

# 特斯拉的FSD时刻

太平洋证券研究院|首席分析师刘虹辰

执业资格证书编号：S1190524010002

2024年4月18日



**特斯拉的FSD时刻。**V12.3端对端NN重塑FSD。FSD 用户的累计行驶里程从V11扩大推送后加速提升，V12推送后开始指数级提升，到今年4月已超10亿英里，特斯拉FSD迎来奇点时刻。FSD V12.3的推送实现端到端NN，HW4.0大幅提升算力，不再进行识别和标记，摆脱人为规控规则编码，大幅提高自动驾驶感知决策能力。

**AI赋能，加速Robotaxi。**马斯克称Robotaxi将于今年8月8日落地，近期特斯拉启动了全球范围内的人员调整，自动驾驶预计将获得资源倾斜，大模型加持提升城市NOA感知能力、泛化能力，加速无图城市NOA落地，AI赋能，加速Robotaxi，特斯拉自动驾驶今年累计投资预计超100亿美元。数据鸿沟和算力要求，构成超算的核心壁垒。任何模型的训练都依赖于数量巨大、质量可控的训练数据，而特斯拉FSD自推出以来累计运行超过了10亿英里，为特斯拉训练模型提供了充足的数据。同时，大模型训数据需要强大的算力，特斯拉领先的超算中心，Robotaxi落地路径持续催化值得期待。

**无图城市NOA重新定义智能汽车。**特斯拉FSD引领“Transformer+BEV”、“Occupancy、Lane算法”、“自动标注”、“超算中心建设”，实现路径收敛。华为ADS 2.0 OTA新增不依赖高精地图的城区智驾领航辅助，问界全系车型实现了全国都能开、有路就能开的City NCA。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%，用户体验提升带来渗透率拐点快速提高。

**投资建议：**智能汽车三条投资主线：①域控制器：德赛西威，华阳集团，科博达。②线控底盘：伯特利，保隆科技。③智能整车：赛力斯，理想汽车，小鹏汽车。

**风险提示：**智能汽车渗透率提升不及预期，国产替代不及预期，技术路线变更风险。

大模型加持提升城市NOA感知能力、泛化能力，加速无图城市NOA落地

接下来一段时间的催化预期？

投资建议

特斯拉引领技术路径收敛



大模型催化FSD时刻

端到端算法有望提升规控准确性  
生成式AI提供高质量训练数据  
大模型蒸馏训练小模型减少计算资源消耗  
多模态模型有望优化感知

BOM成本下降

华为ADS1.0到2.0显著变化为从3颗激光雷达减配至1颗，纯视觉与激光雷达路线之争逐渐走向“折中”方案。高阶辅助驾驶BOM成本持续下降。

华为无图城区NCA全面OTA，特斯拉FSD北美，用户体验提升带来渗透率拐点快速提高。覆盖生活场景从高速NOA的10%到城市NOA的99%。

特斯拉8月8日Robotaxi。

法规：L3智驾政策。

① **域控制器**：德赛西威、科博达、华阳集团。

② **线控底盘**：拓普集团，伯特利、保隆科技。

③ **整车**：赛力斯，理想汽车，小鹏汽车

# 目录

## CONTENT

01

特斯拉的FSD时刻

02

AI赋能，加速Robotaxi

03

无图城市NOA重新定义智能汽车

04

投资建议

05

风险提示



# 特斯拉FSD：V12.3端对端NN重塑FSD

- 2024年3月，特斯拉先后推出FSD (Beta) 12.3.2、12.3.2.1以及最新的FSD (Supervised) 12.3.3版本。相比较于FSD 11，**FSD v12创新性地采用了端对端的神经网络技术（端对端NN）**，可以更好地理解和处理复杂驾驶环境，减少驾驶人员的干预，提高自动驾驶的精确度和自动化度。
- FSD v12**中采用端到端NN（以前是AI感知+软件规控），大模型仅需输入视频进行学习，而无需单独编码，更灵活更轻代码。感知-决策-执行是FSD的基本流程，在v11中，感知阶段需要通过视觉方式/雷达方式获取周围物体信息并识别和标识分类，决策阶段则依赖于事先认为编写好的控制规则。但是v12采用了端对端NN技术，感知阶段不再需要识别和标识，决策阶段也不需要事先人为编写控制规则，**只需要输入大量视频交给NN学习，就能分辨出在不同情况下需要做什么**，这使得特斯拉在**FSD V12中减少了100倍代码**，使其更轻便、更灵活，同时在没有网络连接的情况下仍能在不熟悉的地形上工作。
- V12同时兼容HW3.0和4.0**，感知力和算力大幅提升。v12在北美的已经适配装备HW4.0的model S、3、X和Y，在中国地区目前只有Model Y可以升级到HW4.0。从3.30号推送以来，截至4.9号，v12.3.3累计安装量达5780。目前，v12同时适配HW3.0和4.0。相比HW3.0,HW4.0在算力、摄像头数量和清晰度等方面具有大幅度的提升。摄像头为8个，算力提升5倍，素有摄像头像素由120万提升至500万。

图 截至4.9号，HW3.0摄像头清晰度（左）vsHW4.0摄像头清晰度（右）





# 特斯拉FSD：累计里程指数级增长超10亿英里，剑指百亿公里

行业深度报告

图：3月推送FSD v12.3实现端到端NN，大幅提高自动驾驶感知和决策能力

时间	版本进展	版本重大变化
22年12月	FSD Beta 测试版向北美40万人推送	截至2022年12月，特斯拉已经向美国和加拿大的几乎所有买了FSD（约40万）的客户发布了FSD Beta测试版，FSD Beta测试版新增了大量新功能，并可以让特斯拉在城市环境中自动导航。根据马斯克推特，FSD可用于北美90%道路，计划未来在欧洲推送FSD BETA。
23年2月	FSD11.3 版本	合并城市驾驶与高速公路驾驶堆栈，提升辅助驾驶能力。FSD11.3版本于2023年2月向用户推送，单堆栈融合了城市和高速堆栈，单堆栈将使特斯拉能够将其在城市驾驶中的学习内容应用到其自动驾驶高速公路导航功能中。
23年3月	FSD11.3.3版本	Vision Park Assist使用占用网络代替超声波雷达。自22年10月起，特斯拉逐步移除超声波雷达，此次推送的新功能，代表着特斯拉用视觉占用网络算法替代被移除的超声波雷达，在摄像头的盲区通过记忆数据复现障碍物对车的距离。
23年5月	FSD11.4 版本	通过将自动标记车队数据集进一步增加 80k 个剪辑、提高自动标记算法的准确性以及调整训练监督的分布来实现以下优化：将部分切入的召回率提高了 39%，将由于变道到相邻车道而导致的假阳性切入的准确率提高了 66%，从而使整体变道预测错误减少了 33%。
24年3月	FSD12.3 版本	FSD v12.3采用端到端NN技术，不再进行识别和标记，摆脱人为规控规则编码，并实现了Autopark不依赖USS（超声波传感器）（最早在3.21发布的v11.4.9的更新中实现）

图：截至2024年4月6日，FSD 用户的累计行驶里程已超10亿英里，23年8月后加速上行（系v11扩大推送规模）





# 新版Autopark不依赖USS, “Tap to Park” 大幅提升用户体验感

- 新版的Autopark基于与FSD v12相同的NN技术, 不再依赖USS: 自2022年特斯拉放弃USS而改用摄像头以来, 未装备USS的新特斯拉的Autopark和Summon功能给用户带来的体验感远不如装备USS的车辆。在今年3月21号推出的FSD v11.4.9的更新中, 特斯拉推出了新版的Autopark, 并在之后的v12.3版本中沿用。在技术层面, 与旧版不同, 新版的Autopark使用了与FSD v12相同的NN技术, 底层技术优于旧版, 相比旧版有较大的提升, 大幅度提升了泊车系统的视觉效果和自动泊车能力。
- 显著改进视觉效果和自动泊车功能, “Tap to Park” 一键泊车降低人为干预需要。之前版本的Autopark具有两大主要缺陷: 1) 很难检测停车位并将其显示在屏幕上, 而且一次只能显示一个停车位。2) 停车速度通常非常慢, 如果周围有其他车辆, 几乎很难完成自动泊车。而新的Autopark基于NN技术, 显著改善了这两个问题, 停车速度更快, 不仅可以在显示屏上勾勒出停车位, 还可以同时显示各种停车位 - 包括平行空间。此外, 这次升级, 特斯拉真正实现了一键泊车 (Tap to Park), 当驾驶员选择好停车位后, 点击“开始按钮”, 特斯拉的车辆能够安全地倒车进入停车位, 驾驶人员只需要保持关注并随时准备在必要时取消自动停车操作即可, 大幅度降低了人为干预需要、提升用户体验。  
图 新版Autopark视觉体验感显著强于旧版Autopark

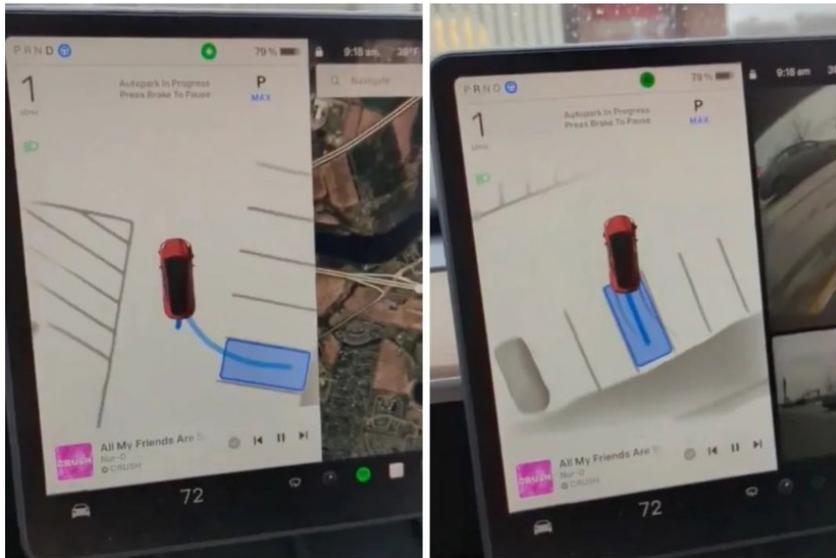


图 新版Autopark不再需要驾驶员操作方向盘。自动泊车功能显著改进





# HW4.0芯片算力大幅提升

- **芯片改用更先进制程：**HW4.0 FSD芯片采用三星7nm工艺，HW3.0为三星14nm工艺，新的自动驾驶芯片性能将是现款自动驾驶芯片的**5倍**左右，这里的性能或为综合能耗/算力参数，或为单片算力（那么**新平台总算力很可能达到500TOPS**）。
- **摄像头或升级：**摄像头数量或从9个减少到8个，但是摄像头的清晰度从120万像素提升到500像素，这使得HW4.0具有比3.0更强的感知能力，最远探测距离可达424米，扫除盲区和死角。
- **预留雷达接口，但model Y目前未配备雷达：**HW 4.0预留了装备雷达的空间，但是model Y在出厂时并不具备雷达功能，这可能与特斯拉更加偏好视觉方案、降低车辆出厂成本等因素有关，同时也为用户提供了一定的选择空间。
- **CPU内核数量提升66.67%，FSD Computer 2数量增加到3个。**CPU方面，HW4.0由3.0的12核，提升到了20核，内核数量提升66.67%。计算平台方面，虽然HW4.0仍然采用的是FSD Computer 2，但是数量却增加到了3个。
- 目前，海外HW4.0已经支持model 3、X、Y和S。国内，特斯拉为了应对竞争压力，开放了model Y的升级，并且是“加料不加价”。

表：HW3.0和HW 4.0关键参数对比

	HW 3.0	HW 4.0
摄像头	9个，120万像素	8个，500万像素
雷达	1个毫米波雷达，12个超声波雷达	为安装雷达预留空间，但是Model Y目前未配备雷达
计算平台	FSD Computer 2	FSD Computer 2
计算平台数量	1	3
芯片	三星的 Exynos架构	三星的 Exynos架构
CPU	12核	20核
CPU频率	2.2GHz	2.35GHz
神经网络加速器	双核	三核
神经网络频率	2GHz	2.2GHz
最大算力	100TOPS	500TOPS
制程	14nm	7nm

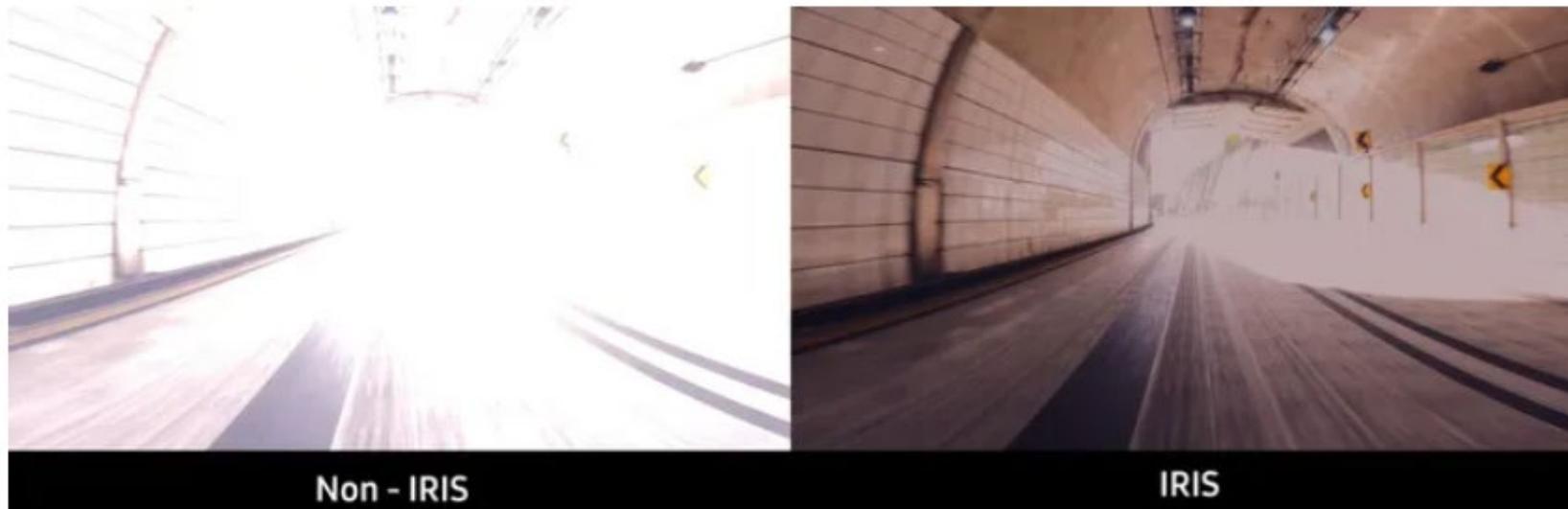


# HW5.0：或搭载第二代 3nm N3P 工艺芯片，摄像头或加入加热镜头元件等

行业深度报告

- **HW5.0或搭载第二代 3nm N3P 工艺芯片：**与N3E相比，N3P的晶体管密度更高，从而提高了性能的同时降低了功耗。N3P 性能比N3E 高 5%，同时光学尺寸缩小了 2%，从而晶体管密度达到 1.04 倍。据Digitimes报道，特斯拉已向台积电第二代 3nm N3P 工艺芯片下达了异常大的订单，如果此消息属实，HW5.0的性能将比HW4.0具有显著地提升。
- **摄像头工艺再提升，加入加热镜头元件、水滴排斥涂层和光圈控制技术。**
  - 1) **加热镜头元件：**三星开发的“Weather Proof”摄像头配备了8MP传感器，并采用了一种巧妙的镜头加热系统，能在不到一分钟内融化覆盖在镜头上的冰雪。
  - 2) **水滴排斥涂层：**新型摄像头配备了防水涂层，可以防止水滴停留在镜头上，添加了防水涂层，以防止水滴停留在镜头上，这种涂层耐划痕和损伤，耐用性是现有解决方案的6倍。
  - 3) **光圈控制技术 (IRIS)：**三星开发的摄像头模块引入了光圈控制技术，允许摄像头根据不同的光照条件和自动驾驶需求动态调整进光量，优化图像质量和传感器性能。

图 光圈控制技术 (IRIS) 能够显著优化成像质量



# 目录

## CONTENT

01

特斯拉的FSD时刻

02

AI赋能，加速Robotaxi

03

无图城市NOA重新定义智能汽车

04

投资建议

05

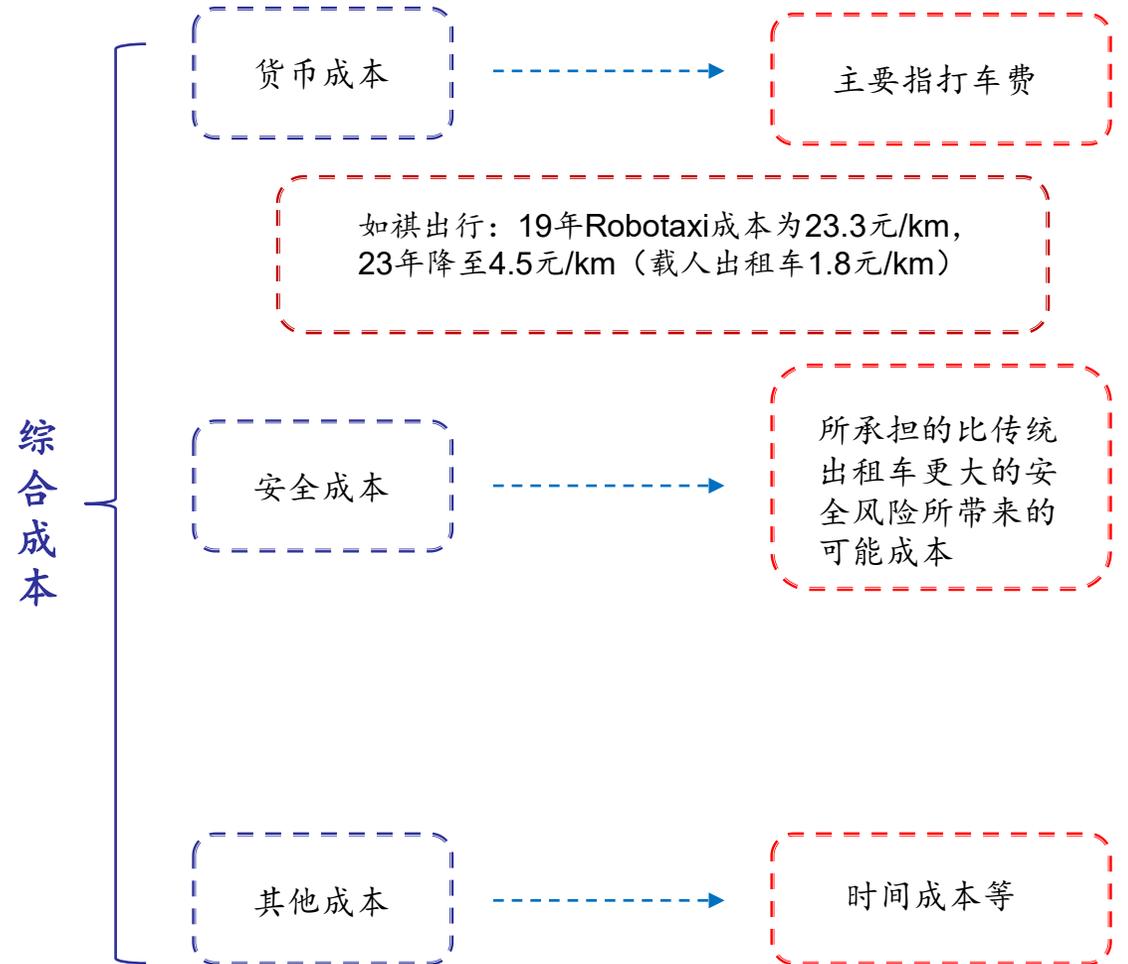
风险提示



# Robotaxi: 8月8日落地路径Roadmap持续催化

马斯克称Robotaxi将于今年8月8日落地，近期特斯拉启动了全球范围内的人员调整，自动驾驶预计将获得资源倾斜，落地路径Roadmap持续催化值得期待。

- **乘坐Robotaxi的综合成本：**我们将消费者乘坐Robotaxi的综合成本划分成**货币成本、安全成本、和其他成本**。其中货币成本主要指打车费，安全成本则是消费者乘坐Robotaxi所承担的比传统出租车更大的安全风险，以及由此造成的乘客可能成本（如健康损失、医疗费用），其他成本则主要包括时间成本等（Robotaxi可能因为速度或错误选择匝道进入等导致平均速度相对慢）等。
- **综合成本降低是规模化落地的关键：**Robotaxi面临的竞争对手是传统的出租车行业，其商业模式要想跑得通，就要从传统出租车Uber等公司抢客，客观需要其具有相对低的综合成本吸引顾客。Robotaxi每公里货币成本已经显著下降，**当前更重要的或是降低安全成本。**
- **自驾技术进步是降低综合成本的核心，规模落地依赖L4/L5技术，目前或局限于部分城市的部分区域路段。**目前，国内外都存在Robotaxi的训练，但是仅局限于部分城市部分区域。在这一层级上，L3层级的自动驾驶技术可以满足需求。但是为了规模化推广，意味着自动驾驶技术要能适应更复杂的驾驶环境、降低综合成本，L4则是必须的。基于此，**我们认为马斯克在8.8落地的Robotaxi或将局限于部分城市的部分区域，规模化落地仍有待自动驾驶技术向L4/L5方向进一步发展。**
- **外部条件：监管政策宽松和有关法律完善。**



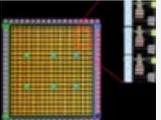
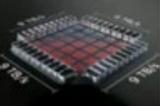


# AI赋能，加速Robotaxi，特斯拉自动驾驶今年累计投资预计超100亿美元

## 行业深度报告

- 超算需巨额资金投入，马斯克预计特斯拉今年在有关领域累计投资超100亿美元。在今年1月27日，马斯克在推特上表示，Dojo目前的算力进相当于1万个英伟达H100，如果想在AI领域具备竞争力，那么目前需要每年投入数十亿美元。随后在4月6号，马斯克再发言，表示特斯拉在训练计算、数据管道和视频存储方面的累计投资将在今年超过100亿美元。AI赋能，加速Robotaxi。
- 数据鸿沟和算力要求，构成超算的核心壁垒。首先，任何模型的训练都依赖于数量巨大、质量可控的训练数据，而特斯拉FSD自推出以来累计运行超过了10亿英里，这位特斯拉训练模型提供了充足的训练数据。其次，算力方面，大模型训数据需要强大的算力，特斯拉目前可能拥有3万-3.5万颗英伟达H100芯片，而下一代的Gork可能需要10万颗H100，如果按照单价4.5万美元/颗，那么10万颗H100总价值高达45亿美元，相当于300多亿人民币。

图 Dojo的数据流近存计算架构

层级	名称	片上SRAM	算力	说明
 内核	Dojo Core	1.25MB	1.024TFLOPS	单个计算核心，64位宽度，具有4个8x8x4的矩阵计算单元，2GHz主频
 芯片级	D1	440MB	362TFLOPS	单芯片，核心数为354，面积645mm <sup>2</sup>
 核心级	Dojo Tile	11GB	9050TFLOPS	单个训练模组，每5x5个芯片包括一个训练模组
 整群级	ExaPOD	1320GB	1.1EFLOPS	模拟训练的训练集群，每12个训练模组组成一个机柜，每10个机柜组成ExaPOD，共计3000个D1芯片



# AI赋能，加速Robotaxi，无图全城城市NOA加速

- 华为ADS 2.0问世后，城市NOA的竞争愈发向着无图化、全城市可用的方向发展。华为的ADS 2.0首次搭载在华为问界M5上，相比与ADS 1.0, ADS 2.0结合道路拓扑推理网络（RCR）和华为的先进算法,实现了不依赖于高精地图的高速、城区高阶智能驾驶功能。小鹏汽车宣布面向智驾经验用户即刻推送无限 XNGP 智能辅助驾驶功能，号称“不限城市、不限路线，有导航的地方就能用”。

理想、比亚迪、华为、小鹏等智驾头部车企将自动驾驶放在优先发展战略地位，我们认为原因如下：

- 智能驾驶的技术路径逐渐收敛，后发力者技术上具备后发优势。特斯拉的智能驾驶技术路线已得到成功验证，我们看到，当前时点，“Transformer+BEV感知大模型”、“Occupancy、Lane算法”、“自动标注”、“超算建设”等成为共识。从中长期看，纯视觉与激光雷达路线之争逐渐走向“折中”方案、“不依赖高精地图”有望降低智能驾驶软硬件BOM成本。

我们认为在未来大模型将继续赋能自动驾驶。

- 端到端算法有望提升规控准确性、大模型蒸馏训练小模型减少计算资源消耗、生成式AI提供高质量训练数据、多模态模型有望优化感知。

图：不同车企高速NOA及城市NOA Roadmap

品牌	高速NOA	城市NOA	24年计划	指定路线NOA功能
小鹏	√	不限城市	/	AI代驾
阿维塔	√	不限城市 (阿维塔12)	/	AI代驾
问界	√	不限城市	/	AI代驾
理想	√	113城	无图城市NOA预计2H全国开放	通勤NOA
蔚来	√	726城	预计Q2向所有NT2.0用户推送NOP+城区领航辅助	
特斯拉	√	国外开通		
零跑	√	×	预计2H推出	
腾势	√	40+	最快年底覆盖全国	
极氪	√	×		
深蓝	×	×		
宝骏	√			记忆行车

图：华为 ADS2.0和小鹏无限XNGP都支持不限城市、无图NOA

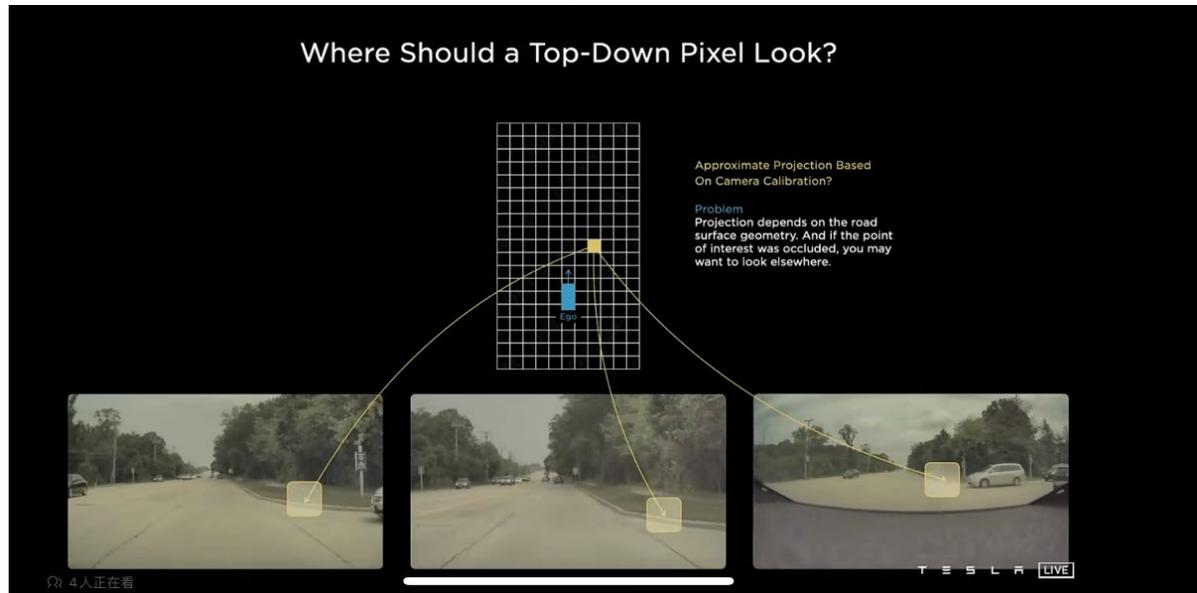
时间	NOA	特点
2023.05	华为 ADS2.0	1、配备1个顶置激光雷达、3个毫米波雷达、11颗高清摄像头以及12个超声波雷达，不受恶劣天气和光线影响，全天候感知信号。 2、BEV+GOD网络（General Objective Detection通用障碍物检测），可以识别通用障碍物白名单外的异形物体。 3、有图无图都能开，覆盖超90%城区
2024.04	小鹏无限 XNGP	不限城市、不限路线，有导航的地方就能用



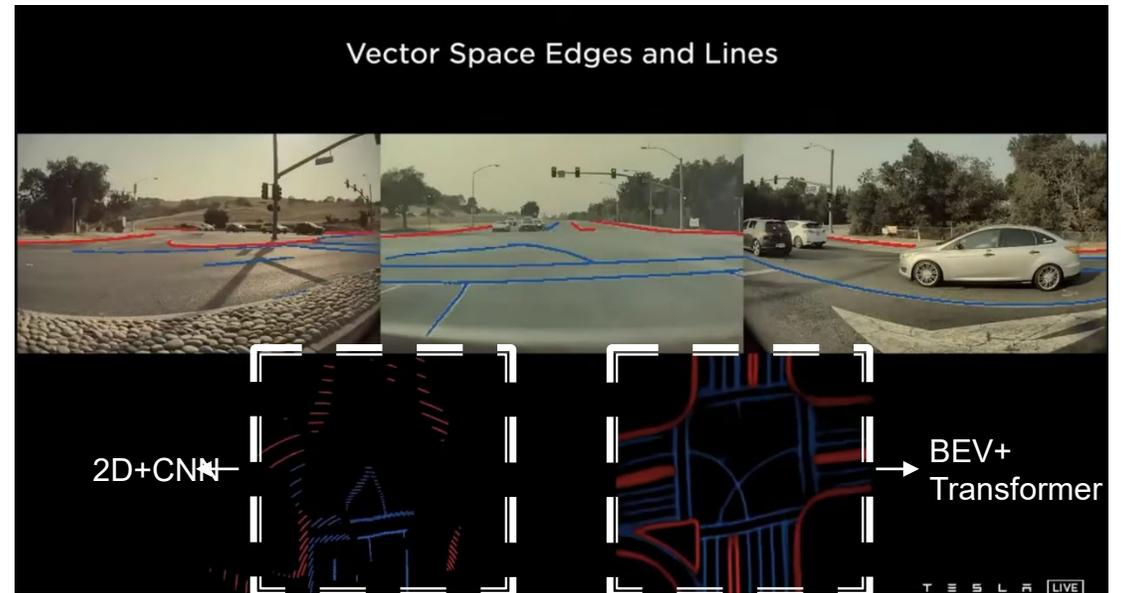
2021年7月AI DAY，特斯拉首次展示基于Transformer的BEV感知方案，是大模型首次用于自动驾驶，实时感知生成向量空间。

- BEV (Bird's-eye-view) 指俯瞰图视角，Transformer利用主干网络对各个摄像头进行特征提取，再利用Transformer将多摄像头数据从图像空间转化为BEV空间（向量空间）。
- Transformer vs CNN：Transformer是一种基于注意力机制（Attention）的神经网络模型，通过注意力机制去挖掘序列中不同元素的联系及相关性，而CNN的局部感受野限制了它们在长距离依赖性建模方面的能力。
- BEV+Transformer vs 2D+CNN：BEV+Transformer可以消除遮挡和重叠，提高检测精度。BEV视角下的物体，不会出现图像视角下的尺度（scale）和遮挡（occlusion）问题。BEV能够实现“局部”端到端优化，感知和预测都在同一个空间进行，输出“并行”结果。

图：自动驾驶跨摄像头和多模态融合背景下的BEV视角



图：BEV+Transformer可以消除遮挡和重叠，提高检测精度

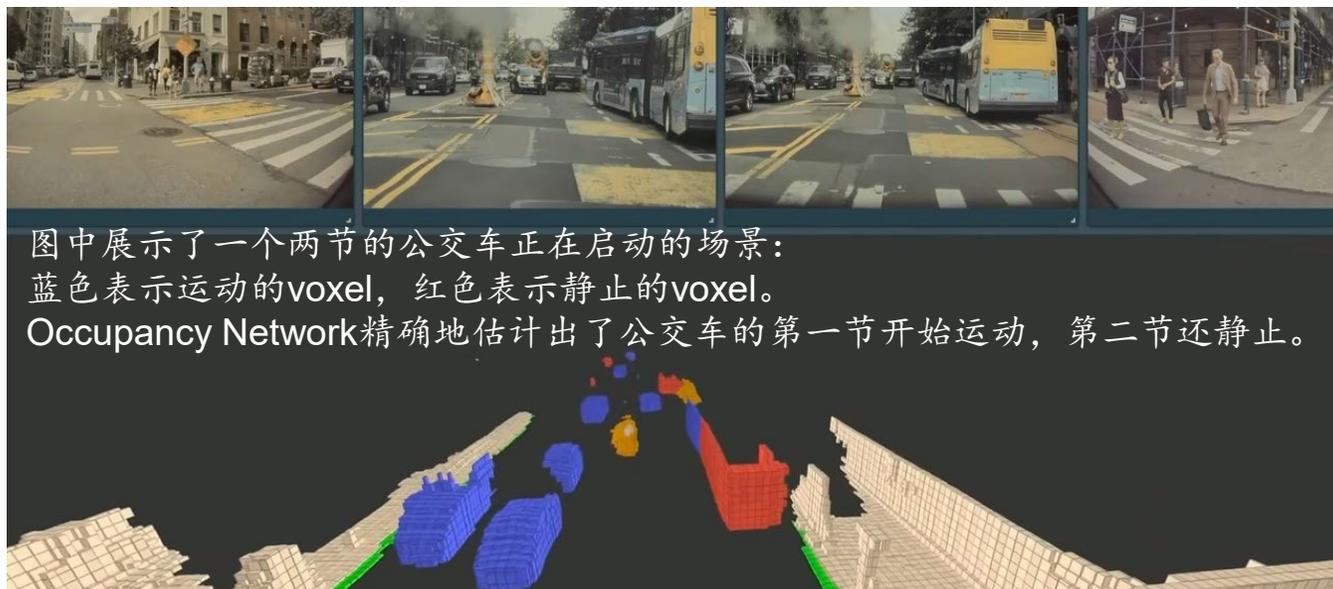




2022年10月AI DAY， 特斯拉Occupancy感知进化， **不识别类别也能判断物体运动状态**， 引领华为GOD、理想Occupancy跟随。

- 2022年10月1日的AI Day中展现了Occupancy Network 感知技术：基本的思想是将三维空间划分成体素voxel，通过0/1赋值对voxel进行二分类，实际中的赋值可以是概率值，表示voxel存在物体的概率。Voxel的属性除了是否被占据，还包含语义信息和速度信息（Occupancy Flow）等。其中速度信息是一个三维向量，用于表述voxel运动的速度和方向，通过occupancy flow可以用于判断物体是否运动。
- 相较BEV+Transformer，Occupancy是又一里程碑式进步：占用网络相较于BEV，有了Z轴上的扩展，是一种通用的2D特征转3D特征的转换，不局限于通用障碍物检测，可以扩展到更多3D空间任务。同时在引入速度信息后，动态描述向4D过渡。
- 2Q23，华为、理想相继发布类似的算法，其中华为创新性地将激光雷达信息融入其GOD网络，理想Occupancy属于其三种重点感知算法之一。

图：通过Occupancy flow可以用于判断物体是否运动



图中展示了一个两节的公交车正在启动的场景：  
蓝色表示运动的voxel，红色表示静止的voxel。  
Occupancy Network精确地估计出了公交车的第一节开始运动，第二节还静止。

优势

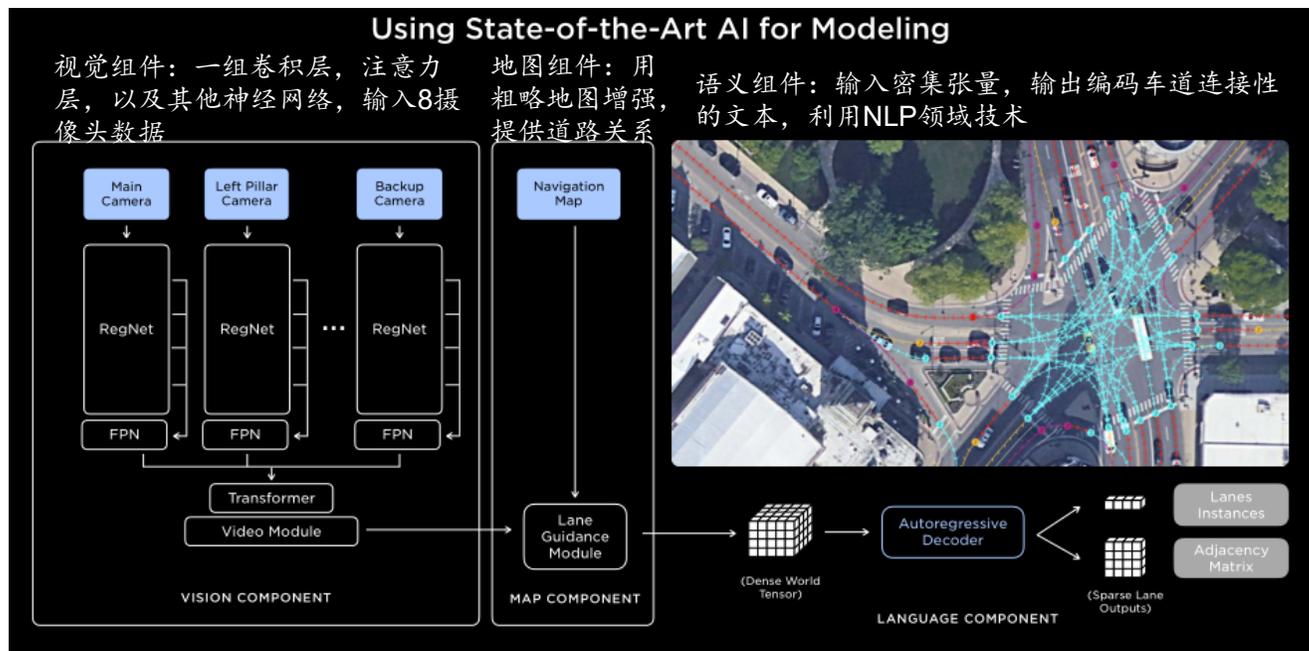
- **可预测道路起伏度**：在BEV空间生成统一体素，可以预测任意一个体素的占用概率，道路边沿的占据栅格和道路表面贴合。
- **运动流，3D方便测算遮挡关系**：能够实时预测被遮挡物体的运动状态，可以为每个体素预测其运动状态，对随机运动进行建模。
- **弱语义，强几何**：可以为每个体素生成对应的语义类别，即使不识别类别也能处理运动物体。
- **Occupancy具有高效的存储和计算优势**：10ms内可以完成计算，各个位置的分辨率可调整，具备BEV空间变焦能力。



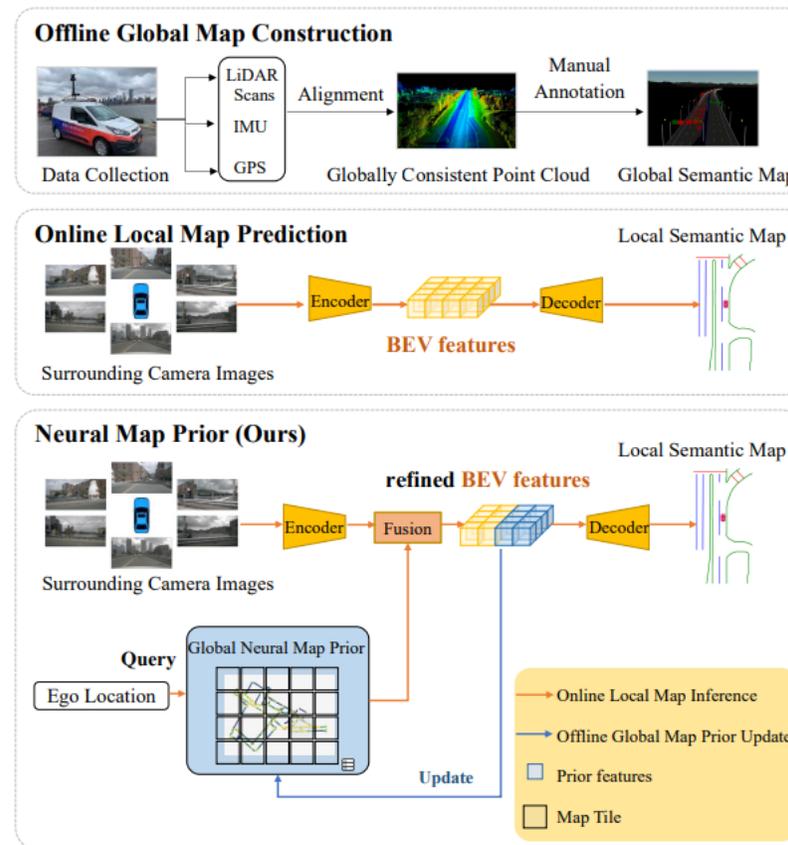
# 技术路径收敛：Tesla Lane感知车道拓扑，理想提前提取复杂路口特征

## 行业深度报告

图：Lane神经网络同样基于Transformer模型，是摆脱高精地图的关键算法，可生成道路间的拓扑连接关系



图：针对复杂路口，理想自研NPN网络提前进行路口特征的提取，当车辆再次行驶到该路口时，与车端感知的BEV特征层融合

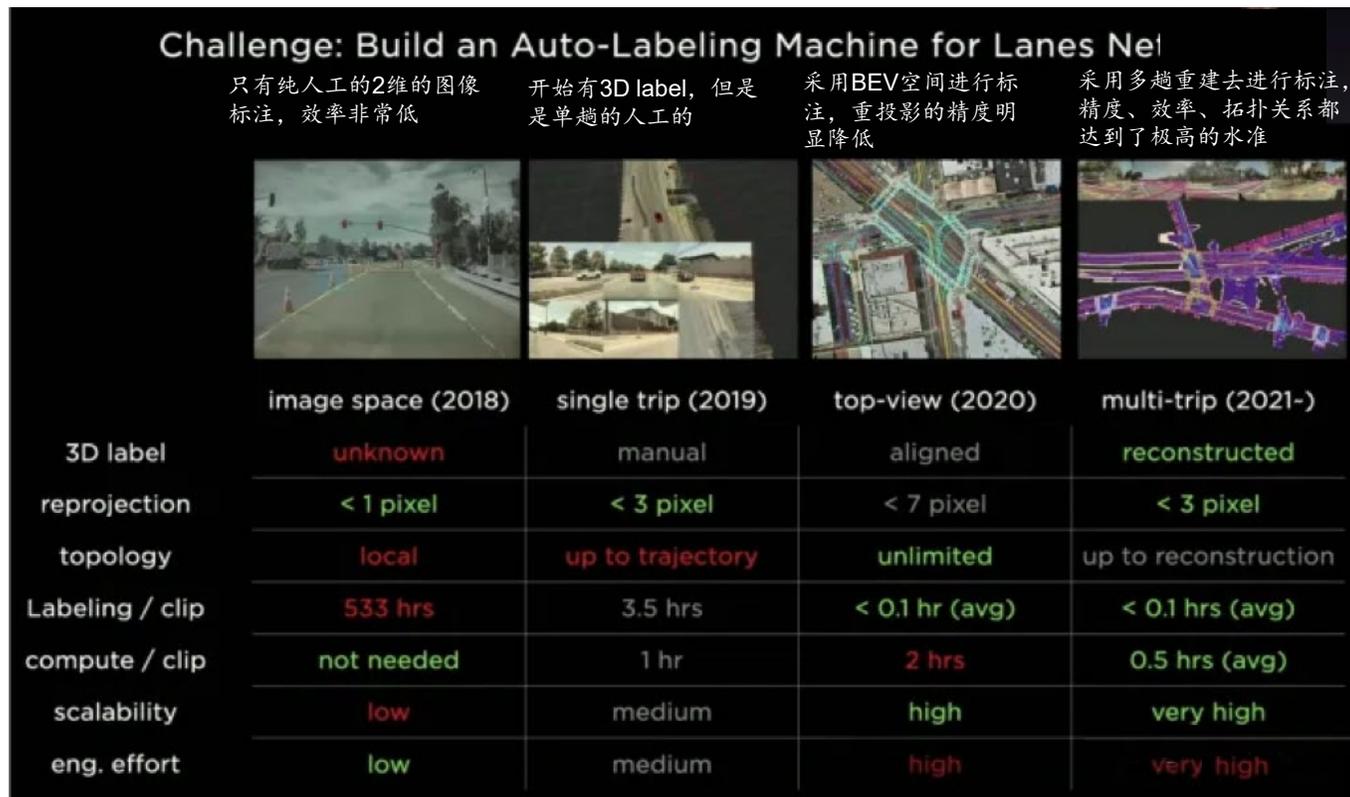




# 技术路径收敛：大模型自动标注效率是人工的1000-45000倍

行业深度报告

图：特斯拉采用大模型优化数据标注，从2018年只有纯人工的2维标注，2021年后建立自动标注系统可以取代500万小时的人工作业量



图：国产新势力、比亚迪、华为、长城、AI公司纷纷采用自动标注大模型提升效率

企业	自动标注大模型应用及能力
小鹏	引入全自动的标注系统，对比人工标注，全自动标注系统效率高，过去2000个人一年的标注任务，现在用16天左右就能完成，效率可以提升45000倍
理想	使用软件2.0的大模型，通过训练的方式进行自动化标定，过去需要用一年做的事情，基本上3个小时就能完成，效率是人的1000倍
比亚迪	毫末智行在算法模型上，研发了智驾自动标注大模型
华为	华为云研发的标注大模型，基于海量典型数据进行预训练，通过语义分割、对象跟踪技术可以快速完成长时间连续帧的自动标注
毫末智行	DriveGPT的自动化标注能力，可以降本98%数百亿4D Clips (环视连续数据Clips) 的标注成本。
商汤	商汤科技公布了“日日新SenseNova”大模型体系，包含自然语言处理、内容生成、自动化数据标注、自定义模型训练等多种大模型及能力。



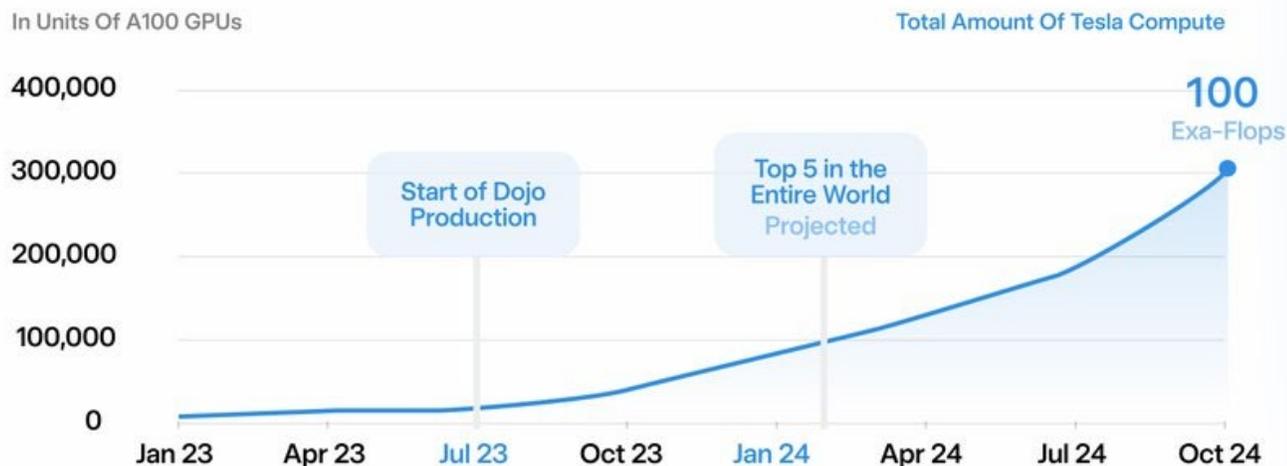
# 技术路径收敛：特斯拉Dojo投产，国内厂商建设超算中心

行业深度报告

图：特斯拉DOJO超算自7月投产，计划明年在DOJO上投入超过10亿美元，当前算力相当于1万+英伟达H100，预计到24年算力会相当于30万英伟达A100

图：国内多家OEM和Tier 1均在积极建设智驾数据中心

## Trained On Extremely Large Compute



企业	超算中心建设
蔚来	2022年就曾宣布与英伟达合作，基于A100打造自己的数据中心
小鹏	与阿里云合作在乌兰察布建设了智算中心“扶摇”，宣称云端算力可达600 PFLOPS
毫末智行	在算法模型上，研发了智驾自动标注大模型发布了和火山引擎合作的“雪湖·绿洲”智算中心，称其算力规模为670 PFLOPS
理想	宣布了与火山引擎合作在山西打造智算中心，采购的公有云服务算力达750P FLOPS；
吉利汽车	和阿里云在湖州成立了星睿智算中心，拥有810 PFLOPS 的算力。



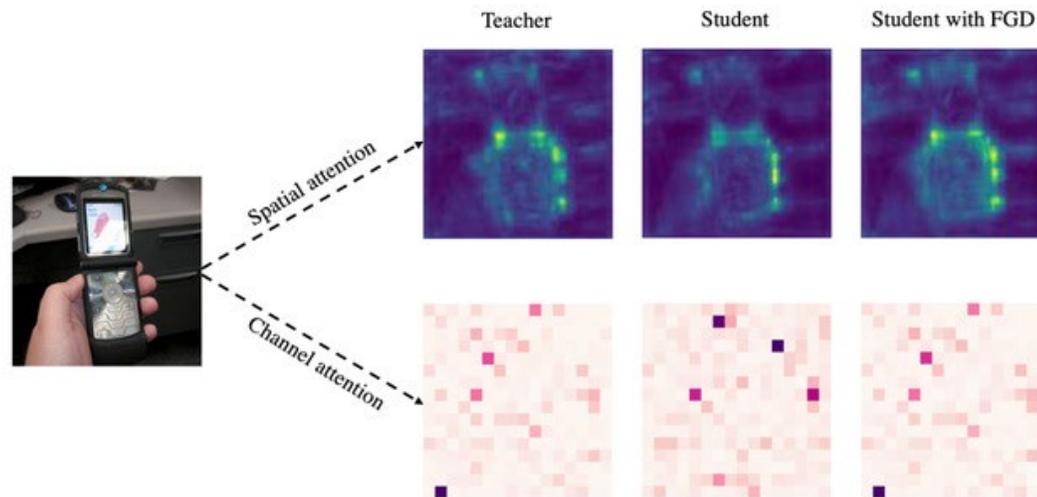
# 大模型赋能智驾GPT：大模型蒸馏有望解决车端算力不足带来效果欠佳问题

## 行业深度报告

车端计算资源有限难以部署大模型，导致推理效果和泛化性能欠佳：通常来说，规模较大的模型预测效果更好，但训练时间长、推理速度慢的问题使得模型难以实时部署，尤其在自动驾驶汽车等计算资源有限的设备上，响应速度显然不够用。规模较小的模型虽然推理速度较快，但是因为参数量不足，推理效果和泛化性能没那么好。

大模型知识蒸馏给小模型，可以实现更优的性能：知识蒸馏（knowledge distillation）是模型压缩的一种常用方法，通过构建一个轻量化的小模型，利用性能更好的大模型的监督信息来训练这个小模型，以期达到更好的性能和精度。目标检测是计算机视觉中的一个重要任务，知识蒸馏可以在不增加其计算消耗的前提下提升其表现。根据理想智驾VP朗咸朋，其认为GPT最大的好处是可以用大量的弱标注或者粗标注的样本，来获取一定的基础能力；然后再用精标的小数据去做调整，在某些任务上得到更好的结果，理想现在也在这么做。

图：学生模型通过蒸馏学到了教师的知识，并获得更好的特征，由此实现性能提升





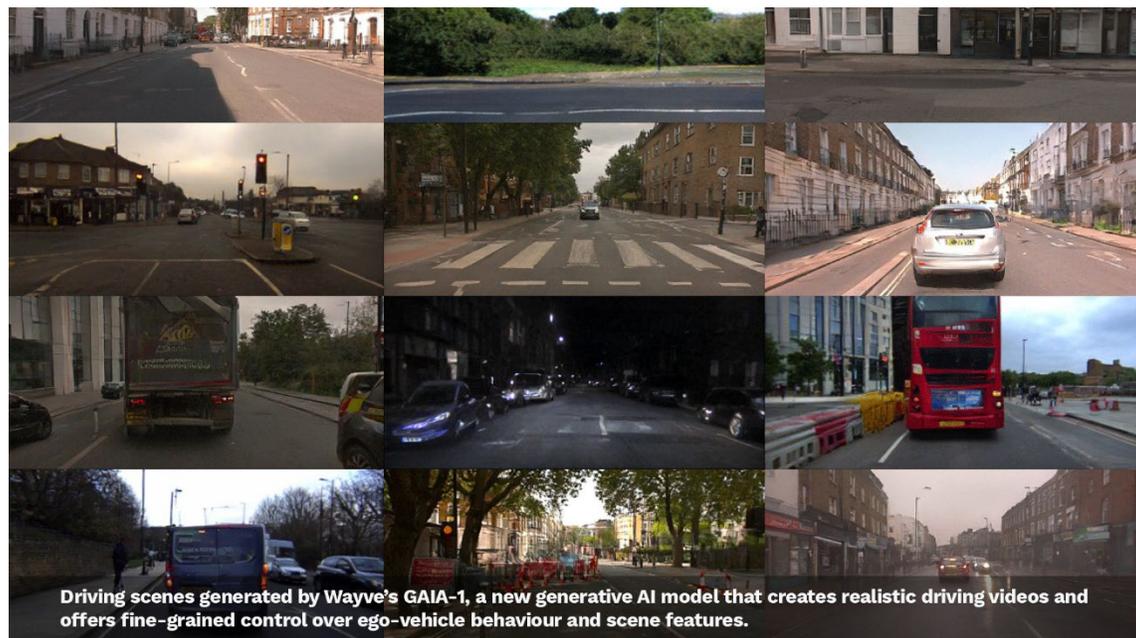
# 大模型赋能智驾GPT：生成式AI有望高效低价提供高质量训练数据

行业深度报告

生成式AI可以生成廉价的海量训练数据和极端驾驶场景，高效地批量生产自动驾驶模型训练开发所需的海量数据。

- Tesla、Wayve在2023年CVPR自动驾驶workshop上展示了利用大模型来生成自动驾驶相关的连续视频场景，Tesla命名为World Model，Wayve则命名为GAIA-1。

图：Waymo GAIA-1和基于GAIA-1生成的视频素材



图：特斯拉认为World模型对端到端的自动驾驶实现非常重要





# 大模型赋能智驾GPT：“语言+视觉+雷达+地图+定位”或将赋能多模态感知 行业深度报告

图：当输入图像时，GPT-4可以生成理解图像的文本回答

图：商汤认为在通用大模型加持下，通用AI时代人可以通过语言 and 模型互动，人的反馈有助于提速自动驾驶的新技能解锁。

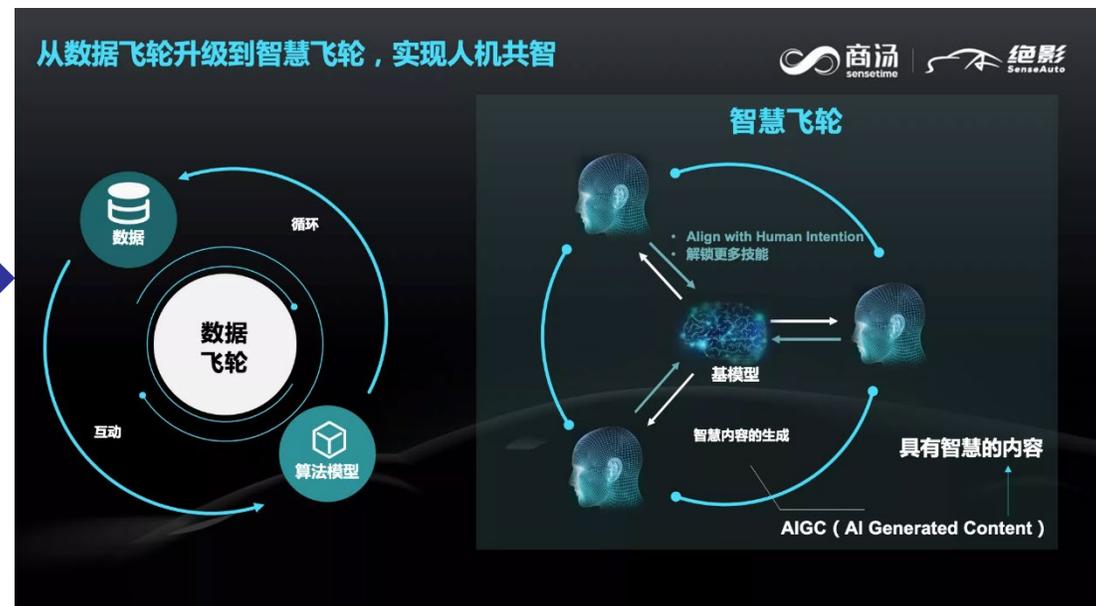
User What is unusual about this image?



Source: <https://www.barnorama.com/wp-content/uploads/2016/12/03-Confusing-Pictures.jpg>

“多模态大模型”或能显著提升感知效率

GPT-4 The unusual thing about this image is that a man is ironing clothes on an ironing board attached to the roof of a moving taxi.



# 目录

C  
O  
N  
T  
E  
N  
T

01

特斯拉的FSD时刻

02

AI赋能，加速Robotaxi

03

无图城市NOA重新定义智能汽车

04

投资建议

05

风险提示

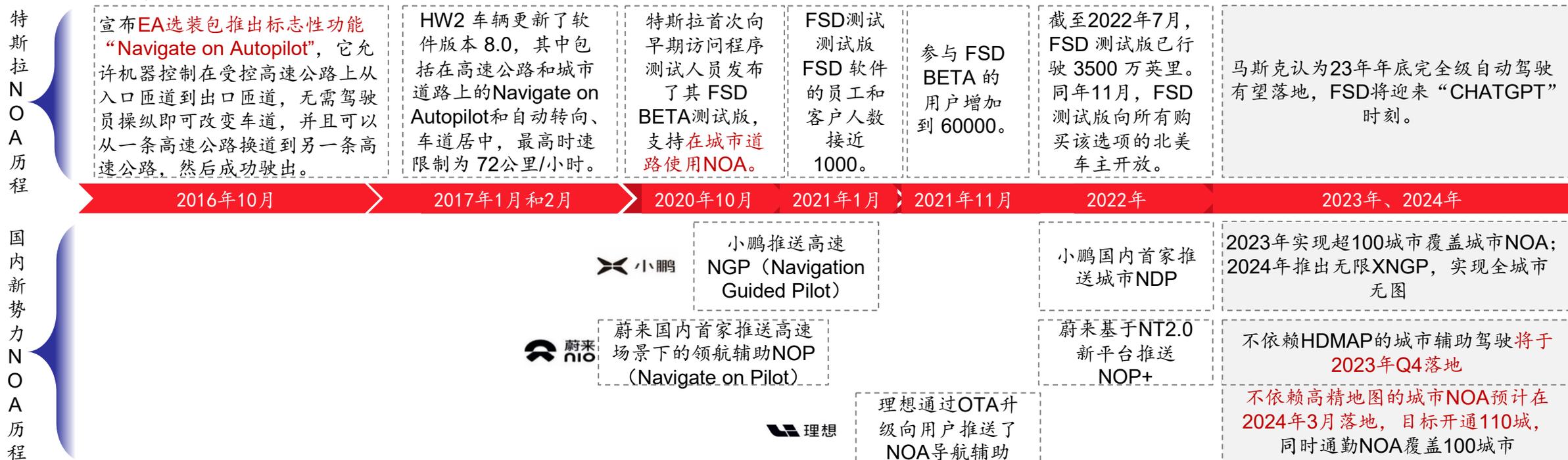


# 特斯拉FSD，引领无图城市NOA重新定义智能汽车

特斯拉率先定义，引领国内新势力布局不依赖高精地图的城市NOA，当前量产方案处于有图向无图的过渡期。

- **特斯拉率先推送高速NOA**：特斯拉于2016年10月率先推出高速NOA（Navigate on Autopilot）功能，定义了高级自动驾驶的进阶方向。2020年末起，蔚来、小鹏、理想相继向客户推送高速NOA。
- **城市NOA重新定义智能汽车**：特斯拉于2020年10月，首次向早期访问程序测试人员发布了其FSD BETA测试版，支持在城市道路使用NOA，标志着汽车智能水平的重新定义。2022年末，小鹏作为国内首家向广州用户推送了城市NGP。2023年3月，理想计划现在起all in自动驾驶，李想表示，“到2024年，有无城市NOA，将会像买了20-30层高层，有电梯和没电梯的区别。”理想表示，不依赖高精地图的城市NOA将会在2023年末落地百市，并于6月开启城市NOA（无图）内测。2023年5月，装配华为ADS2.0的问界实现无图城市NOA，2024年2月，小鹏推出无限XNGP，紧跟华为实现全城市无图NOA。

图：特斯拉及国内新势力NOA进程





# 华为ADS2.0：硬件上做减法，功能上做加法

- **硬件上做减法：**减少2个前视摄像头、3个毫米波雷达和2个激光雷达，更加重视视觉融合感知路线。相比于ADS 1.0，ADS 2.0在硬件上做减法，v1.0有4个前视摄像头、6个毫米波雷达和3个激光雷达，但是v2.0仅有2个前视摄像头、3个毫米波雷达和1个激光雷达。毫米波雷达和激光雷达数量分别减少为原来的1/2和1/3，反映了华为 ADS 2.0更加重视视觉融合感知路线和注重降低成本的意图，这点反映在问界M7上，则是问界新M7的售价24.98万-32.98万，比2022版M7的售价28.98万-37.98万单价降低4-5万。
- **功能上做加法：**GDO2.0、RCR2.0赋能自动驾驶，实现90%城区无图NCA。华为在ADS 2.0中引入了激光融合GDO2.0，大幅度提高了识物率，障碍物识别率高达99.9%。RCR2.0技术的引入则实现了导航地图和现实世界的匹配，不需要高精度地图，城区NCA可覆盖城区90%场景。
- **全场景智能泊车：**可见可泊，解放双手。华为的APA智能泊车辅助，在功能上实现了360° 车位发现。并且，驾驶员只需要点击选择车位，然后点击开始按钮，即可一键泊车，不需要人为干预。
- **AEB生效上限提升，主动安全性能提升：**前向/侧向/后向AEB最大生效上限获得10-48km/h不等的提升，最高刹停速度由90km/h升至120km/h，为用户提供更高的主动安全保护。

### 表 v2.0在硬件上做减法

	华为ADS1.0	华为ADS2.0
激光雷达	3	1
外部感知摄像头	13	11
前视	4	2
周视	4	4
后视	1	1
环视	4	4
毫米波雷达	6	3
超声波雷达	12	12

### 图 激光融合的GOD障碍物识别率高达99.9%



### 图 RCR2.0实现90%城区无图NCA



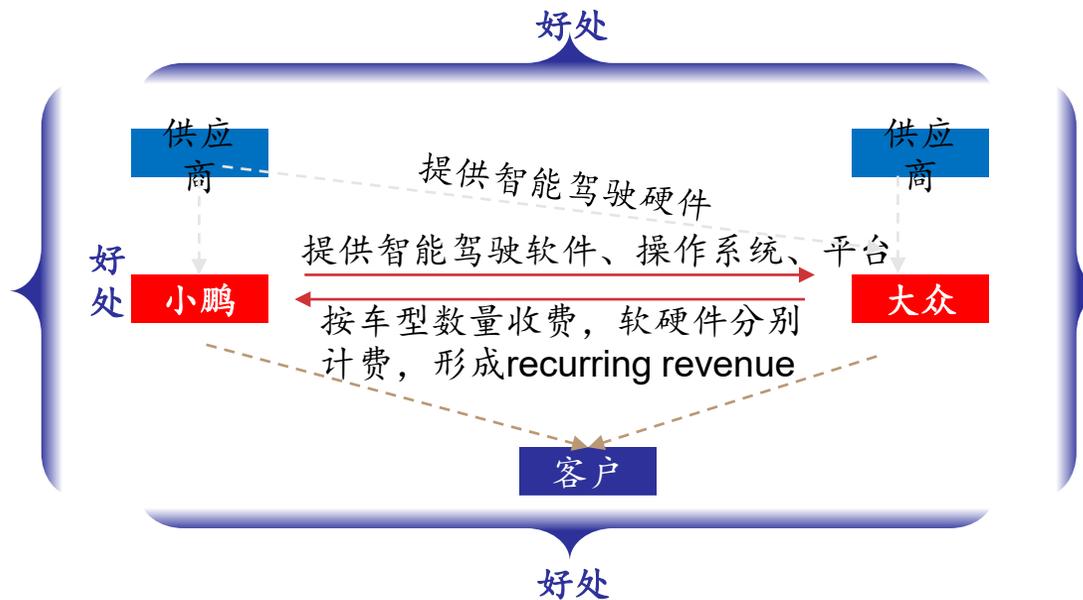


# 大众向小鹏技术付费，智能化主机厂、零部件出海空间广阔

图：小鹏与大众合作模式

- 1、小鹏智能驾驶硬件供应商有望直接供货大众，打开出口空间，同时在加速高级别智能驾驶硬件搭载至10-20万级主流车型
- 2、双方供应商有望进一步打开成长空间

- 1、新商业模式，持续性收入
- 2、提振供应商保供信心，有望加速提升G6等车型产能
- 3、提高国际知名度，给小鹏G9平台及智能驾驶技术带来更佳的宣传效果
- 4、更多的数据，提高模型精度
- 5、学习大众平台开发控本经验，学习大众经销商管理经验



好处

在2026年的两款B级SUV上采用最先进的小鹏NGP智能驾驶技术，产品智能化能力有望走入全球第一梯队

好处

高级别智能驾驶产品更丰富、选择更多，同时车型定义有望更符合传统燃油车车主习惯

图：持续高研发投入的新势力有望打开“技术收费”新商业模式

研发费用/营业收入	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
小鹏	89%	30%	20%	19%	17%
理想	411%	12%	12%	15%	9%
蔚来	57%	15%	13%	22%	24%

研发费用（亿元）	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
小鹏	20.7	17.3	41.1	52.1	52.8
理想	11.7	11.0	32.9	67.8	105.9
蔚来	44.3	24.9	45.9	108.4	134.3



# 成本下探：24/25年L2+/L3智能驾驶BOM成本有望下降50%

行业深度报告

我们认为自动驾驶BOM成本有望大幅降低。一是从华为ADAS系统的变化可见（v1.0 vs v2.0），传感器配置从3颗激光雷达减至1颗激光雷达，前视摄像头减少2颗，毫米波雷达从6颗减至3颗，未来车企有望从依赖多颗激光雷达转换至“纯视觉感知+1颗激光雷达监督”。二是车企从依赖高成本的高精地图转变到依托**边际成本低的感知模型**。

根据何小鹏，2024年小鹏自动驾驶Bom成本将下降一半。大疆车载认为L2+智能驾驶系统的总成本（软件+硬件）占整车售价在**3%~5%**是合理的，认为未来合理L2+智能驾驶系统成本区间在**5000元到15000元**。

图：当前时点及未来不同价格带车型智能驾驶BOM成本测算及预测

	30万以上 (L3) 车型传感器配置和域控成本表			20~25万 (L2+) 车型传感器配置和域控成本表			20万以内 (L2) 车型传感器配置域控成本表		
	物料名称	数量 (个)	单价 (元)	物料名称	数量 (个)	单价 (元)	物料名称	数量 (个)	单价 (元)
当前	周视摄像头 前视8M	1~2	350	周视摄像头 前视8M	1	350	前视摄像头	1	200
	后视/周视2M	5	200	后视/周视2M	5	200	超声波雷达	8~12	40
	环视2M摄像头	4	200	环视2M摄像头	4	200	毫米波雷达	1	300
	超声波雷达	8~12	40	超声波雷达	8~12	40	角雷达	2	350
	角雷达	4	350	毫米波雷达	1	300	域控	1	1500
	毫米波雷达 4D雷达	1	1500	角雷达	4	350			
	激光雷达	1~3	4000~7000	域控	1	5000			
	域控	1	12000						
	<b>总计</b>		<b>~30000</b>	<b>总计</b>		<b>~10000</b>	<b>总计</b>		<b>~3000</b>
	1-2年内	周视摄像头 前视8M	1~2	350	周视摄像头 前视8M	1	350		
后视/周视2M		5	200	后视/周视2M	5	200			
环视2M摄像头		4	200	环视2M摄像头	4	200			
超声波雷达		8~12	40						
角雷达		4	350						
毫米波雷达 4D雷达		1	1000						
激光雷达		1	3500						
域控		1	6000	域控	1	3000			
<b>总计</b>			<b>~15000</b>	<b>总计</b>		<b>~5000</b>			

**24/25年L2+及L3智能驾驶BOM成本有望下降50%:**

~5000元——行泊一体域控+高分辨率视觉传感器

~15000元——高算力域控+激光雷达+高分辨率视觉传感器+4D毫米波雷达+角雷达+超声波雷达

# 目录

## CONTENT

01

特斯拉的FSD时刻

02

AI赋能，加速Robotaxi

03

无图城市NOA重新定义智能汽车

04

投资建议

05

风险提示



# 30万元价格带智能汽车价值量拆解

### 激光雷达\*2

8000元-9000元  
16%



### 4D毫米波雷达

1600元  
3.2%



### 摄像头

前视\*2  
环视\*4  
周视\*5  
800元  
1.5%



### 超声波雷达\*12

50元  
0.96%



### 角雷达\*4

350元  
2.8%



智能传感器  
~12000元  
24%

相关标的：  
德赛西威  
经纬恒润  
均胜电子  
保隆科技



IMU (惯性导航)  
900元 1.8%



GNSS模组  
100元 0.2%



定位单元  
~1000元  
2%

相关标的：  
华依科技、华测导航



线控底盘  
~18000元  
36%



线控制动  
1700元  
3.4%  
相关标的：  
伯特利  
亚太股份



空气悬架  
11000元  
22%  
相关标的：  
保隆科技  
中鼎股份  
瑞玛精密



### 算力平台

~9000元 18%



行泊一体域控制器  
9000元  
18%

相关标的：  
德赛西威  
科博达  
华阳集团



智能座舱  
~10000元  
20%

相关标的：  
德赛西威、华阳集团



智能座舱域控制器  
2500元 5%



AR-HUD  
2500元 5%



机械仪表盘+座舱显示屏  
2500元 5%



电子外后视镜  
3000元 6%



线控转向  
5000元  
10%  
相关标的：  
耐世特  
伯特利  
浙江世宝  
经纬恒润



# 智能汽车产业链弹性空间测算

## 行业深度报告

	激光雷达			4D毫米波雷达			高精惯性导航			行泊一体域控			智能座舱域控			
	2023年	2025年	2030年	2023年	2025年	2030年	2023年	2025年	2030年	2023年	2025年	2030年	2023年	2025年	2030年	
单价 (元)	4000	3000	2500	1700	1000	950	700	500	350	5900	5000	3000	2500	2000	1500	
出货量 (万)	55	237	403	59	290	504	228	1161	1920	228	653	2400	365	726	2880	
市场空间 (亿元)	22	71	101	10	29	48	16	58	67	135	327	720	91	145	432	
渗透率	2%	7%	11%	2%	6%	11%	5%	24%	40%	10%	27%	50%	16%	30%	60%	
国产供应商份额	>75%			毫米波雷达 <20%			>95%			>90%			>85%			
	禾赛			经纬恒润			华依科技			德赛			德赛			
	2023年	2025年		2023年	2025年		2023年	2025年		2023年	2025年		2023年	2025年		
重点供应商份额	49%	30%		3%	30%		4%	9%		25%	23%		30%	25%		
重点供应商该业务收入 (亿元)	11	30		0	9		0.7	5		34	75		27	36		
重点供应商该业务收入yoy	233%	76%			74%			105%		154%	39%		164%	11%		
重点供应商该业务利润 (亿元)	亏损			0.03	0.9		0.07	0.75		3.4	7.5		2.2	2.9		
重点供应商该业务占总利润比例				1%	15%		6%	26%		21%	34%		13%	13%		
	线控制动			线控转向			空气悬架			HUD			电子外后视镜			
	2023年	2025年	2030年	2023年	2025年	2030年	2023年	2025年	2030年	2023年	2025年	2030年	2023年	2025年	2030年	
单价 (元)	1700	1500	1300	5000	4000	2000	11000	10000	6000	1317	1348	1000	3000	2500	1500	
出货量 (万)	706	1356	3072	30	223	422	130	399	1344	256	726	2150	23	242	960	
市场空间 (亿元)	120	203	399	15	89	84	143	399	806	34	98	215	7	60	144	
渗透率	31%	58%	80%	1%	9%	11%	6%	16%	35%	11%	30%	56%	0.5%	5%	20%	
国产供应商份额	<40%			R-EPS: ~20%			弹簧约60%			55%			>90%			
	伯特利			耐世特			保隆			华阳			华阳			
	2023年	2025年		2023年	2025年		2023年	2025年		2023年	2025年		2023年	2025年		
重点供应商份额	19%	19%		R-EPS: 3%			15%	15%		21%	19%		5%	10%		
重点供应商该业务收入 (亿元)	22.3	37.4		0.5	45		6.1	19.4		7.2	11.7		0.3	6.0		
重点供应商该业务收入yoy	335%	22%			41%		345%	53%		57%	59%					
重点供应商该业务利润 (亿元)	0.7	3.7		0.0	3.56		0	1.7		0.7	1.2		0.03	0.6		
重点供应商该业务占总利润比例	7%	21%		0%	19%		0	25%		14%	12%		1%	7%		



**投资建议：**智能汽车三条投资主线：①域控制器：德赛西威，华阳集团，科博达。②线控底盘：伯特利，保隆科技。③智能整车：赛力斯，理想汽车，小鹏汽车。

代码	名称	最新评级	EPS				PE				股价
			23	24E	25E	26E	23	24E	25E	26E	24/04/17
603596.SH	伯特利	买入	2.15	2.79	3.66	4.59	32.23	19.98	15.26	12.15	51.61
002920.SZ	德赛西威	买入	2.81	3.66	5.42	7.28	46.09	34.47	23.23	17.30	131.60
601127.SH	赛力斯	增持	-1.66	-0.04	1.56	/	-56.99	-2,364.42	60.81	/	94.66
2015.HK	理想汽车	买入	5.55	7.44	12.11	15.03	24.17	14.01	8.61	6.93	114.90
XPEV.N	小鹏科技	增持	-5.96	-3.69	-1.39	0.59	-9.40	-7.14	-19.02	44.61	7.42
603197.SH	保隆科技	买入	1.97	2.61	3.39	/	22.26	16.79	12.93	/	43.84
002906.SZ	华阳集团	买入	0.89	1.21	1.58	2.00	39.75	23.66	18.10	14.25	28.80
603786.SH	科博达	买入	1.61	2.12	2.74	/	38.37	29.13	22.56	/	58.79

注：：赛力斯、保隆科技、科博达23年数据为预期数据

# 目录

## CONTENT

01

特斯拉的FSD时刻

02

AI赋能，加速Robotaxi

03

无图城市NOA重新定义智能汽车

04

投资建议

05

风险提示



- **智能汽车渗透率提升不及预期**

如果智能驾驶技术进展缓慢、车型价格居高不下，消费者对于智能驾驶的接受度提升可能不及预期，城市NOA的进展可能比预测更加缓慢，汽车智能化的进展可能不及预期。

- **国产替代不及预期**

自主车企出于加强供应链控制、降低成本、相应政策号召等原因，加快引入国产零部件配套厂商。但如果外国厂商打价格战、或提升服务水平，或者国产厂商产品稳定性、安全性达不到主机厂要求，国产替代进程可能不及预期。

- **技术路线变更风险**

固态激光雷达、One-box线控制动等技术尚处于发展初期，随着智能汽车的快速发展和相关技术的更新换代，市场可能不断涌现新的技术；同时，市场需求也处于不断变化中，将使智能汽车行业面临一定的不确定性，从而使得重点关注公司业绩不及预期。

## 投资评级说明

### 1、行业评级

看好：预计未来6个月内，行业整体回报高于沪深300指数5%以上；

中性：预计未来6个月内，行业整体回报介于沪深300指数-5%与5%之间；

看淡：预计未来6个月内，行业整体回报低于沪深300指数5%以下。

### 2、公司评级

买入：预计未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅在15%以上；

增持：预计未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅介于5%与15%之间；

持有：预计未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅介于-5%与5%之间；

减持：预计未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅介于-5%与-15%之间；

卖出：预计未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅低于-15%以下。

## 分析师声明

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

## 太平洋研究院联系地址

北京市西城区北展北街9号华远企业号D座二单元七层

上海市浦东南路500号国开行大厦10楼D座

深圳市福田区商报东路与莲花路新世界文博中心19层1904号

广州市大道中圣丰广场988号102室



## 重要声明

太平洋证券股份有限公司具有证券投资咨询业务资格，公司统一社会信用代码为：91530000757165982D。

本报告信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价或询价。我公司及其雇员对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。我公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。本报告版权归太平洋证券股份有限公司所有，未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、刊登。任何人使用本报告，视为同意以上声明。