



汽车及汽车零部件行业研究

买入（维持评级）

行业专题研究报告

证券研究报告

国金证券研究所

分析师：陈传红（执业 S1130522030001）

chenchuanhong@gjzq.com.cn

高阶智驾渗透率爆发，机器人迎 0-1 突破

——Robo+2025 年投资策略

ROBO+是汽车板块最强产业趋势。具身智能是 AI 最强应用，而智驾和人形机器人则是具身智能最重要两个方向。在电动化之后，智驾和人形机器人为代表的 ROBO+赛道将重塑整个汽车产业链，成为汽车板块最强产业趋势。

智能驾驶：高阶智驾 1-N，robotaxi 0-1，供应链芯片、激光雷达和清洗等赛道迎爆发式增长。

1、高阶智驾：爆发式增长即将到来，20-40 万市场加速出清。

渗透率：预计 25 年达到 15%，YOY+200%。在政策松绑、成本下探、大算力芯片上车、软件进阶端到端趋势下，24 年高阶智驾渗透率达到 5%，随着 20 万附近车型集中装车，25 年有望达到 15%。**格局：全栈自营模式优势扩大，20-40 万整车市场开启淘汰赛。**高阶智驾竞争力五要素：数据、算力、人才、资金和内部协同。Tier0.5 模式在数据获取、迭代能力和客户响应速度上劣于全栈自研，全栈自研模式优势有望扩大；20-40 万价格带是目前整车环节格局最模糊的细分市场，该价格带消费者对高阶智驾需求最敏感，高阶智驾将加速 20-40 万市场出清。

2、Robotaxi：0-1 拐点出现，自运营叠加金三角的部署模式有望领先。

Robotaxi 行业加速变化，政策+技术+运营多重发力，2025 年成本有望与网约车成本持平，规模化运营有望引来拐点。Robotaxi 部署模式分为“自运营模式”+“金三角模式”，自运营模式有核心技术积累，易提升议价权，但需要自购车辆，运营成本高；金三角模式整合优势资源，但对运营和管理存在挑战。看好同时具备两种模式的滴滴领先。

3、供应链：重点关注智能驾驶芯片、激光雷达和传感器清洗赛道。

从 25 年的爆发性和长期的 ASP 和格局综合分析，智能驾驶芯片、激光雷达和传感器清洗赛道将是高阶智驾和 Robotaxi 供应链最具投资价值的赛道。外部环境不稳定性提升，智能驾驶芯片国产化是所有主机厂的战略考量，且中低端领域，国产芯片有高性价比优势；激光雷达装机量爆发+产品价格触底，龙头公司及供应链业绩有望迎来兑现期；传感器清洗在高阶智驾尤其是无人驾驶标配化趋势越来越强。

人形机器人：龙头迈向 0-1，中国供应链崛起在即。

1、整机：商业化突破在即，“中国供应链+高成本场景”的需求兑现最快。25 年，在特斯拉等龙头公司的引领下，人形机器人量产迎来 0-1。我们测算，27 年开始，随着单机成本下降以及产品性能提升，人形机器人将在一般商业场景具备经济性。从量的兑现度角度看，“中国供应链+高成本场景”将成为最强方向，看好特斯拉等拥抱中国供应链且有欧美高人力成本需求场景的率先放量。

2、供应链：关注高 ASP 和高壁垒的灵巧手、丝杠等核心赛道。ASP：关节(50%)>灵巧手(20%)>丝杠(占比约 17%)>减速器(16%)>力传感器(13%)>空心杯电机(9%)>无框电机(8%)。壁垒：灵巧手>关节>行星滚柱丝杠>六维力矩传感器>谐波减速器>空心杯电机>无框电机。灵巧手、关节、丝杠等赛道是人形机器人产业链的核心优质赛道。

投资建议与估值

1、智能驾驶和 robotaxi 共同驱动大算力芯片、激光雷达、传感器清洗系统等赛道高速增长，芯片领域重点关注龙头地平线机器人，激光雷达领域关注龙头头部整机公司，传感器清洗赛道关注清洗系统领先公司，整车领域看好华为系车企、理想汽车等在五大竞争要素都具备积累的厂商。

2、量是人形机器人赛道的核心矛盾，中国供应链+海外发达国家需求（高人力成本替代）/国内特种需求是兑现最快的方向。25 年是人形机器人商业化元年，27 年是人形机器人一般场景大规模商业化元年。持续看好特斯拉、华为等人形机器人供应链，产业链看，我们以高 asp+高壁垒为核心选股要素，持续看好灵巧手、关节、丝杠、丝杠设备、减速器等环节。推荐关注三花智控、拓普集团等。

风险提示

汽车与电动车产销量不及预期、法规进展不及预期、人形机器人商业化进展低于预期等。



内容目录

一、ROBO+：AI 应用最具潜力方向，汽车板块最强产业趋势	4
二、智能驾驶：高阶智驾处于爆发前夜，Robotaxi 有望迎来商业拐点	4
2.1 终端：政策、成本和技术多重催化，高阶智驾迎爆发	4
2.2 格局：端到端时代整车厂全栈自研模式有望突围	6
2.3 Robotaxi：商业化有望迎来拐点	7
2.4 供应链：芯片、激光雷达和清洗等赛道迎爆发式增长	9
三、人形机器人：龙头迈向 0-1，中国供应链崛起在即	13
3.1 整机：商业化在即，“中国供应链+高成本场景”放量的兑现度最高	13
3.2 供应链：关注高 asp、高壁垒的灵巧手、丝杠等核心产业链	17
四、投资建议	29
五、风险提示	30

图表目录

图表 1：智能体不断迭代学习以与环境相互适应	4
图表 2：无人驾驶与自动驾驶相关政策	5
图表 3：智驾部件成本大幅下行	5
图表 4：大算力芯片基本情况	6
图表 5：软件算法从模块化向端到端发展	6
图表 6：2018 年至 2035 年（预测）中国乘用车智慧出行（按交易额划分，单位：10 亿元人民币）	8
图表 7：长尾场景之下，车路协同+单车智能具备明显安全优势	8
图表 8：Robotaxi 两种模式	9
图表 9：中国金三角关系	9
图表 10：美国金三角关系	9
图表 11：百度阿波罗历代版本迭代	9
图表 12：2022-2030E 年中国不同等级智能驾驶渗透率预测	10
图表 13：2024 年 1-9 月智驾域控芯片装机量格局	10
图表 14：地平线机器人在手订单充足	10
图表 15：2024 年 1-9 月中国市场乘用车前装标配激光雷达月度交付数据(单位:颗)	11
图表 16：2024 年 1-9 月激光雷达装机量格局	11
图表 17：激光雷达市场规模预测	11
图表 18：激光雷达核心模块构成	12
图表 19：激光雷达核心公司估值	12
图表 20：车企智能驾驶竞争格局及布局情况	13



图表 21: 人形机器人发展展望	14
图表 22: 我们预计 2027 年人形机器人商业化即将开启	14
图表 23: 人形机器人落地进展	15
图表 24: 人形机器人揭榜挂帅任务榜单	15
图表 25: 2023-2024 年人形机器人政策	16
图表 26: 特斯拉人形机器人产业链	17
图表 27: 零部件壁垒和价值量分布矩阵	17
图表 28: 特斯拉灵巧手自由度有提升趋势	18
图表 29: 采用进口空心杯电机和行星滚柱丝杠单手预估价格 13 万元 (单位: 元/只)	18
图表 30: 采用国产空心杯电机和行星滚柱丝杠单手预估价格 4.5 万元 (单位: 元/只)	18
图表 31: 量产后灵巧手可以降本至万元内 (单位: 元/只)	19
图表 32: 灵巧手当前市场价为 2-80 万元/只	19
图表 33: 国产新灵巧手产品快速追赶海外实力	20
图表 34: 灵巧手价值量最高的零部件为空心杯电机、丝杠、减速器、触觉传感器	20
图表 35: 新剑传动、KGG 和五洲新春已经研发出灵巧手部丝杠	21
图表 36: 行星滚柱丝杠加工流程五种工艺技术路线需要多样化的设备	22
图表 37: 国产行星滚柱丝杠设备面临的三大难题	22
图表 38: 要实现最终的高精度控制, 车铣磨床都需要具备较高精度	23
图表 39: 实现超高速磨削对磨床性能要求较高	23
图表 40: 丝杠设备海内外布局情况	23
图表 41: 特斯拉 OptimusGen2 减重 10 公斤	25
图表 42: PEEK 综合性能处于塑料金字塔顶端	25
图表 43: PEEK 材料与主要工程塑料、特种工程塑料综合性能对比	25
图表 44: 2021 年全球 PEEK 主要生产商情况	26
图表 45: 国内 PEEK 市场现有及潜在产能规模统计情况 (吨)	26
图表 46: 精密减速器主要技术指标对比	27
图表 47: 2021 年全球谐波减速器竞争格局	27
图表 48: 2022 年我国谐波减速器市场竞争格局	27
图表 49: 旋转执行器成本较低但综合性能较差	28
图表 50: 行星滚柱丝杠通过结构设计可实现自锁	28
图表 51: 宇树机器人基本全身采用旋转执行器	28
图表 52: 智能驾驶相关公司估值表	29
图表 53: 人形机器人供应链公司估值表	29



一、ROBO+：AI 应用最具潜力方向，汽车板块最强产业趋势

具身智能由智能体(AI Agent)和物理实体(本体)组成。智能体是自主完成设定目标的代理，能迭代学习与环境互动。根据鲁为民博士在《大语言模型时代的智能体(I)：什么是智能体?》中的定义，智能体(AI Agent)是一个可以通过行动能力自主完成设定的目标的代理。智能体具备感知、观测、决策和执行四大模块，通过反馈来感知环境及其动态变化，并将行动策略反馈作用于环境，以实现不断迭代学习与环境相互适应。在大模型等 AI 技术的推动下，智能驾驶和机器人有望成为具身智能的最佳载体，将成为最具潜力的 AI 应用。

图表1：智能体不断迭代学习以与环境相互适应



来源：鲁为民《大语言模型时代的智能体(I)：什么是智能体?》国金证券研究所

智能驾驶和机器人作为具身智能的两大应用，运行逻辑基本一致，都是感知、决策、执行。马斯克有一个著名观点：“特斯拉汽车是轮子上的机器人”。运行逻辑的一致性，使得智能驾驶和智能机器人在技术上有共通性，智能驾驶的技术和硬件都可以复用到智能机器人领域。在感知层，视觉、激光雷达等传感器都可复用，特斯拉的人形机器人 Optimus 就搭载了特斯拉车辆上相同的视觉传感器。在决策层，智能驾驶相关算法、大模型、端到端神经网络、运动规划也可以迁移到具身智能机器人上，帮助机器人学习新任务与控制行动路线，如特斯拉人形机器人 Optimus 就搭载了与特斯拉车辆相同的 FSD 技术以及 Autopilot 相关神经网络技术。在执行层，转向器、制动器与电池、电机等汽车核心部件都可以复用到机器人上。

智能驾驶行业于 2015 年开始爆发，已完成 0-1 阶段的积累，经过多年的技术、法规、成本的推动，特别是端到端大模型技术在智能驾驶领域的应用，推动智能驾驶行业进入了 1-10 的新阶段，当前正处于高阶智驾爆发前夜，Robotaxi 等即将迎来商业拐点。机器人行业晚于智能驾驶行业，当前正处于 0-1 阶段，有望迎来第一轮爆发。

由于智能驾驶和机器人在技术路线和供应链等存在诸多相似性，发展进程中收到的影响因素也具备共通性。因此，我们将智能驾驶和机器人领域归纳为一条全新的投资主线 Robo+，ROBO+将成为汽车板块最强产业趋势。

二、智能驾驶：高阶智驾处于爆发前夜，Robotaxi 有望迎来商业拐点

2.1 终端：政策、成本和技术多重催化，高阶智驾迎爆发

(1) 政策：松绑提速

2024 年 8 月 27 日，在国新办新闻发布会上，公安部交通管理局介绍当前无人驾驶和自动驾驶汽车产业的进展，特别提出公安部正在积极推动《道路交通安全法》的修订，对自动驾驶汽车的道路测试、上路通行、交通违法和事故处理相关责任追究等方面都作出了详细规定，《道路交通安全法》的修订工作已经列入了国务院 2024 年度立法计划、十四届全国人大常委会立法计划的第一类项目。



图表2：无人驾驶与自动驾驶相关政策

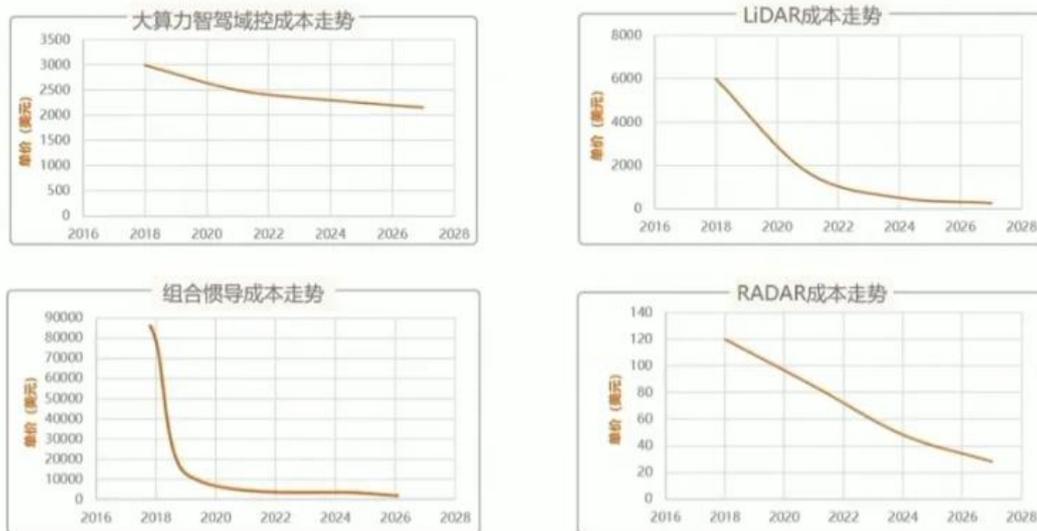
机构	政策文件	发布时间	主要内容
工信部	《车联网产业发展行动计划》	2018.12	要构建支撑L3级别及以上的技术体系
工信部	《交通强国建设纲要》	2019.09	明确提出加强智能网联汽车研发，提升城市交通基础设施智能化水平
发改委	《智能汽车创新发展战略》	2020.02	到2025年中国标准智能汽车体系基本形成，实现自动驾驶L3级模块化生产，L4级在特定环境中市场化应用
工信部、国标委	《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）（2023版）》	2023.07	2025年系统形成能够支撑组合驾驶辅助和自动驾驶通用功能的智能网联汽车标准体系
工信部、公安部、住建部、交通部	《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》	2023.11	在智能网联汽车道路测试与示范应用工作基础上，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
交通部	《自动驾驶汽车运输安全服务指南（试行）》	2023.12	满足一定要求的从事出租汽车客运的完全自动驾驶汽车可以使用远程安全员
工信部、公安部、自然资源部、住建部、交通部	《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》	2024.01	首次从国家政策层面明确智能网联汽车可以用于运输经营活动
工信部、公安部、住建部、交通部	《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》	2024.06	确定了9个进入试点的联合体。基于试点实证积累管理经验，支撑相关法律法规、技术标准制修订，加快健全完善智能网联汽车生产准入和道路交通安全管理体系
公安部	道路交通安全法修订	2024.08	对自动驾驶汽车的道路测试、上路通行、交通违法和事故处理相关责任追究等作出详细规定

来源：政府网站，国金证券研究所

(2) 成本：大幅降低有望实现20万以上车型标配

一套支持城市NOA功能的高阶智驾系统典型配置包括：1个智驾域控制器（包含2颗OrinX芯片）；1颗激光雷达、3颗毫米波雷达、11颗高精度摄像头（2颗前视摄像头(8MP)、4颗周视摄像头(3MP)、4颗环视摄像头(3MP)，1颗后视摄像头(2MP)）；12颗超声波传感器。上述器件中传感器成本不断下降，尤其是激光雷达和毫米波雷达，下降的走势非常迅猛，大算力智驾域控成本虽然走势比较平缓，但也在保持持续下降的步伐。智驾系统成本降低之后有望实现20万以上车型标配，推升高阶智驾渗透率。

图表3：智驾部件成本大幅下行



来源：极氪，国金证券研究所

(3) 技术：大算力芯片上车为高阶智驾的规模化落地提供硬件基础，软件算法从模块化进阶到端到端



2025 年，大算力芯片头部玩家重磅新品即将登场，加速高阶智驾渗透率提升。英伟达将于 2025 年发布下一代产品 Thor，其最高算力高达 2000TOPS。高通也已发布驾舱融合系列产品，Snapdragon Ride Flex (SA8775P) 舱驾融合平台，将于 2025 年二季度正式量产上车；特斯拉方面，下一代车载平台直接改名为 AI5，较 HW4.0 能耗提升 5 倍，算力提升 10 倍。国内方面，地平线于 2024 年 4 月发布了“征程 6”系列产品，其中的最高阶版本 J6P 算力高达 560TOPS，预计将于 2025 年第三季度交付首款量产合作车型，引领国产芯片拓局城市 NOA。

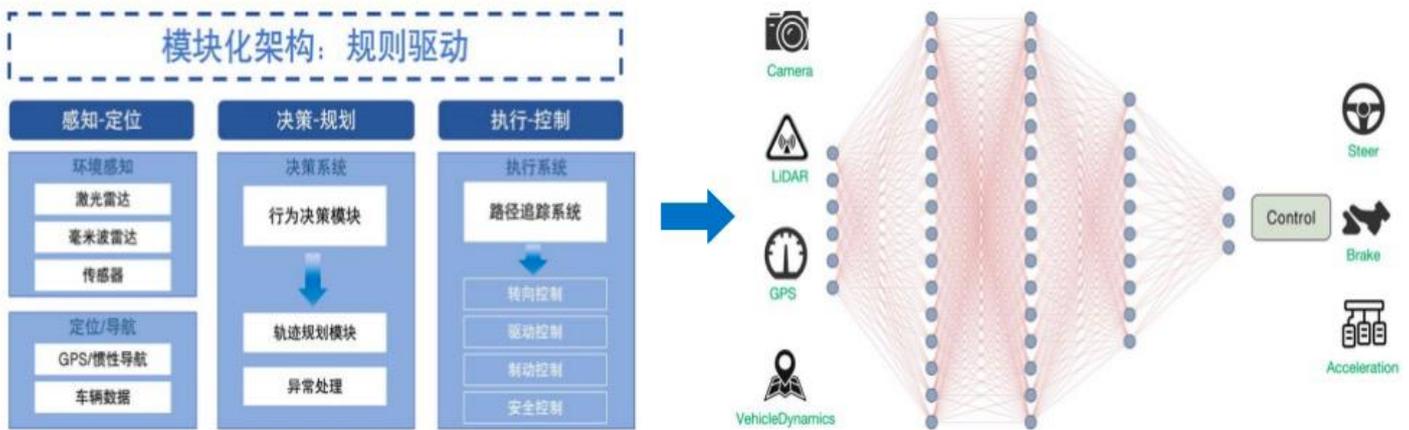
图表4：大算力芯片基本情况

厂商	芯片	最高算力/TOPS	量产情况或规划
英伟达	Orin-X	254	蔚来 ET5、ET7、理想 L7/L8/L9Max 版、小鹏 G6、G9、X9、智己 LS7、小米 SU7 PilotMax 版
	Thor	2000	极氪、小鹏、理想、比亚迪、广汽埃安等已宣布规划搭载
高通	SA8650P	50/100	Ride 平台第二代芯片，目前博世、大陆、德赛西威、均联智行均基于该芯片在设计研发
	SA8775P	100	RideFlex 平台第一款产品，主打舱驾一体
Mobileye	EyeQ Ultra	175	预计 2025 年实现量产
华为	昇腾 MDC	200/400	问界 M5、M7、M9、阿维塔 11、12、智界 S7、埃安 LXPlus 等
地平线	J5	128	理想 L9L8/7Air 和 Pro 版、汉 EV 荣耀版等
	J6P	560	计划 2025 年交付
黑芝麻	A1000Pro	106	合作开发中
特斯拉	HW3.0	144	2019 年发布
	HW4.0	300-500	2023 年发布，搭载于特斯拉旗下车型
	AI5		2025 年下半年发布，相比于 HW4.0 性能提升 10 倍

来源：佐思汽研，高工智能汽车，盖世汽车，国金证券研究所

2025 年，高阶智驾系统将从传统的模块化架构进阶到端到端架构，相对于传统模块化架构，端到端架构全局优化、更高计算效率、更强泛化能力等优点。城市 NOA 等高阶智驾经过 24 年的大规模的落地应用后，在端到端大模型技术的加持下，有望在 2025 年从“能用”迈向“好用”，高阶智驾将成为 toC 乘用车市场竞争的重要手段。

图表5：软件算法从模块化向端到端发展



来源：《Recent Advancements in End-to-End Autonomous Driving using Deep Learning A Survey》，国金证券研究所

在政策、成本和技术多重因素催化下，25 年高阶智驾将步入爆发式增长。

2.2 格局：端到端时代整车厂全栈自研模式有望突围

(1) 伴随端到端技术的不断落地，高阶智驾系统提供方的竞争力取决于五大要素：数据、算力、人才、资金和内部协同，其中算力和数据是两个核心要素。

数据：与大语言模型可在互联网爬取海量文字数据用于训练不同，端到端智驾系统训练需要的视频数据获取成本和难度较高。对于高阶智驾功能来说，影响训练数据的重要因素包括能够稳定收集数据的车辆总数、以及车企智驾车型比例。相较于第三方供应商，整车厂在训练数据获取方面具有较大优势。



算力：高阶智驾对云端训练算力的依赖显著提升，特别是端到端模型的应用。与 GPT 类似，端到端智能驾驶训练遵循的也是海量数据+大云端训练算力的暴力美学。随着端到端智的不断落地，云端算力成为高阶智驾竞争的核心要素。算力成本很高，整车厂通过在承担算力成本方面具有优势。

人才：高阶智驾核心靠人才驱动，根据新渠道观察统计数据，华为、比亚迪、小鹏、蔚来、小米等车企的智驾团队人员规模均在 1000 人以上。

资金：高阶智驾的开发需要海量资金投入。资金投入主要包括两部分：人力费用支出和数据训练费用支出。

内部协同：智能驾驶是当前车内复杂度最高的软件之一，智能驾驶开发涉及多个二级研发部门的协同配合，如智能座舱、底盘、市场营销等部门，对整车厂内部协同和整体管理效率要求很高。

上述五大要素决定了当前高阶智驾参与方的竞争力，其中算力和数据是两大核心要素。基于当前汽车行业竞争不断加剧，整车厂降本预期很高，第三方供应商很难获得足够收益保证每年的巨额投入，因此高阶智驾的竞争中，整车厂自研模式的竞争力强于第三方。

(2) 整车厂全栈自研优于 Tier 0.5 模式

整车厂自研存在 2 种模式：整车厂全栈自研模式和 Tier0.5 模式，其中整车厂全栈自研模式以华为、小米、理想、小鹏、蔚来等新势力为主；Tier0.5 模式以比亚迪(与 Momenta 合作)、上汽智己(与 Momenta 合作)、长城(与元戎启行合作)等传统品牌为主。相对于整车厂全栈自研模式，Tier0.5 模式中整个数据闭环过程由车企牵头，车企负责包括专门的采集车、数据标准、云端算力等；供应商负责感知算法或端到端模型。Tier0.5 模式对整车厂的算法能力和供应商的云端算力要求均降低，但整车厂仍旧不具备快速响应终端客户需求能力；同时对供应商而言项目的定制化属性更强，单个项目上占用资源较多。因此，对于实力较强的整车厂，全栈自研模式优于 Tier 0.5 模式。

全栈自研模式中，看好华为系（赛力斯、江淮汽车、北汽蓝谷）、理想汽车、小米集团等在五大竞争要素都具备积累的厂商。

(3) 端到端智驾加速 20-40 万整车出清，全栈自研有望突围

端到端落地，高阶智驾核心竞争要素从算法转向数据+算力。高阶智驾将成为 toC 市场竞争的重要手段：城市 NOA 在 2024 年全面落地，以城市 NOA 为代表的高阶智驾渗透率进入加速扩展阶段；高阶智驾有望在 2025 年从“能用”迈向“好用”，成为 toC 市场竞争的重要手段。端到端阶段，高阶智驾核心竞争要素从算法转向数据+算力：端到端智能驾驶技术在 2024 年首次落地，凭借全局优化、更高计算效率、更强泛化能力等优点，成为高阶智驾方案当前最优解。

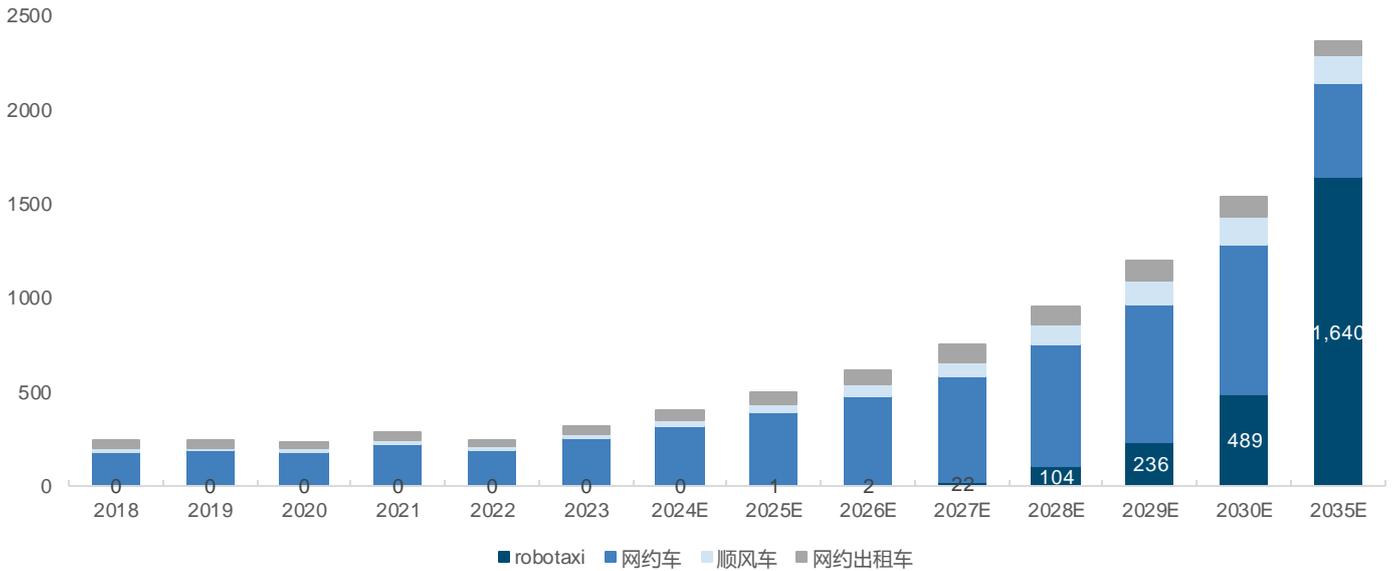
高阶智驾助力 20 万-40 万整车市场加速出清。高阶智驾有望在 20 万以上车型实现标配：受益于技术进步、法规提速、成本下降，高阶智驾有望在 20 万以上车型实现标配。20 万-40 万整车市场格局混沌：高阶智驾对 20-40 万价格带竞争格局影响更大。20 万以下车型主要受制于成本因素，40 万以上车型商务需求较多，消费者更多考虑品牌附加值。而 20 万-40 万市场，消费者对新技术接受度最强，当前尚无具备绝对竞争优势的企业脱颖而出。端到端助力 20 万-40 万市场加速出清：端到端使得高阶智驾将在 2025 年从“能用”迈向“好用”，成为各大车企重要竞争手段，而端到端高阶智驾的核心竞争要素是数据+算力，竞争壁垒更高，预计将会拉大主机厂之间的产品力差异，加速 20-40 万市场出清。

2.3 Robotaxi：商业化有望迎来拐点

Robotaxi 行业加速变化，政策+技术+运营多重发力，2025 年成本有望与网约车成本持平，规模化运营有望引来拐点。综合政策/技术/运营多维度，我们判断，2026 年有望成为 Robotaxi 规模化量产元年，开启高速增长，根据弗若斯特沙利文测算，预计到 2030 年市场规模可超过 4000 亿。Robotaxi 运营模式中长期聚焦“流量为王”的聚合型平台以及“技术为本”的自运营模式。



图表6: 2018年至2035年(预测)中国乘用车智慧出行(按交易额划分, 单位: 10亿元人民币)



来源: 如祺出行招股书, 弗若斯特沙利文, 国金证券研究所

Robotaxi 两种技术路线对比: 车路云一体化 VS 单车智能。相较于单车智能, 车路云一体化的优势体现在: 1、路端传感器可选择性多, 可实现多方位、长距离连续部署; 2、路端和云端可通过移动蜂窝接入、有限接入等差异化方式获取数据, 突破视觉感知认知瓶颈问题(比如信号灯数据采集), 可以有效降低算力投入; 3、路端和云端可通过长时间连续检测, 提高对复杂环境、交通事件、交通态势的语义判断和理解认知; 4、从安全性来看, 车路云协同架构的无人驾驶显著优于单车智能。

车路云一体化未来将伴随 Robotaxi 一起高速发展。

图表7: 长尾场景之下, 车路协同+单车智能具备明显安全优势

场景	行人鬼探头			无保护左转		异常障碍物		异常交通情况	
评价模型	行车碰撞率	行人伤亡率	极端场景通行效率	行车碰撞率	极端场景通行效率	行车碰撞率	极端场景通行效率	通行能力	极端场景通行效率
单车智能	3.30E-05	6.85E-06	1881.51S	3.10E-05	201.3S	5.30E-05	359.98S	无	N/A
车路协同感知	2.95E-06	9.22E-08	119.13S	1.04E-05	71.25S	1.05E-05	80.02S	有	10.504S
车路协同决策控制	6.93E-07	4.78E-08	50.52S	9.26E-06	64.84S	0	10.39S	有	7.143S

来源: 清华大学智能产业研究院、百度 Apollo、国金证券研究所; 注: 6.93E-07 为 6.93×10^{-7} 的科学计数表示。

Robotaxi 部署模式分为“自运营模式”+“金三角模式”。自运营模式: 企业拥有自有 Robotaxi 运力, 车辆采用自制或代工模式生产, 当前以特斯拉和百度为代表, 通过自有车辆部署车队, 积累真实车辆、用户数据。金三角模式: 技术+整车+出行平台, 依靠聚合型平台整合各方优势资源。形成“专业化分工+深度合作绑定”, 如“广汽-Pony.AI-如祺出行”, “Cruise-通用-Lyft”, “Waymo-捷豹-Uber”等。两种模式各自存在优缺点: 自运营模式有核心技术积累, 易提升议价权, 但需要自购车辆, 运营成本高; 金三角模式整合优势资源, 但对运营和管理存在挑战。**看好同时具备两种模式的 Robotaxi 玩家——滴滴在此轮竞争中领先。**



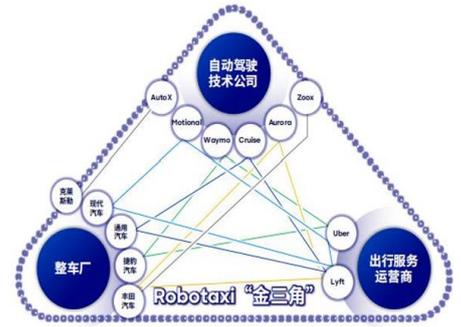
图表8: Robotaxi 两种模式



图表9: 中国金三角关系



图表10: 美国金三角关系



来源: 罗兰贝格, 国金证券研究所

滴滴: 同时具备两种 Robotaxi 运营模式, 强化网约车龙头地位。滴滴于 2016 年组建自动驾驶研发部门, 专注 L4 软硬件解决方案研发, 主要商业模式为与 OEM 合作开发 Robotaxi, 旨在强化网约车龙头地位。深度捆绑广汽埃安打造“技术+制造+运营”L4 商业生态闭环。滴滴和广汽自 2021 年起开始合作, 合作不断深化, 并于 2024 年成立合资公司, 预计于 2025 年推出首款量产 L4 无人驾驶新能源车。其中, 广汽埃安提供量产制造能力, 滴滴提供自动驾驶软件技术方案以及运营经验, 共同构建全球首个“技术+制造+运营”L4 商业生态闭环。

数据规模+质量优势明显, 助力提升模型训练效率。滴滴平台旗下每一辆车都是潜在的数据收集设备, 庞大的网约车业务规模产生了海量数据, 且数据均基于真实适用场景诞生 (对比: 百度、小马等企业需要通过路测收集数据); 大量的高质量数据能够用于仿真测试, 从而突破实地测试数据量的瓶颈, 提升研发效率, 加快算法迭代。

依托滴滴平台实现混合派单, 降低冷启动资金要求。相比其他 Robotaxi 服务商, 滴滴的优势在于本身网约车平台有足够的运营车辆密度, 因此在冷启动的初期, 通过混合派单的模式, 即使仅投放少量自动驾驶车辆, 也不会影响乘客的打车体验, 从而降低对冷启动的资金要求。

丰富运营经验, 提升商业化效率。公司在网约车的安全运营经验和线下管理能力可迁移至自动驾驶的测试运营。

百度: 生态赋能、研发积淀, Robotaxi 头部玩家。百度于 2013 年开始自动驾驶研发, 于 2017 年将无人驾驶业务命名为 Apollo 计划, 并将平台开源。Apollo 是百度的自动驾驶技术平台, 涵盖自动驾驶车辆的研发、测试和部署, 提供一整套开源的解决方案, 支持包括感知、决策、规划、执行在内多个功能模块

百度 Robotaxi 商业化发展路径主要为: 萝卜快跑 (Robotaxi): 公司基于 Apollo 平台, 通过车、路、云、图四个领域核心技术占据先发优势。截至 2023 年 7 月, 萝卜快跑已在 11 个城市开放载人测试运营服务, 预计到 2025 年将扩展到 65 个城市, 目前是国内第一大 Robotaxi 运营商。

图表11: 百度阿波罗历代版本迭代

时间	Apollo 版本	功能
2017 年	1.0	特定简单道路自动驾驶; 关注车辆控制和基本感知
	2.0	简单城市道路自动驾驶; 车辆控制、路径规划算法得到优化
2018 年	3.0	封闭场所低速环境自动驾驶, 适用于物流、工业园区
	3.5	能够应对更复杂的市区环境
2019 年	4.0	拓展多场景应用, 实现自动变道、自动泊车
2020 年	5.0	引入全面感知深度学习模型, 更好地识别行人、车辆和障碍物; 加强对交通规则和路况的理解
2021 年	6.0	引入云端服务平台, 帮助车辆实时获取高精地图、交通信息和路况预测等数据
2022 年	7.0	实现与汽车机器人的连接; 引入深度学习模型好和 Apollo Studio 在线开发平台
2023 年	8.0	提供可扩展的软件框架和升级仿真服务
	9.0	优化软件框架接口, 升级检测模型和引入增量训练方法

来源: 百度阿波罗, GITHUB, 国金证券研究所

2.4 供应链: 芯片、激光雷达和清洗等赛道迎爆发式增长

(1) 大算力芯片: 受益于高阶智驾加速渗透, 龙头公司地平线机器人有望迎来高速增长

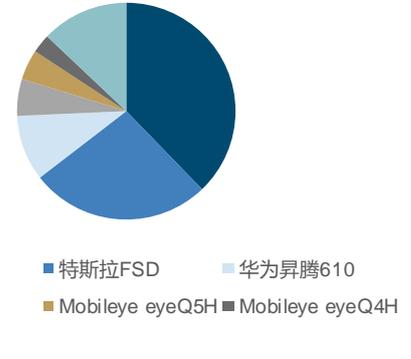
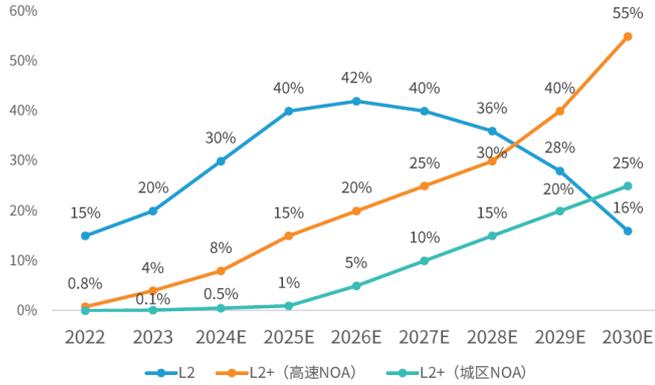
根据亿欧智库统计, 2023 年中国 L2+智驾功能渗透率进一步提升, 其中高速 NOA 渗透率为 4%, 城区 NOA 渗透率为 0.1%。2024 年 L2+智驾功能预计将达到 8.5%, 2024 年后, 城区 NOA 功能也将迎来飞速发展, 根据亿欧智库预计 2030 年渗透率有望达到 25%。



智驾芯片格局方面，根据盖世汽车统计数据，2024年1-9月英伟达 Drive Orin-X 以 37.8% 的市场份额稳居榜首，其装机量高达 1,315,479 颗；特斯拉 FSD 则以 26.7% 的市场份额紧随其后，装机量为 930,312 颗；华为昇腾 610、地平线征程 5 等品牌也占据了显著的市场份额，分别位列第三和第四。

图表12: 2022-2030E 年中国不同等级智能驾驶渗透率预测

图表13: 2024年1-9月智驾域控芯片装机量格局



来源：亿欧智库，国金证券研究所

来源：盖世汽车，国金证券研究所

重点关注地平线机器人：随着汽车智能化的快速推进，自动驾驶渗透快速提升，公司作为行业龙头为辅助驾驶（ADAS）和高阶自动驾驶（AD）提供包括智能芯片、专用的软件、算法和开放工具链等在内的核心技术和服 务，将直接受益于行业快速发展。

图表14: 地平线机器人在手订单充足

	2021年	2022年	2023年	2024年H1
OEM 客户群	14	20	23	25
OEM 客户累计数量其中：	9	12	12	12
产品解决方案	4	5	6	6
授权及服务业务	7	9	10	10
一级供应商累计数量，其中	76	98	124	133
产品解决方案	68	89	108	117
授权及服务业务	20	40	61	64
车型定点累计数量(不包括终止项目)	44	101	210	275
达成 SOP 的车型累计数量	27	56	109	131
年内/期内贡献收入的 OEM 客户	6	9	9	5
产品解决方案	1	2	4	4
授权及服务业务	6	8	8	5
年内/期内贡献收入的一级供应商	61	60	68	46
产品解决方案	53	52	48	35
授权及服务业务	15	28	43	24

来源：地平线机器人招股书，国金证券研究所

(2) 激光雷达：快速上量，优选整机龙头禾赛科技、速腾聚创

激光雷达装机量快速上行。根据高工智能汽车研究院统计数据显示，今年第三季度，中国市场（不含进出口）乘用车前装标配交付激光雷达 42.34 万颗，首次实现季度交付超 40 万颗；同时，9 月单月交付也再次创造新高点，仅用不到半年时间实现从单月 10 万颗到 15 万颗的跨越。

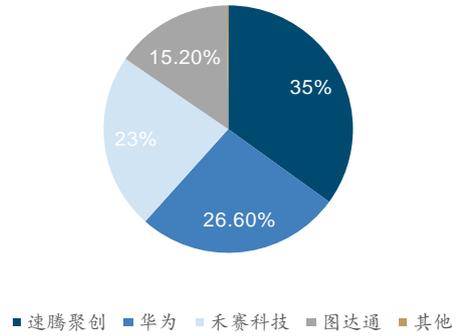
市场格局看：速腾聚创、华为技术、禾赛科技和图达通等供应商凭借其各自的技术优势和市场策略，在市场中占据了领先地位，其他供应商的市场份额相对较小。



图表15: 2024年1-9月中国市场乘用车前装标配激光雷达月度交付数据(单位:颗)



图表16: 2024年1-9月激光雷达装机量格局



来源: 高工智能汽车, 国金证券研究所

来源: 盖世汽车, 国金证券研究所

市场规模: 随着 ADAS 车型尤其是支持 NOA 功能的车型快速上量, 以及 ROBOTAXI 拐点式爆发增长, 根据 YOLE 预测数据, 2025 年量产乘用车领域激光雷达市场规模将达到 10.62 亿美元, robotaxi 领域将达到 2.36 亿美元。

图表17: 激光雷达市场规模预测

2019-2029 LiDAR market (\$M)



来源: YOLE, 国金证券研究所

部件构成: 激光雷达整机一般由发射模块、扫描模块、接收模块和控制模块四部分组成。中国信通院预计, 发射模块、接收模块、测时模块和控制模块, 四大光电系统约占激光雷达整机成本的 70%。

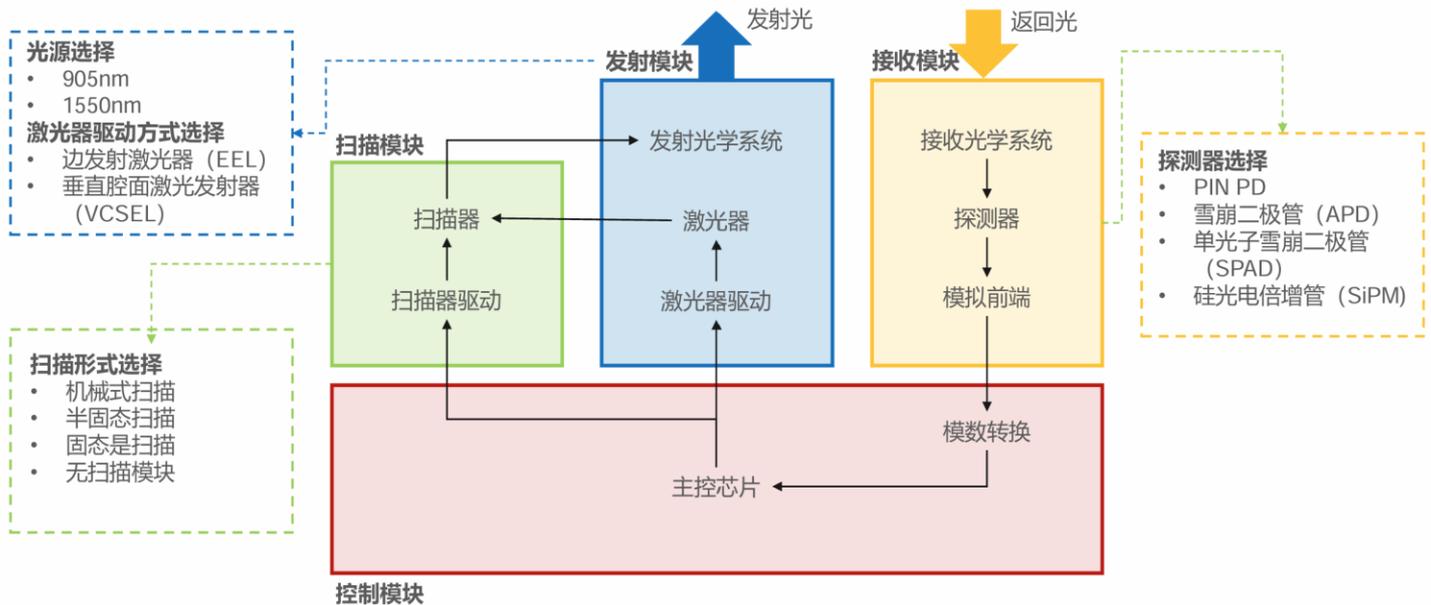
- ◆ 激光发射模块主要包括激光器发射器、光学系统, 是激光雷达的核心系统。海外企业领先激光发射器市场, 主要包括 Coherent (高意)、Lumentum、Ams-Osram、Trumpf、滨松光子、Laser Components 等, 国内相关产业链公司包括长光华芯、炬光科技、瑞波光电、纵慧芯光等。光学系统产业链相对成熟, 国内炬光科技、永新光学、蓝特光学、水晶光电、腾景科技、福晶科技等公司均有相关业务布局。
- ◆ 探测器行业主要企业包括国外的 First Sensor、Hamamatsu (滨松)、onsemi (安森美)、Sony (索尼) 等; 国内的深圳阜时科技有限公司、成都量芯集成科技有限公司、深圳市灵明光子科技有限公司、南京芯视界微电子科技有限公司、奥比中光等。
- ◆ 根据扫描方式的不同, 激光雷达可以分为固态激光雷达、混合固态激光雷达、机械式激光雷达。国内相关产业链相对成熟, 转镜式激光雷达电机厂商包括湘油泵、鸣志电器、江苏雷利等; 反射镜厂商, 永新光学、宇瞳光学、富兰光学等。MEMS 微振镜厂商包括海外 ST 意法半导体、博世、英飞凌、滨松电子, 国内英唐智控、赛微电子、中科院苏州纳米所等。



◆ 主控芯片一般采用 FPGA，激光雷达需要进行大量的信号处理、电机时序控制，采用基于可编程的 FPGA，效率会高很多。FPGA 国外主流的供应商有 Xilinx, Altera 等，国内主要有紫光国微、复旦微电、成都华微、安路科技等。

激光雷达零部件重点关注发射器、探测器和光学元件相关公司，包括长光华芯、炬光科技、奥比中光、永新光学、宇瞳光学、蓝特光学、炬光科技、水晶光电、腾景科技、福晶科技等。

图表18: 激光雷达核心模块构成



来源: wind, 艾瑞咨询, 国金证券研究所

图表19: 激光雷达核心公司估值

证券代码	证券简称	总市值 (亿元)	归母净利润 (亿元)			PE		
			2024E	2025E	2026E	2024E	2025E	2026E
2498.HK	速腾聚创*	119	-4.4	-2.7	0.7	-27.4	-44.9	172.5
HSAI.O	禾赛科技	87	-2.3	1.3	5.5	-38.1	65.9	15.9
002273.SZ	水晶光电	289	10.2	12.6	15.1	28.4	22.9	19.2
002222.SZ	福晶科技	159	2.3	3.0	3.5	68.5	52.4	45.2
688322.SH	奥比中光-UW	151	-0.9	0.0	1.0	-173.1	-	144.5
603297.SH	永新光学*	102	2.6	3.6	4.4	39.4	28.3	23.0
688127.SH	蓝特光学*	92	2.8	3.6	4.5	33.3	25.3	20.4
688048.SH	长光华芯*	72	-0.3	0.3	0.8	-232.3	218.2	90.0
688167.SH	炬光科技	61	0.1	1.0	2.0	785.6	62.8	29.8
300790.SZ	宇瞳光学*	65	2.0	3.0	4.0	32.7	21.6	16.3
688195.SH	腾景科技	50	0.7	1.0	1.3	68.2	49.5	38.1

来源: wind, 国金证券研究所; 注: 选用截至 12 月 5 日 wind 一致预期, 带*号的为国金政策预测数据, 其余为 wind 一致预期数据。

(3) 传感器清洗: robo+时代标配化, 价值量扩容 10 倍, 重点关注清洗系统领先公司

Robo+时代车载传感器需求增加, 催生传感器清洗产品的需求。在高级别自动驾驶中, 传感器脏污将会带来安全隐患, 从而催生传感器清洗产品的需求。高级驾驶辅助系统及未来的自动驾驶系统都需要包括毫米波雷达、摄像头、激光雷达及超声波雷达等传感器对外界信息的实时探测。随着辅助驾驶系统逐渐从 L2 向 L3 及以上迈进, 驾驶辅助系统能够在各种恶劣环境下正常工作的性能需求变得日益迫切。在传感器被污染遮挡无法运转的情况下, 单独人工清理会面临极高的运维成本, 专用的传感器清洁系统将会成为高级别自动驾驶车辆中必不可缺的装备。根据我们 7 月外发报告《传感器清洗专题报告二: L4 级自动驾驶渐近, 传感器清洗有望迈入标配化》的测算, 预计 2025 年全球传感器清洗产品市场空间将达约 15 亿元, 2027 年将达 66 亿元。

(4) 整车: 高阶智驾竞争格局初步成型, 重点关注华为系、理想汽车、和小米汽车



目前智驾格局已初步形成，重点关注华为系、理想汽车、和小米汽车。至 2024 年底，领先企业已实现智能驾驶的全国覆盖。

图表20：车企智能驾驶竞争格局及布局情况

	车企/厂商	系统/架构名称	方案	高速覆盖	城市覆盖
T1	华为系	ADS3.0	激光雷达方案/纯视觉	全国	全国
	小鹏	XNPG	激光雷达方案/纯视觉	全国	全国
	极越	ROBO Driver Max	纯视觉	全国	300+城
	理想	AD MAX 3.0	激光雷达方案/纯视觉	全国	全国
T2	蔚来	NOP+/NiO Aquila	激光雷达方案/纯视觉	全国	全国 300 万公里道路
	上汽智己	IM AD/Momenta	激光雷达方案/纯视觉	全国	全国
	吉利极氪	ZAD/NZP	激光雷达方案/纯视觉	orin 芯片版全国可用 EyeQ5 芯片版 169 城	公测中 12 月全国全量推送
	小米	Xiaomi Pilot MAX/Pro	激光雷达方案/纯视觉	全国	全国
T3	特斯拉	FSD	纯视觉	全国高速	暂无
	比亚迪腾势	DiPilot300/BAS 3.0+	激光雷达方案	全国	7 城
	比亚迪仰望	DiPilot600	激光雷达方案	全国	7 城
	宝骏	大疆灵犀	纯视觉	全国	暂无
	埃安	NDA 3.0	激光雷达方案	全国	全国
	长城	Coffee Pilot	激光雷达方案	全国	全国
	零跑	Leapmotor Pilot	激光雷达方案	全国高速和 25 城高架	暂无
	奇瑞	大疆灵犀	纯视觉	全国	暂无

来源：AutoLab，第二届中国智驾大赛，各汽车官网，汽车之家，国金证券研究所

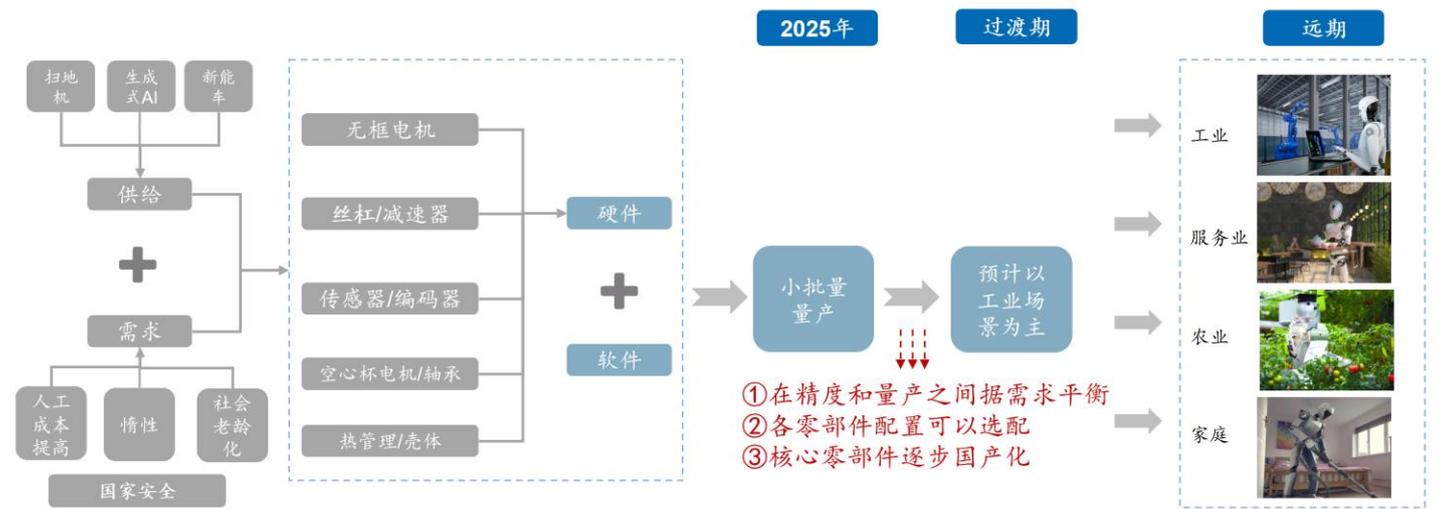
三、人形机器人：龙头迈向 0-1，中国供应链崛起在即

3.1 整机：商业化在即，“中国供应链+高成本场景”放量的兑现度最高

在以特斯拉为首的科技巨头持续发力投入以及人工智能技术不断进步的共同推动下，人形机器人产品和成本迭代速度显著加快，成为未来最确定的产业方向之一。从产品端看，24 年特斯拉人形围绕关节、灵巧手方案、算法训练等快速迭代，运动和认知能力大幅提升。从成本端看，随着丝杠、灵巧手、传感器等产业链迭代加速，大规模量产线的加速研发和投入使用，生产成本开始走向大幅度下降的通道。人形机器人会先从高人工成本、较低任务复杂度的领域开始迭代。我们预计 25 年，人形机器人在欧美等高人力成本地区或者国内特殊作业领域，具备商业化价值。2023 年 11 月 2 日，工信部发布《人形机器人创新发展指导意见》指出，到 2025 年，人形机器人创新体系初步建立，“大脑、小脑、肢体”等一批关键技术取得突破，确保核心部组件安全有效供给，到 2027 年，人形机器人技术创新能力显著提升，形成安全可靠的产业链供应链体系，构建具有国际竞争力的产业生态，综合实力达到世界先进水平。我们预计 2027 年，人形成本将会在国内一般应用场景具备商业化价值。

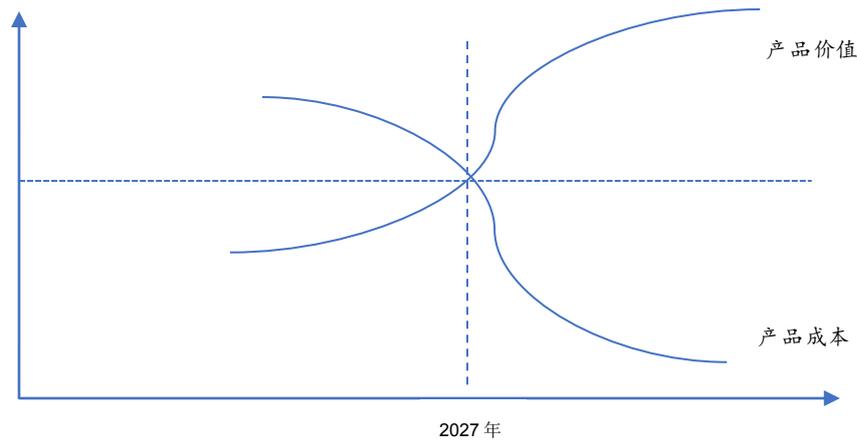


图表21：人形机器人发展展望



来源：国金证券研究所

图表22：我们预计 2027 年人形机器人商业化即将开启



来源：国金证券研究所

中国供应链+高成本场景整机应用将成为兑现度最高的方向。人形机器人最核心矛盾在于量，有量就有产品和成本的快速迭代。中国供应链拥有研发效率高、成本低、迭代快的优势，高成本场景将是量突破最早的方向，欧美等高人工成本地域或率先放量，中国供应链+欧美高人工成本场景的特斯拉等整机公司或率先放量。

根据特斯拉等公司公开信息，25 年产品将率先在自有工厂迭代和使用，我们预计 25 年下半年开始或逐步加单放量；Agility Robotics 官推显示，其部署在 GX0 Spanx 仓库的人形机器人 Digit，已经批量交货并完成了 10000 个物流订单的履约。海内外各家公司的人形机器人预计要到 2026 年才能达到上万台的订单量。



图表23: 人形机器人落地进展

公司名称	机器人称号	视频	是否商业化	公开行走	灵巧手	已公布合作公司
Figure.ai	Figure 02					BMW
Tesla	Optimus Gen2					Tesla
Agility Robotics	Digit v4a				\	Amazon
Sanctuary AI	Phoenix Gen7		\			Canadian Tire Corporation, Limited; Magna International
Aptronik	Apollo					\
1X Technology	EVE/NEO					EVE:StrongPoint; ADT Security Services
Mentree Robotics	MenteeBot		\			\
Boston Dynamics	New Atlas					现代、丰田
Neura Robotics	4NE-1		\			
Kind Humanoid	Mona		\	\	\	\
K-Scale Labs	Stomp		\	\	\	\
Reflex Robotics	Reflex		\	\	\	\
Pollen Robotics	Reachy2		\	\	\	\
智元机器人	远征A1					临港集团、均普智能
宇树科技	Unitree H1					大学、科研机构
傅利叶智能	Fourier GR-1					科研院校
星动纪元	XBot-L		\			\
优必选	Walker S					比亚迪、蔚来、东风柳汽、一汽大众、极氪
乐聚机器人	夸父					蔚来、江苏亨通集团
开普勒机器人	先行者					SIMPPLE
天链机器人	t1					\
戴盟机器人	Sparky1			\		\
星尘智能	Astribot S1		\	\		\
银河通用机器人	Galbot		\	\	\	\
帕西尼感知科技	Tora			\		\

来源: 各公司公告, 各公司官网, 国金证券研究所

政策指引 25 年技术突破, 27 年商业化突破。2023 年 8 月 28 日, 工信部组织开展 2023 年未来产业创新任务揭榜挂帅工作, 面向元宇宙、人形机器人、脑机接口、通用人工智能 4 个重点方向, 通过“揭榜挂帅”可聚力解决机器人产业短板问题和“卡脖子”技术难题, 推动机器人核心技术迭代升级、产业链成本降低、典型场景优化推广, 加快实现人形机器人规模化生产和应用。

图表24: 人形机器人揭榜挂帅任务榜单

大类	项目	到 2025 年预期目标
核心基础	全身动力学控制算法	不少于 28 个自由度, 实现平地、斜坡、台阶、非平整路面、松软路面等环境的高动态行走, 平地最大行走速度 $\geq 4\text{km/h}$, 最大奔跑速度 $\geq 9\text{km/h}$
	电机驱动器	最高效率不低于 95%, 重量小于 210g (含散热片), 尺寸小于 170cm ³ , 最大连续功率达到 6kW
	力传感器	传感器采用低成本、高性能的设计, 精度达到 0.5%FS, 响应时间优于 0.03s



	MEMS 姿态传感器	完成高性能、低成本的 MEMS 姿态传感器研制，具有较强的抗振动和抖动性能，俯仰角和横滚角静态精度为 0.1°，零偏稳定性 (1σ, 10s 平滑) 不低于 0.3°/h，MEMS 姿态传感器具有强的鲁棒性和智能稳定算法
	触觉传感器	实现指尖、指腹和掌面部位传感器阵列密度 1mm×1mm (厚度≤0.3mm)；力检测范围 0.1N/cm ² ~240N/cm ² (10g/cm ² ~24kg/cm ²)±5%；最小检测力 10g
重点产品	旋转型电驱动关节	峰值输出功率密度优于 600W/kg，峰值力矩密度优于 100N.m/kg
	直线型电驱动关节	实现双向驱动伺服线性致动，推力覆盖 500-10000N，推力密度不低于 1500 N/kg
	机械臂与灵巧手	手指末端负载能力≥3kg，灵巧手集成位置、力、触觉等传感器，臂体重量≤9kg (其中灵巧手≤900g)
	高算力主控制器	单台主控制器工作功耗不高于 60W，算力不低于 200Tops
	高能量密度电池	输出电压 48V-100V，电池组的能量密度不低于 220Wh/kg
公共支撑	端到端仿真开发平台	支持大规模并行 GPU 机器学习训练，同一场景下并行开展训练的机器数量不低于 1000 个
	机器人智能控制技术	建立不低于 100 亿的典型任务参数集，自动化处理任务的类型不低于 100 种
典型应用		工业制造、灾害救援、危险作业、智慧物流、安防巡逻、服务娱乐

来源：工业和信息化部、国金证券研究所

2023 年 11 月 2 日，工业和信息化部又印发了《人形机器人创新发展指导意见》，提出到 2025 年人形机器人创新体系初步建立，“大脑、小脑、肢体”等一批关键技术取得突破，整机产品达到国际先进水平，并实现批量生产；到 2027 年，人形机器人技术创新能力显著提升，构建具有国际竞争力的产业生态，综合实力达到世界先进水平。自上而下的政策支持体系，产生了一系列区域集群效应，各地区积极响应，北京、上海、深圳等地相应的支持性举措已加速落地，有效地推动了人形机器人行业的快速发展。

图表 25：2023-2024 年人形机器人政策

发布时间	政策名称	发布机构	主要内容
13/03/2023	《上海市智能机器人标杆企业与应用场景推荐目录》	上海经化委等八部门	促进产业成果赋能工业、医疗、建筑、农业、商业、家用、应急等领域智能应用升级。力争到 2025 年，上海将打造 10 家行业一流的机器人头部品牌、100 个标杆示范的机器人应用场景、1000 亿元机器人关联产业规模。
20/04/2023	《北京市机器人产业创新发展行动方案（2023-2025 年）（征求意见稿）》	北京经信局	到 2025 年，我市机器人产业创新能力大幅提升，培育 100 种高技术高附加值先进产品、100 种具有全国推广价值的示范场景、100 家专精特新“小巨人”企业，建成 5 个国家级机器人产业公共服务平台。全市机器人核心产业收入达到 300 亿元以上，打造国内领先、具有国际先进水平的机器人产业集群。
21/05/2023	《北京市加快建设具有全球影响力的人工智能创新策源地实施方案（2023-2025）》	北京市人民政府	到 2025 年，北京的人工智能技术创新和产业发展即将迈入新阶段。核心技术基本实现自主可控，部分达到世界先进水平。北京成为全球有影响力的人工智能创新中心，基本建成具有全球影响力的人工智能创新策源地。
23/05/2023	《北京市促进通用人工智能创新发展的若干措施》	北京市人民政府	系统构建大模型等通用人工智能技术体系，突破机器人在开放环境、泛化场景、连续任务等复杂条件下的感知、认知、决策技术。
31/05/2023	《深圳市加快推动人工智能高质量发展高水平应用行动方案（2023-2024 年）》	中共深圳市委、深圳人民政府	聚焦通用大模型、智能算力芯片、智能传感器、智能机器人、智能网联汽车等领域，重点支持打造基于国内外芯片和算法的开源通用大模型；开展通用型具身智能机器人的研发和应用；加快组建广东省人形机器人制造业创新中心；发挥粤港澳大湾区制造业优势、开展人形机器人规模化应用。推广民意速办机器人、医用机器人、市容巡查机器人、扫地机器人、生产机器人等。
15/06/2023	《上海市推动制造业高质量发展三年行动计划（2023-2025 年）》	上海市人民政府	旨在推动制造业高端化、智能化和绿色化发展，增加制造业中工业机器人的使用密度，以及前瞻性布局人形机器人、智能机器人等赛道。



发布时间	政策名称	发布机构	主要内容
	2025年)》		
16/06/2023	《北京市机器人产业创新发展行动方案(2023—2025年)》	北京市人民政府	到2025年,本市机器人产业创新能力大幅提升,培育100种高技术高附加值机器人产品、100种具有全国推广价值的应用场景,并加紧布局人形机器人、巩固提升四类优势机器人。
28/08/2023	《关于组织开展2023年末产业创新任务揭榜挂帅工作的通知》	工信部	面向元宇宙、人形机器人、脑机接口、通用人工智能4个重点方向,聚焦核心基础、重点产品、公共支撑、示范应用等创新任务。发掘培育一批掌握关键核心技术、具备较强创新能力的优势单位,突破一批标志性技术产品,加速新技术、新产品落地应用。
02/11/2023	《人形机器人创新发展指导意见》	工信部	提出到2025年,人形机器人创新体系初步建立,“大脑、小脑、肢体”等一批关键技术取得突破,整机产品达到国际先进水平,并实现批量生产;到2027年,人形机器人技术创新能力显著提升,构建具有国际竞争力的产业生态,综合实力达到世界先进水平。
21/12/2023	全国工业和信息化工作会议	工信部	出台未来产业发展行动计划,瞄准人形机器人、量子信息等产业,着力突破关键技术、培育重点产品、拓展场景应用。
22/10/2024	《重庆市“机器人+”应用行动计划(2024—2027年)》	重庆市政府	提出到2027年,机器人广泛应用于经济社会各领域,机器人典型示范应用成效显著。聚焦机器人应用重点领域,突破一批机器人关键技术,开发一批机器人中高端产品,引育一批“机器人+”应用标杆企业

来源:各政府部门,国金证券研究所

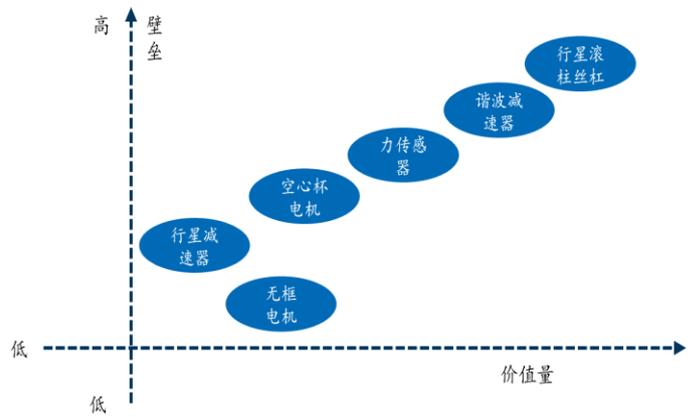
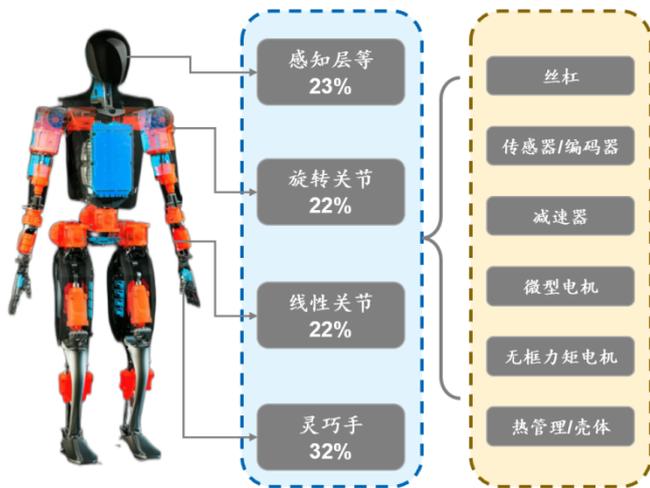
3.2 供应链:关注高asp、高壁垒的灵巧手、丝杠等核心产业链

根据特斯拉人形机器人Optimus公开信息,预计特斯拉人形机器人Optimus量产BOM成本中运动系统(包含线性执行器+旋转执行器+灵巧手)成本最高,约占70%以上。

从ASP看:灵巧手(占比约32%)>丝杠(18%)>微型电机(18%)>减速器(12%)>力传感器(7%)≈无框电机(7%)。从壁垒看:灵巧手>行星滚柱丝杠>六维力矩传感器>谐波减速器>微型电机>无框电机。

图表26:特斯拉人形机器人产业链

图表27:零部件壁垒和价值量分布矩阵



来源:国金证券研究所

来源:国金证券研究所

3.2.1 灵巧手:人形机器人供应链的优质赛道

涉及多学科交叉,灵巧手具备较高壁垒。灵巧手涉及仿生结构、驱动、传动、感知、复合/智能材料、建模与控制等多方面综合能力把控。综合性能上,灵巧手的难点在于高灵巧性、高自由度与低驱动数低重量小体积之间的权衡;商业化落地上,存在性能和成本之间取得合理平衡的困难。

灵巧手自由度提升是必然发展方向。根据特斯拉公开信息,GEN3灵巧手相比于GEN2的主要变化在于:手部增加自由度,预计对应的电机数量将从原本的6个提升到13-17个;同时,驱动器装载在手腕部位。



图表28: 特斯拉灵巧手自由度有提升趋势



来源: 特斯拉发布会, 马斯克采访, 国金证券研究所

当前灵巧手单手纯 bom 成本约 4.5 万元 (采用国产空心杯电机和滚柱丝杠, 13 个主动自由度) ~13.3 万元 (采用进口空心杯电机和滚柱丝杠, 17 个主动自由度)。

图表29: 采用进口空心杯电机和行星滚柱丝杠单手预估价格 13 万元 (单位: 元/只)

单手总价值量		总价	零部件		方案: 自由度数量为 17 个					
130175.3	驱动	76500	驱动器种类	进口空心杯电机 (带霍尔传感器)	单位	无刷有齿槽电机	单位			
			驱动数量	17	个	0	个			
			驱动单价	4500	元/个	160	元/个			
	传动	52750	传动器种类	进口滚柱丝杠	单位	行星减速器	单位	腱绳	单位	
			传动数量	17	根	17	个	10	根	
			传动单价	3000	元/根	100	元/个	5	元/根	
	传感	675.25	传感器种类	触觉传感 (指腹)	单位	大面积皮肤	单位	温度传感器	单位	
			传感器数量	5	个	0.015	m ²	5	个	
			传感器单价	100	元/个	350	元/m ²	34	元/个	
	其他零部件	250	其他零部件种类	电缆、扭簧、齿轮等	单位					
其他零部件数量			5	套						
其他零部件单价			50	元/套						

来源: 深圳力感科技淘宝官方旗舰店, 墨感科技淘宝官方旗舰店, KMU 淘宝官方旗舰店, 国金证券研究所

图表30: 采用国产空心杯电机和行星滚柱丝杠单手预估价格 4.5 万元 (单位: 元/只)

单手总价值量		总价	零部件		方案: 自由度数量为 13 个					
45075.25	驱动	16800	驱动器种类	国产空心杯电机 (带霍尔传感器)	单位	无刷有齿槽电机	单位			
			驱动数量	8	个	5	个			
			驱动单价	2000	元/个	160	元/个			
	传动	27350	传动器种类	国产滚柱丝杠	单位	行星减速器	单位	腱绳	单位	
			传动数量	13	根	13	个	10	根	
			传动单价	2000	元/根	100	元/个	5	元/根	
	传感	675.25	传感器种类	触觉传感 (指腹)	单位	大面积皮肤	单位	温度传感器	单位	
			传感器数量	5	个	0.015	m ²	5	个	
			传感器单价	100	元/个	350	元/m ²	34	元/个	
	其他零部件	250	其他零部件种类	电缆、扭簧、齿轮等	单位					
其他零部件数量			5	套						
其他零部件单价			50	元/套						



来源：深圳力感科技淘宝官方旗舰店，墨感科技淘宝官方旗舰店，KMU 淘宝官方旗舰店，国金证券研究所

量产单手价格有望做到 1 万元以下：空心杯电机、丝杠、传感器等通过设备国产化和规模化等措施降本后，成本会大幅度下降。

目前大部分灵巧手的单手市场价为 2-15 万元/只，整体价格与精度、关节数和驱动数等关键指标呈现正相关关系。DLR 配备了较高精度的零配件售价 80 万元/只，根据线上购物平台显示，DLR 单手包含 15 个自由度，高度集成了电机、齿轮、哈默纳科减速器、传感器等零部件。

图表31：量产后灵巧手可以降本至万元内（单位：元/只）

量产后成本测算		总价	零部件	方案：自由度数量为	13	个			
7224.5	驱动	2650	驱动器种类	空心杯电机	单位	无刷有齿槽电机	单位		
			驱动数量	8	个	5	个		
			驱动单价	300	元/个	50	元/个		
	传动	3950	传动器种类	丝杠	单位	行星减速器	单位	腱绳	单位
			传动数量	13	根	13	个	10	根
			传动单价	200	元/根	100	元/个	5	元/根
	传感	374.5	传感器种类	触觉传感（指腹）	单位	大面积皮肤	单位	温度传感器	单位
			传感器数量	5	个	0.015	m ²	5	个
			传感器单价	30	元/个	300	元/m ²	34	元/个
	其他零部件	250	其他零部件种类	电缆、扭簧、齿轮等	单位				
			其他零部件数量	5	套				
			其他零部件单价	50	元/套				

来源：深圳力感科技淘宝官方旗舰店，墨感科技淘宝官方旗舰店，KMU 淘宝官方旗舰店，国金证券研究所

图表32：灵巧手当前市场价为 2-80 万元/只

灵巧手名称	厂商	单价（万元）	触觉传感	抓握力分辨率	指尖力控精度	自由度	关节数	驱动数	重复定位精度	电机类型
FTP 系列	因时机器人	4.8	≥12 个	\	\	\	≥12 个	≥6 个	±0.2mm	\
RH56BFX、RH56DFX	因时机器人	4	0 个	0.5N	\	\	12 个	6 个	\	\
RH8D	京天博特	15.3	5 个	\	1mN	19	\	8 个	\	\
RH8D	京天博特	7.8	0	\	-	19	\	\	\	\
瓴乐灵巧手	瓴乐	3.3008	\	\	\	\	12	6	\	FOC 无刷电机
BXCG	钛虎	2.199	\	\	\	\	\	6	\	FOC 无刷电机
傲意灵巧手			\	\	\	\	\	\	\	\
韩国 Allego Hand	韩国 Allego	13.98	\	\	\	\	\	\	\	\
DLR	哈工大	80	\	\	0.5degrees	15	\	\	\	DC 无刷电机
Qb softhand		11	\	\	\	19	\	\	\	\

来源：深圳力感科技淘宝官方旗舰店，墨感科技淘宝官方旗舰店，KMU 淘宝官方旗舰店，国金证券研究所

灵巧手产业化还处于起步状态，迭代能力决定长期竞争力。当前美国在机器人灵巧手技术上处于领先地位，特别是在人工智能、传感器融合以及仿生技术领域有显著优势。灵巧手核心技术指标包括自由度、抓握力等，自由度角度看，海外特斯拉、Shadow Hand、SCHUNK 和 ILDA 已经将 DOF 自由度做到 20 个以上，国内青龙灵巧手自由度做到 19 个，处于国内较为领先地位。抓握力角度看，海外的 QBhand 和国内的星动纪元较为领先，抓握力分别达到 62N 和 80N。国内市场的兆威机电、因时机器人、傲意、腾讯 RoboticsX 实验室等企业也在积极布局。国内灵巧手目前技术落后于海外，但是迭代效率上领先，长期看，灵巧手及核心供应链将由国内公司主导。



图表33：国产新灵巧手产品快速追赶海外实力

灵巧手名称	驱动方式	传动方式	重量	最大抓握力	手指数量	DOF	DOA	传感方式	执行器数量	承载力
特斯拉灵巧手	电驱	腱绳、蜗轮蜗杆	\	\	5	22	13-17 (预测)	霍尔传感器、触觉传感器	13-17 (预测)	\
Shadow Hand	动人工肌肉驱	腱绳	4300g	\	5	24	20	129个传感器	20	4KG
SCHUNK SVH Hand	电驱	齿轮/连杆	1300g	0.85kg	5	20	9	\	9	\
SoftHand Pro		腱绳			5	19	\	\	\	\
Pisa/IIT SoftHand	电驱	腱绳	\	\	5	19	\	\	\	\
DLR 五指灵巧手	电驱	谐波减速器、齿轮、绳驱	1800g	10N	5	\	15	40个模拟传感器+45个数字传感器	15	\
Qbhand	电驱	腱绳	770g	62N	5	19	\	\	\	1.1KG
ILDA hand	电驱	连杆	1100g	34N	5	15	15	\	15	\
因时科技灵巧手	电驱	齿轮/丝杠	540g	30N	5	12	6	\	6	2-3KG
思灵灵巧手	电驱	齿轮/连杆	490g	15N	5	15	6	\	6	数千克
清华大学	电驱	\	550g	\	5	\	\	\	\	5KG
腾讯灵巧手TRX-Hand	电驱	减速器	1160g	15N	3	\	8	角度传感器、接近传感器、微型激光雷达	8	6.5KG以上
小鹏灵巧手PX5	电驱	\	430g	\	5	11	\	\	\	数千克
智元高自由度灵巧手	电驱	\	1600g	5KG		19	12	于视觉的指尖传	12	1.1KG
傲意灵巧手	电驱	\	535±5g	\	5	6	11	\	6	10KG
星动纪元	电驱	\	1100g	80N	5	12	\	\	\	25KG
青龙灵巧手	电驱	\	600g	≥15N	5	19	6	指尖触觉感知	12	≥5KG
钛虎灵巧手	电驱	\	480g	\	5	\	6	\	6	\

来源：各公司官网，国金证券研究所

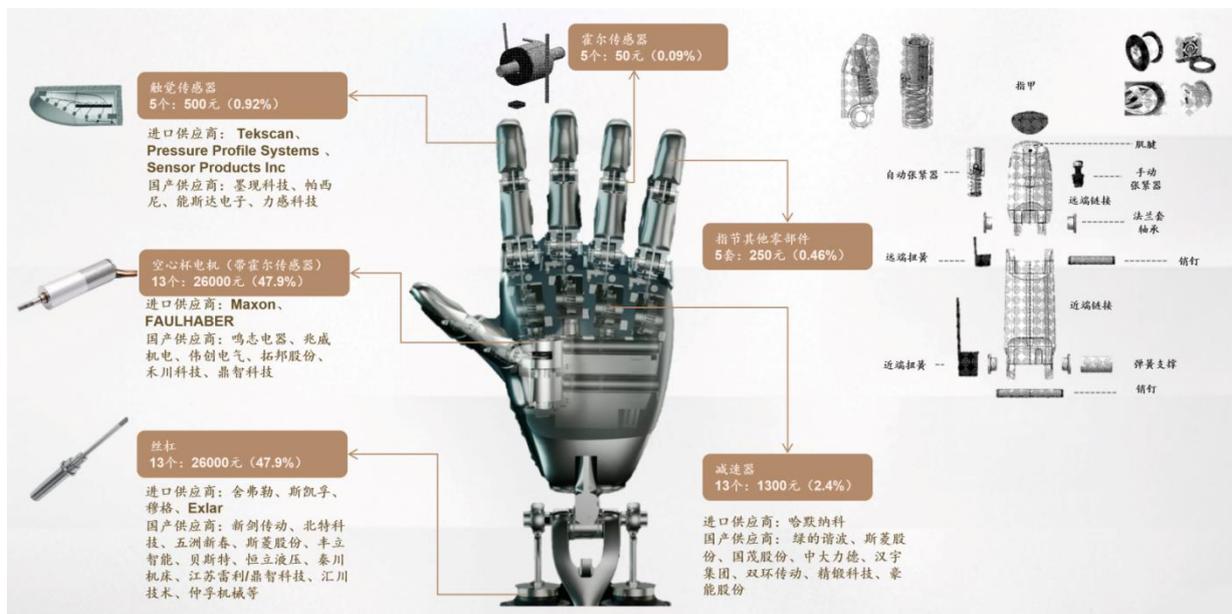
灵巧手供应链：

驱动上，电机驱动是当前主流的灵巧手驱动方式，由于第三代灵巧手自由度增加，所需电机数量增加，利好空心杯电机和无刷有齿槽电机供应商，建议关注鸣志电器、兆威机电、伟创电气、拓邦股份、禾川科技等。

传动上，腱绳+蜗轮蜗杆是特斯拉第一代方案，随着行业手部灵巧手丝杠的日渐成熟，叠加特斯拉提升单手承载力的需求，手部采用丝杠进行传动可能是一种发展方向，若单手丝杠为13根，则单个人形机器人需要26根丝杠，价值量占比约47.9%，利好丝杠产业链供应商，建议关注五洲新春（已布局灵巧手丝杠）、北特科技、贝斯特、恒立液压、斯菱股份等。

传感器上，第一代采用霍尔传感器，第二代新增触觉传感器，由于触觉传感器价值量较大，利好相关公司，建议关注汉威科技、柯力传感等公司。

图表34：灵巧手价值量最高的零部件为空心杯电机、丝杠、减速器、触觉传感器





来源：各公司官网，特斯拉灵巧手专利，特斯拉 Optimus 发布会，国金证券研究所

注：价值量测算采用国产空心杯电机价值量和国产行星滚柱丝杠，假设手部采用空心杯电机、行星滚柱丝杠、行星减速器，总单手价值量为 5.4 万元。

3.2.2 丝杠：加工和设备有望迎 0-1 国产化突破

以特斯拉人形机器人为例，其人形机器人采用行星滚柱丝杠约 14 根。行星滚柱丝杠技术壁垒较高，由于在精度保持性、功能可靠性、寿命、精度、刚度等关键性能指标上落后于境外产品，国产品牌市场占有率低。国产落后的地方主要体现在制造设备、加工工艺、原材料等方面。

由于人形机器人带来行业研发灵巧手丝杠研发热潮，预计后续更多的公司将研发完成手部的滚珠丝杠和行星滚柱丝杠。当前的丝杠上市公司主要包含北特科技、贝斯特、五洲新春、鼎智科技、斯菱股份等。各公司公告显示，当前 KGG 和新剑传动已完成手部丝杠研发，五洲新春正在研发中。

图表35：新剑传动、KGG 和五洲新春已经研发出灵巧手部丝杠

地区	公司名称	相关产品及进度	国家地区
海外	舍弗勒 Schaeffler	子公司 GSA、Rollvis(收购)、Ewellix (收购) 深耕于行星滚柱丝杠领域, 是行星滚柱丝杠全球大型供应商, 其部分团队原隶属于 SKF, 在行星滚柱丝杠领域有较强实力, 瑞士 GSA 也是全球产品系列最全、规格型号最多的厂家	欧洲
	斯凯孚 SKF	全球第二大行星滚柱丝杠生产商, 其针对普通领域与高精技术场合分别推出了 SR/BR/TR/PR 系列标准式行星滚柱丝杠及 SV/BV/PV 系列循环式滚柱丝杠	瑞典
	穆格 Moog	旗下核心产品包括伺服驱动器、滚珠丝杠、反向滚珠丝杠等, 其有超过 30 年的行星滚柱丝杠定制历史	美国
	Exlar	致力于反向式行星滚柱丝杠电动缸的研发, 并提供电机转子与行星滚柱丝杠机电一体式的智能驱动产品	美国
国内	博特精工	公司主要产品有包含行星滚柱丝杠在内的多种机械传动用轴类产品, 广泛用于电解铝行业、数控机床等行业, 其研制的 BT-GZXS 行星滚柱丝杠具有长时间承受重载的能力, 目前已投入市场使用	中国山东
	思科瑞传动	全球极少数拥有设计、制造全系列行星滚柱丝杠的企业, 目前设计多种产品已投入石化、军事等领域使用	中国常州
	仲孚机械	具有非标直径、非标导程、行星滚柱丝杠的描绘与出产才能, 并成功研制出了高精细行星滚柱丝杠	中国江苏
	KGG	已经研发出手指行星滚柱丝杠	中国上海
	恒立液压	部分设备已到, 已建设相关技术团队, 在研滚柱丝杠	中国常州
	贝斯特	公司生产的滚珠丝杠副、直线导轨副等产品已应用于国内知名机床商部分型号的机床上, 得到了市场的高度认可; 自主研发的行星滚柱丝杠已于 2023 年顺利出样	中国无锡
	五洲新春	公司将发展灵巧手、旋转执行器和线性执行器上面的滚柱丝杠产品。24H1 已经实现小批量产品销售。	浙江
	新剑传动	已经研发出关节和灵巧手微行星滚柱丝杠	杭州
	斯菱股份	规划建设行星滚柱丝杠产品产线, 投入资金 1.17 亿元	浙江
	双林股份	已完成人形机器人滚柱丝杠研发立项, 样件制作和设备投资在按计划推进	宁波
	北特科技	开发行星滚柱丝杠零部件并送样, 搭建了产线, 但尚未获得订单	上海
鼎智科技	已经完成行星滚柱丝杠多条生产线的搭建, 已经开始试产	常州	

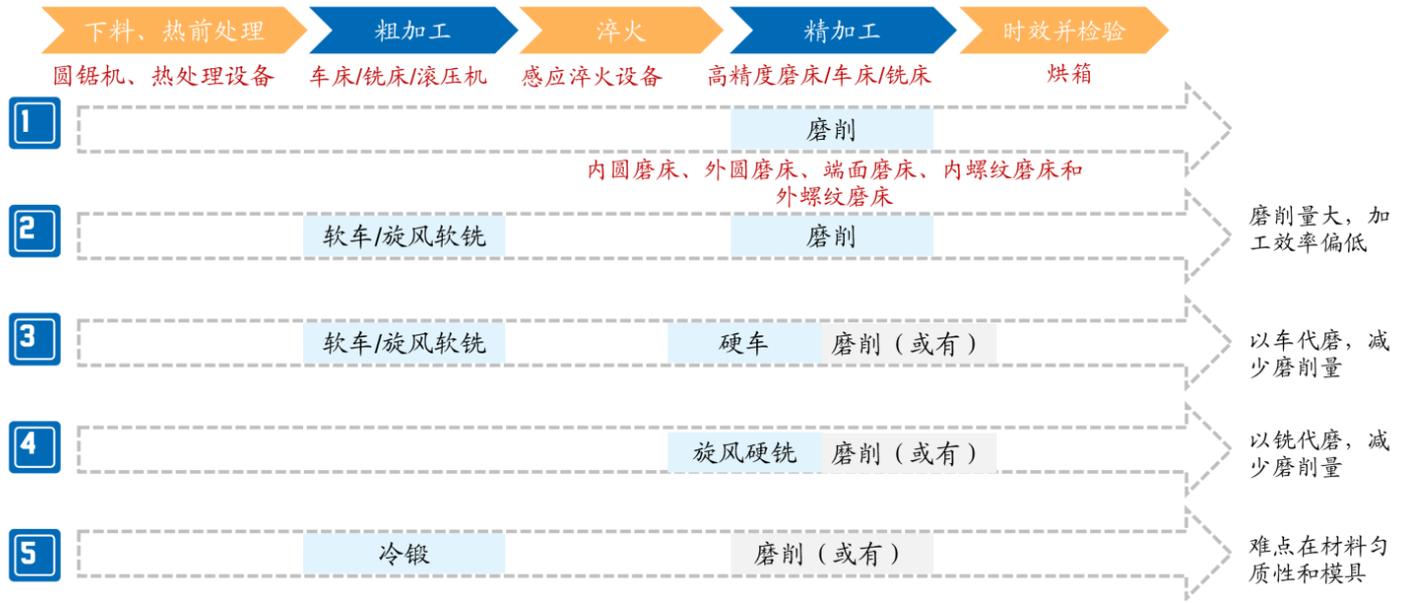
来源：中国设备工程，各公司官网，Wind，国金证券研究所

3.2.3 机器人丝杠设备的国产替代，2025 年有望迎来丝杠专用磨床的效率和精度提升

丝杠核心加工流程中，单位价值量最高的设备是热处理和高精度磨床。机器人丝杠总体流程类似于行星滚珠丝杠，要经过热处理、车、铣、磨或冷锻等流程，中间涉及的设备包含圆锯机、热处理设备、车床或滚丝机、铣床、磨床（外螺纹磨床、内螺纹磨床、端面磨床、外圆磨床等）、检测仪等。



图表36：行星滚柱丝杠加工流程五种工艺技术路线需要多样化的设备



来源：《滚珠丝杠关键制造工艺优化及精度控制方法研究_黄娟》，《行星滚柱丝杠滚柱冷滚压成形机理与实验研究_王旭》，国金证券研究所

国产丝杠具备较强的实用性需要同时具备高精度、高良率和高效率。但目前国内丝杠设备很难同时做到三点。存在精度达不到机器人行星滚柱丝杠高精度需求(现在的国产偏向于虚标参数,海外设备偏向于保守报参数,所以比较起来,国内设备的参数甚至比海外的好)、良率较低的问题,同时高精度磨床当前存在效率较低、加工速度慢的问题,因此国产设备要满足大批量量产需求还需要同时解决效率低的问题。

图表37：国产行星滚柱丝杠设备面临的三大难题



来源：国金证券研究所

精度低：机加工设备的主轴和数控系统等核心功能布局均需具有较高精度。要实现最终的高精度加工，车床、铣床和磨床的核心功能部件需要具有较高精度。数控系统、材料、加工、电路设计和冷却设计、装备和基本环境条件的要求都比较高。其中最卡脖子的是数控系统和主轴的制作。



图表38：要实现最终的高精度控制，车铣磨床都需要具备较高精度



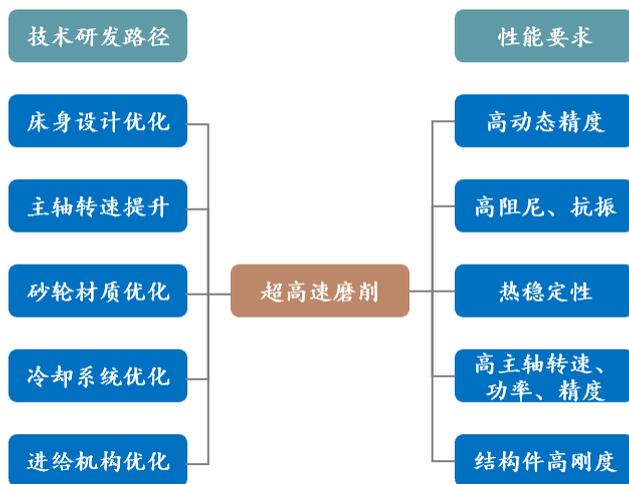
来源：《超高速磨床仿真分析》，《高速精密孔铣磨床主轴驱动控制系统设计》，《基于数控磨床闭环位置反馈实现大型零件带锥表面配磨》，国金证券研究所

效率低：核心提高磨床环节加工速度，研制多线复合磨床和超高速磨床。磨床加工速度整体低于车床、铣床和滚丝机，是加工速度的卡位环节，提升速度的方式为：（1）研制超高速磨床，（2）研制多线复合磨床。其中多线复合磨床可实现同时采用多把刀对同一工件进行磨削，成倍减少加工时间。

实现高速、超高速磨削对磨床性能要求较高，磨床根据砂轮线速度可分为普通磨床、高速磨床和超高速磨床。其中普通磨床线速度 ≤ 45m/s，高速磨床线速度居于 45m/s 和 150m/s 之间，超高速磨床线速度高于 150m/s。

要实现磨床的超高速磨削，对车床、主轴和冷却系统等需要进一步优化，以实现较好的动态特性。

图表39：实现超高速磨削对磨床性能要求较高



来源：《磨料、磨具与磨削技术（第二版）》，国金证券研究所

我们预计 2025 年通过专用定制设备的出现，将有效提升国产丝杠加工设备的精度和效率。当前国产设备已经开始突破。

图表40：丝杠设备海内外布局情况

区域	类型	代表公司	机型名称
海外	车床	汉布雷格（荷兰）	Mikroturn® 立式



		高精度立式硬车床	
		津上机床 (日本)	SS207
		Haas Automation (美国)	Haas ST
		DMG 森精机株式会社	WASINO 系列
		Okuma Corporation	GENOS L 系列
		HACO (德国)	数控车床 FAT
		Mazak (日本)	Ez 系列
	铣床-旋风铣	Doosan Machine Tools (韩国)	DBC 系列
		Hurco (美国)	HM1700Ri
		魏因加特纳 Weingartner	vario 系列
		Haas Automation (美国)	VF 系列立式铣床
	磨床	日本三井	MSG-HMD 系列
		Okuma Corporation	GPW/GAW 系列
		United Grinding Group (瑞士)	S31/S41 系列
		津上机床 (日本)	G300S-500 内圆磨
	滚压	宝飞螺 (profile)	URWA 100S
		肯尼福 (kenific)	MC 系列
		伊瓦格	S121
		Okamoto (冈本)	PRG-6DX 系列
		安德森库克	花键滚压机
		NACHI (日本)	精密滚压成型机 PFM-X 系列
		ORT (意大利)	RP 系列
	热处理设备	舍弗勒	
		Ipsen (德国)	真空炉/气氛炉
		AICHELIN	密封箱式多用炉/气体渗碳推盘式炉
		SECOWARWICK 西科沃克	真空热处理系统/CAB 系统
		TENOVA	淬火设备
		Inductotherm (美国)	感应真空热处理炉
国内	车床	浙海德曼	Hi 系列/T85 系列-精密数控车床/T75 系列
		秦川机床 (汉江机床)	CH75 系列
		通用技术大连机床	CLS20
	铣床-旋风铣	海天精工	TC II 系列
		华辰装备	亚 μ 磨削系列
		通用技术大连机床	XD 系列立式数控铣床
		秦川机床 (汉江机床)	MTK20 车铣中心
	磨床	日发精机	RF 系列
		秦川机床 (汉江机床)	SK7432×15GX 高精高效数控丝杠磨床
		宇环数控	YHMKS1420 数控高精度内外圆复合磨床
		华辰装备	MK8480
	滚压	思进智能	DCM 系列压铸设备
	热处理设备	爱协林热处理系统 (北京)	密封箱式多用炉
		世创 STRONG	智能化网带炉热处理生产线

来源：各公司官网，国金证券研究所

例如，华辰拓展磨床体系，拼图还缺内螺纹磨床。4月8日至4月12日数控机床展览会上，华辰装备推出精密外螺纹磨床 HC-1000T、亚 μ 磨削中心 HC-350/600U、亚 μ 中心孔磨床 HCG1600。其中精磨外螺纹磨床 HC-1000T 的试件加工精



度可以达到 P0 级，亚 μ 磨削中心可实现外圆、内圆、端面、轮廓、非圆、螺纹等复杂特征零件的精密磨削加工。

丝杠核心加工流程所使用设备中，磨床占比最高。机器人丝杠总体流程类似于行星滚珠丝杠，要经过热处理、车、铣、磨等流程，中间涉及的设备包含圆锯机、热处理设备、车床、铣床、磨床（外螺纹磨床、内螺纹磨床、端面磨床、外圆磨床等）、检测仪等，其中磨床种类最多，华辰装备已布局其中的外螺纹、内圆、外圆、端面 and 中心孔磨床。

华辰装备丝杠磨床率先突破，但距离批量稳定生产还缺乏数据积累。试件能达到 P0 级证明极限精度足够满足机器人行星滚柱丝杠要求，但产品维持高良品率还需反复跟下游客户持续打磨和验证产品进行积累，持续积累经验数据库。我们预计人形机器人达百万级年销量还需至少 3 年，国产高精度磨床具备充分时间去成长，建议持续关注国产丝杠设备厂商华辰装备、日发精机和同益股份等。

与贝斯特强强联手，切入丝杠导轨磨领域。2023 年 10 月，华辰装备公告与贝斯特精机，围绕“滚动功能部件所需高端精密磨削装备”进行技术交流，并达成全面战略合作。根据协议，华辰装备计划于 1 年内向贝斯特精机提供对标国际行业龙头领先水平的精密数控直线导轨磨床及相应技术支持，该产品为目前全球磨削长度最长、技术难度及磨削效率最高的产品。

3.2.4 轻量化材料：持续看好以塑代金属趋势，关注金字塔顶端 PEEK 材料

轻量化材料主要对应人形机器人的轻量化需求，我们预计 2025 年行业轻量化程度将进一步提升。机器人本体轻量化技术是解决续航焦虑的主要途径之一以特斯拉为例，Optimus Gen2 相比第一代减重 10 公斤。PEEK 综合性能处于塑料金字塔顶端，轻量化材料领域建议重点关注 Peek 材料。

图表41：特斯拉 OptimusGen2 减重 10 公斤



图表42：PEEK 综合性能处于塑料金字塔顶端



来源：特斯拉 Tesla 公众号，国金证券研究所

来源：中研股份招股说明书，国金证券研究所

Peek 材料有望成为人形机器人核心应用的轻量化材料。Peek 材料具备耐热、阻燃、耐磨和耐腐蚀等优势，可大幅度减小材料本身的自重，符合下游机器人领域轻量化趋势，有望实现以塑代钢，是实现“轻量化”的极佳解决方案。

图表43：PEEK 材料与主要工程塑料、特种工程塑料综合性能对比

特性	性能指标	指标说明	单位	特种工程塑料				工程塑料			对比结果说明
				PEEK	PTFE	PI	PPSU	PPS	POM	PA66	
刚性	拉伸模量	拉伸模量数值越大，说明刚性越好	MPa	4300	1750	3700	2450	4000	2800	1700	刚性和韧性一般呈现反比例关系，PEEK 在刚性为最好的情况下韧性并非最低，展示了其全面的机械特性
韧性	缺口冲击强度	冲击强度数值越大，说明材料的韧性越好	KJ/mm ²	3.5	4.5	4.5	12	2	8	4.5	
耐热	长期使用温度	值越高，通常代表该材料耐热性能越好	°C	250	260	240	180	220	115	95	除 PTFE 外，PEEK 为耐热性能最好的材料之一
耐磨	摩擦系数	摩擦系数越小，通常代表耐磨性越好	-	0.4	0.15	0.4	0.45	0.5	0.52	0.5	除 PTFE 外，PEEK 为耐磨性能最好的材料之一
耐腐	耐化学	值越大，说明材料的	-	9.27	9.9	8.4	7.78	9.33	7.58	7.25	PEEK、PTFE、PPS 均为耐腐蚀



性能	耐化学性能越好										性最好的材料
电性能	介电强度	值越大,说明材料的绝缘性能越好	KV/mm	24	11	28	26	18	20	27	PEEK 绝缘性能与其他工程塑料无明显差距

来源:中研股份招股说明书,国金证券研究所

PEEK 材料研发已久,但全球大规模生产的企业较少,且主要产能被外资企业垄断,主要系实验室合成工艺与实际工业化生产工艺差异较大,需要深厚的生产技术、经验的积累。此外,PEEK 材料工业化生产的验证周期较长。(1)生产工艺:生产工艺难,且需要一致性高、结晶性能高,并达到合适的熔指和黏度平衡。(2)验证周期:产能爬坡需要7年左右,下游客户认证开发周期需要3-5年。

全球格局一超多强,龙一占六成市场份额。当前全球 PEEK 生产厂商呈现“一超多强”的竞争格局。全球龙头威格斯年产能 7150 吨,占全球份额 60%;2021 年销量 4132.5 吨,市占率为 53.55%。龙二比利时索尔维现有年产能 2500 吨,2021 年销量 1425 吨,市占率为 18.47%。龙三德国赢创产能达 1800 吨,2021 年销量 912 吨,市占率 11.82%。

图表44: 2021 年全球 PEEK 主要生产商情况

国家	公司名称	全球销量(吨)	市场占有率	备注
英国	威格斯 Victrex	4132.50	53.55%	能够使用 5000L 反应釜进行 PEEK 聚合生产
比利时	索尔维 Solvay	1425.00	18.47%	
德国	赢创 Evonik	912.00	11.82%	
中国	中研股份	622.74	8.07%	能够使用 5000L 反应釜进行 PEEK 聚合生产
	浙江鹏孚隆	226.40	2.93%	
全球消费量合计		7716.79	100.00%	

来源:沙利文咨询,中研股份招股说明书,国金证券研究所

2016 年起国产初步突破,中研股份和鹏孚隆合计市占率约 11%。PEEK 树脂在保证力学和其他性能的同时,必须保证纯度高,产品批次稳定,尤其对产品金属含量要求极为严格,PEEK 树脂内金属等杂质过高会导致使用过程中产生静电击穿电路板、晶圆。因此,国产 PEEK 在电子信息领域所占比例很低。2016 年开始,以中研股份为代表的国内企业打破了国外公司在这一应用领域的垄断,从此,我国自主生产的 PEEK 产品在国内电子信息领域的应用逐步扩大。目前国产龙头为中研股份和鹏孚隆,2021 年销量分别 623、226 吨,市占率分别 8.1%、2.9%。

图表45: 国内 PEEK 市场现有及潜在产能规模统计情况(吨)

公司名称	2021 年产能	2021 年产量	2021 年产能利用率	在规划产能
中研股份	1,000.00	549.98	55.00%	/
长春吉大特塑	500	150.00	30.00%	/
浙江鹏孚隆	200	227.07	113.54%	760
山东浩然特塑	300	37.50	12.50%	/
山东君昊高性能聚合物有限公司	80	30.00	37.50%	1,700.00
吉林省聚科高新材料有限公司	200	80.00	40.00%	1,500.00
盘锦伟英兴高性能材料	/	/	/	1,500.00
沃特股份	/	/	/	1,000.00
其他国内厂商	114	47.00	41.29%	/
国内厂商合计	2,394.00	1154.46	48.22%	6,460.00

来源:沙利文咨询,中研股份招股说明书,国金证券研究所

3.2.5 减速器:技术壁垒较高、可根据场景选定减速器类型

减速器是旋转执行器的核心零部件之一,目前谐波减速器、行星减速器以及新型减速器存在技术路线问题。特斯拉人形机器人主流路线是谐波减速器方案,由于承载力需求提升,研发新型减速器或者行星减速器具备必要性。国产人形机器人大都采用行星减速器为主,谐波减速器为辅。使用谐波减速器方案需用到力矩传感器做力控,结构和成本更加复杂,多级行星结构相对简单、但精度相对较低。从产品和成本差异度看,谐波减速器赛道好于行星减速器,谐波减速器未来规模经济和成本迭代空间大于行星。



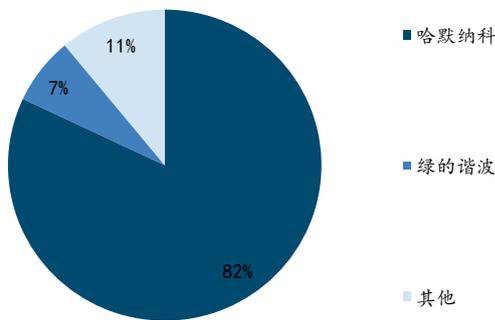
图表46: 精密减速器主要技术指标对比

主要指标	精密行星减速器	谐波减速器	*新型结构减速器
优点	高刚性、高扭矩、结构简单	传动比大、体积小	高效率、抗冲击能力强、体积小
缺点	减速比小	效率较低、抗冲击能力弱、结构复杂	体积较大, 精度较低
传动效率	>95%	>70%	-
传动精度(")	≤180	≤60	-
传动比	3-512	30-160	-
设计寿命(h)	>20,000	>8,000	-
扭转刚度(N·m/arcmin)	10-370	1.34-54.09	-
额定输出转矩(N·m)	40-1200	6.6-921	-
噪音(db)	≤65	≤60	-
温升(°C)	≤30	≤40	-

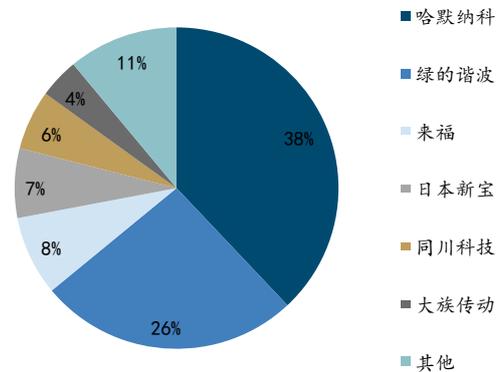
来源: 科峰智能招股书, 国金证券研究所

全球谐波减速器市场较为集中, 日本哈默纳科、日本新宝等企业技术水平处于行业领先地位。国际领先的谐波减速器传动精度在 30" 以内, 传动效率可达到 75% 以上, 使用寿命在 1 万小时左右。根据新思界产业研究中心发布的调研报告, 2021 年哈默纳科全球市场占有率约 82%, 绿的谐波占比约 7%, 其他厂商占比约 11%。国内谐波齿轮传动技术发展相对较晚, 内资绿的谐波率先在国内实现了谐波减速器的产业化和规模化, 同时也涌现了来福、大族等优质厂商。国内部分企业通过技术攻关、生产工艺的改进, 研发出的产品在性能和稳定性等方面已能够达到国际先进水平, 打破了国外的技术垄断, 对国外品牌进口逐渐形成一定的替代。

图表47: 2021 年全球谐波减速器竞争格局



图表48: 2022 年我国谐波减速器市场竞争格局



来源: QYResearch, 科峰智能招股书, 国金证券研究所

来源: 中商情报局, 国金证券研究所

3.2.6 关节总成: 丝杠供应链越成熟, 使用线性执行器概率越高

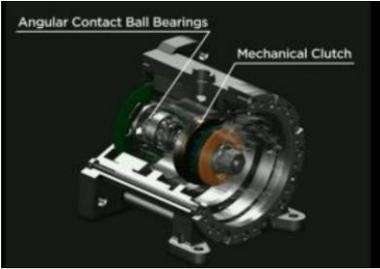
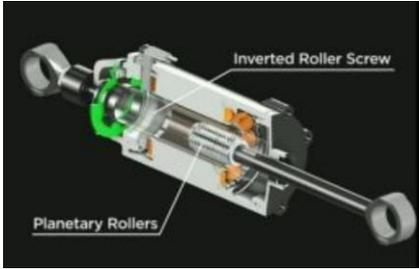
特斯拉第一代机器人包含 28 个活动关节, 包含 3 种类型的旋转执行器和 3 种类型的线性执行器。旋转执行器主要位于肩部和盆骨, 关节需要大范围地旋转; 而线性执行器放置在膝盖肘部和脚踝, 关节只需要 1-2 个自由度并经历有限的扭转。

与之相反, 宇树机器人基本全身采用旋转执行器。宇树官网显示, 宇树 G1 机器人全身 23-43 个关节, 由于腰部旋转关节比线性关节具备更高的自由度, 且整机中空走线, 其上半身可以实现 360 度旋转, 全身可折叠。

特斯拉采用更多的线性执行器, 是因为目标不同, 特斯拉的目标是创造一种可靠、节能的机器人, 可以持续一整天不会中断, 因此能耗更低、精度保持性更好的线性关节使用量比传统机器人更多。



图表49：旋转执行器成本较低但综合性能较差

特性	旋转执行器	线性执行器
应用部位	肩部和骨盆	膝盖、肘部和脚踝
运动类型	大范围旋转	直线运动，一个或两个自由度
设计目的	适应人体运动方式，关节灵活性	强调实用性、效率，适用于体力劳动
空间利用	根据关节位置而定	横向放置，有效利用空间，更长更强大的执行器
力量输出	根据关节设计而定	巨大，能够举起重物
自锁机制	无	通过螺杆传动机构优化设计实现自锁
能耗	能耗较高	低功耗，稳定且节能
控制精度和灵活性	精度略低	纤细手腕设计，减少干扰，提高控制精度和灵活性
技术实现	容易	反向行星滚柱丝杠较难
制造成本和复杂性	较低	高，但有潜力成为主流解决方案
缺点	与线性执行器相反	动态特性差、减速比较高导致输出速度偏低、带宽偏低、不利于高动态运动、关节透明度不佳导致需要额外的力传感器、成本较高
优点	与线性执行器相反	精度保持性好、刚度好、易实现传动的零背隙性、耐冲击能力强、脉冲性强、能量效率高，适用于腿部机构，尤其是小腿，有利于提高续航能力
图片		

来源：因时机器人，国金证券研究所

线性执行器相比于旋转执行器精度更高更节能，但成本更高。线性执行器优势在于精度保持性好、刚度好、易实现传动的零背隙性、耐冲击能力强、脉冲性强、能量效率高，适用于腿部机构，尤其是小腿，有利于提高续航能力。

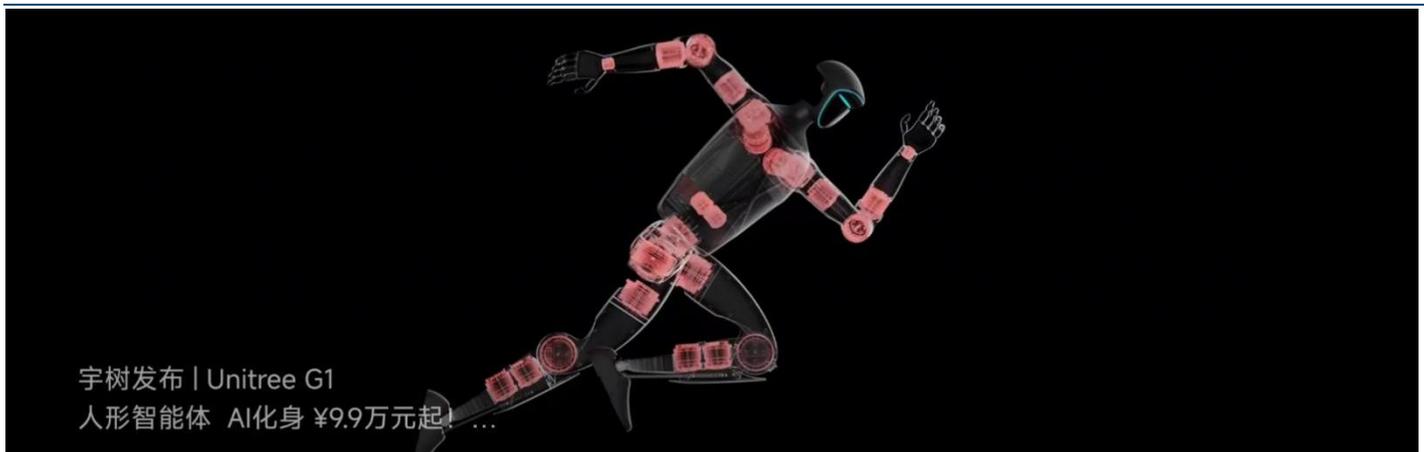
图表50：行星滚柱丝杠通过结构设计可实现自锁

丝杠类型	是否具备自锁能力	原因
梯形丝杠	是	螺旋升角小于摩擦角时，可以实现自锁。导程越大，自锁性能越好。
行星滚珠丝杠	否	通常不具备自锁能力，因为它们使用的是滚动摩擦，摩擦系数较小。
行星滚柱丝杠	否（可设计具备）	标准设计通常不自锁，但可以通过特殊设计（如楔形自锁螺母）来实现自锁。

来源：三益精密，博世，《一种具有双向自锁功能的行星滚柱丝杠》，国金证券研究所

线性的劣势在于动态特性差、减速比较高导致输出速度偏低、带宽偏低、不利于高动态运动、关节透明度不佳导致需要额外的力传感器、成本较高。

图表51：宇树机器人基本全身采用旋转执行器





来源：宇树机器人官方微信公众号，国金证券研究所

但成本可以通过规模效应和特定的设计和工艺降低，并且不损失性能。例如加工方式上可以采用冷锻工艺进行高一致性和低成本生产。根据我们外发报告《机器人新技术专题3：冷锻工艺极限精度C3，兼具高效率低成本优势》，经测算，冷锻成本预计比车铣磨低50%+，主要受益于加工速度提升。因此时间线拉长看，丝杠的成本将大幅降低，减少线性执行器的成本负担。

四、投资建议

具身智能是AI最强应用，而智驾和人形机器人则是具身智能最重要两个方向。在电动化之后，智驾和人形机器人为代表的ROBO+赛道将重塑整个汽车产业链，成为汽车板块最强产业趋势。

1、智能驾驶：25年高阶智驾渗透率步入爆发式增长，智能驾驶和robotaxi共同驱动大算力芯片、激光雷达、传感器清洗系统等赛道高速增长，芯片领域重点关注龙头公司地平线机器人，激光雷达领域关注龙头禾赛科技、速腾聚创，传感器清洗赛道关注清洗系统领先公司，整车领域看好华为系（赛力斯、江淮汽车、北汽蓝谷）、理想汽车、小米集团等在五大竞争要素都具备积累的厂商。

2、人形机器人：量是人形机器人赛道的核心矛盾，中国供应链+海外发达国家需求（高人力成本替代）/国内特种需求是兑现最快的方向。25年是人形机器人商业化元年，27年是人形机器人一般场景大规模商业化元年。持续看好特斯拉、华为等人形机器人供应链，产业链看，我们以高asp+高壁垒为核心选股要素，持续看好灵巧手、关节、丝杠、丝杠设备、减速器等环节。推荐三花智控、拓普集团，关注北威机电、五洲新春、北特科技、贝斯特等。

图表52：智能驾驶相关公司估值表

证券代码	证券简称	市值	营业收入			归母净利润			PS			PE		
			2024E	2025E	2026E									
601127.SH	赛力斯	2,065	1,412	1,765	2,063	59	93	119	1.5	1.2	1.0	35.1	22.2	17.3
600418.SH	江淮汽车	758	486	624	762	4	7	11	1.6	1.2	1.0	168.6	103.7	67.4
600733.SH	北汽蓝谷	487	245	545	730	-46	-19	7	2.0	0.9	0.7	-10.7	-26.0	70.0
2015.HK	理想汽车-W*	1,723	1,702	2,398	3,066	122	194	268	1.0	0.7	0.6	14.2	8.9	6.4
1810.HK	小米集团-W	6,713	3,480	4,130	4,794	180	231	286	1.9	1.6	1.4	37.3	29.1	23.5
9660.HK	地平线机器人													
	-W	516	24	37	61	-15	-14	1	21.8	13.9	8.5	-35.3	-36.2	752.9
2533.HK	黑芝麻智能	169	6	10	18	-15	-8	-2	29.6	16.4	9.2	-11.6	-21.1	-70.8
HSAI.O	禾赛科技	73	21	32	46	-1	2	6	3.5	2.3	1.6	-69.0	39.9	13.2
2498.HK	速腾聚创*	98	17	24	35	-4	-3	1	5.7	4.0	2.8	-22.5	-37.0	141.9

来源：wind, 国金证券研究所；注：带*号为选用国金证券预测数据，其余取用Wind一致预期，估值日期为2024年12月4日。

图表53：人形机器人供应链公司估值表

(潜在)产业链环节	股票名称	市值(亿元)	归母净利润(万得一致预测均值, 亿元)				PE			
			2023A	2024E	2025E	2026E	2023A	2024E	2025E	2026E
关节总成	三花智控*	927.87	29.21	34.25	41.95	50.10	31.77	27.09	22.12	18.52
	拓普集团*	916.69	21.51	30.25	39.96	46.65	42.62	30.30	22.94	19.65
丝杠	贝斯特*	123.44	2.64	3.46	4.21	5.25	46.85	35.68	29.32	23.51
	恒立液压*	734.90	24.99	27.52	32.59	38.64	29.41	26.70	22.55	19.02
	北特科技	142.96	0.51	0.79	1.16	1.69	281.04	182.02	123.67	84.39
	鼎智科技	63.06	0.81	0.53	0.70	0.87	77.94	119.10	89.96	72.74
	双林股份	63.06	0.81	0.53	0.70	0.87	77.94	119.10	89.96	72.74
	震裕科技	78.01	0.43	3.13	4.81	7.00	182.39	24.94	16.21	11.15
	南京化纤	80.30	-1.85	/	/	/	-43.42	/	/	/
设备	五洲新春*	107.89	1.38	1.63	2.11	2.54	78.08	66.26	51.24	42.50
	浙海德曼	32.95	0.29	0.32	0.66	0.88	111.91	102.96	49.92	37.44
	日发精机	72.82	-9.03	/	/	/	-8.07	/	/	/



	华辰装备	80.17	1.18	/	/	/	68.08	/	/	/
减速器	绿的谐波	209.94	0.84	0.90	1.16	1.51	249.47	233.44	180.68	138.60
	双环传动*	250.94	8.16	10.30	12.81	15.47	30.74	24.37	19.58	16.22
	精锻科技	48.27	2.38	2.28	2.87	3.57	20.32	21.13	16.80	13.51
	中大力德	58.11	0.73	0.92	1.11	1.33	79.44	63.15	52.29	43.73
传感器	柯力传感	186.46	3.12	3.14	3.74	4.39	59.68	59.29	49.87	42.52
	安培龙	60.60	0.80	0.99	1.34	1.77	75.85	61.21	45.22	34.31
	东华测试*	51.18	0.88	1.76	2.35	3.03	58.32	29.16	21.76	16.87
	凌云股份	116.53	6.32	6.72	7.97	9.44	18.45	17.33	14.62	12.34
电机	鸣志电器	251.92	1.40	1.42	2.11	2.57	179.37	177.60	119.29	97.90
	兆威机电	194.28	1.80	2.16	2.74	3.47	107.98	90.13	70.99	55.98
	汇川技术	1,673.77	47.42	50.62	60.67	72.08	35.30	33.06	27.59	23.22
	禾川科技	64.20	0.54	0.31	0.81	/	119.87	207.08	79.25	/
	步科股份	48.59	0.61	0.77	1.05	1.37	80.06	62.71	46.18	35.43
以塑代钢	中研股份	36.20	0.55	/	/	/	66.36	/	/	/
	新瀚新材	32.31	0.93	/	/	/	34.62	/	/	/
	肇民科技	65.26	1.03	1.56	1.97	2.44	63.17	41.86	33.11	26.70
机器人	禾川科技	64.20	0.54	0.31	0.81	/	119.87	207.08	79.25	
	埃夫特-U	160.45	-0.47	/	/	/	-338.15	/	/	/
散热件	领益智造	625.13	20.51	20.10	29.12	37.49	30.48	31.10	21.47	16.67
	银轮股份	147.19	6.12	8.43	11.16	13.98	24.05	17.47	13.19	10.53

来源: Wind, 国金证券研究所 (*表示国金证券研究所预测, 其余公司取用 Wind 一致预期, 估值日期为 2024 年 12 月 6 日)

五、风险提示

行业竞争加剧: 目前新能源新车型频出, 电车市场竞争加剧, 同时油车促销力度加大, 存在行业竞争加剧风险。

汽车与电动车产销量不及预期: 汽车与电动车产销量受到宏观经济环境、行业支持政策、消费者购买意愿等因素的影响, 存在不确定性。

法规进展不及预期: 量产车高级别辅助驾驶和 robotaxi 都有赖于政策的松绑, 若政策进展不及预期将拖累行业发展。

自动驾驶技术进展不及预期: 自动驾驶功能表现直接决定了消费者对自动驾驶车型的购买意愿, 若无法靠近有人驾驶水平将影响渗透节奏。

机器人落地进展不及预期风险。 人形机器人发展过程中将面临智能能力提升、硬件降本和政策等多重阻碍, 若放量时间低于预期, 将导致相关设备的放量时间不及预期, 资本投入长期难以回收, 对公司的业绩产生负向影响。

现有主业下游发展不及预期风险。 各主机厂多数下游呈中低速增长, 若订单交付量不及预期, 将对业绩经营产生负向影响。



行业投资评级的说明：

- 买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；
- 增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；
- 中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；
- 减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。



特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于C3级(含C3级)的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海	北京	深圳
电话：021-80234211	电话：010-85950438	电话：0755-86695353
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn	邮箱：researchbj@gjzq.com.cn	邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：201204	邮编：100005	邮编：518000
地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号 紫竹国际大厦 5 楼	地址：北京市东城区建国内大街 26 号 新闻大厦 8 层南侧	地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心 18 楼 1806



【小程序】
国金证券研究服务



【公众号】
国金证券研究