

汽车行业：特斯拉 FSD 进化之路

——智能驾驶行业深度报告系列之一

2024 年 9 月 30 日

看好/维持

汽车

行业报告

分析师

李金锦 电话：010-66554142 邮箱：lijj-yjs@dxzq.net.cn

执业证书编号：S1480521030003

投资摘要：

特斯拉在智能驾驶的布局在全球车企中处于领先地位，本文以特斯拉年报及 2019、2021、2022 年特斯拉举办 AI Day 为主要信息来源，梳理特斯拉 FSD 进展情况，作为智能驾驶系列报告的第一篇，以挖掘智能驾驶领域的投资机会。

特斯拉 FSD 现状。全称为 Full Self-Driving（完全自动驾驶），1) **累计行驶里程：**截止 2024Q2 末，特斯拉 FSD 技术助力下的汽车已经行驶了超过 16 亿英里，相当于 25.75 亿公里。基于“端到端”的 FSD 最新版本 V12 助力下的汽车已经行驶了超过 6 亿英里，相当于 9.66 亿公里。2) **最新版本及推广区域：**目前最新的 FSD 版本为 9 月 23 日发布的 V12.5.4，特斯拉在此版本上实现了智能召唤，允许用户使用手机将车辆召唤至身边或附近可选择区域。目前 FSD 系统仅在美国和加拿大可用，特斯拉人工智能团队于社交平台发布消息称，预计在 2025 年第一季度于中国和欧洲推出 FSD 系统，不过仍需等待监管批准。3) **价格：**2024 年 4 月，特斯拉官方宣布 FSD 购买价格由 12,000 美元降至 8,000 美元，同时特斯拉还首次对 FSD 全自动驾驶月度订阅费价格进行调整，由订阅制发布时的每月 199 美元降低至 99 美元。

算法：端到端逐步成型。智能驾驶系统总体包括感知模块、规划模型和控制模块。特斯拉感知模块是通过神经网络实现的，特斯拉较早就确立了纯视觉感知方案，尤其是 2021 年 7 月推出 FSD Beta 9.0 至今，特斯拉感知模块仅采用 8 个遍布车身周围的摄像头。2021 年特斯拉的感知模块从基于单图分析的 HydraNet 网络架构到 BEV+Transformer 架构。特斯拉在 HydraNet 架构中引入 Transformer 构建 BEV。同时增加基于时间的序列（feature queue）和基于空间的序列（video Module）总成拼接感知模块完整的架构。该架构很好应对了相对复杂非结构道路的识别问题。为了更好的识别遮挡物的识别远距离、边缘区域等，2022 年引入 Occupancy 网络，很好实现了对 3D 空间的感知。2021 年 FSD 规划模块引入基于神经网络的规划模块和蒙特卡洛树搜索，神经网络的引入可以实现规划模块端到端的优化。

数据：数据标注、数据引擎实现数据闭环。特斯拉数据标注从外包到自制、从人工到自动化。2021 年特斯拉就搭建了一条自动标注流水线，大幅提升了数据标注效率。2022 年，特斯拉针对各种类型的神经网络提供了多种类型的自动标注框架。2022 AI Day 重点介绍了车道网络的标注框架，这个框架最终实现了 30 分钟完成人工标注需要几个小时才能完成的工作。特斯拉实现另外完整的数据闭环。特斯拉车队将报错数据上传至服务器，经过数据标注后进入数据训练集，对自动驾驶系统进行再次训练，训练成熟后再推送给特斯拉车队。

算力：车端算力与超算中心。计算平台是自动驾驶系统关键硬件设施，主要包括车端算力和用于大规模数据训练的超算中心。特斯拉经历了外购和自制两个阶段，到 2019 年 4 月推出完全自研的针对智能驾驶的车端芯片 HW3.0。今年 2 月份，特斯拉 Model Y 车型迎来 HW4.0 自动辅助驾驶硬件升级，据官方宣传，HW4.0 的芯片算力达到了 HW3.0 的五倍。自动驾驶算力的瓶颈在于训练环节，训练环节需要较多的算力资源。Dojo 是由 Tesla 开发的超级计算机系统，专门用于深度学习模型的训练，尤其是为 FSD 提供支持。Dojo 已于 2023 年 7 月进入生产，到 2024 年底，特斯拉将投资超过 10 亿美元来构建其 Dojo 超级计算机。

投资策略：智能化是电动化的下半场，车企的智能驾驶的能力将决定其未来的市场竞争力。本文重点梳理了特斯拉 FSD 的进展。我国车企在智能化的布局同样走在全球前列。我们梳理国内主流车企在自动驾驶领域的布局（见表 2），我们认为，自动驾驶浪潮已经到来，国内受益标的包括华为智选模式下的赛力斯（601127）、江淮汽车（600418）和北汽蓝谷（600733），以及布局靠前的小鹏汽车、蔚来汽车等。超算中心是智能驾驶模型训练的关键，与超算中心相关设施也将受益，如冷却管路，对应标的川环科技（300547）。

风险提示：汽车行业景气度持续下行，汽车行业竞争持续加剧，智能驾驶行业进展不及预期，相关法规进展不及预期。

目 录

1. 特斯拉 FSD 现状简介	3
2. FSD 的持续进化之路	4
2.1 算法：端到端逐步成型	5
2.2 数据：数据标注、数据引擎实现数据闭环	9
2.3 算力：车端算力与超算中心	10
3. 投资建议	12
4. 风险提示	12
相关报告汇总	13

插图目录

图 1： FSD 和 V12 累计行驶里程 单位：十亿英里	3
图 2： 特斯拉 AI 算力走势	3
图 3： FSD 历史价格 单位：美元	3
图 4： 特斯拉感知模块	5
图 5： 神经元与多层神经网络	5
图 6： BEV 视野	6
图 7： HydraNet 网络架构	6
图 8： 2021 年引入 Transformer 后感知模块架构	6
图 9： 2021-2022 年 FSD 的快速迭代	7
图 10： Occupancy 网络识别效果图	7
图 11： Occupancy 网络架构	7
图 12： 针对规划的关键问题的解决方案-2021	8
图 13： 蒙特卡洛树搜索	8
图 14： 2021 年 FSD 感知规划的最终架构	9
图 15： 特斯拉的 DATA ENGINE-数据闭环	10
图 16： H100 GPU 采购量排名-2023 年	11
图 17： Dojo 未来计划	11

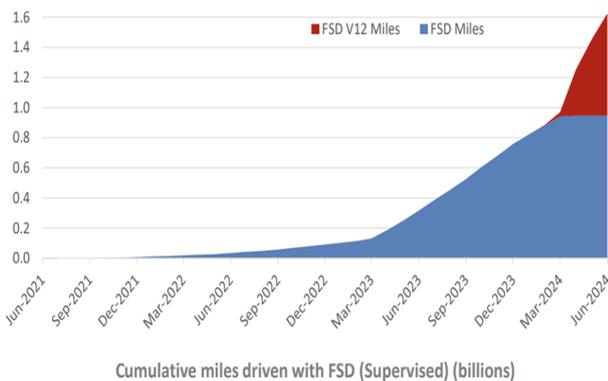
表格目录

表 1： 特斯拉主要自动驾驶发展历程	4
表 2： 国内主要车企自动驾驶布局	12

1. 特斯拉 FSD 现状简介

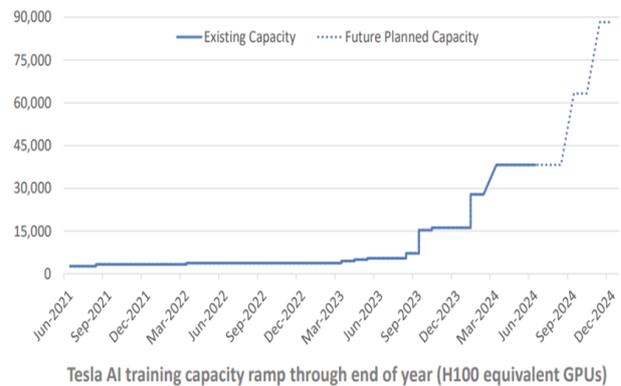
FSD 全称 Full Self-Driving（完全自动驾驶），是特斯拉研发的自动化辅助驾驶系统，目标是实现 L5 级别的自动驾驶。在特斯拉官方的 2024 年 Q2 报告中，特斯拉宣布其 FSD 技术助力下的汽车已经行驶了超过 16 亿英里，相当于 25.75 亿公里。基于“端到端”的 FSD 最新版本 V12 助力下的汽车已经行驶了超过 6 亿英里，相当于 9.66 亿公里。到 2024 年底，特斯拉训练 FSD 的 AI 训练能力也将大幅提高，公司计划将算力提升到约 90,000 个 H100 型号 GPU 所提供的等效算力。

图1：FSD 和 V12 累计行驶里程 单位：十亿英里



资料来源：特斯拉官网，东兴证券研究所

图2：特斯拉 AI 算力走势

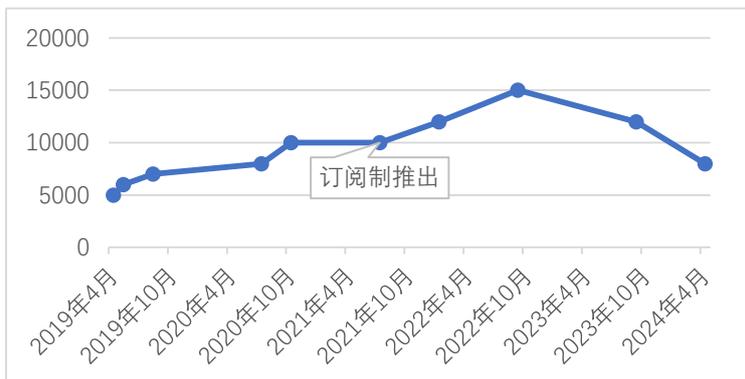


资料来源：特斯拉官网，东兴证券研究所

目前最新的 FSD 版本为 9 月 23 日发布的 V12.5.4，特斯拉在此版本上实现了智能召唤，允许用户使用手机将车辆召唤至身边或附近可选择区域。目前 FSD 系统仅在美国和加拿大可用，特斯拉人工智能团队于社交平台发布消息称，预计在 2025 年第一季度于中国和欧洲推出 FSD 系统，不过仍需等待监管批准。

在 2019 年之前，FSD 作为附加选项，需在增强型自动驾驶系统（Autopilot）上额外购买。Autopilot 的价格为 5,000 美元，如随车订购，FSD 需在此基础上增加 3,000 美元选装。在单独推出之后，FSD 的价格持续攀升，于 2022 年 9 月达到顶点 15,000 美元，随后便不断回落。2021 年 7 月，特斯拉为 FSD 推出了订阅制度，价格为每月 199 美元。2024 年 4 月，特斯拉官方宣布 FSD 购买价格由 12,000 美元降至 8,000 美元，同时特斯拉还首次对 FSD 全自动驾驶月度订阅费价格进行调整，由订阅制发布时的每月 199 美元降低至 99 美元。降价前的买断价格约等于 60 个月的订阅价格，而降价后的买断价格约等于 80 个月。我们认为，价格机制的调整利于更多的用户选择订阅制，从而帮助公司优化利润结构

图3：FSD 历史价格 单位：美元



资料来源: Not a Tesla App 网站, 东兴证券研究所

受益于数据量、算力方面的领先, 特斯拉 FSD 带来了优秀的安全表现。第二季度, 根据特斯拉官方记录, 在驾驶中使用 Autopilot 自动辅助驾驶功能时平均每 688 万英里 (约合 1,107 万公里) 行驶里程发生一起碰撞事故。驾驶中未使用 Autopilot 自动辅助驾驶功能的, 根据特斯拉官方记录, 平均每 145 万英里 (约合 233 万公里) 行驶里程发生一起碰撞事故。相比之下, 据美国国家公路交通安全管理局 (NHTSA) 和联邦公路管理局 (FHWA) 公布的自 2022 年以来的数据显示, 美国境内大约每 67 万英里 (约合 108 万公里) 行驶里程即发生一起车辆碰撞事故。

2. FSD 的持续进化之路

特斯拉是全球领先的纯电动汽车制造商, 同时致力于实现汽车的完全自动驾驶。如上文所述, 公司的 FSD 系统正通过不断的迭代升级, 朝着这一方向迈进。我们梳理了特斯拉公司在自动驾驶领域布局的大事记。大致上, 特斯拉的自动驾驶布局经历了外部合作, 部分自研到完全自研的过程。

表1: 特斯拉主要自动驾驶发展历程

时间	软硬件版本	主要硬件及事件
2014年10月	Autopilot 1.0 Hardware 1.0	与 Mobileye 合作, 采用 EyeQ3 芯片 1个前置单目摄像头、1个毫米波雷达、12个超声波雷达
2015年4月		成立软件算法小组 Vision, 开始自研算法
2015年10月	V7.0 版本更新	激活自动车道保持、自动变道和自动泊车等功能
2016年7月		与 Mobileye 终止合作
2016年10月	Hardware2.0 Autopilot 2.0	采用英伟达 DRIVE PX 2 AI 计算平台、8个摄像头、12个超声波雷达及1个前置毫米波雷达
2019年3月	Hardware3.0	采用自研芯片、8个摄像头、1个毫米波雷达、12个超声波雷达
2021年7月	FSD Beta(测试版) 9.0	确定纯视觉方案, 取消毫米波雷达及超声波雷达, 仅保留8个摄像头
2021年9月	FSD Beta10.0	未披露传感器方案变动
2022年11月	FSD Beta11.0	未披露传感器方案变动
2024年2月	Hardware4.0	搭载 Model Y 算力提升5倍
2024年3月	FSD 12.0 (Supervised)	未披露传感器方案变动

时间	软硬件版本	主要硬件及事件
2024年7月	FSD 12.5	未披露传感器方案变动

资料来源：Ai fighting、高工智能汽车、电动邦、汽车财经、IT之家、易车网、中国新闻周刊、新浪网、东兴证券研究所

感知-规划-控制：汽车自动驾驶系统大致涵盖感知模块、规划模块和控制模块。其中，感知模块通过传感器、算法等收集和提取环境信息，规划模块则利用感知模块输入的信息输出相应的操控指令，控制模块则通过规划模块的操控指令完成驾驶动作。特斯拉自动驾驶系统从诞生到 FSD V12.0 在上述各个模块均发生了大幅度及深刻的变化。我们依据特斯拉 2019 年自动驾驶日，2021 年、2022 年 AI Day 及主要负责人公开交流内容来梳理其在算法、算力和数据三个领域的进展情况。

2.1 算法：端到端逐步成型

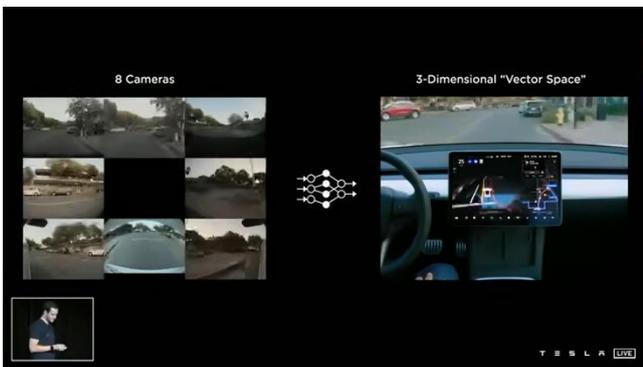
特斯拉感知模块是通过神经网络实现的。特斯拉较早就确立了纯视觉感知方案，尤其是 2021 年 7 月推出 FSD Beta 9.0 至今，特斯拉感知模块仅采用 8 个遍布车身周围的摄像头。因此，特斯拉自动驾驶系统的数据输入即为 8 个摄像头提供的图片流，对应参数为分辨率 1280X960，每通道 12 位整数，以大约 36HZ 的速度流入。

神经网络（Neural Network）是 20 世纪 80 年代以来人工智能领域兴起的研究热点，是一种运算模型，广泛应用于机器学习。神经网络由大量的节点（或神经元）相互连接构成。每个神经元都会接受若干的输入值，每个输入值对应不同的权重值，神经元通过一定的计算规则输出结果，该结果将作为下一层神经元的输入。

神经网络是目前图像识别、语音识别和自然语言处理等很多问题的最佳解决方案。不同于传统的基于规则的编程算法，传统的方法通过编制规则算法，将问题分解，以告诉计算机怎么做，然后计算机依照该算法运行输出。而神经网络则是让计算机通过观测大量的数据（图片、语音和文字等），从中发现规律，完成神经网络中参数（权重等）的设置，完成指定的任务。如人脸识别、图片识别等。

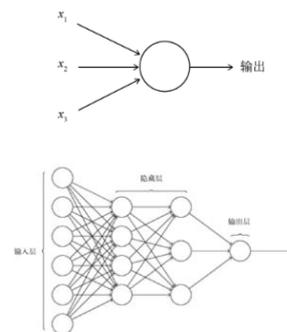
基于上述特征，神经网络是实现端到端方案的有效解决方案，所谓端到端（end-end），指从传感器的信息收入到最终结果的输入，中间层面不需要人工干预，由系统自行运行、学习等。目前由神经网络构建的系统成为目前自动驾驶领域普遍的解决方案。

图4：特斯拉感知模块



资料来源：特斯拉 2021 AI Day 截图，东兴证券研究所 注：视频来源为哔哩哔哩-瓦砾村夫，视频来源下同，不在赘述

图5：神经元与多层神经网络



资料来源：《深入浅出神经网络与深度学习》迈克尔·尼尔森，东兴证券研究所

2021 年特斯拉的感知模块从基于单图分析的 HydraNet 网络架构到 BEV+Transformer 架构：特斯拉自动驾驶开发从早期结构化道路逐步过渡到非结构化道路。如早期特斯拉 Autopilot1.0-2.0 时期(简称 AP1.0\2.0, 下同)，主要以高速公路为主，路况场景相对简单，对应功能包括自动跟车，车道保持等相对简单的功能。当时的神经网络以分析单张图片为主，且为 2D 维度。特斯拉对此构建了 HydraNet 的多头任务神经网络架构。HydraNet 包括一个主干 (backbone) 和多个头部 (head)，主干部分通过 RNN、Regnet 等提取多 8 个摄像机输入的图片流的特征数据，然后在 BiFPN 和跨尺度特征融合之后，提供给每个不同任务的 head 模块。这种架构的好处 1.所有图片分析共享一个主干部分，不用为每个图片单独设置主干，大幅提升了效率。2.头部 (head) 之前相互独立，各个任务独立运营，调整而不会影响到其他任务的执行。3.Muti-scale features(中间蓝色模块)部分用来缓存主干部分的特征值，当需要微调时只需要调整这个模块或者独立的头部模块，而不需要对这个主干进行调整。

BEV+Transformer 架构的引入：HydraNet 架构在早期的结构化道路运营时是可行的，但进入到非结构化道路后，路况变得更加复杂，需要识别的对象大幅增加，且自动驾驶系统的规划和控制模型需要向量空间而非图像空间数据，面对 FSD 更高的要求，HydraNet 架构需要新的进化。

BEV (Bird's Eye View) 即鸟瞰图，是一种从垂直于地面的视角观察场景的表示方式，它模拟了从正上方垂直向下观看地面的效果，能够清晰地显示地形、建筑物、道路网络等地理要素之间的空间关系和布局。这种视图对于自动驾驶车辆而言至关重要，因为它简化了对周围环境的感知和理解。

图6：BEV 视野

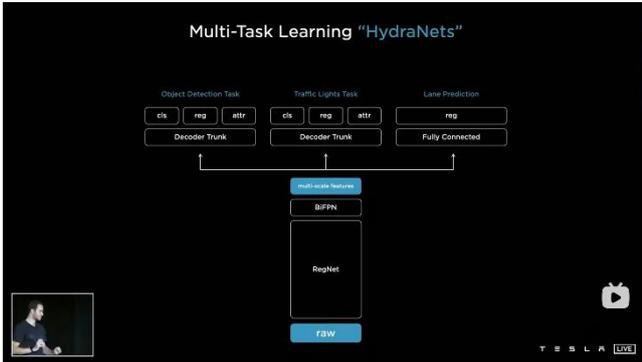


资料来源：特斯拉 2021 AI Day 截图，东兴证券研究所

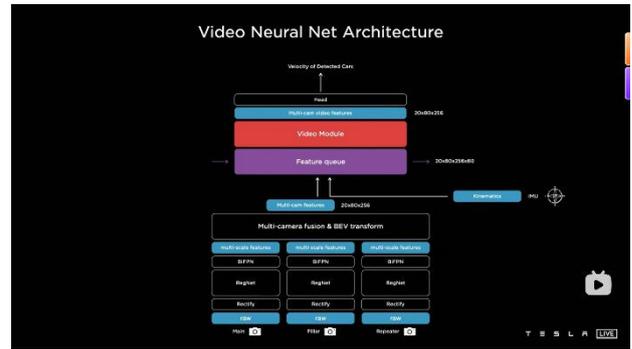
Transformer 模型是一种神经网络，通过追踪连续数据中的关系了解上下文，进而理解其含义。2021 AI Day 上，特斯拉在 HydraNet 架构中引入 Transformer 构建 BEV。同时增加基于时间的序列 (feature queue) 和基于空间的序列 (video Module) 总成拼接感知模块完整的架构。

图7：HydraNet 网络架构

图8：2021 年引入 Transformer 后感知模块架构



资料来源：特斯拉 2021AI Day 截图，东兴证券研究所



资料来源：特斯拉 2021AI Day 截图，东兴证券研究所

2022 年引入 Occupancy 网络：2021 年 7 月特斯拉发布 FSD beta 版在自驾能力上得到了较大的提升，该系统持续进行着大规模的，高频率的迭代更新。据其 2022 AI Day，2021-2022 年，特斯拉完成了 75000 多模型的训练，形成了 281 个新的模型等。在 FSD 功能的持续发展过程中，BEV+Transformer 架构在 3D 空间感知上的局限性亟待解决，尤其是对遮挡物的识别远距离、边缘区域的感知上存在不足。2022 年，特斯拉在原有的神经网络架构上，引入 Occupancy 网络。

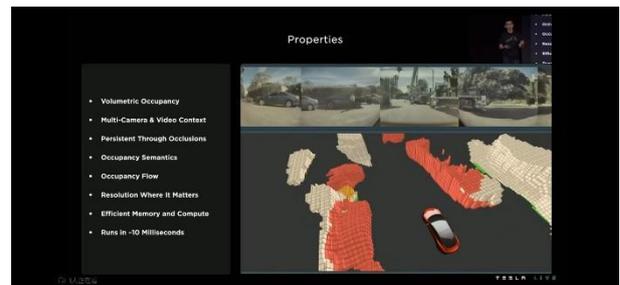
Occupancy 网络对感知的 3D 空间划分成固定大小的体素网格，并让算法去预测每个体素网格被占用的概率以及可能包含的目标类别从而实现全场景的感知。因为其是对 3D 空间体素占用进行预测，因此，不存在数据集未被标注的物体无法识别的问题，能更好的识别障碍物。

图9：2021-2022 年 FSD 的快速迭代

图10：Occupancy 网络识别效果图

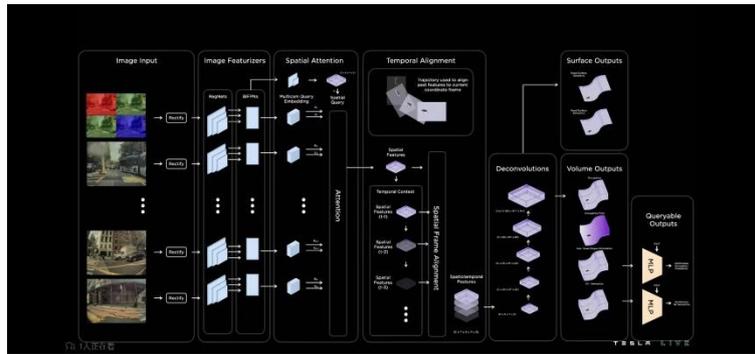


资料来源：特斯拉 2022AI Day 截图，东兴证券研究所



资料来源：特斯拉 2022AI Day 截图，东兴证券研究所

图11：Occupancy 网络架构



资料来源：特斯拉 2022 AI Day 截图，东兴证券研究所

2022 年 FSD 感知模块即形成了 BEV +Transformer+Occupancy 神经网络架构。通过摄像头的图片输入，端到端输出汽车周围环境向量空间数据，为规划模块决策提供支持。

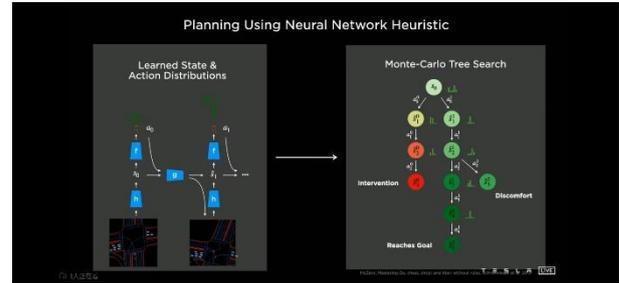
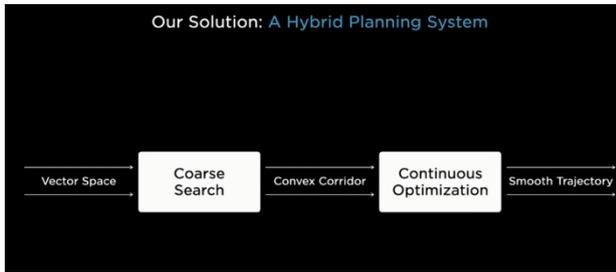
特斯拉 FSD 规划模式的进化-神经网络介入：规划模块的通过利用感知模块输出向量空间结果，计算出一个到底目的地的汽车行驶方案，该行驶方案力求在安全性、效率和舒适度三个方向上达到最优。但是规划模块的关键问题在于两个方面，一方面是规划过程是一个非凸优化问题，即可以在局部空间找到一个最优解，但是很难在全局实现最优。另一方面规划模块需要为汽车规划接下来行为，需要估算出汽车的位置信息、速度及加速度的信息，这个过程需要生成大量的参数。如何解决这两个问题，特斯拉 2021 AI Day 介绍了其解决方案，先通过粗搜索（coarse search）得到一个相对优的解决方案，然后在通过连续优化技术得到一个平滑的行车轨迹（图 11）。这个方案解决相对简单交通场景中的规划问题，比如汽车转弯、变道，甚至狭窄街道的会车问题。但是面对更加复杂的交通场景，这个方案仍然难以顺利应对。

2021 年引入基于神经网络的规划模块和蒙特卡洛树搜索（Monte Carlo Tree Search）。蒙特卡洛树搜索是一种人工智能问题中做出最优决策的方法，一般是在组合博弈中的行动（move）规划形式。它结合了随机模拟的一般性和树搜索的准确性。同时，神经网络的引入有效的解决了全局最优化的问题。

最终 FSD 规划模块由基于显性规则的规划模块和基于神经网络的规划模块构成，两则都同时利用感知模块提供的向量空间数据，同时神经网络规划模块还可以使用感知模块生成的中间数据。两者共同产生一个平滑的车辆运行轨迹。神经网络的引入可以实现规划模块端到端的优化。最终将结果输入到显性规则模块以计算生成最终的加速、转向等指令。

图12：针对规划的关键问题的解决方案-2021

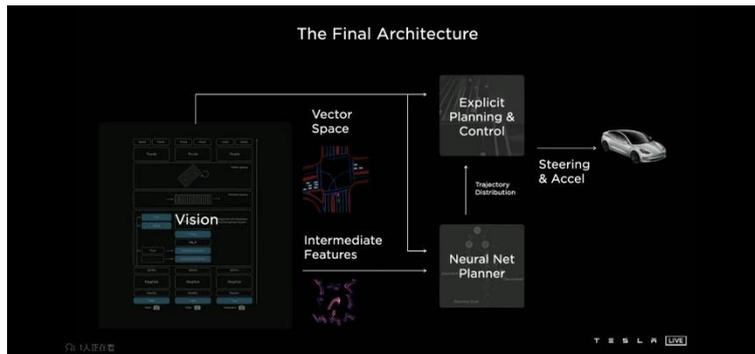
图13：蒙特卡洛树搜索



资料来源：特斯拉 2021 AI Day 截图，东兴证券研究所

资料来源：特斯拉 2022 AI Day 截图，东兴证券研究所

图14：2021 年 FSD 感知规划的最终架构



资料来源：特斯拉 2021 AI Day 截图，东兴证券研究所

2022 年引入互动式搜索（Interaction Search）：随着感知模块引入 Occupancy 网络，FSD 感知模块可以输出周围 3D 环境数据，尤其是能更好的识别周围物体及遮挡障碍物，同时规划模块需要更好的应对复杂交通路况，这些路况中，算法既需要规划本车的行车轨迹，同时还要更好的预测周围物体的运行轨迹。2022 AI Day 上，关于规划（planning）部分，重点介绍了互动式搜索（Interaction Search），在新的感知模型下，互动式搜索实现了更好的规划效果。

综上，FSD 在感知和规划领域通过引入更为丰富和大规模的神经网络，完善自动驾驶功能。实现了感知和规划领域的端到端的优化。神经网络架构持续优化的关键来自于对其进行大规模、多样化的数据训练，特斯拉在数据领域同样呈现快速的迭代升级势头。

2.2 数据：数据标注、数据引擎实现数据闭环

数据标注是指对图片、语音、文本、视频等数据进行处理，标记对象的特征，生成满足机器学习训练要求的可读数据编码。比如，我们将需要识别的对象在图片上标注，如对每张图片标记出“红灯”、“绿灯”、“停车标志”等信息，然后输入到神经网络模型，经过多轮学习直到输出正确的结果，从而完成神经网络中众多参数的调整设置，为后续识别作出更好的预测结果。

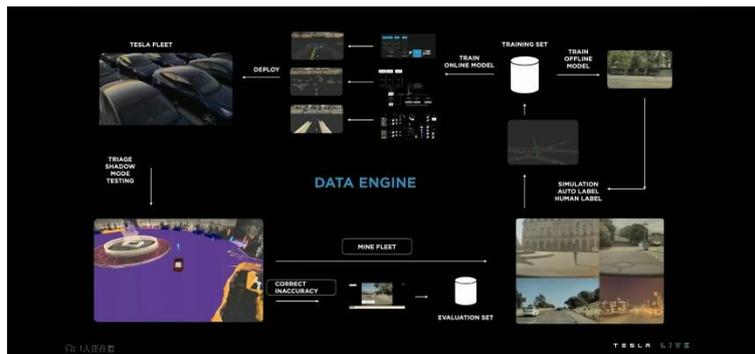
特斯拉数据标注从外包到自制、从人工到自动化：特斯拉早期是与第三方合作数据标注的，由第三方完成数据标注，但这种模式满足特斯拉对数据量和及时性的需求，而且数据标注质量难控制。特斯拉将数据标注业

务改为内部完成，构建了一个内部人工标注团队。据 2021 AI Day，特斯拉内部从事数据标注的团队人数超过 1000 人，而且从早期的图像 2D 标注升级为 3D 空间和 4D 时空标注。

随着神经网络的不断复杂和深入，人工标注数据已难以满足训练需求，2021 年特斯拉就搭建了一条自动标注流水线。特斯拉将收集到的视频片段传送到服务器，由服务器离线运行神经网络，以完成视频片段的切割，包括掩码、深度和点匹配等任务，然后利用大量的机器人和人工智能算法来自动生成可用于训练的标注数据集。这大幅提升了数据标注的效率，采用这种方法，特斯拉实现了一周内完成一万多个片段的标注，而如果采用人工标注可能需要几个月的时间。2022 年，特斯拉针对各种类型的神经网络提供了多种类型的自动标注框架。2022 AI Day 重点介绍了车道网络的标注框架，这个框架最终实现了 30 分钟完成人工标注需要几个小时才能完成的工作。

数据闭环—Data engine：特斯拉车队（用户及测试工程车）在行驶过程中出现发生预测错误的行为，或者影子模式下，规划模块产生的结果与司机存在较大偏差的情况数据都会上传至数据库，经过数据标注后进入数据训练集对自动驾驶系统进行训练，训练成熟后再次推送给特斯拉车队。这就构成了特斯拉 FSD 完整的数据闭环。通过大规模的车队运营，不断消除 FSD 失效场景，进而不断提升自动驾驶能力。

图15：特斯拉的 DATA ENGINE-数据闭环



资料来源：特斯拉 2022 AI Day，东兴证券研究所

2.3 算力：车端算力与超算中心

计算平台是自动驾驶系统关键硬件设施，主要包括车端算力和用于大规模数据训练的超算中心。车端芯片领域，特斯拉经历了外购和自制两个阶段，从早期的购买自 Mobileye、英伟达，到 2019 年 4 月推出完全自研的针对智能驾驶的车端芯片 HW3.0。时至今日，HW3.0 与当前主流芯片相比仍然具备较强的计算能力。

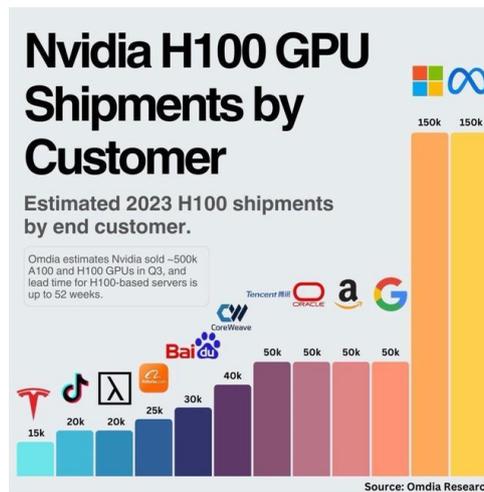
今年 2 月份，特斯拉 Model Y 车型迎来 HW4.0 自动辅助驾驶硬件升级。据官方宣传，HW4.0 的芯片算力达到了 HW3.0 的五倍。同时 HW4.0 也带来了更高像素的摄像头，将车辆的最远探测距离升级到了 424 米。

尽管已经推出了 HW4.0，在 6 月的特斯拉的股东大会上，马斯克宣布 HW3.0 将继续接受训练，并且仍将其为其开发新的 FSD 版本。不过，HW4.0 在未来最终将比 HW3.0 好“大约 5 倍”。马斯克还正式宣布了特斯拉的 FSD 硬件 HW5.0，并称之为“AI5”。AI5 预计将在大约 18 个月内（2025 年 12 月左右）进入特斯拉车辆的生产线，并将进行大量改进。预计它的性能将比 HW4.0 高出约 10 倍，仅就推理能力而言，性能将高出 50 倍。

当然，这些巨大的改进并非没有成本——AI5 将消耗高达 800 瓦的功率。相比之下，HW3.0 和 HW4.0 目前消耗几百瓦。与大多数现代处理器一样，AI5 可以调整能效，其可以根据场景的复杂程度和所需的能力来增加或减少其处理能力。

自动驾驶算力的瓶颈在于训练环节，训练环节需要较多的算力资源。据 2022 AI Day，特斯拉内部搭建了三台超级计算机，包括 14000 个 GPU，其中 10000 个用于训练，4000 个用于自动标注。2023 年英伟达 H100 GPU 芯片采购量排名中特斯拉也位列其中。

图16：H100 GPU 采购量排名-2023 年



资料来源：科创板日报，Omdia Research，东兴证券研究所

超算中心 DOJO 及自研芯片 D1: DOJO 是由 Tesla 开发的超级计算机系统，专门用于深度学习模型的训练，尤其是为 FSD 提供支持。DOJO 的设计目标是通过强大的计算能力和优化的架构，来处理海量的数据，从而使 FSD 更快地提升和改进。

马斯克于 2023 年 Q2 的电话会议上提出，到 2024 年底，特斯拉将投资超过 10 亿美元来构建其 Dojo 超级计算机，以加快其自动驾驶软件的开发。2023 年 6 月，特斯拉官方宣布 Dojo 于 2023 年 7 月进入生产，预计 Dojo 将在 2024 年一季度成为全球排名前五的算力设施(目前未有后续消息)，并将在 10 月达到 100Exa-Flops 算力。

图17：Dojo 未来计划



资料来源：特斯拉官方，东兴证券研究所

3. 投资建议

智能化是电动化的下半场，车企的智能驾驶的能力将决定其未来的市场竞争力。本文重点梳理了特斯拉 FSD 的进展。我国车企在智能化的布局同样走在全球前列。我们梳理国内主流车企在自动驾驶领域的布局（见表 2），我们认为，自动驾驶浪潮已经到来，国内受益标的包括华为智选模式下的赛力斯（601127）、江淮汽车（600418）和北汽蓝谷（600733），以及布局靠前的小鹏汽车、蔚来汽车、理想汽车等。超算中心是智能驾驶模型训练的关键，与超算中心相关设施也将受益，如冷却管路，对应标的川环科技（300547）。

表2：国内主要车企自动驾驶布局

品牌	特斯拉	鸿蒙智行	小鹏	理想	蔚来
辅助驾驶芯片	HW 4.0	MDC 810	NVIDIA Drive Orin*2	NVIDIA Drive Orin*2	NVIDIA Drive Orin*4
大模型	FSD	HUAWEI ADS	XNGP	理想 AD	NIO Aquila
算力	720TOPS	400TOPS	508TOPS	508TOPS	1016TOPS
代表车型	Model Y	问界 M7	小鹏 G9	理想 L7	蔚来 ES6
车外摄像头数量	7	12	11	11	11
激光雷达数量	0	1	2	1	1
毫米波雷达数量	0	3	5	1	5
超声波雷达数量	0	12	12	12	12

资料来源：懂车帝，东兴证券研究所

4. 风险提示

汽车行业景气度持续下行，汽车行业竞争持续加剧，智能驾驶行业进展不及预期，相关法规进展不及预期。

相关报告汇总

报告类型	标题	日期
行业深度报告	汽车行业 2024 年中期投资展望：混动化趋势持续，格局与公司治理能力为王	2024-07-29
行业深度报告	氢能行业：脱碳减排背景下需求空间广阔，燃料电池重卡环节先行受益—氢能行业系列报告（一）	2024-06-07
行业深度报告	汽车行业：汽车生产模式的第三次变革，从旧式生产力到新质生产力	2024-04-19
行业深度报告	汽车行业 2024 年投资展望：新能源的分化趋势与零部件发展的 2.0 时代	2023-12-08
公司普通报告	爱柯迪（600933.SH）：国内业务快速增长，全球化战略持续推进	2024-09-03
公司普通报告	爱柯迪（600933.SH）：小件规模持续提升，新能源类中大件产品稳步推进	2024-07-12

资料来源：东兴证券研究所

分析师简介

李金锦

南开大学管理学硕士，多年汽车及零部件研究经验，2009 年至 2021 曾就职于国家信息中心，长城证券，方正证券从事汽车行业研究。2021 年加入东兴证券研究所，负责汽车及零部件行业研究。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告的观点、逻辑和论据均为分析师本人研究成果，引用的相关信息和文字均已注明出处。本报告依据公开的信息来源，力求清晰、准确地反映分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示

本证券研究报告所载的信息、观点、结论等内容仅供投资者决策参考。在任何情况下，本公司证券研究报告均不构成对任何机构和个人的投资建议，市场有风险，投资者在决定投资前，务必要审慎。投资者应自主作出投资决策，自行承担投资风险。

免责声明

本研究报告由东兴证券股份有限公司研究所撰写，东兴证券股份有限公司是具有合法证券投资咨询业务资格的机构。本研究报告中所引用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，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。

我公司及报告作者在自身所知情的范围内，与本报告所评价或推荐的证券或投资标的的存在法律禁止的利害关系。在法律许可的情况下，我公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。本报告版权仅为我公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发，需注明出处为东兴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本研究报告仅供东兴证券股份有限公司客户和经本公司授权刊载机构的客户使用，未经授权私自刊载研究报告的机构以及其阅读和使用者应慎重使用报告、防止被误导，本公司不承担由于非授权机构私自刊发和非授权客户使用该报告所产生的相关风险和法律责任。

行业评级体系

公司投资评级（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数）：
以报告日后的6个月内，公司股价相对于同期市场基准指数的表现为标准定义：

强烈推荐：相对强于市场基准指数收益率15%以上；

推荐：相对强于市场基准指数收益率5%~15%之间；

中性：相对于市场基准指数收益率介于-5%~+5%之间；

回避：相对弱于市场基准指数收益率5%以上。

行业投资评级（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数）：
以报告日后的6个月内，行业指数相对于同期市场基准指数的表现为标准定义：

看好：相对强于市场基准指数收益率5%以上；

中性：相对于市场基准指数收益率介于-5%~+5%之间；

看淡：相对弱于市场基准指数收益率5%以上。

东兴证券研究所

北京

西城区金融大街5号新盛大厦B座16层

邮编：100033

电话：010-66554070

传真：010-66554008

上海

虹口区杨树浦路248号瑞丰国际大厦23层

邮编：200082

电话：021-25102800

传真：021-25102881

深圳

福田区益田路6009号新世界中心46F

邮编：518038

电话：0755-83239601

传真：0755-23824526