰股份、天成自控、上海沿浦
安全气囊（存量部件）	100%	1000+	2021 年起国产化加速	松原股份、均胜电子

资料来源：，高工智能汽车，盖世汽车，国信证券经济研究所整理

● 感知层

1) 摄像头

视觉逐渐成为感知系统重心，摄像头像素水平提升。车企摄像头方案相对雷达优势显著，一方面感知信息丰富，通过图像数据显示车道线、交通信号灯等多种信息，达到最接近人眼的感知效果；另一方面，摄像头从 1956 年开始在汽车应用，技术水平更为成熟、产业链更为完备。在大模型的助力下，图像感知数据的处理能力得到进一步提升，视觉在感知层优势越来越显著。特斯拉从 HW1.0 时期仅配备单个摄像头向三目前视、多路环视摄像头方案升级，目前国内新势力车型普遍采用 30+个传感器配置，摄像头占比约 40%。同时随自动驾驶技术进阶，摄像头素质同比提升，800 万像素的摄像头提供更好的成像效果、更远的探测距离及更大的视场角，2022 年开始大量 800 万像素摄像头搭载上车。理想 L9、蔚来 ES8 等车型单车配备 800 万像素摄像头数量达 6~7 个。

目前行业普遍采用的 11~12 颗摄像头+5 颗毫米波雷达+1~3 颗激光雷达方案的成本在 1.5 万元~2 万元水平，远期规模化量产，全无人驾驶下，车企 10~11 个摄像头+3 个 4D 毫米波雷达+2 个普通毫米波的传感器配置，成本有望降至 10000 元内。

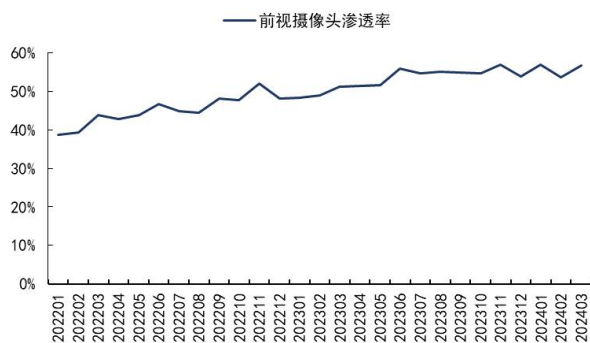
表25：特斯拉和国内新势力等车企摄像头数量增加

公司	早期车型	传感器配置	最新车型	传感器配置	高像素摄像头
特斯拉	2018 年 model s	7 个前摄像头+1 个前置毫米波雷达+12 个超声波雷达	2023 年 model s	12 个摄像头+1 个 4D 毫米波雷达	前视像素 540W
蔚来	2018 年 ES8	7 个摄像头+5 个毫米波雷达+12 个超声波雷达	2023 年 ES6	11 个摄像头+12 个超声波雷达+5 个毫米波雷达+1 个激光雷达	7 个 800 万像素；环视 4 个 300 万
小鹏	2018 年小鹏 G3	5 个摄像头+3 个毫米波雷达+12 个超声波雷达	2023 年 G6	12 个摄像头+12 个超声波雷达+5 个毫米波雷达+2 个激光雷达	前视双目 800 万
理想	2019 年理想 ONE	12 个超声波雷达+5 个高清摄像头+1 个毫米波雷达	2023 年 L9	12 个超声波雷达+6 个 8M 摄像头+5 个 2M 摄像头+1 个毫米波雷达+1 个激光雷达	前+环视 6 个 800 万

资料来源：各公司官网、汽车之家、投资者交流平台、潮电智库，国信证券经济研究所整理

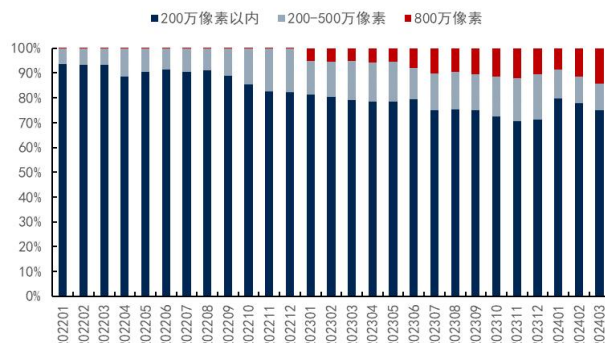
800 万像素摄像头占比持续提升。根据高工智能汽车数据，2024 年 3 月，乘用车前视摄像头渗透率为 56.8%，同比+5.5pct，环比+3.2pct，其中 800 万像素摄像头占比为 14.2%，同比+9.0pct，环比+2.9pct。2024 年 1-3 月，乘用车前视摄像头渗透率为 56.2%，同比+7.1pct，其中 800 万像素摄像头占比为 11.1%，同比+5.8pct。

图43: 2022年1月-2024年3月乘用车前视摄像头渗透率



资料来源: 高工智能汽车, 国信证券经济研究所整理

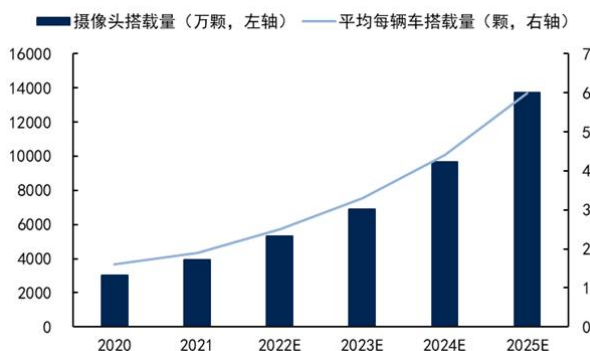
图44: 2022年1月-2024年3月乘用车前视摄像头分像素上险量占比



资料来源: 高工智能汽车, 国信证券经济研究所整理

摄像头市场规模: 参考盖世汽车数据, 随着摄像头在乘用车市场的持续渗透, 预计国内乘用车摄像头市场规模有望从 2021 年的 72.1 亿元增至 2025 年的 251.4 亿元, CAGR 分别为 37%。伴随着 ADAS 持续渗透, 摄像头单车需求量增加, 参考盖世汽车数据, 2022 年上半年中国乘用车平均每辆车搭载 2.3 颗 ADAS 摄像头, 预计 2025 年增长至 6 颗, 预计国内乘用车 ADAS 摄像头搭载量有望从 2021 年的 3935.7 万颗增至 2025 年的 13726.6 万颗, CAGR 为 37%, 预计国内乘用车摄像头市场规模有望从 2021 年的 72.1 亿元增至 2025 年的 251.4 亿元, CAGR 分别为 37%。

图45: 2020-2025E 中国乘用车 ADAS 摄像头搭载量



资料来源: 盖世汽车, 国信证券经济研究所整理

图46: 2020-2025E 中国乘用车 ADAS 摄像头市场规模

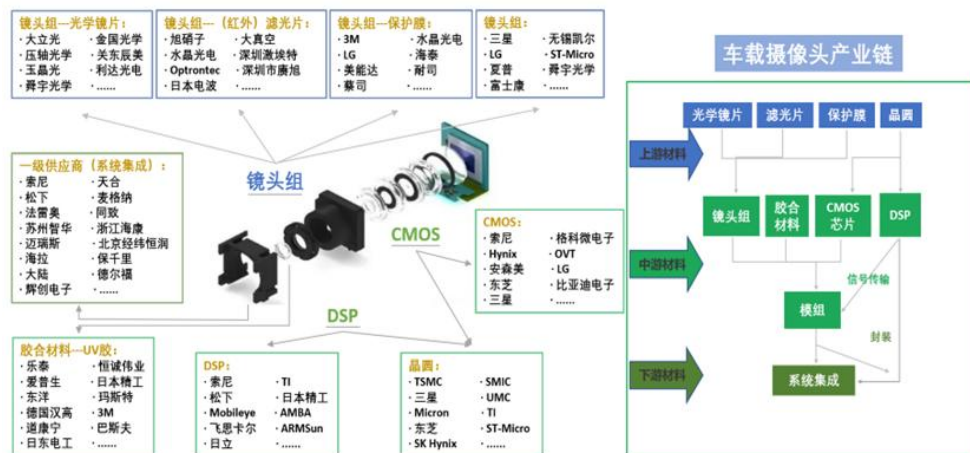


资料来源: 盖世汽车, 国信证券经济研究所整理

摄像头产业链: 摄像头上游原材料包括流光片、光学镜片、保护膜和晶圆, 中游元件主要由三部分构成: 镜头组、CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor, 互补金属氧化物半导体) 和 DSP (Digital Signal Process, 数字信号处理器), 三部分元件经过系统封装后形成摄像头, 投入市场。从硬件成本来看, 芯片、镜头和其他物料各占 1/3。从产业链企业布局看, 国内目前主要布局在镜头组, CMOS 与 DSP 相对较弱; 另外摄像头总成产品 Tier1, 国内布局公司包含德赛西威、华阳集团、豪恩光电等。

竞争格局: 摄像头供应商部分, 根据高工智能汽车数据, 2021 年中国市场乘用车前装标配摄像头 (行/泊 ADAS) 搭载量排名前十中, 作为本土供应商代表, 德赛西威、智华科技、比亚迪进入前十, 市场份额分别 8.3%、4.4%、4.1%。

图47: 车载摄像头产业链



资料来源: 盖世汽车, 国信证券经济研究所整理

2) 激光雷达

激光雷达对于实现高级别智能驾驶的必要性: 目前应用于环境感知的主流传感器产品主要包括摄像头、毫米波雷达、超声波雷达和激光雷达四类。总体来看, 摄像头在逆光或光影复杂的情况下视觉效果较差, 毫米波雷达对静态物体识别效果差, 超声波雷达测量距离有限且易受恶劣天气的影响, 因此单独依靠摄像头或毫米波雷达的方案去实现智能驾驶是存在缺陷的, 而激光雷达可探测多数物体(含静态物体)、探测距离相对更长(0-300米)、精度高(5cm), 且可构建环境3D模型、实时性好, 因而成为推进智能驾驶到L3级及以上的核心传感器。

从组成上看, 激光雷达主要由激光发射、激光接收、信息处理、扫描系统组成。

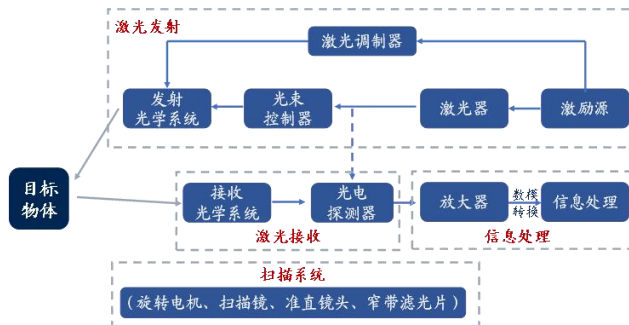
1) 激光发射系统: 激励源驱动激光器发射激光脉冲, 激光调制器通过光束控制器控制发射激光的方向和线数, 最后通过发射光学系统, 将激光发射至目标物体; 2) 激光接收系统: 经接收光学系统, 光电探测器接收目标物体反射回来的激光, 产生接收信号; 3) 信息处理系统: 接收的信号经过放大处理和数模转换后, 经过信息处理模块计算, 获取目标表面形态、物理属性等特性, 最终建立物体模型; 4) 扫描系统: 以稳定的转速旋转起来, 实现对所在平面的扫描, 产生实时的平面图信息。

图48: 激光雷达相比现有传感器的优势

现有传感器的局限性	激光雷达的优势
逆光、阴雨、夜晚等场景容易误检或漏检。	不受光线的干扰, 可全天候运作, 阴影、黑夜等对激光雷达的影响很小。
无法精准识别并定位静态障碍物。	不受物体运动状态限制, 可准确识别。
无法精准定位障碍物, 切入或切出识别较晚。	测距精度厘米级, 相对位置精确测量。

激光雷达与其他传感器并非替代关系, 而是需要与其他传感器融合来提高感知的精确度与安全性

图49: 激光雷达系统组成



资料来源: CSDN, 国信证券经济研究所整理

资料来源: 汽车人参考, 国信证券经济研究所整理

市场空间: 激光雷达价格伴随着技术方案朝半固态及纯固态的推进将有望持续下降, 激光雷达市场空间的打开将由市场需求量的激增持续推动。预计全球乘用车

激光雷达市场规模将由 2023 年的 720 亿元增至 2025 年的 1049 亿元, CAGR 为 21%; 预计国内乘用车激光雷达市场规模将由 2023 年的 208 亿元增至 2025 年的 312 亿元, CAGR 为 22%。

表26: 全球及国内乘用车激光雷达市场规模

	2021	2022	2023	2024E	2025E
乘用车销量					
全球乘用车销量 (万辆)	8143	8100	9000	9090	9181
YOY	5%	-1%	11%	1%	1%
我国乘用车销量 (万辆)	2148	2356	2606	2680	2734
YOY	6%	10%	11%	3%	2%
ADAS 渗透率					
L2+渗透率	2.50%	5%	8%	12%	18%
L3 渗透率	0.40%	1.50%	5%	8%	12%
L4 渗透率	0.10%	0.20%	1.00%	2.00%	4.00%
激光雷达需求量					
L3 级单车激光雷达需求量 (个)	2	2	2	2	2
L4 及 L5 级单车激光雷达需求量 (个)	4	4	4	4	4
激光雷达市场规模					
ASP (美元)	1500	1100	800	600	400
全球乘用车市场激光雷达市场规模 (亿元)	105	242	720	935	1049
YOY		131%	198%	30%	12%
国内乘用车市场激光雷达市场规模 (亿元)	28	70	208	276	312
YOY		155%	196%	32%	13%

资料来源: , 中汽协, marklines, 国信证券经济研究所整理

上市公司: 我们按照激光的路径对激光雷达上游主要零部件进行梳理, 总体来看可以分为电学芯片 (模拟芯片、FPGA)、光学部件 (准直镜、分束器、扩散片、透镜、滤光片)、收发部件 (激光器、探测器)。激光雷达电学芯片部分涉及的模拟芯片和 FPGA 芯片, 海外芯片龙头为行业领导者, 赛灵思的 FPGA 芯片应用于速腾聚创、禾赛科技等主流激光雷达厂商中。光学部件 MEMS 微振镜海外龙头 (滨松、mirrorcle 等) 技术成熟, 国内速腾聚创投资希景科技、禾赛科技和镭神智能自研 MEMS 微振镜; 其他光学器件比如准直镜、扩散片、分束器等已经非常成熟, 国内诸多厂商均有布局, 代表性厂商有舜宇光学科技、永新光学、腾景科技、蓝特光学、水晶光电、福晶科技、炬光科技等, 国内供应链成熟且具备成本优势, 有望乘激光雷达之风迎来新发展机遇。对于激光器和探测器, 国内供应商在产品的定制化上有较大的灵活性, 价格也有一定优势, 有望在收发模块开启国产替代, 其中激光器的代表性厂商有炬光科技、长光华芯、纵慧芯光、睿熙科技等, 探测器的代表性厂商有灵明光子、南京芯视界、芯辉科技、宇称电子、阜时科技等。

图50: 激光雷达上游主要零部件 (按照激光路径)

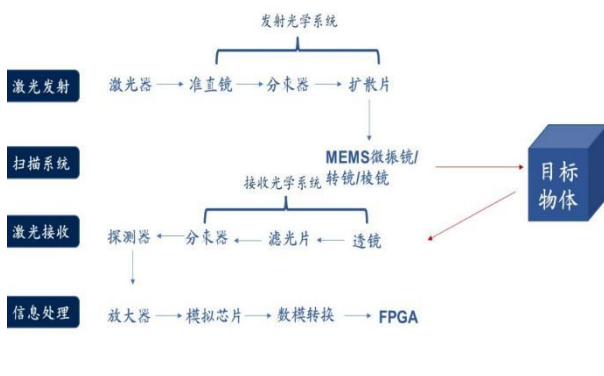
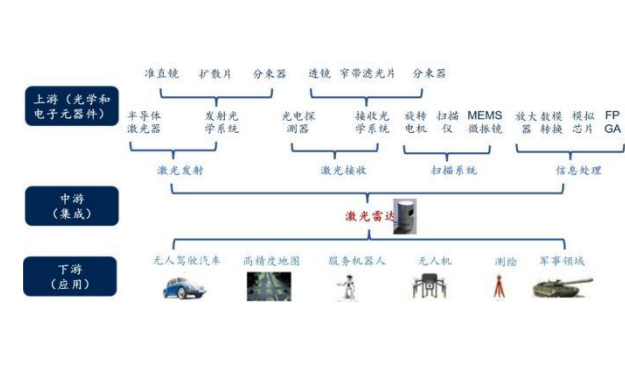


图51: 激光雷达产业链



资料来源：汽车人参考，国信证券经济研究所整理

资料来源：汽车人参考，国信证券经济研究所整理

表27: 电动、智能增量零部件赛道选择

产业链	分类	细分产品	国外企业	国内企业
上游供应商	激光发射	EEL (边发射激光器)	欧司朗、Lumentum、II-VI Finisar	长光华芯、炬光科技、瑞波光电子
		VCSEL (垂直腔面发射激光器)	欧司朗、Lumentum、Sense photonics、II-VI Finisar 等	长光华芯、纵慧芯光、睿熙科技、炬光科技
		光纤激光器	Lumibird	光库科技、昂纳科技、海创光电、镭神智能
	激光接收	APD 探测器	滨松	中电科 44 所
		SPAD 探测器	滨松、安森美、索尼、佳能	灵明光子、南京芯视界、芯辉科技、宇称电子、阜时科技
		SiPM 探测器	滨松、安森美	灵明光子、宇称电子、芯辉科技
	扫描系统	MEMS 微振镜	mirrorgle、滨松、microvision、Innoluce	OPUS、知微传感、希景科技、禾赛科技、镭神智能
		扫描镜旋转电机	lemoptix、滨松、mirrorgle、microvision	OPUS、知微传感
		镜头、滤光片、透镜等	Alluxa	舜宇光学科技、永新光学、腾景科技、蓝特光学、水晶光电、福晶科技、炬光科技、天孚通信、福特科、富兰光学、鑫巨宏智能科技
	信息处理	FPGA 芯片	Xilinx(赛灵思)、Intel (英特尔)、Actelis、ADI (亚德诺)、Lattice (莱迪思) 等	安路科技、紫光国芯、西安智多晶微电子、华微电子、高云半导体、京微齐力等
		模拟芯片	TI (德州仪器)、ADI (亚德诺)、skyworks (思佳讯)、恩智浦、美信、安森美和微芯等	矽力杰半导体、圣邦微电子、昂宝电子、富满电子、上海贝岭、士兰微
		数模转换器	NEC (日本电气)、瑞萨、ADI (亚德诺)、Wolfson (欧胜微电子)、TI (德州仪器)	云芯微电子、北京时代民芯科技、
		放大器	microchip (微芯科技)、TI (德州仪器)、ADI (亚德诺)、skyworks (思佳讯)、intersil	圣邦微电子
中游激光雷达生产商	激光雷达产品	机械式激光雷达	Velodyne、法雷奥、Waymo	速腾聚创、禾赛科技、镭神智能、北科天绘等
		转镜式激光雷达	法雷奥、Innovusion	禾赛科技、镭神智能、锐驰智光
		棱镜式激光雷达	/	大疆 livox
		MEMS 式激光雷达	Innoviz、Luminar、大陆、Pioneer、Blickfeld	速腾聚创、华为、镭神智能等
		Flash 式激光雷达	LeddarTech、Sense Photonics、大陆、Xenomatix 等	北醒光子
		OPA 式激光雷达	Quanergy、Analog Photonics、blackmore	力策科技
		FMCW 激光雷达	Aeva、Blackmore、Strobe、SiLCTechnologies、Bridger Photonics	光勺科技等
下游应用	应用领域	无人驾驶公司	GM Cruise、Ford Argo、Aurora、Zoox (2020 年被 Amazon 收购)、Navya、Waymo	小马智行、文远知行、Momenta、元戎启行等
		人工智能科技公司	谷歌	百度、商汤科技等
		出行服务提供商	Uber (优步)、Lyft	滴滴等
		高级辅助驾驶行业下游企业	世界各地的整车厂、Tier 1 公司及新势力造车企业	
		高精度地图	TomTom	百度、高德、四维图新
		机器人公司	uro、Deka Research、Canvas Build、Unmanned Solution	高仙、智行者、优必选、新石器、白犀牛等
		消费服务业巨头	/	阿里巴巴、美团、京东等

资料来源：各公司官网，禾赛科技招股说明书，佐思汽车研究，盖世汽车，汽车人参考，麦姆斯咨询，国信证券经济研究所整理

● 决策层

数据和算法要求提升，自动驾驶芯片算力持续提升（或从低于 100tps 到远期 1000tps）。一方面大模型及大型自动驾驶数据处理提出大算力需求；另一方面，高规格摄像头等传感器上车提供更多需要处理的数据，增加算力消耗，比如传统的 L1-L2 级自动驾驶，配备 120-200 万像素摄像头，只需要对车道检测等简单功能提供算力，而 800 万的高像素及 L2+高阶自动驾驶上车要求自动驾驶系统处理城区复杂路况、多交互场景的路口变道等情况，神经网络算法要求提升，域控制器算力需求进一步提升。根据 36 氪研究院整理数据，L2 级及以下智能驾驶算力需求通常为 10-100TOPS，而 L3 级算力需求为 100TOPS 以上，到 L4 级算力需求跃升至 1000TOPS 以上。

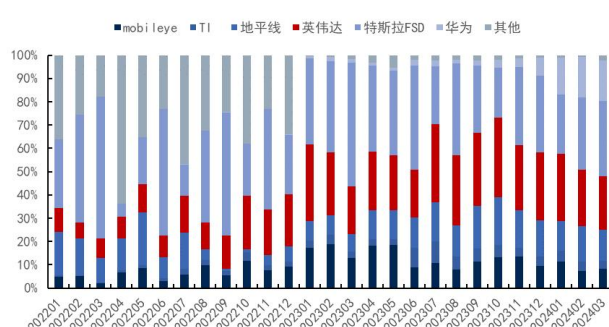
以华为为代表的自动驾驶芯片占比持续提升。根据高工智能汽车数据，2024 年 3 月，乘用车自动驾驶域控制器渗透率为 13.0%，同比+4.0pct，环比+2.7pct，其中英伟达、地平线、特斯拉 FSD、华为自动驾驶芯片占比分别为 22.8%、13.2%、32.4%、17.4%，同比分别变动+2、+6、-20、+16pct，环比分别变动-2、-2、+2、-0pct。2024 年 1-3 月，乘用车自动驾驶域控制器渗透率为 10.2%，同比+3.1pct，其中英伟达、地平线、特斯拉 FSD、华为自动驾驶芯片占比分别为 25.4%、13.4%、29.6%、16.8%，同比分别变动+3、+6、-13、+16pct。

图52：2022 年 1 月-2024 年 3 月乘用车自动驾驶域控制器渗透率



资料来源：高工智能汽车，国信证券经济研究所整理

图53：2022 年 1 月-2024 年 3 月乘用车自动驾驶域控制器分芯片方案上量占比



资料来源：高工智能汽车，国信证券经济研究所整理

对不同自动驾驶 SoC 芯片厂商布局进行梳理后，可以发现以下特征：1）从方案上来说，目前 CPU+GPU+ASIC、CPU+ASIC 为相对更主流的 SOC 芯片方案。2）从不同芯片厂商布局趋势来看，算力从低到高（个位数-十位数-百位数 tops），制程更加先进（十位数-个位数 nm），能效比持续提升。3）从算力和能效比角度看，对高算力（30Tops 以上满足 L3 级及以上要求）芯片进行排名，第一梯队的为英伟达、高通、地平线、华为，第二梯队的为 mobileye，第三梯队为黑芝麻、瑞萨、TI。英伟达 Orin N、Orin X、Thor、高通骁龙 Ride 8775、8650、地平线 J6、华为 MDC610/810 算力分别 84、254、2000、75、100、200+/400+Tops，英伟达 Orin X 能耗比 3.9；mobileye EyeQ6 Ultra、地平线征程 5、瑞萨 R-CAR V3U 算力分别 176、128（最高）、60Tops，其中地平线征程 6 今年量产。

表28: 自动驾驶 SoC 主要生产厂商及配套车企

方案	公司	SoC	量产时间	SAE 级别	制程 (nm)	SoC 算力 (TOPS)	功耗 (W)	能效比 (TOPS/W)	搭载车企/Tier1
“CPU+GPU+ASIC”方案	英伟达	Parker	2018	L2-L3	16	1	15	0.1	特斯拉、沃尔沃等
		Xavier	2020	L2-L3	12	30	30	1	小鹏、上汽等
		Orin N	2022	L2+-L5	7	84	-	-	腾势、小米
		Orin X	2022	L2-L5	7	254	45	3.9	小鹏、威马、蔚来、上汽智己、理想、小米
		Thor	2025 (E)	L4-L5	5	2000	-	-	比亚迪、小鹏和广汽埃安 Hyper
	特斯拉	HW 3.0	2019	L3	14	72/颗, 全车 144/2 颗	250	0.6	特斯拉
		HW 4.0	2023E	L4-L5	7	432	-	-	特斯拉
	高通	Ride SA8620	-	L1-L4	4	36	-	-	毫末智行、卓驭科技
		Ride SA8650	2024	L1-L4	4	50/100	-	-	通用、宝马、大众
		Ride SA8775	2024	L1-L4	-	72	-	-	卓驭科技、哪吒汽车、车联天下、华阳
	TI	TDA4VL	-	L2+	16	8	-	0.4-1.6	-
		TDA4VM	2021	L2+	16	8	-	0.4-1.6	奇瑞、吉利、领克
		TDA4VH	2023	L2+	16	32	-	-	宝骏、奇瑞
	瑞萨	R-CAR V3U	2023	L2	12	60	-	6-7.5	-
		R-CAR V4H	2024Q2	L2+/L3	-	34	-	-	-
	Mobileye	EyeQ3	2014	L1/L2	40	0.26	2	0.13	宝马、通用、上汽荣威、上汽大通等
		EyeQ4	2018	L2/L2+	28	2.5	6	0.4	宝马、大众、日产、福特、通用、本田等
		EyeQ5	2021	L2+/L3	7	24	10	2.4	吉利极氪、宝马、FCA
		EyeQ6 Light	2023	L1/L2	7	5	3	1.7	-
		EyeQ6 High	2024	L2+/L3	7	34	12.5	-	-
	“CPU+ASIC”方案	EyeQ6 Ultra	2025E	L4	5	176	<100	-	吉利极氪
		MDC300F	2019	商用车、作业车等封闭场景自动驾驶	-	64	-	-	北汽极狐、赛力斯、阿维塔 11、长城沙龙机甲龙、合众哪吒 S、比亚迪高端品牌车型、奇瑞高端品牌车型、广汽 Aion LX Plus、广汽 AH8 等
		MDC210	2020	L2+	-	48	-	-	
		MDC610	2020	L3/L4	-	200+	-	-	
		MDC810	2021	Robotaxi L4/L5+	-	400+	-	-	
		征程 2	2020	L2	28	4	2	2	奇瑞蚂蚁
		征程 3	2021	L2-L3	16	5	2.5	2	上汽荣威 RX5
		征程 5	2022	L4	16	128	30	4.3	理想、比亚迪、上汽集团、一汽红旗
		征程 6B/6L	2024	L2	7	10+	-	-	上汽集团、大众汽车集团、比亚迪
		征程 6E/6M	2024	中阶	7	80	-	-	理想汽车、广汽集团、深蓝汽车、北汽集团、奇瑞汽车、星途汽车、岚图汽车
		征程 6H/6P	2024	高阶	7	560	-	-	
“CPU+FPGA”方案	Waymo	Arria FPGA	2018	L4	-	>250	-	-	Waymo
		华山 A1000	2022	L2+/L3	16	58 (INT8) -116 (INT4)	18	>5 (INT8)	一汽集团、东风集团、吉利集团、江汽集团等, 量产车型包括领克 08、合创 V09、eπ007、江汽思皓等
		华山 A1000L	2022	L2/L2+	16	16 (INT8) -28 (INT4)	15	>5 (INT8)	
		华山 A1000Pro	2023	L3/L4	16	106 (INT8) -196 (INT4)	25	-	
	黑芝麻	A2000	-	L3+	7	250+	-	-	-
		武当 C1296	2024	L2+	7	-	-	-	一汽红旗、均联智及、风河、腾讯云、斑马智行
		武当 C1236	2024	L2+	7	-	-	-	
		Arria FPGA	2018	L4	-	>250	-	-	Waymo

资料来源: 各公司官网, 盖世汽车, 佐思汽车研究, 车东西, 焉知汽车, 匠歆汽车, 国信证券经济研究所整理

自动驾驶域控制器行业玩家包含传统外资 Tier1、本土 Tier1、互联网科技与软件公司、整车企业。1) 传统外资 Tier1, 基于底层芯片, 建设软件平台 (比如博世、采埃孚发布中间件), 向整车厂出售域控制器, 代表性厂商有采埃孚、博世、大陆等; 2) 本土 Tier1, 主要联合芯片厂商、软件公司和整车企业合作, 构建软

硬件一体的自动驾驶全栈解决方案，契合国内交通场景需求，代表性厂商有德赛西威、经纬恒润等；3) **互联网科技公司**，专注于自动驾驶技术软件平台，AI、算法能力突出，代表性玩家有 TTech（自动驾驶软件平台 MotionWise）；4) **车企**，特斯拉全栈自研 FSD。

图54：自动驾驶域控制器主流核心玩家优劣势

	代表企业	主要发展模式	优劣势
第一阵容： 传统外资Tier 1	BOSCH, Continental, DENSO, APTIV, ZF, veoneer, MAGNA, UAES, Visteon	- 自主研发：自动驾驶业务拆分，独立运营 - 深度扩张：基于硬件技术的基础，不断建设软件平台（如博世、采埃孚发布中间件，并成立独立的全球研究中心）	- 优势：整车架构和底盘技术积累丰厚，核心技术领先 - 劣势：业务线条复杂，本土化场景开发缓慢，灵活性不足
第二阵容： 本土Tier 1	德赛西威, 经纬恒润, 环宇智能, 知行数智, Fretech, ADAYO 华阳集团, Zong Mu, 创想智驾, HIGO 海商, NOVAUTO	产业深度合作：本土Tier 1主要联合芯片厂商、软件公司及整车企业合作	- 优势：更加契合国内交通场景应用需求，提供灵活性的定制化客户开发 - 劣势：核心软件、算法优势存在瓶颈，严重依赖海外企业
第三阵容： 互联网科技与软件公司	HUAWEI, Baidu 百度, 商汤, TTtech, 88 Elektrobit, 大疆创新, 映驰科技, Enjoy Move	自主研发：专注于自动驾驶技术软件平台，部分企业实现全栈技术布局	- 优势：AI、大数据算法等技术能力突出 - 劣势：平台需要跨车型整合，系统平台需突破互通性
第四阵容： 整车企业	TESLA, VW, 理想, 小鹏, 蔚来, 威马, 理想, 上汽等, NIO, 小鹏汽车, 理想汽车, 蔚来汽车	- 自主研发：特斯拉全栈式布局，蔚来、小鹏、威马、理想、上汽等，也已宣布将自研自动驾驶域控制器 - 深度合作：在软件算法，芯片领域进行合作	- 优势：整车控制能力与硬件能力技术强，用户痛点需求更加理解 - 劣势：多数企业自动驾驶计算平台、算法芯片依赖科技公司

资料来源：盖世汽车，国信证券经济研究所整理

表29：典型自动驾驶域控制器厂商及其量产情况

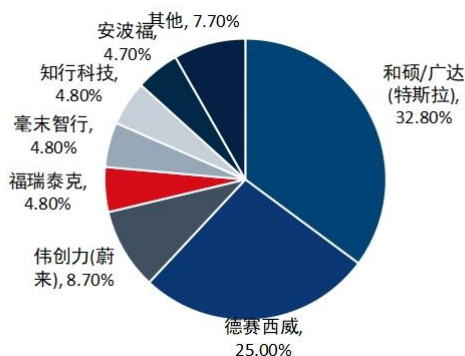
	主要企业	自动驾驶域控制器	芯片	AI 算力(TOPS)	量产情况
第一阵营： 传统外资Tier1	采埃孚	第四代采睿星 ProAI	英伟达、赛灵思	1500 TOPS	预计 2024 年量产，搭载奇瑞等车企
	博世	高阶智能驾驶解决方案	2 颗英伟达 Orin X	500	2024 年打造奇瑞星纪元车型量产
	大陆	ADCU	英伟达 Xavier	/	2021 年量产，搭载 ID.3 等车型
		/	地平线 J3、地平线 J5	/	预计 2024 年量产
	伟世通	SmartCore High 舱驾一体域控制器	SA8775	72	/
		SmartCore™多域融合控制器（舱泊一体）	SA8255	48	/
	安波福	单 SoC “舱行泊”一体化方案	地平线	/	/
第二阵营： 本土Tier1	Tttech	zFAS/iECU	英飞凌、英伟达、mobileye	/	奥迪
	德赛西威	IPU02、IPU03、IPU04	T1、英伟达 (Xavier、Orin)	最高 1016	IPU04 在 2022 年已量产，搭载于小鹏、理想等车型
	华阳集团	ADC02 行泊一体域控制器	地平线 J5	128	已获得多家车企定点
		舱泊一体域控制器	SA8255	48	样机已完成开发
		舱驾一体中央计算平台	SA8775	72	开发中，预计 2024H2 发布
	科博达	自动驾驶域控制器	地平线	/	已获得多个项目定点
	均胜电子	nDrive 系列	地平线	/	/
	豪恩汽电	高性能域控制器	/	/	正在研发
	华为	MDC210、MDC610、MDC810 等	昇腾系列芯片	200-400	2022 年量产，极狐、阿维塔、广汽、哪吒等

第三阵营： 互联网科技 公司	经纬恒润	ADCU 最新 HPC 产品	Mobileye EyeQ4 TI TDA4+Infineon TC397	/	2020 年量产，搭载红旗 E-HS9 等 已获得赢彻科技、宝能汽车等客户定点。	
	东软睿驰	中央计算单元 X-Center 2.0	1 颗 X9CC 芯片	40	/	
	福瑞泰克	ADC30 等	3 颗地平线征程 5 芯片、2 颗 TDA4VH 以及 2 颗英飞凌 TC397	最高 500+	已获一汽红旗定点，预计 2024 年量产	
	天准公司	TADC-J6E/M	地平线征程 6	80	预计 2024Q4 达到量产状态	
	百度	ANP3 Pro	英伟达 orin	254	预计 2023 年量产	
		ANP3 MAX	2 颗英伟达 orin	508	-	
	大疆车载	成行平台基础版 7V+32TOPS	/	/	已在多款量产车型上搭载，包括宝骏云朵、iCAR 03	
		成行平台升级版 7V+100TOPS	SA8650	100	已获得上汽大众、一汽大众定点	
		成行平台高配版 10V+100TOPS	SA8650	100		
	环宇智行	第五代 TITAN 域控制器	英伟达 orin	最高 1100	已量产	
	宏景智驾	基于 BEV 视觉技术的高阶智能驾驶系统方案	单 SoC	500	已在上汽、长城、奇瑞、江淮、比亚迪、合众等车企共计 30 个车型上实现量产和定点	
		单征程 3 行泊一体域控制器	单地平线 J3	/		
	布谷鸟科技	AWU405-无人车自动驾驶计算单元	英伟达 Orin	200	2022 年 Q4 已量产	
	知行科技	SuperVision	2 颗 EyeQ5H 芯片	48	2021 年搭载极氪车型量产	
		iDC Mid 域控制器	TI TDA4VM	/	2023 年量产，搭载奇瑞等	
		iDC High 域控制器	Hailo-8 AI 加速器和瑞萨 R-Car V4H SoC	100+	已获得包括国内头部车企和头部知名飞行汽车公司在内三家车企的定点，预计 2024 年量产	
	诺博科技	自研“舱驾一体”中央计算平台	/	/	诺博舱驾一体 iNest 智巢 3.0 智能座舱	
	第四阵营： 车企	创时智驾（上汽和 ITTech 合资）	创时智驾 iECU3.1	英伟达双 orin	508	2023 年起搭载智己车型量产
		特斯拉	FSD	自研 FSD 芯片	144	2019 年量产，配套特斯拉车型

资料来源: 各公司官网, 盖世汽车, 佐思汽车研究, 搜狐汽车, 国信证券经济研究所整理

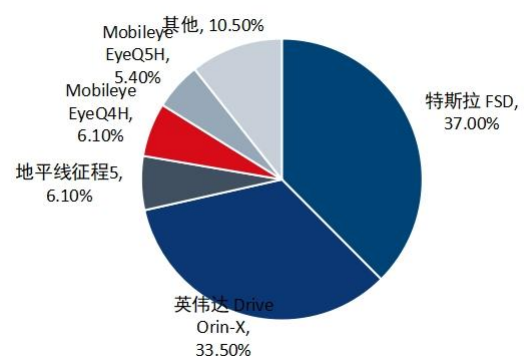
据盖世汽车研究院统计数据显示, 2023 年, 国内乘用车前装市场累计标配智驾域控 183.9 万套, 同比增长约 70%; 对应渗透率为 8.7%, 相较于 2022 年提升了 3pct。在第三方供应商中间, 则以德赛西威装机量最高。另外, 福瑞泰克、毫末智行、知行科技等本土企业也占据了相当的比例。

图55: 2023 年 1-12 月智驾域控供应商装机量排行



资料来源: 盖世汽车研究院, 终端销量数据, 国信证券经济研究所整理 (注: 不包含进口和选配, 单位: 套)

图56: 2023 年 1-12 月智驾域控芯片搭载量排行



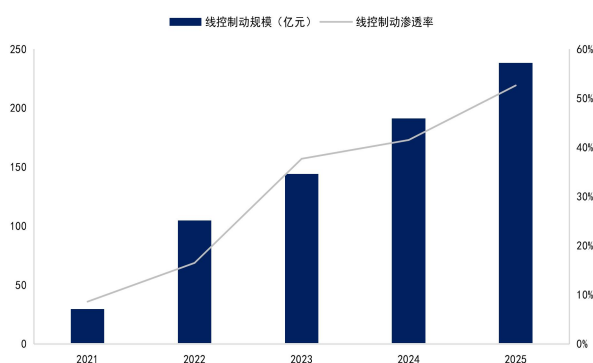
资料来源: 盖世汽车研究院智能驾驶配置数据库, 国信证券经济研究所整理 (注: 不包含进口和选配, 单位: 颗)

● 执行层

线控底盘以电信号驱动取代机械或液压部件驱动的执行机构信号，核心技术包括线控转向、线控悬架、线控制动三个部分，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。

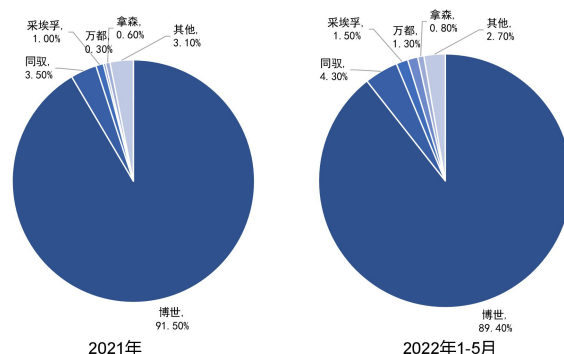
1) **线控制动，ADAS 执行层的核心产品。**传统燃油车以发动机动力提供真空度的真空泵放大脚踩刹车器的力度，实现制动操作；线控制动产品以电控信号取代传统制动系统的部分或全部机械部件，解决了新能源车缺少真空泵源的困境，通过电信号获得更快的信息传输及相应速度，提供更安全舒适的驾乘体验，同时可以通过电机提供主动控制，不需要人类驾驶员踩下踏板提供机械部件动力，**将人从制动操作中解放出来**，是高阶自动驾驶的必经之路。根据九章智驾，博世的 iBooster 方案将系统响应时间从常规的 300-500 毫秒缩减到 120-150 毫秒；大陆集团的 MK C1 在 30km/h 时启动行人保护，刹车距离从 6.8 米减少到 4.1 米。另外，线控制动系统可以通过电机控制器将车轮减速产生的制动能量转化为电能存储，实现一定的能量回收，提高车辆续航。目前随着电动智能化提速，自动驾驶级别提升，主机厂线控制动应用意愿增强，线控制动行业有望加速上量。根据佐思汽研及高工数据，2019 年国内乘用车市场的线控制动装配率为 2.6%，2021 年为 8.6%，2023 年为 37.68%，其中新能源汽车线控制动装配率超过 73%。假设 2025 年我国乘用车产量 2700 万辆，线控制动产品单价为 1600 元，产品渗透率达到 55%，则线控制动市场规模约为 238 亿元。

图57：国内线控制动市场规模（单位：亿元）



资料来源：盖世汽车、高工数据，国信证券经济研究所整理

图58：国内供应商在乘用车线控制动市场份额提升



资料来源：佐思汽研，国信证券经济研究所整理

EHB 是主流方案，ONE-BOX 享有高集成度、低体积、低重量优势。产品设计上，线控制动传统液压系统+电信号控制单元的 EHB 系统和完全由电子控制单元与机械部件相连的 EMB 系统两种线控制动产品。EMB 将电机直接集成到液压钳上，响应效率高，但是技术成熟度低、成本较高且存在冗余设计困难，短期内无法取代 EHB 的主流地位。而在 EHB 中，根据集成度高低又分为 TWO-BOX 和 ONE-BOX 两种。ONE-BOX 方案的 ECU 中集成了 ESC 等功能，只有 1 个 ECU，而 TWO-BOX 方案没有集成，有 2 个 ECU，需要做协调。由于 ONE-BOX 方案集成度更高，在体积、重量上占优，在制动失效时的减速度表现更优秀，且其售价普遍低于 TWO-BOX 产品，有望成为主流方案。目前伯特利、拿森电子、拓普集团等公司布局 ONE-BOX 方案研发。

表30：部分线控制动厂商及产品情况

地区	厂商	产品	方案	推出时间	上车情况
国外	博世	iBooster+ESP	Two-box	2013	大众全系列电动车、特斯拉全系列、蔚来、小鹏、理想、通用凯迪拉克 CT6、雪佛兰 Bolt 和 Volt、本田 CR-V、比亚迪 e6、荣威、领克、奇点 is6、法拉第未来 FF91 等

	IPB	One-box		凯迪拉克 XT4 比亚迪含 (2020)
大陆集团	MK C1	One-box	2010 (16 年投产)	阿尔法罗密欧 Giulia(2017)、奥迪 E-Tron 全线、宝马新 X5 及 X7 等
采埃孚天合	IBC	One-box	18 年量产	雪佛兰 Tahoe、suburban、GMC Yukon 和凯迪拉克 Escalade 等
日立	E-ACT	Two-box	2009	除丰田外大部分日系混动或纯电，最典型的的就是日产 Leaf
伯特利	WCBS	One-box	2019	21 年 3 个项目量产；22 年新增定点 61 项
拿森电子	Nbooster+ESC	Two-box	2018	北汽 EC3 等
	NBC	One-box	23 年 5 月	/
同驭汽车	EHB	Two-box	18 年量产	日产、吉利、江淮等
国内	IBS+ESC	Two-box	21 年已量产	奇瑞、东风、一汽、金旅、长城等
亚太股份	IEHB	One-box	23 年下半年量产	北汽新能源样车搭载测试、长安样车集成测试
拓普集团	IBS	Two-box	2018 验证	获得车企定点
	IBS-PRO	One-box	2021	

资料来源：盖世汽车、九章智驾、各公司官网，国信证券经济研究所整理

2) **线控转向**，线控转向用电子控制器取代方向盘与转向轮之间的机械连接，将驾驶员操作以电信号行驶向下传输给执行器执行转向操作，甚至更进一步在自动驾驶模式由控制算法给出向下传递的信号实现操作，**将汽车转向的决策核心由人转为算法**，是实现高阶自动驾驶的必经之路。另外，传统转向的机械连接限制系统传动比为固定值，而线控转向可以根据需求自由设计转向角传动比，谢立刚、陈勇、郭晓光¹通过实验论证这一设计有效提高车辆在低速行驶灵敏性，改善其高速时行驶的稳定性，实现“灵”与“轻”共存。更进一步，取消方向盘与转向轮硬连接后两者可以独立运转，即自动驾驶可以无需方向盘同步转动，提供隐藏方向盘或者取消方向盘可能；使用方向盘的智能化娱乐项目可以避免轮胎运转磨损。

线控转向系统难度高，需要考虑硬件冗余安全、软件设计安全等多种因素，同时 2022 年之前受到国内法规限制，落地进展较为缓慢。2022 年，我国开始实行 GB 17675-2021《汽车转向系基本要求》，解除以往对转向系统方向盘和车轮物理解耦的限制，同年中汽研标准所和集度、蔚来、吉利成为中国线控转向相关国家标准制定牵头单位，共同加速线控转向落地。根据中国汽车工程学会《线控转向技术路线图》征求意见稿，线控转向的量产目标为 2025 年渗透率 5%，成本 4000 元以内；按照 2025 年中国乘用车大约 2500 万辆规模，中国乘用车线控转向市场规模约在 50 亿元水平，长期随高阶自动驾驶上车，线控转向渗透率将加速上行。

图59：线控转向系统示意图



图60：线控转向规划

	2025年	2030年
技术水平目标	- 满足L3+自动驾驶线控转向国际领先 - 满足特殊场景无人驾驶线控转向系统国际领先	- 满足L4+自动驾驶线控转向国际领先 - 满足一般场景无人驾驶线控转向系统国际领先
关键零部件目标	满足L3+线控转向用传感器、控制器、电机、减速机构具备自主设计能力，小批量试装阶段	满足L4+级线控转向用传感器、控制器、电机、减速机构具备自主设计能力，小批量试装阶段
系统特性目标	- 自动驾驶跟随性达传统驾驶100% - 手动驾驶模式手感主观评价达6分	- 满足全速域自动驾驶场景应用 - 手动驾驶模式手感主观评价达8分
量产目标	- 线控转向渗透率达到5% - 线控转向系统成本目标:4000元以内	线控转向渗透率达到30%

¹ 谢立刚, 陈勇, 郭晓光. 线控转向系统汽车的主动转向控制研究[J/OL]. 机械设计与制造, 2023, 1-8

资料来源：浅谈基于线控转向系统的智能驾驶技术发展趋势，丘马火，《重型汽车》，2023，国信证券经济研究所整理

资料来源：中国汽车工程学会，国信证券经济研究所整理

表31：部分线控转向供应商布局情况

海外	地域	供应商名称	产品现状
		博世	2018 年样车展示，预计 2024 年量产
		采埃孚天合	未量产，有产品介绍
		捷太格特	客户丰田 bz4x、雷克萨斯 RZ 2022 年上市
		日立	2013 年量产，客户英菲尼迪 Q50，有召回
国内		Schaeffler	收购帕拉万，拥有 Space Drive 产品，2023 量产智加科技重卡冗余转向
		耐世特	Quiet Wheel 产品，专利，预计 2023 年量产
		联创电子	2020 年展示无方向盘的线控转向样车方案
		拿森电子	产品支持 L3/L4 级自动驾驶
		浙江世宝	多个客户的线控转向系统开发项目均在稳步推进中
		伯特利	收购万达汽车，研发线控转向

资料来源：华经情报网、佐思汽研、wind、投资者交流、autolab，国信证券经济研究所整理

3) **线控悬架，汽车 Z 轴调节**。作为主动悬架的空气悬架升级传统悬架的钢制弹簧为空气弹簧调整悬架刚度和车身高度，升级普通减振器为电控减振器调整阻尼，具有高稳定性、舒适性、通过性，可提高车辆空间整体利用率。而在高阶自动驾驶上车时代，汽车传感器数量和算力水平不断提升，空气悬架可结合导航信息和汽车传感器输入数据，预先获知前方路况并提前做出反应，未来甚至可以与自动驾驶和智能座舱结合，给消费者带来最优乘车体验。

图61：领克 ZERO 全自动空气悬架系统部分功能



资料来源：《领克 ZERO 全自动空气悬架系统》，国信证券经济研究所整理

国产化加速空悬渗透率提升，25 年市场规模预计将达 240 亿元。空气悬架整体成本较高，之前产品广泛应用于豪华车型；近些年受车企军备竞赛及国产化供应降本影响，空悬逐步向低价格带车型渗透。根据高工汽车数据，前装标配空气悬架新车均价从 2021 年的 57.52 万元下降至 2022 年的 55.33 万元。根据盖世汽车的数据，2024 年 1-4 月国内标配空气悬架新车销量约为 18.9 万辆，渗透率达 3%，其中孔辉科技出货 8.3 万辆市占率为 44%，国内供应商市场份额超过 80%。我们预

计随国内供应商加速量产、高阶自动驾驶进一步催化，2025 年中国市场乘用车空悬系统年搭载交付规模有望冲刺 300 万台，假设单车价格 8000 元，对应市场规模约 240 亿元。

表32: 空气悬架系统及零部件国内供应商

本土厂商	国产化产品	主要客户
中鼎股份	空气供给单元、空气悬架总成	东风汽车、蔚来等
保隆科技	空气弹簧、ECU、储气罐、空气悬架总成等	新能源汽车头部品牌主机厂
科曼股份	商用车用空气悬架总成等	金龙联合汽车、北汽福田等
孔辉科技	空气弹簧、空气悬架总成、空悬控制器等	岚图等
拓普集团	空气供给单元、高度传感器等	/
天润工业	空气悬架总成	/

资料来源：公司公告，公司官网，国信证券经济研究所整理

线控底盘是自动驾驶大势所趋。线控底盘改变底盘架构，大规模以线束和控制器取代原有的机械连接，通过电驱动执行操作；一方面改善底盘各环节响应速度，减轻整车底盘重量，契合自动驾驶时代的 OTA 升级趋势；另一方面，也为高阶 OTA 的全计算控制布局，线控转向、线控制动将驾驶员与车辆操控解耦，线控悬架提升驾乘人员舒适度，未来可以结合摄像头等多传感器数据实现完全自动驾驶。

车端-软件：大模型助力硬件降本和城区 NOA 落地，端到端方案加速推进

目前，大模型上车已经迎来一定进展，并且随着技术的成熟，NOA 功能从高速 NOA，卷向城市 NOA，城市无图 NOA 已经成为下一阶段的技术需求。特斯拉引领，国内车企跟随，通过 BEV+Transformer 模型助力，实现硬件成本下降+城区 NOA 落地。目前，端到端方案也在加速推进，端到端自动驾驶是直接从传感器信息输入（如摄像头图像、LiDAR 等）到控制命令输出（如转向、加减速等）映射的一套系统，最早出现在 1988 年的 ALVINN 项目，通过相机和激光测距仪进行输入和一个简单的神经网络生成的转向进行输出。2024 年初，特斯拉 FSD V12.3 版本发布，智驾水平让人惊艳，端到端自动驾驶方案受到国内主机厂和自动驾驶方案企业的广泛关注。与传统的多模块方案相比，端到端自动驾驶方案将感知、预测和规划整合到单一模型中，简化了方案结构，可模拟人类驾驶员直接从视觉输入做出驾驶决策，以数据和算力为主导，能够有效解决模块化方案的长尾场景，提升模型的训练效率和性能上限。

表33: 传统多模块方案与端到端方案的对比

方案类型	模块化自动驾驶	端到端自动驾驶
驱动类型	规则驱动 (Rule-based) 编写代码制定规则	数据驱动 (Data-driven) 用海量数据去训练系统
任务方式	多任务学习	单任务学习
模型	分为多个模块，每个模块采用独立模型	采用端到端，一体化大模型
泛化性	较差	良好

资料来源：佐思汽车研究，国信证券经济研究所整理

大模型助力，实现硬件成本下降+城区 NOA 落地。BEV 等大模型落地实现了摄像头的 2D 数据的深度测试，同时减少了高精地图依赖；在中国存在很多城区快速建设、道路频繁变化的城市，受限于高精地图的高成本（头豹研究院指出高精地图辅助自动驾驶的服务费预估每辆车为 700-800 元/年，是普通导航电子地图的 20-35 倍），城区 NOA 上车缓慢。特斯拉及华为等自动驾驶公司给出的 occupancy network/GOD 网络等方案实现无高精地图的辅助驾驶，城区 NOA 落地加速。同时

也减少了车企的传感器硬件配置压力,华为 ADS 2.0 版本使用 1 颗激光雷达、3 颗毫米波雷达、11 个摄像头组以及 12 颗超声波雷达,相对 ADS 1.0 方案减少 2 颗激光雷达使用;特斯拉 FSD 也逐渐取消毫米波雷达及超声波雷达的传感器,整车传感器成本下降,降价空间提升。

表34: 城区 NOA 进程

公司名称	城区 NOA 进程	传感器变动情况
特斯拉	2020 年 10 月, FSD BETA 支持城区 NOA (非中国区); 2022 年 11 月, FSD BETA V11 发布, 高速公路启用 FSD Beta, 改进占用网络在雨水反射等路况表现等; 2023 年 11 月, FSD V12 发布, 感知、规划几个模型融合成端到端大模型, 自动驾驶系统迭代加速。	16-21 年使用 3 个前置摄像头+2 个侧面相机+2 个侧面后置摄像头+1 个前置毫米波雷达+12 个远程超声波雷达, 21 年后逐步取消雷达装置。
小鹏	2022 年 9 月上线城市 NGP; 2024 年 5 月 20 日, 国内首个量产上车的端到端大模型, 小鹏 XNGP 出口荷兰、瑞典、丹麦和挪威上市的 G9 减少城区智驾已完成 100%无图化; 截至 2024 年 7 月 2 日, XNGP 城区智驾累计覆盖 356 城。	雷达
理想	2023 年 6 月北京、上海开放城市 NOA 内测; 2023 年 12 月, AD2.0 全面升级至 AD3.0, 全景智能驾驶 (NOA) 全国都能开, 实现全国高速及城市环线全覆盖, 全国 110 城的城市道路陆续开放; 2024 年 7 月, 理想汽车 OTA 6.0 智能驾驶即将迎来升无图 NOA。	最新申报 L9 Pro 取消雷达
问界	2023 年 7 月开放上海、广州、深圳、重庆、杭州 5 城的成熟 NCA; 2024 年 3 月, 问界 M5、新 M7 智驾版 OTA 重磅升级, 实现全国都能开、越开越好开的城区智能领航辅助 (City NCA)。	华为 ADS 1.0 使用 3 颗激光雷达、3 颗毫米波雷达、11 个摄像头组以及 12 颗超声波雷达; 华为 ADS 2.0 减少 2 颗激光雷达
蔚来	2023 年 9 月, 蔚来正式宣布增强领航辅助 NOP+ 将从高速进入城区	乐道 L60 采用纯视觉的智能驾驶辅助方案
长城	2024 年 4 月, 在 2024 年北京国际汽车展览上, 长城旗下魏牌蓝山智驾版车型对外亮相, 支持无图城市 NOA 智能驾驶功能, 5 月开启试驾体验。	搭载了 1 个激光雷达、3 个毫米波雷达、11 个高清摄像头、12 个超声波雷达
比亚迪	2024 年 1 月, 腾势 N7 将迎 OTA 重大更新: 包括了 46 城市 NOA、遥控泊车、自动泊车等智能驾驶方面的升级; 7 月, 腾势 N7 开启新一轮 OTA 升级, 包括新增全国无图高快领航、代客泊车、哨兵模式、红灯倒计时功能等, 以及包括优化城市领航功能、车道领航功能等。	12 个超声波雷达、5 个毫米波雷达、13 个摄像头、2 个激光雷达。

资料来源: 高工智能汽车, 公司官网, 易车, 搜狐汽车, 太平洋汽车网, 国信证券经济研究所整理

表35: 车企感知大模型配置情况

车企	智能驾驶系统	感知模型	上车情况	芯片供应商	芯片	算力	价格
特斯拉	FSD (HW4.0)	BEV+Transformer+Occupancy	Model 3、Model Y	自研	FSD 芯片二代	216TOPS	8000 美元 (买断)
比亚迪	DNP	BEV+Transformer	新款比亚迪汉	地平线	征程 5	128TOPS	
	Dipilot 300	BEV+Transformer	腾势 N7	英伟达	Orin-X	254TOPS	一次性购买 28000 元
小鹏	XNGP/Xpilot Xnet (动态 XNet+静态 XNet+2K 占用网络)		小鹏 G6	英伟达	Orin-X	254TOPS	XPiLOT 版-19.99 万元; XNGP 版-22.99 万元
理想	AD MAX 3.0	VLM 视觉语言模型 (transformer)	理想 L6 Max	英伟达	Orin-X	254TOPS	AD Pro 版-24.98 万元; AD Max 版-27.98 万元
蔚来	NAD/NOP+	BEV+占用栅格	蔚来 ES8	英伟达	Orin-X	254TOPS	680 元/月
华为	ADS3.0	GOD 网络	享界 S9 等	-	-	-	一次性购买 30000 元, 包年 7200 元, 包月 720 元

资料来源: 汽车之家、CSDN、腾讯网、搜狐网, 国信证券经济研究所整理

国内新势力通过 OTA 升级等方式, 加速落地城区无图智能驾驶。其中问界 M5 智驾版、新 M7 智驾版搭载 HUAWEI ADS 2.0 高阶智能驾驶系统, 实现全国都能开、越开越好开的城区智能领航辅助 (City NCA), 2024 年 4 月, 华为 ADS3.0 发布, 享界 S9 将首搭 ADS 3.0 智驾系统, 该系统后续也会推送给其他车型; 小鹏汽车无图高阶城市辅助驾驶多城推送, 截至 7 月 2 日, XNGP 城区智驾累计覆盖 356 城; 理想汽车 7 月的 OTA 6.0 智能驾驶即将迎来升无图 NOA, 此次升级将覆盖理想 MEGA 和理想 L9、理想 L8、理想 L7、理想 L6 的 AD Max 车型, 用户数量超过 24 万, 实现全国都能开。

表36: 国内新势力加速落地高阶智能驾驶

品牌	时间	更新内容	车型	开放高阶智驾的城市	备注
问界	2023 年 4 月 17 日	问界 M5 高阶智能驾驶版正式发布, 是首个搭载 HUAWEI ADS 2.0 高阶智能驾驶系统的车型, 将率先实现不依赖于高精地图的高速、城区高阶智能驾驶功能	问界 M5 智驾版	-	问界 M5 高阶智能驾驶版车型正式发布
	2023 年 8 月 2 日	问界 M5 智驾版首次 OTA 升级, 开放 5 城城区 NCA	问界 M5 智驾版	五城(上海、深圳、广州、重庆、杭州) 开启城区有图智驾领航辅助	NCA 功能需在 NCA 可用路段使用, 在部分未覆盖 NCA 的城市路段区域将无法使用 NCA。
	2023 年 8 月 18 日	问界 M5 智驾版新增开放北京城区 NCA 功能	问界 M5 智驾版	北京有图智驾领航辅助	用户除了可以在北京全市的高速及城市快速路使用高速 NCA 功能, 还可以在四环外的亦庄、海淀、顺义部分城区道路使用城区 NCA 功能。
	2023 年 9 月 12 日	问界发布新 M7 版本, 搭载 HUAWEI ADS 2.0 高阶智能驾驶系统	问界新 M7	-	问界发布新 M7 版本
	2023 年 11 月 3 日	OTA 重磅升级, 不依赖高精地图	问界新 M7 智驾版	高速 NCA 全国都能开	NCA 智驾领航辅助不再依赖高精地图, 让全国的高速、高架、快速路等都能使用。
	2024 年 3 月	OTA 重磅升级, 实现全国都能开、越开越好开的城区智能领航辅助 (City NCA)	问界 M5 智驾版、新 M7 智驾版	城区 NCA 全国都能开	不依赖高精度地图, 不仅全国的高速、高架、快速路都能用, 而且大小城市乃至乡镇的城区道路统统都能激活支持城市道路(主干路/次干路/支路等)、国道、县道、乡道等公开道路, 可用路段高达 99%。
	2024 年 4 月	华为乾崮 ADS3.0 智驾系统发布, 直接去掉了 BEV 系统。从 BEV 升级到了 GOD(通用障碍物识别) 大网, 采用 PDP(预测决策规划) 网络实现决策和规划一张网。	享界 S9、M9	通过云端和实车训练, ADS3.0 的道路和场景识别能力得到了显著提升, 这种升级使得系统能够更全面地感知周围环境, 华为的 NCA 无图智驾系统进一步升级。	
小鹏	2023 年 6 月 29 日	小鹏 G6 上市	小鹏 G6 MAX 版本	全国高速 NGP (有图), 城市 NGP (有图) MAX 版本搭载 XNGP 智能辅助驾驶	
	2023 年 9 月 19 日	2024 款小鹏 G9 上市	2024 款小鹏 G9	-	搭载 XNGP 智能辅助驾驶
	2023 年 10 月 24 日	XNGP 首批无图城市智驾公测开启	G6/P7i/G9 Pro 版同步升级	-	XNGP 已在全国范围内具备支持城市智驾的技术能力, 完成测试验证后, 将按照用户出行范围和城市群加速开放
	2023 年 11 月 28 日	OTA4.4.0 全量发布, XNGP 无图城市智驾多城正式推送	G6/P7i/G9 Pro 版	XNGP 已覆盖北京、上海、广州、深圳、佛山, 11 月 28 日, OTA4.4.0 全量发布, 本次 OTA 新开通城市包括苏州、杭州、无锡、宁波、常州、温州、金华、嘉兴、绍兴、昆山、太仓、江阴、慈溪、余姚、湖州、常熟、桐乡、张家港、东莞、肇庆。	
	2023 年 12 月 14 日 -18 日	XNGP 无图城市智驾多城继续开放	G6/P7i/G9 Pro 版	本次 27 座开通城市分别为: 天津市、成都市、西安市、武汉市、长沙市、厦门市、福州市、泉州市、晋江市、石狮市、南京市、镇江市、泰州市、扬州市、淮安市、盐城市、南通市、宜兴市、海口市、义乌市、台州市、舟山市、惠州市、珠海市、中山市、清远市、江门市。	XNGP 不仅新增 27 座高精地图未覆盖城市, 并重点针对无高精地图城市导航辅助驾驶的体验进行了提升, 包括高速、城市快速路、城市道路等多种场景。
	2023 年 12 月底	XNGP 无图城市智驾覆盖 50 城	-	-	-
	2024 年 1 月	XNGP 无图城市智驾覆盖 243 城	-	-	-
	2024 年 5 月 20 日	国内首个量产上车的端到端大模型小鹏 XNGP 城区智驾已完成 100% 无图化, 智驾可用范围里程翻倍	-	小鹏 XNGP 在核心城市可以覆盖各种复杂场景和跨场景通行, 尤其是当地需求较多的主要路段。在地级市或县级市, 会优先开放用户常用的核心路段, 保障 XNGP 在这些城市的使用体验相对连续、完整。	
	2024 年 7 月 2 日	XNGP 城区智驾累计覆盖 356 城	-	-	
	2024 年第三季度	小鹏汽车的目标是实现全国每条街道的自动驾驶能力	-	-	
理想	2023 年 6 月	开启北京和上海不依赖高精地图的城市 NOA 内测, 早鸟用户可以率先使用城市 NOA 功能	理想 L9 MAX 版等	北京和上海	针对 AD MAX 3.0 车型, 不依赖高精地图的城市 NOA 内测
	2023 年 11 月 25 日	更新 OTA5.0, AD2.0 全面升级至 AD3.0, 全场景智能驾驶 (NOA) 全国都能开, 将实现全国高速及城市环线全覆盖, 全国 100 城的城市道路陆续开放。	理想 L 系列车型	全国 100 城的城市道路陆续开放	-
	2023 年 12 月 10 日	AD2.0 全面升级至 AD3.0, 全场景智能驾驶 (NOA) 全国都能开, 将实现全国高速及城市环线全覆盖, 全国	AD MAX3.0 12 月升级 MAX 车型	全国 110 城的城市道路陆续开放	-

	110 城的城市道路陆续开放。			
2024 年 5 月	无图版城市 NOA 开启千人内测			
2024 年 6 月	做端到端上车的封闭研发			
2024 年 7 月	理想汽车发布端到端+VLM 双系统智能驾驶模型，世界模型提供学习及思考环境，加速自动驾驶迭代。同时理想汽车 OTA 6.0 智能驾驶即将迎来升无图 NOA。	理想 MEGA 和理想 L9、理想 L8、理想 L7、理想 L6 的 AD Max 车型	理想智能驾驶里程超 19 亿公里，覆盖超 81 万用户，人均智驾超 2300 公里	
2023 年 9 月 21 日	蔚来正式宣布增强领航辅助 NOP+ 将从高速进入城区	ET5 等	-	-
2023 年 11 月	全域领航辅助 NOP+ 开启用户先锋领航	ET5 等	-	-
蔚来	全域领航辅助 NOP+ 全量发布、体验进一步优化：增强车道居中辅助 Pilot+：支持交通信号灯响应，辅助车辆直行通过路口；全场景误加速抑制辅助 MAI+：新增对通用障碍物的响应；通用障碍物预警及辅助 GOA：优化整体性能、扩展应用场景	当前版本为 Banyan+ 榕 2.4.0 及以上的 2022 款、2023 款、2024 款所有车型	全域道路验证里程达到 1,207,977 公里，覆盖 726 座城市，其中高速、城市快速路验证里程 36 万公里，城区道路验证里程达到 84.7 万公里。	=

资料来源：公司官微，公司官网，汽车之家，国信证券经济研究所整理

表 37：国内特斯拉和新势力代表性车型智能化配置

	华为	小鹏	理想	蔚来	特斯拉	毫末智行	MOMENTA
最新软件产品	ADS	XPILOT/XNGP	AD MAX	NIO Pilot NAD	FSD v12	高速 NOH 智驾包	IM AD 智能驾驶系统（城市 NOA、高速 NOA）
发布时间	2023.04（ADS2.0）、2024.04（ADS3.0）	2023.03	2023.04	2023 年	2024.03	2022.04	2023.04
搭载车型	问界 M5（ADS2.0）、享界 S9（ADS3.0）	G9、G6 等	L8、L6 等	ET7、ES6 等	全系	摩卡 DHT-PHEV	智己 L7
	30000 元	20000 元	30000 元	-	8000 美元（增强版自动辅助驾驶功能（EAP）取消收费）	17000 元	36800 元
买断式	-	XPILOT 版-20.99 万元（G6AD Pro 版-24.98 万元 580pro 版，高速 NGP）	-	-	-	-	-
	-	XNGP 版-22.99 万元（G6 AD Max 版-27.98 万元 580max 版，城区 NGP）	-	-	-	-	-
按年付费	7200 元	-	-	-	-	-	-
按月付费	720 元	-	-	680 元	99 美元	-	-

资料来源：九章智驾，搜狐汽车，汽车之家，公司官网，懂车帝，国信证券经济研究所整理

技术迭代，特斯拉引领，车企加速推进端到端模型。在端到端大模型方面，不同于 Tesla 的 FSDV12 等一体化端到端方案是基于不可解耦的模型打造，国内首先实现端到端落地的小鹏、华为、理想都采取渐进式的端到端方案，其中小鹏端到端架构仍分为感知、规控两大模块，端到端落地的最大变化在于将过去基本完全由规则组成的规控模块，切换为神经网络为主；华为乾崮 ADS3.0 端到端架构也分为 GOD 和 PDP 两大模块，基于少量人工规则+端到端模型，并逐渐减少人工规则的数量；理想汽车端到端模型（E2E），经历从模块化设计（100 个城市 NOA）-无图设计（感知层及规划层两个模型的分段式端到端）-one model 端到端模型三个阶段。此外，也有车企从部分功能开始落地端到端，如小米端到端技术代客泊车功能。

1) **华为：**参照特斯拉从感知端到端向 one-model 端到端进化，国内玩家更多采用逐步升级路径。华为在今年 4 月发布乾崮 ADS 3.0，由 2.0 的 BEV 网络+GOD 网络架构升级为 GOD 大网，PDP 网络实现预决策规划一张网，在决策端引入神经网络，智能驾驶系统进一步向端到端架构升级，实现优质类人体验。

图62: ADS 3.0 采用全新架构



资料来源：公司官网，国信证券经济研究所整理

图63: ADS 3.0 决策采用全新 PDP 架构



资料来源：公司官网，国信证券经济研究所整理

2) **小鹏**: 小鹏将神经网络大模型延伸至规划端, 2024 年 5 月 20 日宣布向用户全量推送 AI 天玑系统, 通过三网合一 (动态 XNet、静态 XNet 及纯视觉 2K 占用网络) 深度视觉感知神经网络 XNet 实现感知端裸眼 3D; 通过基于神经网络的规划大模型——XPlanner 加速迭代驾驶策略算法, 实现类人驾驶体验; 进一步引入 AI 大语言模型 XBrain 架构, 提升泛化能力, 解决自动驾驶模型的 corner case 困境。

图64: 小鹏 AI 天玑系统



资料来源：小鹏汽车发布会，国信证券经济研究所整理

3) **Momenta** 关注可规模化 L4 自动驾驶, 考虑海量数据需求, 采用量产自动驾驶+完全无人驾驶两套方案, 量产自动驾驶带来数据流给无人驾驶, 完全需要 1000 亿公里 (100 万台年跑 10 万公里的出租车) 才能验证 L4 级自动驾驶反馈技术更新给量产自动驾驶, 刷新用户体验。通过海量数据 (23 年底 5 万台车辆, 24 年底 30 万台, 计划到 28 年 1000 万台)、数据闭环 (云端-标注-数据-仿真等)、data-based 模型形成算法闭环, 加速迭代。城市领航做到有路就能开。端到端大模型上车腾势 N7、上汽智己等车型。

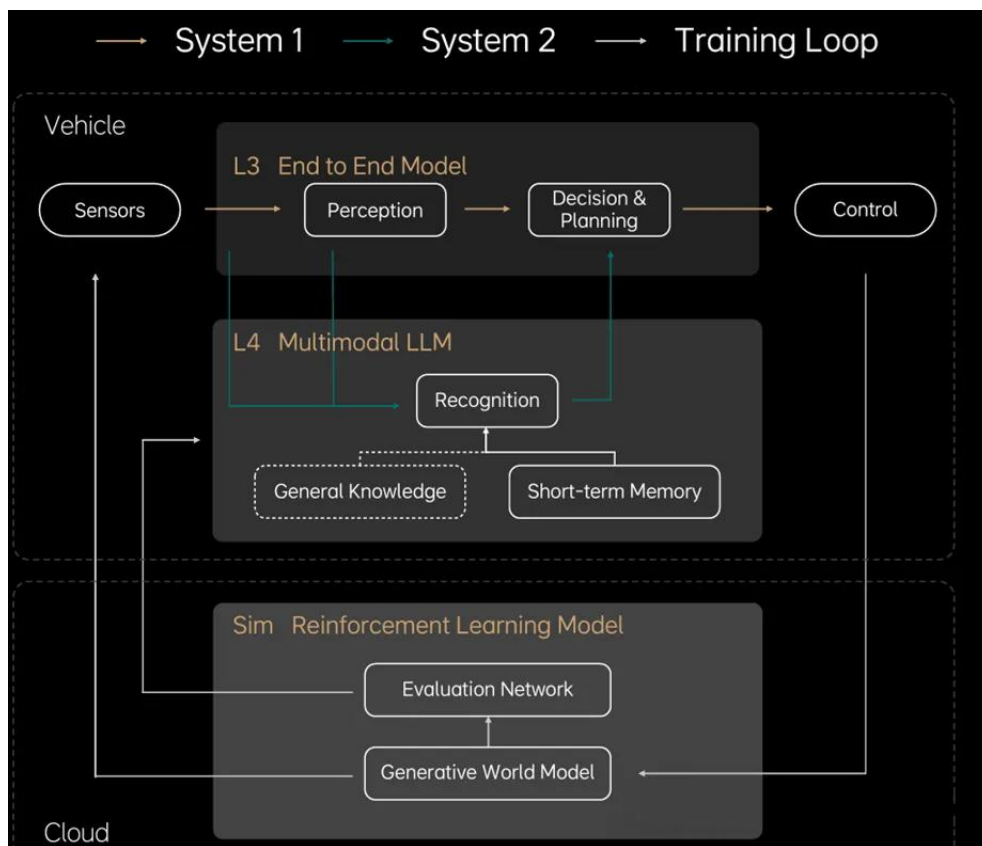
图 65: Momenta 端到端模型规划



资料来源：公司官网，国信证券经济研究所整理

4) 理想则采用与 momenta 思路相近的两个系统, 有快系统 System1 做预测和规划为 L3 级别线性端到端; 同时存在慢系统 System2 对位置环境加以思考并解决更多场景。快系统为端到端模型 (E2E), 经历从模块化设计 (100 个城市 NOA) - 无图设计 (感知层及规划层两个模型的分段式端到端) - one model 端到端模型三个阶段, 具备明显优势 1) 高效传输, 驾驶体验更类人; 2) 高效计算, 车辆动作及时响应; 3) 高效迭代, 模型 OTA 速度加快。慢系统为视觉语言模型 (VLM), 具备应对复杂场景能力, 算法架构由 Transformer 模型组成, 将 Prompt (提示词) 文本进行 Tokenizer (分词器) 编码, 并将摄像头图像结合导航地图信息编码通过传输给模型自回归推理, 输出端包括对环境理解、驾驶决策和驾驶轨迹, 并传递给系统 1 控制车辆。优势在于 1) 设计流式视频编码, 缓存视觉信息时序更长; 2) 增加记忆模块, 提供上下文推理能力; 3) 设计 prompt 问题库, 持续向系统 1 传输驾驶建议。通过世界模型给自动驾驶系统提供学习及思考环境。而远期端到端规划中, 理想规划把规划/预测模型与感知模型进行统一, 并在原基础上完成 Temporal Planner 的端到端, 实现泊车/行车一体化。

图66: 理想汽车自动驾驶架构



资料来源: 理想汽车, 国信证券经济研究所整理

进一步, 若我们定义 one-model 端到端为自动驾驶模型最终形态, 目前特斯拉、momenta (感知+规划端到端及 one-model 端到端两条线) 率先实现模型落地, 国内华为、小鹏、理想均已实现感知及规划端到端 (神经网络覆盖), 小米、大疆等玩家暂时停留在感知端到端阶段。

表38: 自动驾驶端到端模型进展

	感知端到端	规划端到端	one-model 端到端	上车情况
特斯拉			✓	特斯拉 model 3 等
小鹏	✓	✓	×	小鹏 X9 等
华为	✓	✓	×	鸿蒙智行模式的问界、智界等
理想	✓	✓	×	理想 L9 等
小米	✓	×	×	小米 SU 7
蔚来			×	-
大疆	✓	×	×	汽大众途观 L Pro 等, 今年超 20 款车型上市
momenta	✓	✓	✓	广汽丰田等

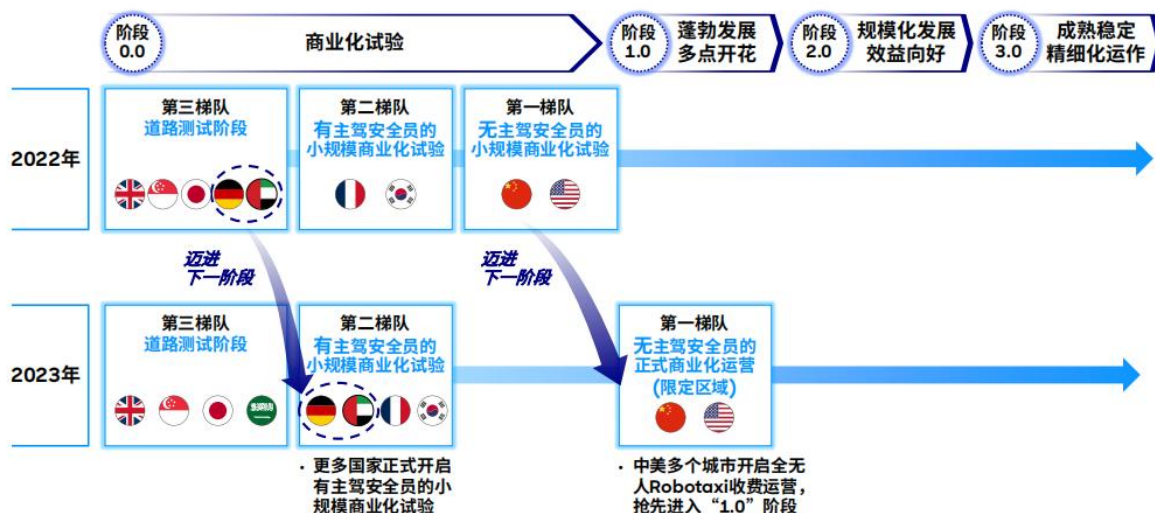
资料来源: 公司官网、36 氪, 国信证券经济研究所整理

下游运营-商业模式: 出行方式变革, Robotaxi 商业化落地在即

目前, 全球不同国家 Robotaxi 商业化发展主要分为三个梯队, 中国 Robotaxi 市场处于全球领先地位。在第一梯队中, 领先国家已成功进行无主驾安全员的商业化小规模应用, 并已准备开始商业化发展, 向 Robotaxi 商业化的第一阶段迈进。例如, 美国以 Waymo 为首, 已成功进行 Robotaxi 无驾驶员的商业化运营, 中国梦

卜快跑在武汉投入 Robotaxi (自动驾驶出租车)。在**第二梯队**中，各国已成功进行有主驾安全员的面向公众的 Robotaxi 商业化试运营。例如，韩国推出面向大众的配备主驾安全员的 Robotaxi 收费运营服务。在**第三梯队**中，各国仍处于 Robotaxi 测试阶段，并在努力追赶领先玩家。总体来看，中国 Robotaxi 市场已处于全球领先地位。

图67: 各国 Robotaxi 商业化进展动态



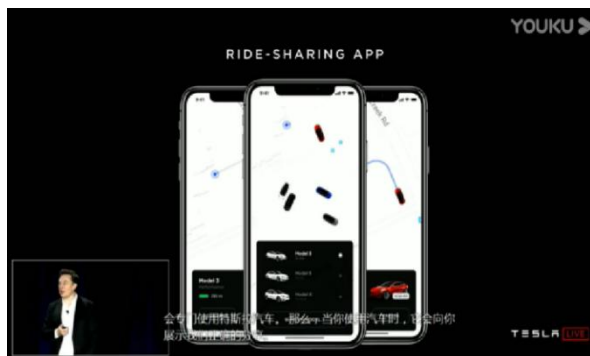
资料来源: 罗兰贝格, 国信证券经济研究所整理

为何制造商要入局 Robotaxi?

1) **转变商业模式需要, Robotaxi 是智能驾驶企业将商业模式向更轻资产转化的重要方向之一。**智能驾驶汽车拥有大量车辆驾驶数据, 庞大的数据集将在未来有诸多应用场景, 正如 APPstore 为苹果不断提供现金流一样, Robotaxi 业务是未来智能汽车拓宽商业模式的重要方向之一。

2) **共享出行降低成本, 车企和消费者有望实现双赢。**乘客可利用手机 app 召唤无司机驾驶的 Robotaxi, 特斯拉会提供官方车队, 车主也可以选择将自己空闲的车加入 robotaxi 车队用于出租, 是 B2C+C2C 的双模式。对消费者而言, Robotaxi 收费远低于现行出租车/拼车服务, 美国传统乘车服务的平均收费为每英里 2-3 美元, Uber 和 Lyft 等新型出行服务费用在每英里 1-2 美元, 而 Robotaxi 费用低至每英里 0.18 美元以下, 远低于中国国内出行费用 (深圳滴滴快车每公里收费 2-2.5 元, 折合传统/拼车每英里 0.5-0.7 美元)。对购车者而言, 马斯克预计每部 Robotaxi 每年可带来超 3 万美元的利润, 可连续载客 11 年。

图68: 特斯拉 Robotaxi APP



资料来源: 特斯拉官网, 国信证券经济研究所整理

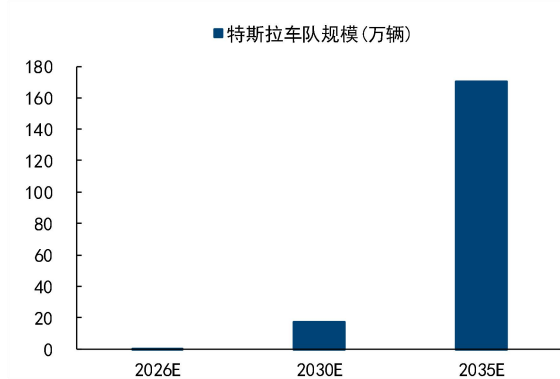
图69: 特斯拉 Robotaxi 毛利



资料来源: 特斯拉官网, 国信证券经济研究所整理

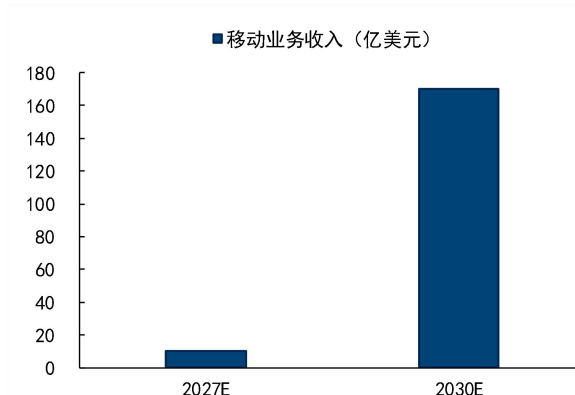
摩根史丹利预测, 2026 年特斯拉出行将投入 1000 辆运营车辆, 到 2030 年, 这个数字将进一步提升到 15.75 万辆 (占特斯拉全球车队的 0.6%), 在 2035 年增加至 170 万辆。并预计“特斯拉出行”的车队将一开始由人类驾驶员驾驶高度自动化的特斯拉车辆, 并逐步过渡到完全自动驾驶的 Robotaxi。收入方面, 到 2027 年, 特斯拉移动出行业务收入将低于 10 亿美元, 2030 年将达到 170 亿美元。出行里程方面, 到 2030 年特斯拉移动出行里程将达到每月 95 亿英里 (占总行驶里程的 0.07%), 到 2035 年增加至每月 1190 亿英里 (占总行驶里程的 0.7%)。

图70: 2026E-2035E 特斯拉出行投入运营车辆



资料来源: 摩根史丹利, 国信证券经济研究所整理

图71: 2027E-2030E 特斯拉移动出行业务收入



资料来源: 摩根史丹利, 国信证券经济研究所整理

我们对 Robotaxi 运营收入和成本进行测算, 假如 Robotaxi: 1) 20 万单车成本, 2) 1 个安全员能负责 2-3 台 Robotaxi 车, 3) Robotaxi 每台每天 20 单, 4) Robotaxi 运营单价是网约车 8 折的前提, 不考虑前期百度投入的算法研发和车辆保险成本, 测算发现 Robotaxi 可以实现盈亏平衡, 测算过程如下:

1) 收入端: 假设有 1000 台 Robotaxi 车, 每车每天 20 单, 平均客单价 16 元, 单月 Robotaxi 收入 960 万元。

2) 成本端: 安全员 400 人, 假设人均月薪 7000 元, 月人员成本 280 万元, 一天充电一次 40-50 度电 (单日成本 50 元), 月充电成本 1500 元*1000 台=150 万, 单车价格 20 万 (5 年折旧假设), 月折旧成本 3333 元*1000 台=333 万, 单月成本 763 万元。

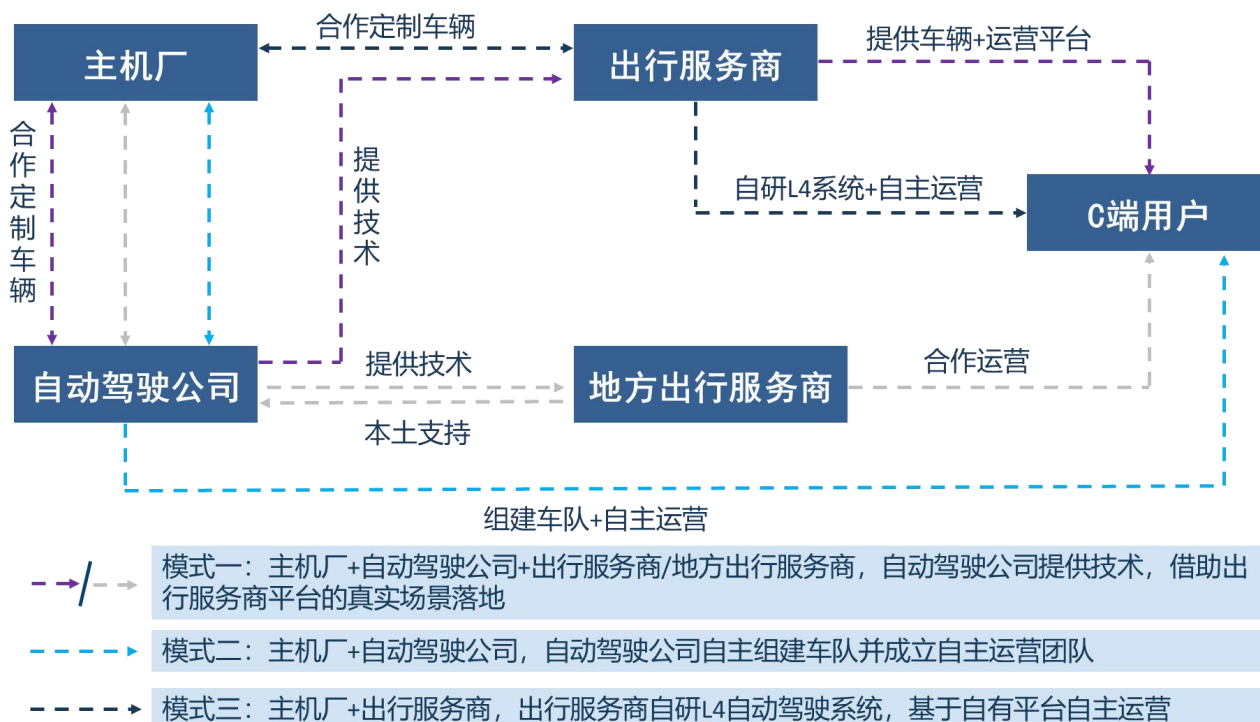
表39: Robotaxi 运营收入和成本测算（根据萝卜快跑公开数据，以武汉市运营情况为例）

Robotaxi 运营收入和成本测算		备注
收入端:		
假设运营 Robotaxi 车辆数（台）	1000	
假设每台 Robotaxi 每天接单数（单）	20	
每台 Robotaxi 平均客单价（元）	16	假设 Robotaxi 每公里单价是网约车的 8 折
Robotaxi 每天运营收入（万元）	32	
Robotaxi 每月运营收入（万元）	960	
成本端:		
假设安全员人数（人）	400	此处安全员含后台管理、监控、地勤等维护 1000 辆车所需要的所有人员
假设安全员人均月薪（元）	7000	
假设每台 Robotaxi 每天充电度数（度）	40-50	
每台 Robotaxi 每天充电成本（元）	50	
Robotaxi 每月安全员成本（万元）	280	
Robotaxi 每月充电成本（万元）	150	
假设 Robotaxi 单车价格（万元）	20	
假设 Robotaxi 单车折旧年限（年）	5	
Robotaxi 单车月折旧成本（元）	3333	
Robotaxi 月折旧成本（万元）	333	
Robotaxi 每月运营成本（万元）	763	

资料来源：Apollo 官微，国信证券经济研究所整理

从商业模式看，目前，Robotaxi 常见的商业模式有主机厂+自动驾驶公司+出行服务商、主机厂+自动驾驶公司、主机厂+出行服务商三种。对于模式一，主机厂+自动驾驶公司+出行服务商的模式可以综合各方实力加速 Robotaxi 市场化，同时三方可相互分担项目成本、共享数据与乘客资源，代表案例比如广汽+文远知行+如祺出行、上汽+Momenta+享道出行。

图72: Robotaxi 三种常见的商业模式



资料来源：盖世汽车，国信证券经济研究所整理

目前，多家主机厂成立 Robotaxi 出行服务公司并布局上下游产业链。以上汽、广汽、吉利等为代表的传统主机厂，通过旗下出行服务商与自动驾驶公司合作开展 Robotaxi 业务，同时自研自动驾驶技术；小鹏为代表的新势力自研软件算法，布局出行服务领域。

表40：主机厂在 Robotaxi 产业链的投资布局

主机厂	自动驾驶技术领域	出行服务商	产业链其他领域
上汽集团	1) 内部投资/成立零束科技、上汽人工智能实验室； 2) 投资合作：Momenta、AutoX	享道出行：2018 年成立，在上海嘉定进行无人驾驶测试/试运营，并计划 1) 在苏州、深圳开启业务。2023 年 4 月获上海市首批智能网联出租示范运营通知书和示范运营证，获批在嘉定全域开展 Robotaxi 示范运营。2023 年 8 月获批苏州市首批智能网联汽车示范运营牌照。截至 2024 年 5 月，公司在上海嘉定、上海临港、苏州相城开展常态化载人示范应用。截至 2024 年 5 月底，享道 Robotaxi 服务订单量超过 30 万单，开放点位数 300 多个。2024 年 6 月 21 日上线“海外出行”服务。	高精地图：收购中海庭、投资武汉光庭 芯片：地平线、黑芝麻 激光雷达：速腾聚创 控制系统：联创汽车电子
广汽集团	1) 禾多科技、奕行智能、滴滴自动驾驶 2) 2024 年 4 月 7 日，广汽宣布与滴滴成立自动驾驶合资公司-广州安滴科技有限公司 3) 2024 年 4 月 12 日，广汽集团推出无图纯视觉智能驾驶技术	如祺出行：2019 年成立，当年 6 月上线快车、专车、车服、Robotaxi 业务板块。2023 年 5 月 1 日，如祺出行获得智能网联汽车示范运营资格，Robotaxi 车队正式上线运营。截至 2023 年 12 月 31 日，如祺出行 Robotaxi 业务运营累计 20080 小时，覆盖 545 个站点。2024 年 1 月 23 日，如祺出行取得深圳 Robotaxi 载人示范应用资质开始为市民提供自动驾驶出行服务。2024 年 7 月 10 日，如祺出行在香港挂牌上市	-
吉利	智驾+智能网联系统与算法：亿咖通	曹操出行：2015 年 11 月成立，支持网约车、租车服务、正与元戎启行，Waymo、小马智行合作组建 Robotaxi 车队。截至 2023 年 12 月 31 日，曹操出行在 24 个城市拥有一只规模约 31000 辆车的定制车车队（包括 18,000 多辆枫叶 80V 及 12,000 多辆曹操 60）	芯片：芯擎科技 高精地图：易图通、自建高精度卫星导航系统
特斯拉	1) 已有自研的软件算法系统； 2) 自研设计计算芯片，定制域控产品	特斯拉将无人驾驶出租车 Robotaxi 或将于 2024 年发布。	计算机视觉：收购 DeepScale
蔚来	1) 已有自研的软件算法系统； 2) 正研发芯片与域控产品	2022 年 8 月在烟台新成立的销售服务公司，已将网约车经营纳入其业务范围内。	芯片：黑芝麻 激光雷达：Innovusion
小鹏	1) 已有自研的软件算法系统； 2) 正研发芯片与域控产品	2019 年，在广州上线网约车业务“有鹏出行”平台，投放 1000 辆小鹏 G3 2022 年 7 月注册了“XPENG Robotaxi”，“小鹏智航”，“小鹏智行”商标 2022 年 11 月，小鹏 G9 成功获得广州智能网联汽车道路测试牌照 2023 年 4 月，小鹏 G9 获 Robotaxi 载客牌照 2023 年 11 月，小鹏邀请 20 名车主体验 Robotaxi	飞行汽车：小鹏汇天 高精地图：收购智途科技

资料来源：盖世汽车，各公司官网，国信证券经济研究所整理

表41：主机出行服务产业布局与 Robotaxi 进展

主机厂	出行品牌	成立时间	投放车型	布局城市	Robotaxi 进展
广汽	如祺出行	2019 年 6 月	广汽埃安 LX Plus、广汽丰田赛那 S-AM 以及雷克萨斯 RX	广州	2022 年 10 月，如祺出行在广州发布有人驾驶网约车与 Robotaxi 服务的商业化混合运营，如祺平台的 Robotaxi 服务并非单独入口，平台根据等候时长、距离等原则智能匹配车辆；2023 年 4 月，如祺出行获批在广州市智能网联汽车示范运营资质，其自有 Robotaxi 车队正式上线服务；近日，搭载了小马智行第六代自动驾驶软硬件系统的广汽丰田赛那 Robotaxi 车型获得了广州市南沙区商业化示范运营许可，通过小马智行的自有平台 PonyPilot+和如祺出行平台上线对外收费服务。据悉，该批 Robotaxi 运力基于广汽丰田赛那 Autono-MaaS (S-AM) 打造，由小马智行和丰田共同研发，其中有 15 辆接入如祺出行平台，已取得广州市远程载客测试许可，获准在广州南沙提供远程载客的自动驾驶测试出行服务，运营范围覆盖了南沙的 803 平方公里，运行时段覆盖早晚高峰期在内的 8:00-22:30。截至 2023 年 12 月 31 日，如祺出行 Robotaxi 服务已运营约 20080 小时，覆盖 545 个站点，完成约 45.07 万公里安全试运营里程；共有 281 辆车接入如祺出行的 Robotaxi 运营科技平台，其中 35 辆由如祺出行拥有，其余则由小马智行及广汽研发中心等合作方拥有。
广汽	雅丰智能	2024 年 4 月	广汽丰田铂智 4XL4 级无人驾驶 Robotaxi	主要一线城市（计划）	首期计划导入千台规模的铂智 4XL4 级无人驾驶 Robotaxi，并在主要一线城市通过小马智行的运营平台提供无人驾驶 Robotaxi 出行服务。
上汽	享道出行	2018 年 12 月	上汽智己 L7 将作为试点准入车型	运营区域：上海、苏州	已在上海嘉定、上海临港、苏州相城等区域开展常态化载人示范应用。截至 2024 年 5 月底，享道 Robotaxi 服务订单量超过 30 万单，开放点位数 300 多个，全面覆盖商务通勤、地铁接驳、休闲娱乐等服务场景，而且“回头客”超过 80%。2024 年 6 月，享道出行成功入选国家首批智能网联汽车即自动驾驶 L3、L4 准入和上路通行试点名单。
东风	东风出行	2019 年 4 月	10 辆东风悦享 Sharing-Bus Robobus 以中植	苏州、武汉、成都	2023 年 6 月 30 日，东风悦享 Sharing-BUS (无人驾驶巴士) 获得武汉地区首张无人驾驶商业化试点牌照，市民刷“武汉通”即可乘车。本次获得商业化牌照的还有东风悦享 Robotaxi (无人出租车)，采用网约车模式运营，市民可以使用“悦享智行”微

请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

70

	一客 CDL6599 纯电动城市客车为基础，Robotaxi 以神龙 ES600 车型、威马 W6 车型为基础	信小程序，选择起、终点预约乘车。2024 年 1 月，东风悦享科技有限公司在苏州金鸡湖景区投放运营的 10 台 robotaxi 成功拿到道路测试牌照，将在苏州现代大道、苏州大道东、星湖街等路段，开展双向约 36km 的运营服务。设置 6 个固定停靠点。东风无人驾驶公交车在十堰实现常态化运营，截至 2024 年 3 月，10 辆无人驾驶公交车运营里程超 2.3 万公里，发车班次超 3 千次。1 月，武汉市发放 2024 年首批 L3/L4 自动驾驶测试牌照，东风悦享再增 9 张自主公告版 Sharing Bus 道路测试牌照。目前，东风悦享自动驾驶巴士已覆盖全国 35 个以上城市地区，累计运营里程超 100 万公里，接驳乘客 25 万以上人次。
小鹏	/ / G3、G9 广州	①2022 年 2 月，小鹏向广州天河区投放了数百辆改装后的小鹏 G3，开展 Robotaxi 业务。G3 作为承接 Robotaxi 业务的车型，也出现在杭州等城市。 ②2023 年 4 月，小鹏 G9 正式获得广州市智能网联汽车载客测试牌照，测试范围可覆盖广州所有一般测试道路。 ③2023 年 8 月 28 日，小鹏汽车与滴滴宣布达成战略合作，小鹏汽车成为首家获得滴滴生态体系全面支持的整车企业。双方将在多个领域探索互利共赢的长期合作机会，包括在滴滴平台上小鹏车型的运营、品牌营销、金融保险服务、充电设施建设、Robotaxi 以及国际市场方面的合作。小鹏的车投入滴滴网络，能够产生更大更丰富的数据，未来可能成为 Robotaxi 的数据基础。

资料来源：盖世汽车，各公司官网，国信证券经济研究所整理

除车企外，国内自动驾驶公司中，小马智行、百度 Apollo 也在加速推进 Robotaxi 商业化落地。

表 42：国内外车企与自动驾驶公司 Robotaxi 进展

车企/自动驾驶公司	落地时间	收费标准	地点	车队规模	最新进展
车企					
特斯拉	特斯拉将无人驾驶出租车 Robotaxi 或将于 2024 年发布。	/	/	/	特斯拉将无人驾驶出租车 Robotaxi 或将于 2024 年发布。
小鹏汽车	2023 年 4 月获广州市智能网联汽车载客测试牌照	/	广州	/	2023 年 8 月 28 日小鹏宣布与滴滴达成战略合作。“MONA”出行版将在滴滴平台上运营，在数据合规的情况下，滴滴将为小鹏的智能驾驶提供重要的数据支撑。小鹏也将和滴滴在 Robotaxi 产业上形成产业链协同，推进 Robotaxi 的商业化落地
现代汽车	2023 年	/	美国	/	IONIQ 5 Robo Taxi 基于现代汽车今年初推出的纯电汽车 IONIQ（艾尼氪）5 打造，自动驾驶技术达到美国汽车工程师协会（SAE）评定的 L4 级标准，不需要配备司机。
自动驾驶公司					
百度 Apollo	2019 年 9 月开始试运行（2022 年 4 月取消驾驶员）	以武汉为例，起步费 15 元，每公里收费 2.4 元	北京、上海、广州、深圳、重庆、武汉、成都、长沙、合肥、阳泉、乌镇等。	目前在武汉超过 500 辆，计划 2024 年部署 1000 辆。	截至 2024 年 6 月，萝卜快跑已经实现测试公里 1 亿+，并在武汉等 10 余个城市展开运营。预计 2024 年底在武汉实现收支平衡，2025 年全面进入盈利期。
谷歌 Waymo	2018 年 12 月（2020 年 10 月取消驾驶员）	旧金山地区 18-21 美元	加州凤凰城、旧金山、洛杉矶、德克萨斯州奥斯汀	672 辆（2024 年 5 月），其中旧金山 250 辆	2024 年 6 月 25 日，Waymo 自动驾驶汽车对旧金山所有消费者开放业务，业务范围有所扩大（新增洛杉矶地区、旧金山和凤凰城的经营范围增加），处于稳定扩张期。收入方面，Waymo 一年收入可达 5200 万美元，同比 2022 年 200 万美元增长了 26 倍。
文远知行 WeRide	2019 年 11 月在广州商业化运行	以广州为例，起步价 12 元，每公里 2.6 元	广州、2024 年登陆新加坡	600 辆	2023 年 12 月 30 日，文远知行开放全国首个自动驾驶小巴商业收费运营服务，共投入 50 辆自动化小巴车，正式进入收费运营阶段。2024 年 6 月 20 日宣布携手新加坡知名环卫公司 Chye Thiam Maintenance，共同推进文远知行自动驾驶环卫车在新加坡的商业落地。
小马智行 PonyPilot+	2022 年 4 月开始试运行	/	北京、上海、广州、深圳	自动驾驶卡车上超过 200 辆	2024 年 6 月收到商业化试点通知书，可以开始像常规出租车一样收费，目前尚处于“主驾有人”阶段。
亚马逊 Zoox	2023 年 2 月在加州试运行	/	加州	/	zoox 专研专为密集城市环境设计的“双向无人驾驶汽车”
Cruise	2022/6 商业化，2023 年 10 月被吊销营业执照	8.72 美元/2 公里。其中车租费为每公里 0.5 美元、每分钟耗时费 0.4 美元、基础费用 5 美元以及 1.5% 的城市税	美国奥斯汀、凤凰城、旧金山	242 辆（2023 年）	2023 年 10 月 2 日，Cruise 无人出租车在旧金山拖拽一名被其它汽车撞击的女子后，被加州车管所暂停营业执照，目前在加州的业务仍处于暂停状态。2024 年 4 月，Cruise 在凤凰城恢复了一支小型车队的运营，同年通用汽车继续向其输血 8.5 亿美元（61.7 亿前业务处于逐步恢复状态。
AutoX	2021/1 开始商业化运营	/	深圳、上海、广州、北京、杭州、加州	超过 1000 辆（2022 年 2 月 5 月，AutoX RoboTaxi 首批获准进入北京三环主城区，自动驾驶范围覆盖北京南站高铁火车站及周边区域。	2023 年 4 月通过 APP 向公众开展 Robotaxi 收费服务，2024 年 2 月 5 月，AutoX RoboTaxi 首批获准进入北京三环主城区，自动驾驶范围覆盖北京南站高铁火车站及周边区域。

资料来源：各公司官网，汽车之家，智能车参考，36 氪，财联社，国信证券经济研究所整理

从产业链看，自动驾驶出租车 Robotaxi 产业链包含：1) 提供高精地图与定位、传感器、芯片、AI 训练、智慧道路支持的供应商；2) 供给侧的自动驾驶公司、主机厂、出行服务商；3) 需求侧的乘客；4) 监管侧的地方政府。

图 73: Robotaxi 产业链



资料来源：盖世汽车，易观分析，国信证券经济研究所整理

投资建议

智能驾驶各个环节当前的汽车智能驾驶围绕数据流进行演进，算法在于整车，零部件涉及感知层（数据获取）——决策层（数据处理）——执行层（数据应用）。特斯拉新一代技术突破加速智能驾驶方案迭代，围绕感知、决策、执行环节等环节布局的零部件厂商均有望受益。

整车方面，自主品牌和新势力积极布局汽车智能化，不断推陈出新具备竞争力的电动智能车，我们推荐比亚迪、小鹏汽车-W、理想汽车；

零部件方面，我们基于数据流角度进行推荐：

- 1) 数据获取环节，建议关注摄像头、毫米波雷达、超声波雷达、激光雷达等传感器赛道的投资机会，推荐德赛西威，建议关注豪恩汽电；
- 2) 数据传输环节，推荐线束自主龙头沪光股份；
- 3) 数据处理环节，建议关注域控制器赛道的投资机会，推荐域控制器核心标的德赛西威、科博达、华阳集团、均胜电子；
- 4) 数据应用环节，建议关注车灯、汽车玻璃、HUD、中控、液晶仪表、线控制动、空气悬架、车载声学系统等优质赛道的投资机会，推荐星宇股份、德赛西威、华阳集团、保隆科技、伯特利、上声电子。

表43: 重点公司盈利预测及估值

公司 代码	公司 名称	投资 评级	2024/7/12 收盘(元)	总市值 (亿元)	2022A	EPS 2023A	2024E	2022A	PE 2023A	2024E
002594.SZ	比亚迪	优于大市	262.62	7230	5.71	10.32	12.13	46	25	22
9868.HK	小鹏汽车-W	优于大市	34.45	652	-4.84	-5.52	-3.18	-7	-6	-11
603596.SH	伯特利	优于大市	45.52	276	1.7	2.06	2.65	27	22	17
002906.SZ	华阳集团	优于大市	29.75	156	0.8	0.89	1.23	37	33	24
601799.SH	星宇股份	优于大市	123.18	352	3.3	3.86	5.43	37	32	23
002920.SZ	德赛西威	优于大市	106.55	591	2.13	2.79	3.87	50	38	28
603786.SH	科博达	优于大市	56.65	229	1.11	1.51	2.23	51	38	25
603197.SH	保隆科技	优于大市	36.11	77	1.03	1.79	2.40	35	20	15
688533.SH	上声电子	优于大市	27.15	43	0.54	0.99	1.49	50	27	18
600699.SH	均胜电子	优于大市	15.98	225	0.29	0.77	0.97	55	21	16
605333.SH	沪光股份	优于大市	28.35	124	0.09	0.13	0.93	315	218	30

资料来源: , 国信证券经济研究所整理

风险提示

第一，汽车供应链紧张风险。

第二，销量不及预期风险。

免责声明

分析师声明

作者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，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

国信证券投资评级

投资评级标准	类别	级别	说明
报告中投资建议所涉及的评级（如有）分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后 6 到 12 个月内的相对市场表现，也即报告发布日后的 6 到 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。A 股市场以沪深 300 指数（000300.SH）作为基准；新三板市场以三板成指（899001.CSI）为基准；香港市场以恒生指数（HSI.HI）作为基准；美国市场以标普 500 指数（SPX.GI）或纳斯达克指数（IXIC.GI）为基准。	股票 投资评级	优于大市	股价表现优于市场代表性指数 10%以上
		中性	股价表现介于市场代表性指数 $\pm 10\%$ 之间
		弱于大市	股价表现弱于市场代表性指数 10%以上
		无评级	股价与市场代表性指数相比无明确观点
	行业 投资评级	优于大市	行业指数表现优于市场代表性指数 10%以上
		中性	行业指数表现介于市场代表性指数 $\pm 10\%$ 之间
		弱于大市	行业指数表现弱于市场代表性指数 10%以上

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或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并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中所意见或建议不一致的投资决策。

参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本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，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布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。

国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路 125 号国信金融大厦 36 层

邮编：518046 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 12 层

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街 6 号国信证券 9 层

邮编：100032